

t



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

**BAZI AĞIR METALLERİN TOPRAKTAKİ**  
**TAŞINIMLARININ BELİRLENMESİNE**  
**YÖNELİK**  
**MODELLEME ÇALIŞMASI**

**ERTUĞRUL ESERAY**

**DOKTORA TEZİ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**Aralık-2012**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Ertuğrul ESMERAY tarafından hazırlanan “Bazı ağır metallerin topraktaki taşınımlarının belirlenmesine yönelik modelleme çalışması” adlı tez çalışması 24/12/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof.Dr. Erol PEHLİVAN

#### Danışman

Prof.Dr. Mehmet Emin AYDIN

#### Üye

Prof.Dr.Erol PEHLİVAN

#### Üye

Doç.Dr. Şükrü DURSUN

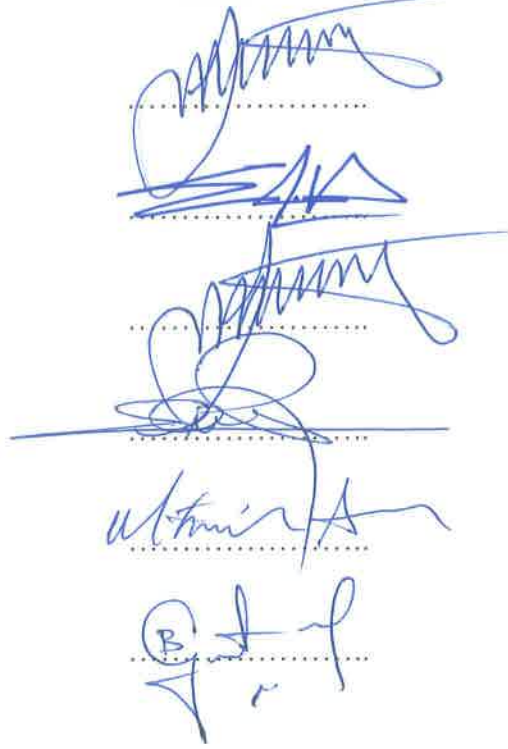
#### Üye

Doç.Dr. Mehmet Emin ARGUN

#### Üye

Yrd.Doç.Dr. Bünyamin GÜÇLÜ

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Aşır GENÇ  
Selçuk Üniversitesi FBE Müdürü

Bu tez çalışması S.Ü. BAP tarafından 08101007 nolu proje ile desteklenmiştir.

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ertuğrul ESMERAY

Tarih: 25.12.2012

İmza:



**ÖZET****DOKTORA TEZİ****BAZI KİRLETİCİLERİN TOPRAKTAKİ TAŞINIMLARININ  
BELİRLENMESİNE YÖNELİK MODELLEME ÇALIŞMASI****ERTUĞRUL ESMERAY****Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Prof.Dr.Mehmet Emin AYDIN****2012, 150 Sayfa****Jüri****Prof.Dr. Mehmet Emin AYDIN****Prof.Dr. Erol PEHLİVAN****Doç.Dr. Şükrü DURSUN**

Bu tezde, bazı ağır metallerin topraktaki taşınımları incelenmiştir. Çalışmada 10 farklı toprak numunesi kullanılmış ve bu numuneler yine farklı illerimizden (Bolu, Ankara, Konya) temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan toprak numuneleri ön işlemden geçirilerek kurutulmuş ve daha sonra uygun eleklerden geçirilerek numunelerin homojenliği sağlanmıştır. Elde edilen örneklerde, modelleme çalışmasının temel verilerini oluşturacak (fiziksel ve kimyasal özellikler) uygun analiz yöntemleri ile tespit edilmiştir. Bunlar pH, tuzluluk, kireç, organik madde, toplam azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, mangan, çinko, demir, bakır ve toprak tekstürü (kum, kil, silt içeriği) dir. Sonraki aşamada hazırlanan kolon deney düzeneğine, toprak numuneleri topraktan alındıkları derinliklere uygun olarak yerleştirilmişlerdir (0-30, 30-60, 60-90 cm). Kolon sisteminde sentetik kirletici olarak kullanılacak olan Zn, Pb, Cu, Ni çözeltileri hazırlanarak kolon sisteminden geçirilmiştir. Kolon deneyi esnasında kirlilik konsantrasyonları (toprak numunelerinden alınan örneklere göre) ölçülerek bilgisayar programı hazırlanmadan önceki veri setlerinin oluşturulması sağlanmıştır.

Visual Basic ile oluşturulan program SPTM (Toprak kirletici taşınım modellemesi) yardımı ile mevcut data setler kullanılarak bilgisayar eğitilmiş, yine program yardımı ile farklı toprak tiplerine yönelik bir modelleme algoritması oluşturularak program tamamlanmıştır. SPTM ile kirleticilerin toprak içindeki düşey yöndeki taşınımları bilgisayar yardımı ile modellenmeye çalışılmıştır. Çalışmada taşınımları incelen metallerin (Zn, Pb, Cu, Ni) topraktaki düşey hareketine dair datalar elde edilerek, mevcut model yapısının doğruluğuna yönelik araştırmalar yapılmıştır. Toprak tekstürünün, çözeltilerin toprak içerisinde hareketine olan etkisi veriler neticesinde gözlemlenmiştir. Kil oranı yüksek topraklarda yüzeyde tutunma daha fazla olup, metal çözeltilerinin toprağın alt katmanlarına ulaşması daha uzun süreler (ortalama 3 saat) almıştır. Buna bağlı olarak da metal konsantrasyonlarının toprağın diğer alt katmanlarındaki miktarları azalmıştır. Aynı şekilde kum oranı yüksek topraklardaki metal çözeltilerinin düşey hareketi daha kolay olmuş, çözeltilerin toprak katmanlarının daha derinlerine inmesi daha kısa

sürelerde meydana gelmiş (ortalama 2 saat) ve metal konsantrasyonları buna paralel olarak daha derin tabakalarda da gözlemlenebilmiştir.

SPTM programının veri seti, mevcut verileri artırılarak zenginleştirildiği takdirde kullanılan algoritmanın modelin doğruluk payını arttırmaya pozitif katkısı olacağı düşünülmektedir. Bunun için yapılabilecekler, yeni toprak numunelerinin fiziksel, kimyasal ve tekstür özellikleri programın veri tabanına eklenebilir. Veri tabanına eklenen toprak numunelerinde metal çözeltilerinin taşınımına yönelik analizler yapılarak elde edilen veriler SPTM programının eğitiminde kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak kirliliği, Kirlilik Taşınımı, Modelleme, Kolon sistemi, Ağır Metal.

**ABSTRACT****Ph.D THESIS****MODELLING STUDY ON TRANSPORTATION OF SOME POLLUTANTS IN SOIL****Ertuğrul ESIMERAY****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE  
OF SELÇUK UNIVERSITY  
DOCTOR OF PHILOSOPHY  
IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING****Advisor: Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN****2012, 156 Pages****Jury****Prof.Dr. Mehmet Emin AYDIN****Prof.Dr. Erol PEHLİVAN****Assoc.Prof. Şükrü DURSUN**

In this study, modelling was made about some heavy metal transportation in soil. 10 different soil samples from 3 different cities were used for this study. All soil samples were air dried, lightly crushed to pass through a 2mm sieve for homogeneity. Some experimental results as a characterization of soil types (physical and chemical properties and texture of soils) were used for dataset creation. These were pH, salinity, humidity, and chemical contents such as organic matter, total nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sodium, manganese, zinc, iron, copper, and soil textures (contents of silt, clay, and sand). Soil samples were filled in column as per depth of 0-30, 30-60 and 60-90 cm to create soil layers as a requisite of experimental setup. Synthetic contaminant solutions were prepared from Zn, Pb, Cu, Ni and these solutions were fed to column surface. The final contaminant concentrations were measured after infiltration of each layer of experiment column. Obtained results of contaminant concentration were matched with soil characterization dataset as to follow transportation behaviour of pollutants in soils.

SPTM (Soil pollution transportation modelling) software was developed using Visual Basic programming language. Firstly, software was trained via datasets and SPTM (with new programming algorithms) software was completed for different soil samples. This study aimed to estimate the vertical transportation of some pollutants and their quantity in the soil profile with computer programming (SPTM). The transportation study data were the obtained on the examined metals (Zn, Pb, Cu, Ni) vertical movement in soil, were used the existing structure of the accuracy of the model is conducted. The effect of soil texture in the movement of the soil solutions was observed. Adhesion power on metal solutions at the surface is a high percentage with clay soils, and movement rate the lower layers of the soil taking long periods (average of 3 hours). Accordingly, the other sub-layers of metal concentrations in the soil amounts were decreased. Also, a high percentage of the vertical metal movement in sandy soil was easier the solutions stroke shorter times deeper layers of soil (approximately 2 hours) and in parallel to the deeper layers of the metal concentrations was observed.

SPTM program data set, with the availability of higher data has been enriched by increasing the share of the algorithm used to increase the accuracy of the model will be higher positive contribution. For this point, it can be done to the new soil sample types that prepared different combination of the physical, chemical and textural properties can be added to the program's database. Addition metal solutions transportation to the database for the analysis of soil samples obtained from the data for SPTM education program.

**Keywords:** Soil Pollution, Pollution Transport, Modelling, Column System, Heavy Metal.

## ÖNSÖZ

Tabiatta kirlilik taşınımının incelenmesi, gözlenmesi Çevre Mühendisliği açısından önemli bir araştırma alanıdır. Bu nedenle değişik çevresel ortamlarda farklı kirleticilerin taşınımını inceleme amaçlı birçok çalışma yapılmaktadır. S.Ü. BAP koordinatörlüğünde de desteklenen bu tez çalışmasında bazı ağır metallerin topraktaki taşınımının modellenmesi yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu bağlamda çalışmalarım esnasında yardım ve desteklerini esirgemeyen danışmanım, değerli hocam Prof.Dr. Mehmet Emin AYDIN'a en samimi saygı ve şükranlarımı sunmayı borç bilirim. Ayrıca çalışmalarım her aşamasında bilgilerine başvurduğum değerli hocam Doç.Dr. Şükrü DURSUN'a, tez süresince çalışmalarımı izleyen ve yönlendiren tez izleme komitesi üyesi sayın Prof.Dr. Erol PEHLİVAN hocama, Tezimin kontrolünde ve farklı aşamalarında yardımlarını esirgemeyen Prof.Dr. Ali TOR, Doç.Dr. Senar ÖZCAN, Doç.Dr.M.Emin ARGUN ve Yrd.Doç.Dr.Dünyamin GÜÇLÜ hocalarıma şükranlarımı sunar, teşekkür ederim.

