

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAKARYA BÖLGESİNDEKİ TOPRAKLARDAKİ  
İNORGANİK KİRLİTİCİLERİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çevre Müh. Gülsün OK**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. İŞLEYEN**

**Mayıs 2008**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAKARYA BÖLGESİNDEKİ TOPRAKLARDAKİ  
İNORGANİK KİRLİTİCİLERİN ARAŞTIRILMASI

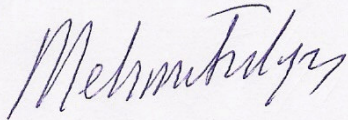
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Gülsün OK

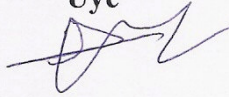
Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 23/ 05/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

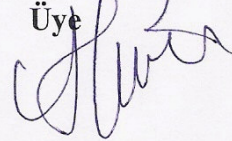
Yrd.Doç.Dr.  
Mehmet İSLEYEN  
Jüri Başkanı



Prof.Dr.  
Saim ÖZDEMİR  
Üye



Yrd.Doç.Dr.  
Abdul ÖZDEMİR  
Üye



## **TEŐEKKÖR**

Bu çalışmanın konusunun belirlenmesinden, araştırmanın sonuçlandırılmasına kadar her aşamada yardımını esirgemeyen ve fikirleri ile yönlendiren Değerli Hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet İŞLEYEN'e teőekkÖr ederim.

Maddi ve manevi yardımlarını bugÖne kadar esirgemeyen ve her zaman yanımda olan aileme teőekkÖr ederim.

GÖlsÖn OK

Bu alışma Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

## İÇİNDEKİLER

|   |      |
|---|------|
| TEŞEKKÜR.....                               | ii   |
| İÇİNDEKİLER .....                           | iii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....        | v    |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                      | vi   |
| TABLolar LİSTESİ.....                       | vii  |
| ÖZET.....                                   | viii |
| SUMMARY.....                                | ix   |
| <br>  |      |
| BÖLÜM 1.                                    |      |
| GİRİŞ.....                                  | 1    |
| <br>  |      |
| BÖLÜM 2.                                    |      |
| LİTERATÜR ÖZETİ.....                        | 2    |
| <br>  |      |
| BÖLÜM 3.                                    |      |
| MATERYAL VE METOT.....                      | 8    |
| 3.1. Numunelerin Toplanması.....            | 8    |
| 3.2. Numunelerdeki Ağır Metal Analizi.....  | 11   |
| <br>  |      |
| BÖLÜM 4.                                    |      |
| SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....                   | 12   |
| 4.1. Analiz Sonuçları.....                  | 12   |
| 4.2. Toprakların Ağır Metal İçerikleri..... | 14   |
| 4.2.1. As analiz sonuçları.....             | 14   |
| 4.2.2. Cd analiz sonuçları.....             | 16   |
| 4.2.3. Cr analiz sonuçları.....             | 18   |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 4.2.4. Ni analiz sonuçları..... | 20 |
| 4.2.5. Cu analiz sonuçları..... | 22 |
| 4.2.6. Pb analiz sonuçları..... | 24 |
| 4.2.7. Zn analiz sonuçları..... | 26 |
| 4.3. Öneriler                   | 32 |
| KAYNAKLAR.....                  | 34 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                   | 38 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

|      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| Fe   | : Demir                           |
| Co   | : Kobalt                          |
| Mn   | : Mangan                          |
| Hg   | : Civa                            |
| Cd   | : Kadmiyum                        |
| Cu   | : Bakır                           |
| Zn   | : Çinko                           |
| Pb   | : Kurşun                          |
| Ni   | : Nikel                           |
| Cr   | : Krom                            |
| NaCl | : Sodyum klorür                   |
| Cm   | : Santimetre                      |
| Gr   | : Gram                            |
| µg   | : Mikrogram                       |
| Mg   | : miligram                        |
| Kg   | : kilogram                        |
| Ha   | : Hektar                          |
| max. | : Maksimum                        |
| min. | : Minimum                         |
| Ppm  | : Parts per million               |
| DDT  | : Dikloro difenil trikloretan     |
| PAH  | : Poliaromatik hidrokarbon        |
| EPA  | : Environmental Protection Agency |
| WHO  | : World Health Organization       |
| ICP  | : Inductively Coupled Plasma      |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Şekil 3.1. | Toprak numunelerinin alındığı yerler.....          | 10 |
| Şekil 4.1. | As ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu..... | 15 |
| Şekil 4.2. | Cd ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu..... | 17 |
| Şekil 4.3. | Cr ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu..... | 20 |
| Şekil 4.4. | Ni ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu..... | 21 |
| Şekil 4.5. | Cu ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu..... | 23 |
| Şekil 4.6. | Pb ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu..... | 25 |
| Şekil 4.7. | Zn ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu..... | 27 |



## TABLolar LİSTESİ

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Tablo 3.1.  | Toprak numunelerinin alındığı yerler.....  | 9  |
| Tablo 4.1.  | Toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları.....  | 13 |
| Tablo 4.2.  | Toprak örneklerindeki As konsantrasyonları.....  | 14 |
| Tablo 4.3.  | Toprak örneklerindeki Cd konsantrasyonları.....  | 16 |
| Tablo 4.4.  | Toprak örneklerindeki Cr konsantrasyonları.....  | 18 |
| Tablo 4.5.  | Toprak örneklerindeki Ni konsantrasyonları.....  | 20 |
| Tablo 4.6.  | Toprak örneklerindeki Cu konsantrasyonları.....  | 22 |
| Tablo 4.7.  | Toprak örneklerindeki Pb konsantrasyonları.....  | 24 |
| Tablo 4.8.  | Toprak örneklerindeki Zn konsantrasyonları.....  | 26 |
| Tablo 4.9.  | Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliği'ne göre<br>toprak kirleticilerin sınır değerleri..... | 28 |
| Tablo 4.10. | Çalışma alanı ağır metal konsantrasyonları ile sınır<br>değerlerin karşılaştırılması.....      | 29 |
| Tablo 4.11. | Avrupa Birliği üyelerince uygulanan toprakta ağır metal<br>sınır değerleri.....                | 30 |

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Toprak, analiz, ağır metal.

Bu çalışma, Sakarya Bölgesi topraklarındaki inorganik kirleticilerin belirlenerek değerlendirilmesi ve bu sayede günümüzde ve gelecekte toprak kirliliği ile ilgili yapılacak çalışmalara kaynak oluşturmak amacıyla yapılmıştır.

Tarım yapılan alanlardan, 0-10 cm toprak derinliğinden toplanan toplam 33 toprak örneğinde As, Cr, Cu, Cd, Zn, Pb ve Ni konsantrasyonları ICP-OES yöntemi ile bulunmuştur.

Araştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre; araştırma topraklarında, As, Cd ve Pb birikiminin olmadığı, toprakların %12,12'sinde Cr, %72,73'ünde Ni, %15,15'inde Cu ve %3,03'ünde Zn kirliliği bulunduğu belirlenmiştir.

# **A SURVEY OF INORGANIC CONTAMINANTS IN SOIL SAMPLES COLLECTED FROM AGRICULTURAL AREAS IN SAKARYA.**

## **SUMMARY**

Key Words: Soil, analysis, heavy metal.

This study was performed to determine the inorganic contaminants in soil samples collected from agricultural areas in Sakarya. As, Cr, Cu, Cd, Zn, Pb, and Ni concentrations in 33 soil samples collected at the depth of 0-10 cm were analyzed by ICP-OES.

As, Cr, Cu, Cd, Zn, Pb and Ni were detected in all samples with concentrations ranging from 0.98 mg/kg to 18.06 mg/kg, 4.17 mg/kg to 173.06 mg/kg, 2.98 mg/kg to 108.18 mg/kg, 0.02 mg/kg to 0.47 mg/kg, 14.10 mg/kg to 201.07 mg/kg, 2.10 mg/kg to 27.58 mg/kg, 3.01 mg/kg to 219.88 mg/kg, respectively.

# BÖLÜM 1. GİRİŞ

## 1.1. Amaç ve Kapsam

Tarım toprakları giderek azalan ülkemizde, amaç dışı toprak kullanımı ve sanayi kuruluşlarının yarattığı çevre kirliliği orman, toprak ve su kaynaklarımızın hızla azalmasına neden olmaktadır.

Ülkemizin bir tarım ülkesi olması ve tarıma dayalı sanayinin ihracat gelirlerimizde önemli bir yer tutması orman, toprak ve su kaynaklarımızın korunması gerekliliğini daha fazla arttırmaktadır. Günümüzde verimli tarım topraklarımız her yıl, erozyon, tuzlulaşma ve alkalileşme gibi doğal etmenlerin yanında sanayi kuruluşları, kentsel yerleşim, turizm yapılaşmaları gibi kullanımlar ile hızla azalmaktadır.

Çeşitli tarım alanlarında geçmişte ve günümüzde kullanılan yöntemler zaman içinde toprakta kirliliğe yol açmaktadır. Bu kirliliğe neden olan inorganik kirleticiler, bitki tarafından özümленerek bitki bünyesine geçmektedir. Bitkilere geçen kirleticilerin bitkilerin gelişiminde olumsuz etkiler doğurmasının yanı sıra, bu bitkileri tüketen insan ve hayvanların da bünyesine geçmekte ve zaman içinde sağlık problemlerine neden olabilecek miktarlara ulaşmaktadır.

Bu çalışma ile, Sakarya bölgesindeki tarım yapılan topraklardaki inorganik kirleticiler araştırılarak, hangi kirleticinin, hangi bölgede, ne kadar miktarda bulunduğu araştırılmıştır.

Araştırma ile elde edilen sonuçlar dikkate alınarak, toprakta bulunan kirleticileri ortadan kaldırmak veya azaltmak için yapılması gereken yeni çalışmalara yön verici ve veri kaynağı olabilecek bir çalışma elde edilmiştir.

## **BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ**

Toprak alanlarının çoğu kentleşme ve altyapı alanları olarak kullanılmıştır. Bu kullanım alanları dışında kalan topraklar da kimyasal maddeler, tarım ilaçları, endüstriyel ve evsel atıklarla kirlenmiş ve halen kirlenmeye devam etmektedir.

Toprak, temel olarak iki yolla kirlenmektedir. Bunlardan birincisi direkt olarak, ikincisi ise dolaylı yoldan kirlenmedir. Direkt kirlenme, toprağın tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucunda toprağa atılan pestisit, endüstri atıkları ve atık suları gibi maddelerle kirlenmesidir. Dolaylı kirlenme ise, insan faaliyetleri veya doğal olaylar (asit yağmurları, volkanik dağlar) sonucu atmosfere atılan çeşitli kirleticilerin, atmosferik taşınımlar sonucunda toprağın kirlenmesidir.

Tarım alanlarında kullanılan kimyasallar, topraktaki ağır metallerin miktarını arttırmaktadır. Çin’de 1990 ve 2007 yıllarında yapılan iki çalışmanın sonuçları karşılaştırıldığında kullanılan kimyasallardan dolayı topraktaki ağır metal miktarının arttığı gözlenmiştir [1].

Bursa Ovası’nda tarım alanlarında ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda Cu dışında diğer metallerin kirliliğe sebep olacak miktarlarda bulunmadığı saptanmıştır. Cu miktarının fazla çıkmasındaki sebebin ise, tarımda hastalıklara karşı kullanılan tarım ilaçları olduğu belirtilmiştir [2].

Toprak ortamına ulaşmış inorganik kirleticiler, toprağın veriminin azalmasına ve bu topraklarda yetişen bitkiler yoluyla biyobirikime neden olmaktadır. Biyobirikim sonucunda bu kirleticiler, besin zincirinin en düşük halkasından en yüksek halkasına kadar taşınabilmektedir. Ayrıca bu kirleticiler belli oranlarda çözülerek, yer altı ve yüzey sularını kirletebilmektedir [3]. Bu kirleticiler, kirli topraklar ile temas eden insanların vücutlarında direkt birikebilmektedir.

Günümüzde kullanımı yasaklanmış olmasına rağmen, yıllar önce kullanılan klorlanmış organik pestisitlere ve bunların dönüşüm ürünlerine hala toprakta rastlanmaktadır. Genellikle kullanılan pestisit %0,1'inden az bölümü hedef organizmaya ulaşırken, diğer bölümü ekosisteme karışmaktadır [4]. Bunun sonucunda ise insanlar ve diğer canlılar olumsuz şekilde etkilenmektedir.

Toprağa karışan ağır metaller de uzun yıllar boyunca toprakta kalabilmektedir. Çin'de 30 senelik atıksu geçmişi olan bir bölgede, topraktaki ağır metal konsantrasyonları araştırılmıştır. Araştırmanın yapıldığı toprağa verilen atık su ve kanalizasyonun 1993 yılında kesilmesine rağmen, 2008 yılında yapılan bu çalışmada bazı ağır metal konsantrasyonları (Cu, Zn, Co) normal değerlerin üstünde çıkmıştır [5].

Ağır metallerin bazıları (Fe, Cu, Zn, Mn...), bitkiler için mikro nutrient kaynağıdır ve bunlar iz elementler olarak tanımlanmaktadır. Ağır metal konsantrasyonlarının belirli bir dozdan fazlası, insanlar ve diğer organizmalara toksik etki yapabilmektedir. Özellikle artan endüstrileşme sonucunda, atmosfere, sulara ve toprağa karışan ağır metal miktarları artış göstermektedir. İzmit'te endüstrinin yoğun olduğu bir alanda yapılan çalışmada, topraktaki ağır metal miktarları standart değerlerin üstünde çıkmıştır. Bunun kaynağının ise, fabrikaların atıklarının olduğu belirtilmiştir [6].

Atmosferden ve endüstriden kaynaklanan kirliliğin mevcut olduğu bilinen bir bölgede (İspanya'nın Vigo şehri, Lagares) yapılan çalışma sonucu, toprakta ağır metallerin normalden fazla olduğu saptanmıştır [7].

Ağır metallerin topraktan arıtımı oldukça zor ve pahalı bir işdir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın hazırladığı 129 tane öncelikli çevre kirleticileri arasında As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni ve Zn gibi ağır metaller yer almaktadır [8]. Bundan dolayı toprak kirliliğinin belirlenmesinde mutlaka ağır metal konsantrasyonları belirlenmelidir.

