

**TEKİRDAĞ İLİNDE OTOBAN
KENARLARINDA BULUNAN
TARIM ARAZİLERİNDE BAZI
AĞIR METALLERİN
KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Sevinç ADİLOĞLU

Doktora Tezi

**Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. M. Turgut
SAĞLAM**

2013

T.C.

**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**TEKİRDAĞ İLİNDE OTOBAN KENARLARINDA BULUNAN TARIM
ARAZİLERİNDE BAZI AĞIR METALLERİN KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Sevinç ADİLOĞLU

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM

TEKİRDAĞ – 2013

Her Hakkı Saklıdır.

Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM danışmanlığında, Sevinç ADİLOĞLU tarafından hazırlanan “Tekirdağ İlinde Otoban Kenarlarında Bulunan Tarım Arazilerinde Bazı Ağır Metallerin Kirliliğinin Araştırılması” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından oy çokluğu ile Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM

İmza:

Üye: Prof. Dr. Enver ESENDAL

İmza:

Üye: Prof. Dr. M. Rüştü KARAMAN

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Duygu BOYRAZ

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

TEKİRDAĞ İLİNDE OTOBAN KENARLARINDA BULUNAN TARIM ARAZİLERİNDE BAZI AĞIR METALLERİN KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Sevinç ADILOĞLU

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM

Günümüzde çevre kirliliği dünyada ve ülkemizde önemli bir sorundur. Çevre kirliliğinde toprakların ağır metal ile kirlenmesi ilk sıralarda yer almaktadır. Bu araştırmada Tekirdağ ili otopan kenarlarındaki tarım alanlarındaki kurşun, kobalt, krom, kadmiyum ve nikel kirliliği araştırılmıştır. Bu amaçla il sınırları içerisindeki otopan kenarlarındaki tarım topraklarından yolun her iki yanından 25 adet olmak üzere 50 toprak örneği alınmış ve yukarıda sıralanan ağır metal içerikleri saptanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre toprakların kurşun, kobalt, krom, kadmiyum ve nikel içerikleri sıra ile $1,346-6,546 \text{ mg kg}^{-1}$; $0,008-0,587 \text{ mg kg}^{-1}$; $0,034-0,390 \text{ mg kg}^{-1}$; $0,012-0,048 \text{ mg kg}^{-1}$ ve $1,623-7,410 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Söz konusu bu bulgular kirlilik sınır değerleri ile karşılaştırıldığında araştırma alanlarında kurşun ve kobalt kirliliği belirlenmiştir. Söz konusu bu kirlilik kurşun için % 60 ve kobalt için ise % 52 olarak belirlenmiştir. Toprakların diğer ağır metal içerikleri için herhangi bir kirlilik tespit edilememiştir. Elde edilen bulgulara göre araştırma arazilerinde söz konusu kurşun ve kobalt kirliliğinin giderilmesi için fitoremediasyon yöntemi ile toprakların ıslah edilmesi önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tekirdağ, ağır metal, kirlilik, fitoremediasyon, tarım toprakları, Pb, Co, Cr, Cd, Ni.

2013, 142 sayfa

ABSTRACT

PhD. Thesis

An Investigation of Some Heavy Metal Pollution Along the TEM Motorway
Soils in Tekirdağ

Sevinç ADİLOĞLU

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Main Science Division of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM

Environment pollution is a big problem for our country and all over the world, nowadays. Heavy metal pollution is very important in environmental pollution. It was investigated lead, cobalt, chrome, cadmium and nickel pollution of near the motorway agricultural lands in this research. For this purpose, 25 different agricultural areas for each edge of motorway and total 50 soil samples were taken from research areas in Tekirdağ. Then extractable lead, cobalt, chrome, cadmium and nickel contents of soil samples were determined. According to the results, lead, cobalt, chrome, cadmium and nickel contents of soil samples were determined between 1,346 to 6,546 mg kg⁻¹; 0,008 to 0,587 mg kg⁻¹; 0,034 to 0,390 mg kg⁻¹; 0,012 to 0,048 mg kg⁻¹ and 1,623 to 7,410 mg kg⁻¹, respectively. These results were compared with critical values of these heavy metals. Lead and cobalt pollution were obtained in research area soils. Lead pollution ratio was 60 % and cobalt pollution ratio was 52 % in the research area soils. But it was not determined pollution other heavy metals (Cr, Cd and Ni) in the soils. According to the research results it should be recommended phytoremediation methods application in the research area lands for the improvement of lead and cobalt pollution.

Key Words: Tekirdağ, heavy metal, pollution, phytoremediation, agricultural soils, Pb, Co, Cr, Cd, Ni.

2013, 142 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sürecinde;

İhtiyaç duyduğum her konuda benden bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, çalışmamın her aşamasında büyük ilgi ve alaka ile bana yol gösteren, dürüstlüğü ve kişiliği ile hayatım boyunca örnek alacağım kıymetli saygıdeğer danışmanım ve Tez Yöneticisi Hocam Sayın Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM'a, verdiği destekten dolayı sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitemde yer alan hocalarım Sayın Prof. Dr. Enver ESENDAL ve Sayın Yrd. Doç Dr. Korkmaz BELLİTÜRK'e tezimin yürütülmesi aşamasında göstermiş oldukları bilimsel katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim süresince desteklerini veren Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. M. Rüştü KARAMAN'a Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Hüseyin EKİNCİ, Sayın Prof. Dr. Hasan ÖZCAN, Sayın Prof. Dr. Hamit ALTAY'a ve Sayın Doç Dr Yasemin KAVDIR'a teşekkürlerimi sunarım. Tezin bazı şekillerinin çiziminde desteğini veren Araş. Gör. M. Cüneyt BAĞDATLI' ya teşekkür ederim.

Yıllardır olduğu gibi araştırma süresi boyunca da sabır ve anlayışla her zaman her konuda yanımda olan çok değerli eşim Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU'na, akademik çalışmam boyunca fedakarlık yapan biricik evlatlarım kızım Gönül ADİLOĞLU'na ve oğlum Burak Can ADİLOĞLU'na, rahmetli anneme, uzun bir ömür dilediğim babama ve aileme bir gönül borçlusunu olarak sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTARATÜR ÖZETLERİ.....	7
2.1. Toprak Ekosisteminde Ağır Metaller.....	7
2.2. Toksikite Açısından Kimi Ağır Metallerin Değerlendirilmesi.....	9
2.2.1. Literatürde Kurşun (Pb) İncelenmesi.....	11
2.2.2. Literatürde Kobalt (Co) İncelenmesi.....	15
2.2.3. Literatürde Krom (Cr) İncelenmesi.....	17
2.2.4. Litaratürde Kadmiyum (Cd) İncelenmesi.....	24
2.2.5. Literatürde Nikel (Ni) İncelenmesi.....	23
2.2.6. Katyonik Karakterli Mikro Besin Elementleri (Cu, Fe, Mn, Zn).....	26
2.3. Ağır Metaller ve İnsan Sağlığı.....	29
2.3.1. Akut Toksikite.....	32
2.3.2. Kronik Toksikite.....	34
2.4. Ağır Metal Kirliliğinin Yasal Durumu.....	36
2.5. Ağır Metallerle Kirlenmiş Alanların Islah Teknikleri.....	39
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	45
3.1. Tekirdağ İlinin Tarımsal Görünümü.....	45
3.2. Materyal.....	46
3.3. Yöntem.....	50
3.3.1. Toprak Reaksiyonu (pH) Belirlemesi.....	50
3.3.2. Toprak Örneklerinde Kireç (% CaCO ₃) Belirlenmesi.....	50
3.3.3. Toprakların Organik Madde İçeriklerinin Belirlenmesi.....	51
3.3.4. Topraklarda Yarıyışlı Fosfor (P) Belirlemesi.....	51
3.3.5. Topraklarda Değişebilir Potasyum (K) Belirlemesi.....	51

3.3.6. Topraklarda Tuz Belirlemesi.....	51
3.3.7. Mekanik Analiz (Tekstür) Belirlemesi.....	53
3.3.8. Katyonik Karakterli Mikro Element (Cu, Fe, Mn ve Zn) Belirlemesi.....	53
3.3.9. Ekstrakte Edilebilir Ağır Metal (Pb, Co, Cr, Cd, Ni) Belirlemesi.....	55
3.4. Toprakların pH Değeri, Kireç, Organik Madde ve Kil İçerikleriyle Bazı Ağır Metaller Arasında Korelasyon Katsayıları ve Regrasyon Denklemleri.....	57
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	58
4.1. Toprak Reaksiyonu (pH).....	58
4.2. Organik Madde Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi.....	59
4.3. Kireç Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi.....	61
4.4. Yarayıklı Fosfor Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi.....	62
4.5. Değışebilir Potasyum Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi.....	63
4.6. Tuz Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi.....	65
4.7. Mekanik Analiz (Tekstür) Analiz Sonuçları.....	66
4.8. Yarayıklı Bakır Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi.....	67
4.9. Yarayıklı Demir Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi.....	69
4.10. Yarayıklı Mangan Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi.....	71
4.11. Yarayıklı Çinko Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi.....	73
4.12. Toprakta Kirlilik Oluşturan Bazı Ağır Metaller.....	76
4.12.1. Araştırma Alanındaki Kurşun Ağır Metali.....	76
4.12.2. Araştırma Alanındaki Kobalt Ağır Metali.....	80
4.12.3. Araştırma Alanındaki Krom Ağır Metali.....	82
4.12.4. Araştırma Alanındaki Kadmiyum Ağır Metali.....	85
4.12.5. Araştırma Alanındaki Nikel Ağır Metali.....	87
4.13. Toprakların Bazı Fizikokimyasal Özellikleri ile Pb, Co, Cr, Cd ve Ni Kapsamları Arasında Belirlenen Korelasyon Katsayıları ve Regrasyon Eşitlikleri.....	90
4.13.1. Kil Miktarı ile Ağır Metal İlişkisi.....	90
4.13.2. Kireç Miktarı ile Ağır Metal İlişkisi.....	90
4.13.3. pH Değeri ile Ağır Metal İlişkisi.....	90
4.13.4. Organik Madde Miktarı ile Ağır Metal İlişkisi.....	90
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
6. KAYNAKLAR.....	97
EKLER.....	109
EK 1.....	109

EK 2	121
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER DİZİNİ

Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
Cd	Kadmiyum
da	Dekar
TEA	Trietanol Amin
DTPA	Dietilen Triamin Penta Asetik Asit
EPA	Environmental Protection Agency
Fe	Demir
g	Gram
K	Potasyum
Kg	Kilogram
m	Metre
mg	Miligram
Mn	Mangan
N	Azot
Ni	Nikel
P	Fosfor
Pb	Kurşun
Zn	Çinko
%	Yüzde Oranı
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
SCL	Kumlu Killi Tın
CL	Killi Tın
C	Kil
SC	Kumlu Kil
SL	Kumlu Tın

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Cd, Cr, Co, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn ve Mn ağır metallerinin kültür bitkilerindeki morfolojik toksisite belirtileri.....	3
Çizelge 3.1 Araştırma alanı toprak örnekleme noktaları.....	48
Çizelge 3.2. Toprak pH değerinin yorumlanması.....	50
Çizelge 3.3. Toprakta kireç miktarının değerlendirilmesi.....	50
Çizelge 3.4. Organik madde değerlendirme ölçütleri.....	51
Çizelge 3.5. Bitkilere yarayışlı fosfor miktarının değerlendirilmesi.....	51
Çizelge 3.6. Değişebilir potasyumun değerlendirilmesi.....	52
Çizelge 3.7. Tuz miktarının değerlendirilmesi.....	52
Çizelge 3.8. Yarayışlı bakır miktarı için sınır değeri.....	54
Çizelge 3.9. Yarayışlı demir miktarı için sınır değeri.....	54
Çizelge 3.10. Yarayışlı mangan miktarı için sınır değeri.....	54
Çizelge 3.11. Yarayışlı çinko miktarı için sınır değeri.....	55
Çizelge 3.12. Çözünebilen kurşun metaline ait sınır değeri.....	55
Çizelge 3.13. Çözünebilen kobalt metaline ait sınır değeri.....	56
Çizelge 3.14. Çözünebilen krom metaline ait sınır değeri.....	56
Çizelge 3.15. Çözünebilen kadmiyum metaline ait sınır değeri.....	56
Çizelge 3.16. Çözünebilen nikel metaline ait sınır değeri.....	57
Çizelge 4.1. Toprak örneklerinin pH değerleri.....	58
Çizelge 4.2. Toprak örneklerinin organik madde içerikleri.....	60
Çizelge 4.3. Toprak örneklerinin kireç içerikleri.....	61
Çizelge 4.4. Toprak örneklerinin yarayışlı fosfor içerikleri.....	62
Çizelge 4.5. Toprak örneklerinin değişebilir potasyum (K) içerikleri.....	64
Çizelge 4.6. Toprak örneklerinin tuz içerikleri.....	65
Çizelge 4.7. Toprak örneklerinin tekstürel dağılımları.....	66
Çizelge 4.8. Toprak örneklerinin yarayışlı bakır içerikleri.....	69

Çizelge 4.9. Toprak örneklerinin yarayışlı demir içerikleri.....	71
Çizelge 4.10. Toprak örneklerinin yarayışlı mangan içerikleri.....	73
Çizelge 4.11. Toprak örneklerinin yarayışlı Çinko içerikleri.....	75
Çizelge 4.12. Toprak örneklerinin kurşun içerikleri.....	77
Çizelge 4.13. Toprak örneklerinin kobalt içerikleri.....	80
Çizelge 4.14 Toprak örneklerinin krom içerikleri.....	83
Çizelge 4.15. Toprak örneklerinin kadmiyum içerikleri.....	85
Çizelge 4.16. Toprak örneklerinin nikel içerikleri.....	88

Şekil 3.1. Örnekleme güzergahı ile ilgili görseller.....	46
Şekil 3.2. Tekirdağ ili büyük toprak grupları haritası.....	47
Şekil 3.3. Toprak örneklerinin coğrafi konumu.....	49
Şekil 3.4. Tekstür üçgeni.....	54
Şekil 4.1. Araştırma alanında belirlenen yarayışlı bakır durumu.....	68
Şekil 4.2. Araştırma alanında belirlenen yarayışlı demir durumu.....	70
Şekil 4.3. Araştırma alanında belirlenen yarayışlı mangan durumu.....	72
Şekil 4.4. Araştırma alanında belirlenen yarayışlı çinko durumu.....	74
Şekil 4.5. Araştırma alanında belirlenen kurşun ağır metalinin durumu.....	78
Şekil 4.6. Toprakta bulunan Pb ağır metalinin noktasal hareketliliği.....	79
Şekil 4.7. Araştırma alanında belirlenen kobalt ağır metalinin durumu.....	81
Şekil 4.8. Toprakta bulunan Co ağır metalinin noktasal hareketliliği.....	82
Şekil 4.9. Araştırma alanında belirlenen krom ağır metalinin durumu.....	84
Şekil 4.10. Toprakta bulunan Cr ağır metalinin noktasal hareketliliği.....	84
Şekil 4.11. Araştırma alanında belirlenen kadmiyum ağır metalinin durumu.....	86
Şekil 4.12. Toprakta bulunan Cd ağır metalinin noktasal hareketliliği.....	87
Şekil 4. 13. Araştırma alanında belirlenen nikel ağır metalinin durumu.....	89
Şekil 4.14. Toprakta bulunan Ni ağır metalinin noktasal hareketliliği.....	89
Şekil 4.15. Toprakların Pb, Co, Cr, Cd ve Ni kapsamları ile bazı özellikleri arasında belirlenen regrasyon eşitlikleri.....	91

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun daha iyi yaşam koşullarını arayışı nedeniyle doğal kaynaklara belkide farkında olmaksızın kalıcı veya geçici zararlar vermektedir. Doğal kaynaklara verilen bu zararlar ise en basit tanımlama ile çevre kirliliği olarak adlandırılmaktadır. Çevre kirliliği kavramı günümüzde bilim adamlarının kafasını en fazla meşgul eden sorunların başında gelmektedir. Bir yandan yaşam standardının yükseltilmesi arzusu diğer taraftan çevre sorunlarını gündeme taşımaktadır.

Endüstri devriminin ardından, I. Dünya Savaşı ve özellikle II. Dünya savaşıdan sonra sentetik kimyasal maddelerin sayısı ve üretiminde büyük bir gelişme olmuştur. Tarım, tıp, endüstri ve ev gereksiniminde kullanılan kimyasalların sayısı oldukça artmıştır. Son 50-100 yıl içinde tıp, endüstriyel, tarımsal ve ev gereksinimleri için kullanılan kimyasal maddelerin sayı ve miktar olarak hızla artması, nükleer enerjinin kullanılması ile ortaya birçok toksikolojik olaylar çıkmıştır. Ağır metallerin toprakta birikmesinin sadece toprak verimliliği ve ekosistem fonksiyonları üzerinde değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla hayvan ve insan sağlığı üzerinde de önemli etkileri vardır.

Çiftçi sağlığı açısından özellikle kirlenmiş toprakla derinin temas etmesi, kirlenmiş toprak tozlarının yutulması, toprakta buharlaşan civa vb. kirleticilerin teneffüs edilmesi gibi tam olarak boyutları ve sonuçları yeterince araştırılmamış birçok sağlık sorunu vardır.

Ekosistemleri oluşturan toprak, hava, su, canlılar gibi ana unsurların uyum içinde yaşaması, metabolik faaliyetlerini sağlıklı bir şekilde yürütebilmeleri çok önemli bir olaydır. Doğal ve yapay ekosistemlerdeki insanların sağlıklı yaşamalarına engel olan, insanların metabolik faaliyetlerine zarar veren birçok kimyasal madde vardır. Çevrenin canlı yaşamını etkileyecek şekilde bozulması sonucu kimyasal maddeler canlılar için tehdit oluşturmaktadır. Toprak, hava, su, doğal koşullarda ekolojik bir denge ve biyosferde çok yönlü karşılıklı bir etkileşimde bulunmaktadır. Bu sebeple bu ortamdan herhangi birinde meydana gelen kirlenme diğerlerine de taşınmakta ve zararlı olabilmektedir. Kirlilik zaman içinde birikim sonucu ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde artık global küçük bir köy olarak tanımlanan yaşlı dünyamızın dört bir yanı farklı boyutlarda da olsa çevre kirliliğinden mutlak surette etkilenmektedir. Ancak

unutulmaması gereken çok önemli bir durum, çevre sorunları ile ülkelerin veya ulusların gelişmişlik düzeyleri arasındaki paralelliktir. Bu düşünceden hareketle günümüzde çevre kirliliğini bu derece önemli kılan gelişmiş devletlerdir. Gelişmiş devletler toplumlarının yaşam kalitelerini yükseltmek için her geçen gün yeni bir arayış içerisine girmektedirler. Ancak diğer taraftan da söz konusu bu devletlerin neden olduğu çevre sorunları dünyada az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeleri de maalesef doğrudan etkilemektedir.

Artık günümüzde net olarak anlaşılmıştır ki, dünyada yaşanan ve mevcut görüntü itibariyle yaşanmaya devam edecek olan çevre sorunlarını azaltmak için bilim adamları çözüm arayışları içerisine girmiş olup, gelişmiş ülkelere bu sorunun çözümü için sürekli olarak öneri ve tavsiyelerde bulunmaktadırlar.

Buradan hareketle çevre sorunlarının çözümü için bilimsel gelişmelere son verilebilir mi? Düşüncesi gündeme gelemektedir. Çevre kirliliğinin çözümü için bu düşünce pek kabul görmemiştir. Bu konuda yapılabilecek en akılcı uygulamanın bilimsel gelişmelerin çevre kirliliğine neden olmayacak veya azaltacak şekilde kontrol altına alınmasıdır.

Dünyamızın son 50 yıllık bir süreci içerisinde ciddi bir sorun olarak gündeme işgal eden çevre kirliliği sorunu, tarım alanlarını, toprak ve su kaynaklarını da ciddi bir biçimde tehdit etmektedir. Ancak burada unutulmaması gereken bir konu çevre sorunlarının insanlık tarihi ile birlikte başlamış olmasıdır. Çevre kirliliği sorunu yaşadığımız yüzyılda insan ve diğer canlıların yaşam kalitelerini ciddi bir biçimde olumsuz olarak etkilemektedir.

Dünyanın bütün uğraşlara rağmen kontrol altına alınamayan nüfus artışı ve bunun bir sonucu olarak artan beslenme ihtiyacı tarım alanlarının ciddi bir biçimde kirlenmesine ve toprak kalitelerinin bozulmasına neden olmuştur. Tarım topraklarında özellikle son yıllarda çevre kirliliği ile birlikte artan ağır metallerin miktarları tarımsal ürünlerin kalitelerinin ve verimlerinin azalmasına veya bozulmasına neden olmuştur.

Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de artan nüfus hareketliliği ve beslenme ihtiyacı ile birlikte çeşitli gıda maddelerinin ulusal veya uluslararası boyutta nakliyesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Söz konusu bu zorunluluk büyük ölçüde karayolu taşımacılığı şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu durum ise yoğun araç trafiğinin olduğu yol kenarlarındaki tarım alanlarında özellikle bazı ağır metallerin birikimini hızlandırmıştır.

Toprakta biriken bu ağır metaller burada yetiştirilen bitkiler vasıtasıyla insanlara geçmektedir. Bu durum da insanlarda ciddi sağlık sorunlarını gündeme taşımaktadır.

Bu nedenle araç trafiğinin yoğun olduğu karayollarının kenarlarında yer alan tarım alanlarının ağır metal içerikleri bitkisel üretim kalitesi için son derecede önemlidir. Çünkü toprakta biriken söz konusu bu ağır metaller bitkilere bulaşmakta ve oradan da besin zinciri yolu ile insanlara geçmektedir. Topraktaki ağır metallerin bitkiler üzerindeki morfolojik görüntüleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Özellikle bu araştırmanın konusu olan Cd, Cr, Co, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn ve Mn ağır metallerinin bitkiler üzerindeki morfolojik toksisite belirtileri aşağıdaki Çizelge 1.1’de görülmektedir (Tok, 1997, Turan ve Horuz, 2012).

Çizelge 1.1. Cd, Cr, Co, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn ve Mn ağır metallerinin kültür bitkilerindeki morfolojik toksisite belirtileri

Ağır Metal	Toksisite belirtileri	Bitki
Cd	Bitkilerin yaprak kenarlarında nekroz, kloroz, yaprak kenarlarında rozet oluşumu, zayıf kök sistemi	Sebze
Co	Bitkilerin genç yapraklarının damar arasında klorosis yaprak kenarlarının beyazlaşması	Genel
Cr	Bitkilerin taze filizlerinde kloroz görüntüsü, heterojen bir kök sistemi	Genel
Cu	Bitkilerin yapraklarının anormal derecede koyulaşması, tahıllarda kardeşlenmede anormallikler,	Tahıl, mısır, sebze
Fe	Bitkilerde kısa topraküstü ve toprak altı aksamı, yaprakların normalden daha koyu yeşil olması, özellikle çeltik bitkisinde koyu kahverengiden mor renge kadar değişim gösteren yaprak görüntüsü	Çeltik, tütün
Mn	Bitkilerin genellikle alt yapraklarında kloroz, yaprakların uçlarında kuruma, sararma ve yaprak kenarlarında sarı lekeler	Tütün, turunçgil, sebze
Ni	Bitkilerin çoğunlukla genç yapraklarının damarlar arasında kloroz, uygun olmayan yeşil yaprak rengi	Tahıl
Pb	Bitkilerin alt yapraklarında rozet oluşumu, bitki boyunun normalden kısa oluşu	Genel
Zn	Bitkilerin genç yapraklarında kloroz, kıvrılmalar ve damarlar arasında sararma,	Mısır, çeltik, turunçgil

Çizelge 1.1'den de görüleceği gibi bu araştırmanın konusu olan Cd, Co, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe, Mn ve Zn gibi bazı ağır metallerin yüksek bitkiler üzerindeki toksisite belirtileri arasında önemli farklılıklar mevcuttur.

Toprak, insan, bitki ve hayvanların üzerinde durdukları, insanların yaşamlarını devam ettirdikleri tek doğal ortamdır. Buna karşılık yeryüzünün sadece dörtte biri karalarla kaplı olup bu alanların dağlık, çöl, çoraklık vb. birçok doğal kısıtlılık sebebiyle çok az bir miktarı tarımsal üretime uygundur. Topraklar bir yandan kentleşme ve altyapı, endüstriyel yapılar, yollar, havaalanları gibi alanları olarak kullanıma açılırken diğer yandan kirlilik gibi çok ciddi bir çevre sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır.

Hızlı ve dengesiz bir biçimde artan dünya nüfusu, yetersiz beslenme, plansız şehirleşme, yanlış arazi kullanımı, tehlikeli ve zararlı atıklar, hızla azalan yeşil alanlar ve ormanlar, bilinçsiz enerji tüketimi, endüstrileşme, endüstriyel fabrikalar ile maden yataklarının meydana getirdiği ağır metal yüklü ürünler gibi daha birçok insan etkinliğinin yarattığı olumsuzluklar, günümüzde yaşanan en önemli çevre sorunlarının başında gelemektedir. Bütün bunların bir sonucu olarak ortaya çıkan çevre kirliliğinin, çağdaş yaşamın getirdiği bir olumsuzluk olduğu kabul edilmektedir.

Ağır metallerin neden olduğu toprak kirliliği tüm dünyanın dikkatle üzerinde durduğu bir konudur. Topraktaki ağır metal kirliliğiyle ilgili çalışmalar günümüzde ağır metallerin kaynakları ve davranışları, halk sağlığı ve çevre üzerindeki etkileri, kirlenmiş bölgelerin araştırılması ve analizi, iyileştirme yönetimi, teknikleri ve risk değerlendirmesi üzerinde yoğunlaşmıştır.

Toprak kirliliği incelenirken toprakların alan olarak arttırılamayacağı ve yerine başka bir varlığın konulmasının mümkün olamayacağı hiçbir zaman akıldan çıkarılmamalıdır. Tarımsal üretimin miktar ve kalitesini arttırmak amacıyla kimyasal gübreler, pestisitler, toprak düzenleyiciler ve hormonların kullanılması katı ve sıvı atıkların deşarjı, atık çamur uygulamaları, kirli suların tarımsal sulamada kullanılması, atmosferik çökelmeler ve radyoaktif serpintiler gibi faaliyetler sonucu topraklar kirlenmektedir. Bunun sonucu olarak toprakların verimli ve sorunsuz kullanılabilme yeteneklerinin sınırları daralmakta ve her geçen gün bu sorun artarak devam etmektedir.

Toprak kirliliğinin çevre sağlığı açısından en önemli etkisi; topraktaki kirleticilerin bitki bünyesine geçerek bitkilerin ya doğrudan ya da bu bitkilerle beslenen hayvanların besin olarak tüketilmesi sonucu insan bünyesine geçmesidir. Bundan başka özellikle çiftçi sağlığı açısından kirlenmiş toprakla derinin temas etmesi, kirlenmiş toprak tozlarının yutulması, toprakta özellikle kuruma esnasında buharlaşan civa vb. gibi kirleticilerin teneffüs edilmesi şeklinde tam olarak boyutları ve sonuçları yeterince araştırılmamış birçok muhtemel sağlık sorunu daha vardır.

Toprak kirliliği açısından, ağır metallerin en önemli kirletici kaynaklar arasında olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın hazırladığı 129 öncelikli çevre kirleticiler arasında yer alan ağır metaller, en önemli çevre kirletici gruplardan birini oluşturmaktadır (Vanlı ve Yazgan 2006).

Metallerin zehirliliği Bryan (1980)'a göre sırasıyla; civa, gümüş, bakır, kadmiyum, çinko, kurşun, krom, nikel ve kobalt şeklinde olduğu ifade edilmektedir. Ağır metaller, yüksek konsantrasyonlarda potansiyel olarak zehirli kabul edilmektedir.

Ağır metaller toksik etkileri nedeniyle bitkilerde transpirasyon, stoma hareketleri, su alımı, fotosentez, enzim aktivitesi, çimlenme, protein sentezi, membran stabilitesi, hormonal denge gibi birçok fizyolojik olayın bozulmasına neden olmaktadır. Toksikite, metalden metale değişebildiği gibi, organizmadan organizmaya da değişebilmektedir. Olumlu veya olumsuz etkiler yalnızca ağır metalin tipi ve konsantrasyonuna bağlı olmayıp değişik türlerin genetik esaslı fizyolojik davranışları ile de ilgili olmaktadır (Esringü 2012).

Trakya Bölgesi ve Tekirdağ ili coğrafi konumu itibarıyla, sosyo- ekonomik koşulları ve sanayi kuruluşlarıyla son yıllarda göç alan bir bölge haline gelmiştir. Sanayinin yoğun olarak burada toplanması ve aşırı nüfus yoğunluğu nedeniyle birçok sorunu da beraberinde getirmiştir. İlk olarak göze çarpan toprak, hava, su gibi çevre bileşenlerinde biyolojik, fiziksel ve kimyasal olarak kirlenmelerin başlamış olmasıdır. Marmara denizi ve Karadeniz'e kıyısı bulunan Tekirdağ ili; Türkiye'de iki denize kıyısı olan 6 ilden biridir. Marmara denizinin kuzeyinde ve tamamı Trakya topraklarında yer alan Tekirdağ; doğudan Silivri ve Çatalca ilçeleriyle, kuzeyden Kırklareli iline bağlı Vize, Lüleburgaz, Babaeski ve Pehlivanköy ilçeleriyle çevrili olup, Kuzeydoğudan Karadeniz'e 1,5 km.lik bir kıyısı bulunmaktadır. Trakya-Kocaeli Pennepleni üzerinde bulunan Tekirdağ il topraklarının yeryüzü şekilleri

bakımından % 75,2'si platolar, % 15,5'i ovalar, % 9,3'ü dağlarla kaplıdır. Genel olarak yüksek dağlar, dik yamaçlar ya da vadiler yoktur. Marmara Denizi boyunca akarsularca taşınmış alüvyonlarla kaplı kıyı ovaları vardır. Platolar bir aşınma yüzeyi karakterindedir. Kuzeyinde Istranca, Güney kesimlerinde ise Tekir Dağı ve Kuru Dağı ile Ganos Dağları bulunmaktadır. (<http://www.csb.gov.tr/iller/tekirdag/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=1625>).

Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Tekirdağ İl Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre; sadece Tekirdağ İl'inde büyük orta ve küçük ölçekli 1329 sanayi tesisi bulunmaktadır. Birinci sırayı 583 fabrika ile tekstil ve boya sektörü, ikinci sırada madencilik, üçüncü sırada deri fabrikaları, ayçiçeği yağı ve margarin fabrikaları, kimya fabrikaları, un fabrikaları, elektronik fabrikalar ve metal işleme fabrikaları bulunmaktadır. Trakya Bölgesi, verimli tarım topraklarında sanayileşmenin yoğun olarak yaşandığı bir bölgedir. Tarım ve sanayinin birbirine rekabet halinde yaşadığı Trakya Bölgesi'nde, amaç dışı arazi kullanımı ile kaybedilen topraklarımızın kirlilikle de kaybolmaması için doğal yollarla temizlenmesi gereklidir.

Araştırmanın yapıldığı Tekirdağ ili; verimli toprakları ile bölge sanayisine sağladığı hammadde katkısı, sahip olduğu 4 adet OSB ve ASB' si, ulaşım ve kaliteli işgücü imkânları, hızla gelişen sınaî yatırımlarıyla bölgenin yatırım için tercih nedenleri olan; doğal kaynaklar açısından sahip olduğu yüksek kömür, gaz ve yeraltı suyu rezervi, pazar ve finans merkezi açısından bir dünya kenti olan İstanbul'a yakınlığı, ulaşım açısından halen faal olan hava ve deniz limanlarını sanayi bölgelerine ve Avrupa'ya dolayısıyla Ortadoğu'ya bağlayan demiryolu, otoban ve duble yolları ile yatırımlar için cazip bir bölge ve stratejik bir ilimizdir. Bu nedenlerden dolayı yoğun olarak kullanılan otoban sonucu ilk olarak göze çarpan toprak, hava, su gibi çevre bileşenlerinde biyolojik, fiziksel ve kimyasal olarak kirlenmelerin başlamış olmasıdır.

Yapılan bu araştırmada, Trakya Bölgesi'nde verimli tarım arazilerini kapsayan Tekirdağ İl'inde ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Bu amaçla TEM Otoyolunun kenarlarında yer alan ve yoğun toprak işlemeli tarımın yapıldığı tarım topraklarında Cd, Co, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe, Mn ve Zn gibi bazı ağır metallerin kirliliği alınan toprak örnekleri ile incelenmiş olup söz konusu ağır metallerin kirliliği üzerinde araç trafiğinin etkisinin olup olmadığı belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2. 1. Toprak Ekosisteminde Ağır Metaller

Ağır metaller tarım topraklarına diğer elementlerin birçoğunda olduğu gibi ana materyalin parçalanıp ayrışması sonucunda doğal yollarla bulaşmaktadır. Toprağa başta doğal yollardan olmak üzere çeşitli şekillerde bulaşan söz konusu kadmiyum, krom, kobalt, nikel ve kurşun gibi ağır metaller bu topraklar üzerinde yaşayan başta insanlar olmak üzere diğer canlıların yaşamını da doğrudan etkilemekte ve sağlık sorunları oluşturmaktadır. Söz konusu bu ağır metallerin yoğunlukları toprakta bulunan diğer birçok elementin yoğunluğundan daha yüksektir. Ağır metal tanım olarak yoğunluğu 5 g/cm^3 'den daha fazla olan metaller olduğu literatürde ifade edilmektedir (Pak 2011).

Ağır metaller toprakta kil kolloidleri veya organik kolloidler ile adsorbe olmaktadır. Bu adsorbsiyon sonucu oluşan bileşikler uzun yıllar toprak çözeltisine geçmemektedir. Ağır metallerin toprak çözeltisine geçebilme düzeyleri üzerinde toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri rol oynamaktadır (Tok 1997).

Hızla akan zaman içinde gelişen sanayi ve şehirleşme sonucunda toksik ağır metal miktarındaki artma ekosistem için mevcut bir risk haline gelmiştir. Pek çok endüstride, uranyum, kadmiyum, kurşun, krom, kobalt, nikel, civa ve bakır gibi ağır metaller yüksek seviyede dışarıya verilmektedir. Üretim süreçleri sonucu oluşan işlenmemiş atıkların çevre üzerinde olumsuz etkileri vardır (Gavrilescu 2004).

Vanlı (2007), yaptığı bir araştırmada, kirlenmiş toprakların fitoremediasyon yöntemi ile isahını incelemiştir. Bu amaçla Pb, Cd ve B elementleri eklenmiş topraklarda, mısır, ayçiçeği ve kanola bitkileri kullanılarak fitoremediasyonları incelenmiştir. Araştırmacı söz konusu kirletici elementlerin mısır, ayçiçeği ve kanola bitkileri ile topraktan uzaklaştırılabileceğini ortaya koymuştur. Bu konuda en etkili olan bitkinin kanola olduğunu saptamıştır.

Organik ve inorganik kirleticilerin bitki kullanılarak giderilmesi teknolojisine genel olarak verilen bir isim olan fitoremediasyon kapsamında kullanılan bitkilere ve giderilecek kirleticilere bağlı olarak farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerin seçiminde kirleticilerin bitkiler tarafından alım ve giderim mekanizmaları, kirletici ortamının fiziksel ve kimyasal özellikleri, uygulanacak yöntemin kirleticiye uygunluğu, kirlilik konsantrasyonu,

kirleticinin toprak içindeki derinliği ile iklim şartları gibi faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir (EPA, 2000).

Garbisu ve Alkorta (2001), topraktaki ağır metallerin giderilmesinde bir fitoremediasyon yöntemi olan bitkisel özümleme (phytoextraction) tekniğinin kullanılması ve bitkilerin hasat edildikten sonra maddi kazanç sağlaması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Sonuç olarak, bitkisel özümleme yaklaşımının fizibilitesinin, küçük ölçekli denemelerde kirlenmiş topraklardan metallerin geri alınabildiğini bundan maddi kazanç sağlanmasıyla ortaya çıkarmışlardır.

Toprakta ağır metal kirliliği üzerinde yapılan çalışmalarda söz konusu kirliliğin toprak derinliği ile ters orantılı olarak azaldığı bilinmektedir. Bu duruma sebep olarak toprağın kolloidal materyalinin toprak yüzeyinde daha fazla bulunması gösterilmiştir (Tok 1997).

Çevre ve doğal kaynakların kirlenmeye karşı korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi açısından son derece önemli olmakla birlikte kirlenmiş alanların temizlenmesi de mevcut çevre kirliliklerinin çözümünde büyük önem taşımaktadır. Toprak kirliliği açısından bakıldığında, ağır metallerin en önemli kirletici kaynaklar arasında olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın hazırladığı 129 öncelikli çevre kirleticiler arasında yer alan ağır metaller, en önemli çevre kirletici gruplardan birini oluşturmaktadır (Vanlı ve Yazgan, 2006).

Toprakta toksik düzeyde bulunan ağır metaller bitkilere de toksik etki yapmaktadır. Söz konusu bu toksisite etkileri bitkinin hücre zarı geçirgenliğinin değişimi, ağır metallerin bitki besin elementleri ile rekabet etmesi bitkilerin biyokimyasal tepkimeleri üzerindeki olumsuz etkileri şeklinde sıralanabilir (Tok 1997).

Ekosistem içerisinde toprakta miktarı artan ağır metaller çoğunlukla insan etkisi ile oluşmaktadır. Sanayi ve endüstriyel gelişim, yoğun tarımsal uygulamalar artan nüfusun beslenme ve barınma ihtiyacı insanoğlunun daha iyi bir yaşam standardına kavuşma isteği ağır metallerin toprakta yoğunlaşmasına neden olmaktadır (Veli ve ark. 2005).

Ağır metallerin bitkiler ve diğer canlılar üzerindeki toksik etkisi pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, çözeltilinin hacmi, çözeltilinin yenilenme frekansı, çözeltideki diğer maddeler ve sinerjistik etki gibi faktörlere bağlıdır (Başçı 2009).

Metaller, yer kabuğunun yapısında doğal olarak var olan elementlerdir. Periyodik cetvelde hidrojenden uranyuma kadar 90'ın üzerinde element mevcuttur. Bu metallerin 59 tanesi "ağır metaller" olarak gruplandırılmaktadır (Krenkel ve Novotny 1980).

Bitkiler büyüme ve gelişimlerini sürdürürebilmek için topraktan metalleri alabilme ve bu metalleri dokularında biriktirebilme özelliklerine sahiptir. Bu metaller arasında Fe, Mn, Zn, Cu, Mo and Ni gibi ağır metaller sayılabilir (Langille ve MacLean 1976).

Kahvecioğlu ve ark. (2004)'e atfen Pak (2011)'e göre ağır metallerin toprak ekosistemindeki bulunuşları ana materyal kaynaklı olabileceği gibi bazen antropojenik kökenli de olabilmektedir. Sanayi veya endüstriyel kökenli olmak üzere oğun insan aktivitesi sonucunda atmosfere her yıl ortalama olarak 332000 ton kurşun ve 7600 ton kadmiyum bulaşması olmaktadır.

Topraklar, diğer çevre bileşenlerine göre tamponlama gücü yüksek olan sistemlerdir. Fakat toprak kirleticileri tarafından bozulmalar meydana geldiğinde karşılaşılan sorunlar da o ölçüde karmaşık, zor ve düzeltilmesi masraflı olmaktadır. Toprak kirlenmesine sebep olan başlıca kirleticiler, ağır metaller, gübreler, atıksular, arıtma çamurları ve katı atıklardır (Başçı 2009).

2. 2. Toksikite Açısından Kimi Ağır Metallerin Değerlendirilmesi

Ağır metallerin toprak içindeki hareketleri farklıdır. Arsenik, kurşun, krom, cıva gibi bazı ağır metallerin toprak içindeki hareketi çok yavaştır ve üst toprakta sıkı bir şekilde tutulurlar. Fakat kadmiyum ve nikel ise hareketli olup düşük pH derecelerinde sızıntı suyuna geçerek alt toprak horizonlarına doğru taşınabilmektedir. Molibden ise diğer iz elementlerin aksine, asidik pH değerlerinde Al ve Fe iyonlarıyla tepkimeye girmekte ve çökmekte, alkali ortamlarda alınabilirliği artmaktadır (Tolunay 1997).

Meksika'nın Meksiko şehrinde ormanlık alanlar; araç trafiğinin olduğu alanlar ve araç trafiğinin yoğun olduğu bölgelerden alınan toprak örneklerinde ortalama olarak bazı ağır metal konsantrasyonları total miktarları sırasıyla Zn içerikleri 195,8 mg kg⁻¹; 335,5 mg kg⁻¹ ve 741,7 mg kg⁻¹; Pb içerikleri 49,7 mg kg⁻¹; 354,1 mg kg⁻¹; 1188,9 mg kg⁻¹, Cu içerikleri 43,5 mg kg⁻¹; 61,7 mg kg⁻¹; 98,2 mg kg⁻¹, Cd içerikleri 1,1 mg kg⁻¹; 1,4 mg kg⁻¹; 1,6 mgkg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Değerlerden anlaşılacağı gibi bütün örnekleme alanlarının topraklarının ağır metallerce kirlenmiş olduğu belirlenmiştir. Yüksek Pb konsantrasyonları araştırmacılara göre trafik kaynaklıdır ve en yüksek değerler trafiğin yoğun olduğu bölgelerdeki topraklarda bulunmuştur (Morton-Bermea ve ark. 2002).

Son yıllarda hızlı endüstrileşme ve yerleşmenin etkisi ile İzmit civarında insan kaynaklı ağır metal kirlenmesi görülmektedir. Özellikle kirlenici kaynaklar, egzoz ve sanayi emisyonları ile katı atık yakma tesisleridir. İzmit civarında üst topraklarda ağır metal toprak kirliliğinin araştırılması amacıyla 16 istasyondan 0-10 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde Cu, Pb, Zn, Ni, Co, As, Cd, Cr, Hg, Se elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Bölge üst topraklarındaki Cu, Zn, Ni, Cr ve Hg konsantrasyonlarının yer yer kirlilik düzeyine erişmesinin nedeni olarak, bu elementlerin emisyonunu sağlayan petrokimya, metal, kimya, selüloz ve kağıt-karton sanayilerinin bölgede yoğunlaşması gösterilmektedir (Özkul 2008).