Yine bu tez çalışmasının yapılabilmesi için gerekli maddi desteği sağlayan Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Daire Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Ayrıca beni her türlü desteği ile yalnız bırakmayan kıymetli eşim Zeynep ESIMERAY'a, neşe ve moral kaynağım sevgili yavrularım Burak, Melike, Aybike, Betül ESIMERAY'a, tüm hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen babam Bilal ve annem Zehra ESIMERAY'a da sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Ertuğrul ESIMERAY

KONYA-2012



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>3</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>5</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>6</b>
<b>ŞEKİLLER İNDEKSİ .....</b>	<b>8</b>
<b>ÇİZELGELER İNDEKSİ .....</b>	<b>10</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>13</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>14</b>
1.1. Çalışmada Kullanılan Metallerin Özellikleri ve Zararlı Etkileri.....	15
1.1.1. Çinko (Zn).....	16
1.1.2. Bakır (Cu) .....	16
1.1.3. Kurşun (Pb).....	17
1.1.4. Nikel (Ni).....	17
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>18</b>
2.1 Toprak ve Kirleticileri .....	18
2.1.1. Organik kirleticiler.....	22
2.1.2. Ağır metaller .....	23
2.1.3. Toprak Kirliliği Kontrol Metodları.....	25
2.2. Modelleme Çalışmaları.....	27
2.2.1. Temel terimler ve Çevre Mühendisliğinde modelleme .....	30
2.2.2. Modelleme çalışmalarında kullanılan bazı yardımcı bilgisayar programları ...	31
2.2.2.1. MATLAB.....	31
2.2.2.2. SPSS.....	32
2.2.2.3. MINITAB .....	32
<b>3. MATERYAL VE METOT.....</b>	<b>33</b>
3.1. Materyal .....	33
3.1.1. Toprak numunelerinin alındığı bölgeler .....	33
3.1.2. Kullanılan kimyasallar .....	40
3.1.3. Kolon deney düzeneği .....	41
3.2. Deneysel Metodlar .....	45
3.2.1. Hazırlık aşaması ve toprak özelliklerinin tayin edilmesi.....	45
3.2.1.1. Toprak tekstürü .....	47
3.2.2. Metallerin ölçümleri .....	56
3.3. Veri Setlerinin Oluşturulması .....	57
3.4. Modelleme .....	58
3.4.1. Hazırlanan program ile ilgili detaylar .....	63
3.5. İstatistiki İlişkilerin İncelenmesi.....	63

<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>66</b>
4.1. Deneysel Çalışmalar .....	66
4.1.1. Toprak numuneleriyle ilgili temel analiz sonuçları .....	66
4.1.2. Toprak numunelerinin tekstür analiz sonuçları .....	87
4.1.3. Toprak numuneleri ve kirleticilerle ilgili analiz sonuçları.....	89
4.2. Programlamaya Yönelik İstatistik Veriler .....	93
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>104</b>
5.1. Analiz Sonuçlarının Grafikselsel Gösterimleri .....	104
5.2. SPTM ile Elde Edilen Sonuçlar ve Öneriler .....	114
5.3. SPTM Programına Ait Ekran Görüntüleri .....	116
5.4. Değerlendirme .....	122
<b>6. . KAYNAKLAR .....</b>	<b>124</b>
<b>7. EKLER .....</b>	<b>130</b>
EK-1 Örnek Program Kodları .....	130
EK-1.1. Giriş Sayfası Örnek Kodları .....	130
EK-1.2. Arayüz Bölümü Örnek Kodları .....	131
EK-1.3. Database bağlantı bölümü .....	142
EK-1.4. Yazdırma Bölümü Örnek Kodları .....	143
EK-2 Yararlanılan Standartlar .....	147
<b>8.ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>149</b>

## ŞEKİLLER İNDEKSİ

Şekil 2.1. Toprak kirliliği temizleme teknolojileri .....	26
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan toprak numunelerinin alındığı bölgeler .....	33
Şekil 3.2. Toprak numunelerinin alındığı bölge-1 .....	34
Şekil 3.3. Toprak numunelerinin alındığı bölge-1 .....	35
Şekil 3.4. Toprak numunelerinin alındığı bölge-2 .....	35
Şekil 3.5. Toprak numunelerinin alındığı bölge-3 .....	36
Şekil 3.6. Toprak numunelerinin alındığı bölge-4 .....	36
Şekil 3.7. Toprak numunelerinin alındığı bölge-5 .....	37
Şekil 3.8. Toprak numunelerinin alınması (yüzey, 0-30 cm) .....	37
Şekil 3.9. Toprak numunelerinin alınması (0-30 cm) .....	38
Şekil 3.10. Toprak numunelerinin alınması (30-60 cm) .....	38
Şekil 3.11. Toprak numunelerinin alınması (60-90 cm) .....	39
Şekil 3.12. Toprak numunelerinin laboratuvara getirilmesi .....	39
Şekil 3.13. 40-30-30 cm'lik 3 parçaya bölünen kolonların hazırlanması .....	42
Şekil 3.14. 40-30-30 cm'lik deney düzeneği için hazırlanmış kolonlar .....	43
Şekil 3.15. a) Sızdırmazlık contaları b) ve c) Contanın çevresinin bantla sabitlenmesi. ....	43
Şekil 3.16. Örnek bir kolonun yüklenmiş hali .....	43
Şekil 3.17. Deney sonucu kolonun ayrılması (30-60 cm, 60-90 cm, Taban Filtresi) .....	44
Şekil 3.18. Toprak numunelerinin alınması (Yüzey, 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) ....	44
Şekil 3.19. Toprak numunelerinin kurutulması .....	45
Şekil 3.20. Toprak numunelerinin sırasıyla 4-3-2 mm'lik eleklerden geçirilmesi .....	46
Şekil 3.21. Numune hazırlanması tartım işlemleri .....	47
Şekil 3.22. Tekstür üçgeni .....	48
Şekil 3.23. Kalsimetre .....	51
Şekil 3.24. Optima 2100 DV ICP-OES cihazı .....	56
Şekil 3.25. Model hazırlanma aşamaları .....	60
Şekil 3.26. SPTM veritabanı bölümünün akım şeması .....	61
Şekil 3.27. SPTM genel akım şeması .....	62
Şekil 4.1. 1 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları .....	68
Şekil 4.2. 2 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları .....	70
Şekil 4.3. 3 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları .....	72
Şekil 4.4. 4 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları .....	74
Şekil 4.5. 5 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları .....	76
Şekil 4.6. 6 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları .....	78
Şekil 4.7. 7 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları .....	80
Şekil 4.8. 8 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları .....	82
Şekil 4.9. 9 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları .....	84
Şekil 4.10. 10 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları .....	86
Şekil 4.11. Toprak numunelerinin tekstür sınıfı analiz sonuçları .....	88
Şekil 5.1. 1 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki .....	104
Şekil 5.2. 2 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki .....	105
Şekil 5.3. 3 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki .....	106
Şekil 5.4. 4 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki .....	107

Şekil 5.5. 5 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki .....	108
Şekil 5.6. 6 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki .....	109
Şekil 5.7. 7 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki .....	110
Şekil 5.8. 8 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki .....	111
Şekil 5.9. 9 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki .....	112
Şekil 5.10. 10 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki .....	113
Şekil 5.11. SPTM-S giriş bölümü .....	116
Şekil 5.12. Ana program bölümü .....	116
Şekil 5.13. Taşınım modellenmesi istenen kirletici ve toprağa ait bilgi girişleri bölümü .....	117
Şekil 5.14. Modelleme ve grafik ara yüzü modülü .....	117
Şekil 5.15. Örnek model uygulaması (Çinko örneği) .....	118
Şekil 5.16. Grafik modülü (2d bar) .....	118
Şekil 5.17. Grafik modülü (3d bar) .....	119
Şekil 5.18. Grafik modülü (2d Line) .....	119
Şekil 5.19. Grafik modülü (3d Line) .....	120
Şekil 5.20. Grafik modülü (3d Step) .....	120
Şekil 5.21. Baskı ön izleme bölümü .....	121
Şekil 5.22. Hakkında bölümü .....	121

## ÇİZELGELER İNDEKSİ

Çizelge 2.1. Pestisitlerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması.....	23
Çizelge 2.2. Ağır metallerin endüstriyel kaynakları ve zararlı etkileri.....	24
Çizelge 2.3. İlgili yönetmeliklere göre bazı ağır metallerin su ve topraktaki sınır değerleri .....	24
Çizelge 2.4. Değişik arıtma metodlarının sudan ağır metal giderim kapasitelerinin karşılaştırılması .....	25
Çizelge 2.5. Toprak kirliliği uygun ıslah teknolojileri ve ıslah tipleri.....	26
Çizelge 3.1. ZnCl <sub>2</sub> genel özellikleri ve görünümü .....	40
Çizelge 3.2. CuCl <sub>2</sub> genel özellikleri ve görünümü.....	40
Çizelge 3.3. PbCl <sub>2</sub> genel özellikleri ve görünümü .....	41
Çizelge 3.4. NiCl <sub>2</sub> genel özellikleri ve görünümü .....	41
Çizelge 3.5. Toprakta EC ve % toplam tuz değerlerinin değerlendirilmesi (Güçdemir, 2008).....	50
Çizelge 3.6. Kireç (CaCO <sub>3</sub> )muhtevasına göre toprakların sınıflandırılması (Güçdemir, 2008).....	51
Çizelge 3.7. Örnek çalışma, derinlik ve kirlenici (Cu) arasındaki regresyon analiz çizelgesi .....	64
Çizelge 4.1. 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (1 nolu toprak numunesi).....	67
Çizelge 4.2. 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (1 nolu toprak numunesi).....	67
Çizelge 4.3. 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (1 nolu toprak numunesi).....	67
Çizelge 4.4. 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (2 nolu toprak numunesi).....	69
Çizelge 4.5. 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (2 nolu toprak numunesi).....	69
Çizelge 4.6. 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (2 nolu toprak numunesi).....	69
Çizelge 4.7. 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (3 nolu toprak numunesi).....	71
Çizelge 4.8. 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (3 nolu toprak numunesi).....	71
Çizelge 4.9. 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (3 nolu toprak numunesi).....	71
Çizelge 4.10. 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (4 nolu toprak numunesi).....	73
Çizelge 4.11. 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (4 nolu toprak numunesi).....	73
Çizelge 4.12. 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (4 nolu toprak numunesi).....	73
Çizelge 4.13. 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (5 nolu toprak numunesi).....	75
Çizelge 4.14. 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (5 nolu toprak numunesi).....	75
Çizelge 4.15. 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (5 nolu toprak numunesi).....	75