Ağır metallerin toprağa karışmasında en önemli kaynak, bu metallerle kirlenmiş havadır. Özellikle havayı kirleten ana metal olan kurşun ve diğer metaller yağışlar ve çökme ile toprağa karışmaktadır [9]. Ayrıca ağır metaller, termik santraller, demir çelik sanayi, çimento üretimi, cam üretimi, çöp ve çamur yakma tesisleri gibi endüstriyel faaliyetler sonucu çevreye atılabilmektedir.

Yapılan bir çalışmada, Pb ve Cu elementlerinin toprakta birikiminin, diğer elementlerden (Zn, Cd, Ni) daha fazla olduğu saptanmıştır [10].

Ağır metallerden Pb, bitkiler üzerinde gözle görülür etki yapmadığından çok tehlikelidir. Yapılan bir araştırmada, Pb'nin kaynağından uzaklařtıķça etkisinin azaldığı gözlenmiştir. Pb'nin evlerdeki tozlardan, sigaradaki tütünden ve kurşun kaplamalı tabakların bulaşıklarından insan vücuduna geçebileceği belirtilmiştir [11].

Özellikle yüksek risk grubu (araba makinistleri, matbaada çalışanlar, boyacılar, lehimciler, trafik polisleri) insanların kanlarında önemli miktarlarda Pb'ye rastlanmaktadır [12]. Ayrıca toprak ve tozdaki Pb konsantrasyonu fazla olduğunda cadde ve sokakları süpüren işçilerin ve buralarda oynayan çocukların sağlığı olumsuz etkilenebilmektedir [13].

Pb, özellikle benzin kullanan araçların egzozundan havaya karışmaktadır. Yapılan bir çalışmada, Türkiye'de 1988'de egzozdan havaya karışan Pb miktarının 2480 ton, 1998'de ise 1380 ton olduğu belirlenmiştir [12]. Bu miktarın azalmasındaki sebep ise, kurşunsuz benzin kullanımının artmış olmasıdır.

Çoğu ağır metalin (Pb, Zn, Cd, Cr) kaynağı, motorlu taşıtlardır. Bahreyn'de yapılan bir çalışmada, yol kenarındaki tozlarda ağır metal miktarı fazla çıkmıştır. Ayrıca bu çalışmada, petrol yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan dumanın, topraktaki Ni konsantrasyonunu arttırdığı belirtilmiştir [14].

Toprak pH'sı ve toprak organik maddesi, toplam metal analizini etkilemektedir [15]. Toprak pH'sı, ağır metallerin mikroorganizmalar üzerine olan toksisitesini, bu organizmaların fizyolojik durumları ve biyokimyasal aktivitelerini, ağır metallerin

hareketliliğini ve hücre yüzeyine bağlanma durumlarını değiştirmek suretiyle etkilemektedir [16].

Organik maddeler ile metaller arasında kompleksler oluşur. Organik madde ile kompleks oluşturan metallerin, alıcı toprak ortamına taşınması ve daha sonra bu organik maddenin parçalanması sonucu, toprağın ağır metal muhtevası artmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, ağır metal konsantrasyonlarının az çıkmasının sebebi olarak, metallerin organik maddeler ile oksidasyon gösterdikleri belirtilmiştir [17].

Ağır metal içeren suların tarımsal alanları sulamada kullanılması ile bu alanlardaki ağır metal içeriği sürekli artmaktadır [18].

Çin’de yapılan bir çalışmada, pirinç tarlası ve sebze ekimi yapılan bir tarla olmak üzere, iki farklı alanda Cu, Zn, Cd, Pb konsantrasyonları ölçülmüştür. Pirinç tarlasına devamlı karışan atıksular sebebiyle, burada metal konsantrasyonları normal değerlerin üzerinde çıkmıştır [19].

New York’ta yapılan bir çalışmada, NaCl ile sulamanın ağır metaller üzerinde etkisi araştırılmıştır. NaCl ile sulanan tarım alanında Fe, Cd, Mn ve Pb miktarlarının arttığı gözlenmiştir. Bunun sebebinin ise, tuzlu suyun ağır metallerin hareketliliğini arttırdığı olduğu belirtilmiştir [20].

Foseptik atıklarla sulanan tarım alanlarında yetiştirilen bitkilerde ağır metal konsantrasyonları araştırılmıştır. Foseptik atıklarda Mn, Cu, Zn, Pb ağır metallerinin fazla olduğu ve bu metallerin burada yetiştirilen bitkilerde biriktiği görülmüştür [21].

Bitkiler yetişmeleri sırasında, topraktaki elementleri kullanırlar. Bunların arasında ağır metaller de vardır. Toprakta ağır metalin fazla olması durumunda, bitki de kendi için bu metallerden zehirlilik etkisi yapacak miktarda alabilmektedir. Ağır metaller bitki filizine nazaran bitki tohumunda daha fazla birikmektedir [22].



Dicle Nehri'nde yapılan bir çalışmada, ağır metal miktarlarının normal değerler üzerinde olduğu ölçülmüştür. Özellikle Cu ve Zn miktarlarının, bitkileri zehirleyici düzeyde olduğu saptanmıştır [23].

Gediz Ovası'nda endüstriyel ve evsel atıklarla kirletilen tarım alanlarında, 12 farklı yerden alınan meyve ve sebzeler üzerinde bazı ağır metal konsantrasyonları (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Pb, Cd) ölçülmüştür. Sonuç olarak, endüstriyel atıklardan kaynaklanan ağır metal kirliliği saptanmıştır. Ayrıca sebze yapraklarında, meyvelere nazaran daha fazla ağır metale rastlanmıştır [24].

Hindistan'da yapılan diğer bir çalışma sonucunda, ağır metallerin en fazla ıspanakta biriktiği gözlenmiştir [25].

Eğreltiotu üzerinde yapılan bir çalışma sonucunda, bu bitkinin büyümesi sırasında As elementini, diğer elementlerden fazla kullandığı saptanmıştır [26].

Çin'de atık suyla sulanan tarım alanlarında ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, topraklarda ve bitkilerde ağır metal birikiminin Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) sınır değerlerini aştığı saptanmıştır. Bu topraklarda yetişen bitkileri yiyen, erişkin ve çocukların sağlıklarında bu metallerden kaynaklanan sorunların olmadığı fakat sulamanın devam etmesi halinde sağlık sorunlarının çıkabileceği vurgulanmıştır [27].

Caribbean Adası'ndaki topraklarda, ağır metal konsantrasyonları araştırılmıştır. İnsan aktivitelerinin (tarım, hayvan yetiştiriciliği) olduğu topraklardaki ağır metal miktarları, diğer topraklara nazaran daha az bulunmuştur. Bunun sebebi olarak, orada biriken ağır metallerin bitkilerce bünyelerine alınabildiği düşünülmüştür. Bu bitkileri yiyen hayvan ve insanların bünyelerine, bu metallerin geçtiği veya geçebileceği önemle vurgulanmıştır [28].

Ayrıca İspanya'da yapılan bir çalışmada, ağır metal birikimi olan bitkilerde, bu metallerin bitki kökünden tekrar toprağa karışabildiği saptanmıştır. Bu yolla oluşan kirliliğin, hayvanların yarattığı kirlilikle aynı seviyede olduğu belirlenmiştir [29].

Otoyol kenarından akan sular, çeşitli oranlarda ağır metal içermektedir. Bu sular ulaştıkları nehir ve göl gibi alıcı ortamları da kirletmektedir. Bu sular ve bunların taşıdığı ağır metal içeren topraklar göl ortamına ulaşıp, burada yaşayan canlılar için toksik problem yaratmaktadır [30]. Ayrıca kışın yol bakımı nedeni ile kullanılan tuzlar, kurşun içeren yağışların, alıcı ortama taşınmasına önemli bir katkıda bulunmaktadır [31].

Motorlu araçların lastiklerinde ve motor yağlarında Cd, Zn, motor alaşımlarında Cu, Ni, Fe gibi ağır metaller bulunmaktadır. Bu yüzden trafiğin az olduğu yolların kenarındaki topraklarda bile, motorlu araçlar sebebiyle ağır metal miktarları yüksek bulunmaktadır [32].

Yapılan bir çalışmada karayolu kenarlarındaki topraklarda Pb kirliliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, karayolundan 40 m uzaklıkta bile 100 ppm'in üzerinde Pb bulunduğu, bu miktarın da yaklaşık %25'inin bitkilerce alınabilir formda olduğu saptanmıştır [33].

Özellikle Pb miktarının fazla bulunduğu yol kenarı topraklarını, çocukların ağız yoluyla direkt vücutlarına almaları, çocukların kurşun zehirlenmesi riskini arttırmaktadır [34].

Nijerya'da yapılan bir çalışmada, yol kenarındaki topraklarda ve bu topraklarda yetişen bitkilerde, ağır metal kirliliği saptanmıştır [35].

Yapılan diğer bir çalışmada, kanalizasyon çamurunun topraktaki organik maddeye ve ağır metaller üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmadan, toprağa ilave edilen kanalizasyon çamurunun, organik maddenin bozulmasını sağladığı ve ağır metalleri ise uzun vadede azaltacağı sonucu çıkarılmıştır [36].

Topraktaki ağır metallerin bakteriyel aktivite ile giderilmesi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ile, bakteriyel aktivitenin As'yi gidermede %35'ten %90'a varan bir katkısı olduğu gözlenmiştir. Pb miktarını ise As'ye nazaran daha az oranda (%85'ten %90'a) etkilediği görülmüştür [37].

## **BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT**

Sakarya ili, 483.500 ha.lık alan kaplamaktadır. Bu alanın 237.110 ha.ı tarım alanı olarak ekilmekte olup, il yüzölçümünün %49'unu kaplamaktadır [38].

İlde başta mısır olmak üzere buğday, şekerpancarı, patates ve ayçiçeği gibi tarla bitkileri ile lahana, marul, domates, biber, kavun ve taze fasulye gibi sebzeler, diğer üretilenler arasında ağırlıklı bir yere sahiptir. Tarla bitkileri ve sebzeler yanında meyvecilik de ilde sürdürülen yoğun faaliyetler arasındadır. Meyvecilik en önemli faaliyetler arasında fındık yetiştiriciliği ile bağcılık sayılabilir. Elma, armut, ayva ve kiraz üretimi bunların arkasından gelmektedir [39]. Sakarya nadas yapılmayan tek ildir.

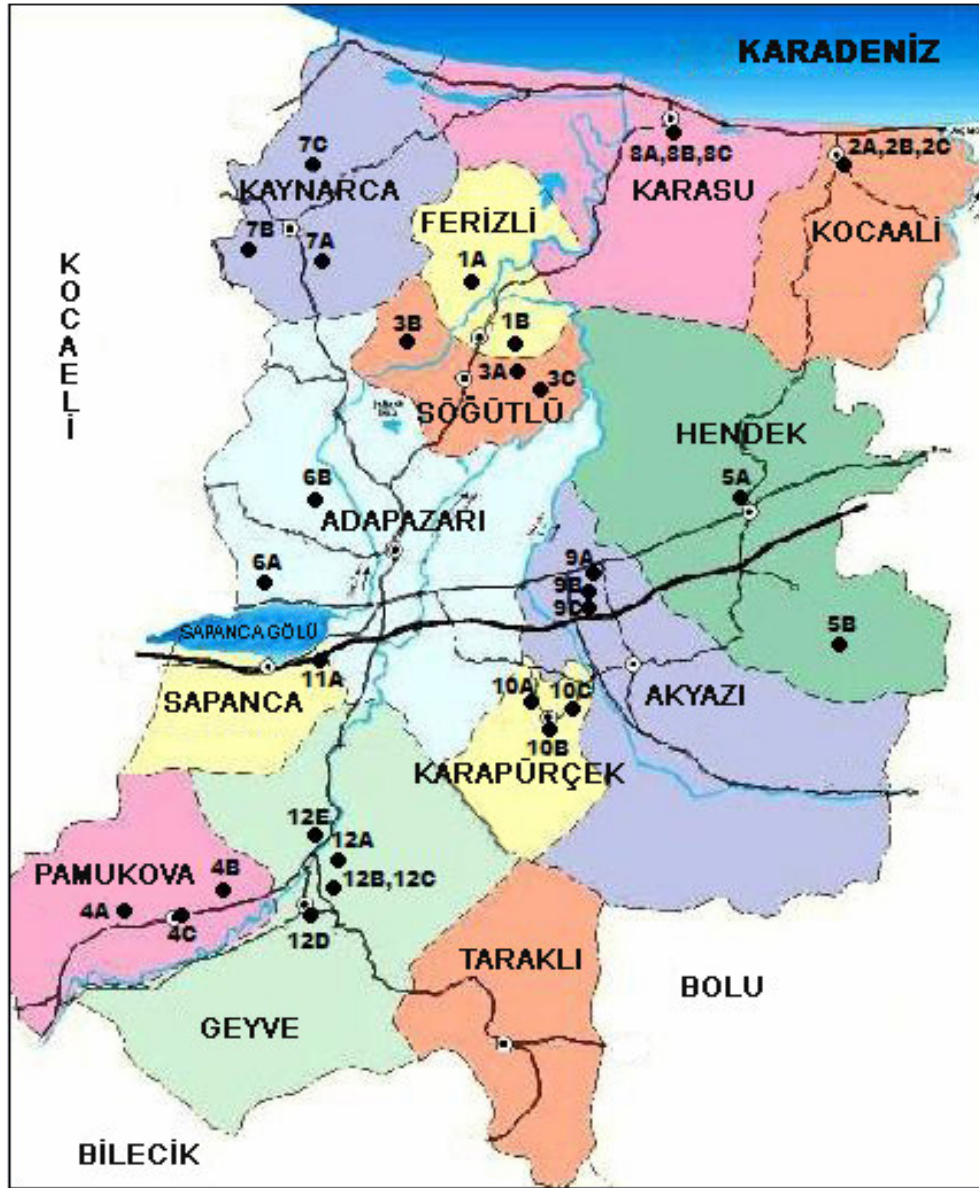
### **3.1. Numunelerin Toplanması**

Çalışmada kullanılan toprak örnekleri Sakarya bölgesinde tarım yapılan alanlardan alınmıştır. Bölgenin Adapazarı, Ferizli, Kocaali, Söğütlü, Pamukova, Hendek, Kaynarca, Karasu, Akyazı, Karapürçek, Sapanca ve Geyve ilçelerinin farklı köylerinden 0-10 cm derinlikten olmak üzere toplam 33 noktadan alınmıştır.