İstanbul boğaz geçişinde kullanılan Fatih Sultan Mehmet Köprüsü ve Boğaziçi Köprüsü ile bağlantılı otoyollar ve bağlantı yolları İstanbul şehir içi ulaşımında trafiğin en yoğun olduğu bölgelerdir. Fatih Sultan Mehmet Köprüsü E-5 güzergahında yol kenarındaki toprakların toplam ağır metal konsantrasyonları örnekleme yeri ve içerik sırasıyla; Fatih Sultan Mehmet Köprüsü çıkışı, Kavacık Kavşağı, Üst geçit yanı, Ümraniye Kavşağı yanı, Küçükbakkalköy ayrımı yanı, Bostancı Kavşağı, Kadir Has Lisesi önü, Maltepe Köprüsü, Gülsuyu-Esenkent Ayrımı yanı Pb içerikleri (49,136 - 263,512 - 558,146- 217,2 - 49,606 - 245,466 - 193,732 - 228,156 - 96,937 mg kg⁻¹), Ni içerikleri (69,368 - 29,28 - 40,8 - 34,99 - 61,278 - 40,429 - 42,735 - 33,8 - 123,322 mg kg⁻¹), Cd içerikleri (3,613- 2,93 - 2,907 - 1,46 - 2,918 - 2,856 - 2,888 -2,817 - 3,585 mg kg⁻¹), Mn içerikleri (910,45 - 7527,02 - 612,07 - 743,44 - 1079,662 - 505,371 - 484,33 - 408,428 - 788,689 mg kg⁻¹), Cr içerikleri (28,903- 17,57 - 23,32 - 20,41 - 11,672 - 23,103 - 18,234 - 20,844 - 50,189 mg kg⁻¹), Cu içerikleri (98,272 -155,18 - 246,58 -99,13 - 29,18 - 77,972 - 102,564 - 40,843 - 88,907 mg kg⁻¹), Zn

içerikleri (228,914 - 452,13- 659,92 - 278,19 - 79,369 - 173,847 - 208,547 - 90,699 - 270,161 mg kg⁻¹) olarak belirlenmiştir (Özbek 2010).

İstanbul'da yapılan bir araştırmada E-5 Karayolunun 18 km uzunluğundaki Topkapı-Avcılar arasındaki kısmında yol kenarlarındaki topraklarda Pb, Cu, Mn, Zn, Cd ve Ni konsantrasyonları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, Pb, Cu, Zn ve Cd konsantrasyonlarının E-5 Karayolunun Topkapı-Avcılar arasındaki topraklarda maksimum değerlerde olduğu anlaşılmıştır. Araç trafiği olan yerlerdeki toprakların ağır metal ile kirlendiği görülmektedir (Sezgin ve ark. 2003).

Antalya ilinde ağır metaller ilgili yapılan bir araştırmada, kirlenmenin olmadığı bölgelerden, endüstri bölgesi civarı ve motorlu araçların toprakları etkilediği kıyı kesimlerinde örnekleme yapılmıştır. Antalya şehir içindeki yol kenarlarındaki toprakların ağır metal içerikleri, Cd 1,33 mg kg⁻¹, Cr 190 mg kg⁻¹, Cu 44 mg kg⁻¹, Mn 880 mg kg⁻¹, Ni 81,5 mg kg⁻¹, Pb 36,5 mg kg⁻¹, Zn 189 mg kg⁻¹, Co 26 mg kg⁻¹ olarak tesbit edilmiştir. Şehir içindeki Cd, Pb, Zn, Cu ve Cr konsantrasyonları kirlenmemiş bölgelere göre oldukça yüksek olduğu görülmüştür (Güvenç ve ark. 2003).

2. 2. 1. Literatürde Kurşun (Pb) İncelenmesi

Kurşun özellikle kurşun işleyen akü, matbaa ve çinko-kurşun fabrikalarından çevreye yayılan bir element olup maruz kalındığında zehirlenmeye neden olarak merkezi sinir sistemini bozmakta ve besinlerin emilimini azaltmaktadır (Karatepe 2006).

İçme suyunda kurşunun sınıır değeri Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 0,05 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir. Kurşun, günümüzde akü, petrol-boya sanayi, pil, seramik, porselen, kauçuk sanayi, benzin katkı maddesi, oyuncak yapımı, matbaacılık, cam ve insektisit sanayi ile boru ve kapların parlatılması alanlarında kullanılmaktadır (Beliles 1975, Klassen ve ark. 1986).

Çevre kirliliğine neden olan Pb'un büyük bölümü motorlu araçlarda kullanılan benzinin yanması sonucu ortaya çıkan tetraetil Pb'dan kaynaklanmaktadır. Endüstriyel atıkların su yoluyla taşınması sonucu denizlerde ve buralardaki canlılarda Pb kirliliğine sıklıkla rastlanmaktadır (Yiğit ve ark. 1979, Güneş 1984, Abu-Hilal ve Bardan 1990).

Birçok ülkede Pb çok geniş kullanım alanına sahiptir. Madencilik ve maden işleme süreçleri ile elde edilen ürünlerin kullanılması sonucunda çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Kurşun havada, yiyeceklerde, suda, toprakta ve tozlarda mevcuttur. Kurşun çevrede çoğunlukla inorganik formda bulunmaktadır. Ancak Pb'lu benzin kullanımından ve metil Pb bileşiklerini meydana getirmek için kullanılan proseslerde az miktarda organik Pb oluşmaktadır. Kurşun toprakta hareketsiz halde bağlandığından, genellikle en üst toprak tabakalarında birikmektedir. Biriken Pb bileşikleri karbonat, fosfat ve sülfat gibi çok zor çözünen bileşiklere dönüşmektedir (Ward ve ark. 1977).

Ekolojik sistemin temel bileşeni olan tarım arazilerine kurşun başta sanayi kökenli olmak üzere karayolu taşıtlarından da önemli miktarda bulaşmaktadır. Diğer taraftan topraklarda bazen yüksek miktarda bulunan kurşun bitkiler için mutlak gerekli olmayıp çoğunlukla toksik etkilidir. Toprak çözeltisindeki kurşun miktarı 4 mg kg^{-1} a kadar bitkiler için herhangi bir toksisite sorunu oluşturmamaktadır (Chapman 1971).

Kurşun (Pb^{++}), dünyada birçok doğal kaynağın içerisinde çeşitli formlar halinde bulunan ağır metallere biridir (Nriagu 1992). Birçok çalışma, Pb'nun önemli miktarlarda topraklarda bulunmakta olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan tarım topraklarındaki Pb kirlenmesi çok çeşitli yollardan oluşabilmektedir. Söz konusu bu yollar, motorlu taşıtların egzoz gazları, maden ocakları, metal işleyen tesisler, endüstriyel faaliyetler, kurşun ile kirlenmiş atık sular, sanayi atıkları ve tarımda gübreleme, katı ve sıvı fosil yakıtların yakılması ve Pb arsenat içeren insektisit ve pestisitlerin püskürtülerek uygulanması şeklinde sıralanabilir (Kabata-Pendias ve Pendias 2001, Ward ve ark. 1977).

Kim ve ark. (2003), Güney Kore'nin Seul şehrinde yaptıkları bir araştırmada toprak örneklerinin bazı ağır metal içeriklerini incelemişlerdir. Yapmış oldukları bazı analizlerin sonucunda toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir Cu ve Cd içeriklerinin şehir merkezi yakınındaki topraklarda, Pb içeriklerinin ise benzin istasyonları çevresindeki topraklarda diğer bölgelere göre fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Edirne ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarında kurşun kirliliğinin incelendiği bir araştırma yapılmıştır. Araştırmada kullanılan 56 toprak örneğinin çözeltilmeye geçebilen kurşun içerikleri en düşük $1,212 \text{ mg kg}^{-1}$ ve en yüksek $5,560 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Sarı

2009). Toprakların kurşun içerikleri toksisite sınır değerine göre yorumlandığında araştırma bölgesindeki toprakların % 42,85'inde kurşun kirliliği belirlenmiştir.

Çek Cumhuriyeti'nde maden endüstrisinin topraklardaki kurşun kirliliği üzerine olan etkilerinin incelendiği bir araştırmada 0- 15 ve 15- 30 cm olmak üzere iki farklı derinlikten ve işletmeye farklı uzaklıklardan olmak üzere toplam 200 adet toprak örneği alınmış ve başta kurşun olmak üzere bazı ağır metal içerikleri belirlenmiştir. Araştırmanın sonucunda toprakların ortalama kurşun içeriği 37, 300 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Kurşun madeni endüstrisi özellikle 6 km'lik bir uzaklığa kadar toprakta kurşun kirliliğine neden olmaktadır. Söz konusu bu uzaklıktan sonra toprakların çözeltiliye geçebilen kurşun içerikleri izin verilebilir sınır değerlerine düşmektedir (Rieuwerts ve Farago 1996).

Topraklarda bazı ağır metallerin kirliliğinin araştırıldığı bir çalışmada yol kenarlarından alınan yüzey toprakları ve bu topraklarda yetiştirilen sebze örneklerinde kurşun, kadmiyum ve çinko analizleri yapılmıştır. Toprak örneklerinin toplan kurşun içerikleri 30 mg kg⁻¹ ile 64 mg kg⁻¹ arasında saptanmıştır (Nabulo ve ark. 2006). Toprakların kurşun içerikleri yol kenarından 30 m sonrasında toksik düzeylerin altında ölçülmüştür. Bu durum yol kenarlarındaki tarım arazilerinin araç trafiğinden önemli ölçüde etkilendiği ve topraklara kurşun bulaştırdığını göstermektedir. İncelenen sebzelerin kurşun içerikleri de izin verilen sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur.

Zimbabe'de yapılan bir araştırmada kirlenmiş sulama sularının sebzelerin kurşun içerikleri üzerine olan etkileri incelenmiştir (Muchuweti ve ark. 2006). Elde edilen bulgulara göre tsunga bitkisinin kurşun içeriği 6,77 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Diğer taraftan bu miktar kurşunun EU izin verilebilir standartlarının çok üzerinde olduğu görülmüştür. Bununla birlikte biber, soya fasulyesi, mısır ve şeker kamışı bitkisinin kurşun içerikleri de yüksek düzeydedir.

Sanayi tesislerinin yakınında bulunan tarım topraklarının kurşun içerikleri üzerine olan etkilerinin incelendiği bir araştırmada 11 noktadan alınan toprak ve bitki örneklerinde kurşun analizi yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre toprakların kurşun içeriklerinin 3,30 mg kg⁻¹ ile 76,9 mg kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Toprak örneklerinde belirlenen yüksek kurşun içerikleri bitki analizlerine de yansımıştır (Liu ve ark. 2005).

Çin’de yapılan bir araştırmada ağır metaller ile kirlenmiş topraklarda yetiştirilen bitkilerin söz konusu bu ağır metal kirliliğinden etkilenme durumu araştırılmıştır. Toprakların kurşun içeriklerinin 386 mg kg^{-1} gibi çok yüksek bir değere ulaştığı belirlenmiştir. Yapılan bitki analizlerine göre ise eltik tanelerinin kurşun içerikleri de toprak analizi sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Topraktaki söz konusu kurşun kirliliğinin bitkinin tanelerine de yansımış olması insanlar için ciddi sağlık sorunlarına neden olabileceği vurgulanmıştır (Zhuang ve ark. 2009).

Kurşun ve çinko endüstrisinden etkilenmiş tarım alanlarındaki olası kurşun kirliliği ve bu topraklarda yetiştirilen eltik bitkisinin kurşun içeriklerinin belirlenmesi amacıyla bir araştırma yapılmıştır (Yang ve ark. 2004). Toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir kurşun içerikleri ortalama olarak 286 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Söz konusu bu değer izin verilebilir kurşun miktarının çok üzerinde olup inceleme alanında kurşun kirliliğinin önemli boyutlarda olduğu saptanmıştır. Çeltik bitkisi de söz konusu bu kurşun kirliliğinden etkilenmiştir. Bitkinin ortalama kurşun içeriği köklerinde 419, gövdesinde 69, başakta 45, kabukta 22 ve danede ise 13 mg kg^{-1} değerlerine ulaştığı saptanmıştır. Çeltik bitkisinin değişik aksamlarında belirlenen yüksek kurşun miktarları insan ve diğer canlıların sağlığı için sorun oluşturabilecek düzeylerde-dir.

Karayolu kenarlarında yer alan tarım arazilerinde belirlenen kurşun kirliliği yoldan uzaklaştığı azalmaktadır. Bu durum araçların kalitesiz yakıt kullanımı ile açıklanmıştır. Nitekim Çin’de yapılan bir araştırmada karayolundan uzaklaştığı kurşun kirliliğinin azaldığı ve uzaklık ile azalan kurşun miktarları arasında yüksek bir korelasyon saptanmıştır (Ke- Lin ve ark. 2006).

elik ve ark. (2005) tarafından Denizli ili merkezinin karayollarında yapılan bir araştırmada, endüstri alanlarında ve evre yollarının kenarlarından almış oldukları toprak örneklerinde bazı ağır metallerin (Fe, Pb, Zn, Cu, Mn, Cd) miktarlarını incelemişlerdir. Yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda şehiriçi trafiğinin yoğun olduğu topraklarda ve sanayi bölgelerinde diğer bölgelere göre daha yüksek düzeylerde Pb miktarı belirlemişlerdir.

Pak (2011) Kırklareli ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarındaki ekstrakte edilebilir Pb miktarının $0,560$ ile $11,140 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini saptamıştır. Araştırıcı söz konusu

tarım alanlarındaki Pb kirliliğinin önemli bir sorun olmadığını ve Pb kirliliğinin araştırma alanında şimdilik % 2 düzeylerinde olduğunu belirlemiştir.

Bitkiler üzerindeki ağır metallerin toksitesinin bitki gelişiminde gözle görülür yavaşlama, depolama faaliyetlerinde bozulma, fotosentez aktivitesinde gerileme, enzim aktivitesinde bozulma, bitki kökünde zarar ve diğer besin elementlerinin alımında yavaşlama ve veriminde düşme gibi zararlara neden olduğunu ifade etmiştir (Yağdı ve ark. 2000).

Yiyecek maddeleri için yasal olarak belirlenen kurşun standart değerleri, Alman Sağlık Kurumu tarafından, yeşil lahana için $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$ Pb taze örnek, yapraklı sebzeleri için $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$ Pb, gövdesi yenen sebzeler ve meyveler için $0,25 \text{ mg kg}^{-1}$ Pb taze örnektir. Yapılan araştırmalarda yaprağı ve meyvesi yenen sebzelerin % 88- 90' ında, kök ve gövdesi yenen sebzelerde ve patates ve buğday gibi bitkilerin ise % 95– 100' ünde belirlenen standart değerlerin altında Pb içerdikleri ifade edilmiştir (Demir 2008).

Elazığ'da yapılan bir çalışmada yol kenarından 0-25-50 m uzaklıklardan alınan toprakların Pb içerikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda karayolundan uzaklaştıkça toprakların Pb içeriklerinin azalmakta olduğu görülmüştür. Yolun iki tarafındaki Pb değerleri arasında binalar ve rüzgar yönü nedeniyle büyük farklılıklar olduğu görülmüştür (Bakirdere ve Yaman 2008).

2. 2. 2. Literatürde Kobalt (Co) İncelenmesi

Kobalt kültür bitkileri için alınması zorunlu olan elementlerden değildir. Çoğunlukla tarım topraklarında bulunmaması istenmektedir. Tarım alanlarında aşırı miktarlarda bulunan kobalt elementi kültür bitkilerine toksik etki yapmaktadır. Bu nedenle toprakların çözeltiliye geçebilen kobalt içeriklerinin miktarı bitkiler için son derece önemlidir. Bu konuda yapılan araştırmalarda toprak çözeltilisinde bulunabilecek ve izin verilebilecek kobalt miktarının $0,09 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu ve bu miktarın üzerindeki kobaltın bitkiler için zararlı olduğu kabul edilmiştir (Carrigan ve Erwin 1951).

Alloway (1995), topraklardaki Co içeriğinin $0,05\text{--}300 \text{ mg kg}^{-1}$ gibi geniş bir aralıkta değişim gösterdiğini ve ortalama olarak toprakların $10\text{--}15 \text{ mg kg}^{-1}$ Co içerdiğini belirtmiştir.

Araştırmacı, toprakların Co içeriklerinin toprağı oluşturan ana materyal ile direkt ilişkili olduğunu saptamıştır.

Otoban kenarlarındaki tarım arazilerinde kobalt kirliliğinin düzeyinin belirlenmesi için Edirne ilinde bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada 56 noktadan alınan toprak örnekleri kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir kobalt miktarının 0,011 ile 0,583 mg kg⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeye göre Edirne ili araştırmaya konu olan tarım alanlarında kobalt kirliliğinin önemli boyutlarda olduğu ortaya konulmuştur. Söz konusu araştırma alanındaki kobalt kirliliğinin % 32,14 oranında olduğu saptanmıştır (Sarı 2009).

Yapılan bir çalışmada, toprakların Co içeriğinin ultrabazik kayalarda 150 mg kg⁻¹, granitte 4 mg kg⁻¹, kireç taşlarında 2 mg kg⁻¹ olduğu, ana materyalin bileşimine bağlı olarak topraklar da Co içeriğinin 1– 40 mg kg⁻¹ arasında değiştiği, bitkilerin ise 0,02– 0,5 (kuru ağırlık) mg kg⁻¹ arasında değişen değerlerde Co içerdiği belirlenmiştir (Özbek ve ark. 1995).

Köksoy ve Topçu (1976) Co içeriğinin mağmatik kayalarda 18– 200 mg kg⁻¹, sedimanter kayalarda 0,2– 50 mg kg⁻¹ arasında olduğu ve bu değerlerin tarım topraklarında ortalama olarak 11 mg kg⁻¹, bitkilerde ise 15 mg kg⁻¹ olabileceğini belirtmişlerdir.

Rose ve ark. (1979) tarafından yapılan bir çalışmada Co içeriğinin mağmatik kayalarda 1– 110 mg kg⁻¹, sedimanter kayalarda 0,1– 0,3 mg kg⁻¹ olduğu, bu değerlerin topraklarda ortalama olarak 10 mg kg⁻¹, bitkilerde ise 5 mg kg⁻¹ olabileceği ifade edilmiştir.

Kırklareli ilinde yapılan kobalt kirliliği araştırmasında 50 farklı araziden toprak örneği alınmıştır. Bu toprakların ekstrakte edilebilir kobalt içerikleri belirlenmiştir. Söz konusu bu değerler minimum 0,001 mg kg⁻¹ ile maksimum 0,60 mg kg⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. Bu toprakların kobalt içeriklerinin izin verilebilir toksisite değerinden düşük olduğu araştırma alanında herhangi bir kobalt kirliliğinin olmadığı ortaya konulmuştur (Pak 2011).

Türkiye topraklarının kobalt içeriklerinin incelendiği bir tarama çalışmasında özellikle tahıl yetiştiriciliğinin yapıldığı arazilerden alınan 303 toprak örneği ile bir araştırma yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre ülkemiz topraklarının önemli bir bölümünün kobalt içeriklerinin normal sınır değerleri içerisinde olduğu belirlenmiştir (Sillanpää 1990).

Ağır metal kirliliğinin araştırılması amacıyla İzmit yöresinde yapılan bir çalışmada sanayi tesislerine yakın olan 16 farklı tarım arazisinden alınan toprak örneklerinde Cu, Pb, Zn, Ni, Co, As, Cd, Cr, Hg, Se elementlerinin düzeyleri incelenmiştir. Diğer taraftan sanayi tesislerine uzak tarım alanlarından da 3 adet toprak örneği alınmıştır. Elde edilen bulgulara göre sanayiden etkilenen tarım arazilerindeki toprakların Cu, Zn, Ni ve Co elementlerinin konsantrasyon değerlerinin izin verilebilir sınır değerlerinin üstünde olduğu tesbit edilmiştir. Sonuç olarak araştırma alanlarında söz konusu bu elementlerin kirliliğinin önemli boyutlarda olduğu ortaya konulmuştur (Özkul 2008).

İspanya'da Guadiamar Nehri vadisinde taşkından etkilenen tarım alanlarında başta kobalt olmak üzere krom, kurşun, nikel gibi bazı ağır metallerin topraklardaki miktarları incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre söz konusu vadede taşkından etkilenen tarım topraklarının kobalt içeriklerinin taşkın etkisine maruz kalmamış tarım alanlarına göre yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Buradan hareketle kirli nehir sularının nehir yakınındaki tarım toprakları için ciddi bir kirlilik tehlikesi oluşturduğu sonucuna varılmıştır (Cabrera ve ark. 1999).

Tibet platosunda, karayolu kenarındaki tarım alanlarındaki araç trafiğinden kaynaklanan ağır metal kirliliğinin araştırıldığı bir çalışmada 120 adet toprak örneği kullanılmıştır. Toprak örneklerinde Cu, Zn, Cd, Cr, Co, Ni ve As analizleri yapılmıştır. Araştırma sonunda ağır metal kirliliğinin özellikle yola 10 metre mesafeye kadar yoğunlaştığı tesbit edilmiştir. Kirlilik sıralaması $Cd > As > Ni > Pb > Cu > Co > Zn > Cr$ şeklinde bulunmuştur. Söz konusu elementlerin kirliliğine halk sağlığı açısından dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Yan ve ark. 2013).

2. 2. 3. Literatürde Krom (Cr) İncelenmesi

Araç trafiğinin yoğun olduğu karayolu kenarlarındaki tarım alanlarında yapılan bir çalışmada toprakların krom içerikleri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda toprakların krom içeriklerinin izin verilebilir sınır değerlerinin üzerinde olduğu saptanmıştır. Toprak örneklerinde en yüksek krom değerleri 27, 51 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır. İncelenen alandaki toprakların krom içeriklerinin bitkiler vasıtasıyla insanlarda toksik etkiye neden olabileceği ortaya konulmuştur (Onder ve ark. 2007).

Nijerya'da yapılan bir çalışmada toprakların bazı ağır metal içeriklerinin durumu incelenmiştir. Bu amaçla incelemeye konu olan araştırma arazilerinden 32 farklı toprak örneği alınmış başta Cr olmak üzere kurşun, kadmiyum, demir ve bakır gibi bazı ağır metallerin miktarları saptanmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarından araştırma alanlarında ağır metal miktarlarının $0,28 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $10,371 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği saptanmıştır. Araştırmanın sonucunda bölgede ağır metal kirlenmesinin önemli boyutlarda olduğu ve bu konuda mutlaka gerekli önlemlerin alınması gerektiği sonucuna varılmıştır (Fagbote ve Olanipekun 2010).

Tarım alanlarında bulunan krom ağır metalinin kaynakları çok çeşitlidir. Diğer taraftan krom elementi çoğunlukla bitkiler için mutlak gerekli olan bir besin elementi olarak kabul edilmemektedir. Bununla birlikte bütün tarım topraklarında geniş sınırlar içerisinde değişmekle birlikte var olduğu bilinmektedir. Bitkiler için gerekli olmayan ancak toprakta bulunan söz konusu bu elementin toprak çözeltisindeki miktarı bitki yetiştiriciliği için büyük bir önem arz etmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda krom elementinin bitkilere toksik olmaması için toprak çözeltisinde izin verilen miktarının 1 mg kg^{-1} aşmaması gerektiği kabul edilmiştir (Bowen 1966).

Bozüyük yöresinde yapılan bir çalışmada endüstriyel faaliyetlerin toprak ve bitkide biriken krom miktarı üzerine olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla 32 farklı noktadan toprak ve 58 farklı noktadan ise bitki örnekleri alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda toprakların toplam krom içeriklerinin $0,42 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $864,00 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu belirlenmiştir. Söz konusu bu araştırmanın bulgularına göre sanayi fabrikaları toprakların krom içeriklerini önemli ölçüde etkilemiştir. Elde edilen bulgulara göre inceleme alanında krom kirliliği mevcuttur. Söz konusu bu kirlilik sanayi tesislerinden uzaklaştıkça azalmakta ve yöredeki hakim rüzgarlar da toprakta krom toksisitesini doğrudan etkilemektedir (Tuna 2001).

Sulama sularının toprakların bazı ağır metal içerikleri üzerinde olan etkilerinin incelendiği bir çalışmada 270 adet toprak örneği alınmış ve bazı ağır metal analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre toprakların ortalama olarak Cr içerikleri $28, 249 \text{ mg kg}^{-1}$, Cd içerikleri $1,247 \text{ mg kg}^{-1}$ ve Pb içerikleri ise $37,468 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Söz konusu araştırma bölgesinde ağır metal kirliliğinin önemlilik derecesi $\text{Cd} > \text{Cr} > \text{Pb}$ şeklinde sıralanmıştır. Bu sonuç araştırma bölgesinde krom kirliliğinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir (Liang ve ark. 2011).

Çin'in Beibu körfezi'inde yer alan toprakların ağır metal içerikleri üzerinde bir araştırma yapılmıştır. Araştırmada tarımsal uygulamaların toprak kirliliği üzerindeki etkisinin belirlenmesinin hangi boyutlarda olduğunun tesbiti amaçlanmıştır. Bölgeden alınan 69 adet toprak örneğinde Cr, Cd, Pb, Zn ve Cu analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre topraklara özellikle fosforlu gübrelerden önemli miktarlarda Cd bulaşmasının olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte tarımsal uygulamalar ile topraklara ilave edilen çeşitli kimyasallardan topraklara önemli miktarlarda Cr, Pb, Zn ve Cu ilavesi olmaktadır. Diğer taraftan toprak anamateryali de söz konusu ağır metaller için önemli bir kaynak olarak belirlenmiştir. Özellikle killi topraklarda ağır metal kirliliğinin önemli bir sorun olduğu ortaya konulmuştur (Dou ve ark 2013).

Tarım topraklarında ağır metal kirliliğinin düzeyi üzerinde karayolu araç trafiğinin etkisinin incelendiği bir araştırmada (Wei ve Yang 2010), alınan toprak örneklerinde Ni, Cr, Pb, Cd ve Cu analizleri yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre söz konusu ağır metallerin miktarları yol kenarlarından uzaklaştıkça azalmaktadır. Araç trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarındaki topraklarda belirlenen Ni, Cr, Pb, Cd ve Cu miktarları sıra ile ve ortalama olarak 27,53; 58,87; 37,55; 0,43 ve 31,71 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır.

Yunanistan'ın Kavala bölgesinde yapılan bir çalışmada cadde kenarlarındaki topraklar ile yoğun araç trafiğinin olduğu karayolu kenarlarındaki tarım arazilerinden alınan toprak örnekleri bazı ağır metal içerikleri bakımından karşılaştırılmıştır. Bu amaçla her iki farklı araştırma alanlarında 96 adet toprak örneği alınmış ve Pb, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd analizleri yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları cadde kenarlarındaki topraklarda sıra ile 300 , 123, 271, 57, 196 ve 0,2 mg kg⁻¹ iken yol kenarlarındaki tarım topraklarında ise aynı elementler için belirlenen değerler 359, 42, 137, 58, 193 ve 0,2 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Yol kenarlarındaki tarım alanlarındaki yüksek Cd miktarlarına sebep olarak tarımsal uygulamalar gösterilmiştir. Bu araştırma sonucunda topraklara önemli miktarlarda araç trafiğinden kaynaklanan Pb, Cr ve Ni bulaşmasının olduğu ortaya konulmuştur (Christoforidisve Stamatis 2009).

Varanasi (Hindistan)' de yapılan bir araştırmada atık suların tarımda sulama amaçlı olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Sulamada kullanılan atıksuyun Cr konsantrasyonu ve deneme toprağının Cr konsantrasyonu başlangıçta izin verilebilir değerler içerisinde yer almıştır. Hayvan pancarı bitkisi ile yapılan denemede sonunda deneme alanı toprağının ve

pancar bitkisinin Cr içeriklerinin sulama uygulamaları ile birlikte arttığı ve özellikle yaz aylarında toksik düzeylere ulaştığı belirlenmiştir. Artan sulama suyu miktarı ile toprağın Cr içeriği arasında doğrusal bir ilişki saptanmıştır. Hayvan pancarının yenilebilir kısımlarının Cr içeriğinin ciddi sağlık sorunlarına neden olabilecek düzeylerde olduğu vurgulanmıştır (Sharma ve ark. 2007).

Krom tarım alanlarında çoğunlukla ana materyal ve insan aktivitelerine bağlı olarak çeşitli kaynaklardan gelmek suretiyle yer yer yoğunluğu değişmektedir. Krom ağır metali bir bitki besin elementi olarak kabul edilmediği için topraktaki miktarının yüksek düzeylerde bulunması istenmemektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda (Bowen 1966) toprakta çözeltiye geçebilen krom konsantrasyonu 1 mg kg^{-1} 'dan fazla olmamalıdır. Bu miktarın üzerindeki krom miktarının bitkilere toksik etkide bulunduğu yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur.

Altın madeni işletmesi yakınındaki tarım alanlarında yapılan bir araştırmada krom kirliliği incelenmiştir (Xu ve ark. 2013). Toprakların krom içerikleri $7,54 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $54,23 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında ve ortalama olarak ise $32,11 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Toprakların krom içerikleri ile organik madde miktarları arasında pozitif bir ilişki belirlenirken, pH değerleri ve KDK değerleri ile krom içerikleri arasında herhangi bir ilişki belirlenememiştir.

Krom doğada çoğunlukla elementel halde bulunmamaktadır. Minör bileşen olarak mağmatik kayalarda özellikle bazik ve ultrabazik kayalarda bulunmaktadır. Bu kayalarda Kromit minerali bünyesinde Cr en fazla bulunan elementtir. Diğer kayalarda ve toprakta kromoksit şeklinde bulunmaktadır. Krom yaygın olarak (Cr^{+3} , Cr^{+6}) oksidasyon basamağına sahiptir (Bebek 2001).

Pak (2011) Kırklareli ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarındaki ekstrakte edilebilir Cr miktarının $0,001$ ile $0,004 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini saptamıştır. Araştırmacı söz konusu tarım alanlarında henüz Cr kirliliğinin mevcut olmadığını ortaya koymuştur.

Bitki bünyesine Cr alımıyla topraktaki organik asitler arasında bir korelasyon olduğu (Shahandeh ve Hossner, 2000), toprakta artan organik asit konsantrasyonlarında, bitki bünyesinde Cr alımının ve dağılımının arttığı ortaya konulmuştur (Srivastava ve ark. 1999).

Serpantin ve ultrabazik mağmatik kayalar 3400 mg kg⁻¹'a kadar Cr içerebilmektedir. Serpantin veya ultrabazik mağmatitlerden oluşan kromca aşırı zengin topraklarda yetişen bitkilerde de 235 mg kg⁻¹'a kadar kuru maddede Cr içerdiği ifade edilmiştir. Kromca zengin endüstriyel atık sular ve atık maddelerle kontamine olmuş toprakların da 300 mg kg⁻¹'a kadar Cr içerdiği belirtilmiştir (Demir 2008).

Krom bitkilerin kök hücrelerinde bölünme ve uzamayı engelleyerek kök gelişimini olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Toprakta krom fazlalığı, toprak zeltisinden alınan bitki besin maddeleri ve suyun alımının azalmasına yol açarak sonuçta bitki büyüme ve gelişmesini de engellemektedir. Dolayısıyla bitkilerde önemli düzeyde verim ve kalite azalması görülmektedir (Khan ve ark. 2000).

Metallerin oksidasyon basamağı, oluşturdukları bileşik toksik düzeylerinde önemli derecede rol oynamaktadır. Organik metallerin oluşturduğu bileşikler, inorganiklerin oluşturduğu bileşiklere göre toksik düzeylerinin daha yüksek olmasına Cr⁺⁶ bileşiklerinin Cr⁺³den daha yüksek derecede toksik olması gösterilebilir. Toprak, bitki gibi ekolojik sistemde parametrelerinden herhangi birinin endüstride toksik bir metale maruziyeti sonucu organizmadaki moleküler, hücre, doku ve organdaki biyolojik seviyesinde değişimler görülebilmektedir (Ağcasulu 2007).

2. 2. 4. Litaratürde Kadmiyum (Cd) İncelenmesi

Ekosistemi oluşturan ana parametrelerden biri olan toprak içerisindeki kadmiyum çok farklı kaynaklardan toprağa bulaşabilmektedir. Özellikle sanayi bölgelerinden kaynaklanan bulaşmalar önemli bir yer tutmaktadır. Bitkilere toksik etki yapan kadmiyumun toksisitesi özellikle topraktaki çözünebilir kadmiyumun miktarı 0,2 mg kg⁻¹'ı aştığında ortaya çıkmaktadır (Alloway 1995).

Karayolundaki araç trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde yer alan yolun kenarlarındaki tarım arazilerinde kadmiyum kirliliğinin önemli boyutlarda olduğu ortaya konulmuştur. Bu bulguya sebep olarak yoğun araç trafiği nedeni ile kalitesiz yakıtlar ve araçların lastiklerinin tarım topraklarına kadmiyum bulaştırmiş olabileceği gösterilmiştir (Kacar ve İnal 2010).

Duru ve ark.(2011) tarafından Karadeniz sahil şeridinde taşıtların sebep olduğu ağır metal kirliliğinin araştırılması üzerine bir çalışma yapılmıştır. Söz konusu bu çalışmada bitkiler üzerindeki ağır metallerin bulaşma etkileri incelenmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmadan 23 farklı noktadan sığır kuyruğu (*Verbascum sinuatum* L.) bitkisinin yaprak örnekleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre bitkinin yapraklarındaki kadmiyum konsantrasyonu trafik yoğunluğu ile birlikte artış göstermiştir. Araştırmacılara göre araç trafiğindeki artış yol kenarlarındaki sığır kuyruğu bitkisinde kadmiyum konsantrasyonunun da artmasına neden olmuştur.

Toprakta tesbit edilen kadmiyum toksisitesi topraklar üzerinde yetiştirilen bitkilere de doğrudan bulaşmaktadır. Bitki bünyesine geçen kadmiyum besin zinciri yolu ile insan ve diğer canlılara bulaşmaktadır. İnsanlarda sindirim sistemi başta olmak üzere birçok organı olumsuz bir şekilde etkilemektedir (Hoffman ve ark. 2008).

Ağır metal kirliliğinin araştırıldığı bir çalışmada bitki ve toprak örneklerindeki kadmiyum, kurşun, bakır, çinko, demir ve mangan elementleri incelenmiştir. Araştırma alanındaki sanayi tesislerinin söz konusu bu elementlerin toprak ve bitkilerdeki toksisiteleri üzerindeki etkilerinin boyutları araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre bitki ve toprak örneklerinde endüstriyel aktivitenin etkisi özellikle kadmiyum, bakır ve çinko miktarları üzerinde önemli olduğu söz konusu bu elementlerin toprak ve bitkide toksik düzeylere çıkmasına sebep olduğu ortaya konulmuştur (Parizanganeh ve ark. 2010a).

Adams ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada kadmiyum içeriği yüksek olan arıtma çamuru kullanılarak buğday ve arpa bitkileri ile bir deneme yapılmıştır. Denemede arıtma çamurundaki yüksek kadmiyum içeriğinin bitkilere olan etkileri incelenmiştir. Deneme sonucunda arıtma çamurundaki kadmiyumun önemli bir bölümünün bitkilere geçtiği ve toksisiteye neden olduğu saptanmıştır.

Sulama amaçlı olarak kanalizasyon sularının kullanıldığı bir çalışmada kanalizasyon sularındaki ağır metallerin topraktaki birikmesi incelenmiştir. Araştırmanın sonucunda kanalizasyon sularının topraklarda önemli miktarda kadmiyum, kurşun, nikel, krom gibi ağır metallerin birikimine neden olduğu tesbit edilmiştir. Topraktaki kadmiyum konsantrasyonunun 0,43 mg kg⁻¹ olduğu ortaya konulmuştur (Karataş ve ark. 2006).

Endüstri tesislerinin tarım topraklarındaki kadmiyum, kurşun, bakır ve çinko miktarları üzerine etkisinin incelendiği bir araştırma yapılmıştır. Araştırmanın sonucunda toprakta sözkonusu ağır metallerin miktarı üzerinde sanayi tesislerinin önemli etkilerinin bulunduğu tesbit edilmiştir. Aradaki mesafe arttıkça kadmiyum miktarının 28 mg kg^{-1} dan $0,08 \text{ mg kg}^{-1}$ a düştüğü tesbit edilmiştir. Bu sonuç sanayinin tarım alanlarını önemli ölçüde kirlettiğini göstermektedir (Tembo ve ark. 2006).

Topraklara kadmiyum ilavesinin bir yolu da tarımda kullanılan fosforlu gübrelerdir. Çünkü fosforlu gübrenin ham maddeleri önemli miktarda kadmiyum içermektedir. Bir makro besin elementi olan fosforun toprağa çeşitli fosforlu gübreler ile ilave edilmesi sonucunda tarım topraklarına önemli miktarda kadmiyum verilmektedir. Toprağa eklenen kadmiyum miktarı bazen 170 mg kg^{-1} gibi yüksek toksisite değerlerine ulaşabilmektedir (Tok 1997).

Ankara ili çevresindeki Etimesgut şeritli bulvar kenarlarındaki topraklarda Pb, Cd ve Cu konsantrasyonlarındaki değişim incelenmiştir. Örnekleme 0, 10, 40 ve 500 m içerideki noktalardan ve 0-5 ve 5-15 cm toprak derinliklerinden alınmıştır. Pb içeriğinin en yüksek olduğu topraklar yoldan 0-2 m uzaklıkta ve 0-5 cm derinlikten alınan örneklerde olduğu, derinliğin artmasına bağlı olarak Pb kirliliğinin % 40- 50 oranında azalma gösterdiği belirlenmiştir. Yola uzaklık arttıkça Pb miktarının dikkate değer derecede azalma olduğu saptanmıştır (Güler, 2006).

Pak (2011) Kırklareli ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarındaki ekstrakte edilebilir Cd miktarının $0,002$ ile $0,060 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değiştiğini belirlemiştir. Araştırmacı söz konusu bu değerlerin topraklarda şimdilik Cd kirliliği sorunu yaratmadığını ortaya koymuştur.

Avustralya'da yapılan bir çalışmada 30-45 yıllık süper fosfat gübresi uygulamasının ($1000-4500 \text{ kg/ha}$) topraklardaki Cd içeriğinin süper fosfat gübresi uygulanmamış topraklara oranla 3 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Altınbaş ve ark. 2008). Bu sonuç fosforlu gübrelerden topraklara önemli miktarda Cd bulaştığını göstermektedir.

2. 2. 5. Literatürde Nikel (Ni) İncelenmesi

Nikel 1453°C 'de eriyen gümüşe benzer bir ağır metaldir. Parçalara bölünmüş Ni hava ile kolaylıkla reaksiyona girebilmekte ve spontan olarak alev alabilmektedir. İnorganik Ni

bileşiklerinin bazıları suda kolayca çözünen (örneğin nikel sülfat, nikel asetat, nikel nitrat), bazıları da pratikte çözünmeyen (nikelkarbonat, nikelhidroksit, nikeloksit, nikelsülfid) katı maddeleridir (Anonim 2011).

Nikel elementinin bitkiler için mutlak gerekli olduğu konusunda tartışmalar henüz sonuçlanmamıştır. Diğer taraftan nikel bütün tarım topraklarına özellikle ana materyal ve antropojenik köken olmak üzere farklı kaynaklardan bulaşmaktadır. Toprakta bulunan nikel elementi geliş kaynağına bağlı olarak çoğu kez kültür bitkilerine toksik etki yapabilmektedir. Bu nedenle özellikle insan aktivitesinin yoğun olduğu toprakların nikel içeriklerinin bilinmesi söz konusu bu elementin bitkilere toksik etki yapabilme olasılığının belirlenmesi bakımından çok önemlidir. Bu konuda araştırmalar yapan (Gerendas ve ark. 1999) genel olarak topraktaki çözünebilir ve toprak çözeltilisine geçebilen nikel miktarının 10 mg kg^{-1} 'i aşması durumunda böyle topraklarda yetiştirilen birçok kültür bitkisinde nikel toksisitesinin sıklıkla görüldüğünü ortaya koymuşlardır.

Niğde ilinde patates tarımı yapılan toprakların bazı ağır metal içeriklerinin belirlenmesi için bir araştırma yapılmıştır. Misli ve Altınhisar olmak üzere iki ayrı lokasyonda yapılan bu araştırmada toplam 45 farklı toprak örneği kullanılmıştır. Yapılan analizlerin sonuçlarına göre altınhisar lokasyonundan alınan toprak örneklerinin nikel içeriklerinin toksiste düzeyinde olduğu ve yöre topraklarında nikel kirliliğinin mevcut olduğu belirlenmiştir (Pırlak 2002).

Alloway (1995)'ya göre Ni açısından zengin kayaçlardan oluşan topraklarda Ni'in büyük bir kısmı silikatların yapısından yer almasından dolayı alınabilir formda bulunmamaktadır. Mağmatik kayaçlarda toplam Ni miktarı $2-3400 \text{ mg kg}^{-1}$, tortul kayaçlarda $26-1000 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmektedir. Toprağı oluşturan ana kayacın özelliğine göre topraklardaki Ni içeriği değişmekte olup, örneğin genel olarak topraklarda 20 mg kg^{-1} olduğu belirtilen Ni içeriği serpantinlerin oluşturduğu topraklarda 7000 mg kg^{-1} 'a ulaşmaktadır. Araştırmacıya göre, Ni elementince normal düzeyde olan topraklar üzerinde yetişen bitkilerin Ni içeriğinin $0,1-5 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup, serpantin topraklar üzerinde yetişen bitkilerde ise genel olarak $20-100 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında Ni bulunmaktadır.

Bursa'da yapılan bir çalışmada tarla bitkileri ve çok yıllık meyve bahçelerinden alınan toprak örneklerinde ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Bu amaçla 25 tarla ve 5 bahçe toprağı

olmak üzere 30 toprak örneği üzerinde çalışılmıştır. Elde edilen bulgulara göre araştırma arazilerinde Cr kirliliği % 86 iken Ni kirliliğinin % 100 olduğu saptanmıştır (Deveciler 2005).