Çizelge 4.16. 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (6 nolu toprak numunesi).....	77
Çizelge 4.17. 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (6 nolu toprak numunesi).....	77
Çizelge 4.18. 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (6 nolu toprak numunesi).....	77
Çizelge 4.19. 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (7 nolu toprak numunesi).....	79
Çizelge 4.20. 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (7 nolu toprak numunesi).....	79
Çizelge 4.21. 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (7 nolu toprak numunesi).....	79
Çizelge 4.22. 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (8 nolu toprak numunesi).....	81
Çizelge 4.23. 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (8 nolu toprak numunesi).....	81
Çizelge 4.24. 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (8 nolu toprak numunesi).....	81
Çizelge 4.25. 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (9 nolu toprak numunesi).....	83
Çizelge 4.26. 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (9 nolu toprak numunesi).....	83
Çizelge 4.27. 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (9 nolu toprak numunesi).....	83
Çizelge 4.28. 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (10 nolu toprak numunesi).....	85
Çizelge 4.29. 30-60cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (10 nolu toprak numunesi).....	85
Çizelge 4.30. 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (10 nolu toprak numunesi).....	85
Çizelge 4.31. Toprak Numunelerinin Tekstürlerine göre sınıflandırılması.....	87
Çizelge 4.32. Toprak Numuneleri başlangıç kirletici konsantrasyonları (Zn, Cu, Pb ve Ni ).....	89
Çizelge 4.33. 1 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	89
Çizelge 4.34. 2 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	90
Çizelge 4.35. 3 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	90
Çizelge 4.36. 4 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	90
Çizelge 4.37. 5 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	90
Çizelge 4.38. 6 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	90
Çizelge 4.39. 7 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	90
Çizelge 4.40. 8 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	90
Çizelge 4.41. 9 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	91
Çizelge 4.42. 10 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	91
Çizelge 4.43. 1 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	91
Çizelge 4.44. 2 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	91
Çizelge 4.45. 3 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	91
Çizelge 4.46. 4 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	91
Çizelge 4.47. 5 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	92
Çizelge 4.48. 6 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	92
Çizelge 4.49. 7 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	92

Çizelge 4.50. 8 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	92
Çizelge 4.51. 9 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	92
Çizelge 4.52. 10 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları .....	92
Çizelge 4.53. Toprak numunelerine ait çinko taşınım ile ilgili istatistiki veriler .....	94
Çizelge 4.54. Toprak numunelerine ait bakır taşınım ile ilgili istatistiki veriler .....	96
Çizelge 4.55. Toprak numunelerine ait kurşun taşınım ile ilgili istatistiki veriler .....	98
Çizelge 4.56. Toprak numunelerine ait nikel taşınım ile ilgili istatistiki veriler .....	100
Çizelge 4.57. Toprak tekstürleri ile kirletici taşınımları arasındaki istatistiki veriler ..	102

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### SİMGELER

**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

**g** : Gram

**µg** : Mikrogram

**mg** : miligram

**kg** : kilogram

**ml**: mililitre

**ha** : Hektar

**max.** : Maksimum

**min.** : Minimum

**ppm** : Parts per million

### KISALTMALAR

**A.Asetat** : Amonyum Asetat

**A.A.S** : Atomik absorpsiyon spektrofotometresi

**DDT** : Dikloro difenil trikloretan

**DTPA** : Dietilenamin pentaasetikasit

**EPA** : Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)

**ICP** : İndüktif Eşleşmiş Plazma (Inductively Coupled Plasma)

**PAH** : Poliaromatik hidrokarbonlar

**PCB** : Poliklorlu bifeniller

**WHO** : Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

**YK**: Yüksek konsantrasyon

**DK**: Düşük konsantrasyon



## 1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasında, bazı ağır metallerin, toprak içerisindeki taşınımını hakkında modelleme çalışmaları yapılarak, kirleticilerin ortamdaki değişkenlerin etkileriyle toprak içerisindeki hareketleri ve kirletici etkileri araştırılmıştır. Ayrıca farklı toprak tipleriyle de çalışmalar yapılarak, bu tür kirleticilerin taşınımına etkisi olabilecek parametreler incelenmiştir.

Toprağın su ve havaya oranla dış etkenlere karşı tamponlama gücü daha yüksektir. Ancak sisteme ilave edilen kirleticiler tarafından bozunmalar meydana geldiğinde karşılaşılan sorunlar o ölçüde karmaşık, zor ve düzeltilmesi maliyetlidir. Toprak kirlenmesine sebep olan başlıca kirleticiler: ağır metaller, suni gübreler, tarımsal mücadele ilaçları, atıksular, atmosferik emisyonlar, arıtma çamurları, katı atıklar, çöpler, radyoaktif atıklardır.

Bitkilerin gelişimini sınırlandıran, termal üretimi azaltan zararlı böcek, yabancı ot, mantar ve kemirici hayvanlarla mücadelede çok değişik tür ve bileşimde kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Tarımda mücadele amacıyla kullanılan bütün kimyasallara pestisit adı verilir. Bu kimyasal türler kullanıldıkları yerlere göre değişik isimler almaktadır. Bunlar; insektisitler (böcek öldürücüler), fungusitler (mantar öldürücüler), herbisitler (yabancı ot öldürücüler), rodontisitler (kemirici hayvan öldürücüler). Pestisitlerin topraktaki kalıntıları toprak verimliliğinin artırılmasında önemli rol oynayan solucan gibi toprak faunasının zarar görmesine neden olur. Pestisit kalıntıları bulaşmış toprakta yetiştirilen ürünler, az da olsa kalıntı içerecekler ve bu ürünlerin hayvan ve insanlar tarafından tüketilmeleri ile kalıntılar beslenme zinciri içinde hareket ederek zararlı sonuçlar doğururlar, pestisitler topraktan sızma yoluyla yeraltı sularına ve buharlaşma ile atmosfere karışarak uygulama alanları dışındaki ortamlara zarar verebilirler. Tarım ilaçları kimyasal bileşimine göre; suda çözünen tozlar, sulu çözeltiler, emülsiyon halinde değişik ilaçlar, granüller, aerosollar, yemler şeklinde kullanılırlar.

Ağır metaller genel olarak atmosferik hareketler (yağmur, kar vb.), arıtma çamurlarının vahşi depolanması, canlı dışkıları, evsel atıkların düzensiz bertarafı gibi sebeplerle toprağa nüfuz ederler.

Toprakta bulunan ağır metal kirliliği kaynakları ve ilgili sanayiler; Cd (pil sanayisi, kullanımı, boya sanayi, doğal nedenler, termik santraller, tarımsal ilaçlama), Cu (kimya sanayisi ve yan ürünleri), Ni (pil sanayi, kimya sanayi ve yan ürünleri), Cr (Demir çelik sanayileri, termik santraller, maden sanayisi), Pb (Petrol sanayisi,

rafineriler, termik santraller, oto sanayisi, egzoz gazı), Zn (kimya sanayi, ve yan ürünleri), Hg (pil sanayi, elektrik, elektronik sanayi, tıbbi atıklar, doğal kaynaklar, termik santraller) şeklinde özetlenebilir. Söz konusu metaller doğal çevrede birikme eğilimi gösteren daha çok toksik eğilimli elementlerdir.

Değişik yollarla topraklara nüfuz eden ve toprağın değişik tabakalarında birikme yapan ağır metaller, toprağın verimliliğine ve verim kayıplarına, topraktaki doğal mikrobiyal aktiviteye, çeşitliliğe hatta besin zinciri yoluyla canlılarda zehirlenmelere kadar birçok çevresel problemlere yol açtığı gibi, bunlara bağımlı olarak da insan sağlığı ile ilgili problemlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Ağır metaller, ekosistemde yüksek düzeyde dayanıklılık ve zehirlilik etkisi göstermesi nedeniyle çevredeki en tehlikeli maddelerden biri olarak kabul edilmektedir.

Bu çalışma ile bazı metallerin toprak içerisindeki taşınımını laboratuvar ortamında yapılan kimyasal analizler neticesinde elde edilen verilerin işlenmesi sonucu hazırlanan bilgisayar programı vasıtası ile modelleme yapılarak araştırılmıştır. Yapılan taşınım modelleme çalışmalarıyla, kirleticilerin toprak ortamlarındaki hareketleri hakkında bilgi sahibi olunmaya çalışılmıştır.

Çalışmada toprak numunelerinin temel fiziksel ve kimyasal özelliklerinin analizleri yapılmış, daha sonra bu numuneler kolon deney düzeneğine (topraktan alındığı derinliğe uygun olarak) yerleştirilmiş ve çalışmaya konu olan metal çözeltilerinin içerisinde geçirilmesi sağlanmıştır. Deney başlangıcında ve sonundaki metal konsantrasyonları ölçümlerinden yararlanılarak program için veri setleri oluşturulmuştur. Elde edilen bu veriler ışığında program algoritması hazırlanmış ve modele yönelik istatistiksel işlem yapılmıştır. Neticede elde edilen veriler ve hazırlanan model algoritması ile program kodlama işlemleri yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

### **1.1. Çalışmada Kullanılan Metallerin Özellikleri ve Zararlı Etkileri**

Tabiattaki birçok metal insan vücudu ve gelişmesi için faydalı ve belli miktarlarda alınması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda ağır metallerin insan sağlığı için tehlike oluşturabileceği sınır değerler tespit edilmiştir. Çinko, bakır gibi bu metallerin tespit edilen sınır değerlerden daha fazla insan ve canlı yapısında birikmesi hayati tehlikelere ve zararlı etkilere yol açabilmektedir. Metallerin toprak içerisinde düşey yöndeki hareketini inceleyen bu modelleme çalışmasında kullanılan Çinko (Zn), Bakır (Cu), Kurşun (Pb) ve Nikel (Ni) metallerinin özellikleri ve canlılarda meydana getirebilecekleri zararlı etkiler aşağıdaki bölümde özetlenmiştir.