Toprak numunelerinin alındığı yerler Şekil 3.1. ve bu yerlerle ilgili bilgiler Tablo 3.1.de verilmektedir.

Tablo 3.1. Toprak Numunelerinin Alındığı Yerler

|     | İLÇE       | KÖY          | TOPRAKLARIN ALINDIĞI TARİH | BİLGİ  |
|-----|------------|--------------|----------------------------|--|
| 1A  | FERİZLİ    | Seyifler     | 30.06.2007                 | Fındık, mısır, şeker pancarı, buğday, yulaf yetiştiriciliği mevcuttur.   |
| 1B  |            | Damlık       | 30.06.2007                 |  |
| 2A  | KOCAALİ    | Merkez       | 25.06.2007                 | Fındık yetiştiriciliği mevcuttur.  |
| 2B  |            | Yayla Mah.   | 25.06.2007                 |  |
| 2C  |            | Merkez       | 25.06.2007                 |  |
| 3A  | SÖĞÜTLÜ    | Hasanfakı    | 01.07.2007                 | Mısır, şeker pancarı, arpa, soğan, ay çekirdeği, buğday, patates, fındık yetiştiriciliği mevcuttur.  |
| 3B  |            | Fındıklı     | 01.07.2007                 |  |
| 3C  |            | Yeniköy      | 01.07.2007                 |  |
| 4A  | PAMUKOVA   | Karapınar    | 29.06.2007                 | Mısır, şeker pancarı, arpa, soğan, buğday, patates, salçalık biber, domates, üzüm, kiraz, şeftali, ayva yetiştiriciliği mevcuttur.   |
| 4B  |            | Gökgöz       | 29.06.2007                 |  |
| 4C  |            | Merkez       | 29.06.2007                 |  |
| 5A  | HENDEK     | Merkez       | 10.06.2007                 | Buğday, şeker pancarı, tütün, fındık, patates, mısır, soğan, kuru fasulye, sarımsak, lahana, salatalık, kabak, patlıcan, bamya, taze soğan, elma yetiştiriciliği mevcuttur.      |
| 5B  |            | Aksu         | 10.06.2007                 |  |
| 6A  | ADAPAZARI  | Aşağıdere    | 10.06.2007                 | Mısır, buğday, şeker pancarı, patates, domates, pırasa, kara lahana, marul, havuç, salatalık, fındık, ayva, kiraz, vişne, erik, elma, kabak çekirdeği yetiştiriciliği mevcuttur. |
| 6B  |            | Yazlık       | 11.06.2007                 |  |
| 7A  | KAYNARCA   | Güven        | 10.06.2007                 | Buğday, kabak çekirdeği yetiştiriciliği mevcuttur.   |
| 7B  |            | Şeyhtimarı   | 10.06.2007                 |  |
| 7C  |            | Duduköy      | 10.06.2007                 |  |
| 8A  | KARASU     | Namazgah     | 25.06.2007                 | Fındık, mısır, buğday, yulaf, kuru fasulye, şeker pancarı, patates, yem bitkileri yetiştiriciliği mevcuttur.   |
| 8B  |            | Kızıltepe    | 25.06.2007                 |  |
| 8C  |            | Merkez       | 25.06.2007                 |  |
| 9A  | AKYAZI     | Aktarla      | 26.06.2007                 | Ay çiçeği, şeker pancarı, mısır, buğday, patates yetiştiriciliği mevcuttur.  |
| 9B  |            | Eskibedil    | 25.06.2007                 |  |
| 9C  |            | Uzuncular    | 25.06.2007                 |  |
| 10A | KARAPÜRÇEK | Mesudiye     | 26.06.2007                 | Fındık, mısır, buğday, arpa, fasulye, patates yetiştiriciliği mevcuttur.   |
| 10B |            | Merkez       | 26.06.2007                 |  |
| 10C |            | Yazılıgürgen | 26.06.2007                 |  |
| 11A | SAPANCA    | Uzunkum      | 25.06.2007                 | Elma, erik, şeftali, ayva, kiraz, armut yetiştiriciliği mevcuttur.   |
| 12A | GEYVE      | Epçeler      | 25.06.2007                 | Buğday, arpa, şeker pancarı, kuru soğan, domates, biber, limon ayvası, kiraz, müşküle üzümü, elma yetiştiriciliği mevcuttur.   |
| 12B |            | Eşme         | 25.06.2007                 |  |
| 12C |            | Eşme         | 25.06.2007                 |  |
| 12D |            | Merkez       | 25.06.2007                 |  |
| 12E |            | Bağlarbaşı   | 24.06.2007                 |  |



Şekil 3.1. Toprak Numunelerinin Alındığı Yerler

Belirlenen yerlerdeki tarım yapılan tarlaların 0-10 cm derinliğinden 500-1000 gr toprak toplanmıştır. Her bir toprak örneği 7 gün boyunca oda sıcaklığında kurutulduktan sonra içlerindeki bitki ve kök parçaları ile taşlar ayıklanmış ve elekten geçirilmiştir. Daha sonra her biri ayrı ayrı şişelenerek analizlerin yapılması için Amerika'ya gönderilmiştir.

### **3.2. Numunelerdeki Ağır Metal Analizi**

Yaklaşık olarak 0,25 gr toprak numunesi ve içerisinde ağır metal konsantrasyonu bilinen kontrol toprak numuneleri HNO<sub>3</sub> ortamında parçalandı ve ısı-bloklarında birkaç aşamada tekrar edilen parçalanma işleminden sonra, 0,45 um filtreden geçirildi. Numuneler ICP-OES kullanılarak analiz edildi. Her numunenin 2 tekrarlı ölçümü yapıldı. ICP'nin ölçüm doğruluğunu ispatlamak için, her 10 numunede bir standart numunesinin ölçümü yapıldı.

## **BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

### **4.1. Analiz Sonuçları**

Bu çalışmada, Sakarya bölgesindeki tarımsal bölgelerden alınan toprak numunelerindeki ağır metal miktarları araştırılmıştır.

Analiz edilen toprak numunelerindeki ortalama ağır metal miktarları (mg /kg kuru toprak) ve standart sapmaları Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Toprak numunelerinde ölçülen As, Cd, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn konsantrasyonları, her bir ağır metal için histogram (Şekil 4.1. - 4.8.) ve tablo (Tablo 4.2. - 4.8.) olarak gösterilmiştir.

Her bir tablonun altına, toplanan toprak numunelerindeki ortalama ağır metal miktarları eklenmiştir. Bu ortalama, seçilmiş bölgelerden alınan 33 toprak numunesinin ortalamasıdır. Histogramlarda bu ortalamalar, Toprak Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nde belirlenen değerler de (PH = 5-6 ve PH > 6 için) karşılaştırmak amacıyla gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları (mg/kg kuru toprak, n=2)

| Numuneler       | As (ppm)     | Cd (ppm)    | Cr (ppm)      | Ni (ppm)       | Cu (ppm)       | Pb (ppm)     | Zn (ppm)      |
|-----------------|--------------|-------------|---------------|----------------|----------------|--------------|---------------|
| 1A              | 8,37 ± 1,00  | 0,20 ± 0,16 | 38,56 ± 0,76  | 53,58 ± 0,37   | 19,65 ± 0,36   | 11,03 ± 4,53 | 49,53 ± 0,43  |
| 1B              | 11,03 ± 1,22 | 0,24 ± 0,06 | 44,22 ± 0,78  | 39,48 ± 1,59   | 23,91 ± 0,33   | 16,63 ± 3,68 | 57,49 ± 1,62  |
| 2A              | 5,54 ± 0,03  | 0,47 ± 0,20 | 26,75 ± 1,20  | 25,51 ± 0,25   | 28,98 ± 0,66   | 27,16 ± 5,85 | 201,07 ± 1,22 |
| 2B              | 1,56 ± 0,26  | 0,07 ± 0,01 | 16,51 ± 0,73  | 5,54 ± 0,32    | 2,98 ± 0,31    | 15,93 ± 2,46 | 20,10 ± 0,14  |
| 2C              | 2,75 ± 0,38  | 0,25 ± 0,00 | 22,32 ± 0,63  | 11,50 ± 0,68   | 7,56 ± 0,11    | 22,59 ± 1,61 | 36,85 ± 0,34  |
| 3A              | 8,87 ± 0,56  | 0,18 ± 0,11 | 42,24 ± 1,25  | 33,41 ± 0,68   | 22,31 ± 0,51   | 16,39 ± 0,40 | 55,52 ± 1,21  |
| 3B              | 8,29 ± 1,97  | 0,23 ± 0,07 | 39,50 ± 0,20  | 39,37 ± 2,24   | 21,21 ± 0,29   | 16,40 ± 1,25 | 56,97 ± 0,12  |
| 3C              | 7,30 ± 0,81  | 0,19 ± 0,04 | 43,85 ± 1,43  | 37,12 ± 0,14   | 22,41 ± 0,25   | 18,47 ± 3,71 | 57,30 ± 1,25  |
| 4A              | 6,41 ± 0,69  | 0,13 ± 0,13 | 36,92 ± 0,19  | 50,64 ± 0,64   | 80,50 ± 1,72   | 6,96 ± 4,18  | 52,87 ± 1,12  |
| 4B              | 4,57 ± 0,80  | 0,14 ± 0,09 | 39,33 ± 0,50  | 69,00 ± 0,36   | 25,13 ± 1,97   | 8,85 ± 0,96  | 45,78 ± 0,54  |
| 4C              | 3,04 ± 0,28  | 0,02 ± 0,01 | 67,00 ± 1,63  | 109,26 ± 1,22  | 75,75 ± 1,41   | 10,31 ± 1,17 | 65,62 ± 1,31  |
| 5A              | 4,98 ± 0,96  | 0,15 ± 0,09 | 18,75 ± 0,53  | 25,13 ± 0,02   | 16,74 ± 0,13   | 15,98 ± 2,26 | 56,94 ± 1,78  |
| 5B              | 1,57 ± 1,38  | 0,11 ± 0,13 | 12,01 ± 0,01  | 14,06 ± 0,67   | 56,50 ± 1,37   | 2,10 ± 2,20  | 76,24 ± 0,54  |
| 6A              | 6,41 ± 1,22  | 0,24 ± 0,17 | 23,92 ± 0,33  | 48,24 ± 0,89   | 33,06 ± 0,26   | 12,41 ± 0,37 | 86,89 ± 0,48  |
| 6B              | 18,06 ± 2,43 | 0,39 ± 0,01 | 49,46 ± 0,15  | 87,18 ± 0,92   | 31,80 ± 0,30   | 11,49 ± 0,04 | 86,87 ± 6,68  |
| 7A              | 6,64 ± 1,47  | 0,16 ± 0,10 | 37,93 ± 0,43  | 55,34 ± 1,19   | 33,02 ± 0,54   | 13,54 ± 0,08 | 75,76 ± 0,31  |
| 7B              | 0,98 ± 0,92  | 0,33 ± 0,09 | 14,00 ± 0,03  | 36,83 ± 0,87   | 26,32 ± 0,90   | 12,56 ± 2,16 | 59,64 ± 1,68  |
| 7C              | 3,89 ± 0,30  | 0,20 ± 0,03 | 21,87 ± 0,03  | 51,11 ± 1,11   | 39,04 ± 0,26   | 16,96 ± 3,02 | 91,56 ± 0,56  |
| 8A              | 5,45 ± 1,17  | 0,14 ± 0,07 | 5,60 ± 0,43   | 5,31 ± 0,06    | 3,99 ± 0,15    | 6,27 ± 4,58  | 25,17 ± 0,41  |
| 8B              | 2,25 ± 0,94  | 0,14 ± 0,01 | 4,17 ± 0,20   | 3,01 ± 0,09    | 3,13 ± 0,19    | 6,57 ± 1,44  | 14,10 ± 0,25  |
| 8C              | 5,76 ± 2,12  | 0,09 ± 0,06 | 34,15 ± 5,97  | 18,51 ± 0,23   | 13,97 ± 0,28   | 17,26 ± 3,01 | 55,83 ± 1,45  |
| 9A              | 8,52 ± 2,42  | 0,35 ± 0,11 | 50,58 ± 0,33  | 81,37 ± 0,01   | 39,99 ± 0,06   | 10,35 ± 1,46 | 89,34 ± 5,72  |
| 9B              | 11,99 ± 2,42 | 0,21 ± 0,12 | 34,36 ± 0,27  | 59,07 ± 0,75   | 29,72 ± 0,05   | 7,90 ± 1,20  | 81,42 ± 3,55  |
| 9C              | 6,51 ± 3,30  | 0,16 ± 0,18 | 35,90 ± 0,12  | 61,41 ± 1,19   | 31,56 ± 0,10   | 9,38 ± 0,43  | 70,23 ± 0,05  |
| 10A             | 2,02 ± 2,31  | 0,14 ± 0,01 | 37,85 ± 0,37  | 51,57 ± 0,23   | 18,55 ± 1,89   | 2,38 ± 0,83  | 45,80 ± 0,36  |
| 10B             | 3,63 ± 1,48  | 0,19 ± 0,00 | 26,94 ± 1,04  | 36,79 ± 0,53   | 20,55 ± 3,23   | 15,14 ± 1,69 | 61,48 ± 1,93  |
| 10C             | 2,10 ± 1,18  | 0,15 ± 0,08 | 16,40 ± 0,09  | 32,10 ± 0,99   | 14,62 ± 0,27   | 7,56 ± 1,47  | 43,24 ± 0,49  |
| 11A             | 14,68 ± 2,19 | 0,16 ± 0,13 | 137,62 ± 3,15 | 191,17 ± 4,14  | 34,20 ± 0,44   | 27,58 ± 1,93 | 109,22 ± 1,18 |
| 12A             | 3,24 ± 3,54  | 0,22 ± 0,24 | 46,00 ± 0,01  | 89,06 ± 1,78   | 105,98 ± 11,00 | 21,10 ± 5,30 | 149,58 ± 0,42 |
| 12B             | 5,37 ± 2,07  | 0,10 ± 0,10 | 173,06 ± 0,26 | 219,88 ± 0,97  | 39,02 ± 1,50   | 9,41 ± 1,65  | 73,21 ± 0,39  |
| 12C             | 3,91 ± 0,23  | 0,12 ± 0,16 | 149,46 ± 2,00 | 210,31 ± 1,07  | 43,59 ± 0,16   | 8,71 ± 4,16  | 71,70 ± 1,26  |
| 12D             | 4,07 ± 0,61  | 0,10 ± 0,00 | 129,49 ± 8,11 | 211,98 ± 10,79 | 24,52 ± 1,93   | 3,95 ± 1,10  | 54,95 ± 2,32  |
| 12E             | 6,62 ± 3,20  | 0,07 ± 0,03 | 67,50 ± 0,51  | 150,18 ± 2,52  | 108,18 ± 0,06  | 10,69 ± 0,18 | 101,35 ± 1,09 |
| <b>ORTALAMA</b> | 5,95 ± 1,41  | 0,18 ± 0,09 | 46,79 ± 1,02  | 67,09 ± 1,20   | 33,29 ± 1,00   | 12,73 ± 2,13 | 69,08 ± 1,28  |