Yol kenarlarındaki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırıldığı bir çalışma Fransa’da yapılmıştır. Söz konusu ağır metal kirliliğinin derinlikle olan ilişkisi incelenmiştir (Pagatto ve ark. 2001). Bu amaçla toprak örnekleri 0- 2 cm, 2- 10 cm ve 10- 30 cm olmak üzere üç farklı derinlikten alınmıştır. Toprak örneklerinde öncelikli olarak kurşun ve daha az miktarlarda olmak üzere nikel ve krom kirliliği saptanmıştır. Söz konusu bu kirlilik parametrelerinin toprak derinliği ile ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür. Bu duruma sebep olarak ise toprakların kollidal özelliklerin ile kil miktarlarının ve dolayısı ile ağır metal adsorbsiyonunun derinlikle azalması gösterilmiştir.

Nüfus yoğunluğunun toprakların ağır metal içerikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada Çin’in Beijing bölgesinde köyler ve şehirlerin yakınlarından alınan toplam 70 toprak örneğinin nikel içerikleri belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre nüfus yoğunluğu ile toprakların nikel içerikleri arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Nüfusun daha fazla olduğu şehir kenarlarındaki toprakların nikel içerikleri köy civarındaki toprak örneklerine göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durumartan nüfus yoğunluğu ve insan aktivitesinin topraklarda nikel toksisitesine neden olduğu şeklinde açıklanmıştır (Hu ve ark. 2006).

Toprakta nikel kirliliğinin araştırıldığı bir çalışmada 10 yıllık bir süre içerisinde sebze sulamasında kullanılan sulama suyunun toprağın nikel içeriği üzerindeki etkisi izlenmiştir. Başlangıçta deneme toprağının Ni içeriği $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ iken söz konusu bu değer 10 yıllık bir süreçte 21 mg kg^{-1} ’ a ulaşmıştır. Bu durum sebzelerde de Ni toksisitesine neden olmuş ve sebzelerin Ni içeriklerinin insan sağlığını tehdit edebilecek boyutlara ulaştığı ortaya konulmuştur (Mapanda ve ark. 2005).

Özbek ve ark. (1995) Nikelce zengin kayalardan oluşan topraklarda $100- 5000 \text{ mg kg}^{-1}$ toplam Ni içeriğinin bulunduğunu, bitkilerin Ni içeriğinin kuru maddede $11- 30 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olması durumunda toksik etki gösterebileceğini ifade etmişlerdir.

Sarı (2009) Edirne ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarındaki ekstrakte edilebilir Ni miktarının $0,360$ ile $6,761 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini saptamıştır. Araştırmacı söz konusu tarım alanlarındaki Ni kirliliğinin şimdilik önemli bir sorun olmadığını saptamıştır.

Nikel elementi bitkide gereğinden fazla bulunduğunda, klorofil sentezi ve yağ metabolizması üzerine olumsuz etki yapmakta olup, bitki köklerinin diğer besin elementlerini absorpsiyon sırasında ise diğer elementlerle antagonist etki oluşturmaktadır. Bu durum bitkide besin elementi noksanlıklarının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Asri ve Sönmez 2006).

Tarım topraklarındaki nikel kirliliğinin araştırıldığı bir çalışma Kırklareli yöresinde yapılmıştır (Pak 2011). Bu amaçla 50 farklı noktadan alınan toprak örneklerinin çözeltiliye geçebilen krom miktarları $0,001 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $0,004 \text{ mg kg}^{-1}$ değerler arasında belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda incelenen bölge topraklarında nikel kirliliğinin olmadığı görülmüştür.

Sulama sularından toprağa bulaşan nikel kirliliğinin sebzeler üzerine olan etkilerinin incelendiği bir araştırmada (Chary ve ark. 2008), toprağa sulama suyu kaynaklı olarak bulaşan nikelin özellikle ıspanak bitkisinde önemli miktarlarda biriktiği belirlenmiştir. Söz konusu sebzedeki nikel toksisitesinin insan sağlığı için ciddi sağlık sorunu oluşturabileceği ortaya konulmuştur.

2. 2. 6. Katyonik Karakterli Mikro Besin Elementleri (Cu, Fe, Mn, Zn)

Türkiye’de toprakların yarayışlı mikro besin elementleri üzerine en kapsamlı çalışma Eyüpoğlu ve ark. (1998) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar ülkemiz genelinde 1511 adet toprak örneğini analiz etmişlerdir. Bu çalışma kapsamında, Tekirdağ iline ait toprak örneklerinin % 88’nin demir içeriği yüksek bulunmuştur. Toprakların bakır içeriklerinin tamamı yeterli düzeydedir. Toprakların çinko içeriklerinin % 65’ i yetersiz düzeydedir. Toprakların analiz sonuçlarına göre % 61’ i fazla miktarda mangan içermektedir.

Adiloğlu ve ark (2011) tarafından Tekirdağ kıyı şeridinde yer alan topraklar üzerinde yapılan bir araştırmada 25 toprak örneği analiz edilmiş ve yarayışlı demir içerikleri $1,10 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $22,55 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında bulunmuştur. Bu araştırmada 21 toprak örneğinin demir içeriğinin yüksek düzeyde olduğu ortaya konulmuştur. Yine aynı araştırmada toprakların yarayışlı çinko içerikleri $0,10 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $0,70 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında tesbit edilmiştir. Araştırma alanında Zn yetersizliğinin % 80 olduğu görülmüştür. Toprakların bakır içerikleri $0,20 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $1,60 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında ve yarayışlı mangan içerikleri ise $1,90 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $16,00 \text{ mg kg}^{-1}$

arasında olduğu belirlenmiştir. Bu duruma göre toprakların Cu içerikleri yeterli düzeyde iken Mn içerikleri ise genellikle yetersiz düzeydedir.

Sağlam ve ark. (1997) tarafından Trakya Bölgesi'nde yapılan bir araştırmada bölgeden alınan 66 adet toprak örneğinin yarayışlı Fe, Mn, Cu ve Zn içerikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan toprakların Fe içeriklerinin 0,104 mg kg⁻¹ ile 58,175 mg kg⁻¹ arasında, Mn içeriklerinin 1,342 mg kg⁻¹ ile 113,200 mg kg⁻¹ arasında, Cu içeriklerinin 0,004 mg kg⁻¹ ile 4,986 mg kg⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar tarafından bölge topraklarının önemli bir bölümünde Zn eksikliğinin olduğu açıklanmıştır.

Tekirdağ ili büyük toprak gruplarının yarayışlı demir, bakır ve çinko içeriklerinin incelendiği bir araştırmada 30 toprak örneği kullanılmıştır. Araştırmanın sonunda toprakların demir içerikleri 0,40 mg kg⁻¹ (Calcixerol) ile 3,79 mg kg⁻¹ (Ustifluent), bakır içerikleri 0,34 mg kg⁻¹ (Fluvaquent) ile 1,74 mg kg⁻¹ (Haloquept) ve çinko içerikleri ise 0,10 mg kg⁻¹ (Haploxeralf) ile 3,34 mg kg⁻¹ (Ustifluent) olarak belirlenmiştir (Ekinçi ve Adiloğlu 1997).

Meriç Havzası Vertisol ve Kireçsiz Kahverengi toprakların yarayışlı Zn, Fe, Mn ve Cu miktarlarının belirlenmesi için bir araştırma yapılmıştır (Elinç 1997). Araştırmada kullanılan 20 adet toprak örneğinin DTPA yöntemine göre belirlenen Zn içerikleri 0,28 mg kg⁻¹ ile 1,93 mg kg⁻¹, Fe içerikleri 1,38 mg kg⁻¹ ile 10,95 mg kg⁻¹, Mn içerikleri 2,05 mg kg⁻¹ ile 37,35 mg kg⁻¹ ve Cu içerikleri ise 0,60 mg kg⁻¹ ile 1,84 mg kg⁻¹ arasında olduğu görülmüştür.

Çarşamba havzası topraklarında ağır metal miktarlarının belirlenmesi için havzanın farklı noktalarından 16 adet toprak örneği 0- 20 cm derinlikten alınmıştır. Toprak örneklerinin yarayışlı Cu ve Zn miktarları DTPA yöntemiyle belirlenmiştir. Araştırmanın sonunda toprakların Cu içerikleri en düşük 0,05 mg kg⁻¹ ve en yüksek 1,66 mg kg⁻¹, Zn içerikleri en düşük 0,95 mg kg⁻¹, en yüksek 3,18 mg kg⁻¹ şeklinde belirlenmiştir (Kızılkaya ve ark. 2000).

Afşin- Elbistan termik santralinden etkilenen toprakların yarayışlı Fe, Mn, Zn ve Cu miktarlarının belirlenmesi amacı ile santrale farklı uzaklıklardan alınan toprak örneklerinin analizleri yapılmıştır. Termik santrale 500 m mesafeden 10000 m mesafeye doğru toprakların Fe ve Cu içeriklerinin azaldığı saptanmıştır (Elinç ve ark. 2000). Söz konusu bu değerler Fe için 11,81 mg kg⁻¹ – 3,47 mg kg⁻¹; Cu için 3,01 mg kg⁻¹ -1,70 mg kg⁻¹ olarak ölçülmüştür. Toprakların Zn ve Mn değerlerinde uzaklıkla önemli bir değişikliğin olmadığı anlaşılmıştır.

Erzurum'da yapılan bir araştırmada yol kenarlarından alınan toprak örneklerinde demir, bakır, çinko ve mangan ölçümleri yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda araç trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarındaki topraklarda yüksek ve toksik olabilecek düzeylerde demir, bakır ve çinko miktarları belirlenmiştir (Bayar ve Yıldız 2010).

Nijerya'da yapılan bir araştırmada toprakların ekstrakte edilebilir Cu, Fe, Mn ve Zn içerikleri belirlenmiştir. Araştırmanın sonunda toprakların ortalama olarak Cu, Fe, Mn ve Zn miktarlarının sıra ile 1,27, 122, 111 ve 2,56 mg kg⁻¹ şeklinde olduğu saptanmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre toprakların mikro element içerikleri ile pH, tekstür, organik karbon miktarları arasında istatistiksel ilişkiler saptanmıştır (Ajiboye ve Aduloju 2013).

Edirne ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarında ekstrakte edilebilir Zn miktarının 0,08 ile 2,05 mg kg⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır (Sarı 2009). Araştırıcı söz konusu tarım alanlarındaki Zn eksikliğinin önemli bir sorun olduğunu ve eksikliğin araştırma alanında % 70'e ulaştığını açıklamıştır.

Yapılan bir araştırmada Kırklareli ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarında ekstrakte edilebilir Zn miktarının 0,17 ile 2,34 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini saptanmıştır (Pak 2011). Araştırıcı Zn eksikliğinin araştırma alanında % 64 gibi yüksek bir oranda olduğunu ortaya koymuştur.

Denizli ilinde yapılan bir çalışmada; endüstri, şehiriçi yol kenarları, yarı şehir içi yol kenarlarından alınan toprak örneklerinde bazı ağır metaller incelenmiştir. Araştırma sonunda şehiriçi yol kenarı topraklarında toplam ağır metal konsantrasyonları sırayla Fe 3554,5 mg kg⁻¹, Pb 336,55 mg kg⁻¹, Zn 506,43 mg kg⁻¹, Cu 69,71 mg kg⁻¹, Cd 4,286 mg kg⁻¹, Mn 428,46 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Endüstri bölgesindeki ağır metal içeriklerinin genellikle daha yüksek olduğu tesbit edilmiştir. şehir içinde yol kenarındaki yüksek değerlerdeki ağır metal içeriklerinin araç trafiğinden kaynaklandığı düşünölmektedir (elik ve ark. 2005).

Sarı (2009) Edirne ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarındaki ekstrakte edilebilir Mn miktarının 3,48 ile 56,14 mg kg⁻¹ arasında olduğunu belirlemiştir. Araştırıcı söz konusu tarım alanlarındaki Mn eksikliğinin % 54,25 düzeyinde olduğunu ortaya koymuştur.

Kırklareli ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarındaki ekstrakte edilebilir Mn miktarının araştırıldığı bir çalışmada (Pak 2011), toprakların ekstrakte edilebilir Mn içeriklerinin 3,48 ile 56,14 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Söz konusu tarım alanlarındaki Mn eksikliğinin yöre toprakları için çok önemli bir sorun olduğu ve Mn eksikliğinin araştırma alanında % 94 düzeyinde olduğu ortaya çıkarılmıştır.

2. 3. Ağır Metaller ve İnsan Sağlığı

Canlılar üzerinde eser elementlerin etkisi dikkate alındığında, toprak ve su örneklerinde bulunan eser elementlerin analizi büyük bir önem taşımaktadır. Metallerin çoğu bütün aerobik ve genellikle anaerobik organizmalar için esansiyel maddelerdir. Bununla birlikte Cr, Pb, Co ve Ni gibi birçok ağır metalin yüksek miktarlarının insan sağlığını ciddi derecede etkilediği kanıtlanmıştır (Forster ve Wase 1997).

İnsan vücudu ağır metalleri işleyememekte ve kolaylıkla dışarı atamamaktadır. Sonuçta bu ağır metaller insan vücudunun çeşitli organlarında birikmektedir. Yüksek miktarlarda birikim de insan vücudunda ciddi zararlara neden olabilmektedir. Çevrede kirletici etkileri en fazla gözlenen bazı ağır metaller, Cd, Ni, Hg, Cr, Ag, Co, Sn, Cur, Zn ve Pb'dur (Forster ve Wase 1997).

Canlılarda bulunan söz konusu bu ağır metallerin biyokimyasal açıdan önemi incelendiğinde, Fe normal yetişkin bir insan vücudunda yaklaşık 3- 5 g olarak bulunmaktadır. Bunun 2/3 kadarı kanda yer almaktadır. İnsan vücudundaki Cu miktarı ise yaklaşık 80 mg olup bazı enzimlerin yapısında bulunmaktadır. Yetişkin bir insanda bulunan Cr (III) miktarı da 0,02- 0,64 mgkg⁻¹ olup günlük Cr ihtiyacı ise 50– 200 mikrogram arasındadır. Yüksek dozlarda Cr gastrointestinal sistem hastalıkları ve kanserleri, kanama diatezi ve ciltte alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir (Tchounwou ve ark. 2003).

Kuru madde esasına göre bünyesindeki kadmiyum konsantrasyonu yüksek düzeylerde olan bitkiler canlılarda ciddi bazı sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir. Söz konusu bu sağlık sorunları ise kan basıncı yüksekliği, kalp krizi riskleri, nefes alma zorluğu gibi bazı akciğer rahatsızlıkları şeklinde sıralanabilir. Aşırı kadmiyum erkeklerde prostat kanserine de neden olabilmektedir (Tok 1997, Anonim 2013).

Kadmiyumun insanlarda neden olduğu başka bir sağlık sorunu da kronik böbrek zehirlenmesidir. Bu hastalık daha çok böbrek kanalcıklarında zedelenmelere neden olmaktadır. Japonya'da "İtai- İtai" olarak bilinen hastalık da kronik bir Cd zehirlenmesidir. Çeltik alanlarındaki yoğun bulaşmadan insanlara geçen ve özellikle de doğum nedeni ile dokulardaki Ca dengesinin hassas olduğu bayanlarda ortaya çıkan bu hastalık, kemiklerin Ca ve P metabolizmasını olumsuz bir biçimde etkileyerek kemiklerin kırılmasına neden olabilmektedir (Tok 1997).

Yapılan araştırmalarda ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde insan vücuduna giren günlük Cd miktarı yaklaşık olarak 20 µg' dır. Japonya'da ise bu miktar 40- 50 µg gün⁻¹'e kadar çıkabilmektedir (Deniz 2003).

Yüksek miktarda insan vücuduna alınan Cr bileşiklerinin tümü toksik olabilmektedir. Yüksek miktarlarda Cr'un solunması burun, akciğer, mide ve barsaklara zarar verebilmektedir. Kroma allerjisi olan kişilerde astım krizlerine de neden olabilmektedir. Uzun süre yüksek ve orta düzeylerde Cr maruziyeti ise burun kanaması ve yaraları ile akciğer hasarı gibi hastalıklarda artışa neden olabilmektedir (Esringü 2005).

Kobalt miktarı insan vücudunda yaklaşık 1,1 mgkg⁻¹ olup çoğunlukla kaslarda, kemiklerde ve dokularda bulunmaktadır. Ayrıca vitamin B₁₂'nin yapısında % 4 oranında Co bulunmakta olup hemoglobin sentezinde görev yapmaktadır. Kobalt elementinin fazlalığında akciğer ve kalpte hasar ve işlev bozukluğu, kan şekeri, kolesterol ve yağ düzeylerinde artış, kanser, düşük ve kısırlıklar gibi hastalıklar görülebilmektedir (Dissanayake 1991, Akpınar 2005).

Nikel ve Ni bileşikleri temel olarak toz, duman veya hava püskürtülmüş damlalar, deri (yalnızca Ni karbonil) ve gastrointestinal sistem yoluyla insan vücuduna alınmaktadır. İnhalasyon sonrası nefes yolları ve burun mukozasında lokal karsinojenik etkiler oluşmakta ve deri temasında duyarlılık meydana gelebilmektedir. Özellikle trinikel disülfid (nikelsubsülfid Ni₃S₂) ve nikeloksit (NiO) gibi inorganik Ni bileşiklerinin inhalasyonu burun boşlukları, sinüsler ve akciğerlerde bazı kanser olgularına neden olabilmektedir. Deri teması allerjik dermatite neden olabilmekte ve bu durum nadiren allerjik bronşiyal astımla ilişkili olmaktadır. Nikel yağ döngüsünde ve hormonlar üzerinde etkili olup sularda 20 mg L⁻¹'den fazla Ni bulunduğunda insanlar için tehlike oluşturmaktadır (Anonim 2011).

Rusya'da Ni rafinasyon işçileri üzerinde yapılan bir çalışmada, mide ve akciğer kanserine yakalanma oranının yüksekliği dikkat çekicidir. Aynı sonuçlar İngiltere ve Japonya'daki rafinasyon işçileri üzerinde de saptanmıştır (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Kurşun kullanımının tarihçesi eski Romalılara kadar uzanmaktadır. Kurşun insan vücuduna özellikle sindirim ve solunum yolu ile geçmektedir. Kurşun, atmosferde katı (toz ve özellikle PbO₂ partikülleri) ve gaz (alkil Pb- egsoz gazlarından çıkar-) halde bulunmaktadır. Atmosferdeki kurşunun % 90'ı akciğerler tarafından emilmektedir. Emilen kurşunun % 90'ından fazlası kırmızı kan hücrelerinde toplanmaktadır. Genellikle havadaki kurşun konsantrasyonu 1 mcg/m³ düzeyinde olduğunda kandaki kurşun oranı 1 mcg dL⁻¹ ye yükselmektedir. Vücuttaki Pb başlıca iskelet sisteminde birikmektedir. Burada Pb'un yarı ömrü 20 yıldan fazla olmaktadır (Castaing ve ark. 1986).

Kurşunun yoğun olarak bulunduğu diğer birikim yeri yumuşak dokulardır. En belirgin toksik etkiler özellikle çocuklarda ve embriyoda görülmektedir. Yetişkinlerde hemoglobin metabolizmasında aksamalar ve anemi belirlenen önemli bozukluklar arasındadır. Bunlardan başka etkilenen diğer sistemler arasında gastrointestinal sistem (kusma, kolik, abdominal ağrı, ishal) ve hamilelerde ölü doğumlar sayılabilir. Kurşunun merkezi sinir sistemi üzerine olan etkileri de insan sağlığı açısından çok önemlidir. Merkezi sinir sistemi etkileri, genellikle çocukluk döneminde ataksi uyusukluk, konvülziyon ve koma ile seyretmekte ve beyinde genel morfolojik lezyonlar oluşmaktadır (Castaing ve ark. 1986, Baş ve Demet 1992).

Kurşunun insan vücudunda toksik etki oluşturabilmesi için kanda veya yumuşak dokularda belli bir düzeye kadar birikmesi gerekmektedir. Yaş, beslenme ve fizyolojik durumlar gibi birçok faktöre bağlı olarak da etkisi değişebilmektedir. Çocuklar için 40-80 µg Pb 100 mL⁻¹ toksik belirtilerin görülebileceği, 80 µg Pb 100 mL⁻¹ düzeyi ise kurşun zehirlenmelerinin görülebileceği düzeyler olarak kabul edilmektedir (Yıldız ve ark. 2012).

Kurşun ağır metali, çocuklarda sinir sistemi üzerinde toksik etki ile serebral ödem, kafa içi basınç artması ve herniasyon yapabilmektedir. Yetişkinlerde en erken bulgu hemoglobin sentezinin bozulmasıdır. Tipik olarak peripherel nöropati ile buna bağlı ellerde felç ve his bozuklukları görülebilmektedir (Cordle ve Kolbye 1982).

Kronik Pb zehirlenmelerinde iştahsızlık, zayıflama, yorgunluk, başağrısı, anemi, ağızda madeni tat, kansızlık, mide şikayetleri gibi metabolik zehirlenme bulguları ile diş etlerinde koyu mavimsi çizgiler ve daha ileri durumlarda sinirlilik, huzursuzluk ve hipertansiyon görülebilmektedir. Saçlar, kemikler ve dişlerdeki Pb miktarı muhtemel Pb zehirlenmeleri hakkında bilgi verebilmektedir (Cordle ve Kolbye 1982, Yıldız ve ark. 2012).

Kuşun miktarı kanda 40 mg L^{-1} düzeyini aştığında tansiyonu arttırıcı bir etkisi ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan kronik Pb alınımı ile sperm sayısı ve morfolojisi de sınırlanmaktadır. Dünya sağlık örgütü sınıflandırmasına göre Pb 2. sınıf kanserojen maddeler grubuna girmektedir (Evers ve Schlipköter 1995, Özkoç 2011).

Besin zinciri yoluyla insanlara ulaşan Mn'nin toksisite belirtileri başlıca solunum sisteminde ve beyinde gözlenmektedir. Mangan zehirlenmesinin belirtileri çoğunlukla halüsinasyonlar, bitkinlik, uykusuzluk, güçsüzlük, unutkanlık ve sinir hasarları şeklinde ortaya çıkmaktadır. Mangan ayrıca parkinson, akciğer ambolisi ve bronşite neden olabilmektedir. Eğer bir erkek Mn toksisitesine uzun süre maruz kalırsa iktidarsızlık da oluşabilmektedir (Pak 2011).

2. 3. 1. Akut Toksikite

Açık havada ısıtılan Cd'dan meydana gelen koyu kahverengi dumanlar zehirlenmeye sebep olmaktadır. 0,3-0,5 nm büyüklüğündeki partiküller solunduğunda % 10-15'i akciğerde tutulmaktadır. Kadmiyum sigara dumanının içinde de bulunmaktadır. Akut zehirlenmelere neden olan Kadmiyum oksid, solunum yollarında iritasyonlar ile belli bir süre geçtikten sonra ateş yükselmesi, titremeler, baş ağrıları ortaya çıkarmaktadır. Kadmiyum ve tuzlarının ağızdan alınması yoğun sindirim bozukluklarına; karın ağrıları, kanlı kusma, diyarelere neden olmaktadır. Genellikle akut kadmiyum maruziyeti inhalasyon (solunarak) ile olmasına rağmen oral yolla da maruziyet oluşabilmektedir (Hoffman ve ark. 2008, Dökmeci ve Dökmeci 2009).

Troid ve guatr hastalıkları, akut kobalt maruz kalan kişilerle ilişkilendirilmiştir. Kobalt tuzlarının ya da saf kobaltın yutulması sonucunda gasatointestinal distres olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Bu ağır metalin deriye ve mukozalara direk teması ile iritan etki, alerjik dermatik ve gözlerde hasara neden olmaktadır. İnhalasyon ve ağızdan alınması ile

akciğer, karaciğer fibrosiz ve sindirim yolu sorunları meydana gelmektedir (Dökmeci ve Dökmeci 2009).

Doğrudan temas eden krom bileşikleri cilt ve mukoza üzerinde alerjik etkiler gösterebilmektedir. Dil ve dişlerde sarı renk oluşturmaktadır. Toz ve duman maruziyeti sonucunda şiddetli solunum yolu iltihaplanmasına neden olmaktadır. Ağız yolu ile alınan Potasyum bikromat ağız içi ve boğazlarda yanık ülserasyona sebep olmaktadır. Cr^{+3} oral alımı sonrası emilimi kısıtlı olmakla beraber Cr^{+6} mazuriyeti sonucu potasyum dikromat partiküllerinin % 50-85' nin absorbe edildiği gösterilmiştir. Krom büyük oranda böbrek, kemik iliği, lenf nodları, dalak ve testiste toplanmaktadır. Cr^{+6} en önemli toksisitesi DNA hasarı yapmasından kaynaklanmaktadır (Hoffman ve ark. 2008).

Nikel toksisitesi sonucunda baş dönmesi, baş ağrısı ve şiddetli kusmalara neden olmaktadır. Daha ağır durumlarda 12-36 saat içinde akciğer ödemi, siyanoz, lökositoz ve ateş yükselmesi görülmektedir (Dökmeci ve Dökmeci 2009).

Çocuklarda kurşun zehirlenmesi sonucu klinik olarak ağır bulgu olarak; koma, duyuşal değişiklik, nöbet, tuhaf davranış, ataksi, apati, zeka ve beceri kaybı, kraniyal sinir felci, inatçı kusma, anemi görülürken hafif orta şiddetteki bulgular ise; oyunda ilgide azalma, aralıklı kusma, karın ağrısı, anoreksi, duyma azlığı görülmektedir. Erişkinlerde kuşun zehirlenmesinde ağır bulgu olarak koma, nöbet, küntleşme, baş ağrısı, ödem, sinir iltihabı, düşük ayak düşük el, anemi, böbrek yetmezliği görülürken daha hafif ve orta düzeydeki klinik bulgular; baş ağrısı hafıza kaybı, libido azalması, metalik tat, karın ağrısı, kabızlık, kas güçsüzlüğü, eklem ağrısı, yorgunluk, huşuzlaşma, ilgide ve aktivitelerde azalma görüldüğü bildirilmiştir. Akut zehirlenmeler 2-3 gün içinde ölümlle sonuçlanabilmektedir (Hoffman ve ark. 2008, Atabey 2010).

Bakır tuzlarıyla akut zehirlenmeler endüstriyel artıkların ya da bakır tuzlarının özellikle bakır sülfatın ağızdan alınmasıyla bazen ölümlle sonuçlanmaktadır. Bakır toksisitesi sonucunda oluşan kusmalarda mavi- yeşil renk oluşumu ile kendini gösteren zehirlenme akut dolaşım bozukluğu ile şekillenmektedir. Bakır bileşikleriyle akut zehirlenmelerde meydana gelen kusmalarda ve diyarelerde kusmuğun ve feçesin (dışkı) mavi-yeşil olması toksikolojik tanı koymada önemli bir saptama kriteridir. Yutulan bakırın ilk ve çok önemli miktarını

karaciğer almaktadır. Toksik miktar sonucu en sık görülen klinik ve biyokimyasal bulgular arasında sarılık, karaciğer hasarı hastalıklarda sıklıkla kendini göstermektedir (Atabey 2010).

Akut çinko toksisitesini gösteren önemli işaretler arasında çinko buharları sonucu dökümcü ateşi denilen bir sendromun şekillenmesine yol açmaktadır. Cilt ve mukozalar için çinko tuzları oldukça iritandır. Bu sendrom, bulantı, kusma, baş ağrıları, abdominal ağrılar, gastrogenital kanama ve solunum zorluğu belirtileriyle kendini göstermektedir. Ayrıca bilinç kaybı ve konvülsiyon (bir kısım kaslarda nöbet halinde gelişen istem dışı şiddetli kasılmalarla belirgin durum, sarsılma, çırpınma) bildirilmiştir. Bununla birlikte Uluslararası Kanser Araştırma Vakfı (IARC) ve Çevre Koruma Vakfı (EPA) çinkoyu kanserojen sınıflamasından çıkarmıştır (Hoffman ve ark. 2008).

Akut demir zehirlenmeleri ferrus (Fe^{++}) ve ferrik (Fe^{+++}) tuzlarının yutulması sonucu meydana gelmektedir. İlaç olarak kullanılan demir preparatları ile kaza zehirlenmeleri daha çok çocuklarda görülmektedir. Ağızda metalik tad, mavi yeşil kusma ve bazı nörolojik belirtiler ortaya çıkmaktadır (Dökmeci ve Dökmeci 2009).

Mangan zehirlenmesinde başlıca belirtiler davranış bozuklukları, mental gerileme, akut bronşit, baş ağrısı, cilt lezyonları ve karaciğer büyümesine neden olabilmektedir. Potasyum permanganat, yutulma ile akut zehirlenme oluşturan tek mangan tuzudur (Dökmeci ve Dökmeci 2009).

2. 3. 2. Kronik Toksikite

Kronik Kadmiyum zehirlenmesinde en sık rastlanılan böbrek rahatsızlıkları, solunum bozuklukları, folikosit kayıpları, anemi ve diş minelerinin sarıya boyanması görülmektedir. Kadmiyum birçok hayvan organında tümöre neden olmakla birlikte çinko eksikliği bunu artırmaktadır. Diğer bir ağır metal kobalt ise astım ve ağır metal hastalığı ilişkilendirilmektedir. Ağır metal hastalığının üst solunum yolları iritasyonu, şiddetli kuru öksürük gibi belirtileri ve bulgular içermektedir. Uluslararası Kanser Araştırma Komisyonu kobalt ve kobalt içeren bileşiklerin insanlarda kanserojen olabileceğini yapılan hayvan deneyleri sonucu ortaya koymuştur (Hoffman ve ark. 2008, Dökmeci ve Dökmeci 2009).

Krom sanayinde çalışan işçiler üzerinde yapılan çalışmalarda Cr^{+6} maruziyeti olan işçilerde akciğer kanseri riski olduğu görülmüştür. Krom maruziyetinden en çok etkilenen organ solunum (rinitis, sinüzit, farenjit, larenjit, kronik bronşit v.b.) sistemidir. Ciltte kenarları belirgin ağrılı ülserasyonlar ve ekzemalar görülmektedir (Hoffman ve ark.2008).

Nikel karbonille çalışanlarda yapılan epidomiyolijik çalışmalarda, kronik zehirlenme sonucu akciğer kanserinin yüksek olduğu bildirilmektedir. Nikel vetuzlarına uzun süre maruz kalanlarda solunum yolu iritasyonları, ekzama olduğu bildirilmiştir. Seyrekte olsa astım hastalığı görülmektedir. Ayrıca burun boşluğu larenk, akciğer ve mide kanserleri görülme sıklığının yüksek olduğu bildirilmiştir. Kronik nikel karbonil zehirlenmeleri kalp ve karaciğer bozukluklarına da yol açmaktadır (Hoffman ve ark. 2008, Atabey 2010).

ABD’de günümüzde kurşun toksisitesinin çocuklardaki en önemli kaynağı kronik çevresel maruziyet; yetişkinlerde ise meleki maruziyet olduğu ortaya konulmuştur. Kurşuna maruz kalan kişilerde vakaların çoğunda bariz klinik semptomların ortaya çıkışı uzun süreli kurşuna maruz kalması sonucu ortaya çıkmaktadır. Çocuklarda kurşun etkisi olarak sinir felci, azalmış derin tendol refleksi gibi semptomlar görülebilmektedir. Kronik kurşun zehirlenmelerinin en belirgin belirtileri gastrointestinal (sindirim sistemi) sendrom, nöromüsküler (kas hastalıkları), hematolojik anomaliler, öğrenme güçlüğü şeklinde ortaya çıkmaktadır (Hoffman ve ark. 2008, Dökmeci ve Dökmeci 2009).

Kronik bakır zehirlenmesi yetişkinlerde nadir görülse de dünyanın bazı bölgelerinde çocuklarda görülmektedir. Özellikle Hindistan’da çocukluk çağı sirozu ve başka yerlerde ise idiyomatik (nedeni bilinmeyen) bakır toksikozu olarak ifade edilmektedir. Bakır ve bakır bileşiklerine uzun süre maruz kalan insanların saçlarında ve dişlerinde yeşilimsi renk oluşumu görülmektedir. Bakır sülfat kullanan bağcılarda karaciğer tümörleri görüldüğü bildirilmiştir (Hoffman ve ark. 2008).

Çinko bileşikleriyle kronik zehirlenmeler daha çok endüstride çinko oksit buharlarının uzun süre, düşük dozlarda solunmasıyla başlangıçta öksürük, ateş, bulantı ve genel bir bitkinlik tablosu ve aşırı terleme tablosu göze çarpan oluşumlar meydana gelmektedir. Diğer bir element demir dumanlarının buharının yada tozlarının uzun süreli maruziyeti sonucu (pnömokonyoz) ekseri maden iş kolunda görülen toza bağlı olarak gelişen meslek hastalığıdır.

Çeşitli tozların solunum yolu ile akciğere girmesi ve burada doku reaksiyonu oluşturması sonucu ortaya çıkar (Dökmeci ve Dökmeci 2009, Atabey 2010).

Kronik toksisite açısından manganez tuzları iritandır. Tekrarlanan maruziyetler sonucunda faranjitler, allerjik astım, anemi gibi belirtiler görülmektedir. Kronik zehirlenmelerin başında “Manganik Parkinson” gelmektedir. Bu sendromun ilk belirtileri hafif ve spesifik olup; anoreksi, uyku bozuklukları, libido azalması, baş ağrıları kramplar şeklinde görülürken ileriki dönemlerde titremeler, denge ve yürüme bozuklukları, bilinç bulanıklığı, yapı değişikliği ve davranış bozuklukları ortaya çıkmaktadır (Dökmeci ve Dökmeci 2009).

2. 4. Ağır Metal Kirliliğinin Yasal Durumu

AB ülkelerinde araştırılan ekolojik toprak sınıflandırma değerlerinin belirlenmesinde dikkate alınan ekolojik hedefler genellikle mikrobiyolojik prosesler, toprak faunası ve bitkiler göz önünde bulundurulmuştur. Avusturya’da sadece bitki alımı ile ilgili etkiler dikkate alınmıştır. Toprak üst ekosistemi reseptörleri, karasal omurgalılar ve omurgasızları içeren birçok ülkede sadece ikincil zehirlenmeden ötürü biyobirikme yapan kirleticilerle ilgilidir (Carlson, 2007).

Ulusal Çevre Stratejisi (UÇES) dokümanı Türkiye’nin, AB’ye girişi için bir ön koşul olan, AB çevre müktesebatına uyum sağlaması ve mevzuatın uygulanması amacıyla ihtiyaç duyulacak teknik ve kurumsal altyapı, gerçekleştirilmesi zorunlu çevresel iyileştirmeler ve düzenlemelerin neler olacağına ilişkin detaylı bilgileri vermektedir. Türkiye’de AB ile uyum sürecinde pek çok yönetmelik ya değişikliğe uğramış ya da uyum süreci sonucunda yürürlüğe girmiştir. Kirlilik izleme ağının yetersizliği, standartların ve akreditasyonun sağlanamaması, verilerin çevresel göstergeleri elde edilecek şekilde derlenememesi ve sayısal ortamın çevresel veriye ulaşmada yetersiz olması hem çözüm önerilerinin oluşturulmasında hem de uygulamada sorunların yaşanmasına sebep olmaktadır.

2006 yılında AB tehlikeli maddelerle kirlenmiş alanların tespiti ve iyileştirmesini amaçlayan toprak koruma stratejisini benimsemiştir. Üye devletlerin toprak kirliliğini önlemesini, amacıyla kirlenmiş alanların envanterini çıkarmasını ve bu alanların iyileştirmesini sağlamaları gerektirmektedir. Ayrıca Avrupa Birliği, *Çevresel Etki*

Değerlendirmesi (ÇED), belli kamu projelerinin ve özel projelerin çevre üzerine etkilerinin değerlendirilmesi ile ilgili 27 Haziran 1985 tarihli ve (85/337/EEC) sayılı Konsey Direktifi ve bu direktife ilişkin 3 Mart 1997 tarihli 97/11/EC Konsey Direktifi ile yapılan değişiklik, *Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD)*; belli planlar ve programların çevre üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi üzerine 27 Haziran 2001 tarihli ve 2001/42/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifi, Halkın Çevresel Bilgiye Erişimi Direktifi 2003/4/EC ve 933/99 sayılı Konsey Tüzüğü ile tadil edilmiş 1210/90 sayılı ve 7 Mayıs 1990 tarihli Konsey Tüzüğü ile kurulan Avrupa Çevre Ajansı ve Avrupa Bilgi Ağı Tüzüğü yayımlanmıştır.

Hava kalitesinde arsenik, kadmiyum, civa, nikel ve polisiklik aromatik hidrokarbonlara ilişkin 2004/107/EC Konsey Direktifi, Petrol istasyonlarından Kaynaklanan VOC Emisyonları Direktifi (94/63/EC) EC 1882/2003 Tüzüğü ile ilgili ülkemizde 2023 hedefleri doğrultusunda çalışmalar yapılması planlanmaktadır.

Kükürt içerikli sıvı yakıtlar Direktifi (99/32/EC) 1882/2003/EC Tüzüğü ve 2005/33/EC Direktifi ile ilgili Türkiye’de henüz bir çalışma yapılmamıştır. Dizel yakıt ve benzin kalitelerine ilişkin 98/70/EC sayılı Konsey Direktifi 2000/71/EC Direktifi, 2003/17/EC Direktifi ve EC 1882/2003 Tüzüğü ile ilgili olarak benzin ve dizel yakıt kaliteleri hakkındaki Yönetmelik yayımlanmıştır (11 Haziran 2004).

Tüketici bilgilendirme Direktifi (1999/94/EC) 2003/73/EC Direktifine karşın Sanayi Bakanlığı Yeni Binek Otomobillerin Adı, Yakıt Ekonomisi ve Karbondioksit Emisyonu Konusunda Tüketicilerin Bilgilendirilmesine ilişkin Yönetmelik (28.12.2003) yayımlamıştır.

Türkiye Cumhuriyeti Anayasasına göre “Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir”. Çevre ile ilgili bütün faaliyetlerde bu ilke uygulanmaktadır. Toprak kirliliği, 5403 sayılı ve 03.07.2005 tarihli Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu’nda; dördüncü bölüm toprak kirliliğinin izlenmesi ve önlenmesi başlığı adı altında verilen Madde 16’ya göre, Valilikler, tarımsal veya tarım dışı faaliyetlerden kaynaklanan toprağı kirletici ve bozucu olumsuzlukların izlenmesi ve giderilmesi için gerekli önlemleri alır ve aldırır, toprağı kirletenlere 9.8.1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununun ilgili hükümleri uygulanır hükmü yer almaktadır.

Türkiye’de kirlenmiş alanların tespiti ve iyileştirilmesine yönelik yasal düzenleme ile ilgili olarak Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik, 8 Haziran 2012 tarih ve 27605 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. Yönetmelikte kirlenmiş sahanın mevcut ya da ilerideki kullanım amacının yerleşim alanı olması ve insan sağlığı üzerindeki riskler dikkate alınarak, Potansiyel Toprak Kirleticiler ve Faaliyete Özel Kirlilik Gösterge Parametreleri Listesi EK-1’de verilmiştir. Yönetmeliğin uygulanması aşamasında, öncelikli olarak toprak kirleticilerin bulunduğu alanların envanteri yapılacak olup, daha sonra bu kirlenmiş sahaların temizlenmesi ve izlenmesi çalışmaları gerçekleştirilecektir (Dönmez 2012).

Çevre kirliliğini önleyerek çevre kalitesinin korunmasını sağlayan yasal düzenlemeler ve taraf olunan uluslararası sözleşmeler Ek-2’de verilmektedir. Çevre sektörü, AB’ye uyum müktesebatının en kapsamlı bölümlerinden biridir. Çevre sektörü ülke genelinde büyük çaplı çevre korumaya yönelik alt yapı yatırımı yapılmasını gerektirdiği gibi, yasal mevzuatın uyumlaştırılmasını ve kurumsal yapının güçlendirilmesini de gerekli kılmaktadır.

Arıtma Çamurunun Tarımda Kullanılması Halinde Çevrenin ve Özellikle Toprağın Korunması Hakkında Direktif 86/278/EEC Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin gözden geçirilmesi ve alıcı ortam olarak toprak kirlenmesinin önlenmesi, kirliliğin giderilmesi, arıtma çamurlarının ve kompostun toprakta kullanımında gerekli tedbirlerin alınması esaslarını sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde ortaya koymayı amaçlayan Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği 31.05.2005 tarih ve 25831 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanmıştır. Bu Yönetmelik 09.08.1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununun 8. maddesi ve 01.05.2003 tarihli ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teskilat ve Görevleri Hakkında Kanun’un 2. ve 9. maddesi gereğince hazırlanmıştır.

Toprak kirliliğinin tespiti, giderimi ve önlenmesi kapsamlarının genişletilmesi, uygulama ve yaptırımlarına ilişkin çalışmaların artırılması gerekmektedir. Kirlenmiş alanların belirlenmesi, kayıt altına alınması, incelenmesi, sınıflandırılması ve kirlenmiş sahaların, toprakların yeniden iyileştirilmesinde uygulanan metodlar ve teknikler konusunda ülkemiz için ulusal bir program oluşturulması 9. Kalkınma Plan’ında da yer almaktadır. Toprak kaynaklarının mümkün olan en iyi şekilde korunması, kullanımı ve sürdürülebilir yönetiminin sağlanması doğrultusunda Toprak kirliliğinin ulusal düzeyde tespiti için envanter çalışması

oluşturulmalı, belirlenen alanların kayıt edilmesi, izlenmesi ve iyileştirme çalışma mekanizmaları yapılmalıdır. 2872 Sayılı Çevre Kanunu Uyarınca Verilecek İdari Para Cezalarına İlişkin Genelge'ye göre; Toprak Kirliliğine İlişkin Cezalar başlığı altında verilen cezalar; *Atıkları toprağa verenlere uygulanacak cezalar*; Kanunda ve yönetmelikte öngörülen yasaklara veya standartlara aykırı olarak veya önlemleri almadan atıkları toprağa verenlere 24.000 Türk Lirası idarî para cezası verilir. (Madde 20/j/Birinci paragraf) *Konutlara verilecek cezalar*; Kanunda ve yönetmelikte öngörülen yasaklara veya standartlara aykırı olarak veya önlemleri almadan atıkları toprağa veren her konut ve bağımsız bölüm için 600 Türk Lirası idarî para cezası verilir. (Madde 20/j/İkinci paragraf). Aynı yönetmelikte Motorlu taşıtlara verilecek cezalar başlığı altında ise Kanunun ek 4 üncü maddesi uyarınca emisyon ölçümü yaptırmayan motorlu taşıt sahiplerine 500 Türk Lirası, yönetmeliklerle belirlenen standartlara aykırı emisyonla sebep olan motorlu taşıt sahiplerine 1.000 Türk Lirası idarî para cezası verilir (Madde 20/a).