### 1.1.1. Çinko (Zn)

Çinko atom numarası 30, atom ağırlığı 65,37 g, mavimsi beyaz renkte olan sert bir elementtir. Çinko gübre, seramik, kauçuk, kozmetik, metal kaplama sanayisinde, döküm sanayi vb. alanlarda hali hazırda kullanılmaktadır. Çinko tüm canlılar için önemli yaşamsal bir metaldir. Topraktaki çinkonun %90'ı bitkilerde depolanır. Çinko; gelişme, deri bütünlüğü, yumurta olgunlaşması, bağışıklık sistemi, yara iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi veya degravasyonu gibi çeşitli metabolik prosesler için gereklidir. En önemli özelliklerinden biri de, fizyolojik miktardaki çinkonun Hg, Pb, Cd ve Sn gibi diğer ağır metal iyonlarının zehirleyici etkisini azaltmasıdır. Çinko yetersizliği, gelişim bozuklukları, cinsiyet organları ve iskeletin gelişmemesi, kol ve bacak gibi organlarda ve deride iltihap, ishal, kellik, iştah azalması ve davranışlarda değişikliklere neden olur (Durkan, 2006). Çinko'nun genel yapısı ZnS şeklindedir. Havalanma işlemleri sırasında özellikle asit oksitleyici çevrelerde Zn mineralinin çözünmesiyle mobil  $Zn^{+2}$  oluşur. Zn mineral ve organik maddelerce kolayca adsorbe olması nedeniyle tüm toprak çeşitlerinde yüzeyde birikim gösterir (Bakırcıoğlu, 2009).

### 1.1.2. Bakır (Cu)

Atom numarası 29, atom ağırlığı 63,546 g, yoğunluğu  $8,95 \text{ g/cm}^3$  olan,  $501 \text{ }^{\circ}\text{C}$  de, doğada serbest veya bileşik olarak bulunan, ısı ve elektriği iyi ileten, kolay dövülür ve işlenir olduğundan eski çağlardan beri türlü işlerde kullanılan, kırmızı renkli bir elementtir. Bakır işleme aşamasının akabinde birçok sanayide ve birçok farklı alanda kullanılabilir. Bakırın havadaki miktarı üretim yapan sanayi kuruluşundan uzaklaştıkça azalır. Bakırda canlılar için önemli metallerin önde gelenlerindedir. Bakır genel olarak 0,05-2,0 mg/kg sınırlarında olmak şartı ile tüketilen gıdaların tümünün içinde bulunabilir. Bakır insan vücudundaki önemli enzimlerin birçoğunun bileşimine girmektedir. Vücudumuzun önemli bölümlerinden olan kemiklerin ve kanın yapımında önemli görevler alır. Bakırın etkisi, etki ettiği canlının büyüklüğüne ve mevcut kimyasal yapıya göre değişiklik gösterebilmektedir. Bakır, basit ve küçük canlılar için zehir etkisi gösterebildiği gibi yüksek yapıları canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için temel yapı taşlarından biridir. Bunun neticesinde biosit, anti bakteriyel madde, fungusit ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak bakır ve bileşikleri kullanılmaktadır (Durkan, 2006).

### 1.1.3. Kurşun (Pb)

Atom numarası 82, atom ağırlığı 207,21 g, yoğunluğu 11,3 g/cm<sup>3</sup> olan, 327,4°C de eriyen, yumuşak ve bükülgen, mavimsiyeşil esmer renkte bir elementtir. Atmosfere metal veya bileşik olarak yayılan kurşunun her formu toksik özellik gösterir. Kurşun insan faaliyetleri sonucu ekosisteme zarar veren elementlerden birisidir. Kullanım alanları kutu kapakları, kurşun, kalay alaşımlı kaplar, seramik sırları, böcek ilaçları, aküler, kurşunlu benzin, boya sanayi ve sigaradır. Endüstri ve sanayi tesislerine yakın olan bölgelerde, büyük şehir merkezlerine yakın bölgelerde yapılan tarımsal üretim sonucu elde edilen ürünlerde yüksek seviyelerde kurşun olması muhtemeldir.

Kurşun, yapısında kurşun bulunduran tesisatlardan ve kurşun kaynaklarında canlıların kullandıkları sulara karışabilmektedir. Kurşunun insan vücudundaki tahmini miktarı 125-200 mg civarındadır. Normal şartlarda insan vücudundan yaklaşık 1-2 mg/gün kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir (Durkan, 2006; Dündar ve Aslan, 2005).

### 1.1.4. Nikel (Ni)

Atom sayısı 28, atom ağırlığı 58,71 g, yoğunluğu 8,9 g/cm<sup>3</sup> olan, gümüş parlaklığında, demir sertliğinde, kolay işlenir ve kolayca tel durumuna getirilebilen bir elementtir. Yapı itibari ile sülfatlar ve oksitler şeklinde genel olarak tüm topraklarda bulunabilmektedir. Kimyasal ve fiziksel karakteristik özelliklerine mahsuben alaşımlarda, mücevher ve madeni para yapımında tercih edilen metallere dendir. Nikelin topraktaki temel kaynağı bazik yapıdaki kayaların içerisinde bulunan pentlandit [(Fe,Ni)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>] mineralidir. Yapısında Ni bulunan diğer bazı mineraller garnierit, nikel magnezyum silikat, nikkolit, millerit, NiS şeklindedir. Toprakta az ya da çok miktarlarda olmak üzere nikel bulunabilmektedir. Fakat killi ve mineral topraklarda fazla iken organik topraklarda azdır. Genel olarak yüzey topraklarında toprak oluşma prosesleri ve kirlenme Ni konsantrasyonu vasıtası ile ifade edilebilir. Canlı yapıları için nikel temel maddelerdendir. İnsanda günlük nikel alınımının yaklaşık %50'si ekmek, içecek ve tahılların tüketilmesiyle gerçekleşir (Durkan, 2006; Bakırcıoğlu, 2009; Kaçar 2009).

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1 Toprak ve Kirleticileri

Gelişen endüstri toplumunun bir neticesi olarak insanoğlu tabiata, dolayısıyla onun bir bölümü olan toprağa birçok etkide bulunmaktadır. Bu etkilerin büyük bir bölümü zararlı etki olarak sınıflandırılabilir. Toprak kirliliği, genellikle kötü hijyen alışkanlıkları, çeşitli tarım uygulamaları, katı ve sıvı atıkların yok edilmesiyle ilgili yetersizlikler ve hava kirliliği serpintilerinden kaynaklanabilmektedir. İnsanoğlu farklı fiilleri sonucu toprağın, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik yapısını değiştirdiği gibi, yapıyı bozma, yıpratma, tüketme işlemlerini farkında olarak ya da olmayarak da toprakların kirlenmesine neden olabilmektedir. Toprak kirliliği nedenlerini aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- 1-Erozyon,
- 2-Taşlılık,
- 3-Çoraklık,
- 5-Pestisit kullanımı,
- 4-Gübreleme,
- 6-Açık maden işletmeciliği,
- 7- Evsel ve endüstriyel atıklar,
- 8- Tarım alanlarının tarım dışı kullanımları,
- 9-Nükleer Kirlenme (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Toprak analizlerinin, arazi kullanımlarının çevresel parametrelere etkisinin incelendiği çalışmada, farklı arazi kullanım türlerinin toprak organik karbon depolama ve küresel iklim değişikliği ile etkileri üzerinde durulmuştur. Yapılan çalışmayı desteklemek amaçlı tarım, mera ve orman alanlarından ortalama 0-8 cm ve 8-20 cm derinliklerinden alınan örnekler üzerinde toprak organik karbon ve bazı fiziksel-kimyasal analizler yapılmıştır (Göl, 2007).

Arazi kullanımının ve bakımının toprağın hidrofiziksel özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, Çankırı-Eldivan yöresindeki farklı kullanım yapısına sahip toprak yapılarından numuneler alınarak bazı kimyasal ve hidrofiziksel analizler yapılmış ve elde edilen veriler ışığında hidrolik iletkenlik ile tarla kapasitesinin, arazi türünün ilişkileri ortaya konulmuştur (Göl ve ark., 2004).

Tabiattaki toprak kirleticileri genel olarak organik ve inorganik kirleticiler olmak üzere iki ana başlıkta toplanabilir. Bunların en bilinen örnekleri organik (pestisitler), inorganik (ağır metaller) şeklinde söylenebilir. Toprakta verimi arttırıcı yöntemlerde ve toprağın özelliklerini geliştirici metotlarda kimyasal maddeler kullanırken onların çevre kirlenmesine yol açtığı ve gelecekte meydana getireceği zararların bilinmesi oldukça önem taşımaktadır. Toprak kirletici bazı ağır metallerin tayininde kullanılan yöntemlerin ele alındığı derleme şeklindeki bir çalışmada, kirliliğin canlılara olan etkilerine değinilmiş ve ağır metallerin toprak numunelerinden kolay ayrıştırılarak, ölçümlerinin yapılabilmesi aşamasında kullanılan ekstraksiyon çözeltileri (Sulu asitler, Kleyt yapıcılar, saf su, tamponlanmış ve tamponlanmamış tuzlar) ve süreçleri hakkında açıklamalara yer verilmiştir (Yıldız, 2001).

Kolloidler bazı toprak kirleticilerinin (ağır metaller, pestisitler vb.) yer değiştirmesini doymamış topraklar içerisinde arttırırlar. Onların hidrofobik kirleticileri, inorganik ağır metalleri veya diğer kirleticileri (radyonükleidler, virüsler, sporlar vb.) kendi üzerlerinde adsorblama yetenekleri vardır. Toprak içerisinde doymamış bölgede kolloid taşınımı birkaç filtrasyon modeli ile açıklanmıştır. Bu kirleticilerin toprak içerisindeki taşınımının modellenmesi, açıklanan filtrasyon modelleri ile desteklenmiştir (Hoffman ve ark., 2004).