## 4.2. Toprakların Ağır Metal İçerikleri

### 4.2.1. As Analiz sonuçları

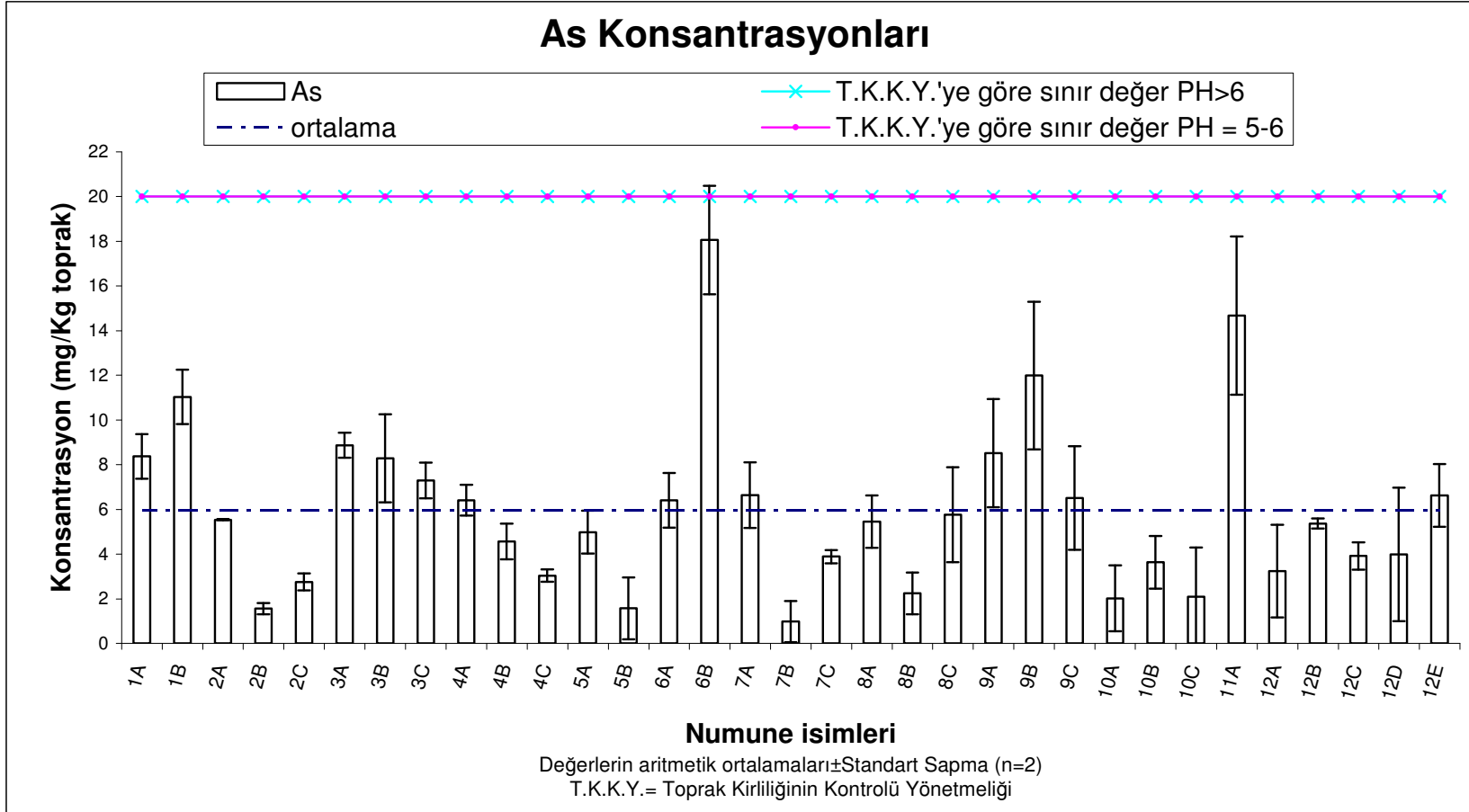
Araştırılan bölgede 2 tekrarlı yapılan analizlerin ortalaması, mg As/kg kuru toprak olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ortalama konsantrasyonlarının yanında standart sapmalar  $\pm$  olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Toprak örneklerindeki As konsantrasyonları (mg ağır metal/kg kuru toprak)

| Numuneler   | As (ppm)         | Numuneler | As (ppm)         | Numuneler | As (ppm)         |
|---|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|
| 1A  | 8,37 $\pm$ 1,00  | 5A        | 4,98 $\pm$ 0,96  | 9B        | 11,99 $\pm$ 2,42 |
| 1B  | 11,03 $\pm$ 1,22 | 5B        | 1,57 $\pm$ 1,38  | 9C        | 6,51 $\pm$ 3,30  |
| 2A  | 5,54 $\pm$ 0,03  | 6A        | 6,41 $\pm$ 1,22  | 10A       | 2,02 $\pm$ 2,31  |
| 2B  | 1,56 $\pm$ 0,26  | 6B        | 18,06 $\pm$ 2,43 | 10B       | 3,63 $\pm$ 1,48  |
| 2C  | 2,75 $\pm$ 0,38  | 7A        | 6,64 $\pm$ 1,47  | 10C       | 2,10 $\pm$ 1,18  |
| 3A  | 8,87 $\pm$ 0,56  | 7B        | 0,98 $\pm$ 0,92  | 11A       | 14,68 $\pm$ 2,19 |
| 3B  | 8,29 $\pm$ 1,97  | 7C        | 3,89 $\pm$ 0,30  | 12A       | 3,24 $\pm$ 3,54  |
| 3C  | 7,30 $\pm$ 0,81  | 8A        | 5,45 $\pm$ 1,17  | 12B       | 5,37 $\pm$ 2,07  |
| 4A  | 6,41 $\pm$ 0,69  | 8B        | 2,25 $\pm$ 0,94  | 12C       | 3,91 $\pm$ 0,23  |
| 4B  | 4,57 $\pm$ 0,80  | 8C        | 5,76 $\pm$ 2,12  | 12D       | 4,07 $\pm$ 0,61  |
| 4C  | 3,04 $\pm$ 0,28  | 9A        | 8,52 $\pm$ 2,42  | 12E       | 6,62 $\pm$ 3,20  |
| <b>Bölge Topraklarındaki Ortalama As (ppm) : 5,95</b> |                  |           |                  |           |                  |

Topraklardaki ortalama As konsantrasyonu 5,95 ppm olarak hesaplanmıştır. 1B, 6B, 9B ve 11A bölgelerindeki As konsantrasyonlarının, bu ortalama değeri aştığı görülmüştür.

Araştırılan topraklardaki As konsantrasyonları, bu konsantrasyonların ortalaması ve standart sapmaları ile Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde topraktaki As için belirlenen sınır değerler (PH = 5-6 ve PH > 6 için) aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 4.1. As ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu

#### 4.2.2. Cd Analiz sonuçları

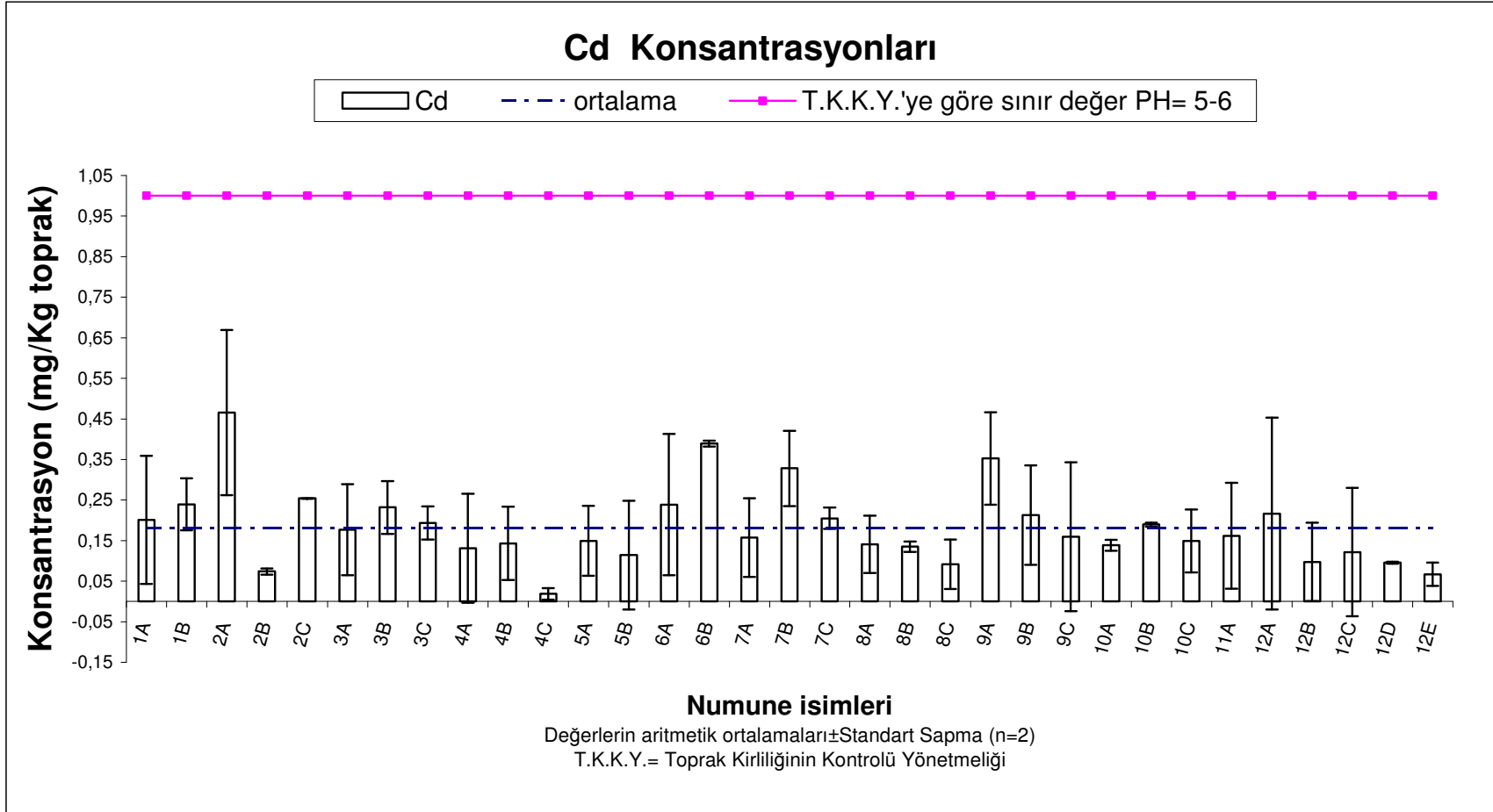
Araştırılan bölgede 2 tekrarlı yapılan analizlerin ortalaması, mg Cd/kg kuru toprak olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ortalama konsantrasyonlarının yanında standart sapmalar  $\pm$  olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Toprak örneklerindeki Cd konsantrasyonları

| Numuneler   | (ppm)           | Numuneler | (ppm)           | Numuneler | (ppm)           |
|---|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
| 1A  | 0,20 $\pm$ 0,16 | 5A        | 0,15 $\pm$ 0,09 | 9B        | 0,21 $\pm$ 0,12 |
| 1B  | 0,24 $\pm$ 0,06 | 5B        | 0,11 $\pm$ 0,13 | 9C        | 0,16 $\pm$ 0,18 |
| 2A  | 0,47 $\pm$ 0,20 | 6A        | 0,24 $\pm$ 0,17 | 10A       | 0,14 $\pm$ 0,01 |
| 2B  | 0,07 $\pm$ 0,01 | 6B        | 0,39 $\pm$ 0,01 | 10B       | 0,19 $\pm$ 0,00 |
| 2C  | 0,25 $\pm$ 0,00 | 7A        | 0,16 $\pm$ 0,10 | 10C       | 0,15 $\pm$ 0,08 |
| 3A  | 0,18 $\pm$ 0,11 | 7B        | 0,33 $\pm$ 0,09 | 11A       | 0,16 $\pm$ 0,13 |
| 3B  | 0,23 $\pm$ 0,07 | 7C        | 0,20 $\pm$ 0,03 | 12A       | 0,22 $\pm$ 0,24 |
| 3C  | 0,19 $\pm$ 0,04 | 8A        | 0,14 $\pm$ 0,07 | 12B       | 0,10 $\pm$ 0,10 |
| 4A  | 0,13 $\pm$ 0,13 | 8B        | 0,14 $\pm$ 0,01 | 12C       | 0,12 $\pm$ 0,16 |
| 4B  | 0,14 $\pm$ 0,09 | 8C        | 0,09 $\pm$ 0,06 | 12D       | 0,10 $\pm$ 0,00 |
| 4C  | 0,02 $\pm$ 0,01 | 9A        | 0,35 $\pm$ 0,11 | 12E       | 0,07 $\pm$ 0,03 |
| <b>Bölge Topraklarındaki Ortalama Cd (ppm) : 0,18</b> |                 |           |                 |           |                 |

Topraklardaki ortalama Cd konsantrasyonu 0,18 ppm bulunmuştur. 2A, 6B, 7B, ve 9A bölgelerindeki Cd konsantrasyonlarının bu ortalama değeri aştığı görülmüştür.