2. 5. Ağır Metallerle Kirlenmiş Alanların Islah Teknikleri

Tarım alanlarındaki kirleticilerin hareketlerinin minimum düzeye indirmek için kullanılan izolasyon ve immobilizasyon teknikleri, topraktaki atığın toprak içerisindeki geçirgenliğinin 1,10- 7 m/s'nin altına düşürülerek yapılmaktadır (Rubin ve Rabideau 2000, Kocaer ve Başkaya 2003). Diğer bir yöntem olan solidifikasyon ve stabilizasyon tekniğinde ise izolasyon ve immobilizasyon tekniğinde olduğu gibi kirlenmiş arazinin değil kirleticinin kimyasal uygulanarak hareketliliği azaltılarak tutulmasını amaçlamaktadır (Conner 1990).

Geleneksel metal uzaklaştırma yöntemlerinden bazılarının avantaj ve dezavantajlarını sıralayacak olursak kimyasal çöktürme ve filtrasyon yönteminin basit ve ucuz oluşu gibi avantajı bulunurken yüksek konsantrasyonlarda zor ayrılma, etkin olmaması, atık çamur oluşumu gibi dezavantajları sıralayabiliriz. Elektrokimyasal yöntemlerde en önemli avantaj metali geri elde etme iken dezavantaj olarak pahalı olması ve yüksek konsantrasyonlarda etkin olmaması sıralanabilir. Diğer geleneksel yöntemlerden biri kimyasal oksidasyon ve indirgenme yöntemidir. Bu yöntemde ise inaktivasyon avantaj ortam hassasiyeti ise dezavantaj olarak söylenebilir. Etkin arıtım ve saf atık metalin geri kazanımı açısından avantajlı olan yöntem ise iyon değişimi yöntemidir. Bu yöntemin en önemli dezavantajı partiküllere hassas ve reçinelerin pahalı olmasıdır. Buharlaştırma metodundaki avantaj saf atık

elde etme iken dezavantaj olarak fazla enerji gereksinimi, pahalı olması, atık çamur oluşumu sıralanabilir. Diğer bir geleneksel yöntem ters osmos metodudur. Bu metodun en önemli avantajı geri dönüşüm için saf atık eldesidir. En önemli dezavantajları ise yüksek basınç, membran boyutu, pahalı olması sıralanabilir. Adsorpsiyon yönteminde de sorbentlerin aktif karbon kullanımı avantaj, Tüm metaller için uygulanamaması ise dezavantaj olarak ifade edilmektedir (Hamutoğlu ve ark. 2012).

Tarım alanlarındaki kirliliğin giderim tekniklerinden biri de mekanik ayırma tekniğidir. Bu tekniğe göre, daha büyük ve temiz parçacıkların daha küçük ve kirli olanlarından ayrıldığı büyüklük seçici süreçlerin kullanımınıdır. Sürecin seçiminde en önemli etken parçacık büyüklüğünün ve bütün fraksiyonlardaki kirlilik düzeyinin belirlenmesidir. Fiziksel ayırma yöntemlerinin, bazı ağır metal kirliliğinin gideriminde etkin bir şekilde kullanımı toprağın hacmini azaltmaları sebebiyle birtakım yöntemlerle birlikte kullanılması beklenmektedir (Mulligan ve ark. 2001).

Günümüzde tarım alanlarının temizlenmesinde ekonomik ve bitki kaynaklı olması nedeniyle uygulanabilirliği yüksek olan fitoremediasyon tekniği, kirleticilerin bitkiler kullanılarak giderilmesi teknolojisine genel olarak verilen bir isimdir. Bitki kullanılarak topraklardan alınan ağır metal uzaklaştırma işleminde amaç, toprak tarafından tutulmuş halde bulunan ağır metallerin daha kontrol edilebilir ve taşınabilir forma dönüştürülmesidir. Bu nedenle fitoremediasyon yöntemi, nihai bir uzaklaştırma veya giderme yöntemi olarak düşünülmemektedir. Nihai uzaklaştırma veya giderim, fitoremediasyon sonucunda ortaya çıkan bitkilerin yakılarak veya uygun bir depolama alanında depolanarak gerçekleştirilebilmektedir. Fitoremediasyon teknolojisi adı altında birçok farklı teknoloji yer almaktadır. Bu teknolojileri fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon, fitodegradasyon, fitovolatilizasyon, rizodegradasyon, rizofiltrasyon, hidrolik kontrol, vejetatif örtü sistemleri ve riparian buffer strips olarak sınıflandırmak mümkündür. Bu teknolojilerin her biri farklı ortamlarda farklı amaçlar için kullanılabilir. Topraktaki metal konsantrasyonundan bağımsız olarak, yapraklarında kuru ağırlık bazında % 0,1'den fazla Ni, Co, Cu, Cr veya % 1 Zn ve Mn içeren bitkiler hiperakümülatör olarak isimlendirilmektedir (Raskin ve ark. 1994, Vanlı 2007).

Fitoremediasyon yönteminde kullanılacak en uygun bitkinin, ortamdaki yüksek ağır metal konsantrasyonlarında yaşayabilen, güçlü bir kök sistemine sahip olan, hasat edilebilen

kısımlarında yüksek düzeyde metal toplayabilen, hızlı bir büyüme yeteneği ve arazide çok miktarda biyokütle üretebilme potansiyeline sahip bir bitki olması gerektiği ifade edilmiştir (Watanabe 1997, Reeves ve Baker 2000).

Fitoremediasyon yöntemi, hem ekonomik hem de ekolojik bir yöntem olması, uygulama esnasında özel bir donanım gerektirmemesi ve uygulanan bölgenin yeniden kullanılabilmesine imkan vermesi gibi avantajlara sahiptir. Sistemin etkinliğinde kök derinlikleri ve iklim koşulları önemli rol oynamaktadır (Vanlı 2007). Kirleticilerin bitkiler tarafından topraktan alınabilmesi için, öncelikle toprak şartlarının bitkinin isteklerine uygun olması gerekmektedir. Toprak pH'sı bu konuda en önemli parametrelerden biridir. Bitki besin elementleri ve elementlerin bitkiler tarafından alınabileceği ortamın pH düzeylerinin genel olarak 5,8-6,5 arasında olması gerekmektedir.

Metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde elektroknetik tekniği, kirleticileri toprağa yerleştirilen elektrodlar arasına düşük yoğunluklu doğru akım verilmesi ile gerçekleştirilir. Topraktaki yüklü türleri verilen akımla birlikte, elektroforez, elektroliz gibi süreçlerle meydana gelir (Acar ve Gale 1995). Bir başka yöntem ise yükseltgenme ve indirgenme süreçlerinden meydana gelen biyokimyasal yöntemlerdir. Radyoaktif elementler ve toksik ağır metallerle kirlenmiş arazide bakterilerin aktivitesi, toprağın su, oksijen ve bitki besin maddesi içeriği gibi parametrelerle irdelenmiştir. Bu aktivite sonucu çözünür hale geçen metal iyonları toprağın belli aralıklarla yıkanarak topraktan bertaraf edilmiş ve uygulama sonucu topraktaki ağır metal düzeyleri istenen seviyeye getirilmiştir. (Groudev ve ark. 2001).

Fitoekstraksiyon (Bitkisel özümleme), genelde ağır metallerle kirlenmiş toprakların ıslahı amacıyla, topraktaki kirlilik etmenleri olan inorganik kaynaklı özellikle de ağır metal kirleticilerin bitki kök veya sürgünlerine almasından yola çıkılarak oluşturulmuş bir teknik olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde kullanılan bitkiler diğer bitkilere oranla bünyelerinde 100 kat daha fazla kirlilik etmenini bünyesinde biriktirerek temizleme işlemi yapmaktadır. Kirli alanların iyileştirilmesi için çok geçerli bir yöntem olup, metalleri adsorbe etme kabiliyetine sahip olduğu bilinen bitkiler seçilir ve metaller kirlenmiş ya da tuzları ile kirlenmiş topraklara dikilen giderim yeteneği olan bitkinin hasat edilmesi veya sökülmesi ile kirlilik etmenleri alandan uzaklaştırılmaktadır. Bitkiler hasat edildikten sonra yakma fırınlarında yakılır ya da kompostlaşma ile başka uygun bir metot ile işleme tabi tutulur (EPA 1995). Bitkisel madencilik olarakta ifade edilen fitoekstraksiyon; altın ve nikel gibi

elementlerin geri dönüşümünde kullanılmaktadır. Bu yöntemde kullanılan hiperakümülatör bitkiler topraktaki metallere toleranslı, yüksek biyokütle üretimi sağlamalı, teknik ve kültürel işlemlere uygunluk ve uygulanan bölgeye adaptasyonu yüksek olması istenmektedir (Arlı 2006, Vanlı 2007).

Fitodegradasyon (Bitkisel bozunum), bitkiler tarafından alınan organik kirleticilerin metabolik süreçlerden geçerek, bitkiler tarafından üretilen enzimler gibi bileşiklerin etkisi yoluyla bozunmasını sağlamaktadır. Bu yöntemde tercih edilen bitkiler organik kirleticilerin yapısını bozma ve ayrıştırma özelliğine sahiptir. Bitki tarafından alınan kirlilik etmenleri enzimler yoluyla bozunum sağlarlar. Bitkisel bozunum daha ziyade toprak, sediment, çamur ve yeraltı sularında uygulanabilmektedir. Organik herbisitler gibi degrade olabilen kirletici kaynaklarında fitodegradasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajı fizyolojik olaylar doğrultusunda indirgenme veya bozunma olaylarının bitki içinde olması ve mikroorganizmalara bağlı olmamasıdır. Yöntemin dezavantajı ise bozulma sırasında zehirli ara ve son ürünler oluşabilmesi ve bunların tespitinin çok zor oluşudur (Pivetz 2001, Mirsal, 2004).

Fitostabilizasyon (Köklerle sabitleme), bu yöntem, toprağın stabilizasyonunun sağlanmasında uygulanmaktadır. Fitostabilizasyon yönteminde kullanılan bitkileri, sınır değer üzerinde olan ağır metal düzeylerini tolere edebilen aynı zamanda da metalleri sorpsiyon, çöktürme, kompleksleşme, ya da metal valanslarının indirgenmesiyle toprakta ağır metalleri hareketsiz hale getiren bitki türleridir. Bitkinin yetiştiği toprağın içindeki kirlilik etmenleri bitki köklerinin çevresinde, kirleticilerin hareketsizleştirilmesi, kökler tarafından biriktirilmesi, köklerin yüzeyine yapışması veya bitkinin kök bölgesinde çökmesi ile gerçekleşmektedir (Türkoğlu 2006).

Fitovolatilizasyon (Bitkisel buharlaşma), bitkisel buharlaşma yönteminde, kök derinliği önem arz etmektedir. Özellikle yeraltı sularının temizlenmesinde bitki kök derinliğinin yüksek olması istenmektedir. Yöntemin dikkat çeken avantajı çok zehirli bileşiklerin daha az zehirli formlara dönüşmesidir. Fakat bu çok zararlı ve zehirli materyallerin atmosfere geçmesi de dezavantajdır (EPA 2000, Vanlı 2007). Bitki sisteminden, kirleticiler terleme yoluyla ayrılabilir veya buharlaşabilir. Bilindiği gibi su, köklerden yapraklara kadar bitkinin vaskular sistemi vasıtasıyla hareket eder. Böylece kirleticiler bitkiyi çevreleyen havaya buharlaşma

yoluyla ve uçucu hale gelerek karışır. Bu mekanizmaya örnek olarak verilebilecek bitki kavak ağaçlarıdır (EPA 1995).

Rizodegradasyon (Köklerle bozunum), köklerle bozunum, bitki kök bölgesindeki mikroorganizmalar zenginleştirilerek veya bitki köklerinin etkisi ile oluşuyor ise bu olay rizodegradasyon olarak ifade edilir. Rizodegradasyon organik kirleticilerin topraktaki bitki kök bölgesinde, mikroorganizma faaliyetleri sonucu ayrışmasıdır. Bitki kök bölgesindeki mikrobiyal aktiviteleri etkileyen ve köklerden bırakılan amino asit, şeker, organik asit, sterol, yağ asitleri, büyüme etmenleri, nükleotid, flavanon ve enzimler mevcuttur. Köklerle bozunumun en önemli faydası kirleticilerin kendi ortamında giderilmesidir (EPA 2000, Vanlı 2007, Yıldız 2008).

Rizofiltrasyon (Köklerle süzme), tarımsal yüzey akış, endüstriyel deşarjlar ve nükleer madde işleme atıkları gibi nedenlerle suda ve sudan meydana gelen atık akımlarında oluşan kirleticilerin giderilmesi amacıyla bitkinin köklerinde süzmede, biyotik ve abiyotik işlemler süreciyle kirleticilerin kök içine absorpsiyonu ya da adsorpsiyon olması yöntemidir. Bu süreç içerisinde hedeflenen kirleticilerin bitki içine veya yüzeyinde hareketsiz olarak tutunması sağlanmasıdır. Kirletici etmenler daha sonraki süreçlerde çeşitli yollarla bitkiden alınabilmektedir. Bu yöntem yeraltı suları, yüzey suları ve atıksularda , Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Cr, radyonükleidler (Uranium (U), Cesium (Cs) ve Strontium (Sr) elementlerinin gideriminde kullanılmaktadır. Diğer yandan bu yöntem havuz, tank, gölet gibi yapay alanlarda da kullanılmaktadır (Söğüt ve ark. 2002, Arlı 2006, Vanlı 2007).

Hidrolik Kontrol (Phytohydraulic control), yeraltı sularında kirlilik etmenlerinin birikmesinin ve taşınmasının engellenmesi veya kontrol altına bitki kullanılarak alınmasıdır. Bu yöntem hem yeraltı hem de yüzey sularında kullanılmaktadır (Vanlı 2007). Yöntemin dikkate değer artışı herhangi bir yapay sistem kurulmadan köklerin geniş bir alana yayılması sonucunda temizlenen alanında geniş olmasını sağlamaktadır. Pivetz (2001)'e göre beş yaşındaki bir *Populus* ağacının günde 100-200 litre suyu bünyesine almaktadır. Tek bir söğüt ağacının terleme miktarının bir günde 5000 galon su olduğunu ifade etmektedir.

Vejetatif Örtü Sistemleri (Vegetative Cover Systems), kirleticilerin toprak yüzeyindeki uzun süreli ve kendiliğinden yetişen bitki sistemi ile kontrol altına alınması yöntemidir. Uzun ömürlü ve kendi kendini yenileyen bir yapı olarak vejetatif örtü sistemleri çevresel risk

taşıyan materyallerin içinde veya üzerinde büyümekte ve minimum bakım gerektirmektedir. Mekanizmada su alımı, kök çevresi mikrobiyolojisi ve bitki metabolizması faktörleri, sistemde hidrolik kontrol dâhil farklı yeşil ıslah kategorileri bulunabilmektedir. Uygulamalarda vejetatif örtü genellikle kirliliğin dağılmasını engelleyecek bariyerler şeklinde oluşturulmaktadır. Vejetatif örtü sistemleri evapotranspirasyonla su kaybının engellenmesi ve ıslah edici olarak iki tiptir. Bitki toprağın su kaybını minimize ederken, su tutma yeteneğini de maksimuma ulaştırmaktadır. Kirletici etmenler de yıkanma formasyonuna indirgenememekte ya da hareket edememektedir. Diğer yandan bitki bir örtü olarak suyun süzülmesini minimuma indirmekte ve alt tabakadaki kirliliğin bozulmasını sağlamaktadır. Bitki kök alanı mikrobiyolojisi ve bitki metabolizması faktörleri ile olmakta, sistemde hidrolik kontrol dâhil farklı fitoremediasyon kategorileri bulunabilmektedir (EPA 2000, Vanlı 2007).

Akarsu Kenarı Vejetasyon Örtüsü (Riparian Corridors) ıslah yönteminde kirletilmiş su kaynağı yada akarsuyun kenarında oluşturulan vejetatif örtüdür. Akarsu kenarı vejetasyon örtüsü ile kirlilik etmenlerinin giderilmesi, yayılım göstermemesi, yer altı suyuna karışmasını engellemeyi amaçlamaktadır. Genelde su içerisinde çözünebilen kirlilik parametrelerinin giderilmesinde kullanılan yöntem aynı zamanda erozyonu da kontrol ederek sedimenti azalmasını sağlamaktadır. Kanada'da yapılan çalışmalarla toprak erozyonunun % 90, herbisit akışının % 42-70 oranlarında azalttığı görülmüştür. Diğer yandan bu yöntemin sudaki sedimenti % 71-91, azotu % 67-96, fosforu % 27-97, pestisitleri % 8-100 ve fekal koliformları % 70-74 oranlarında azalttığı araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Gabor ve ark. 2001, Pivetz 2001, Başçı 2009).

Toprak kirliliğinin iyileştirilmesinde kullanılan bazı bitki türleri (Brooks ve ark, 1998)'e göre kadmiyum ve krom elementinin temizlenmesi için kullanılan *Thlaspi caerulescens* bitkisi tek yıllık toprak üstü biomassı 4 mg ha^{-1} , kurşun için *Thlaspi rotundifolium* subsp. bitkisi tek yıllık bitkilerin toprak üstü biomassı 4 mg ha^{-1} , nikel için *Berkheya coddii* bitkisinin tek yıllık toprak üstü biomassı 18 mg ha^{-1} , mangan için *Macadamia neurophylla* bitkisi tek yıllık toprak üstü biomassı 30 mg ha^{-1} , bakır elementi için ise *Haumaniastrum katangense* bitkisinin tek yıllık toprak üstü biomassı 5 mg ha^{-1} olduğu ifade edilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3. 1. Tekirdağ İlinin Tarımsal Görünümü

Tekirdağ genel olarak Akdeniz iklim alanında yer almakla beraber yaz kuraklığı Akdeniz iklimindeki gibi hissedilmemektedir. Ortalama sıcaklıkların sıfırın altına düşmemesi tropikal kütlelerin etkisiyle olmaktadır. İklim yağış rejimi bakımından Akdeniz yağış rejimi kategorisinde bulunmaktadır. Tekirdağ sahil şeridinde yazlar sıcak, kışlar ılıktır. Ergene havzasını içine alan kıyı şeridinde, daha ziyade Akdeniz iklimi hakimdir. Toprağa düşen yağış türü genellikle yağmur olup, kar yağışı azdır. Tekirdağ'da ortalama olarak en az yağış Ağustos, en fazla Aralık aylarında görülmektedir (Anonim 2012).

Araştırmanın yapıldığı iç kesimler ise karasal iklimin etkisi altındadır. Özellikle kışın yörede kuzey Avrupa ikliminin etkileri görülmektedir. Bu bakımdan kendisine ait özel bir iklim tipi yoktur. Yazlar genellikle Akdeniz'de olduğu gibi kurak ve sıcaktır. Sibirya antisiklonu Balkanlar üzerinden buralara geldiğinden kışın kuru ve dondurucu soğuklar meydana gelmektedir. İç kesimler Marmara'nın yumuşatıcı etkisinden de yoksundur. Hakim ve sürekli rüzgar poyraz, ikinci önemli rüzgar ise lodostur. Orta Avrupa'da yüksek basınç olduğu sürece poyraz, Trakya ve Tekirdağ'da şiddetli esmektedir. Basınç azaldığında poyraz yalnız gündüzleri esmekte ve meltem karakterini kazanmaktadır (Anonim 2012).

Tekirdağ İlin toplam yüzölçümü 6 313 000 da olup bunun 3 770 547 dekarı (% 59,73) tarım alanıdır (Anonim 2012). Bu miktar tarım arazisinin % 90'nın üzerindeki büyük bir bölümünde toprak işlemeli tarla tarımı yapılmaktadır. Tarla bitkileri ekim alanlarının il genelinde 3 665 057 da'lık bir alanı kapsamaktadır. Tarla bitkileri yetiştiriciliğinde ilk sırayı 10 475 905 da ile ayçiçeği ve kanola gibi yağlı tohum bitkileri ve ikinci sırayı ise 2 031 871 da ile tahıl tarımı almaktadır (Anonim 2012).

Araştırmaya ait toprak örneklerinin alındığı Çorlu, Çerkezköy ve Saray ilçelerinin tarım alanları ise sıra ile 633 888 da, 131 851 da ve 315 434 da şeklindedir. Yukarıdaki istatistiki bilgilerden anlaşılacağı üzere Tekirdağ ili topraklarının önemli bir bölümü ekili ve dikili olacak şekilde tarım alanlarından ibarettir. Bu nedenle araştırmanın yapıldığı yöredeki tarım topraklarının bazı ağır metal içeriklerinin düzeylerinin bilinmesi bitkilere yapabilecekleri olası

toksik etkinin önceden bilinmesi ve önlemlerin alınabilmesi bakımından son derece önemlidir.

3. 2. Materyal

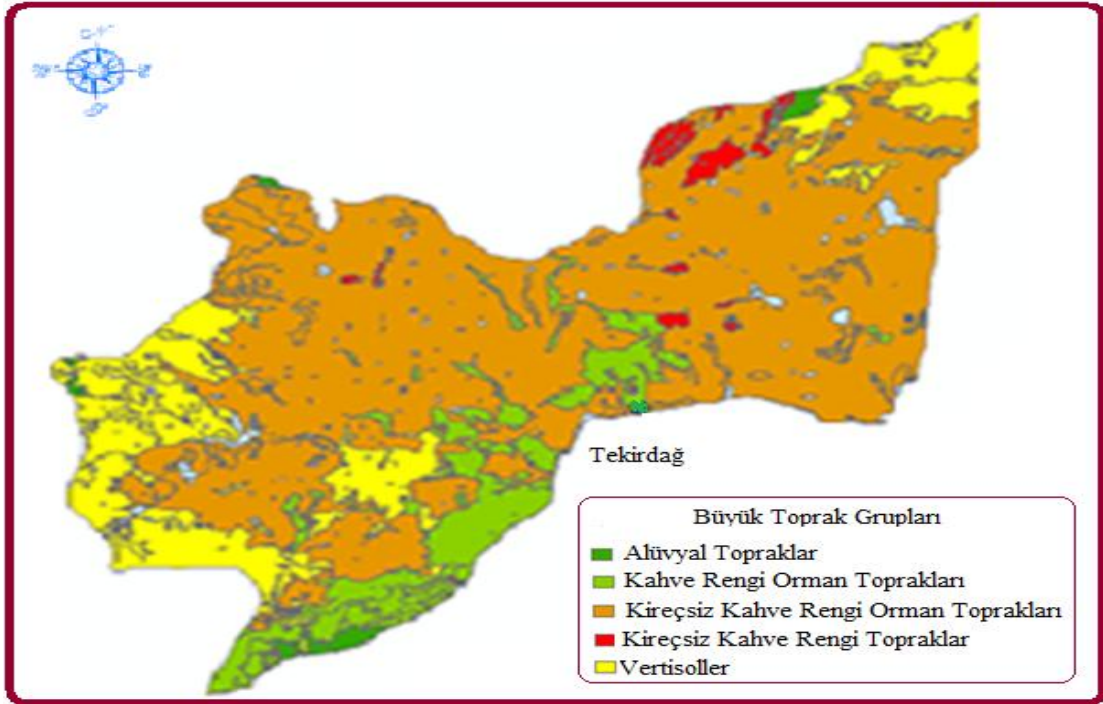
Araştırmaya konu olan toprak örnekleri Tekirdağ ilinin Çorlu, Çerkezköy ve Saray ilçelerinin otoban kenarlarındaki 13 farklı köye ait buğday, ayçiçeği, kanola ve arpa yetiştirilen tarım alanlarından, 50 farklı örnekleme noktasından Jackson (1967)'nin belirttiği şekilde ve 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Daha sonra laboratuvara getirilen toprak örneklerinde önceden belirtilen analizler yapılmıştır. Toprak örneklemesine ait bazı görüntüler Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Örneklemeye güzergahı ile ilgili görseller

Tekirdağ iline ait toprak sınıfları ve özelliklerinin ortaya konması amacıyla toprak analizlerinin yanı sıra coğrafi bilgi sistemeleri yazılımı olan Arc GIS 9,3 yazılımı yardımı ile sayısal ortamda mülga (kapatılmış) Köy Hizmetleri tarafından geliştirilen sayısal toprak haritaları sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Sınıflandırma kapsamında ilgili yazılım yardımı ile ilin büyük toprak grupları (BTG) sınıflandırılarak ortaya konulmuştur.

Bununla birlikte araştırma alanının üç boyutlu arazi simülasyonu ortaya konularak düzensiz üçgen ağı modeli oluşturulmuştur. Araştırmanın yapıldığı, Tekirdağ ilinin büyük toprak grupları Şekil 3.2 görülmektedir. Buna göre araştırma alanı toprakları Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları büyük toprak grubu sınıfına girmektedir (Ekinci 1990).



Şekil 3.2. Tekirdağ ili büyük toprak grupları haritası

Toprak örneklerinin alındığı tarım alanlarına ilişkin bazı özet bilgiler Çizelge 3.1.'de sunulmuştur. Bunun yanında toprak örnekleme alanlarına ilişkin bazı coğrafi bilgiler ise Şekil 3.3.'de görülmektedir.

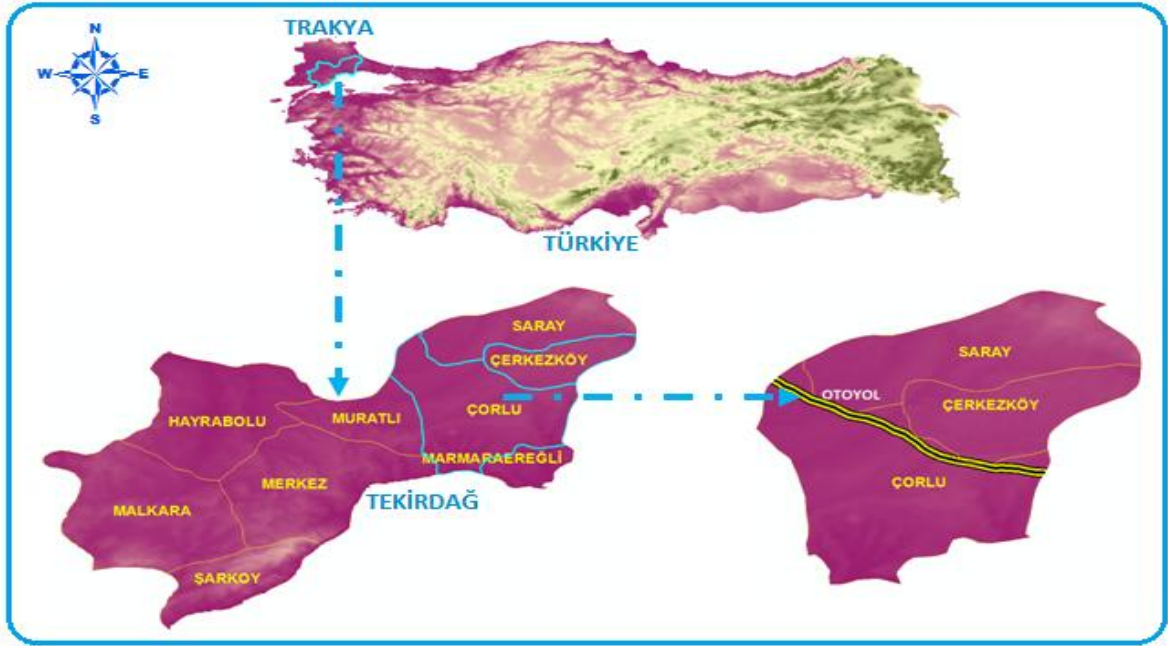
Araştırmada kullanılan toprak örnekleri Chromustert, Ustifluent, Pelloxerert, Xerochrept, Xerofluent, Xerochrept- Haploxeralf ile Haplustalf- Rhodustalf birliği büyük toprak grupları içerisinde yer almaktadır (Ekinci 1990).

Toprak örnekleri Çorlu ilçesinin Pınarbaşı, İğneler, Ahimehmet, Bakırca, Karamehmet, Yulaflı, Seymen köyleri ile Velimeşe ve Ulaş beldelerinden, Çerkezköy ilçesinin Veliköy ve Kızıpınar beldelerinden ve Saray ilçesinin Beyazköy ve Göçerler köylerinden alınmıştır (Çizelge 3.1). İlgili çizelgeden görüleceği üzere yol kenarlarındaki tarım arazilerinde buğday, ayçiçeği, kanola ve arpa yetiştirilmektedir.

Araştırma alanlarından alınan toprak örnekleri batıdan doğuya doğru Kırklareli il sınırından İstanbul il sınırına kadar olan Tekirdağ ili sınırları dahilinde doğrusal bir numara yöntemi ile simetrik olarak alınmıştır (Şekil 3.3).

Çizelge 3.1. Araştırma alanı toprak örnekleme noktaları

No	İlçesi	Köyü	Lokal alanı	Bitki
1	ÇORLU	Pınarbaşı	Kavaklık	Ayçiçeği
2	ÇORLU	Pınarbaşı	Suyolu	Ayçiçeği
3	ÇORLU	İğneler	Karaağaç	Buğday
4	SARAY	Beyazköy	Karaağaç	Ayçiçeği
5	SARAY	Beyazköy	Meşelik	Ayçiçeği
6	ÇORLU	Ahimehmet	Meşelik	Buğday
7	ÇORLU	Ahimehmet	Köyyolu	Kanola
8	SARAY	Göçerler	Küçükmera	Buğday
9	SARAY	Göçerler	Gaziler	Ayçiçeği
10	ÇORLU	Bakırca	Tepelik	Ayçiçeği
11	ÇORLU	Bakırca	Bağlık	Kanola
12	ÇORLU	Ulaş	Kurtöldü	Ayçiçeği
13	ÇORLU	Ulaş	Kurt	Kanola
14	ÇORLU	Karamehmet	Tarla	Buğday
15	ÇORLU	Karamehmet	Yolüstü	Buğday
16	ÇORLU	Yulaflı	Tepelik	Ayçiçeği
17	ÇORLU	Yulaflı	Sırt	Arpa
18	ÇORLU	Velimeşe	Gölyanı	Ayçiçeği
19	ÇORLU	Velimeşe	Göl	Buğday
20	ÇERKEZKÖY	Veliköy	Mera	Buğday
21	ÇERKEZKÖY	Veliköy	Mera	Ayçiçeği
22	ÇERKEZKÖY	Kızılpınar	Demirkapı	Buğday
23	ÇERKEZKÖY	Kızılpınar	Elmastepe	Ayçiçeği
24	ÇORLU	Seymen	Çallidere	Buğday
25	ÇORLU	Seymen	Dere	Buğday
26	ÇORLU	Seymen	Dere	Buğday
27	ÇORLU	Seymen	Çallidere	Kanola
28	ÇERKEZKÖY	Kızılpınar	Elmastepe	Buğday
29	ÇERKEZKÖY	Kızılpınar	Demirkapı	Buğday
30	ÇERKEZKÖY	Veliköy	Mera	Ayçiçeği
31	ÇERKEZKÖY	Veliköy	Mera	Ayçiçeği
32	ÇORLU	Velimeşe	Göl	Arpa
33	ÇORLU	Velimeşe	Gölyanı	Buğday
34	ÇORLU	Yulaflı	Sırt	Kanola
35	ÇORLU	Yulaflı	Tepelik	Ayçiçeği
36	ÇORLU	Karamehmet	Yolüstü	Ayçiçeği
37	ÇORLU	Karamehmet	Tarla	Ayçiçeği
38	ÇORLU	Ulaş	Kurt	Buğday
39	ÇORLU	Ulaş	Kurtöldü	Ayçiçeği
40	ÇORLU	Bakırca	Bağlık	Buğday
41	ÇORLU	Bakırca	Tepelik	Kanola
42	SARAY	Göçerler	Gaziler	Buğday
43	SARAY	Göçerler	Küçükmera	Ayçiçeği
44	ÇORLU	Ahimehmet	Köyyolu	Ayçiçeği
45	ÇORLU	Ahimehmet	Meşelik	Buğday
46	SARAY	Beyazköy	Meşelik	Ayçiçeği
47	SARAY	Beyazköy	Karaağaç	Buğday
48	ÇORLU	İğneler	Karaağaç	Buğday
49	ÇORLU	Pınarbaşı	Suyolu	Kanola
50	ÇORLU	Pınarbaşı	Kavaklık	Ayçiçeği



Şekil 3.3. Toprak örneklerinin coğrafi konumu

Şekil 3.3'den görüleceği üzere araştırma alanı ülkemizin Trakya Bölgesi'nde yer almaktadır. Tekirdağ ilinin Trakya Bölgesi'ndeki konumu incelendiğinde bölgenin güney bölümünü oluşturduğu görülecektir.

3. 3. Yöntem

3. 3. 1. Toprak Reaksiyonu (pH) Belirlemesi

Araziden alınan toprak örneklerinin pH değerleri 1: 2,5 toprak: su oranında pH metre ile belirlenmiştir (Sağlam 2012). Analiz değerlerinin yorumlanması aşağıda verilen Çizelge 3.2'ye göre yapılmıştır.

Çizelge 3. 2. Toprak pH değerinin yorumlanması (Alpaslan ve ark. 2005)

pH Değeri	Açıklama
< 4,5	Kuvvetli Asit
4,5 – 5,5	Orta Asit
5,5 – 6,5	Hafif Asit
6,5 – 7,5	Nötr
7,5 – 8,5	Hafif Alkali
> 8,5	Alkali

3. 3. 2. Toprak Örneklerinde Kireç (% CaCO₃) Belirlenmesi

Laboratuvara getirilen toprak örneklerinin kireç içerikleri 1+ 3'lük HCl ilavesinden sonra uçan CO₂'nin hacminden yararlanılarak kalsimetrik olarak ölçülmüştür (Sağlam 2012). Elde edilen bulgular Çizelge 3.3'ye göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. 3. Toprakta kireç miktarının değerlendirilmesi (Alpaslan ve ark. 2005)

Kireç, %	Açıklama
0 – 1	Az Kireçli
1 – 5	Kireçli
5 – 15	Orta Kireçli
15-25	Fazla Kireçli
> 25	Çok Fazla Kireçli

3. 3. 3. Toprakların Organik Madde İçeriklerinin Belirlenmesi

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin organik madde miktarları Sağlam (2012) tarafından önerilen Smith-Weldon yöntemi organik karbon miktarının belirlenmesi sonrasında hesaplama ile bulunmuş ve Alpaslan ve ark. (2005)'e göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3. 4. Organik madde değerlendirme ölçütleri (Alpaslan ve ark. 2005)

Organik Madde, %	Açıklama
0 – 1	Çok Az
1 – 2	Az
2 – 3	Orta
3-4	İyi
> 4	Yüksek

3. 3. 4. Topraklarda Yarayırlı Fosfor (P) Belirlemesi

Sağlam (2012) tarafından önerilen NaHCO_3 yöntemi ile çözeltiliye alınan toprak fosforu ICP-OES ile mg/kg olarak ölçülmüştür. Elde edilen değerler aşağıda ayrıntısı verilen Çizelge 3.5'e göre değerlendirilerek toprakların fosfor bakımından yeterlilik düzeyleri açıklanmıştır.

Çizelge 3. 5. Bitkilere yarayırlı fosfor miktarının değerlendirilmesi (FAO 1990)

P, mg kg ⁻¹	Açıklama
< 2,5	Çok Az
2,5 – 8,0	Az
8,0 – 25	Yeterli
25 – 80	Fazla
> 80	Çok Fazla

3. 3. 5. Topraklarda Değişebilir Potasyum (K) Belirlemesi

Toprak örneklerindeki değişebilir potasyum Sağlam (2012) tarafından önerilen $\text{NH}_4\text{-OAc}$ yöntemi ile çözeltilmeye alındıktan sonra ICP-OES cihazı ile ölçülmüştür. Daha sonra Çizelge 3.6 yardımı ile toprakların potasyum düzeyleri ortaya konulmuştur.

Çizelge 3. 6. Değişebilir potasyumun değerlendirilmesi (Alpaslan ve ark. 2005)

K, mg kg ⁻¹	Açıklama
< 50	Çok Az
50-140	Az
140-370	Yeterli
370-1000	Fazla
> 1000	Çok Fazla

3. 3. 6. Topraklarda Tuz Belirlemesi

U.S. Soil Survey Staff (1951)'in belirttiği şekilde toprak örneklerinin tuz kapsamı EC- metre ile ölçülmüştür. Daha sonra toprakların belirlenen tuz miktarları aşağıdaki Çizelge 3.7'ye göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. 7. Tuz miktarının değerlendirilmesi (Richards 1954)

Toplam Tuz, %	Açıklama
0-0,15	Tuzsuz
0,15-0,35	Hafif Tuzlu
0,35-0,65	Tuzlu
> 0,65	Çok Tuzlu

Çizelge 3. 8. Yarayırlı bakır miktarı için sınır değeri (Lindsay ve Norvell 1978)

Cu, mg kg ⁻¹	Açıklama
< 0,2	Yetersiz
> 0,2	Yeterli

Çizelge 3. 9. Yarayırlı demir miktarı için sınır değeri (Lindsay ve Norvell 1978).

Fe, mg kg ⁻¹	Açıklama
< 0,2	Az
2,5 - 4,5	Orta
> 4,5	Yüksek

Çizelge 3. 10. Yarayırlı mangan miktarı için sınır değeri (FAO 1990)

Mn, mg kg ⁻¹	Açıklama
< 4	Çok Az
4 - 14	Az
14 - 50	Yeterli
50 - 170	Fazla
> 170	Çok Fazla

Çizelge 3. 11. Yarayırlı çinko miktarı için sınır değeri (FAO 1990)

Zn, mg kg ⁻¹	Açıklama
< 0,2	Çok Az
0,2 - 0,7	Az
0,7 - 2,4	Yeterli
2,4 - 8,0	Fazla
> 8,0	Çok Fazla

3. 3. 9. Ekstrakte Edilebilir Ağır Metal (Pb, Co, Cr, Cd, Ni) Belirlemesi

Lindsay ve Norvell (1978) tarafından önerilen bir tampon çözelti (DTPA yöntemi) ile toprakların kimyasal çözeltiye geçen ve çözünebilen Pb, Co, Cr, Cd, Ni miktarları ICP-OES aleti ile mg/kg olarak tayin edilmiştir. Daha sonra toprak örneklerinin söz konusu ağır metaller için kirlilik düzeyleri aşağıda verilen Çizelge 3.12, Çizelge 3.13, Çizelge 3.14, Çizelge 3.15, Çizelge 3.16 yardımı ile saptanmıştır.

Çizelge 3. 12. Çözünebilen kurşun metaline ait sınır değeri (Chapman 1971)

Pb, mg / kg	Açıklama
> 4	Toksik
< 4	Toksik değil

Çizelge 3. 13. Çözünebilen kobalt metaline ait sınır değeri (Carrigan ve Erwin 1951)

Co, mg / kg	Açıklama
> 0,09	Toksik
< 0,09	Toksik değil

Çizelge 3. 14. Çözünebilen krom metaline ait sınır değeri (Bowen 1966)

Cr, mg / kg	Açıklama
> 1	Toksik
< 1	Toksik değil

Çizelge 3. 15. Çözünebilen kadmiyum metaline ait sınır değeri (Alloway 1995)

Cd, mg / kg	Açıklama
> 0,2	Toksik
< 0,2	Toksik değil

Çizelge 3. 16. Çözünebilen nikel metaline ait sınır değeri (Gerendas ve ark 1999)

Ni, mg / kg	Açıklama
> 10	Toksik
< 10	Toksik değil

3. 4. Toprakların pH Değeri, Kireç, Organik Madde ve Kil İçerikleriyle Bazı Ağır Metaller Arasında Korelasyon Katsayıları ve Regrasyon Denklemleri

Toprak örneklerinin pH değerleri, kireç ve organik madde miktarları ve kil içerikleriyle çözünebilir kurşun, kobalt, krom, kadmiyum ve nikel miktarları arasında korelasyon ve regrasyon ilişkileri Yıldız ve Bircan (1991)'e göre belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4. 1. Toprak Reaksiyonu (pH)

Araştırmada kullanılan 50 adet toprak örneğinin toprak reaksiyonu (pH) değerleri aşağıdaki Çizelge 4.1’de görülmektedir. Söz konusu çizelge incelendiğinde toprakların pH değerleri en düşük 5,60 ve en yüksek 7,20 olarak belirlenmiştir. Toprak örneklerinin pH bakımından asitlik ve bazlık durumu Çizelge 3.2’ye göre değerlendirildiğinde toprakların büyük bir bölümünün nötr ve hafif asit karakterde olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Çizelge 4. 1. Toprak örneklerinin pH değerleri

No	pH (1: 2,5 su)	No	pH (1: 2,5 su)
1	6,81	26	5,84
2	6,78	27	5,82
3	5,69	28	5,82
4	6,75	29	6,44
5	5,85	30	5,92
6	6,87	31	6,48
7	6,64	32	6,65
8	7,05	33	5,72
9	7,04	34	6,05
10	6,51	35	6,91
11	6,79	36	6,48
12	7,20	37	6,05
13	6,94	38	6,82
14	6,69	39	6,70
15	6,85	40	5,65
16	6,94	41	6,08
17	5,93	42	6,30
18	5,60	43	6,63
19	6,91	44	5,75
20	6,77	45	6,63
21	5,63	46	6,68
22	6,54	47	6,45
23	6,81	48	6,69
24	6,02	49	6,90
25	6,14	50	7,06
Min.		5,60	
Max		7,20	

Tekirdağ ilini de kapsayan Trakya Bölgesi'nde yapılan başka bir çalışmada (Sağlam ve ark. 1997) bölgeden alınan 66 adet toprak örneğinin pH değerlerinin 4,28 ile 7,83 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Bu araştırmanın bulguları da söz konusu araştırma bulguları ile uygunluk içerisindedir.