Deniz tabanında balçıklardaki kirleticilerin taşınımıyla ilgili modellemelere ve diğer geliştirmelere ihtiyacı belirten çalışmada; mevcut araştırmalarda altı farklı durum incelenmeye çalışılmıştır. Toprağın kimyasal difüzyonu ile ilgili yeterli derecede literatür araştırması mevcuttur ve bununla ilgili çeşitli erken rapor verme modelleri de belirtilmiştir. Bu modelleme metotları kirleticilerin fiziksel özelliklerinin çevreye olan etkilerini belli bir zaman dilimi üzerinde hızlı bir şekilde sorgulama yapmayı sağlamıştır. Çalışmadaki sayısal neticeler özellikle denizde ve deniz tabanında bulunan ağır metal ve diğer kirliliklerin taşınımını anlamakta yardımcı olacaktır (Rajasekarana ve ark., 2005).

Sulamada kullanılan alkali suların toprak ve yeraltı suyu kalitesi üzerine etkisini değerlendirmek için modelleme uygulamalarını da içeren deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Bu deneyle sulama suyunun bileşiminin etkisi altında toprak çözeltisi konsantrasyonu ve kation değiştirme kompleks bileşiminin nasıl farklılaştığını göstermiştir. Toprak içerisindeki çözelti taşınımındaki kimyasal prosesleri tamamıyla anlayabilmek için sayısal simülasyonlar yapılmıştır. Simülasyonlar neticesinde elde edilen sonuçlarla çalışma sahasında yapılan deneysel çalışmalarla elde edilen sonuçlar

karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar iyi neticeler göstermiştir. Bu neticeler uzun vade de alkali su kullanımının sodik toprak ıslahı üzerine etkisini değerlendirmek için kullanışlı olabilir (Kaledhonkar ve ark., 2001).

Kurşunun bilinçsiz kullanım ve üretiminin çevre ve insan sağlığına verdiği zararların konu alındığı çalışmada, kurşunun sürdürülebilir yaşam ve çevre bilincinden yoksun sanayileşme sonucu tüm yaşamı kuşattığı belirtilmiştir. Bu nedenle kurşunla ilgili çevresel problemlerin bölgesel olmadığı, aksine küresel boyutta olduğuna dikkat çekilmiştir. Kurşundan kaynaklanan zehirlenmelerin yaygın bir halk ve çevre sağlığı problemi olduğuna değinilmiş ve bunu önlenebilir bir durum olduğu belirtilmiştir. Kurşunun insanda neden olduğu problemler, gelişim ve davranış bozuklukları, nörolojik rahatsızlıklar şeklinde ifade edilmiştir. Kurşun kaynaklı problemlerde en önemli risk grubu çocuklar olması nedeniyle alınabilecek tedbirlerin kurşunlu ürünlerin ortadan kaldırılması, kaldırılamıyorsa en azından kontrol altına alınması gerektiği çalışmada vurgulanmıştır (Dündar ve Aslan, 2005).

Tarımsal boşaltım havzalarındaki yer altı sularının nitrat kirliliğinin modellenmesi yapılmıştır. Kirliliği önlemeye yönelik pratikte kullanılacak öneriler belirlenmiştir. Modelde bir tane toprak nitrojeninin dinamik modeli topraktaki nitratın filtrelenme tahmini için kullanılmıştır. Bu saptamalar daha sonra nitratın toprak içerisindeki taşınım modelini geliştirmekte kullanılmıştır. Metot süt ve meyve endüstrisinin yoğun olarak bulunduğu Washington eyaletindeki Sumas–Blaine akiferine uygulanmıştır (Mohammad ve Jagath, 2007).

Ağır metal içeren suların düşük maliyetli adsorbentler tarafından giderimi incelendiği ve adsorbentler doğal, endüstriyel, tarımsal atıklardan elde edilenler şeklinde sınıflandırıldığı çalışmada, çalışmaya konu olan adsorbentler metal tutma kapasiteleri, maliyetleri ve arıtım verimlilikleri yönünden karşılaştırılmıştır. Genel kullanımda ilk sıralarda olan aktif karbonun maliyetinin yüksekliğinden bahsedilmiş ve öneri olarak da kitosan, zeolit, kil gibi doğal adsorbentler, atık çamur, kül gibi endüstriyel atıklar ve pirinç kabuğu, narenciye kabuğu, hindistan cevizi kabuğu gibi tarımsal atıklar üzerinde durulmuş ve bu adsorbentlerin atıksulardan ağır metal gideriminde yeterli bağlama kapasiteleri olduğu çalışma sonucunda ortaya konulmuştur (Alyüz ve Veli, 2005).

Kalsit ile ağır metal giderimi (kadmiyum ve kurşun formları) çalışmasında, dünya geneline yayılmış, oldukça ucuz, etkili ve inorganik bir malzeme olan kalsit ile kadmiyum (II) ve kurşun (II) formlarının giderimi çalışılmış, elde edilen değerlerin

Langmuir ve Freundlich izotermlerine uygunluğu araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Langmuir izotermi, Freundlich'e göre daha uygunluk göstermiş ve sonuç olarak doğal kalsitin 25 °C'deki maksimum adsorbsiyon kapasitesi kadmiyum (II) için 18,52 mg/g, kurşun (II) için 19,92 mg/g bulunmuştur (Yavuz, 2007).

Cr(VI)'nın sulu çözeltilerden modifiye edilmiş ceviz kabuğu ile giderilmesinin konu alındığı bu çalışmada, ceviz kabuğu değişik sitrik asit seviyeleri (5-10 g) ile muamele edilmiş ve farklı Cr(VI) konsantrasyonları (0,1-1 mM) , farklı adsorban miktarı (0,02-0,2 g) ve farklı pH aralıklarında (2-9) çalışmalar yapılmıştır. Değişik parametrelerin uygulanması sonucunda elde edilen veriler neticesinde pH 2-3 aralığının en uygun aralık olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmanın Langmuir ve Freundlich ve D-R adsorpsiyon izotermlerine uygunluğu araştırılmıştır (Altun ve Pelivan,2013).

Toprak içerisindeki biyolojik olarak ayrıştırılabilen polyester çözeltilerinin akibeti ve taşınımıyla ilgili verileri önceden tahmin etmek için bir sayısal model geliştirildikten sonra mulch filmin başarılı uygulamaları geliştirilip uygulanmıştır. Burada yüzeysel toprağa uygulanan polimerler, mevcut kinetiklerin ve kinetik sabitlerin etkisiyle monomere dönüşürler. Serbest bırakılan monomerler topraktaki organik maddeler tarafından adsorblanarak sızıntı suları sayesinde filtrelenilerek adveksiyon ve hidrolojik dispersiyon ile biyolojik olarak parçalanırlar. Bu bahsi geçen oluşumların neticesinde elde edilen verilerin yorumlanmasıyla, toprak içerisindeki taşınımları ifade eden, doğruluk değeri daha yüksek modelleme çalışmaları yapılabilir (Saponaro ve ark., 2007).

Arpa samanının biosorbent olarak kullanılarak sulu çözeltilerden bakır gideriminin incelendiği çalışmada, sitrik asitle muamele edilerek biosorbent olarak kullanılabilen arpa samanının çok ucuz bir materyal olduğundan bahsedilmiş, bu termokimyasal işleminde arpa samanının  $\text{Cu}^{2+}$  iyon sorpsiyon kapasitesini arttırdığı belirtilmiştir. Biosorpsiyon çalışmasının genel içeriğinin temas süresi, farklı pH aralıkları, adsorbent konsantrasyonları, modifikasyonun kapsamı şeklinde olduğu belirtilmiş ve çalışmadaki optimum pH değerinin 7 civarları olduğunu ve bu pH daki sorpsiyon değerinin yaklaşık %88,1 olduğuna dikkat çekilmiştir. Elde edilen modifiye edilmiş arpa samanı ve işlem uygulanmamış arpa samanı için sorpsiyon kapasitesi değerleri sırasıyla 4.64 mg/g and 31.71mg/g şeklindedir. Yapılan bu sorpsiyonu çalışmasının Langmuir ve Freundlich, Scartchart ve D-R adsorpsiyon izotermlerine uygunluğu incelenmiştir. Arpa samanı yüzeyindeki karboksil grubunun biyosorpsiyon aşamalarında birinci derecede mesul olduğu tespit edilmiştir (Pelivan ve ark., 2012).



Uygun numune alma şartlarına İngiltere’de dört farklı bölgeden alınmış bozulmamış toprak numunelerinde toprak organik karbonu, PAH (poliaromatik hidrokarbonlar) ve PCB (poliklorlu bifeniller) analizleri yapılmıştır. Toplam PCB ve toplam PAH tüm örneklerde toprak yüzeyi ve hemen altında pik değerlere ulaşırken, derinlere inildikçe bu değerler azalmaktadır. Sayısal değerlerin korelasyonu ve toprak yüzeyinde yapılan ölçümlerle, belirli bir derinlikte yapılan kirlenici ölçümleri kullanılarak ara derinliklerdeki PAH, PCB ve organik karbon bileşiklerinin değerleri elde edilmiştir. Neticede benzer profile sahip PAH ve PCB bileşiklerinin kirlenicilerin farklı toprak derinliklerinde ve farklı toprak tabakalarındaki taşınımı hakkında bilgi sağlanmıştır. Yapılan numune analizleri ve bu analizler doğrultusunda yapılan korelasyonlar sonucu elde edilen sayısal veriler, uygun kirlenici taşınımı modelleri ile irdelenerek, daha değişik ortamlar ve daha farklı derinlikler için kirlenici konsantrasyonları ve bununla birlikte bu kirlenicilerin etki edebileceği çevresel kaynaklar ve etki yoğunlukları tespit edilebilir (Cousins ve ark., 1998).

Kocaeli’nde faaliyet göstermekte olan, sodyum hidroksit, sıvı klor, hidroklorik asit üretimi yapan bir kimya fabrikası sahasının çalışma alanı olarak kullanılarak topraktaki ağır metal analizlerinin yapıldığı çalışmada, üç farklı noktadan koordinatları belirlenerek, 5 ve 30 cm derinliklerden toprak numuneleri alınmıştır. Ekstraksiyon işleminin sonrasında toprak numunelerinde ağır metal (kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), nikel (Ni) ve civa (Hg)) analizleri yapılmış ve konsantrasyonları tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinde, Pb konsantrasyonu 30 cm derinlikten alınan 1, 2 ve 3 no’lu numunelerde sırasıyla 22, 45 ve 41 mg/kg; Ni konsantrasyonu 22, 31, 23 mg/kg; Cd konsantrasyonu tüm numunelerde 0,0037 mg/kg’ın altında, Hg konsantrasyonu ise 76, 52 ve 16 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çalışmaya konu olan endüstri bölgesindeki toprak numunelerinde Pb ve Cd konsantrasyonlarının sınır değerlerin altında, Ni ve Hg konsantrasyonlarının ise bazı numunelerde sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir (Veli ve ark., 2005).