Araştırılan topraklardaki Cd konsantrasyonları, bu konsantrasyonların ortalaması ve standart sapmaları ile Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde topraktaki Cd için belirlenen sınır değeri aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 4.2. Cd ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu

### 4.2.3. Cr Analiz sonuçları

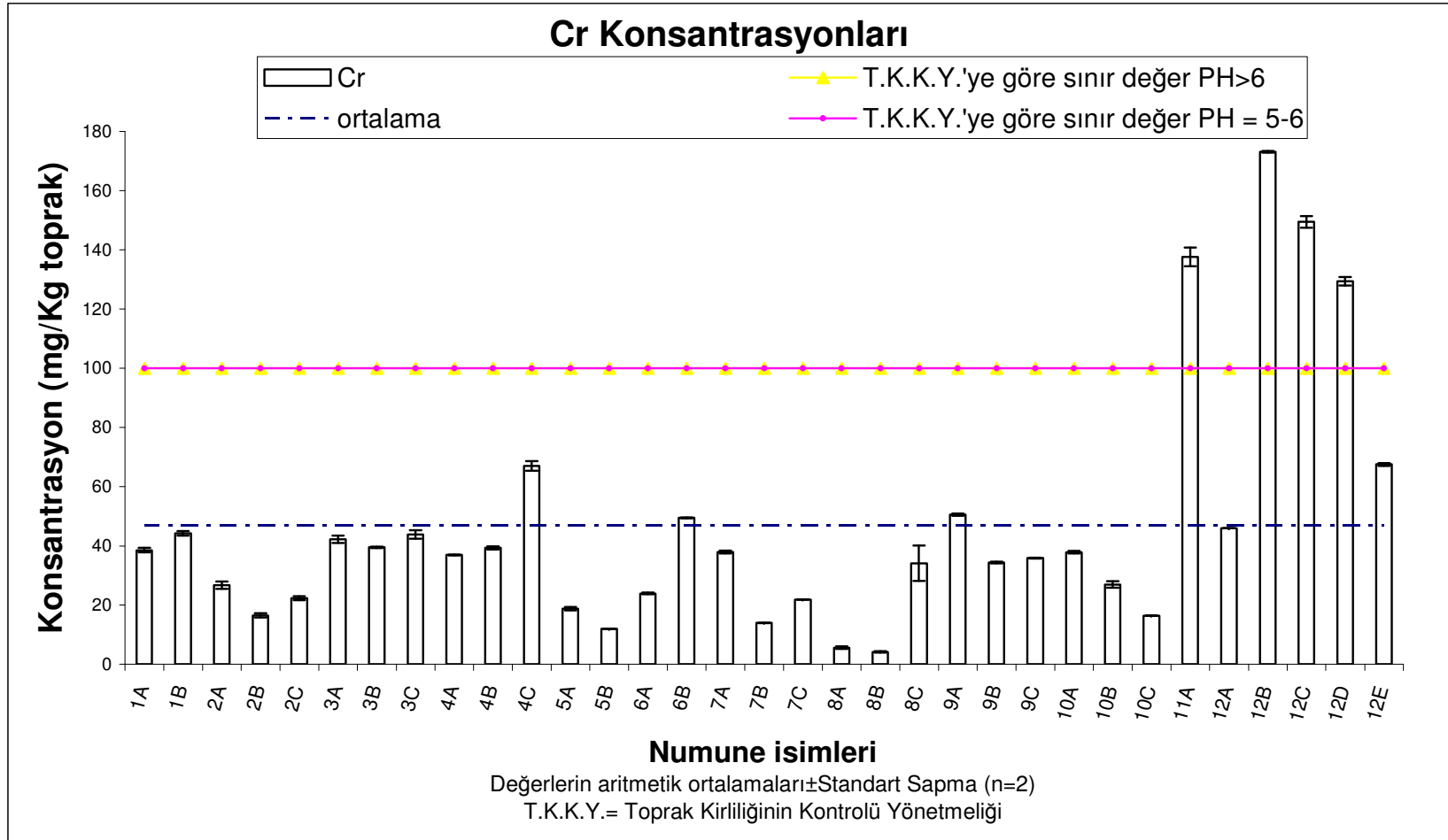
Araştırılan bölgede 2 tekrarlı yapılan analizlerin ortalaması, mg Cr/kg kuru toprak olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ortalama konsantrasyonlarının yanında standart sapmalar  $\pm$  olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Toprak örneklerindeki Cr konsantrasyonları

| Numuneler  | (ppm)            | Numuneler | (ppm)            | Numuneler | (ppm)             |
|--|------------------|-----------|------------------|-----------|-------------------|
| 1A   | 38,56 $\pm$ 0,76 | 5A        | 18,75 $\pm$ 0,53 | 9B        | 34,36 $\pm$ 0,27  |
| 1B   | 44,22 $\pm$ 0,78 | 5B        | 12,01 $\pm$ 0,01 | 9C        | 35,90 $\pm$ 0,12  |
| 2A   | 26,75 $\pm$ 1,20 | 6A        | 23,92 $\pm$ 0,33 | 10A       | 37,85 $\pm$ 0,37  |
| 2B   | 16,51 $\pm$ 0,73 | 6B        | 49,46 $\pm$ 0,15 | 10B       | 26,94 $\pm$ 1,04  |
| 2C   | 22,32 $\pm$ 0,63 | 7A        | 37,93 $\pm$ 0,43 | 10C       | 16,40 $\pm$ 0,09  |
| 3A   | 42,24 $\pm$ 1,25 | 7B        | 14,00 $\pm$ 0,03 | 11A       | 137,62 $\pm$ 3,15 |
| 3B   | 39,50 $\pm$ 0,20 | 7C        | 21,87 $\pm$ 0,03 | 12A       | 46,00 $\pm$ 0,01  |
| 3C   | 43,85 $\pm$ 1,43 | 8A        | 5,60 $\pm$ 0,43  | 12B       | 173,06 $\pm$ 0,26 |
| 4A   | 36,92 $\pm$ 0,19 | 8B        | 4,17 $\pm$ 0,20  | 12C       | 149,46 $\pm$ 2,00 |
| 4B   | 39,33 $\pm$ 0,50 | 8C        | 34,15 $\pm$ 5,97 | 12D       | 129,49 $\pm$ 8,11 |
| 4C   | 67,00 $\pm$ 1,63 | 9A        | 50,58 $\pm$ 0,33 | 12E       | 67,50 $\pm$ 0,51  |
| <b>Bölge Topraklarındaki Ortalama Cr (ppm) : 46,79</b> |                  |           |                  |           |                   |

Topraklardaki ortalama Cr konsantrasyonu 46,79 ppm bulunmuştur. 11A, 12B, 12C, 12D bölgelerindeki Cr konsantrasyonlarının, bu ortalama değeri aştığı görülmüştür.

Araştırılan topraklardaki Cr konsantrasyonları, bu konsantrasyonların ortalaması ve standart sapmaları ile Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde topraktaki Cr için belirlenen sınır değerler (PH = 5-6 ve PH > 6 için) aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 4.3. Cr ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu

#### 4.2.4. Ni Analiz sonuçları

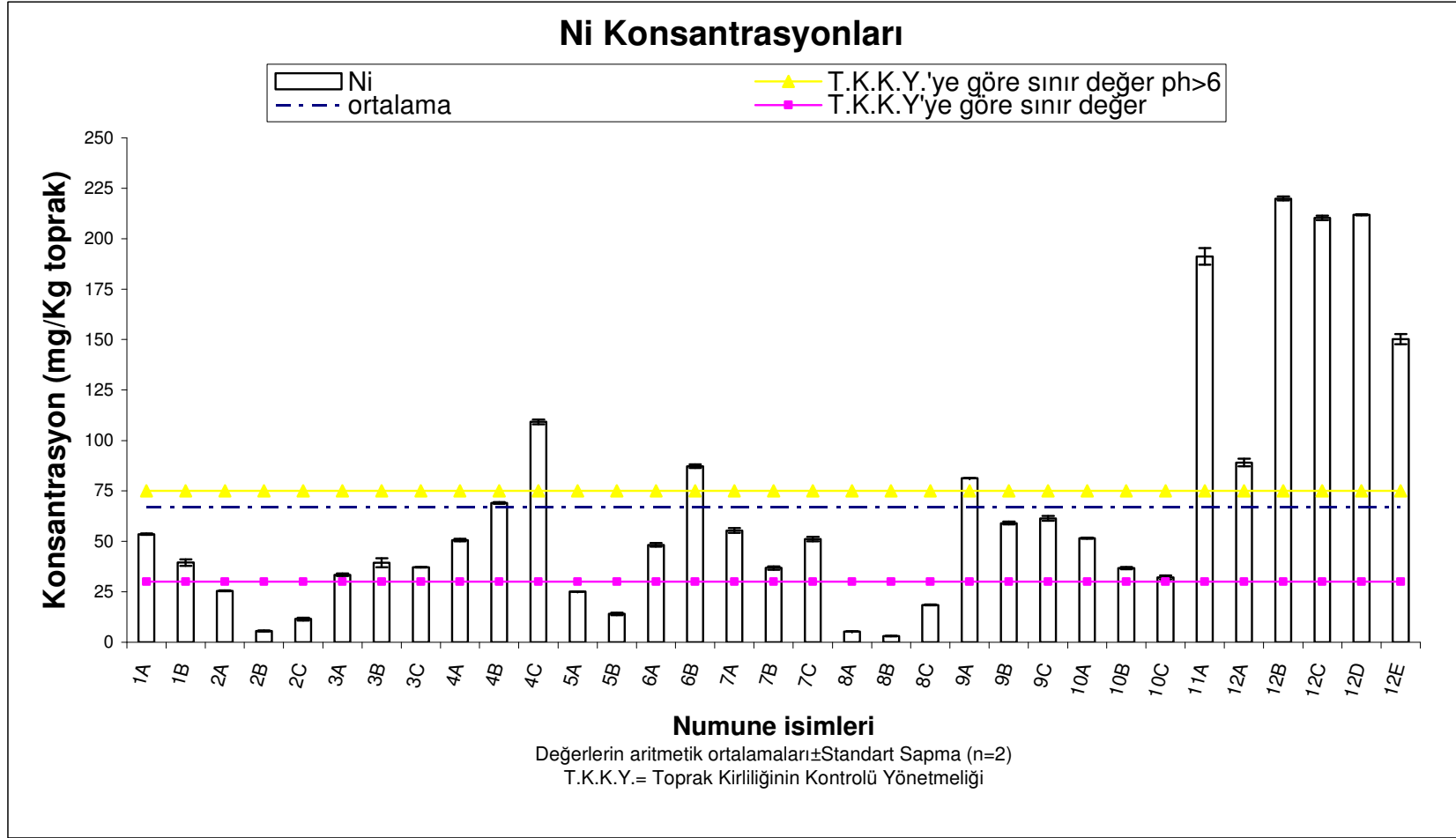
Araştırılan bölgede 2 tekrarlı yapılan analizlerin ortalaması, mg Ni/kg kuru toprak olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ortalama konsantrasyonlarının yanında standart sapmalar  $\pm$  olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Toprak örneklerindeki Ni konsantrasyonları

| Numuneler  | (ppm)             | Numuneler | (ppm)            | Numuneler | (ppm)              |
|--|-------------------|-----------|------------------|-----------|--------------------|
| 1A   | 53,58 $\pm$ 0,37  | 5A        | 25,13 $\pm$ 0,02 | 9B        | 59,07 $\pm$ 0,75   |
| 1B   | 39,48 $\pm$ 1,59  | 5B        | 14,06 $\pm$ 0,67 | 9C        | 61,41 $\pm$ 1,19   |
| 2A   | 25,51 $\pm$ 0,25  | 6A        | 48,24 $\pm$ 0,89 | 10A       | 51,57 $\pm$ 0,23   |
| 2B   | 5,54 $\pm$ 0,32   | 6B        | 87,18 $\pm$ 0,92 | 10B       | 36,79 $\pm$ 0,53   |
| 2C   | 11,50 $\pm$ 0,68  | 7A        | 55,34 $\pm$ 1,19 | 10C       | 32,10 $\pm$ 0,99   |
| 3A   | 33,41 $\pm$ 0,68  | 7B        | 36,83 $\pm$ 0,87 | 11A       | 191,17 $\pm$ 4,14  |
| 3B   | 39,37 $\pm$ 2,24  | 7C        | 51,11 $\pm$ 1,11 | 12A       | 89,06 $\pm$ 1,78   |
| 3C   | 37,12 $\pm$ 0,14  | 8A        | 5,31 $\pm$ 0,06  | 12B       | 219,88 $\pm$ 0,97  |
| 4A   | 50,64 $\pm$ 0,64  | 8B        | 3,01 $\pm$ 0,09  | 12C       | 210,31 $\pm$ 1,07  |
| 4B   | 69,00 $\pm$ 0,36  | 8C        | 18,51 $\pm$ 0,23 | 12D       | 211,98 $\pm$ 10,79 |
| 4C   | 109,26 $\pm$ 1,22 | 9A        | 81,37 $\pm$ 0,01 | 12E       | 150,18 $\pm$ 2,52  |
| <b>Bölge Topraklarındaki Ortalama Ni (ppm) : 67,09</b> |                   |           |                  |           |                    |

Topraklardaki ortalama Ni konsantrasyonu 67,09 ppm bulunmuştur. 11A, 12B, 12C, 12D ve 12E bölgelerindeki Ni konsantrasyonlarının, bu ortalama değeri aştığı görülmüştür.