Toprak reaksiyonu (pH) toprak verimliliği ve bitki besin elementlerinin yayınlılığını doğrudan etkileyen ve kontrol eden toprağın en önemli köüimyasal özelliklerinin başında gelmektedir. Bu nedenle toprakların pH değerleri yetiştirilecek bitki çeşidine göre mutlaka istenilen düzeylere olmalıdır. Aksi takdirde yapılacak en uygun bir gübreleme programı ve modern tarım teknikleri dahi beklenen ve istenilen yararları sağlamayacaktır.

4. 2. Organik Madde Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

Tekirdağ ili otoban kenarlarındaki tarım arazilerinde alınan toprak örneklerinin organik madde analiz sonuçları Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Çizelge 4.2'den anlaşılacağı üzere toprakların organik madde içerikleri en yüksek değer olarak % 3,01'e ulaşmıştır. Toprak örneklerinde en düşük organik madde değeri ise % 0,53 olarak ölçülmüştür.

Toprak örnekleri organik madde içerikleri bakımından bir değerlendirmeye tabi tutulduğunda (Çizelge 3.4) % 84 gibi önemli bir kısmının organik madde içeriklerinin yetersiz düzeyde olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuç, ülkemiz ve Trakya Bölgesi tarım alanlarında daha önceden yapılan birçok araştırma ile belirlenen (Eyüpoğlu 2002, Adiloğlu ve ark. 2011) organik madde yetersizliğinin bu araştırma ile Tekirdağ ilinde de bir kez daha karşımıza çıktığını göstermektedir.

Topraklar üzerinde uzun yıllardan beri yapılan çalışmalar, toprak verimliliği ve ürün verme kapasitelerinin, içerdikleri organik madde miktarı ile doğru orantılı olduğunu ortaya koymuştur. Nitekim çiftçiler, genellikle humus ve organik madde içeriği yüksek olan koyu renkli toprakları verimli topraklar olarak tanımlamışlardır. Yapılan bilimsel araştırmalar da bu tür toprakların, genellikle açık renkli topraklardan daha verimli olduklarını doğrulamıştır (Karaman ve ark. 2012a).

Çizelge 4. 2. Toprak örneklerinin organik madde içerikleri, %

No	Org. Madde	No	Org. Madde
1	1,83	26	2,11
2	0,97	27	1,74
3	1,77	28	0,80
4	1,80	29	1,19
5	2,21	30	0,88
6	0,97	31	1,05
7	1,55	32	0,80
8	0,72	33	0,97
9	0,91	34	0,83
10	3,01	35	1,52
11	1,94	36	1,61
12	0,86	37	2,00
13	1,83	38	1,50
14	1,66	39	1,52
15	1,52	40	2,04
16	0,97	41	2,25
17	0,72	42	1,80
18	0,53	43	2,08
19	1,50	44	2,05
20	2,41	45	1,80
21	1,80	46	2,46
22	1,94	47	2,11
23	1,58	48	2,08
24	1,66	49	0,91
25	1,37	50	0,72
Min.		0,53	
Max		3,01	

Tarım topraklarında organik madde miktarının toprakların verimliliği için ne kadar önemli olduğu yukarıda verilen açıklamadan da anlaşılmaktadır. Ancak araştırma alanını da içeren Tekirdağ ili topraklarının büyük bir bölümünde bu araştırma sonuçlarıyla da ortaya konulduğu gibi organik madde yetersizliği mevcuttur. Toprakların verimliliklerinin ve üretkenliklerinin artırılması için bölge topraklarının organik madde miktarlarının artırılması gereklidir. Bu amaçla da topraklara çiftlik gübresinin uygulanmasının yaygınlaştırılması ve monokültür tarımdan vazgeçilmesi gibi bazı kültürel uygulamalar en kısa zamanda pratiğe dönüştürülmelidir.

4. 3. Kireç Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin laboratuvar analizi sonuçlarına göre kireç içerikleri en yüksek olarak % 2,80 değerine ulaştığı saptanmıştır (Çizelge 4.3). Diğer taraftan yine aynı araştırmada en düşük kireç düzeyi ise eseri olarak bulunmuştur. Söz konusu bu bulgular Çizelge 3.3'ye göre değerlendirildiğinde araştırma alanı topraklarının dörtte üçlük bir bölümünün az kireçli olduğu görülmektedir. Bu sonuçların en önemli nedeni olarak toprakların çoğunlukla hafif asit ve nötr karakterli olması gösterilebilir. Bölgede daha önce yapılan başka bir çalışmada da benzer bulgular elde edilmiştir (Sağlam ve ark. 1997).

Çizelge 4. 3. Toprak örneklerinin kireç içerikleri,%

No	Kireç	No	Kireç
1	1,80	26	0,00
2	0,40	27	0,10
3	0,00	28	0,15
4	0,38	29	1,40
5	0,00	30	1,00
6	0,65	31	2,05
7	1,25	32	1,42
8	1,36	33	0,08
9	0,23	34	1,97
10	1,50	35	2,80
11	0,22	36	1,20
12	0,90	37	0,47
13	0,63	38	1,25
14	1,98	39	1,69
15	2,74	40	0,00
16	0,56	41	0,29
17	1,10	42	0,80
18	0,05	43	0,50
19	0,37	44	0,00
20	0,13	45	2,10
21	0,00	46	2,20
22	2,20	47	2,37
23	1,54	48	1,44
24	1,48	49	2,63
25	0,83	50	2,52
Min.		0,00	
Max		2,80	

4. 4. Yarayışlı Fosfor Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

Araştırma alanlarından alınan 50 adet toprak rneği laboratuara getirilmiş ve NaHCO₃ yöntemi ile fosfor analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toprakların yarayışlı fosfor içerikleri 8,87 mg kg⁻¹ ile 36,17 mg kg⁻¹ arasında belirlenmiştir (izelge 4.4.). Yapılan değerlendirmelere göre toprakların % 20'lik bir bölümünde fosfor fazlalığı saptanmıştır.

Çizelge 4. 4. Toprak rneklelerinin yarayışlı fosfor içerikleri, mg kg⁻¹

No	Fosfor (P)	No	Fosfor (P)
1	19,89	26	13,14
2	25,82	27	9,99
3	18,86	28	23,19
4	19,10	29	20,81
5	24,09	30	8,87
6	16,41	31	26,10
7	26,57	32	23,30
8	15,62	33	36,17
9	11,69	34	24,50
10	13,83	35	20,42
11	23,86	36	17,68
12	24,11	37	13,10
13	18,81	38	19,02
14	15,54	39	19,45
15	22,40	40	22,35
16	23,02	41	15,22
17	10,87	42	31,54
18	19,20	43	24,30
19	17,32	44	27,56
20	29,99	45	31,11
21	16,71	46	25,23
22	24,20	47	21,03
23	19,36	48	28,05
24	20,73	49	20,91
25	28,75	50	12,98
Min.		8,87	
Max		36,17	

Trakya Bölgesinde daha önce yapılan bir başka çalışmada da fosfor içeriklerinin fazla olduğu tesbit edilmiştir (Taşova ve Akın 2011). Araştırmacılar Trakya Bölgesi topraklarının % 51,1'inde yararlı fosfor miktarının fazla olduğunu saptamışlardır.

Topraktaki fosforun yaklaşık yarısı organik ve yarısı da inorganik formdadır. Bitkiler fosforu inorganik olarak HPO_4 ve H_2PO_4 formlarında toprak çözeltisinden almaktadır. Ayrıca fosfor bitkinin daha çok generatif gelişmesi üzerine etkili olan bir element olarak bilinmektedir. Bununla birlikte fosfor noksanlığı bitkinin vegetatif gelişmesini de olumsuz etkilemektedir. Fosfor noksanlığı olan bitkilerde büyüme gerilemektedir (Adiloğlu ve ark. 2011, Karaman ve ark. 2012).

Topraktaki fosfor fiksasyonuna etki eden parametrelerin başında toprakta bulunan kil tipi ve miktarı, toprak pH'sı, organik madde miktarı ve kireç gibi etmenler gelmektedir. Toprak fosforu asit koşullarda Al, Fe, Mn ve bu elementlerin çözünmeyen hidrate oksitleri ile, alkalın koşullarda ise Ca ve Mg ile reaksiyona girerek elverişsiz duruma geçmektedir (Martini ve Mutter 1985).

Fosfor, bitkilerde optimum büyüme ve gelişme için mutlak gerekli olan makro besin elementlerinden birisidir. Fosfor bitki kuru ağırlığının yaklaşık % 0,2'sini oluşturmakta ve bitkide cereyan eden sayısız fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonlarda görev almaktadır (Güneş ve ark. 2010).

4. 5. Değişebilir Potasyum Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

Toprak örneklerinin yapılan analiz sonuçlarına göre değişebilir potasyum içerikleri en yüksek 392 mg kg^{-1} ve en düşük 102 mg kg^{-1} olarak hesaplanmıştır. Araştırma alanı topraklarının potasyum içeriklerinin yaklaşık % 70'inin bitkiler için yeterli miktarda olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4. 5).

Topraktaki potasyumun dinamik yapısını; toprağın tekstürel yapısı, organik madde, donma-çözünme ve ıslanma-kuruma, kireç ve pH'nın etkilediği bilinmektedir. Toprakların kireç, pH ve diğer bazı özellikleri toprak potasyumunun serbest bırakılmasına veya tutulmasına etki ettiği bilinmektedir. Alkalın topraklarda K daha fazla fikse olurken, asit topraklarda K, Fe, Al ve H ile rekabet edemediği için fiksasyonu zayıftır.

Bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı tepkilerini etkileyen K, bitkinin sağlık durumunun belirlenmesinde önemli rol oynar. Bitkinin bünyesinde patojen çoğalması, gelişimi ve sayısı, hayatta kalma oranını potasyum etkilenmektedir. Potasyum, bitki morfolojisini ve dokuların sertliğini etkilemektedir. Bitkideki K miktarı bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı direnci etkilemektedir. Özellikle potasyum noksanlığı durumunda stomaların açılıp kapanma metabolizması bozulmaktadır. Bu durum bakteriyel ve fungal patojenlerin bitki içine girmesini artırmaktadır (Öktüren ve ark. 2005).

Çizelge 4. 5. Toprak örneklerinin değişebilir potasyum (K) içerikleri, mg kg⁻¹

No	Potasyum (K)	No	Potasyum (K)
1	259	26	196
2	220	27	148
3	266	28	186
4	310	29	152
5	252	30	148
6	170	31	117
7	183	32	173
8	117	33	185
9	144	34	196
10	384	35	168
11	180	36	180
12	130	37	246
13	179	38	157
14	202	39	163
15	221	40	156
16	135	41	171
17	102	42	182
18	115	43	207
19	116	44	256
20	163	45	246
21	136	46	230
22	392	47	310
23	310	48	374
24	391	49	381
25	124	50	208
Min.		102	
Max		392	

Bitki dokularında su, besin ve karbonhidrat taşınımından sorumlu olan potasyum, noksanlığında bitkide yeterli büyüme ve gelişme sağlanamaz. Bu durumda bitkide

bodurlaşma görülür ve ürün azalır (John ve ark. 2006). Bitkide görülen Potasyum miktarındaki azalış bitki kök uzunluk ve kalınlığı azalmasına sebep olur ve besin elementleri alımı bu durumdan olumsuz yönde etkilenir (Flores ve ark. 1995, Karaman ve ark. 2012).

4. 6. Tuz Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

Araştırma alanı topraklarının tuz analiz sonuçları Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Söz konusu çizelgeye göre araştırma alanında herhangi bir tuzluluk sorunu tesbit edilmemiştir. Trakya Bölgesinde yapılan bir araştırmada da (Taşova ve Akın 2011) toprakların % 98,3'nün tuzsuz olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4. 6. Toprak örneklerinin tuz içerikleri, %

No	Tuz	No	Tuz
1	0,139	26	0,135
2	0,143	27	0,150
3	0,017	28	0,022
4	0,135	29	0,061
5	0,120	30	0,009
6	0,054	31	0,111
7	0,022	32	0,141
8	0,130	33	0,099
9	0,045	34	0,100
10	0,144	35	0,105
11	0,149	36	0,110
12	0,064	37	0,141
13	0,009	38	0,091
14	0,008	39	0,098
15	0,122	40	0,104
16	0,118	41	0,116
17	0,143	42	0,138
18	0,147	43	0,133
19	0,084	44	0,121
20	0,017	45	0,118
21	0,142	46	0,107
22	0,076	47	0,060
23	0,091	48	0,084
24	0,115	49	0,142
25	0,072	50	0,149
Min.		0,008	
Max		0,150	

4. 7. Mekanik Analiz (Tekstür) Analiz Sonuçları

Araştırma alanından alınan toprakların Bouyoucos yöntemine göre kil, silt ve kum miktarları belirlenmiştir. Elde edilen değerler tekstür üçgeninde değerlendirildiğinde topraklarının tekstürlerinin, C sınıfından CL sınıfına kadar değiştiği tesbit edilmiştir. Toprakların tekstür sınıflarının yarısından fazlasının (% 56) SCL sınıfına girdiği görülmektedir (Çizelge 4.7.).

Toprakların tekstürleri kolaylıkla değiştirilemeyen önemli bir fiziksel özelliğidir. Bitki yetiştiriciliği ve toprak verimliliği için tekstür sınıfı çok önemlidir. İdeal tekstür sınıfı L olarak kabul edilmektedir. Araştırmamıza konu olan arazilerin tekstür sınıfları da orta bünyeli kabul edilebilir.

Çizelge 4. 7. Toprak örneklerinin tekstürel dağılımları

No	Mekanik Analiz (%)			Tekstür Sınıfı
	Kil	Kum	Silt	
1	34,46	45,25	20,29	CL
2	24,33	58,41	17,26	SCL
3	42,72	41,14	16,14	C
4	32,32	47,24	20,44	CL
5	32,35	43,35	24,30	CL
6	35,22	48,41	16,37	SCL
7	22,22	65,48	12,30	SCL
8	27,28	56,34	16,38	SCL
9	24,36	55,28	20,36	SCL
10	26,65	55,07	18,28	SCL
11	28,16	47,43	24,41	SCL
12	20,52	57,25	22,23	SCL
13	27,35	54,27	18,38	SCL
14	26,36	61,36	12,28	SCL
15	41,34	43,42	15,24	C
16	25,21	55,54	19,25	SCL
17	39,18	49,43	10,39	SC
18	33,35	46,32	20,33	CL
19	30,45	50,13	19,42	SCL
20	32,32	42,51	25,17	CL
21	38,46	35,22	26,32	CL
22	35,18	44,46	20,36	CL
23	30,32	49,26	20,42	SCL

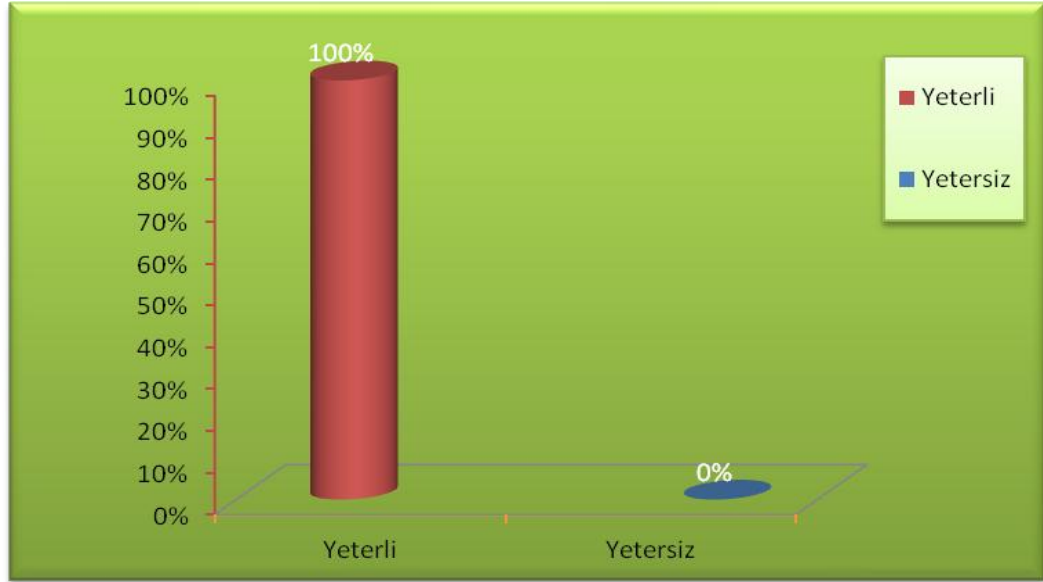
24	37,25	45,29	17,46	CL
25	33,24	44,33	22,43	CL
26	28,24	55,42	16,34	SCL
27	41,44	38,26	20,30	C
28	35,34	55,34	10,32	SCL
29	30,24	52,51	17,25	SCL
30	28,36	53,38	18,26	SCL
31	30,26	50,28	19,46	SCL
32	28,38	55,44	16,18	SCL
33	30,28	48,44	20,28	SCL
34	35,18	46,46	18,36	CL
35	26,35	51,26	22,39	SCL
36	26,24	51,53	22,23	SCL
37	18,46	65,35	16,19	SL
38	33,28	38,36	28,36	CL
39	20,06	61,90	18,04	SL
40	34,26	51,32	16,42	SCL
41	38,24	33,30	28,46	CL
42	32,32	47,38	20,30	CL
43	23,28	60,35	11,37	SCL
44	29,32	54,47	16,21	SCL
45	30,40	48,32	21,28	SCL
46	40,25	38,36	21,39	CL
47	36,37	48,35	15,28	SCL
48	33,34	54,24	12,42	SCL
49	36,32	46,25	17,43	CL
50	34,18	43,44	22,38	CL

Tekirdağ ilinde daha önceden 30 toprak örneği kullanılarak yapılan bir araştırmada da toprakların tekstür sınıflarının büyük bir bölümü SCL (kumlu killi tın) (Ekinci ve Adiloğlu 1997) olarak belirlenmiştir. Söz konusu bu araştırmanın bulguları bizim araştırmamız ile uygunluk içerisindedir.

4. 8. Yarayırlı Bakır Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

Araştırma arazilerinden alınan toprak örneklerinin DTPA yöntemine göre belirlenen bakır içerikleri Çizelge 4.8.'de verilmiştir. Toprak örneklerinin bakır içeriklerinin yapılan değerlendirmeye göre tamamı yeterli düzeydedir. Bu duruma açıklayan şekil aşağıda sunulmuştur (Şekil 4.1.).

Araştırma alanında olduğu gibi daha önceden Trakya Bölgesi toprakları üzerinde yapılan bazı tarama çalışmalarında da herhangi bir bakır yetersizliği belirlenmemiştir (Elinç 1997, Eyüpoğlu ve ark. 1998).



Şekil 4.1. Araştırma alanında belirlenen yarayışlı bakır durumu

Trakya Bölgesinde yapılan iki farklı araştırmada Edirne ve Kırklareli illeri toban kenarlarında yer alan tarım topraklarının bitkilere yarayışlı bakır içeriklerinin araştırıldığı çalışmalarda (Sarı 2009, Pak 2011), bu araştırma sonuçlarına paralel olacak bir biçimde araştırma bölgelerinden alınan toprak örneklerinin tamamının yarayışlı bakır içeriklerinin yeterli olduğu belirlenmiştir.

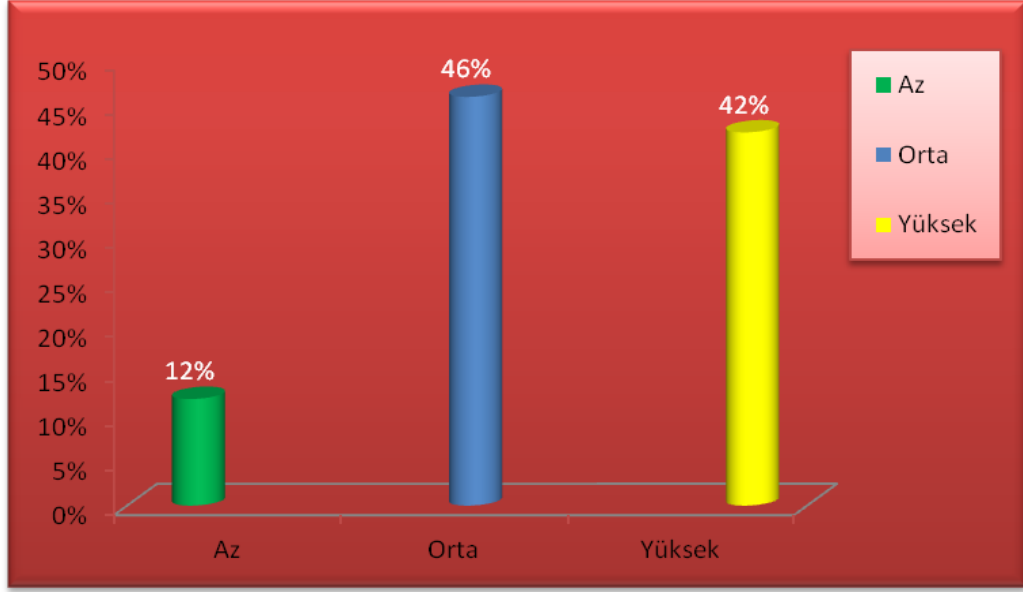
Bakırın bitkideki başlıca metabolik fonksiyonları Karaman ve ark. (2012)' ye göre; Fotosentezin düzenli olarak gerçekleşebilmesinde, çeşitli enzimlerin (tirosinaz, askorbikasıit, oksidaz, bütiril CO-A *dehidrogenaz* gibi) aktivitelerinde önemli rol oynaması ve bu enzimlerin aktivitelerini artırıcı etkiye sahip olması, bitki bünyesinde oluşan çeşitli yükseltgenme-indirgenme olaylarında rol alması, bitki bünyesinde protein kullanımını ayarlaması, bitkilerde klorofil oluşumu ile ilgili olaylarda görev alması, bitkilerde hücre duvarlarında lignin oluşumunda görev alması ve bitkilerdeki solunum olaylarında etkin rol aldığı ve bakır noksanlığında solunum olaylarının olumsuz yönde etkilendiği şeklinde sıralanmıştır.

Çizelge 4. 8. Toprak örneklerinin yarayışlı bakır içerikleri, mg kg⁻¹

No	Bakır (Cu)	No	Bakır (Cu)
1	0,60	26	1,77
2	0,48	27	0,56
3	0,87	28	0,25
4	0,91	29	0,84
5	0,84	30	0,72
6	0,26	31	0,47
7	0,42	32	0,45
8	1,20	33	1,52
9	0,21	34	0,27
10	0,58	35	1,10
11	0,79	36	1,62
12	0,96	37	0,47
13	1,20	38	1,42
14	1,18	39	0,63
15	0,71	40	1,44
16	0,89	41	0,31
17	1,18	42	1,61
18	0,80	43	0,54
19	0,61	44	1,50
20	0,49	45	0,40
21	1,30	46	0,70
22	0,24	47	0,52
23	1,00	48	0,70
24	1,50	49	0,44
25	0,61	50	0,50
Min.		0,21	
Max		1,77	

4. 9. Yarayışlı Demir Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

Bu araştırmada Tekirdağ ili otoban kenarındaki tarım topraklarının DTPA yöntemine göre belirlenen bitkilere yarayışlı demir içerikleri en yüksek değer olarak 7,46 mg kg⁻¹ ve en düşük değer olarak ise 2,04 mg kg⁻¹ şeklinde bulunmuştur (Çizelge 4.9). Söz konusu bu değerler Çizelge 3.9'e göre değerlendirildiğinde toprakların % 88'inin yeterli ve yüksek düzeyde demir içerdiği saptanmıştır (şekil 4.2).



Şekil 4. 2. Araştırma alanında belirlenen yarayışlı demir durumu

Tekirdağ ilini de kapsayan Trakya Bölgesi topraklarının bitkilere yarayışlı demir kapsamalarının araştırıldığı bir çalışmada Tekirdağ ilinden alınan 27 adet toprak örneğinin analiz sonuçlarına göre toprakların yarayışlı demir miktarlarının $0,104 \text{ mg kg}^{-1}$ ile $58,175 \text{ mg kg}^{-1}$ gibi geniş sınırlar arasında değıştiğı saptanmıştır (Sağlam ve ark. 1997). Araştırmacılar söz konusu bu sonuçlar üzerinde yapmış oldukları değerlendirmelerde Tekirdağ ili topraklarının büyük bir bölümünün yarayışlı demir miktarlarının yeterli düzeylerde olduğunu ortaya koymuşlardır.

Demirin bitkilerdeki görevleri çok çeşitlidir. Bunlar; elektron alma-verme yeteneği nedeniyle başta fotosentez olmak üzere bitkide meydana gelen sayısız fizyolojik olayda çok önemli rol oynar. Protein sentezinde görev alması nedeniyle, demir yetersizliğinde mevcut proteinler de tekrar parçalanır ve amino asitler açığa çıkar (Güneş ve ark. 2010, Karaman ve ark. 2012).

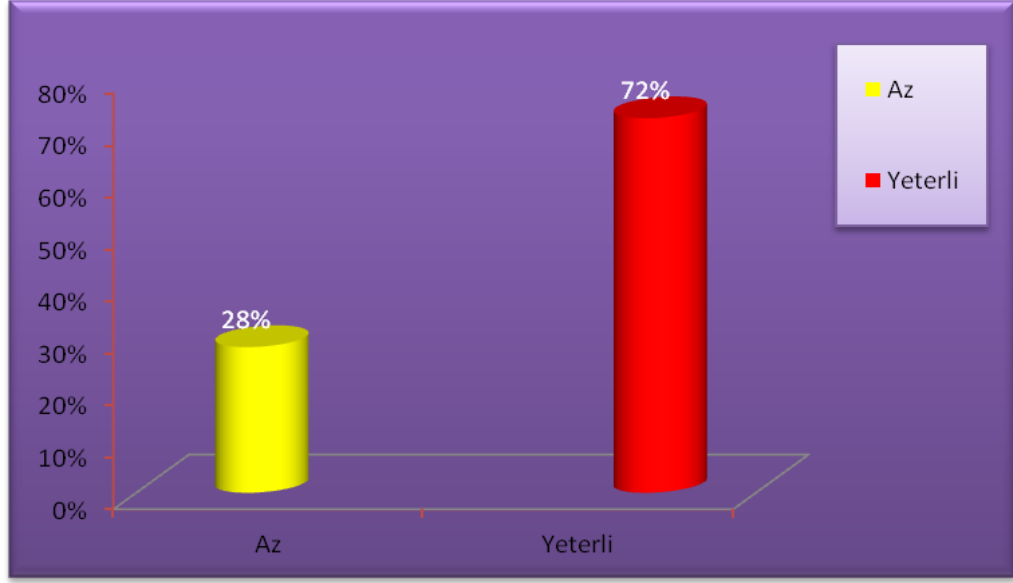
Mersin ilinde yapılan bir çalışmada, coğrafi bilgi sistemleri ile toprak ve yeraltı su kirliliğinin ortaya konulması için bir çalışma yapılmıştır. 0-15 cm'den alınan 208 adet toprak örnekleme sonucunda toprakların B, P, K, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba ve Pb içerikleri incelenmiştir. Bu araştırma sonucunda araştırma topraklarının bazı bölümleri V, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn elementince kirlenmiş olduğu belirtilmiştir. Bu kirliliğın yoğun olarak yapılan tarım ve sanayinin meydana getirdiği ifade edilmektedir (Kurt 2010).

Çizelge 4. 9. Toprak örneklerinin yarayışlı demir içerikleri, mg kg⁻¹

No	Demir (Fe)	No	Demir (Fe)
1	3,86	26	4,23
2	2,04	27	5,09
3	4,49	28	6,89
4	3,93	29	5,93
5	5,58	30	4,78
6	6,30	31	3,83
7	3,46	32	2,06
8	4,31	33	3,40
9	3,57	34	4,03
10	2,38	35	3,94
11	5,83	36	3,11
12	6,29	37	2,49
13	6,25	38	2,34
14	3,20	39	3,87
15	4,52	40	2,43
16	5,54	41	4,15
17	4,06	42	4,25
18	3,26	43	4,81
19	4,44	44	2,52
20	5,77	45	5,70
21	6,16	46	4,30
22	5,08	47	5,17
23	7,46	48	5,65
24	4,64	49	4,80
25	3,84	50	4,35
Min.		2,04	
Max		7,46	

4. 10. Yarayışlı Mangana Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

orlu, erkezky ve Saray ilçelerinin sınırları içinden geçen otoban kenarlarındaki tarım arazilerinden alınan 50 adet toprak örneğinin analiz sonuçlarına göre, toprakların bitkilere yarayışlı mangana içerikleri en dşuk 6,66 mg kg⁻¹ ve en yüksek değer 49,68 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur (izelge 4.10). Çizelge 4.10'da verilen bu mangana değerlerinin büyük bir bölümünün (% 72) yeterli düzeyde olduğu tesbit edilmiştir. Toprakların mangana kapsamalarının yeterlilik durumları aşağıdaki Şekil 4.3'de sunulmuştur.



Şekil 4.3. Araştırma alanında belirlenen yarayışlı mangan durumu

Trakya Bölgesi toprakları yarayışlı mangan kapsamı bakımından tam bir heterojenite göstermektedir. Sarı (2009) tarafından Edirne ili toprakları üzerinde yapılan bir araştırmada 56 adet toprak örneği analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre araştırma yöresinin topraklarının % 55'inde mangan yetersizliği saptanmıştır.

Trakya Bölgesi'nin Kırklareli ilinde yapılan başka bir tarama çalışmasında ise 50 adet toprak örneği analizi sonuçlarına göre araştırmanın yapıldığı toprakların tamamında manganın yetersiz düzeylerde olduğu belirlenmiştir (Pak 2011).

Aynı bölgenin üç farklı ilinde elde edilen bu sonuçlar toprakların bazı kimyasal özelliklerinin belli bir coğrafik alan içerisinde dahi önemli farklılıklar gösterdiğinin bir belirtisidir.

Mangan bitkilerde önemli fizyolojik ve metabolik fonksiyonlara sahiptir (Güneş ve ark. 2010, Karaman ve ark. 2010). Bunlar; Mn bitkilerde pek çok yaşamsal enzimin aktivite edilmesinden sorumludur. Bitki bünyesindeki çeşitli oksidasyon ve redüksiyon (yükseltgenme-indirgenme) olaylarında görev alır. Mangan kolay yükseltgenebildiği için fotosentezde elektron aktarımı ve oksijen içermeyen radikallerin toksik etkilerinin giderilmesinde önemli görevler üstlenmektedir. Bitkilerde karbonhidrat metabolizması, fosforlaşma gibi metabolik faaliyetlerin düzenlenmesinde diğer bazı ağır (Fe) metaller gibi görev alır. Mangan ATP ile enzim kompleksleri (fosfotransferaz, fosfokinaz) arasında Mg'a

benzer şekilde köprü kurar. Mangan bitkilerde klorofil oluşumuna yardımcı olur. Protein sentezi ve askorbik asit sentezini sağlama gibi önemli fonksiyonlara sahiptir. Bitkilerde indol asetik asit (IAA) oksidazları etkin hale getirerek IAA'nın oksidasyonunda görev alır.

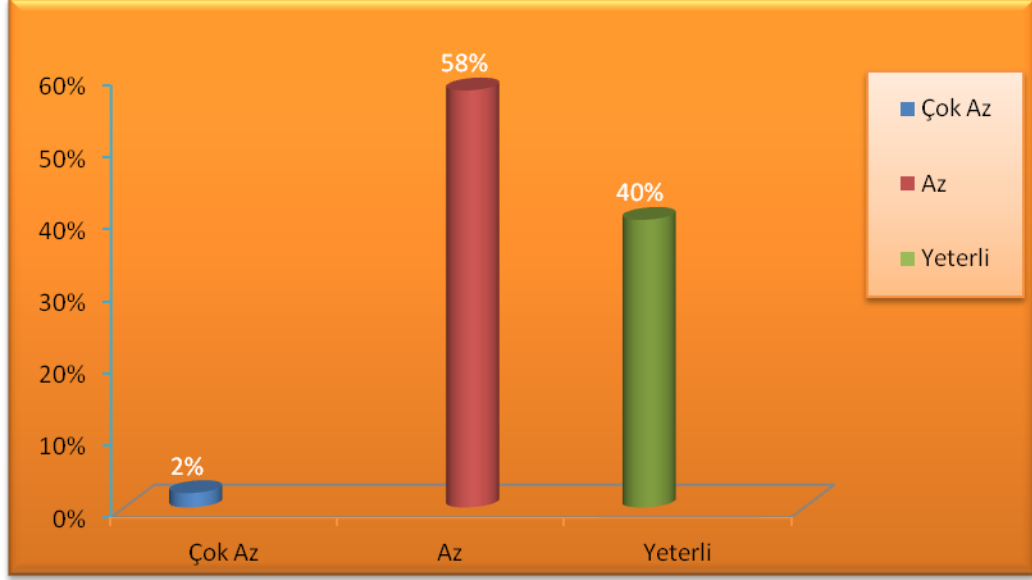
Çizelge 4. 10. Toprak örneklerinin yarayışlı mangan içerikleri, mg kg⁻¹

No	Mangan (Mn)	No	Mangan (Mn)
1	21,76	26	22,33
2	35,57	27	8,21
3	10,85	28	16,87
4	13,08	29	17,01
5	12,12	30	20,64
6	6,66	31	31,57
7	10,50	32	32,45
8	17,13	33	17,80
9	15,02	34	19,76
10	13,25	35	7,65
11	25,35	36	10,28
12	15,02	37	17,98
13	8,60	38	9,52
14	10,08	39	18,39
15	10,21	40	16,97
16	18,86	41	14,80
17	49,68	42	18,95
18	37,36	43	14,68
19	10,79	44	31,03
20	16,57	45	19,27
21	20,29	46	16,01
22	15,57	47	17,68
23	19,20	48	14,55
24	16,44	49	22,70
25	18,14	50	16,37
Min.		6,66	
Max		49,68	

4. 11. Yarayışlı Çinko Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi

Tekirdağ ilinde otoban kenarlarındaki tarım arazilerinde alınan toprak örneklerinin analizi sonuçlarına göre, bitkilere yarayışlı çinko içerikleri en düşük 0,13 mg kg⁻¹ ve en

yüksek $1,77 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuş olup, toprakların yarıyışlı çinko içeriklerinin bu değerler arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 4.11). Söz konusu çizelgedeki çinko miktarlarının % 60'ının bitkiler için çinko eksikliğine neden olabilecek değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Araştırma alanında belirlenen yarıyışlı çinko durumu

Araştırmanın yapıldığı toprak örneklerinde çinko eksikliğinin belirlenmiş olması gerçekte beklenen bir sonuçtur. Çünkü çinko eksikliği dünyada ve ülkemizde önemli bir mikro besin elementi sorunudur. Çinko yetersizliği dünya genelinde % 33 (FAO 1990), ülkemiz topraklarında % 49,8 (Eyüpoğlu ve ark. 1998) ve Trakya Bölgesi topraklarında ise % 80 (Taşova ve Akın 2011) gibi yüksek düzeydedir.

Trakya Bölgesi'nde yapılan bir araştırmada 50 farklı toprak örneği kullanılmış ve yarıyışlı çinko kapsamaları DTPA yöntemine göre saptanmıştır. Analizlerin sonucuna göre araştırma alanlarındaki çinko eksikliğinin % 64 dolaylarında olduğu belirlenmiştir. Araştırmacı bu sonuçlara göre araştırma alanının yetiştirilen bitkilere ihtiyaçları oranında mutlaka çinkolu gübreleme yapılması gerektiği önerisinde bulunmuştur (Pak 2011).

Çizelge 4. 11. Toprak örneklerinin yarayışlı Çinko içerikleri, mg kg⁻¹

No	Çinko (Zn)	No	Çinko (Zn)
1	0,50	26	0,45
2	0,48	27	0,34
3	0,53	28	1,77
4	1,61	29	1,51
5	1,37	30	1,48
6	0,89	31	1,43
7	0,75	32	1,38
8	1,01	33	0,41
9	0,67	34	0,35
10	0,80	35	0,20
11	1,00	36	0,98
12	0,13	37	0,76
13	0,87	38	0,81
14	0,60	39	0,62
15	0,35	40	0,27
16	1,56	41	0,44
17	0,71	42	0,32
18	0,50	43	0,45
19	0,64	44	0,49
20	0,69	45	0,67
21	0,93	46	0,35
22	0,28	47	0,68
23	0,85	48	0,69
24	0,36	49	0,23
25	0,24	50	0,59
Min.		0,13	
Max		1,77	

Edirne ili otoban kenarındaki tarım toprakları üzerinde yapılan bir araştırmada toprakların bitkilere yarayışlı çinko miktarlarının 0,08 ile 2,05 mg kg⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. Araştırma bölgesindeki Zn eksikliğinin % 69,64 düzeyinde olduğu ortaya konulmuştur (Sarı 2009).

Çinkonun bitkilerdeki fonksiyonları çok çeşitlidir. Bunlar; bitkide çok sayıda enzimin aktifleştirilmesinde görev alması, bazı proteinlerin önemli bir bileşeni olan triptofanın sentezinde çinkonun önemli bir element olması, çinko yetersizliği görülen bitkilerde, gelişme hormonu üretiminin azalmış olması, boğum aralarının kısılmasına ve yaprakların normal

büyükliğe göre daha küçük olmasına neden olmak şeklinde sıralanabilir (Güneş ve ark. 2010).

4. 12. Toprakta Kirlilik Oluşturan Bazı Ağır Metaller

Bu araştırmanın ana amacını oluşturan Tekirdağ ili otoban kenarlarındaki tarım topraklarının ekstrakte edilebilir kurşun, kobalt, krom, kadmiyum ve nikel içerikleri DTPA yöntemi ile belirlenmiş ve aşağıda 4.12.1, 4.12.2, 4.12.3, 4.12.4 ve 4.12.5 bölümlerinde ayrıntılı olarak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

4. 12. 1. Araştırma Alanındaki Kurşun Ağır Metali

Günümüzde dünyada boyutları her geçen gün artan çevre kirliliğini oluşturan faktörler arasında tarım topraklarındaki kurşun kirlenmesi ilk sıralarda yer almaktadır. Yapılan bu araştırmada da tarım alanlarındaki kurşun kirliliğinin önemli boyutlarda olduğu saptanmıştır.

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre Tekirdağ ili otoban kenarlarında yer alan topraklardaki ekstrakte edilebilir ve çözünebilir kurşun miktarının en düşük $1,346 \text{ mg kg}^{-1}$ ve en yüksek miktarın ise $6,546 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.12). Söz konusu araştırma alanındaki kurşun kirliliğinin % 60 gibi yüksek bir oranda olduğu ortaya konulmuştur. Nitekim söz konusu kurşun kirliliği aşağıda verilen Şekil 4.5'den de açıkça görülmektedir. Araştırmaya konu olan toprak örneklerinde belirlenen kurşun miktarlarının noktasal hareketliliği Şekil 4.6'da sunulmuştur.

Karayolu kenarlarındaki tarım alanlarında belirlenen kurşun kirliliğinin motorlu taşıtlar ile yakın ilgisinin olduğu dünyanın birçok bölgesinde yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur. Araştırmacılar yol kenarlarındaki topraklarda kurşun miktarının artışının neden olarak araçların kalitesiz yakıt kullanmalarını göstermişlerdir. Bu konuda çalışma yapan fazla sayıda araştırmacıya göre karayolu kenarından uzaklaştıkça tarım topraklarındaki kurşun kirliliği de azalmaktadır (Abu-Hilal ve Bardan 1990, Kim ve ark. 2003, Nabulo ve ark. 2006, Ke- Lin ve ark. 2006, Wei ve Yang 2010).

İran’da yapılan bir ağır metal araştırmasında ise topraklardaki ağır metal kirliliğinin endüstriyel etkilerinin boyutları incelenmiştir. Zanjan bölgesinde yapılan söz konusu bu çalışmada yörede insan sağlığını tehdit edebilecek düzeylerde Pb ve Cd kirliliğinin tarım topraklarında mevcut olduğu ortaya konulmuştur (Parizanganeh ve ark. 2010).