### **2.1.1. Organik kirleniciler**

İnsanlığın varoluşundan bu yana besin ihtiyacı nüfus artışına paralel olarak hızla artmıştır. Buna yönelik olarak da bilim adamları birim alandan mevcut ürün miktarından daha fazla ürün elde etmek için çalışmalar yapmışlardır. Bu üretim miktarı artarken, bu artışa negatif yönden etki edebilecek olan, verimi düşürecek zararlı canlı yapılarına karşı bir takım müdahaleler için farklı çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan biri

de kimyasal maddelerle yapılan müdahalelerdir. Bunları genel ifade ile pestisit olarak tanımlayabiliriz. Etki alanları, yabancı ve verime negatif etkiyen ot tipleri, zararlı böcekler, organizmalar ve bitki hastalıkları şeklinde özetlenebilir. Pestisitlerin bilinçsiz ve yoğun kullanımı da zirai ürünlerde zararlı sonuçlar doğurabildiği gibi, insanların tükettiği zirai ürünlerindeki bakiye zararlı organik kirleticiler, insan sağlığını direk tehdit edebilmektedir. Pestisitlerin sınıflandırılmasında ana parametre bileşimindeki etkili madde grubudur. Bunlardan karbamat türü pestisit olan karbaril ve karbosulfan'ın tarımsal alanlarda böcek öldürücü olarak kullanımı bu pestisitlerin insan sağlığına ve çevreye olan zararlarının araştırılmasını gerekli kılmıştır. Pestisitlerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması Çizelge 2.1'de verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Pestisitlerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması (Çiçek, 2005)

<b>Pestisit Grubu</b>	<b>Etki Şekli</b>
İnsektisitler	Böcekleri öldürenler
Fungusitler	Mantarları öldürenler
Fungustatikler	Mantarların faaliyetlerini durduranlar
Herbisitler	Yabancı otları öldürenler
Akarisitler	Örümcekleri öldürenler
Bakterisitler	Bakterileri öldürenler
Afisitler	Yaprak bitlerini öldürenler
Rodentisitler	Kemiricileri öldürenler
Nematisitler	Nematotları öldürenler
Molluskisitler	Salyangozları öldürenler
Algisitler	Algleri öldürenler
Avenisitler	Kuşları öldürenler veya kaçırınlar
Repellentler	Kaçırıcılar
Atraktanlar	Çekiciler

### 2.1.2. Ağır metaller

İnsanlığın gelişimine paralel olarak yirminci yüzyılın başlarından itibaren sanayileşme ve endüstrileşme de büyük gelişmeler olmuştur. Buna paralel olarak meydana getirilen ürünlerde ağır metal içerikli hammaddelerin kullanılması, kimya sanayisindeki gelişmeler, oluşturulan ürünlerin artıklarındaki ağır metal içerikleri de hızlı bir şekilde artmış, netice de bu maddelerin insan ve çevre sağlığı üzerine olan zararlı etkileri tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. Endüstrileşmeye paralel olarak fosil yakıtların kullanılması, madencilik, tarımda kullanılan gübreler ve ilaçlar, deterjanlar, şehir kaynakları atıklar ve atıksular ağır metallerin tabiattaki konsantrasyonlarının artmasında büyük rol oynamışlardır. Ağır metaller çevrenin neredeyse tüm bileşenlerinde (hava, su, toprak) toksik etkileri kabul edilmiş bir gerçektir. Belli başlıcaları içinde Ni, Pb, Zn, Cu, As, Co, Cd, Cr, Hg sayılabilir (Esmeray ve ark., 2008). Ağır metallerin endüstriyel kaynakları ve zararlı etkileri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Ağır metallerin endüstriyel kaynakları ve zararlı etkileri (Argun, 2007)

Ağır Metal	Endüstri	Zararlı etkileri
<b>Cd</b>	Elektrokaplama, batarya, pigment ve fotoiletkenlerin üretimi, plastik. ve gübre endüstrisi	Merkezi sinir ve bağışıklık sistemi tahribatı. Ateş, baş ağrısı, titreme, terleme ve kas ağrısı, kemiklerde aşırı kırılabilirlik (Itai-itai), anemi, dişlerde renk bozukluğu ve koku alma yeteneğinin kaybolması (anosmia).
<b>Pb</b>	Asit pillerinin üretimi, metal kaplama ve son işlemleri, cephanenin üretimi, PbEt <sub>4</sub> üretimi, seramik ve cam endüstrisi.	Hemoglobinin biyosentezinin bozulması ve anemi, kan basıncının yükselmesi, böbrek tahribatı, çocuk düşürme ve ölü doğum, sinir sisteminin bozulması, beyin tahribatı, çocuklarda öğrenme yetersizliği, çocuklarda hiperaktivite, aşırı saldırganlık gibi davranış bozuklukları.
<b>Cu</b>	İletken, kağıt imalatı, gübre ve pestisit üretimi, petrol rafinerileri, çelik dökümlerinde, demirsiz metal çalışmalarında, motor parçalarında.	Ağız, burun ve göz tahrişleri. baş ağrısı, karın ağrısı, baş dönmesi, kusma ve ishal. Yüksek dozlar karaciğer ve böbrek tahribatına ve hatta ölüme sebep olur. Gastrointestinal nezle ve genellikle yüksek ateşle birlikte olan deri yanıkları.
<b>Ni</b>	Alaşımların yapımı, metal kaplama, madencilik, pil endüstrisi, boya ve pigment endüstrisi, döküm ürünleri	Deri tahrişi, akciğer tahribatı, sinir sistemi ve mukoz membranların tahribatı. Ayrıca kanserojen bir madde olarak bilinmektedir.
<b>Cr</b>	Elektro kaplama, tekstil boyama, deri üretimi ve metallerin son işlemleri.	Deride isilikler, mide rahatsızlıkları ve ülser, solunum problemleri, bağışıklık sisteminin zayıflaması, böbrek, karaciğer ve sinir sistemi tahribatı, gen yapısının değişmesi, akciğer kanseri.
<b>Zn</b>	Galvaniz, pil ve pigment endüstrisi, çinko levha üretimi, ilaç sanayi.	Mide kırımları, deri tahrişi, kusma, mide bulantısı ve anemi. Çok yüksek seviyeleri pankreası tahriş edebilir ve protein metabolizmasını bozar ve arteriosclerosise sebep olur.
<b>As</b>	Petrollerin saflaştırılması, böcek ve bitki zehirlerinin üretiminde, cam ve seramik üretim endüstrilerinde.	Mide ve bağırsakların tahrişi, kırmızı ve beyaz kan hücrelerinin üretimini azaltması, deride değişimler ve akciğer iltihabı. Yüksek miktarlarda alınması özellikle cilt kanseri, akciğer kanseri, karaciğer kanseri hastalıklarına yol açar. Çok aşırı alımlarda çocuk düşürme ve ölü doğum olayları artar. Enfeksiyonlara karşı vücudun direnci azalır, kalp krizi ve beyin hasarına yol açar ve son olarak inorganik arsenik DNA'nın yapısını bozar.
<b>Hg</b>	Laboratuvar malzemelerinin üretimi, klor-alkali üretim endüstrileri, petrol rafinerileri, boya, ilaç, kağıt ve pil üretim endüstrileri.	Deride isiliklere sebep olan alerjik reaksiyonlar, DNA ve kromozomların yapısının bozulması, yorgunluk, baş ağrısı, spermaların yapısının bozulması, sakat çocuk doğurma ve düşük gibi üreme üzerine negative etkiler. Kan-beyin bariyerini kolayca geçerek ceninin beynini etkilediği için çocuklarda sinirsel ve renal yapı bozuklukları. Yüksek konsantrasyonları akciğer fonksiyonlarını ve böbrekleri zayıflatır, göğüs ağrılarına sebep olur.

İnsan sağlığı için toksik etkileri bulunan ağır metaller için Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmeliklerinde verilen sınır değerler Çizelge 2.3'de verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** İlgili yönetmeliklere göre bazı ağır metallerin su ve topraktaki sınır değerleri

Ağır Metal	SSD (mg/L)	TSD (mg/kg)	
		6≤pH<7	pH≥7
<b>Cd</b>	2,0	1	1,5
<b>Pb</b>	3,0	70	100
<b>Cu</b>	2,0	50	100
<b>Ni</b>	5,0	50	70
<b>Cr</b>	5,0	60	100
<b>Zn</b>	10,0	150	200
<b>Hg</b>	0,2	0,5	1

\*\* : SSD; Su için Sınır Değerler: Türkiye Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)'ne göre tam arıtma ile sonuçlanan kanalizasyon sistemine deşarj için müsaade edilen Sınır Değeri.