Araştırılan topraklardaki Ni konsantrasyonları, bu konsantrasyonların ortalaması ve standart sapmaları ile Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde topraktaki Ni için belirlenen sınır değerler (PH = 5-6 ve PH > 6 için) aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 4.4. Ni ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu



#### 4.2.5. Cu Analiz sonuçları

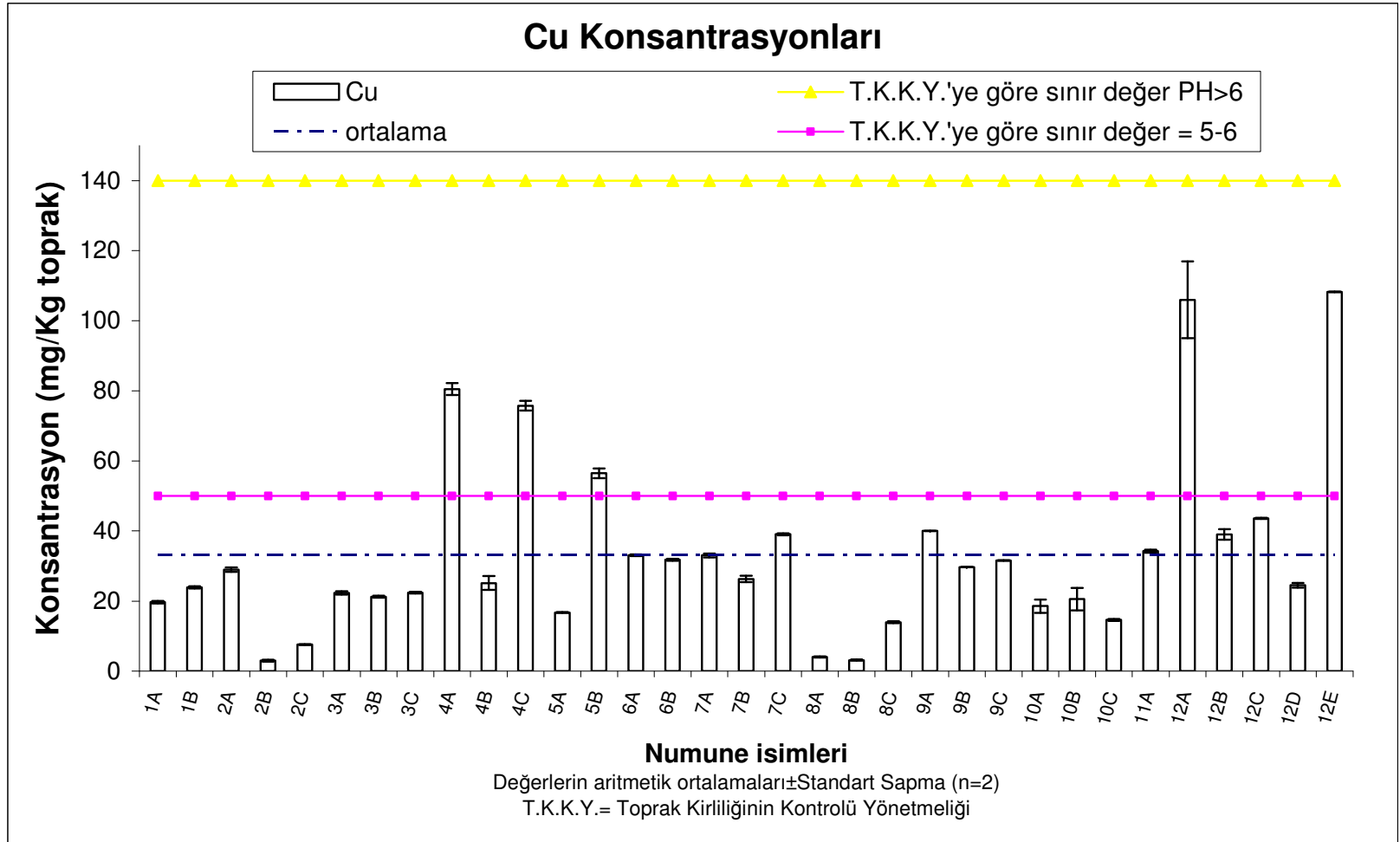
Araştırılan bölgede 2 tekrarlı yapılan analizlerin ortalaması, mg Cu/kg kuru toprak olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ortalama konsantrasyonlarının yanında standart sapmalar  $\pm$  olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Toprak örneklerindeki Cu konsantrasyonları

| Numuneler  | (ppm)            | Numuneler | (ppm)            | Numuneler | (ppm)              |
|--|------------------|-----------|------------------|-----------|--------------------|
| 1A   | 19,65 $\pm$ 0,36 | 5A        | 16,74 $\pm$ 0,13 | 9B        | 29,72 $\pm$ 0,05   |
| 1B   | 23,91 $\pm$ 0,33 | 5B        | 56,50 $\pm$ 1,37 | 9C        | 31,56 $\pm$ 0,10   |
| 2A   | 28,98 $\pm$ 0,66 | 6A        | 33,06 $\pm$ 0,26 | 10A       | 18,55 $\pm$ 1,89   |
| 2B   | 2,98 $\pm$ 0,31  | 6B        | 31,80 $\pm$ 0,30 | 10B       | 20,55 $\pm$ 3,23   |
| 2C   | 7,56 $\pm$ 0,11  | 7A        | 33,02 $\pm$ 0,54 | 10C       | 14,62 $\pm$ 0,27   |
| 3A   | 22,31 $\pm$ 0,51 | 7B        | 26,32 $\pm$ 0,90 | 11A       | 34,20 $\pm$ 0,44   |
| 3B   | 21,21 $\pm$ 0,29 | 7C        | 39,04 $\pm$ 0,26 | 12A       | 105,98 $\pm$ 11,00 |
| 3C   | 22,41 $\pm$ 0,25 | 8A        | 3,99 $\pm$ 0,15  | 12B       | 39,02 $\pm$ 1,50   |
| 4A   | 80,50 $\pm$ 1,72 | 8B        | 3,13 $\pm$ 0,19  | 12C       | 43,59 $\pm$ 0,16   |
| 4B   | 25,13 $\pm$ 1,97 | 8C        | 13,97 $\pm$ 0,28 | 12D       | 24,52 $\pm$ 1,93   |
| 4C   | 75,75 $\pm$ 1,41 | 9A        | 39,99 $\pm$ 0,06 | 12E       | 108,18 $\pm$ 0,06  |
| <b>Bölge Topraklarındaki Ortalama Cu (ppm) : 33,29</b> |                  |           |                  |           |                    |

Topraklardaki ortalama Cu konsantrasyonu 33,29 ppm bulunmuştur. 12A ve 12E bölgelerindeki Cu konsantrasyonlarının, bu ortalama değeri aştığı görülmüştür.

Araştırılan topraklardaki Cu konsantrasyonları, bu konsantrasyonların ortalaması ve standart sapmaları ile Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde topraktaki Cu için belirlenen sınır değerler (PH = 5-6 ve PH > 6 için) aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 4.5. Cu ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu

#### 4.2.6. Pb Analiz sonuçları

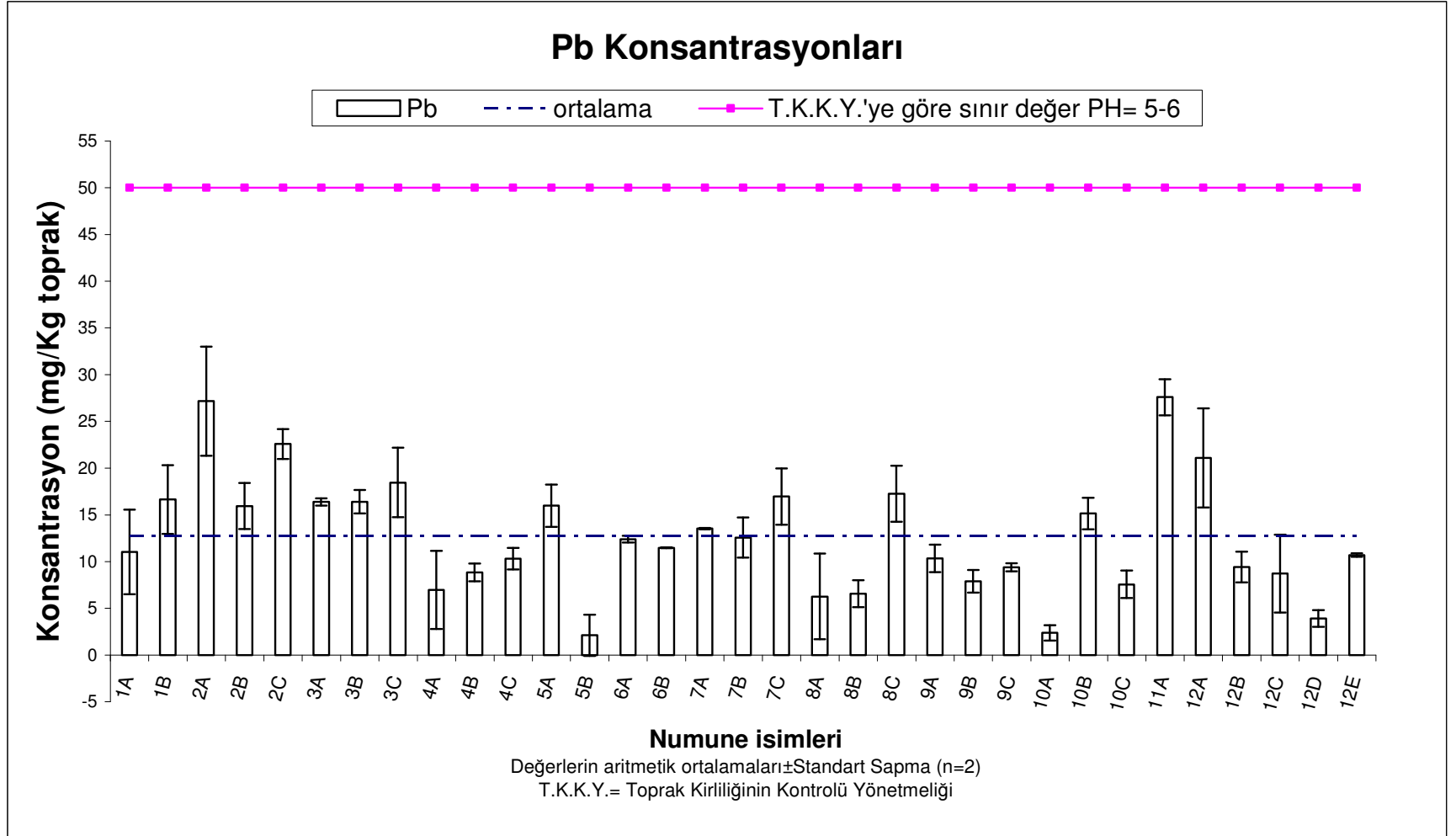
Araştırılan bölgede 2 tekrarlı yapılan analizlerin ortalaması, mg Pb/kg kuru toprak olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ortalama konsantrasyonlarının yanında standart sapmalar  $\pm$  olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Toprak örneklerindeki Pb konsantrasyonları

| Numuneler  | (ppm)            | Numuneler | (ppm)            | Numuneler | (ppm)            |
|--|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|
| 1A   | 11,03 $\pm$ 4,53 | 5A        | 15,98 $\pm$ 2,26 | 9B        | 7,90 $\pm$ 1,20  |
| 1B   | 16,63 $\pm$ 3,68 | 5B        | 2,10 $\pm$ 2,20  | 9C        | 9,38 $\pm$ 0,43  |
| 2A   | 27,16 $\pm$ 5,85 | 6A        | 12,41 $\pm$ 0,37 | 10A       | 2,38 $\pm$ 0,83  |
| 2B   | 15,93 $\pm$ 2,46 | 6B        | 11,49 $\pm$ 0,04 | 10B       | 15,14 $\pm$ 1,69 |
| 2C   | 22,59 $\pm$ 1,61 | 7A        | 13,54 $\pm$ 0,08 | 10C       | 7,56 $\pm$ 1,47  |
| 3A   | 16,39 $\pm$ 0,40 | 7B        | 12,56 $\pm$ 2,16 | 11A       | 27,58 $\pm$ 1,93 |
| 3B   | 16,40 $\pm$ 1,25 | 7C        | 16,96 $\pm$ 3,02 | 12A       | 21,10 $\pm$ 5,30 |
| 3C   | 18,47 $\pm$ 3,71 | 8A        | 6,27 $\pm$ 4,58  | 12B       | 9,41 $\pm$ 1,65  |
| 4A   | 6,96 $\pm$ 4,18  | 8B        | 6,57 $\pm$ 1,44  | 12C       | 8,71 $\pm$ 4,16  |
| 4B   | 8,85 $\pm$ 0,96  | 8C        | 17,26 $\pm$ 3,01 | 12D       | 3,95 $\pm$ 1,10  |
| 4C   | 10,31 $\pm$ 1,17 | 9A        | 10,35 $\pm$ 1,46 | 12E       | 10,69 $\pm$ 0,18 |
| <b>Bölge Topraklarındaki Ortalama Pb (ppm) : 12,73</b> |                  |           |                  |           |                  |

Topraklardaki ortalama Pb konsantrasyonu 12,73 ppm bulunmuştur. 2A, 2C, 11A ve 12A bölgelerindeki Pb konsantrasyonlarının, bu ortalama değeri aştığı görülmüştür.