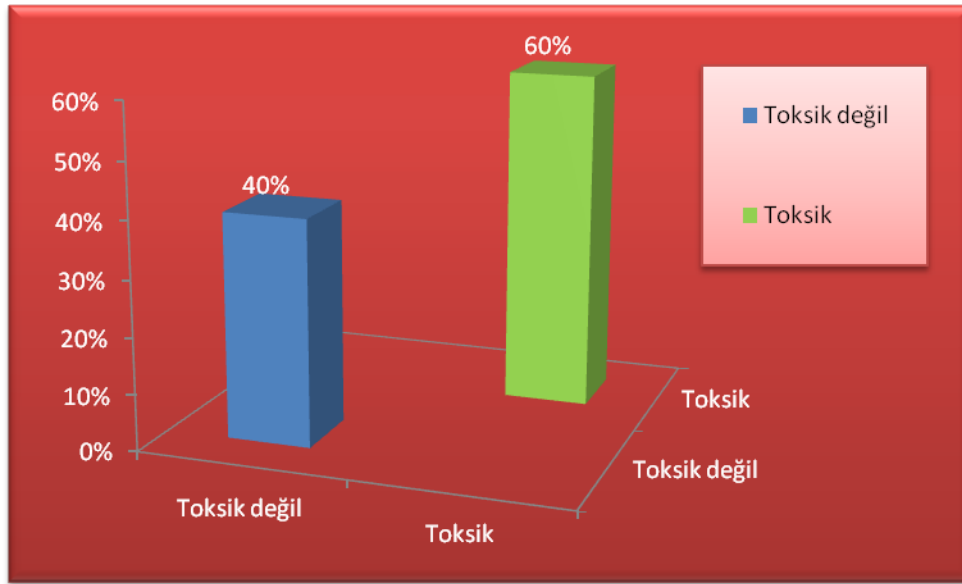
Çizelge 4. 12. Toprak örneklerinin kurşun içerikleri, mg kg⁻¹

No	Kurşun (Pb)	No	Kurşun (Pb)
1	4,250	26	2,349
2	5,627	27	4,660
3	6,546	28	5,363
4	3,287	29	4,239
5	4,575	30	3,051
6	2,507	31	6,240
7	3,292	32	3,554
8	4,541	33	3,730
9	4,544	34	2,635
10	5,733	35	1,998
11	4,143	36	2,526
12	4,309	37	2,218
13	3,581	38	2,005
14	3,840	39	3,400
15	2,100	40	2,812
16	1,346	41	1,460
17	2,334	42	2,127
18	2,889	43	4,370
19	4,676	44	2,246
20	3,344	45	4,322
21	4,265	46	2,297
22	2,713	47	4,456
23	3,428	48	3,565
24	4,160	49	3,352
25	4,787	50	3,734
Min.		1,346	
Max		6,546	

Adiloğlu ve ark. (2011) tarafından Tekirdağ ili kıyı şeridi tarım alanlarında bazı ağır metallerin kirlilik düzeylerinin araştırıldığı bir çalışmada M. Ereğlisi, Çorlu, Merkez ve Şarköy ilçelerinden 25 farklı tarım arazisinden toprak örneği alınmış ve ekstrakte edilebilir Cr, Cd, Ni ve Pb içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Tekirdağ ili kıyı şeridi

tarım alanlarının Cr, Cd ve Ni içerikleri şimdilik izin verilebilir sınırlar arasında belirlenirken Pb kirliliği % 24 gibi bir oranda saptanmış ve topraklarda kurşun kirliliğinin dikkatle izlenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

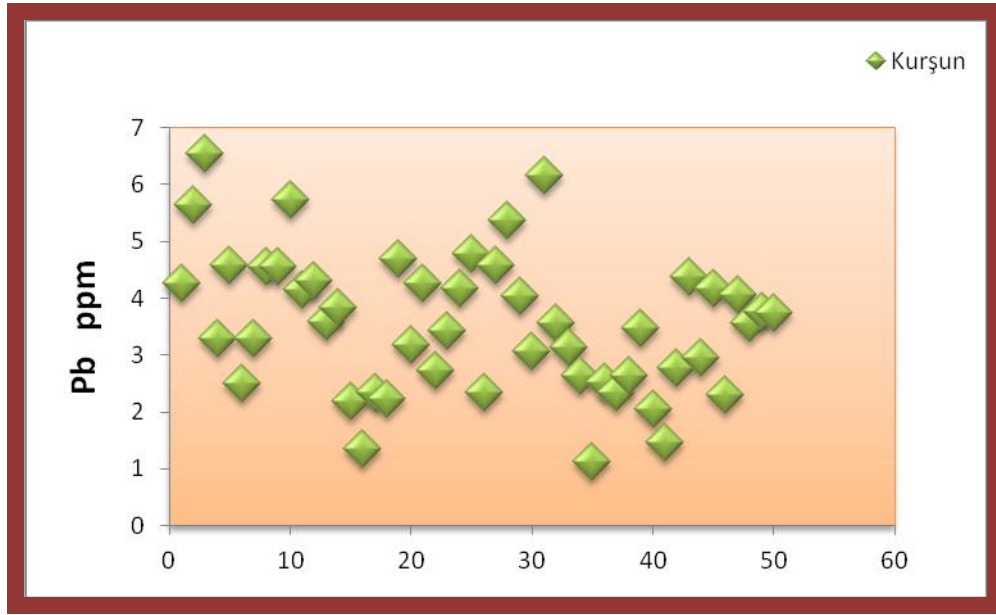
Trakya Bölgesi'nde yapılan başka bir Pb kirliliği araştırmasında, Edirne ili otoban kenarlarındaki tarım arazilerinden alınan 56 adet toprak örneğinin çözeltiliye geçebilen kurşun kapsamı belirlenmiştir (Sarı 2009). Araştırmanın sonuçlarına göre inceleme alanı topraklarındaki kurşun kirliliğinin önemli boyutlarda olduğu ve toprakların % 43'ünde kurşun kirlenmesi olduğu ortaya çıkarılmıştır. Araştırmacı bu konuda vakit geçirilmeden önlem alınması gerektiğini vurgulamıştır.



Şekil 4.5. Araştırma alanında belirlenen kurşun ağır metalinin durumu

Yol kenarlarındaki tarım alanlarında araç trafiğinin neden olduğu kurşun kirliliği bu topraklarda yetiştirilen bitkilere de bulaşmaktadır. Bu konuda yapılan bir çalışmada (Çavuşoğlu ve ark. 2008) Kırıkkale ile Kırşehir arasındaki karayolu kenarlarında kurşun kirliliğinin bitkiler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla yol kenarlarından ve yola 100 m uzaklıktan 25 km boyunca *Sinapis arvensis* L. bitkisinden yaprak örnekleri alınmış ve kurşun miktarları saptanmıştır. Elde edilen bulgulara göre yoldan uzak noktadaki bitkilerin yapraklarında belirlenen kurşun miktarları yol kenarındaki bitki örneklerine göre önemli ölçüde azalmış ve söz konusu bu azalışın % 5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Kurşun kirliliğinin bitkiler üzerindeki etkilerinin incelendiği bir başka araştırma Giresun- Ordu karayolu boyunca yapılmıştır. Kırk km'lik yol boyunca 10 km aralıklara yol kenarlarında ve yoldan 100 m içeride yer alan liken (*Peltigera praetextata*) bitkisinden alınan örneklerin kurşun miktarları belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre yoldan uzaklaştıkça bitkinin kurşun absorpsiyonunda önemli düzeylerde azalmalar belirlenmiştir. Araştırmacılar topraklarda araç trafiğinin neden olduğu kurşun kirliliğinin belirlenmesi için liken bitkisinin indikatör bir bitki olarak kullanılabilceğini önermişlerdir (Çavuşoğlu ve ark. 2009).



Şekil 4.6. Toprakta bulunan Pb ağır metalinin noktasal hareketliliği

Ağır metallerle kirlenmiş toprakların ıshah edilmesinde yeni ve çevre dostu bir yöntem olan fitoremediasyon tekniği günümüzde dünyanın birçok ülkesinde başarı ile uygulanmakta ve kirletici ağır metaller topraktan uzaklaştırılmaktadır. Söz konusu bu yöntemde toprakta kirliliğe sebep olan ağır metaller hiperakümülatör bitkiler yardımı ile topraktan kaldırılmakta ve uzaklaştırılmaktadır. Nitekim bu konuda yapılan bir araştırmada kurşun ile kirlenmiş toprakların kanola bitkisi kullanılarak fitoremediasyon yöntemi ile söz konusu kirliliğin giderilebileceği konusu incelenmiştir (Esringü 2012). Araştırmacı yapmış olduğu tarla denemesinin sonunda kurşun kirliliğinin kanola bitkisi ile başarılı bir biçimde giderilebileceğini ortaya koymuştur.

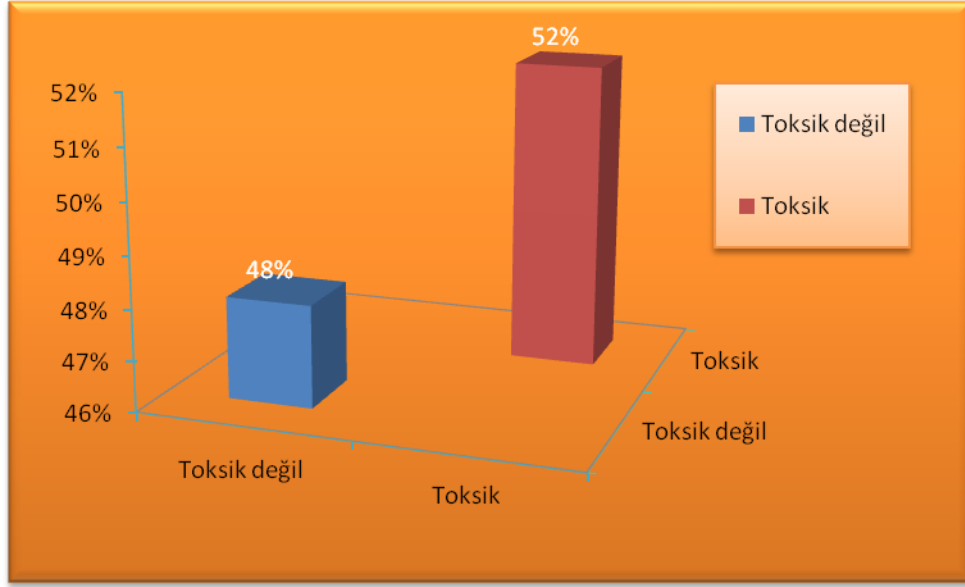
4. 12. 2. Araştırma Alanındaki Kobalt Ağır Metali

Kobalt kirliliğinin düzeyinin belirlenmesi için yapılam kobak analzi sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.13’de verilmiştir. Söz konusu çizelgeye göre toprakların çözeltiliye geçebilen kobalt miktarlarının en düşük 0,008 mg kg⁻¹ değerinde ve en yüksek 0,587 mg kg⁻¹ değerinde olduğu görülmektedir. Araştırma topraklarının kobalt kirlilik düzeyinin ise % 52 olduğu saptanmıştır (Şekil 4.7). Toprak örneklerine belirlenen kobalt miktarlarının noktasal hareketliliği aşağıdaki Şekil 4.8’ den de açıkça görülmektedir.

Çizelge 4. 13. Toprak örneklerinin kobalt içerikleri, mg kg⁻¹

No	Kobalt (Co)	No	Kobalt (Co)
1	0,250	26	0,084
2	0,397	27	0,076
3	0,100	28	0,043
4	0,149	29	0,015
5	0,122	30	0,074
6	0,008	31	0,053
7	0,076	32	0,052
8	0,043	33	0,060
9	0,039	34	0,080
10	0,146	35	0,060
11	0,044	36	0,088
12	0,040	37	0,064
13	0,383	38	0,113
14	0,084	39	0,065
15	0,188	40	0,055
16	0,567	41	0,039
17	0,126	42	0,118
18	0,090	43	0,102
19	0,587	44	0,156
20	0,049	45	0,084
21	0,171	46	0,073
22	0,095	47	0,120
23	0,114	48	0,154
24	0,094	49	0,116
25	0,040	50	0,045
Min.		0,008	
Max		0,587	

Yol kenarlarındaki topraklarda araç trafiğinden kaynaklanan kobalt kirliliğinin araştırıldığı birçok çalışmada araçlardan kaynaklanan önemli miktarlarda kobalt kirliliğinin mevcut olduğu birçok çalışmada ortaya konulmuştur (Özkul 2008, Yan ve ark. 2013). Araştırmacılar yol kenarlarındaki kobalt kirliliğinin çoğunlukla araçların trafiğinin yoğunluğundan kaynaklandığını açıklamışlardır.

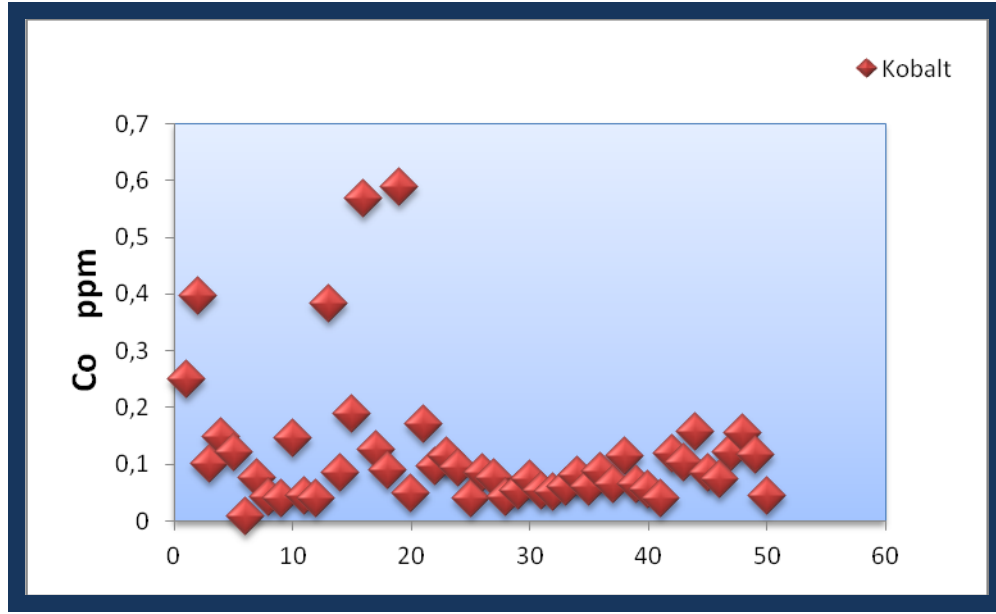


Şekil 4.7. Araştırma alanında belirlenen kobalt ağır metalinin durumu

Araştırma alanlarında belirlenen kobalt kirliliğinin tıpkı kurşun kirliliği gibi yüksek değerlerde oluşu önlem alınmasını gerektirmektedir. Bu konuda alınabilecek önlem ve uygulamaların başında ise fitoremediasyon yöntemi ile söz konusu bu toprakların kobalt kirliliğinin azaltılması veya daha da artmasının önlenmesi olacaktır. Çünkü söz konusu bu yöntem diğer ıslah yöntemlerine göre daha ekonomik ve pratik olarak dünyanın birçok bölgesinde uygulanmaktadır.

Tekirdağ yöresi tarım arazilerinde kobalt ağır metal kirliliğinin fitoremediasyon yöntemi ile önlenmesi için yapılan bir çalışmada kanola bitkisi ile düzenlenen bir saksı denemesinde kanolanın topraktan önemli miktarlarda kobalt kaldırdığı ve kobalt ile kirlenmiş tarım arazilerinde fitoremediasyon yönteminin kobalt kirliliğinin önlenmesi için uygulanabileceği ortaya konulmuştur (Karakaş 2013).

Yan ve ark. (2013) tarafından yapılan bir araştırmada karayolu kenarındaki toprakların kobalt içerikleri üzerine araç trafiğinin etkilerinin boyutları incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre karayolundan uzaklaştıka toprakların kobalt içeriklerinin azaldığı belirlenmiştir. Araştırmacılar toprakların kobalt ağır metal içerikleri ve kirliliği üzerinde özellikle büyük tonajlı araçların önemli ölçüde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.



şekil 4.8. Toprakta bulunan Co ağır metalinin noktasal hareketliliği

Trakya Bölgesi toprakları üzerinde yapılan başka bir kobalt kirliliğinin araştırıldığı çalışmada ise incelenen bölge topraklarının % 32,14' nde kobalt kirliliği saptanmıştır (Sarı 2009). Araştırmacı bu konuda gerekli önlemlerin mutlaka alınması gerektiğine işaret etmiştir.

4. 12. 3. Araştırma Alanındaki Krom AĞır Metali

Tekirdağ ili otoban kenarlarındaki toprakların zeltiye geçebilen ve ekstrakte edilebilen krom içerikleri aşağıdaki izelge 4.14'de verilmiştir. Çizelge 4.14 incelendiğinde toprak örneklerinin en düşük krom içerikleri 0,034 mg kg⁻¹ ve en yüksek krom içerikleri ise 0,390 mg kg⁻¹ olarak ölçülmüştür. Araştırma alanı toprak örneklerinin krom içeriklerinin üzerinde yetiştirilen bitkiler için herhangi bir toksisiteye sebep olabilecek düzeylerde

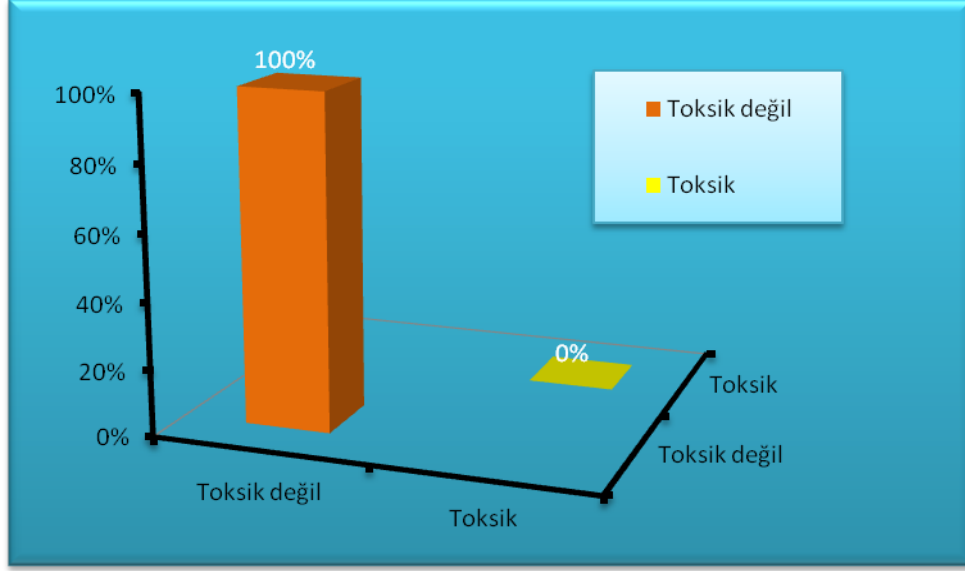
olmadığı saptanmıştır (Şekil 4.9). Araştırmadan elde edilen krom değerlerinin noktasal hareketliliği ayrıca Şekil 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4. 14. Toprak örneklerinin krom içerikleri, mg kg⁻¹

No	Krom (Cr)	No	Krom (Cr)
1	0,080	26	0,045
2	0,068	27	0,098
3	0,045	28	0,085
4	0,149	29	0,160
5	0,134	30	0,097
6	0,126	31	0,152
7	0,161	32	0,156
8	0,034	33	0,271
9	0,113	34	0,216
10	0,138	35	0,136
11	0,189	36	0,250
12	0,270	37	0,109
13	0,364	38	0,042
14	0,187	39	0,082
15	0,250	40	0,093
16	0,165	41	0,390
17	0,117	42	0,133
18	0,174	43	0,152
19	0,289	44	0,368
20	0,366	45	0,260
21	0,223	46	0,202
22	0,182	47	0,295
23	0,175	48	0,110
24	0,067	49	0,166
25	0,080	50	0,155
Min.		0,034	
Max		0,390	

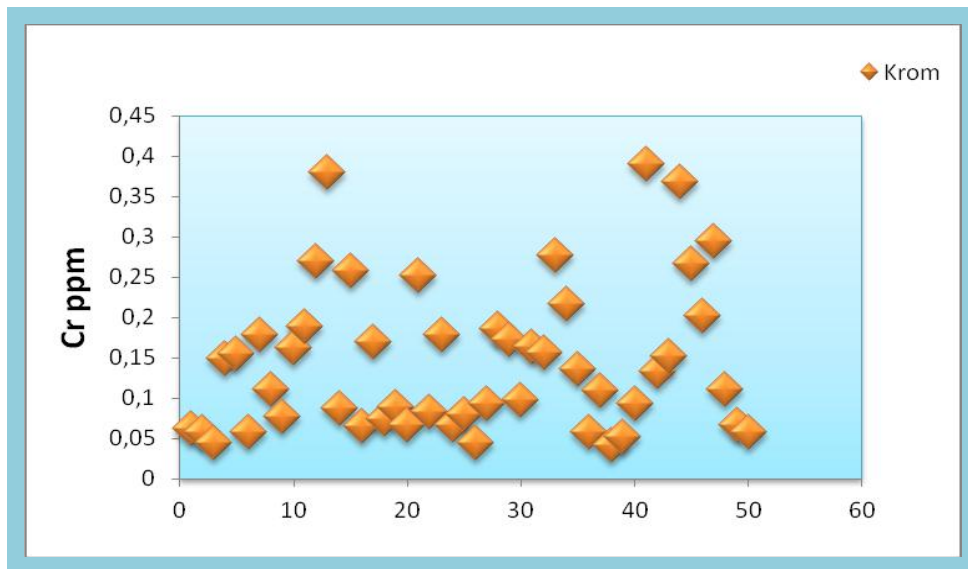
Trakya Bölgesi toprakları üzerinde yapılan başka bir araştırmada da bu araştırma bulguları ile uygunluk gösteren sonuçlar elde edilmiştir (Pak 2011). Araştırmacı bölgede yer alan Kırklareli ili otoban kenarlarındaki tarım arazilerinde krom kirliliğini araştırmıştır. Sonuç olarak araştırma alanlarında bu çalışma sonuçları ile benzer bir biçimde krom kirliliğinin şimdilik mevcut olmadığını belirlemiştir.

Yalçın ve ark. (2007) tarafından Niğde- Adana otoban kenarlarındaki topraklarda yapılan bir araştırmada topraklarda Cd, Cr, Co ve Pb kirliliğinin mevcut olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar söz konusu bu ağır metallerin bu topraklarda yetiştirilen bitkiler toksik etki yapmaması için gerekli önlemlerin alınmasına dikkat çekmişlerdir.



Şekil 4.9. Araştırma alanında belirlenen krom ağır metalinin durumu

Çin’de krom ile ilgili yapılan bir çalışma da 0-4 m ve 4-18 m derinlikten alınan toprak örneklerinde yapılan krom (VI) analizi sonucunda 16 000mg/kg gibi yüksek konsantrasyonda olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılara göre Cr kirliliği insan sağlığını tehdit ettiği ve uygun arıtım sistemleri ile temizlenmesi gerektiğini savunmuşlardır (Wang ve ark. 2012).



Şekil 4.10. Toprakta bulunan Cr ağır metalinin noktasal hareketliliği

4. 12. 4. Araştırma Alanındaki Kadmiyum Ağır Metali

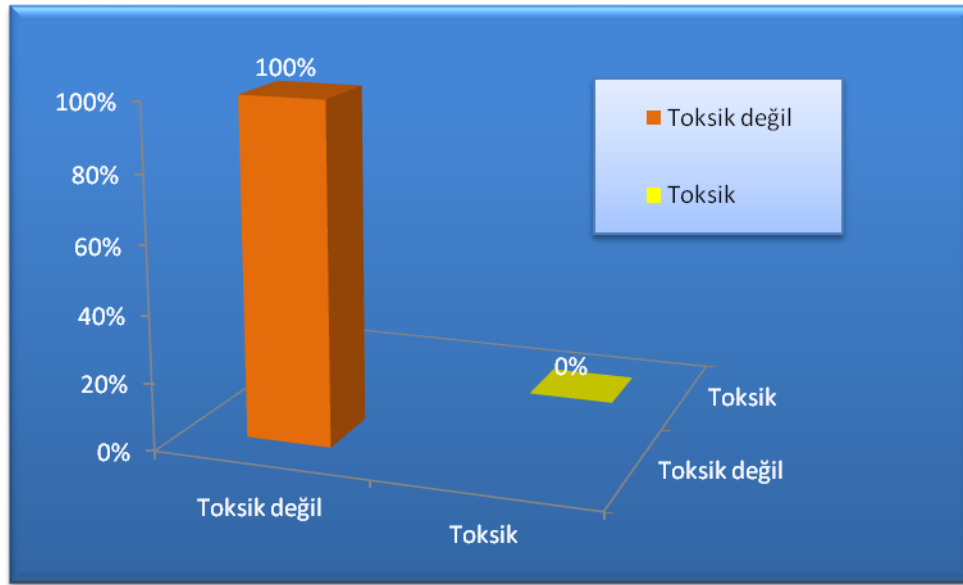
Çorlu, Çerkezköy ve Saray ilçelerinden alınan toprak örneklerinin kadmiyum miktarları aşağıdaki Çizelge 4.15’de sunulmuştur. Toprak örneklerinde belirlenen en yüksek kadmiyum değeri 0,048 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular topraklarda kadmiyum kirlenmesinin olmadığını göstermektedir. Nitekim bu sonuç Şekil 4.11’den de açıkça görülmektedir. Toprak örneklerinde saptanan kadmiyum miktarlarının noktasal hareketliliği Şekil 4.12’de sunulmuştur.

Çizelge 4. 15. Toprak örneklerinin kadmiyum içerikleri, mg kg⁻¹

No	Kadmiyum (Cd)	No	Kadmiyum(Cd)
1	0,028	26	0,012
2	0,026	27	0,018
3	0,033	28	0,027
4	0,039	29	0,031
5	0,037	30	0,036
6	0,023	31	0,031
7	0,026	32	0,040
8	0,012	33	0,037
9	0,013	34	0,018
10	0,037	35	0,008
11	0,030	36	0,020
12	0,013	37	0,018
13	0,017	38	0,027
14	0,029	39	0,028
15	0,027	40	0,022
16	0,012	41	0,022
17	0,036	42	0,024
18	0,031	43	0,027
19	0,025	44	0,046
20	0,033	45	0,029
21	0,043	46	0,033
22	0,040	47	0,048
23	0,041	48	0,040
24	0,019	49	0,043
25	0,018	50	0,015
Min.		0,012	
Max		0,048	

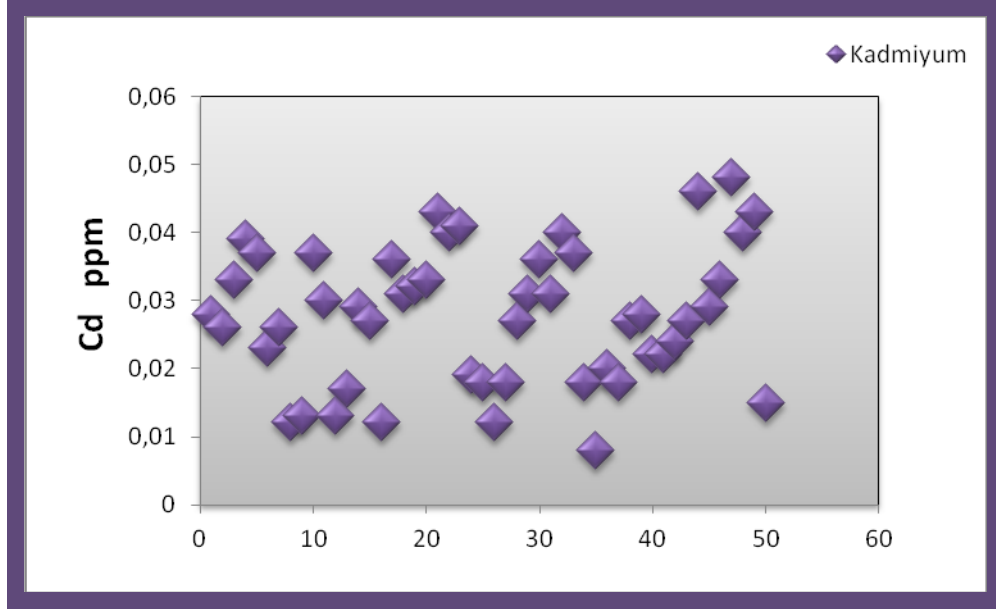
Parizanganeh ve ark. (2010a) tarafından yapılan bir araştırmada topraklarda kadmiyum kirliliğinin bir sebebi de endüstriyel bulaşmadır. Topraklara çeşitli sanayi tesislerinden bulaşan kadmiyum, bu topraklarda yetiştirilen bitkiler tarafından topraktan belli miktarlarda alınmaktadır. Sonuç olarak bu bitkilerle beslenen insanlar da kadmiyum kirlenmesinden olumsuz bir şekilde etkilenmektedir.

Coşkun ve ark. (2006) tarafından İstanbul ilinin Trakya Bölgesi'nde yer alan topraklarını da içeren Trakya Bölgesi'nde yapılan kadmiyum ile kurşun ağır metal kirliliğinin araştırıldığı bir ęalıřmada, özellikle İstanbul il sınırları içerisindeki toprakların kadmiyum ve kurşun miktarlarının diğer yöre topraklarından daha yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar İstanbul ili sınırları içerisindeki topraklarda kadmiyum ve kurşun kirlenmesinin yüksek düzeylerde olduğunu saptamışlardır.



şekil 4.11. Araştırma alanında belirlenen kadmiyum ağır metalinin durumu

Laboratuvar ve sera koşullarında yürütölen bir deneme de ıspanak bitkisinin topraktan Cd ve Pb ağır metal alımına EDTA'nın etkinliği araştırılmak amacıyla bir ęalıřma yürütölmüştür. ęalıřmaya göre 0, 1,25, 2,5 ve 5,0 mM kg⁻¹ dozlarında EDTA üç paralel şeklinde uygulanmıştır. EDTA uygulaması sonucunda kontrol saksılarına göre Pb (1,42 ve 1,96) arasında Cd ise (1,45- 1,38) arasında daha fazla artış olduğu belirlenmiştir. Kurşun ve kadmiyum ile kirlenen toprakların temizlenmesinde ıspanak bitkisinin iyi sonuçlar verdiği vurgulanmıştır (Suthar ve ark. 2013).



Şekil 4.12. Toprakta bulunan Cd ağır metalinin noktasal hareketliliği

Beyşehir ve Isparta karayolu kenarında yetiştirilen buğdaylarda kurşun ve kadmiyum kirliliği üzerine yapılan bir araştırmada, yol kenarından 10, 20, 40, 60 ve 80 metre uzaklıktaki beş noktadan toplanan buğdayların Cd ve Pb düzeyleri incelenmiştir. Karayolu kenarlarından 10, 20, 40, 60, 80 m mesafeden alınan buğday örneklerinde kurşun içeriğindeki azalma sırası ile 0,553 mg kg⁻¹, 0,512 mg kg⁻¹, 0,417 mg kg⁻¹, 0,328 mg kg⁻¹ ve 0,256 mg kg⁻¹, kadmiyum içeriğindeki azalma ise 0,046 mg kg⁻¹, 0,040 mg kg⁻¹, 0,018 mg kg⁻¹, 0,013 mg kg⁻¹, 0,007 mg kg⁻¹ olarak tesbit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre buğdaylardaki Pb ve Cd içeriklerinin uzaklıkla azalmasının istatistiksel olarak önemli olduğu ifade edilmiştir. Araştırmacılar göre karayolu kenarlarında yetişen buğday bitkisinde ağır metal kirliliği görülmektedir (Ertugay 2012).

4. 12. 5. Araştırma Alanındaki Nikel Ağır Metali

Nikel kirliliğinin araştırıldığı bu çalışmada 50 adet toprak örneğinin çözünebilir nikel miktarları aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.16). söz konusu Çizelge 4.16 incelendiğinde araştırma bölgesi topraklarında herhangi bir nikel kirliliği saptanamamıştır. Çizelge 4.16'ya göre topraklarda belirlenen en yüksek nikel değeri olarak 7,410 mg kg⁻¹ değeri karşımıza çıkmaktadır.

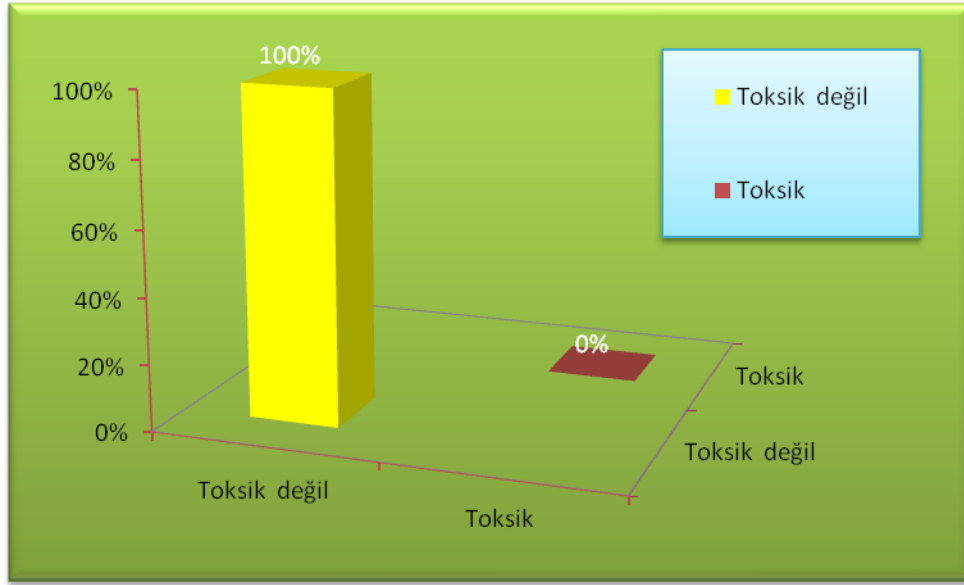
Yine aynı çizelge incelendiğinde toprak örneklerinin en düşük nikel kapsamının ise 1,623 mg kg⁻¹ olduğu anlaşılmaktadır. Toprak örneklerinin nikel kapsamlarının kirlilik değerlendirilmesinin sonuçları aşağıdaki Şekil 4.13’de verilmiştir. Ayrıca araştırma alanı toprak örneklerinin nikel kapsamlarının noktasal hareketliliği de aşağıdaki Şekil 4.14’de sunulmuştur.

Çizelge 4. 16. Toprak örneklerinin nikel içerikleri, mg kg⁻¹

No	Nikel (Ni)	No	Nikel (Ni)
1	3,260	26	2,440
2	2,246	27	1,841
3	3,856	28	6,333
4	1,980	29	7,410
5	2,941	30	3,268
6	2,848	31	5,264
7	2,425	32	4,402
8	5,790	33	6,124
9	6,334	34	3,860
10	3,845	35	5,360
11	4,820	36	6,244
12	5,534	37	3,178
13	7,186	38	7,220
14	6,256	39	5,130
15	3,054	40	4,137
16	2,156	41	6,283
17	1,623	42	3,745
18	2,043	43	3,030
19	2,152	44	5,855
20	3,341	45	4,309
21	5,540	46	6,897
22	2,956	47	3,769
23	3,145	48	4,232
24	4,035	49	4,651
25	4,146	50	3,120
Min.		1,623	
Max		7,410	

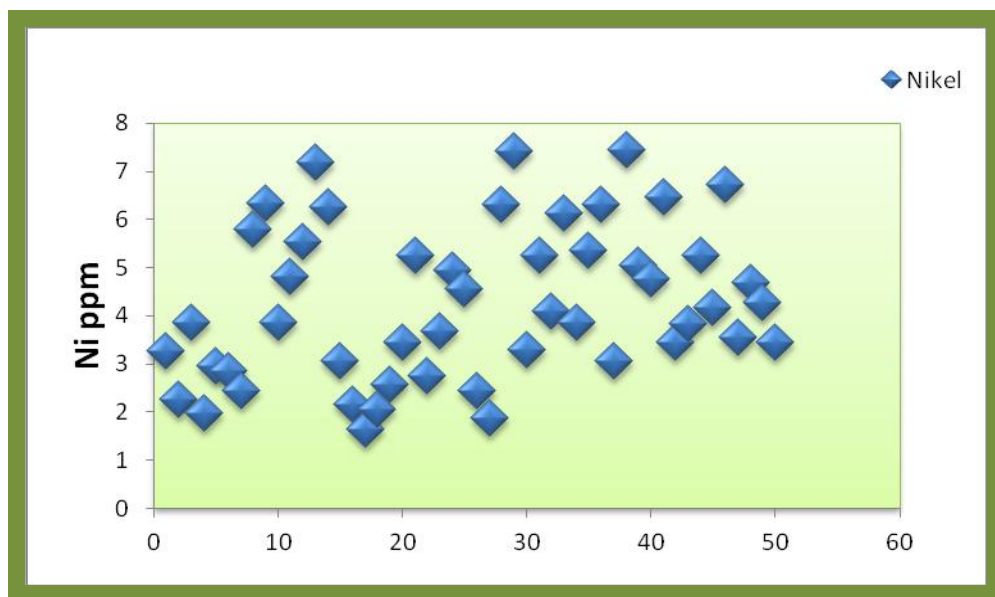
Bu araştırmanın yapıldığı Trakya Bölgesi’nde yer alan diğer bir araştırma bölgesinde (Kırklareli ili) otoban kenarlarındaki tarım arazilerindeki Nikel kirliliğinin araştırıldığı başka

bir çalışmada bu çalışma sonuçlarına benzer bir şekilde, inceleme alanlarındaki toprak örneklerinde herhangi bir nikel kirliliği tesbit edilmemiştir (Pak 2011).



Şekil 4. 13. Araştırma alanında belirlenen nikel ağır metalinin durumu

Yılmaz ve ark. (2003) tarafından İzmit körfezi'ndeki otoban ve çeşitli sanayi ve endüstri tesisleri kenarlarındaki topraklar üzerinde yapılmış olan bir ağır metal kirliliği çalışmasında yörede Co, Ni ve Pb kirliliğinin yüksek boyutlarda olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar bölgedeki söz konusu ağır metal kirliliğinin daha fazla artmaması ve insan sağlığını olumsuz etkilememesi konusuna dikkat çekmişlerdir.



Şekil 4.14. Toprakta bulunan Ni ağır metalinin noktasal hareketliliği

4. 13. Toprakların Bazı Fizikokimyasal Özellikleri ile Pb, Co, Cr, Cd ve Ni Kapsamları Arasında Belirlenen Korelasyon Katsayıları ve Regrasyon Eşitlikleri

4.13.1. Kil Miktarı ile Ağır Metal İlişkisi

Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin % kil kapsamları ile kurşun, kobalt, krom, kadmiyum ve nikel miktarları arasında korelasyon katsayıları (r) belirlenmiş ve önemlilik testleri yapılmıştır. Buna göre kurşun miktarı ile kil kapsamı arasında r: 0,36; kobalt miktarı ile kil kapsamı arasında r: 0,55; krom miktarı ile kil kapsamı arasında r: 0,47; kadmiyum miktarı ile kil kapsamı arasında r: 0,51 ve nikel miktarı ile kil kapsamı arasında r:- 0,65 olup % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

4.13.2. Kireç Miktarı ile Ağır Metal İlişkisi

Toprak örneklerinin kireç kapsamları ile araştırmada incelenen ağır metaller (Pb, Co, Cr, Cd ve Ni) arasında belirlenen korelasyon katsayıları şu şekildedir: kurşun için r: 0,24; kobalt için r: -0,16; krom için r: 0,24; kadmiyum için r: -0,10 ve nikel için ise r: -0,30 olarak belirlenmiş olup söz konusu bu korelasyon katsayılarından kurşun, krom ve nikel için belirlenenler % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

4.13.3. pH Değeri ile Ağır Metal İlişkisi

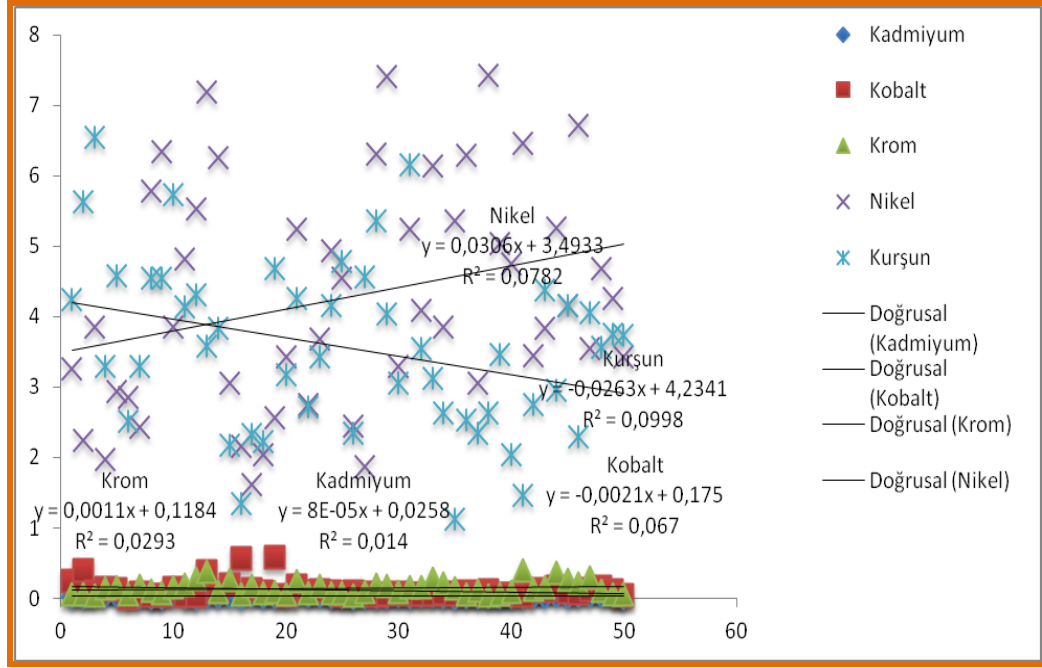
Toprakların pH değerleri ile söz konusu ağır metaller arasında belirlenen korelasyon katsayıları (r) ise kurşun, kobalt, krom, kadmiyum ve nikel ağır metalleri için sıra ile 0,14; 0,25; 0,37, -0,12 ve -0,52 şeklinde bulunmuştur. Toprakların pH değerleri ile ağır metaller arasında belirlenen bu korelasyon katsayılarından kobalt, krom ve nikel ile ilgili olanlar % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

4.13.4. Organik Madde Miktarı ile Ağır Metal İlişkisi

Ağır metaller ile toprakların organik madde miktarları arasında önemli korelasyon katsayıları bulunmuştur. Bulunan bu korelasyon katsayıları sıra ile kurşun için -0,28; kobalt

için -0,24; krom için 0,12; kadmiyum için -0,24 ve nikel için ise -0,34 olarak belirlenmiş olup, bunlardan krom için belirlenen korelasyon katsayısı hariç diğerleri % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Toprakların yukarıda sıralanan fizikokimyasal özellikleri ile incelenen ağır metaller arasında belirlenen regresyon eşitlikleri topluca aşağıdaki Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15. Toprakların Pb, Co, Cr, Cd ve Ni kapsamları ile bazı özellikleri arasında belirlenen regresyon eşitlikleri

Toprak örneklerinin ağır metal içerikleri ile yukarıda sıralanan bazı fizikokimyasal özellikleri arasında belirlenen pozitif veya negatif korelasyon katsayıları gerçekte sadece araştırmanın yapıldığı bölge için bir değer taşımaktadır. Çünkü bu konuda özellikle pH değeri ve organik madde miktarı ile ilgili olmak üzere farklı bulgular mevcuttur. Bu durumu ise araştırmacılar organik maddenin ayrışma derecesi ve bileşimindeki farklılıkla açıklamışlardır.