\*\* : TSD; Toprak için Sınır Değerler: Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik

### 2.1.2.1. Ağır metal giderim yöntemleri

Ağır metallerin giderimi çevre ve insan sağlığı açısından önemli bir konu olması sebebiyle bu konu ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda Cu(II), Ni(II), Cr(VI), Pb(II), Zn(II), Cd(II) vb. ağır metallerin giderimlerine yönelik farklı metod ve malzemeleri içeren araştırmalar yapılmıştır. Su yapılan ağır metal giderim çalışmalarından bazılarını Çizelge 2.4’de verilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Değişik arıtma metodlarının sudan ağır metal giderim kapasitelerinin karşılaştırılması (mg/g) (Argun, 2007)

Metod	Kaynak	Cu(II)	Ni(II)	Cr(VI)	Pb(II)	Zn(II)	Cd(II)
Kimyasal çöktürme (NaOH)	Meunier ve ark. 2006	9,5	9,6		8,0	7,9	6,2
İyon değiştirici reçine	Pehlivan ve Altun 2006	146	138	–	425	154	270
<i>eratophyllum demersum</i>	Keskinhan ve ark. 2004	6,2		–	44,8	14,0	–
Doğal zeolit	Erdem ve ark. 2004	8,9	–	–		8,5	–
<i>Rhizopus nigricans</i>	Bai ve Abraham 2002	–		46,18	–	–	–
Yün	Dakiky ve ark. 2002	–	–	41,15	–	–	–
Aktif karbon (Sigma C-3014)	Üçer ve ark. 2006	2,23	–	–	–	1,23	1,51
Akçaağaç talaşı	Yu ve ark. 2001	1,79	–	–	3,19	–	–
Sphagnum moss peat	Ho ve Mckay 2000	12,4	7,54	–	12,3	–	–
Modifiye Meşe talaşı	Argun ve ark. 2007	3,22	3,29	1,70	–	–	–

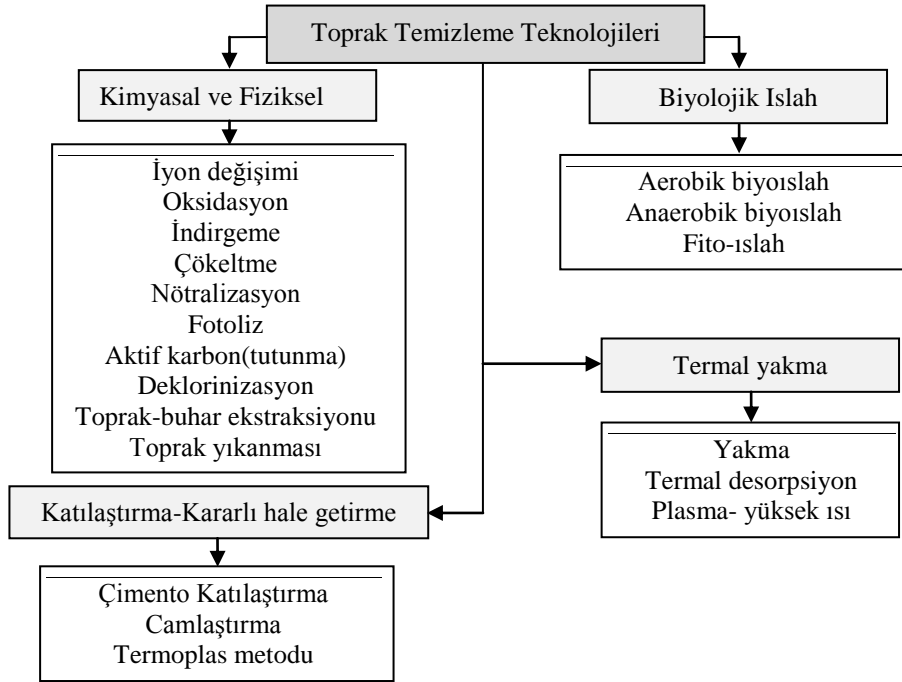
### 2.1.3. Toprak Kirliliği Kontrol Metodları

Toprakta metal kirliliğinin bertaraf yöntemleri dört ana başlık altında toplanabilir.

- Kirlenmiş toprağın bulunduğu bölgeyi kullanıma kapatarak, toprağı olduğu gibi bırakmak,
- Mevcut kirlenmiş toprağı bulunduğu bölgede stabilize edip, toprak kirliticilerinin diğer bölgelere geçişini engellemek, kontrol altında tutmak,
- Kirlilik belli bir bölgede ise kirlenmiş toprağı oradan uzaklaştırarak özel bir bertaraf sahasında götürerek orada depolamak,
- Kirlenmiş toprağı bulunduğu bölge içerisinde (in-situ) veya bulunduğu bölgeden başka bir yere götürülerek bölge dışında temizlemek (ex-situ).

Kirlenmiş bir bölgedeki toprakların yapısındaki kirliticileri uzaklaştırarak temizlenmesi, buna paralel olarak da bölge toprağının yeniden kullanılabilir olmasının çevre için önemli olduğu düşünüldüğünde ekonomik bir alternatif olabilmektedir. Toprak kirliliğinin gideriminde fiziksel, kimyasal, termal ve/veya biyolojik prosesleri barındıran pek çok metod bulunmaktadır. Giderim metodunun seçiminde, bölge karakteristikleri, giderilecek kirleticinin tipi, konsantrasyonu ve kirlenmiş arazinin sonraki kullanımı gibi pek çok faktör göz önüne alınmalıdır. Toprağın temizlenmesi genellikle kirlenmiş bölgenin kazılması, izole edilen veya temizlenen toprağın tekrar yerine doldurulmasıyla gerçekleştirilmektedir. Mevcut yöntemlerinin zorlukları

düşünülerek son zamanlarda toprağın kirlendiği bölgede direk uygulanan (in-situ) teknolojiler üzerinde yapılan araştırmalar büyük önem kazanmıştır (Kocaer ve Başkaya, 2003). Topraktaki kirliliğin derecesine, bu kirlilik sonucu oluşan risk seviyesine, finansmanına ve zaman parametrelerine bağlı olarak toprak da kirleticilerin temizlenmesi yerinde hızlı bir biçimde yapılabileceği gibi, uygun vasıtalarla taşınarak özel reaktörlerde veya temizleme amaçlı kullanılan tanklarda yapılabilmektedir. Toprak kirliliğinin temizlenmesinde kullanılan bu teknolojiler Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Toprak kirliliği temizleme teknolojileri (Mirsal , 2004; Türkoğlu, 2006)

Şekil 2.1’de verilen temizleme teknolojilerine ek olarak, uygun topraktaki kirliliği temizleme teknikleri (ıslah teknolojileri) ile toprağın yerinde, yerinde veya tank içerisinde, hazır zeminde, hazır zeminde veya tank içerisinde tipleriyle tanımlanabilecek farklı kullanım şekilleri de (ıslah tipi) uygulanabilmektedir. Bu kullanım şekilleri Çizelge 2.5’de verilmiştir.

Çizelge 2.5. Toprak kirliliği uygun ıslah teknolojileri ve ıslah tipleri (Boulding, 1995; Türkoğlu, 2006)

İslah Tipi	Uygun İslah Teknolojisi
Yerinde (in-situ)	Toprak-buhar ekstraksiyonu, toprağın yıkanması
Yerinde veya tank içinde	Termal, deklorinizasyon, çimento katılaştırma, camlaştırma, termoplastik mikroinkapsülasyon
Tümü (yerinde, tank içinde veya hazır zeminde)	Nötralizasyon, oksidasyon, biyoremediasyon (tümü)
Hazır zeminde	Fotoliz
Hazır zemin veya tank içinde	Çökeltme, indirgeme, granüle olmuş aktif karbon adsorpsiyonu, iyon değişimi
Tank içinde	İnfrared, toprağın yıkanması

## 2.2. Modelleme Çalışmaları

Bu bölümde tez konusu ile ilişkili yapılmış diğer benzer modelleme çalışmaları ve uygulamalarına yönelik kaynaklara yer verilmiştir.

Toprak, yapısında farklı kimyasalları ve kirleticileri tutma yeteneğine sahip büyük bir rezervuardır. Toprağın içerisindeki bu kimyasallar toprak parçacıklarına farklı bağlar yardımı ile tutunmuşlardır. Toprak ile içerisindeki kimyasalların toprak parçacıkları ile ilişkilerini incelemek yapılması gereken temel bir çalışmadır. Çünkü kimyasalların toksik etkisinin kuvvetli bir şekilde nedeni tabiattaki varoluş biçimleri olabilir. Ayrıca toprak çeşitliliği ve bazı çevresel özellikler (iklim faktörleri v.b) toprakta mevcut dengeyi değiştirebildiği gibi ağır metal gibi toksik elementlerin toprak parçacıkları tarafından filtrelenerek tutulmasına neden olabilmektedir.

Doğrusal olmayan Yapay Sinir Ağları, (ANN) ile topraktaki ağır metallerin taşınımının konu alındığı çalışmada, ağır metaller tarafından kirlenmiş toprakların, yer altı sularına ve su kirliliğine taşınımları ve bulunmalarının bilim adamları için büyük ilgi alanı olduğu ve bu tür kirlenmelerle ilgili risk değerlendirmesi için en önemli işlemlerin laboratuvarlarda yapılan bilgisayar destekli modelleme çalışmaları olduğu belirtilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda ağır metallerin toprak profilleri içinde taşınımları ile ilgili başarılı bir lokal model ortaya konulmuştur (Buszewski ve Kowalkowski, 2006).

Matematiksel ve bilgisayarlı modelleme yöntemleri bizlere toprağın içerisinde meydana gelen prosesleri anlamamızda yardımcı olmaktadır. Günümüzde geliştirilmiş birçok model ile ağır metallerin toprak içerisindeki hareketleri ve adsorbsiyonları önceden ve yüksek doğruluklarda tahmin edilebilmektedir (Dube ve ark., 2001).

İnsan aktivitelerinden dolayı toprakta meydana gelen ağır metal birikim ve toprağın ağır metaller nedeniyle kalitesinin azalması, sorpsiyon modellerini ve topraktaki ağır metal var oluşunun meydana getireceği riskleri anlamayı gereksinim haline getirmiştir. ANN ve temel toprak özellikleri sayesinde geliştirilmiş sorpsiyon modelleri hakkında bilgi vermek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada 9 farklı ağır metal (Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Tl ve Zn) kullanılmıştır. Çalışma neticesinde ANN'ün ağır metallerin sorpsiyonunun tahmininde kullanılabilen çok yönlü bir metotlar bütünü olduğu ifade edilmiştir (Anagu ve ark., 2009).

Başka bir çalışmada modelleme yöntemleri çevre düzenlemesi amaçlı Trabzon ili Merkez ilçesi ve Maçka ilçesi idari sınırları içerisinde bulunan Değirmendere Vadisinde; Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamaları yapılmıştır. Özellikle havzanın; coğrafi yapısı yanında, evsel atık ve sanayi atığı üreterek vadiyi kirleten suni yapılarla ilgili

grafik-sözel bilgiler ve uydu görüntüleri, değişik kaynaklardan toplanarak, ARC/INFO-ArcView Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımlarıyla değerlendirilmiş ve havzanın sayısal modeli oluşturulmuştur (Yomralıoğlu ve Akça, 1999).