Araştırılan topraklardaki Pb konsantrasyonları, bu konsantrasyonların ortalaması ve standart sapmaları ile Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde topraktaki Pb için belirlenen sınır değeri aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 4.6. Pb ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu

#### 4.2.7. Zn Analiz sonuçları

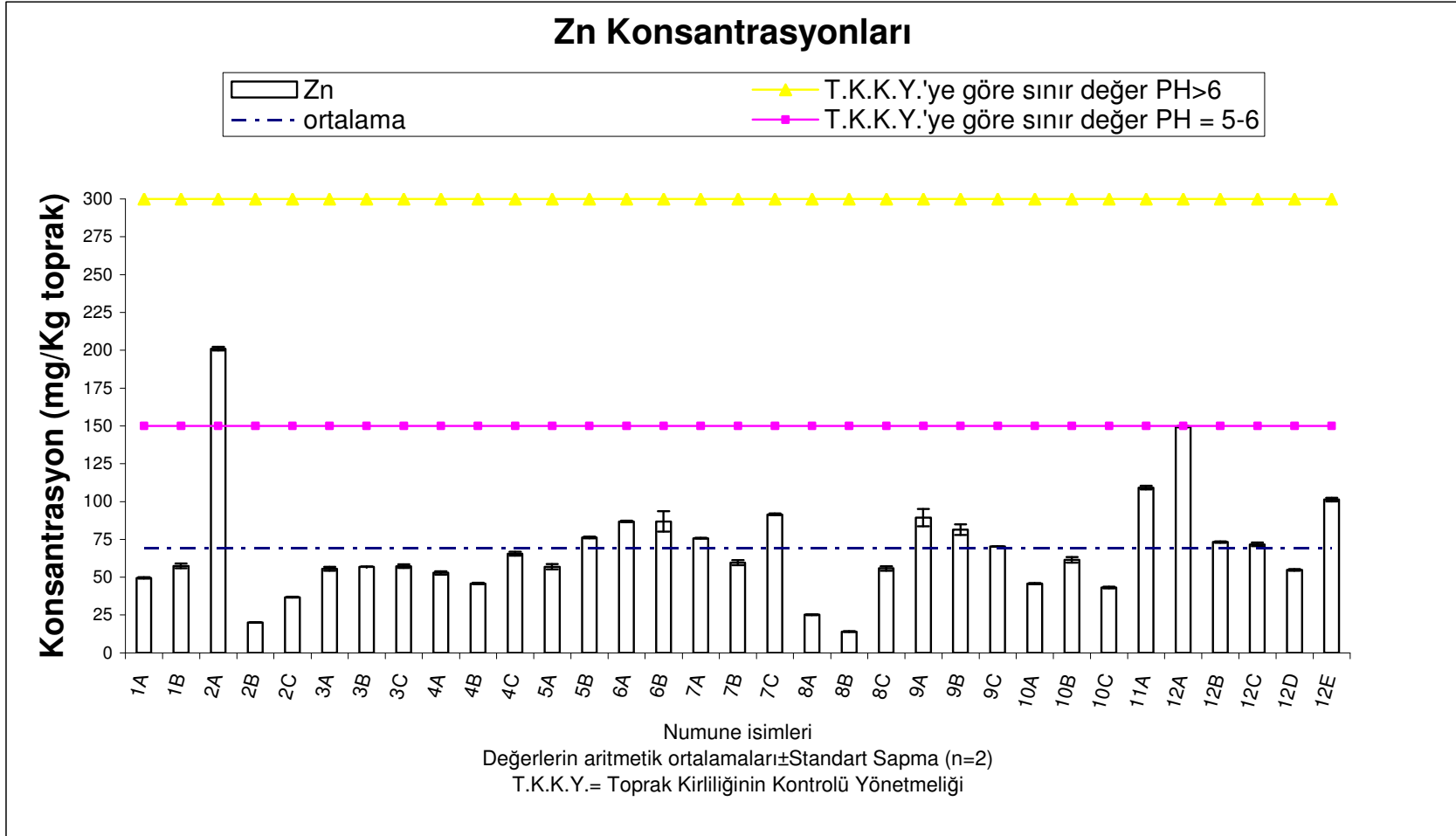
Araştırılan bölgede 2 tekrarlı yapılan analizlerin ortalaması, mg Zn/kg kuru toprak olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ortalama konsantrasyonlarının yanında standart sapmalar  $\pm$  olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Toprak örneklerindeki Zn konsantrasyonları

| Numuneler  | (ppm)             | Numuneler | (ppm)            | Numuneler | (ppm)             |
|--|-------------------|-----------|------------------|-----------|-------------------|
| 1A   | 49,53 $\pm$ 0,43  | 5A        | 56,94 $\pm$ 1,78 | 9B        | 81,42 $\pm$ 3,55  |
| 1B   | 57,49 $\pm$ 1,62  | 5B        | 76,24 $\pm$ 0,54 | 9C        | 70,23 $\pm$ 0,05  |
| 2A   | 201,07 $\pm$ 1,22 | 6A        | 86,89 $\pm$ 0,48 | 10A       | 45,80 $\pm$ 0,36  |
| 2B   | 20,10 $\pm$ 0,14  | 6B        | 86,87 $\pm$ 6,68 | 10B       | 61,48 $\pm$ 1,93  |
| 2C   | 36,85 $\pm$ 0,34  | 7A        | 75,76 $\pm$ 0,31 | 10C       | 43,24 $\pm$ 0,49  |
| 3A   | 55,52 $\pm$ 1,21  | 7B        | 59,64 $\pm$ 1,68 | 11A       | 109,22 $\pm$ 1,18 |
| 3B   | 56,97 $\pm$ 0,12  | 7C        | 91,56 $\pm$ 0,56 | 12A       | 149,58 $\pm$ 0,42 |
| 3C   | 57,30 $\pm$ 1,25  | 8A        | 25,17 $\pm$ 0,41 | 12B       | 73,21 $\pm$ 0,39  |
| 4A   | 52,87 $\pm$ 1,12  | 8B        | 14,10 $\pm$ 0,25 | 12C       | 71,70 $\pm$ 1,26  |
| 4B   | 45,78 $\pm$ 0,54  | 8C        | 55,83 $\pm$ 1,45 | 12D       | 54,95 $\pm$ 2,32  |
| 4C   | 65,62 $\pm$ 1,31  | 9A        | 89,34 $\pm$ 5,72 | 12E       | 101,35 $\pm$ 1,09 |
| <b>Bölge Topraklarındaki Ortalama Zn (ppm) : 69,08</b> |                   |           |                  |           |                   |

Topraklardaki ortalama Zn konsantrasyonu 69,08 ppm bulunmuştur. 2A ve 12A bölgelerindeki Zn konsantrasyonlarının, bu ortalama değeri aştığı görülmüştür.

Araştırılan topraklardaki Zn konsantrasyonları, bu konsantrasyonların ortalaması ve standart sapmaları ile Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde topraktaki Zn için belirlenen sınır değer aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 4.7. Zn ağır metalinin yerlere göre konsantrasyonu

Numunelerdeki ağır metal miktarları, Türkiye Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde belirlenen sınır değerler (PH = 5-6 ve PH > 6 için) ve bazı Avrupa Birliği üyelerince kendi ülkelerinde belirlenen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır.

31.05.2005 tarih ve 25831 sayılı Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde belirlenen sınır değerler (PH = 5-6 ve PH > 6 için) Tablo 4.9.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'ne göre topraktaki ağır metal sınır değerleri [40]

| <b>Ağır Metal (Toplam)</b> | <b>pH 5- 6<br/>mg/kg Fırın Kuru<br/>Toprak</b> | <b>pH&gt;6<br/>mg/kg Fırın Kuru<br/>Toprak</b> |
|----------------------------|--|--|
| Kurşun                     | 50   | 300  |
| Kadmiyum                   | 1  | 3  |
| Krom                       | 100  | 100  |
| Bakır                      | 50   | 140  |
| Nikel                      | 30   | 75   |
| Çinko                      | 150  | 300  |
| Arsenik                    | 20   | 20   |

Toprak numunelerinde bulunan ağır metal konsantrasyonları ile Yönetmelikteki sınır değerler Tablo 4.10.'da karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.10. Çalışma alanı ağır metal konsantrasyonları ile sınır değerlerin karşılaştırılması

| Ağır Metaller | Bölgelerde gözlenen ağır metallerin max.-min. konsantrasyonu (ppm) | Ağır metal konsantrasyonlarının sınır değerleri aştığı bölgeler   |                                     |
|---------------|--|---|-------------------------------------|
|               |  | PH = 5-6  | PH > 6                              |
| As            | 18,06 – 0,98   | -   | -                                   |
| Cd            | 0,47 – 0,02  | -   | -                                   |
| Cr            | 173,06 – 4,17  | 11A, 12B, 12C, 12D  | 11A, 12B, 12C, 12D                  |
| Ni            | 219,88 – 3,01  | 1B, 3A, 3B, 3C, 4A, 4B, 4C, 6A, 6B, 7A, 7B, 7C, 9A, 9B, 9C, 10A, 10B, 10C, 11A, 12A, 12B, 12C, 12D, 12E | 4C, 6B, 9A, 12A, 12B, 12C, 12D, 12E |
| Cu            | 108,18 – 2,98  | 4A, 4C, 5B, 12A, 12E  | -                                   |
| Pb            | 27,58 – 2,10   | -   | -                                   |
| Zn            | 201,07 – 14,10   | 2A  | -                                   |

Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde PH > 6 için verilen sınır değerleri As, Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının, PH = 5-6 için belirlenen sınır değerleri ise As, Cd ve Pb konsantrasyonlarının aşmadığı bulunmuştur.

Bazı Avrupa Birliği üye ülkeleri tarafından, kendi ülkelerinde belirlenmiş, topraktaki Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb ve Zn ağır metalleri konsantrasyonlarının sınır değerleri ile bu çalışmada bulunan ağır metal değerleri Tablo 4.11.'de karşılaştırılmıştır.



Tablo 4.11. Avrupa Birliği ülkelerince uygulanan toprakta ağır metal sınır değerleri [6]

| Ağır Metal | İngiltere | Almanya | Fransa | Danimarka | Bu çalışma |
|------------|-----------|---------|--------|-----------|------------|
| Kadmiyum   | 3         | 1,5     | 2      | 0,5       | 0,18       |
| Krom       | -         | 100     | 150    | 30        | 46,79      |
| Bakır      | 135       | 60      | 100    | 40        | 33,29      |
| Nikel      | 75        | 50      | 50     | 15        | 67,09      |
| Kurşun     | 300       | 100     | 100    | 40        | 12,73      |
| Çinko      | 300       | 200     | 300    | 100       | 69,08      |

Bu çalışmada bulunan krom konsantrasyonu, Danimarka için belirlenen sınır değerlerin üstünde çıkmıştır. Nikel konsantrasyonu ise Almanya, Fransa ve Danimarka'da uygulanan sınır değerlerin üstünde çıkmıştır.

Analizleri yapılan 33 toprak numunesinin 4 tanesinde Cr, 24 tanesinde Ni, 5 tanesinde Cu ve 1 tanesinde Zn metali Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde PH = 5-6 için belirlenen sınır değerlerin üstünde çıkmıştır. Yönetmelikte PH > 6 için belirlenen sınır değerleri ise Ni ve Cr konsantrasyonları aşmıştır.

Krom konsantrasyonları 4,17 ppm ile 173,06 ppm arasındadır. Araştırılan toprakların %12,12'si, 31.05.2005 tarih ve 25831 sayılı Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde PH = 5-6 ve PH > 6 için belirlenen 100 ppm sınır değerini aşmış olup, bu yerler 11A, 12B, 12C ve 12D olarak bulunmuştur.

Nikel konsantrasyonları 3,01 ppm ile 219,88 ppm arasında bulunmuştur. Araştırılan toprakların %72,73'ü yönetmelikte PH = 5-6 için belirlenen 30 ppm sınır değerinin üzerinde çıkmış olup, bu yerler 1B, 3A, 3B, 3C, 4A, 4B, 4C, 6A, 6B, 7A, 7B, 7C, 9A, 9B, 9C, 10A, 10B, 10C, 11A, 12A, 12B, 12C, 12D, 12E olarak bulunmuştur. Araştırılan toprakların %24,24'ü ise PH > 6 için belirlenen 75 ppm sınır değerini aşmış olup, bu yerler 4C, 6B, 9A, 12A, 12B, 12C, 12D, 12E olarak bulunmuştur.

Belirlenen bakır konsantrasyonları 2,98 ppm ile 108,18 ppm arasındadır. Araştırılan topraklar, yönetmelikte PH > 6 için belirlenen 140 ppm sınır değerini aşmamıştır. Yönetmelikte PH = 5-6 için belirlenen 50 ppm sınır değerlerini ise 4A, 4C, 5B, 12A,

12E bölgeleri aşmıştır. Araştırılan toprakların %15,15'i sınır değerlerin üzerinde Cu içermektedir. Bu bölgelerde bakır konsantrasyonunun yüksek çıkmasının sebebi olarak, kullanılan bakırlı tarım ilaçları düşünülmektedir. Kullanılan tarım ilaçlarının bazıları Tri-Miltox Forte ((C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>MnN<sub>2</sub>S<sub>4</sub>)<sub>x</sub>(Zn)<sub>y</sub>), Cupravid ob 21, Herkül, Bordo Bulamacı'dır. Bakırlı tarım ilaçları toprakta Cu birikimine neden olarak toprakta Cu kirliliğine sebep olmaktadır. Ayrıca bakır katkılı yemlerle beslenen hayvanların dışkılarının toprağa verilmesi de toprakta bakır birikimine yol açabilir. Ayrıca yönetmelikte Cu kirliliğine yol açtığı belirtilen petrokimya, metal ve metal kaplama, alaşım, akü, selüloz, kimya, kağıt ve karton sanayilerinin çalışma alanında bulunması, Cu kirliliğinin bu fabrikaların atıklarından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

Çinko konsantrasyonları 14,10 ppm ile 201,07 ppm arasındadır. Yönetmelikte PH = 5-6 için belirlenen 150 ppm sınır değeri 2A bölgesinde aşılmıştır. Çinko kirliliği araştırılan toprakların %3,03'ünde görülmüştür. Toprak numuneleri Yönetmelikte PH > 6 için belirlenen 300 ppm sınır değerini aşmamıştır.