Ancak gerçekte topraktaki söz konusu bu ağır metaller çok düşük konsantrasyonlarda bitkilere toksik etkide bulunabilmektedirler. Bu nedenle ağır metallerin topraktaki kaynağı, kirlenme derecesi ve devamlılığı çoğu kez toprak özelliklerinden bağımsız olarak artmakta veya azalmaktadır. Ancak kollidal özellik ve ayrışmış organik madde miktarı bu ağır metallerin toprakta adsorpsiyonunu ve etkinliğini artırmaktadır.

Toprakların çözünebilir ve ekstrakte edilebilir kadmiyum konsantrasyonu pH: 7 gibi nötral koşullarda en düşük düzeyde olup toprağın pH değeri 6 veya 6,5'in altında ise kadmiyumun topraktaki çözünürlüğü ve konsantrasyonu hızla yükselmektedir. Ayrıca kadmiyumun büyük kısmının topraklarda adsorbe olmuş formda bulunması nedeniyle, kadmiyumun çözünürlüğü toplam kadmiyum artışına bağlı olarak da artmaktadır (Özbek ve ark. 1995).

Basta ve Tabatabai (1992), yapmış oldukları bir araştırmada toprağın pH değerinin toprakta bazı ağır metallerin çözünürlüğü üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar toprağın pH değerinin ağır metallerin çözünürlükleri üzerine $Cu=Pb>Cd=Ni=Zn$ şeklinde bir etkisinin olduğunu belirlemişleridir.

Toprakların ekstrakte edilebilir nikel içerikleri pH değerinin düşmesi ve toprağın asitleşmesi ile birlikte artmaktadır. Diğer taraftan toprakta bulunan kil mineralleri, organik madde miktarı ve mangan ve demir oksitlerin miktarındaki artışa bağlı olarak ise azalmaktadır (Özbek ve ark. 1995, Aydemir 2008).

Kurşunun toprakta yayılgılığı üzerine etki yapan etmenler ile ilgili bilgiler sınırlı olmakla birlikte başta toprağın pH değeri olmak üzere, toprak tekstürü, kil minerallerinin cins ve miktarları, organik madde miktarı, kation ve anyonların cins ve miktarları ile toprağın drenaj durumu Pb'nun yayılgılığı üzerinde etkilidir (Kacar 2009).

Bazı ağır metallerin çözünürlüğü ve hareketliliği asit pH koşullarında artmaktadır. Bununla birlikte yüksek pH değerine sahip olan alkalın topraklarda ise söz konusu bu ağır metallerin çözünürlüğü ve hareketliliği azalmaktadır. Bu durumun sebebi ise oksitler ve organik maddenin fonksiyonel gruplarının söz konusu bu ağır metaller ile oluşturdukları ağır metal kompleksleridir. Nitekim nikel de böyle ağır metallerden birisidir (Yoo and James 2002). Toprağın pH değeri düşüp toprak asitleştikçe bitkiler tarafından bazı ağır metallerin absorpsiyonu artmaktadır (Mc Bride 1994, Aydemir 2008).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanoğlunun daha iyi bir yaşam standardına ulaşma arzusu beraberinde bazı sorunları da gündeme getirmiştir. Bu sorunların başında da çevre kirliliği gelmektedir. Yaşadığımız çevrenin kirli olması başta insan olmak üzere bütün canlıların yaşamlarını olumsuz olarak etkilemektedir.

Günümüzde dünyada artan karayolu taşımacılığı başta olmak üzere tarımsal ürünlerin dünyadaki sirkülasyonu bu taşıma ve nakil sırasında yol kenarlarındaki tarım alanlarına ciddi zararlar vermektedir. Söz konusu bu zararların başında da topraklarda ağır metal kirliliği ve toksisitesi gelmektedir.

Trakya Bölgesi tarım ile sanayinin birlikte gelişmeye çalıştığı ilginç bir bölgedir. Bir taraftan ülkemizin en verimli tarım toprakları ve ülke ortalamasının üzerinde tarımsal verim değerleri, diğer taraftan her geçen gün artan önemli sanayi tesisleri yine bu topraklar üzerinde kurulmaktadır.

Bu araştırmada Tekirdağ ilinde otoban kenarlarındaki bazı ağır metallerin topraklaraki miktarları ve olası kirlilik düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yol kenarlarından 50 farklı noktadan tarım arazilerinden toprak örnekleri alınmış ve çözünebilir kurşun, kobalt, krom, kadmiyum ve nikel analizleri yapılmıştır.

Elde edilen bulgulara göre toprakların söz konusu ağır metal içerikleri Pb, Co, Cr, Cd ve Ni için sıra ile 1,346- 6,546; 0,008-0,587; 0,034-0,390; 0,012-0,048 ve 1,623-7,410 mgkg⁻¹ arasında belirlenmiştir. Söz konusu bu bulgular kritik kirlilik sınır değerleri ile karşılaştırıldığında araştırma alanlarına kurşun ve kobalt kirliliğinin önemli boyutlarda olduğu saptanmıştır. Kurşun kirliliğinin % 60 ve kobalt kirliliğinin ise % 48 gibi yüksek değerlerde olduğu ortaya konulmuştur.

Araştırmadan elde edilen bu bulgular gerçekte sürpriz sayılmamalıdır. Çünkü araştırma alanlarında bir taraftan yoğun bir tarımsal uygulamalar yapılırken diğer yandan hemen bitişik arazilerde sanayi tesislerinin varlığı ayrıca otobandaki yoğun yüksek tonajlı araç trafiği böyle bir sonucu ortaya çıkarmıştır.

Araştırmanın yapıldığı tarım arazilerinde krom, kadmiyum ve nikel kirliliğinin belirlenmemiş olması topraklarda söz konusu bu elementler için herhangi bir ağır metal

kirliliği sorunun oluşmayacağı anlamı çıkarılmamalıdır. Çünkü mevcut tablo devam ettiği sürece kısa bir zaman dilimi sonrasında söz konusu bu ağır metallerin de kirliliği gündeme gelebilecektir. Blye bir olumsuz görüntünün önlem alınmazsa yakın bir gelecekte karşımıza çıkması muhtemelidir.

Tarım topraklarına ağır metal ilavesi sadece araç trafiği veya endüstiyel faaliyete bağlanmamalıdır. Çünkü son zamanlarda tarım alanlarından elde edilen ürünün miktar ve kalitesini artırmak amacıyla kullanılan kimyasal gbreleler, pestisitler, toprak düzenleyicileri, atık çamur uygulamaları, kirli suların sulamada kullanılması, çeşitli hormonların kullanılması vs. gibi çeşitli tarımsal uygulamalar ile tarım topraklarına önemli miktarlarda ağır metal bulaşması meydana gelmektedir.

Yukarıda aıkanan tarımsal uygulamaların yanında endüstri işletmelerinin üretmiş oldukları ağır metal yüklü ürünler ve söz konusu bu sanayi ürünlerinin ağır tonajı araçlarla üretim bölgesinden daha uzak başka bölgelere ve ülkelere karayolu ile nakliyesi doğrudan ve dolaylı olarak yol kenarlarındaki tarım topraklarını kirletmektedir.

Ağır metal kirliliği sorunu Trakya Bölgesi ve özellikle Tekirdağ ili tarım topraklarında lkemizin diğer bölgelerine göre daha yüksek boyutlardadır. Çünkü söz konusu bu bölgede topraklara insan kaynaklı ağır metal bulaşması yüksek düzeylerde dir.

Toprakta kirliliğe neden olan ağır metallerin evre ve insan sağlığı açısından en önemli olumsuz etkisi ise bitkiler tarafından topraktan alınması ile birlikte doğrudan veya bu bitkileri yem olarak kullanan hayvanların gıda kaynağı olarak tüketilmesi sonucu insan vücuduna da geçebilmesi olasılığının çok yüksek oluşudur.

Dünyanın gelişmiş ülkelerinde son yıllarda tarımsal faaliyetlerin yanında, yoğun sanayileşme sürecinin de bir sonucu olarak tarım topraklarına bulaşan ağır metaller bölgelere arasından metal farklılığı göstermekle birlikte tarım alanlarını tehdit edebilecek dzeyele ulaşmıştır. Söz konusu bu lkeler soruna çözüm arayışlarını her geçen gün sürdürmektedirler.

Günümüzde bilim insanları tarım alanlarındanki ağır metal kirliliği sorununun çözümü için arayışlarını sürdürmektedirler. Ancak, klasik ve geleneksel yöntemler ile bu sorunun çözümü ekonomik ve pratik değildir. Ağır metallerle kirlenmiş tarım topraklarının, günümüzde klasik fizikokimyasal yöntemlerin uygulanması ile birlikte temizlenmesi maliyeti çok yüksek düzeylerde olduğundan fazla uygulama alanı bulamamaktadır.

Ağır metallerle kirlenmiş toprakların iyileştirilmesi ve ıslahında kullanılan yaygın iyileştirme yöntemleri fiksasyon (metallerin hareketsizliğinin artırılması için topraklara uygulanan kimyasal işlemler) ve yıkama (metallerin hareketliliğinin sağlanması için topraklara uygulanan kimyasal işlemler) yöntemlerdir. Ancak yöntemler de pratik ve ekonomik olmaktan uzaktır.

Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı tarım topraklarındaki ağır metal kirliliğinin giderilmesi için yeni teknolojilerin devreye sokularak kullanılması zorunludur. Bu durum özellikle bu araştırmanın yapıldığı sanayinin ve karayolu araç trafiğinin yoğun olduğu Çorlu ve Çerkezköy yöresi için hayati derecede önem taşımaktadır. Çünkü bu yörede tarım ve sanayi birbiri aleyhine gelişmeye çalışan iki farklı ticari sektör konumundadır.

Son yıllarda, fitoremediasyon olarak tanımlanan ve esası hiperakümülatör bitki yetiştirilmesi ve bu bitkiler ile toprakta kirliliğe sebep olan ağır metallerin uzaklaştırılması esasına dayanan çeve dostu, pratik ve ekonomik olan söz konusu fitoremediasyon yöntemi ile ağır metaller ile kirlenmiş tarım topraklarının ışah edilmesi yöntemi günümüzde dünyada bu konuda ileri gitmiş ölkeler tarafından başarı ile kullanılmaktadır.

Tekirdağ ilini tarım toprakları ölkemizin en verimli tarım topraklarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Diğer taraftan bölgede her geçen gün artan araç trafiği ve sanayi tesislerinin sayısı ile söz konusu bu tarım toprakları başta Pb ve Co olmak üzere Cr, Cd ve Ni gibi birçok ağır metal kirliliğinin boyutları gün geçtikçe daha da artmakta ve her türlü canlı sağlığı için tehdit oluşturmaktadır. Nitekim yapılan bu araştırmada bölge topraklarında yüksek düzeylerde Pb ve Co kirliliği saptanmıştır.

Tekirdağ ili tarım topraklarında kirliliğe sebep olan ve özellikle araç trafiği ve sanayi kökenli insan aktivitelerine bağlı olarak topraklara bulaşan Pb, Co, Cr, Cd ve Ni gibi ağır metallerin topraktan klasik fizikokimyasal yöntemlerin kullanılması ile birlikte temizlenmesi pahalı ve kullanımı oldukça sınırlı tekniklerdir.

Fitoremediasyon yöntemi olarak tanımlanan toprakta hareket yeteneği düşük olan bazı ağır metallerin (Pb, Co, Cr, Cd ve Ni) topraktaki hareket yeteneklerini artırarak doğal yollardan topraktan uzaklaştırılmasını sağlayan pratik ve ekonomik olan ancak, ağır metallerin topraktaki konsantrasyon ve çeşidine bağlı olarak değişen farklı hiperakümülatör bitkiler (örneğin kanola bitkisi) yardımıyla uzaklaştırılması Tekirdağ ili tarım topraklarının ağır metallerden temizlenmesi için uygulamaya konulmalıdır. Çünkü söz konusu araştırma

bölgesindeki ağır metal kirliliğinin topraktan giderilmesi sorunu her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır.

Bu araştırmanın sonuçlarına göre, Tekirdağ ili karayolu kenarlarında bulunan tarım arazilerinde 0-20 cm toprak derinliğindeki Pb ve Co gibi ağır metal kirliliğini normal kültür bitkilerinin yetişebileceği toksisite sınırları altına düşürebilmek için topraklarda hiperakümülatör bitkiler yetiştirilerek fitoremediasyon tekniği ile söz konusu bu ağır metallerin bitkiler tarafından topraktan kaldırılarak uzaklaştırılması sağlanmalıdır.

Fitoremediasyon yönteminin bu araştırma sonuçlarına göre, kurşun ve kobalt gibi bazı ağır metallerin kirliliğinin belirlendiği tarım alanlarında uygulanmak üzere yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi gereklidir. Araştırma bölgesinde özellikle araç trafiği ve sanayinin yoğun olduğu alanların yakınlarındaki tarım topraklarında söz konusu bu ağır metal kirliliğinin bitki, insan ve diğer canlılara zarar vermemesi için fitoremediasyon yöntemi ile bu toprakların ıslah edilmesi çok önemlidir.

Araştırma bölgesinde şu anda belirlenen kurşun ve kobalt kirliliğine ilerleyen zamanlarda muhtemelen krom, kobalt, nikel gibi diğer ağır metallerin kirliliği de eklenecektir. Bu olumsuz durum bölgedeki tarım topraklarında insan aktivitesine bağlı olarak her geçen gün daha da artacak, toprak ve su gibi doğal kaynakları kirletecek ve sonuçta insan ile diğer canlıların yaşamını ciddi boyutlarda tehdit etmesi kaçınılmaz olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Abu-Hilal AH, Bardan MM (1990). Effect of Pollution Sources on Metal Concentration in Sediment Cores from the Gulf Aqaba (Red Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 21 (4):190-197.
- Adams ML, Zhao FJ, Mc Grath SP (2004). Predicting Cadmium Concentrations in Wheat and Barley Grain Using Soil Properties. *J. Environ. Qual.* 33: 532–541.
- Adiloğlu A, Adiloğlu S, Bellitürk K, Karakaş Ö, Sümer A, Gönülsüz E, Sarı H (2011). Tekirdağ İli Kıyı Şeridi Topraklarında Ağır Metal Kirliliği. Kıyı Bölgelerinde Çevre Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 17- 20 Kasım, Tekirdağ.
- Ağcasulu Ö (2007). Investigation of Accumulation of Heavy Metals in Tissues of *Capoeta tinca* (Heckel, 1843) Living in Çeltikce Stream of Sakarya River, (in Turkish) Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Ajiboye AG, Aduloju, MO (2013). Properties and Available Micronutrient Status of Some Soils Derived from Abeokuta Formation in Nigeria. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59 (10): 1393-1408
- Akpınar K (2005). Dünyada ve Türkiye’de Suyun Kullanımı ve Geleceğimiz İçin Önemi. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Hizmetiçi Eğitimi. Yalova, s: 6- 16.
- Alloway BJ (1995). Cadmium. In BJ Alloway (Ed.). *Heavy Metals in Soils*. Blackie, London.
- Alparslan M, Güneş A, İnal A (1988). Deneme Tekniği. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayın No:1501, Ankara.
- Altınbaş Ü, Çengel M, Uysal H, Okur B, Okur N, Kurucu Y, Delibacak S (2008). Toprak Bilimi, Üçüncü Baskı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 557, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Anonim (2011). Meslek Hastalıkları Rehberi. Ankara, 978-975-455-169-3 Matsa Basımevi. 528 s.
- Anonim (2012). Tekirdağ İli 2011 Yılı Tarım Raporu. Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü Yayınları, 193 s, Tekirdağ.
- Anonim (2013). Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri. <http://www.doktorre.net/forum/arsiv-konu-18053.0-agir-metallerin-insan-sagligina-etkiler.html> (erişim tarihi: 2.7.2013).
- Arlı S (2006). Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metallerin Bitkilerle Giderimi. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilimdalı. Sakarya.

- Asri FÖ, Sönmez S (2006). Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. Derim Dergisi, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü, Cilt 23 (2): 36- 45.
- Atabey E (2010). Türkiye’de İnsan Kaynaklı (antropojenik) Unsurlar ve Çevresel Etkileri. MTA Genel Müdürlüğü Yayınları, Yer Bilimleri ve Kültür Serisi. Ankara.
- Aydemir G (2008). Afşin-Elbistan Termik Santrali Emisyonlarının Yöre Topraklarına Etkilerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Bakirdere S, Yaman M (2008). Determination of Lead, Cadmium and Copper in Roadside Soil and Plants in Elazığ, Turkey, Environ Monit Assess, 136, 401-410.
- Basta NT, Tabatabai M (1992). Effect of Cropping Systems on Adsorption of Metals by Soils. II. Effect of Equilibrium Solution pH. Soil Sci. 153(3):195-204.
- Baş AL, Demet Ö (1992). Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller. Ekoloji Dergisi. 5, 42-46.
- Başçı N (2009). Krom (Cr) (VI) İyonunun Süs Bitkileri Kullanılarak Toprakta Gideriminin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Adana.
- Bayar E, Yıldız N (2010). Determination of Heavy Metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb and Ni) Contamination Status in Crossroad Sides Plant (*Pinus sylvestris*) and Soil in Erzurum Centrum, Turkey. Proceedings of the International Soil Science Congress on Management of Natural Resources to Sustain Soil Health and Quality. Ondokuz Mayıs University, May 26-28, pp.1227 -1232, Samsun.
- Bebek MT (2001). Ulubat Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Beliles RP (1975). Metals in Toxicology, The Basic Science of Poisons, LJ Casarett and J Dull (Eds.), Macmillan Publ. Co, Inc., New York .
- Bryan G (1980). Recent Trends in Research on Heavy-Metal Contamination in the Sea. Helgoländer Meeresuntersuchungen, 33: 6-25.
- Bowen HJM (1966). Trace Element in Biochemistry, Academic Press, London.
- Brooks RP, Oconnell TJ, Wardrop DH, Jackson LE (1998). Towards A Regional Index of Biological Integrity: The Examples of Forested Riparian Ecosystems. Environmental Monitoring and Restoration.
- Cabrera F, Clemente L, Barrientos ED, L’opez R, Murillo JM (1999). Heavy Metal Pollution of Soils Affected by the Guadamar Toxic Flood. The Science of the Total Environment 242: 117- 129.

- Carlson C (2007). Derivation Methods of Soil Screening Values In Europe, A Review and Evaluation of National Procedures Towards Harmonization, European Commission, Joint Research Centre, Ispra, EUR 22805-EN.
- Carrigan RA, Erwin TC (1951). Cobalt Determination in Soils by Spectrographic Analysis Following Chemical Preconcentration. *Proc. Soil Science Society of America* 15: 145-149.
- Castaing P, Assor R, Jouanneau JM, Weber O (1986). Heavy Metal Origin and Concentration in the Sediments of the Pointe a Pitre Bay (Guadeloupe-Lesser Antilles). *Environ. Geol. Water Sci.* 8 (4): 175-184.
- Chapman HD (1971). *Proc. Intern. Symp. Soil Fert. Evaln. New Delhi* 1: 927- 947.
- Charya NS, Kamalaa CT, Raj DSS (2008). Assessing Risk of Heavy Metals from Consuming Food Grown on Sewage Irrigated Soils and Food Chain Transfer. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 69: 513–524.
- Christoforidis A, Stamatis N (2009). Heavy Metal Contamination in Street Dust and Roadside Soil Along the Major National Road in Kavala's Region, Greece. *Geoderma* 15: 257–263.
- Cordle F, Kolbye AC (1982). Environmental Contaminants in Food, In *Nutritional Toxicology*. J.N. Hathcock (Ed.), Academic Press, New York.
- Conner JR (1990) *Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Wastes*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Coşkun M, Steinnes E, Frontasyeva VM, Sjobakk TE, Demkina S (2006). Heavy Metal Pollution of Surface Soil in the Thrace Region, Turkey. *Environmental Monitoring and Assesment*, 119: 545- 556.
- Çağlarırnak N, Hepçimen AZ (2010). Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda* 8 (2): 31-35.
- Çavuşoğlu K, Budak A, Çakır Arıca S (2008). Kırıkkale-Kırşehir Karayolunda Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 20 (2): 223-231.
- Çavuşoğlu K, Kınalıoğlu K, Yapar K, Türkmen Z, Yalçın E, Duyar Ö, Özdoğan S (2009). Giresun–Ordu Karayolunda Taşıt Trafikinin Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması. *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, 13 (1): 54-59.
- Çelik A, Kartal AA, Akdoğan A, Kaska Y (2005). Determining the Heavy Metal Pollution in Denizli (Turkey) by Using Robinio Pseudo-Acacia L. *Environment International*. (31): 105 -112.
- Demir E (2008). *Kazanlı (Mersin) Bölgesinde Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi ve Çevresel Ortamın Belirlenmesi*. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi, Mersin.

- Deniz M (2003). Ağır Metal Kirliliği ve Ekosistem Üzerine Olan Etkileri. Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Deveciler H (2005). Uludağ Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Topraklarının Ağır Metal İçeriklerinin İncelenmesi. U.Ü. Fen Bil. Enst. Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 50 s.
- Dissanayake CB (1991). The Fluoride Problem in the Groundwater of Sri Lanka –Environmental Management and Health. Int. J. Environ. Studies, 19: 195-203.
- Dou Y, Li J, Zhao J, Hu B, Yang S (2013). Distribution, Enrichment and Source of Heavy Metals in Surface Sediments of the Eastern Beibu Bay, South China Sea. Marine Pollution Bulletin, 67: 137–145.
- Dökmeci İ, Dökmeci AH (2009). Toksikoloji Zehirlenmelerde Tanı ve Tedavi. 5. Baskı İstanbul Tıp Kitapevi, İstanbul.
- Dönmez BG (2012). Toprak Örneklerinde Poliklorlubifenil (Pcb) Kirliliğinin Araştırılması ve Yasal Sınır Değerlerin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Duru N, Türkmen Z, Çavuşoğlu K, Yalçın E, Yapar K (2011). Sığır Kuyruğu (*Verbascum sinuatum* L.) Türü Kullanılarak Karadeniz Sahil Şeridinde Taşıtların Sebep Olduğu Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 15 (2): 89-96.
- EPA (1995). Contaminants and Remedial Options at Select Metals – Contaminated Sites, EPA/540/R-95/512. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency. Work Assignment 68-C0-0003, USA.
- EPA (2000). Introduction to Phytoremediation, EPA/600/R-99/107, National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio 45268,USA.
- Ekinci H (1990). Türkiye Genel Toprak Haritasının Toprak Taksonomisine Göre Düzenlenebilir Olanaklarının Tekirdağ Bölgesi Örneğinde Araştırılması. Doktora Tezi Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Adana.
- Ekinci H, Adiloğlu A (1997). Tekirdağ İli Büyük Toprak Gruplarının (Toprak Taksonomisi) Yarayışlı Demir, Bakır ve Çinko İçerikleri Bakımından İncelenmesi. I. Trakya Toprak ve Gübre Sempozyumu Bildiriler Kitabı s: 257- 261, 20- 22 Ekim, Tekirdağ.
- Elinç F (1997). Meriç Havzası Vertisol ve Kireçsiz Kahverengi Topraklarda I. Yarayışlı Zn, Fe, Mn, Cu ve B Düzeyleri. I. Trakya Toprak ve Gübre Sempozyumu Bildiriler Kitabı s: 119- 126, 20- 22 Ekim, Tekirdağ.
- Elinç F, Güvercin E, Demirkıran AR (2000). The Heavy Metal Levels of the Soils and Plants Surrounds of the Afşin- Elbistan Thermoelectric Power Plant. 2nd Int. Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro- Applications (Agroenviron 2000) Proceedings pp. 455-458, 18- 20 October, Tekirdağ.

- Ertugay MF, Başlar M, Sallan S (2012). Beyşehir-Isparta Karayolu Kenarında Yetiştirilen Buğdaylarda Kurşun (Pb) ve Kadmiyum (Cd) Kirlilik Düzeylerinin Belirlenmesi. Dünya Gıda. 1: 84-88.
- Esringü A (2005). Toprakta Kirliliğe Sebep Olan Bazı Ağır Metallerin Kanola (*Brassica nopus*) ve Hardal (*Brassica juncea*) Bitkileri İle Uzaklaştırılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Esringü A (2012). Toprakta Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd) ve Bor (B) Elementlerinin Şelatör Desteğiyle Kolza (*Brassica napus* L.) Bitkisi Kullanılarak Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Erzurum.
- Eyüpoğlu F (2002). Türkiye Gübre Gereksinimi, Tüketimi ve Geleceği. Köy Hizm. Gen. Müd. Genel Yay. No: 2, Ankara.
- Eyüpoğlu F, Kurucu N, Talaz S (1998). Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Bazı Mikro Elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. Köy Hiz. Gen. Müd. Toprak ve Gübre Araş. Enst. Müd. Yayınları, Ankara.
- Evers U, Schlipköter HW (1995). Encyclopedia of Analytical Science., 8: 4990-4996.
- Fagbote EO, Olanipekun EO (2010). Evaluation of the Status of Heavy Metal Pollution of Soil and Plant (*Chromolaena odorata*) of Agbabu Bitumen Deposit Area, Nigeria. American-Eurasian Journal of Scientific Research 5 (4): 241-248.
- FAO (1990). Micronutrient, Assesment and the Country Level: An International Study. FAO Soils Bulletin 63, Rome, Italy.
- Flores HE, Young ND, Galston AW (1995). Polyamine Metabolism and Plant Stress. In Cellular and Molecular Biology of Plant Stress. Eds: L., Key, T. Kosuge, R., Liss., Inc., New York pp: 93-114.
- Forster CF, Wase DAJ (1997). Biosorption of Heavy Metals: an Introduction, Biosorbents for Metal Ions Chapter 1, Taylor and Francis, London.
- Gabrisu C, Alkorta I, 2001. Phytoextraction: A Cost-Efective Plant-Based Technology for the Removal of Metals from the Environment. Bioresource Techn., 77: 229-236.
- Gavrilescu M, 2004. Removal of Heavy Metals from Environment by Biosorption, Eng. Life Sci. 3: 219-232.
- Gerendas J, Polacco JC, Freyermuth SK, Sattelmacher B (1999). Significance of Nickel for Plant Growth and Metabolism. J. Plant Nutr. Soil Sci. 162: 241- 256.
- Güler S (2006). Çukurova Üniversitesi Yerleşke Alanındaki Yollarda Kullanılan Bitki Türlerinin Çevre Niteliğini Artırma Yeteneklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Güneş Hİ (1984). İzmir Körfezi Deniz Suyunda ve Su Ürünlerinde Ağır Metal Kontaminasyonunun (Hg, Pb, Cd, As, Fe, Zn, Cu, Ni, Cr) Araştırılması, TOK Bakanlığı Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü, Gıda Kontrol ve Araştırma Enst. Md., Genel Yayın No: 130, İzmir.
- Güneş A, Alpaslan M, İnal A (2010). Bitki Besleme ve Gübreleme, (5.Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1526, Ders Kitabı No: 479, 576 s, Ankara.
- Güvenç N, Alagha O, Tuncel G (2003). Investigation of Soil Multi-Element Composition in Antalya, Turkey. *Environment International*, 29: 631-640.
- Groudev SN, Spasova I, Georgiev PS (2001). In Situ Bioremediation of Soils Contaminated with Radioactive Elements and Toxic Heavy Metals. *International Journal of Mineral Processing*, 62: 301-308.
- Hamutoğlu R, Dinçsoy AB, Cansaran Duman D, Aras S (2012). Biyosorpsiyon, adsorpsiyon ve fitoremediasyon yöntemleri ve uygulamaları. *Türk Hij Den Biyol Derg.* 69 (4): 235–253.
- Hoffman N, Howland LF, Flomenbaum G (Çeviri: Satar S, İkizceli İ) (2008). Goldfrank'in Toksikolojik Aciller El Kitabı. Nobel Kitapevi Yayın Dağıtım ve Pazarlama Ltd.Şti. Adana.
- Hu KL, Zhang FR, Li H, Huang F, Li BG (2006). Spatial Patterns of Soil Heavy Metals in Urban-Rural Transition Zone of Beijing. *Pedosphere* 16 (6): 690-698.
- Jackson ML (1967). *Soil Chemical Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc, USA.
- John JR, Reddy KR, Jenkins JN (2006). Yield and Fiber Quality of Upland Cotton as Influenced by Nitrogen and Potassium Nutrition. *European J. of Agron.* 24 (3): 282-290.
- Kabata- Pendias A, Pendias H (2001). *Trace Elements in Soils and Plants*, 3th Edition CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London.
- Kacar B (2009). *Toprak Analizleri*. Nobel Yayınları No: 1387, Fen Bilimleri No. 90, Ankara.
- Kacar B, İnal A (2010). *Bitki Analizleri* (2. Baskı), Nobel Yayınları No: 1241.
- Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A, Timur S (2004). Metallerin Çevresel Etkileri-I, *Metaller Dergisi*, 136: 47-53.
- Karakaş Ö (2013). Bazı Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Kanola Bitkisi Kullanılarak Bitkisel Arıtım (Fitoremediasyon) Tekniği ile Islahı. NKÜ Fen Bil. Enst. Toprak Bil. ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 61s, Tekirdağ.

- Karaman MR, Brohi AR, Müftüoğlu NM, Öztaş T ve Zengin M (2012a). Sürdürülebilir Toprak Verimliliği (3. Baskı). Koyulhisar Ziraat odası Kültür Yayınları No: 1, 412 s.
- Karaman MR, Adiloğlu A, Brohi R, Güneş A, İnal A, Kaplan M, Katkat V, Korkmaz A, Okur N, Ortaş İ, Saltalı K, Taban S, Turan M, Tüfenkçi Ş, Eraslan F ve Zengin M (2012). Bitki Besleme. ISBN 978-605-87103-2-0 Dumat Ofset, Matbacılık San. Tic. Ltd. Şti., 1080 s, Ankara.
- Karataş M, Dursun Ş, Özdemir C, Argun ME (2006). Heavy Metal Accumulation Irrigated Soil with Wastewater. SÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (38): 64-67.
- Karatepe A (2006). Chromosorb-150 Reçinesi ve Mebran Filtre Kullanılarak Bazı Eser Elementlerin Zenginleştirilmesi ve Türlemesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Kayseri.
- Ke- Lin, Zhang FR, Li H, Huang F, Li BG (2006). Spatial Patterns of Soil Heavy Metals in Urban-Rural Transition Zone of Beijing. Pedosfer 16 (6): 690- 698.
- Khan AG, Kuek C, Chaudhry TM, Khoo CS, Hayes WJ (2000). Role of Plants, Mycorrhizae and Phytochelators in Heavy Metal Contaminated Land Remediation. Chemosphere, 41: 197-207.
- Kızılkaya R, Aşkın T, Gülser C, Gençoğlu S (2000). Total and Extractable Heavy metal Contents in Alkaline Risky Soils of Çarşamba Plain. 2nd Int. Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro- Applications (Agroenviron 2000) Proceedings pp. 1-7, 18- 20 October, Tekirdağ.
- Kim DS, An KG, Kim KH (2003). Heavy Metal Pollution in the Soils of Various Land Use Types Based on Physicochemical Characteristics. Journal of Environmental Science and Health, Part A—Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, Vol. A 38 (5): 839 –853.
- Klassen CD, Amdur MO, Doull J (1986). Toxicology. 3th Ed. Macmillian Publishing Company, New York, USA.
- Köksoy M, Topçu S (1976). Jeokimyasal Prospeksiyonun Tanıtımı ve Laboratuar Metotları, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Yayın No.16, Ankara, 95s.
- Krenkel PA, V Novotny (1980). Water Quality Management. Academic Press, New York, NY.
- Kurt MA (2010). Deliçay ve Tarsus Çayı (Mersin) Arasında Kalan Alandaki Toprak Profillerinin Mineralojisi, Toprak ve Su Kirliliğinin Araştırılması. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.
- Langille WM, MacLean KS (1976). Some Essential Nutrient Elements in Forest Plants as Related to Species, Plant Part, Season and Location. Plant Soil, 45: 17–26.

- Liang J, Chen C, Song X, Han Y, Liang Z (2011). Assessment of Heavy Metal Pollution in Soil and Plants from Dunhua Sewage Irrigation Area. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 6: 5314-5324.
- Lindsay WL, Norvell WA (1978). Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421- 428.
- Liu H, Anne Probst A, Liao B (2005). Metal Contamination of Soils and Crops Affected by the Chenzhou Lead/Zinc Mine Spill (Hunan, China). *Science of the Total Environment* 339: 153– 166.
- Mapanda F, Mangwayana EN, Nyamangara J, Giller KE (2005). The Effect of Long-Term Irrigation using Wastewater on Heavy Metal Contents of Soils under Vegetables in Harare, Zimbabwe. *Agriculture, Ecosystems and Environ.* 107: 151–165.
- Martini JA, Mutter RG (1985). Effect of Lime Rates on Nutrient Availability, Mobility and Uptake during the Soybean Growing Season. 2. Calcium Magnesium, Potassium, Iron, Copper and Zinc. *Soil Sci.*, 139: 333-343.
- Mc Bride MB (1994). *Environmental Chemistry of Soils*. Oxford University Press, Inc. NY, pp. 400.
- Mirsal IA, (2004) *Soil pollution: origin, Monitoring and Remediation*. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Morton-Bermea O, Álvarez EH, Gaso I, Segovia N (2002). Heavy Metal Concentrations in Surface Soils From Mexico City, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 68: 383-388.
- Muchuweti M, Birkett JW, Chinyanga E, Zvauya R, Scrimshaw MD, Lester JN (2006). Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: Implications for human health. *Agric., Ecosystems and Environ.* 112: 41– 48.
- Mulligan CN, Yong RN, Gibbs BF (2001) *Remediation Technologies for Metal Contaminated Soils and Groundwater: An Evaluation*, *Engineering Geology*, 60: 193-207.
- Nabuloa G, Oryem-Origab H, Diamond M (2006). Assessment of Lead, Cadmium and Zinc Contamination of Roadside Soils Surface Films and Vegetables in Kampala City, Uganda. *Environmental Research*, 101: 42–52.
- Onder S, Dursun S, Gezgin S, Demirbas A (2007). Determination of Heavy Metal Pollution in Grass and Soil of City Centre Green Areas (Konya, Turkey). *Polish J. of Environ. Stud.* 16 (1): 145-154.
- Öktüren F, Sönmez S, Kocabaş I (2005). Potasyumun Bitki Sağlığı Üzerine Etkileri. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, 3-4 Ekim, s. 94-100, Eskişehir.

- Özbek H, Kaya Z, Gök M, Kaptan H (1995). Toprak Bilimi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Adana.
- Özbek Z (2010). Topraktaki Ağır Metaller İçin Sınır Değerlerinin Araştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- Özkoç B (2011). Su Mercimeği (*Lemna minor*) Bitkisi ile Ağır Metal İçeren Gala Gölü Sularının İleri Arıtımının Değerlendirilmesi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Özkul C (2008). İzmit (Kocaeli) Civarında Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Derişimine Etkisi, Uygulamalı Yerbilimleri, 2: 1-9.
- Pagatto C, Remy D, Legret M, Le Cloriec P (2001). Heavy Metal Pollution of Road Dust and Roadside Soil Near a Major Rural Highway. Environ. Tech. 22: 307- 319.
- Pak O (2011). Kırklareli ili ve Çevresinde Otoban Kenarlarındaki Topraklarda Bazı Ağır metal Kirliliğinin Araştırılması. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bil. Enst. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Parizanganeh A, Movafagh S, Hajisoltani P, Zamani A (2010a). Heavy Metals Concentrations in Soils and Plant Accumulation in Contaminated Areas Surrounding the Zinc Industrial Estate in Zanjan Province-Iran. Proceedings of the International Soil Science Congress on Management of Natural Resources to Sustain Soil Health and Quality. Ondokuz Mayıs University, May 26-28, pp. 516 -520, Samsun.
- Parizanganeh A, Hajisoltani P, Zamani A (2010). Assesment of Heavy Metal Pollution in Surficial Soils Surrounding Zinc Industrial Complex in Zanjan- İran. In Proceedings of the Int. Soil Sci. Congress on Management of Natural Resources to Sustain Soil Health and Quality. Ondokuz Mayıs University, May 26- 28, pp. 510- 515, Samsun.
- Pırlak U (2002). Niğde ili Patates Ekim Alanlarında Ağır Metal (Cd, Pb, Ni, Cu, Zn) Kirliliğinin Belirlenmesi. Niğde Üniversitesi Fen Bil. Enst. Çevre Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 65 s.
- Pivetz B (2001). Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites. U.S Environmental Protection Agency (EPA), 540/S-01/500, 36 p.
- Raskin I, Kumar N, Dushenkov S, Salt D (1994). Bioconcentration of Metals by Plants, Current Opinion in Biotechnology, 5: 285-290.
- Reeves RD, Baker AJM (2000). Metal- Accumulating Plants. in: Raskin, I. and Ensley, B.D., Eds. Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean-Up the Environment. New York, John Wiley and Sons, pp. 193- 230.
- Richards, LA (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A Handbook, No: 60.
- Rieuwerts J, Margaret Farago M (1996). Heavy Metal Pollution in the Vicinity of a Secondary Lead Smelter in the Czech Republic. Applied Geochemistry, 11: 17- 23.

- Rose AW, Hawkes HE, Webb JS (1979). *Geochemistry in Mineral Exploration*, 2nd ed. Academic Press, New York, p 657.
- Sağlam MT, Tok HH, Adiloğlu A, Demirkıran AR, Bellitürk K (1997). Trakya Yöresinden Alınan Bazı Toprak Örneklerinin Elverişli Fe, Cu, Zn ve Mn Kapsamları Üzerinde Bir Araştırma. I. Trakya Toprak ve Gübre Sempozyumu Bildiriler Kitabı s: 248- 251, 20-22 Ekim, Tekirdağ.
- Sağlam MT (2012). *Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri*. Namık Kemal Üniversitesi, Yayın No: 2, Tekirdağ.
- Sarı T (2009). Edirne ili ve Çevresinde Otoban Kenarlarındaki Topraklarda Bazı Ağır metal Kirliliğinin Araştırılması. NKÜ Fen Bil. Enst. Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Sezgin NH, Özcan HK, Demir G, Nemlioğlu S, Bayat C (2003). Determination of Heavy Metal Concentrations in Street Dusts in Istanbul E-5 Highway, *Environment International*, 29: 979- 985.
- Sharma RK, Agrawala M, Marshall F (2007). Heavy Metal Contamination of Soil and Vegetables in Suburban Areas of Varanasi, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 66: 258– 266.
- Sillanpää M (1990). Micronutrient Assesment at the Coutry Level: An International Study, *FAO Soils Bulletin* ,63. 208 p.
- Söğüt Z, Zaimoğlu Z, Erdoğan R, Doğan S, (2002). Su Kalitesinin Arttırılmasında Bitki Kullanımı (Yeşil Islah-Phytoremediation). Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IV. Ulusal Konferansı 5-8 Kasım, Dokuz Eylül Üniversitesi, Bildiriler Kitabı, II. Cilt: 1007-1016, İzmir.
- Srivastava S, Prakash S, Srivastava MM (1999). Chromium Mobilization and Plant Availability the Impact of Organic Complexing Ligands. *Plant Soil.*, 212: 203– 208.
- Suthar V, Mahmood-ul-Hassan M, Memon, KS, Rafique, E (2013). Heavy-Metal Phytoextraction Potential of Spinach and Mustard Grown in Contaminated Calcareous Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44 (18): 2757- 2770.
- Taşova H, Akın A (2011). Trakya Bölgesi Topraklarının Bitki Besin Maddesi Kapsamlarının Belirlenmesi, Veri Tabanının Oluşturulması ve Haritalanması. 2. Ulusal Toprak ve Su kaynakları Kongresi 22-25 Kasım, Ankara s: 408- 420.
- Tembo BD, Kwenga S, Cernak J (2006). Distribution of Copper, Lead, Cadmium and Zinc Concentrations in Soils Around Kabwe Town in Zambia. *Chemosphere* 63: 497- 501.
- Tchounwou PB, Patlolla AK, Centeno JA (2003) Carcinogenic and Systemic Health Effects Associated with Arsenic Exposure, A Critical Review. *Toxicology and Pathology*, 31: 575-588.

Tok HH, 1997. Çevre Kirliliği. Anadolu Matbaacılık, İstanbul.

Tolunay D (1997). Atıksu Arıtma Tesislerinden Arta Kalan Çamurların Tarım ve Orman Topraklarına Karıştırılmasının Etkileri, Trakya'da Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu II, 6- 8 Kasım 1997.

Tuna H (2001). Bozüyük Yöresinde Endüstriyel Faaliyetlerden Kaynaklanan Ağır Metallerin Bitki ve Topraktaki Birikimi. A.Ü. Fen Bilimleri Enst. Çevre Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 121 s.

Tuncay H (1994). Toprak Fiziği Uygulama Kılavuzu. E.Ü. Ziraat fak. Teksir No: 29, İzmir.

Turan H, Horuz A (2012). Bitki Besleme (Ed: M. R. Karaman). Bölüm: 3, Bitki Beslemenin Temel İlkeleri, ISBN 978-605-87103-2-0 Dumat Ofset, Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti., 1080 s, Ankara.

Türkoğlu B (2006). Toprak Kirlenmesi ve Kirlenmiş Toprakların Islahı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Adana.

U.S. Soil Survey Staff (1951). Soil Survey Manuel. U.S. Dept. Agr. Handbook 18 U.S. Govt. Printing Office. Washington D.C. USA.

Vanlı Ö, Yazgan M (2006). Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği. Türkiye 3. Organik Tarım Sempozyumu, Yalova.

Vanlı Ö, 2007. Pb, Cd, B Elementlerinin Topraklardan Şelat Destekli Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi. İTÜ, Fen Bil. Enst. Çevre Müh. ABD, Yüksek Lisans Tezi.

Veli S, Ayberk S, Çeliker BS, Alyüz B (2005). Investigation of Soil Contaminated by Lead, Cadmium, Mercury and Nicel. K.Ü. Journal of Engineering and Natural Science, 1: 141- 145.

Wang XR, Yan XH, Wang Q (2012). Case Study of Demonstration Project of Typical Chrome Contaminated Sites Remediation. Contaminated Sites Remediation, 414: 203-213.

Watanabe ME (1997). Phtoremediation on the Brink of Commercialization. Environmental Science and Technology, 31: 182- 186.

Ward N, Brooks RR Roberts E (1977). Heavy Metal Pollution from Automotive Emissions and Its Effects on Roadside Soil and Pasture Species in New Zealand. Environmental Science and Technology, 11: 917- 921.

Wei B, Yang L (2010). A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. Microchemical Journal 94: 99– 107.

Yağdı K, Kaçar O, Azkan N (2000). Topraklardaki Ağır Metal Kirliliği ve Tarımsal Etkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 15 (2): 109– 115.

- Yang QW, Shu WS, Qiu JW, Wang HB, Lan CY (2004). Lead in paddy soils and rice plants and its potential health risk around Lechang Lead/Zinc Mine, Guangdong, China. *Environment International* 30: 883– 889.
- Xu Qj, Ju YH, Ge GH (2013). Preliminary Research on Chrome Pollution in Farmland Surface Soil Around Gold Mining Area. *Prog. in Environ. Sci. and Engineering*, 610- 613: 1667- 1671.
- Yalçın MG, Battaloğlu R, İlhan S, Tümüklü A, Topuz D (2007). Heavy Metal Contamination along Niğde- Adana Highway, Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 19 (2): 1506- 1518.
- Yan X, Gao D, Zhang F, Zeng C, Xiang W, Zhang M (2013). Relationships Between Heavy Metal Concentrations in Roadside Topsoil and Distance to Road Edge Based on Field Observations in the Qinghai-Tibet Plateau, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 10: 762- 775.
- Yıldız N (2008). Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluğu Belirtileri. Atatürk Üniv. Zir. Fak., Eser Ofset Matbaacılık, 304 sayfa, Erzurum.
- Yıldız N, Bircan H (1991). Araştırma ve Deneme Metodları. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 697, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 305, Erzurum.
- Yıldız T, Dökmeci AH, Adiloğlu S (2012). Tekirdağ İlindeki Yeraltı Sularında Bulunan İz Elementlerinin Tespiti ve İnsan Sağlığı Üzerine Toksik Etkileri. Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projesi, NKUBAP.00.Y1.AR.11.02 Nolu Proje.
- Yılmaz F, Yılmaz YZ, Ergin M, Erkol AY, Müftüoğlu AE, Karakelle B (2003). Heavy Metal Concentrations in Surface Soils of İzmit Gulf Region, Turkey. *J. of Trace and Microprobe Techniques*, 21 (3): 523- 531.
- Yiğit V, Teke İ, Yazar O, Bozkurt E, Ceritoğlu A, Nas C, Saygı G, Firgin Y (1979). Bazı Gıda Maddelerinde Kimyasal Kontaminantlar (Ağır metaller) Üzerine Araştırmalar, TÜBİTAK, MBEAE, Beslenme ve Gıda Tekn. Ünitesi, 37.
- Yoo MS, James BR (2002). Zinc Extractability as a Function of pH in Organic Waste-Amended Soils. *Soil Sci.* 167: 246- 259.
- Zhuang P, McBride MB, Hanping Xia H, Li N, Zhian Li Z (2009). Health Risk from Heavy Metals via Consumption of Food Crops in the Vicinity of Dabaoshan Mine, South China. *Science of the Total Environment* 407: 1551– 1561.
- Zimdahl RL, Koeppe DE (1977). Uptake by Plants in Lead in the Environment, National Science Foundation, Washington D.C.
- <http://www.csb.gov.tr/iller/tekirdag/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=1625> (erişim tarihi: 22.07.2013)

EKLER

EK 1- Potansiyel Toprak Kirletici Faaliyetler ve Faaliyete Özel Kirlilik Gösterge Parametreleri Listesi

NACE Kodu (Rev 2)	Endüstriyel Faaliyet	Faaliyete Özel Kirletici Gösterge Parametreleri
610	Ham petrol çıkarımı	TOX, TPH, BTEX, TVOCs*, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn
620	Doğal gaz çıkarımı	TOX, TPH, BTEX, TVOCs*, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn
710	Demir cevherleri madenciliği	TOX, TPH, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn
729	Diğer demir dışı metal cevherleri madenciliği	TOX, TPH, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn
811	Süsleme ve yapı taşları ile kireç taşı, alçı taşı, tebeşir ve kayağantaşı (arduvaz-kayraktaşı) ocakçılığı	TOX, TPH
812	Çakıl ve kum ocaklarının faaliyetleri; kil ve kaolin çıkarımı	TOX, TPH
910	Petrol ve doğal gaz çıkarımını destekleyici faaliyetler	TOX, TPH, BTEX, TVOCs*, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn
990	Madencilik ve taş ocakçılığını destekleyici diğer faaliyetler	TOX, TPH, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn
1011	Etin işlenmesi ve saklanması	TOX, TPH, As, Cd, Cr
1012	Kümes hayvanları etlerinin işlenmesi ve saklanması	TOX, TPH, As, Cd, Cr
1013	Et ve kümes hayvanları etlerinden üretilen ürünlerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr
1041	Sıvı ve katı yağ imalatı	TOX, TPH, Cu, Yağ-Gres
1042	Margarin ve benzeri yenilebilir katı yağların imalatı	TOX, TPH, Cu, Yağ-Gres
1085	Hazır yemeklerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr
1089	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer gıda maddelerinin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr
1091	Çiftlik hayvanları için hazır yem imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr

1092	Ev hayvanları için hazır gıda imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr
1107	Alkolsüz içeceklerin imalatı; maden sularının ve diğer şişelenmiş suların üretimi	TOX, TPH, Cr, Cu, Pb, Zn
1200	Tütün ürünleri imalatı	TPH, As, Ba, Cd, Hg, Pb, Sb, Zn
1330	Tekstil ürünlerinin bitirilmesi	TOX, TPH, Cd, Cr, Cu, Hg, Sn, Ti, Zn
1411	Deri giyim eşyası imalatı	TPH, Cd, Cr
1412	İş giysisi imalatı	TOX, TPH, As, B, Cr, Cu, Sb, Zn
1413	Diğer dış giyim eşyaları imalatı	TOX, TPH, As, B, Cr, Cu, Sb, Zn
1414	İç giyim eşyası imalatı	TOX, TPH, As, B, Cr, Cu, Sb, Zn
1419	Diğer giyim eşyalarının ve giysi aksesuarlarının imalatı	TOX, TPH, As, B, Cr, Cu, Sb, Zn
1511	Derinin tabaklanması ve işlenmesi; kürkün işlenmesi ve boyanması	TOX, TPH, Cd, Cr, Pb, Yağ-Gres
1520	Ayakkabı, bot, terlik vb. imalatı	TPH, Cd, Cr
1610	Ağaçların biçilmesi ve planyalanması	TOX, TPH, As, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn
1629	Diğer ağaç ürünleri imalatı; mantar, saz, saman ve benzeri örme malzemelerinden yapılmış ürünlerin imalatı	TPH, Cd, Cr
1711	Kağıt hamuru imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn
1712	Kağıt ve mukavva imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn
1723	Kağıt kırtasiye ürünleri imalatı	TOX, TPH, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn
1724	Duvar kağıdı imalatı	TOX
1811	Gazetelerin basımı	TOX, TPH, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn
1812	Diğer matbaacılık	TOX, TPH, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn
1813	Basım ve yayım öncesi hizmetler	TOX, TPH, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn
1814	Ciltçilik ve ilgili hizmetler	TOX, TPH, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn
1910	Kok fırını ürünlerinin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn, Co, Se
1920	Rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, V, Zn
2011	Sanayi gazları imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn
2012	Boya maddeleri ve pigment imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn

2013	Diğer inorganik temel kimyasal maddelerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn,Co,Se
2014	Diğer organik temel kimyasalların imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn
2015	Kimyasal gübre ve azot bileşiklerinin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn
2016	Birincil formda plastik hammaddelerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn
2017	Birincil formda sentetik kauçuk imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, V, Zn
2020	Haşere ilaçları ve diğer zirai-kimyasal ürünlerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn - TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V, Zn
2030	Boya, vernik ve benzeri kaplayıcı maddeler ile matbaa mürekkebi ve macun imalatı	TOX, TPH, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Ti, Zn
2041	Sabun ve deterjan ile temizlik ve parlaticı maddeler imalatı	TOX, TPH, As, Ba, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2042	Parfümlerin, kozmetiklerin ve kişisel bakım ürünlerinin imalatı	TOX, TPH, As, Ba, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2051	Patlayıcı madde imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V, Zn
2052	Tutkal imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V, Zn
2053	Uçucu yağların imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V, Zn
2059	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer kimyasal ürünlerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V, Zn
2110	Temel eczacılık ürünleri imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn
2120	Eczacılığa ilişkin ilaçların imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, V, Zn
2211	İç ve dış lastik imalatı; lastiğe sırt geçirilmesi ve yeniden işlenmesi	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn
2219	Diğer kauçuk ürünleri imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn
2221	Plastik tabaka, levha, tüp ve profil imalatı	TOX, TPH, Cd, Hg, Pb, Zn
2222	Plastik torba, çanta, poşet, çuval, kutu, damacana, şişe,	TOX, TPH, Cd, Hg, Pb, Zn

	makara vb. paketlenme malzemelerinin imalatı	
2223	Plastik inşaat malzemesi imalatı	TOX, TPH, Cd, Hg, Pb, Zn
2229	Diğer plastik ürünlerin imalatı	TOX, TPH, Cd, Hg, Pb, Zn, Cr
2311	Düz cam imalatı	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, Tl, Zn, pH
2312	Düz camın şekillendirilmesi ve işlenmesi	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, Tl, Zn, pH
2313	Çukur cam imalatı	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, Tl, Zn, pH
2314	Cam elyafi imalatı	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, Tl, Zn, pH
2319	Diğer camların imalatı ve işlenmesi (teknik amaçlı cam eşyalar dahil)	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, Tl, Zn, pH
2331	Seramik karo ve kaldırım taşları imalatı	Cr
2332	Fırınlanmış kilden tuğla, karo ve inşaat malzemeleri imalatı	TOX, TPH, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2341	Seramik ev ve süs eşyaları imalatı	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, Tl, Zn, pH
2344	Diğer teknik seramik ürünlerin imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2351	Çimento imalatı	TOX, TPH, As, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, V, Zn
2362	İnşaat amaçlı alçı ürünlerin imalatı	TOX, TPH, As, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, V, Zn
2365	Lif ve çimento karışımli ürünlerin imalatı	TOX, TPH, As, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, V, Zn
2370	Taş ve mermerin kesilmesi, şekil verilmesi ve bitirilmesi	TOX, TPH, As, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, V, Zn
2391	Aşındırıcı ürünlerin imalatı	TPH
2399	Başka yerde sınıflandırılmamış metalik olmayan diğer mineral ürünlerin imalatı	TPH
2410	Ana demir ve çelik ürünleri ile ferro alaşımların imalatı	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2420	Çelikten tüpler, borular, içi boş profiller ve benzeri bağlantı parçalarının imalatı	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn

2431	Barların soğuk çekilmesi	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2432	Dar şeritlerin soğuk haddelenmesi	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2433	Soğuk şekillendirme veya katlama	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2434	Tellerin soğuk çekilmesi	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2441	Değerli metal üretimi	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2442	Alüminyum üretimi	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2443	Kurşun, çinko ve kalay üretimi	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2444	Bakır üretimi	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2445	Demir dışı diğer metallerin üretimi	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2446	Nükleer yakıtların işlenmesi	TOX, TPH, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, V, Zn
2451	Demir döküm	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2452	Çelik dökümü	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2453	Hafif metallerin dökümü	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2454	Diğer demir dışı metallerin dökümü	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn
2511	Metal yapı ve yapı parçaları imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2512	Metalden kapı ve pencere imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2521	Merkezi ısıtma radyatörleri (elektrikli radyatörler hariç) ve sıcak su kazanları (boylerleri) imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2529	Metalden diğer tank, rezervuar ve konteynerler imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2530	Buhar jeneratörü imalatı, merkezi ısıtma sıcak su	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

	kazanları (boylerleri) hariç	
2540	Silah ve mühimmat (cephane) imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2550	Metallerin dövülmesi, preslenmesi, baskılanması ve yuvarlanması; toz metalürjisi	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2561	Metallerin işlenmesi ve kaplanması	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2562	Metallerin makinede işlenmesi ve şekil verilmesi	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2571	Çatal-bıçak takımları ve diğer kesici aletlerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2572	Kilit ve menteşe imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2573	El aletleri, takım tezgahı uçları, testere ağızları vb. imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2591	Çelik varil ve benzer muhafazaların imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2592	Metalden hafif paketleme malzemeleri imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2593	Tel ürünleri, zincir ve yayların imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2594	Bağlantı malzemelerinin ve vida makinesi ürünlerinin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2599	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer fabrikasyon metal ürünlerin imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, As, Cr
2611	Elektronik bileşenlerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V, Zn, Ag, Be
2612	Yüklü elektronik kart imalatı	TPH
2620	Bilgisayar ve bilgisayar çevre birimleri imalatı	TPH
2630	İletişim ekipmanlarının imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2640	Tüketici elektroniği ürünlerinin imalatı	TPH
2651	Ölçme, test ve seyrüsefer amaçlı alet ve cihazların imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2651	Ölçme, test ve seyrüsefer amaçlı alet ve cihazların imalatı	TPH

	imalatı	
2652	Kol saatlerinin, masa ve duvar saatlerinin ve benzerlerinin imalatı	TPH
2660	Işınlama, elektro medikal ve elektro terapi ile ilgili cihazların imalatı	TPH
2670	Optik aletlerin ve fotografik ekipmanlarının imalatı	TPH
2680	Manyetik ve optik kaset, bant, CD, vb. ortamların imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V, Zn
2711	Elektrik motorlarının, jeneratörlerin ve transformatörlerin imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2712	Elektrik dağıtım ve kontrol cihazları imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2720	Akümülatör ve pil imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2731	Fiber optik kabloların imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2732	Diğer elektronik ve elektrik telleri ve kablolarının imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2733	Kablolamada kullanılan gereçlerin imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2740	Elektrikli aydınlatma ekipmanlarının imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2751	Elektrikli ev aletlerinin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2752	Elektriksiz ev aletlerinin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2790	Diğer elektrikli ekipmanların imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2790	Diğer elektrikli ekipmanların imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2811	Motor ve türbin imalatı (hava taşıtı, motorlu taşıt ve motosiklet motorları hariç)	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2812	Akışkan gücü ile çalışan ekipmanların imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2813	Diğer pompaların ve kompresörlerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2814	Diğer musluk ve valf/vana imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2815	Rulman, dişli/dişli takımı, şanzıman ve tahrik	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

	elemanlarının imalatı	
2821	Fırın, ocak (sanayi ocakları) ve brülör (ocak ateşleyicileri) imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2822	Kaldırma ve taşıma ekipmanları imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn
2823	Büro makineleri ve ekipmanları imalatı (bilgisayarlar ve çevre birimleri hariç)	TOX, TPH, As, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2824	Motorlu veya pnömatik (hava basınçlı) el aletlerinin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2825	Soğutma ve havalandırma donanımlarının imalatı, evde kullanılanlar hariç	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2829	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer genel amaçlı makinelerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2830	Tarım ve ormancılık makinelerinin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2841	Metal işleme makinelerinin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2849	Diğer takım tezgahlarının imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, As, Cr
2891	Metalürji makineleri imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2892	Maden, taş ocağı ve inşaat makineleri imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2893	Gıda, içecek ve tütün işleme makineleri imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2894	Tekstil, giyim eşyası ve deri üretiminde kullanılan makinelerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2895	Kağıt ve mukavva üretiminde kullanılan makinelerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2896	Plastik ve kauçuk makinelerinin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2899	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer özel amaçlı makinelerin imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, As, Sn
2910	Motorlu kara taşıtlarının imalatı	TPH, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
2920	Motorlu kara taşıtları karoseri	TPH, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

	(kaporta) imalatı; treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı	
2931	Motorlu kara taşıtları için elektrik ve elektronik donanımların imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
2932	Motorlu kara taşıtları için diğer parça ve aksesuarların imalatı	TOX, TPH, As, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Cd
3011	Gemilerin ve yüzen yapıların inşası	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn
3012	Eğlence ve spor amaçlı teknelerin yapımı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn
3020	Demir yolu lokomotifleri ve vagonlarının imalatı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, As, Sn
3030	Hava taşıtları ve uzay araçları ile bunlarla ilgili makinelerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn
3040	Askeri savaş araçlarının imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
3091	Motosiklet imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn
3092	Bisiklet ve engelli aracı imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn
3099	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer ulaşım ekipmanlarının imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn
3101	Büro ve mağaza mobilyaları imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn
3102	Mutfak mobilyalarının imalatı	TOX, TPH, As, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
3103	Yatak imalatı	TOX, TPH, As, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
3109	Diğer mobilyaların imalatı	TOX, TPH, As, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
3212	Mücevher ve benzeri eşyaların imalatı	TPH
3213	İmitasyon (taklit) takılar ve ilgili eşyaların imalatı	TPH
3250	Tıbbi ve dişçilik ile ilgili araç ve gereçlerin imalatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn - TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V, Zn
3299	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer imalatlar	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, B, Sb
3311	Fabrikasyon metal ürünlerin	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn

	onarımı	
3312	Makinelerin onarımı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
3313	Elektronik veya optikekipmanların onarımı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
3314	Elektrikli ekipmanların onarımı	TOX, TPH, Ag, Be, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn
3315	Gemilerin ve teknelerin bakım ve onarımı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn
3316	Hava ve uzay araçlarının bakım ve onarımı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn
3317	Diğer ulaşım ekipmanlarının bakım ve onarımı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Zn
3319	Diğer ekipmanların onarımı	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, Tl, Zn, pH
3320	Sanayi makine ve ekipmanlarının kurulumu	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, Tl, Zn, Be, pH
3511	Elektrik enerjisi üretimi	TOX, TPH, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, Se, Zn
3512	Elektrik enerjisinin iletimi	TOX, TPH, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, Se, Zn
3513	Elektrik enerjisinin dağıtımı	TOX, TPH, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, Se, Zn
3514	Elektrik enerjisinin ticareti	TOX, TPH, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, Se, Zn
3700	Kanalizasyon	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Zn
3811	Tehlikesiz atıkların toplanması	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Zn
3812	Tehlikeli atıkların toplanması	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Zn, Co
3821	Tehlikesiz atıkların ıslahı ve bertaraf edilmesi	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Zn, V
3822	Tehlikeli atıkların ıslahı ve bertaraf edilmesi	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Zn, Co, V
3831	Hurdaların parçalara ayrılması	Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
3832	Tasnif edilmiş materyallerin geri kazanımı	Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
3900	İyileştirme faaliyetleri ve diğer atık yönetimi hizmetleri	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Zn
4120	İkamet amaçlı olan veya ikamet amaçlı olmayan	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

	binaların inşaatı	
4329	İyileştirme faaliyetleri ve diğer atık yönetimi hizmetleri	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
4332	Doğrama tesisatı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
4520	Motorlu kara taşıtlarının bakım ve onarımı	TOX, TPH, BTEX, TVOCs*, Ba, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn,
4671	Katı, sıvı ve gazlı yakıtlar ile bunlarla ilgili ürünlerin toptan ticareti	TOX, TPH, BTEX, TVOCs*, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, V, Zn
4672	Metallerin ve metal cevherlerinin toptan ticareti	Cd, Cu, Cr, Hg, Pb, Zn
4675	Kimyasal ürünlerin toptan ticareti	TOX, TPH
4676	Diğer ara ürünlerin toptan ticareti	TOX, TPH
4677	Atık ve hurda toptan ticareti	TPH
4730	Belirli bir mala tahsis edilmiş mağazalarda otomotiv yakıtının perakende ticareti	TOX, TPH, BTEX, TVOCs*, Ba, Cu, Cd, Pb, Ni, Zn
4910	Demir yolu ile şehirler arası yolcu taşımacılığı	TPH, BTEX, TVOCs*
4920	Demir yolu ile yük taşımacılığı	TPH, BTEX, TVOCs*
4931	Kara taşımacılığı ile yapılan şehir içi ve banliyö yolcu taşımacılığı	TPH, BTEX, TVOCs*
4932	Taksi taşımacılığı	TPH, BTEX, TVOCs*
4939	Başka yerde sınıflandırılmamış kara taşımacılığı ile yapılan diğer yolcu taşımacılığı	TPH, BTEX, TVOCs*
4941	Kara yolu ile yük taşımacılığı	TPH, BTEX, TVOCs*
4942	Ev ve iş yerlerine verilen taşımacılık hizmetleri	TPH, BTEX, TVOCs*
4950	Boru hattı taşımacılığı	TPH, BTEX, TVOCs*
5110	Hava yolu ile yolcu taşımacılığı	TOX, TPH, As, Cd, Hg, Pb
5121	Hava yolu ile yük taşımacılığı	TOX, TPH, As, Cd, Hg, Pb
5122	Uzay taşımacılığı	TOX, TPH, As, Cd, Hg, Pb
5221	Kara taşımacılığını destekleyici hizmet faaliyetleri	TOX, TPH, BTEX, TVOCs*, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn, Hg
5222	Su yolu taşımacılığını	TOX, TPH, BTEX, TVOCs*, As, Ba, Cd, Co, Cr,

	destekleyici hizmet faaliyetleri	Cu, Ni, Pb, V, Zn
5223	Hava yolu taşımacılığını destekleyici hizmet faaliyetleri	TOX, TPH, As, Cd, Hg, Pb
5510	Oteller ve benzeri konaklama yerleri	TOX
5819	Diğer yayıncılık faaliyetleri	TOX, TPH, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn
6209	Diğer bilgi teknolojisi ve bilgisayar hizmet faaliyetleri	TPH
7420	Fotoğrafçılık faaliyetleri	TOX, TPH, Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn
7500	Veterinerlik hizmetleri	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Bi, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Pt, Sb, Se, Sn, Zn
8129	Diğer temizlik faaliyetleri	TOX, TPH, Ag, As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Zn
8422	Savunma faaliyetleri	TOX, TPH, As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
8610	Hastane hizmetleri	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Bi, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Pt, Sb, Se, Sn, Zn
8621	Genel hekimlik uygulama faaliyetleri	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Bi, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Pt, Sb, Se, Sn, Zn
8622	Uzman hekimlik ile ilgili uygulama faaliyetleri	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Bi, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Pt, Sb, Se, Sn, Zn
8623	Dişçilik ile ilgili uygulama faaliyetleri	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Bi, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Pt, Sb, Se, Sn, Zn
8690	İnsan sağlığı ile ilgili diğer hizmetler	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Bi, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Pt, Sb, Se, Sn, Zn
8710	Hemşireli yatılı bakım faaliyetleri	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Bi, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Pt, Sb, Se, Sn, Zn
8720	Zihinsel engellilik, ruh sağlığı ve madde bağımlılığına yönelik yatılı bakım faaliyetleri	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Bi, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Pt, Sb, Se, Sn, Zn
8730	Yaşlılara ve bedensel engellilere yönelik yatılı bakım faaliyetleri	TOX, TPH, Ag, As, Ba, Bi, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Pt, Sb, Se, Sn, Zn
9512	İletişim araç ve gereçlerinin onarımı	TPH
9522	Evde kullanılan cihazlar ile ev ve bahçe gereçlerinin onarımı	TOX, TPH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
9524	Mobilyaların ve ev döşemelerinin onarımı	TOX, TPH, As, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
9601	Tekstil ve kürk ürünlerinin yıkanması ve (kuru) temizlenmesi	TOX, TPH, Cd, Cu, Cr, Hg, Pb, Zn

EK 2- Çevre ile ilgili Mevzuat (Anonim 2006) T.C. AB ENTEGRE ÇEVRE UYUM STRATEJİSİ (UÇES) (2007 - 2023) Çevre ve Orman Bakanlığı.

A. Kanunlar

- ❖ Çevre ile ilgili kanun ve yönetmelikler gözden geçirilerek AB çevre müktesebatı ile kademeli olarak uyumlaştırılması sağlanacaktır.
- ❖ 1982 Anayasası:
- ❖ 2872 Sayılı Çevre Kanunu (11.8.1983 tarih ve 18132 say. RG).
- ❖ 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığının Teskilat ve Görevleri Hakkında Kanun, (9.8.1991 kabul 21.8.1991 tarih ve 20967 say. RG).
- ❖ 5216 Sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu (23.07.2005 RG 25531):
- ❖ 5393 Sayılı Belediye Kanunu (24.12.2004 RG 25680):
- ❖ 2464 Sayılı Belediye Gelirleri Kanunu
- ❖ 3194 Sayılı İmar Kanunu (1985):
- ❖ 180 Sayılı Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Teskilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname (1983)
- ❖ 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu (6.5.1930/1489 say. RG),
- ❖ 3017 Sayılı Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun (1936),
- ❖ 3348 Sayılı Ulaştırma Bakanlığının Teskilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun,
- ❖ 3143 Sayılı Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Teşkilat Görevleri Hakkındaki Kanun,
- ❖ 491 Sayılı Denizcilik Müsteşarlığı Kuruluş ve Görevleri Hakkındaki Kanun Hükmünde Kararname,
- ❖ 2399 Sayılı Zehirli Gazlar ve Bu Gazların Ülke İçinde Üretilmesi ve İthal Edilmesinin Yasaklayan Kanun
- ❖ Vergi ve Finans Kanunları ile Vergi İndirimi ve Tasıt Araçları Vergileri Kanunu
- ❖ Limanlar Kanunu
- ❖ 5442 Sayılı İl İdare Kanunu,
- ❖ Türk Ceza Kanunu

- ❖ Türk Medeni Kanunu
- ❖ 4708 sayılı Yapı Denetimi Hakkında Kanun
- ❖ Karayolları Trafik Kanunu
- ❖ Mera Kanunu
- ❖ 1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu (22.03.1971, 13799)
- ❖ 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu
- ❖ 4915 sayılı Kara Avcılığı Kanunu
- ❖ 6831 sayılı Orman Kanunu
- ❖ 5312 Deniz Çevresinin Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmesinde Acil Durumlarda Müdahale ve Tazminine İlişkin Kanun (11.03.2005 tarih ve 25752 sayılı Resmi Gazete)
- ❖ 4077 Sayılı Tüketiciyi Koruma Kanunu, 2003 (revizyon)
- ❖ Biyolojik Güvenliğe İlişkin Kartegena Protokolü'nü Onaylayan Kanun, 2003
- ❖ Mahalli İdare Birlikleri Kanunu
- ❖ Organize Sanayi Bölgeleri Hakkında Kanun
- ❖ Bazı Yatırım ve Hizmetlerin Yapı İşlet-Devret Modeli Çerçevesinde Yapıtırılması Hakkında Kanun
- ❖ 6200 sayılı Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanun (1953)
- ❖ 167 Sayılı Yeraltı Suları Hakkında Kanun (1960)
- ❖ YAS Kanunu
- ❖ 181 sayılı Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname
- ❖ 5302 sayılı İl Özel İdaresi Kanunu
- ❖ 5326 sayı ve 30.03.2005 tarih Kabahatler Kanunu
- ❖ 24.06.2004 tarih ve Sayılı Hayvanları Koruma Kanunu
- ❖ 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu

- ❖ 09.19.2003 tarih ve 4982 sayılı Bilgi Edinme Hakkı Kanunu

B. Uluslararası Anlaşmalar ve Sözleşmeler

- ❖ Tehlikeli Atıkların Sınırlar Ötesi Taşınımın ve Bertarafının Kontrolüne İlişkin Sözleşme- Basel Sözleşmesi (15/05/1994 – 21933 R.G.)
- ❖ Akdeniz’de Tehlikeli Atıkların Sınır Ötesi Hareketlerinden ve Bertaraf Edilmesinden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi (İzmir) protokolü (06.03.2003)
- ❖ Atmosferde uzayda ve su altında nükleer silah denemelerini yasaklayan sözleşme Moskova 1963 (Türkiye 13.5.1965 R.G.)
- ❖ Uluslararası Enerji Programı Antlaşması Paris 1974 (Türkiye 4.5.1981 R.G.)
- ❖ Uluslararası Sınır ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi Cenevre 1979 (Türkiye 23.3.1983 R.G) Bu konuda başlatılan işbirliği programı (EMEP)’ için ek protokol Cenevre 1984 (Türkiye 23.7.1985 R.G.)
- ❖ Ozon Tabakasının Korunması Hakkındaki 1985 Viyana Sözleşmesi (Türkiye 22.9.1988 R.G.)
- ❖ Ozon Tabakasını Tüketen Maddelere İlişkin Montreal Protokolü (1987) (Türkiye 20.6.1990 R:G)
- ❖ İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
- ❖ Ramsar Sözleşmesi
- ❖ Uluslararası Denizcilik Örgütü Kurucu Sözleşmesi-MO Konvansiyonu 1948 (16.07.1956)
- ❖ IMO Konvansiyonu 1993 Değişiklikleri (01.02.2001)
- ❖ Denizde Can Güvenliği Uluslararası Sözleşmesi-SOLAS’1974 (25.05.1980)
- ❖ Yükleme Hatları Uluslararası Sözleşmesi-LL’1966 (28.06.1968)
- ❖ Gemilerin Ölçümü Uluslararası Sözleşmesi-Tonnage’1969 (15.11.1979)
- ❖ Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü-COLREG’1972 (18.11.1984)
- ❖ Gemi Adamları Eğitimi, Sertifikalandırılması ve Vardiya Tutma Esasları Uluslararası Sözleşmesi- STCW’1978 (29.09.2003)

- ❖ Denizde Arama ve Kurtarma Uluslararası Sözleşmesi-SAR'1979 (24.03.1986)
- ❖ Uydular Aracılığı ile Deniz Haberleşmesi Örgütü Uluslararası Sözleşmesi-INMARSAT'1976, 1994, 1998 (04.11.1999)
- ❖ INMARSAT Operasyonel Değişiklikler-OA'1976 (04.11.1999)
- ❖ Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesi Hakkında Uluslararası Sözleşmesi (MARPOL'73/78 ve EKLERİ: EK I, EK II), EK I-Petrol ile Deniz Kirlenmesinin Önlenmesi Kuralları, EK II-Dökme Zehirli Sıvı Maddelerle Deniz Kirlenmesinin Kontrolü, EK V Gemilerden Atılan Çöplerle Denizlerin Kirlenmesinin Önlenmesi Kuralları, 24.06.1990)
- ❖ Kanunsuz Hareketlere Karşı Deniz Seyrüseferinin Güvenliği Sözleşmesi ve Kıta Sahaneliğinde Bulunan Sabit Platformların Güvenliğine Karşı Yasadışı Eylemlerin Önlenmesine Dair Protokol - SUA'1988 (09.10.1990)
- ❖ 1976 yılında kabul edilen Barcelona Sözleşmesi (Türkiye tarafından 22 Ağustos 2002 tarihinde onaylandı) ve bu sözleşmenin eki protokoller
- ❖ Karadeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunmasına Dair Bükreş Sözleşmesi (6 Mart 1994) ve bu sözleşmenin eki protokoller.
- ❖ Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İşbirliğine Dair Uluslararası Sözleşmesi (OPRC'1990, 18.09.2003)
- ❖ Petrol Kirliliği Zararlarından Dogan Sivil Sorumluluklar Hakkında Uluslararası Sözleşme (CLC'1992, 27.07.2001 tarih ve 24472 sayılı Resmi Gazete)
- ❖ Petrol Kirliliği Zararının Tazmini için Bir Uluslararası Fon Kurulması ile ilgili Uluslararası Sözleşme (FUND'1992, 18.07.2001 tarih ve 24466 sayılı Resmi Gazete)
- ❖ Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi
- ❖ Bütün bunların yanı sıra Türkiye'nin çeşitli ülkelerle ikili düzeyde karşılıklı yardım ve işbirliği antlaşmaları vardır.
- ❖ Paris Sözleşmesi (Kusların Himayesine Dair Sözleşme)
- ❖ Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi ve Sözleşme Eki Cartagena Biyogüvenlik Protokolü
- ❖ Ramsar Sözleşmesi (Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme, 17.05.1994 tarih ve 21937 sayılı Resmi Gazete)

- ❖ Bern Sözleşmesi (Avrupa Yaban Hayatının Korunması Sözleşmesi, 20.02.1984 tarih ve 18318 sayılı Resmi Gazete)
- ❖ CITES Sözleşmesi (Nesli Tehlike Altında Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme, 20.06.1996 tarih ve 22672 sayılı Resmi Gazete)
- ❖ Deneysel ve Diğer Bilimsel Amaçlarla Kullanılan Omurgalıların Korunmasına Dair Avrupa Sözleşmesi
- ❖ Avrupa Peyzaj Sözleşmesi (27.03.2001 tarih ve 716 sayılı Resmi Gazete)

C. Yönetmelikler

- ❖ Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Yönetmeliği (30.07.2004 - 25538 R.G.)
- ❖ Araç Muayene İstasyonları Açılması, İşletilmesi ve Araç Muayenesi Hakkındaki Yönetmelik,
- ❖ Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği (31.08.2004 – 25569 R.G.)
- ❖ Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği (21.01.2004 – 25353 R.G.)
- ❖ Av ve Yaban Hayvanları ile Bunlardan Elde Edilen Ürünlerin Bulundurulması, Üretimi ve Ticareti Hakkında Yönetmelik (16.06.2005 tarih ve 25847 sayılı R.G.)
- ❖ Av, Yaban Hayvanı ve Üretim Yeri ve İstasyonları ile Kurtarma Merkezleri Hakkında Yönetmelik (30.11.2004 tarih ve 25656 sayılı R.G.)
- ❖ Avcı Eğitimi ve Avcılık Belgesi Verilmesi Esas ve Usulleri Hakkında Yönetmelik (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı R.G.)
- ❖ Avlakların Kuruluşu, Yönetimi ve Denetimi Esas ve Usulleri ile ilgili Yönetmelik (16.05.2004 tarih ve 25464 sayılı R.G.)
- ❖ Fahri Av Müfettişlerinin Seçimi, Eğitimi, Görev ve Yetkileri ile Çalışma Esas ve Usullerine Dair Yönetmelik (3 Temmuz 2004 ve 25511 sayılı R.G.)
- ❖ Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği
- ❖ Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği
- ❖ Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği (19.04.2005 – 25791 R.G.)
- ❖ CITES Ulusal Uygulama Yönetmeliği

- ❖ Çevre Denetimi Yönetmeliği (5 Ocak 2002, 24631 mükerrer R.G.)
- ❖ Çevre Sağlığı Denetimi ve Denetçileri Hakkında Yönetmeliği (13.9.2002-24875 R.G.)
- ❖ Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (16.12.2003 – 25318 R.G.)
- ❖ Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği: (2002/49/EC)
- ❖ Deneysel ve Diğer Bilimsel Amaçlar İçin Kullanılan Deneysel Hayvanlarının Korunması, Deneysel Hayvanlarının Üretim Yerleri ile Deneysel Yapacak Olan Laboratuvarların Kuruluş Çalışma Denetleme Usul ve Esasları Yönetmeliği (2005)
- ❖ Hayvan Deneyleri Etik Kurulu Çalışma Usul ve Esaslarına Dair Yönetmelik (06.07.2006 tarih ve 26220 sayılı R.G.)
- ❖ Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
- ❖ Gemi ve Deniz Araçlarına Verilecek Cezalarda Suçun Tespiti Ve Cezanın Kesilmesi Usulleri ile Kullanılacak Makbuzlara Dair Yönetmelik, 1987
- ❖ Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (26.12.2004 – 25682 R.G.)
- ❖ Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (18.03.2004 – 25406 R.G.)
- ❖ Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği: 1986
- ❖ Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
- ❖ Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği: 3 Kasım 1977
- ❖ İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik (20 Kasım 2005 tarih ve 25999 sayılı R.G.)
- ❖ İki veya Üç tekerlekli Motorlu Araçların Bazı Aksam ve Özellikleri ile İlgili Tip Onay Yönetmeliği (97/24/AT) ,
- ❖ İmar Planı Yapılması ve Değişikliklerine Ait Esaslara Dair Yönetmelik,
- ❖ İnsani Tüketim Amaçlı Suyun Kalitesi Hakkında Yönetmelik (17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı R.G.)
- ❖ İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik (10.08.2005 tarih ve 25902 sayılı R.G.)

- ❖ İyi Laboratuvar Uygulamaları Prensipleri ve Test Laboratuvarının Belgelendirilmesine Dair Yönetmelik, 2002
- ❖ İyi Laboratuvar Uygulamalarının Denetlenmesi ve Çalışmaların Kontrolüne Dair Yönetmelik, (25.06.2002 – 24796 RG)
- ❖ Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (14.03.1991 - 20814 R.G.)
- ❖ Merkez Av Komisyonu, İl ve İlçe Av Komisyonlarının Görevleri, Çalışma Esas ve Usullerine Dair Yönetmelik
- ❖ Mevcut Binalarda Isı Yalıtımı ile Yakıt Tasarrufu Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılmasına Dair Yönetmelik: 18 Kasım 1984
- ❖ Motorlu Araçların Dış Gürültü Emisyonları ve Egzoz Sistemleri İle İlgili Tıp Onayı Yönetmeliği 870/157)
- ❖ Motorlu Tasıtlarda Yakıt Tüketimi ve Karbon Monoksit Emisyonu Tıp Onay Yönetmeliği,
- ❖ Organize Sanayi Bölgeleri Yönetmeliği (28.06.1997 – 23033 R.G.)
- ❖ Piyasa Gözetimi ve Denetimi Yönetmeliği, (11.01.2002 – 24643 R.G.)
- ❖ Su Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı R.G.)
- ❖ Su Ürünleri Yönetmeliği (10.03.1995 tarih ve 22223 sayılı R.G.)
- ❖ Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği
- ❖ Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğini Karsı Suların Korunması Yönetmeliği (18.02.2004 tarih ve 25337 sayılı R.G.)
- ❖ Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (14.03.2005 - 25755 R.G.)
- ❖ Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği, (11.07.1993 - 21634 R.G.)
- ❖ Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (26.11.2005 tarih ve 26005 sayılı R.G.)
- ❖ Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (22.07.2005 - 25883 R.G.)
- ❖ Titreşim Yönetmeliği,
- ❖ Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (31.05.2005 tarih ve 25831 sayılı R.G.)

- ❖ Trafikte Seyreden Motorlu Kara Taşıtlarından Kaynaklanan Egzoz Gazı Emisyonlarının Kontrolüne Dair Yönetmelik
- ❖ Yaban Hayatı Koruma ve Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları ile ilgili Yönetmelik (08.11.2004 tarih ve 25637 sayılı R.G.)
- ❖ Yaban Hayvanlarının ve Yasam Alanlarının Korunması Yaban Hayvanlarının Zararlıları ile Mücadele Esas ve Usulleri Hakkında Yönetmelik (24.10.2005 tarih ve 25976 sayılı R.G.)
- ❖ Yerli ve Yabancı Avcıların Av Turizmi Kapsamında Avlanmalarına İlişkin Esas ve Usuller Hakkında Yönetmelik (08.01.2005 tarih ve 25694 sayılı R.G.)
- ❖ Zirai Mücadelede Kullanılan Pestisit ve Benzeri Maddelerin Ruhsatlandırma Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik (17.02.1999 – 23614 R.G.)
- ❖ Kentsel Atık Suyun Arıtımı Yönetmeliği (08.01.2006 - 26057 R.G.)
- ❖ Fahri Av Müfettişlerinin Seçimi, Eğitimi, Görev ve Yetkileri ile Çalışma ve Usullerine Dair Yönetmelik (03.07.2004 25511 R.G.)
- ❖ Bitki Genetik Çesitliliğinin Toplanması, Muhafazası ve Kullanılması Hakkında Yönetmelik (1992- 21316 R.G.)
- ❖ Doğal Çiçek Soğanlarının Sökümü, Üretimi ve Dış Satımına İlişkin Yönetmelik (1995-22371 R.G.)
- ❖ Milli Parklar Uygulama Yönetmeliği (1986 tarih ve 19309 sayılı R.G.)
- ❖ 2004/7189 sayılı Bilgi Edinme Hakkı Kanununun Uygulanmasına İlişkin Esas ve Usuller Hakkında Yönetmelik

ÖZGEÇMİŞ

Karadenizin en güzide illerinden biri olan Trabzon ilinde doğmuştur. İlkokulu, Ortaokulu ve lise eğitimini İstanbul'da tamamlamıştır. Lisans ve Yüksek Lisans eğitimini Trakya Ünivesritesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nde sırasıyla 1999 ve 2004 yıllarında bitirmiştir. Çalışma yaşamına 2000 yılında Trakya Ünivesritesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nde başlamıştır. Üniversitelerin ayrılması nedeniyle 2007 yılında Namık Kemal Üniversitesi Hayrabolu Meslek Yüksekokulu Seracılık Programı'nda Uzman kadrosunda görevine devam etmiştir. İhtiyaca binaen 2008 yılında Namık Kemal Üniversitesi Muratlı Meslek Yüksekokul'u Kimya Programı'nda görevlendirilmiştir. 2009 yılında Namık Kemal Üniversitesi Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı Koordinatörlüğü'nde kurum koordinatör yardımcısı olarak görevlendirilerek üniversitemizin Avrupa Birliği'nde tanınırlığını sağlanması, üniversite akademisyenlerine AB projeleri hakkında proje fon kaynaklarından daha fazla destek alabilmek üzere, proje sunma potansiyeli olan araştırmacıların bilgilendirilmesi, eğitilmesi, yönlendirilmesi ve koordine edilmesi amacıyla hizmet vermiştir. 2012 yılında yeni yapılanma ile AB 7. Çerçeve Programı Koordinatörlüğü Proje Ofisi Koordinatörlüğü'ne dönüştürülmüştür. Proje Ofisi kurum koordinatör yardımcısı olarak ulusal (TÜBİTAK, San-Tez, Trakya Kalkınma Ajansı, KOSGEB, DPT, TUBA vb.) proje fon kaynaklarından daha fazla destek alınarak Namık Kemal Üniversitesi'nin proje kapasitesinin artması için araştırmacıların bilgilendirilmesi, eğitilmesi, yönlendirilmesi ve koordine edilmesi amacıyla hizmet vermektedir. Evli ve biri kız biri erkek iki çocuğa sahiptir. Alanında birçok uluslararası ve ulusal bilimsel makale ile uluslararası ve ulusal bildirisi bulunmaktadır.

İletişim Bilgileri

e- posta: sadiloglu@hotmail.com sadiloglu@nku.edu.tr