Bitkiler tarım topraklarına uygulanan fosforlu gübrelerin %5-25'inden yararlanmaktadır. Bu nedenle her yıl toprağa aşırı miktarda fosforlu gübre uygulanabilmektedir. Uygulanan fosforlu gübre özellikle toprağın üst kısmındaki ağır metal konsantrasyonunun artmasına sebep olabilmektedir [41]. Çalışma alanında Ni, Cu ve Cr konsantrasyonlarının sınır değerlerin üstünde çıkmasının nedeni olarak, fosforlu gübrelerin kullanımı olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan bir çalışmada Sapanca Gölü yakınındaki topraklarda (TEM otoyolu ve D100 karayolu) kurşun miktarları 20,55 ppm ve 64,99 ppm bulunmuştur [42]. Bizim çalışmamızda ise, Uzunkum'dan (11A) alınan toprak numunesinde kurşun konsantrasyonu 27,58 ppm olarak bulunmuştur. Bulunan değerlerin, yönetmelikte belirlenen sınır değerler ile karşılaştırıldığında, önemli bir kirliliğe yol açmadığı gözlenmektedir. Ancak toprakta bulunan kurşunun akış sularıyla göle karışması ve gölde birikmesi düşünüldüğünde, bu miktarların bile göl için tehlikeli olabileceği unutulmamalıdır.

Sapanca Gölü'nde ağır metallerin belirlendiği diğer bir çalışmada, Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn ve Cd konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu metallerin ortalama yıllık değerleri sırasıyla 35,67 µg/L, 61,97 µg/L, 24,61µg/L, 22,57 µg/L, 46,44 µg/L, 88,52 µg/L, 2,97 µg/L olarak bulunmuştur. Bu çalışmada, bu değerlerin artması halinde, balıklarda ve onları yiyen insanların vücutlarında ağır metal miktarının yükselebileceği belirtilmiştir [43].

Sakarya bölgesinde yapılan diğer bir çalışmada, Adapazarı Belediyesi atıksu arıtma tesisinden alınan arıtma çamurlarında Cd ağır metaline rastlanılmamış olup, orta düzeyde Pb, Cr, Ni, Cu ve Zn bulunmuştur. Bulunan sonuçların, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen arıtma çamurlarındaki metal limit değerlerini aşmamasından dolayı, arıtma çamurunun tarım için kullanılabilir nitelikte olduğu belirtilmiştir [44].

### 4.3. Öneriler

Çocuklar ve hamileler başta olmak üzere insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen ağır metallerin, insanların yaşamlarını sürdürdüğü ortamlardan mümkün olduğunca uzaklaştırılması gerekmektedir.

Tarım ilaçları çevredeki canlılara zarar vermemesi ve toprak kirliliğine yol açmaması için dozunda ve yeteri kadar kullanılmalıdır.

Atıklarında ağır metal bulunan bütün fabrikaların bu metalleri çevreye bırakmamaları için gelişmiş arıtma sistemleri kullanmaları önerilmektedir. Bu bölgede yaşayan insanlar ağır metaller ve etkileri konusunda bilinçlendirilmelidir.

Topraklardaki organik madde miktarının artırılmasıyla ağır metallerin bu organik maddelerle bileşik oluşturması sağlanarak alınabilir forma dönüşmesi engellenebilir. Böylelikle bitkiler yoluyla insanlara kadar uzanan besin zincirindeki ağır metali miktarı azaltılabilir.

Ağır metal kirliliği olan topraklarda uygun bitki t¼rleri seşilmelidir. ¼zellikle yumrulu bitkiler ağır metali daha fazla b¼nyelerinde biriktirme ¼zelliđine sahip olduklarından ağır metal kirliliği olan b¼lgelerde bu bitkiler yetiştirilmemelidir.

Elde edilen değerler diğer Őehir topraklarında saptanan ağır metal değerleriyle karşılaştırıldığında Sakarya topraklarında meydana gelen kirlenmenin az olduğu sonucuna varılmıştır.

Araştırmamızda, tarımsal olarak kirlenmesi muhtemel alanların seşiminde b¼lge halkının g¼r¼řleri alınarak, toplam 33 adet toprak numunesi toplanmıştır. Bu numunelerin analizi sonucunda elde edilen verilerin ortalamasının, Sakarya ortalamasını temsil ettiği kabul edilmiştir. Bu ęalıřmadaki veriler, daha sonraki yıllarda yapılacak olan detaylı araştırmalar için bir kaynak teşkil edecektir. Daha sonraki yıllarda toplanacak numune sayıları artırılarak, her ilęeden en az 100 farklı alanlardan numuneler toplanarak daha doğru kirlilik ağı oluşturabilir. Bu veriler kullanılarak, b¼lgedeki ağır metal kirliliği haritası oluşturulabilir. Bilgisayar ortamına taşınan veriler, Coğrafik Bilgi Sistemleri (CBS) ile halkın hizmetine sunulabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] HUANG, S.S., LIAO, Q.L., HUA, M., WU, X.M., BI, K.S., YAN, C.Y., CHEN, B., ZHANG, X.Y., Survey of heavy metal pollution and assessment of agricultural soil in Yangzhong district, Jiangsu Province, China. 2007; Chemosphere, Vol. 67, no. 11: 2148-2155.
- [2] ARSLAN, Y., Bursa Ovası batı kesimi aluviyal topraklarının ağır metal içeriklerinin belirlenmesi. 2004; Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi: 38.
- [3] KOCAER, F.O., BAŞKAYA, H.S., Metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde uygulanan teknolojiler. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2003; 1(8): 121-131.
- [4] YILDIZ, M., GÜRKAN, M.O., TURGUT, C., KAYA, Ü., ÜNAL, G., Tarımsal savaşmada kullanılan pestisitlerin yol açtığı çevre sorunları. <http://www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/031mehmetyildiz.pdf>, 22.02.2008.
- [5] ZHANG, Y., ZHANG, H.W., SU, Z.C., ZHANG, C.G., Soil Microbial Characteristics Under Long-Term Heavy Metal Stress: A Case Study in Zhangshi Wastewater Irrigation Area, Shenyang. 2008; Pedosphere, Vol. 18, no. 1: 1-10.
- [6] ÖZKUL, C., İzmit civarı (Kocaeli) endüstrileşmenin toprak ağır metal derişimine etkisi, öncel çalışma. 2003; Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi: 58.
- [7] VEGA, F.A., COVELO, E.F., ANDRADE, M.L., Impact of industrial and urban waste on the heavy metal content of salt marsh soils in the southwest of the province of Pontevedra (Galicia, Spain). 2008; Journal of Geochemical Exploration, Vol. 96, no. 2-3: 148-160.
- [8] [www.epa.gov](http://www.epa.gov)
- [9] LAU, W.M., WONG, H.M., An ecological survey of lead contents in roadside dusts and soils in Hong Kong. 1982; Environmental Research, Vol. 28, no. 1: 39-54.

- [10] COVELO, E.F., VEGA, F.,A., ANDRADE, M.L., M. Luisa Andrade, Heavy metal sorption and desorption capacity of soils containing endogenous contaminants. 2007; Journal of Hazardous Materials, Vol. 143, no. 1-2: 419-430.
- [11] DUCOFFRE, G., CLAEYS, F., BRUAUX, P., Lowering time trend of blood lead levels in Belgium since 1978. 1990; Environmental Research, Vol. 51, no. 1: 25-34.
- [12] FURMAN, A., LALELİ, M., Analysis of lead body burden in Turkey. 1999; The Science of The Total Environment, Vol. 234, no. 1-3, 30: 37-42.
- [13] MERCIER, G., DUCHESNE, J., CARLES-GİBERGUES, A., A simple and fast screening test to detect soils polluted by lead. 2002; Environmental Pollution, Vol. 118, no. 3: 285-296.
- [14] AKHTER, M.S., MADANY, İ.M., Heavy metals in street and house dust in Bahrain. 1993; Water, Air, & Soil Pollution. Vol. 66, no. 1-2: 111-119.
- [15] MCLAUGHLIN, M.J., ZARCINAS, B.A., STEVENS, D.P., COK, N., Soil testing for heavy metals. 2000; <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=1513914>, 18.02.2008.
- [16] WANG, Y.P., SHI, J.Y., WANG, H., LIN, Q., CHEN, X.C. CHEN, Y.X., The influence of soil heavy metals pollution on soil microbial biomass, enzyme activity, and community composition near a copper smelter. 2007; Ecotoxicology and Environmental Safety, Vol. 67, no. 1: 75-81.
- [17] LIAO, G., LIAO, D., LI, Q., Heavy metals contamination characteristics in soil of different mining activity zones. 2008; Transactions of Nonferrous Metals Society of China, Vol. 18, no. 1: 207-211.
- [18] PIRLAK, U., Niğde ili patates ekim alanlarında ağır metal (Cd, Pb, Ni, Cu, Zn) kirliliğinin belirlenmesi. 2002; Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi: 8.
- [19] ZHOU, J.M., DANG, Z., CAI, M.F., LIU, C.Q., Soil Heavy Metal Pollution Around the Dabaoshan Mine, Guangdong Province, China. 2007; Pedosphere, Vol. 17, no. 5: 588-594.
- [20] WAHLA, I., H., KIRKHAM, M.B., Heavy metal displacement in salt-water-irrigated soil during phytoremediation. 2007; Environmental Pollution: 1-13.
- [21] DEMİR, R., AYDIN, F., Foseptik atıklar ile sulanan marullarda (*Lactuca Sativa* L. Var. *Longifolia* Lam.) ağır metal miktarları üzerinde bir çalışma. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 2000; 36(9): 15-17.

- [22] BOSE, S., BHATTACHARYYA, A.K., Heavy metal accumulation in wheat plant grown in soil amended with industrial sludge. 2008; Chemosphere, Vol. 70, no. 7: 1264-1272.
- [23] Diyarbakır il çevre durum raporu, Toprak ve arazi kullanımı. 2006; <http://www.diyarbakir-çevreorman.gov.tr/cevresel/doc/E.%20TOPRAK%20VE%20ARAZ%C4%B0%20KULLANIMI.DOC>, 17.01.2008.
- [24] DELİBACAĞ, S., ELMACI, O.L., SECER, M., BODUR, A., Trace element and heavy metal concentrations in fruits and vegetables of the Gediz River region. 2002; International Journal of Water, Vol. 2, no.2/3: 196-211.
- [25] CHARY, N.S., KAMALA, C.T., RAJ, D.S.S., Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. 2008; Ecotoxicology and Environmental Safety, Vol. 69, no.3: 513-524.
- [26] FAYIGA, A.O., MA, L.Q., ZHOU, Q, Effects of plant arsenic uptake and heavy metals on arsenic distribution in an arsenic-contaminated soil. 2007; Environmental Pollution, Vol. 147, no. 3: 737-742.
- [27] KHAN, S., CAO, Q., ZHENG, Y.M., HUANG, Y.Z., ZHU, Y.G., Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. 2008; Environmental Pollution, Vol. 152, no. 3: 686-692.
- [28] HERNANDEZ, A.J., ALEXIS, S., PASTOR, J., Soil degradation in the tropical forests of the Dominican Republic's Pedernales province in relation to heavy metal contents. 2007; Science of The Total Environment, Vol. 378, no. 1-2: 36-41.
- [29] VAZQUEZ, S., CARPENA, R.O., BERNAL, M.P., Contribution of heavy metals and As-loaded lupin root mineralization to the availability of the pollutants in multi-contaminated soils. 2008; Environmental Pollution, Vol. 152, no. 2: 373-379.
- [30] Romic, M., Romic, D., Heavy metals distribution in agricultural topsoils in urban area. 2003; Environmental Geology, Vol. 43, 7: 795-805.
- [31] HAUTALA, E.L., REKILÄ, R., TARHANEN, J., RUUSKANEN, J., Deposition of motor vehicle emissions and winter maintenance along roadside assessed by snow analyses. 1995; Environmental Pollution, Vol. 87, no. 1: 45-49.
- [32] YETİKER, N., Adana (Merkez) yol tozlarında ve yol kenarındaki topraklarda ağır metal kirliliği. 1998; Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi: 15,59.

- [33] YAMAN, S., Karayou kenar topraklarında kurşun kirlenmesi (Ceyhan-Adana). 1995; Tr., J., of Engineering and Environmental Sciences, 19:303-306.
- [34] DAY , J. P., HART, M., ROBINSON, M.S., Lead in urban street dust. 1975; Nature 253: 343-345.
- [35] OLAJIRE, A.A., AYODELE, E.T., Contamination of roadside soil and grass with heavy metals. 1997, Environment International, Vol. 23, no. 1: 91-101.
- [36] ANTONIADIS, V., TSADILAS, C.D., ASHWORTH, D.J., Monometal and competitive adsorption of heavy metals by sewage sludge-amended soil. 2007; Chemosphere, Vol. 68, no. 3: 489-494.
- [37] MBARKI, S., LABIDI, N., MAHMOUDI, H., JDIDI, N., ABDELLEY, C., Contrasting effects of municipal compost on alfalfa growth in clay and in sandy soils: N, P, K, content and heavy metal toxicity. 2008; Bioresource Technology: 1-6.
- [38] Sakarya ili tarımsal deseni ve bu desen içerisinde çayır mera ve yem bitkilerinin durumu. 2003;<http://www.ziraatci.com/editor/yazigoster.asp?katid=1&editid=49&yaziid=178&manual=off&kategori=Tarla%20Bitkileri> , 22.02.2008.
- [39] TIN, U., 2001 yılı iktisadi rapor, Adapazarı Ticaret ve Sanayi Odası.
- [40] Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2005. 25831.
- [41] CAMELO, L.G.L., MIQUEZ, S.R., MARBAN, L., Heavy metals input with phosphate fertilizers used in Argentina. Science of The Total Environment. 1997; The Science of the Total Environment 204: 245-250.
- [42] MERT, S., Tem Otoyolu ve D100 Karayolunun Çamlıca-Sakarya arasındaki kesiminde, yol kenarı bitki ve toprak örneklerinde trafik ve sanayi kaynaklı kurşun kirliliğinin tespiti. 2003; Gebze Yüksek Teknolojisi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi: 57.
- [43] DUMAN, F., SEZEN, G., NİLHAN T.G., Seasonal changes of some heavy metal concentrations in Sapanca Lake water, Turkey. 2007; International Journal of Natural and Engineering Sciences, no:1 (3):25-28
- [44] ARLI, S., Arıtma çamurlarındaki ağır metallerin bitkilerle giderimi. 2006; Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi: 41.



## ÖZGEÇMİŞ

Gölsün OK, 24.05.1983'te İstanbul' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2002 yılında Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde Lisans öğrenimine başladı. 2006 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden mezun olup, aynı sene Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.