Güney batı İsveç'in Vargön bölgesinde yapılan çalışmada topraktaki Cr konsantrasyonunun coğrafi dağılımının ve ferrokrom döküm sanayisi çevresinde yetiştirilen beyaz buğdaydaki Cr konsantrasyonu araştırılmıştır. Çalışma bölgesinde Cr miktarı genel olarak İsveç ortalamasının %50 daha üstünde bulunmuştur. Uzaysal istatistik teknikleri ve raster tabanlı coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılmasının ağır metallerin kontrolünde büyük yardım sağlayacağı belirtilmiştir (Söderström, 1998).

Kimyasal maddelerin taşınma mekanizmasının ve miktarlarının tahmin edilmesini matematiksel model kullanarak incelemeyi amaçlayan çalışmada, toprak türleri için taşınmada etkili olacak parametreler belirtilmiş ve bu parametreler, kullanılmak istenen modelleme uygulamaları üzerinde etkisinin olabileceği belirtmeye çalışılmıştır. Ayrıca çalışmada topraktaki kirlilik taşınımı üzerine çalışılmış bazı modeller "Lapidus" ve "Verigin" hakkında temel bazı bilgiler verilmiştir (Mikayilov ve Acar, 1998).

İnsan aktiviteleri ve zaman faktörü ile toprağın değişkenlik gösterdiği ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile toprağa ait arazi verileriyle ilgili her türlü mekansal analize imkan sağlandığı belirtilmiştir. Çalışma alanına ait temel toprak haritası sayısallaştırılıp bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Araziden 25x25 m alınan örnekler ve temel toprak haritası IKONOS uydu görüntüleri yardımıyla rektifiye edilmiştir. Toprak özellikleri değişimi kriging tahmin metodu ile haritalanmış ve toprak sınırları ile karşılaştırılmıştır. Haritalanan özelliklerin temel toprak haritası ile benzerlikleri ve bu haritalama tekniğinin ve toprak haritalarının CBS çalışmalarındaki kullanımında etkiliği tartışılmıştır. Ayrıca toprak haritası hazırlanmamış bölgelerde istenilen değişkenlere ait jeostatistik yöntemler ile haritalar üretilebileceğine bir örnek teşkil edilmiştir (Akbaş ve Yıldız, 2004).

Deri endüstrisi atıksuları için substrat depolama kavramı ve modelleme uygulamaları konulu çalışmada, son yıllarda aktif çamur arıtma sistemlerinin tasarımı IWA Çalışma Grubu tarafından önerilen en son model olan ASM3 ile substratın depolama polimerlerine dönüştükten sonra heterotrofik biyokütle tarafından tüketildiği varsayımı dikkate alınmakta olduğu belirtilmiş fakat bu yaklaşımın uygulama kolaylıkları barındırmasına rağmen gerçekleri yansıtmadığı belirtilmiştir. Buna istinaden yapılan çalışmada dinamik koşullar altında, farklı modeller olan ASM1,

ASM3 ve ASM3'ün simültane çoğalma ve depolamayı içeren versiyonları hazırlanarak elde edilen simülasyon sonuçları birbirleri ve literatür verileri ile karşılaştırılmıştır (Rişvanoğlu ve ark., 2005).

Diğer bir çalışmada, Azeri Bilim Adamı Loutfi A. Zadeh'in 1960'lı yılların ortalarında kurduğu bulanık Mantık (Fuzzy Logic) teorisinin yaygın olarak kullanıldığı doğrusal regrasyon modellerinde bahsedilmiş, hangi alanlarda başarılı bir şekilde kullanılabileceği hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında var olan ve modellenebilen doğrusal ilişkilerin soyut modellerindeki katsayıların bulandırılmasının nasıl sağlandığı anlatılmış ve sayısal bir örnek verilmiştir. Araştırmacılar tarafından yapılan "Bulanık Doğrusal Regresyon Uygulamaları", hataların daha da minimize edilmesi gibi amaçları gerçekleştirmiştir (Güneş, 2001).

Bitkilerin zehirlenmesine neden olarak besin zincirine giren böylece insan sağlığı için problem oluşturan en önemli tehlike ağır metallerdir. Son on yılda ağır metal içeren atık su amurlarının ve endüstriyel atıkların tarım bölgelerine yakın bölgelerde deponi edilmesi veya o bölgelere dökülmesi bu durumu çok dikkat edilmesi gereken hususların merkezine getirmiştir. Bu ağır metallere içerisinde kadmiyum insan sağlığı açısından toksisitesi çok yüksek bir metaldir. Cd'un toprak suyundaki taşınımının simülasyonu yapılmış ve bitkilerdeki depolanması araştırılmıştır (Sandhya ve Shashi, 1994).

Toprak erozyonu çalışmalarında bulanık mantık uygulamaları konulu çalışmada, erozyonun arazi bozulmalarına etki eden faktörlerin başında geldiğinden bahsedilmiş ve bunun önüne geçebilmek ve sürdürülebilir bir tarımsal faaliyet için erozyonun doğru bir şekilde tahminlenmesi ve erozyona karşı etkin önlemlerin alınması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca bu konuyla ilgili yapılan modelleme çalışmalarına ve yöntemlere değinilmiştir. Çalışmanın temelinde yani toprak erozyonu tahminlerinde bulanık mantık (fuzzy logic) temelli modellerin kullanımı değerlendirilmiştir. Bu amaçla öncelikle iki değerli mantık tanımlanmış ve iki değerli klasik mantıktan bulanık mantığa geçiş süreci irdelenmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise konuya örnek olan bir çalışmaya yer verilmiştir. Netice olarak, bahsi geçen bu çalışmanın ve konuyla ilgili diğer birçok çalışmanın sonuçlarına göre, bulanık mantık temelli oluşturulan modeller toprak erozyonunu tahminlemede klasik mantık temelli oluşturulan modellerden daha başarılı olduğu belirtilmiş ve uygulamada daha az değeriskene ihtiyaç gösterdikleri ifade edilmiştir (Yakupoğlu ve ark.,2008).



### 2.2.1. Temel terimler ve Çevre Mühendisliğinde modelleme

Çevre mühendisliğinin çalışma alanlarının içinde barındığı, atmosferde, toprakta, su kaynaklarında (akarsular, yer altı kaynakları, denizler) ve bunların birleşimiyle oluşan ekosistemlerde çevresel modelleme işlemleri yapılabilmektedir.

Bu çalışmalara konu olan bölge veya ortamlara ait çevre kalitesi, bu kaliteyi meydana getiren fiziksel, kimyasal ve diğer aşamalar ve mekanizmalar hakkında ileriye dönük bilgi yorumlamaları ve tahminler modelleme çalışmaları sayesinde üretilebilmektedir. Ayrıca yine bahsi geçen bölge ve alanlara yönelik dışarıdan yapılan veya yapılabilecek kirletici kaynaklardan (katı atık depolama, yakma, vahşi depolama) oluşan atıkların yayılımı ve mevcut çevre kalitesine etkisine yönelik senaryolar üretilebilmekte ve bu senaryolar ışığında kirleticilerin etkileri hususunda tahminler yürütülebilmektedir. Bu çalışmalar ışığında çevre kalitesine zarar verebilecek çalışmalar, iş alanları ve tesislerin toprak, hava, su ortamlarında meydana getirebilecekleri etkiler modelleme çalışmaları ile önceden tespit edilmeye çalışılarak, meydana gelebilecek zararlı etkiler önceden belirlenerek, gerekli düzenlemeler kuruluş aşamasında yapılabilmektedir. Yine modelleme çalışmaları ile su, hava, toprak gibi temel çevresel kaynakları maksimum verimle nasıl kullanabileceğimize dair senaryolar üretilebilir ve bunları günlük hayatta uygulayabiliriz. Modellemenin yaygın olarak kullanıldığı diğer bir saha ise Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) olarak ifade edilen, modelleme sonucu ile elde edilen verilerin görsel olarak ifade edilebildiği günümüzde yaygın olarak kullanılan popüler bir alandır.

Genel olarak özetlenmesi gerekirse, çevresel modelleme;

- Gürültü kontrolü,
- Havza yönetimi,
- Arazi kullanımı, çevre düzeni,
- ÇED raporlarının ilgili bölümlerinin oluşturulmasında,
- Su kalite, kontrol, iletim, dağıtım aşamalarında,
- Atıksu toplama, arıtım, deşarj,
- Yağmur suları, sel suları ile ilgili taşkın, toplama çalışmalarında,
- Düzenli deponi sahalarının yerlerinin seçilmesi ve projelendirilmesinde,
- Hava kirliliği ölçüm ve tahminlerinde,
- Meteorolojik tahminler ve mevcut verilerin yorumlanmasında,

Ve yukarıdaki saydıklarımıza eklenebilecek birçok çevresel parametreye yönelik, senaryo, tahmin ve önlem alma aşamalarında Çevre Mühendisliğinde modelleme başarıyla kullanılabilir.

### 2.2.2. Modelleme çalışmalarında kullanılan bazı yardımcı bilgisayar programları

Modelleme çalışmalarında temel yardımcı matematik bilime ve buna bağımlı olarak da istatistik bilimidir. İstatistiki verilerin işlenmesi verilerin yoğunlukları arttıkça insan kaynaklı hatalara açık olabilmektedir. Bu nedenle geniş kapsamlı istatistiki veri işleme çalışmalarında bilgisayar yardımı almak kaçınılmazdır. Burada temel amaç, verilerin toplanması, düzenli bir hale getirilmesi ve istatistik işlemleri neticesinde elde edilen sonuçların ilgili kişi ve kurumlarca kullanılmasının sağlanabilmesidir. Bilgisayar ortamında bu tür istatistiki hesaplamalar ve veri analizi işlemlerinde birçok farklı bilgisayar programı kullanılabilir. Bu programların yapılacak olan çalışmanın hangi aşamalarında nasıl kullanılacağına doğru olarak karar verilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde uygun olmayan metodlar elde edilecek neticelerin geçerli bir şekilde yorumlanamamasına neden olabilir. Doğru analiz metodu ve doğru program seçimi istatistiki veri analizlerinde verimli sonuçlar alınabilmesinin temel şartlarından biridir. Bu bölümde bu programlardan belli başlıları hakkında bilgiler verilmiştir.

#### 2.2.2.1. MATLAB

Matris biçiminde matematiksel ifadelerin yorumlanmasında ve işlenmesinde kullanılabilen, fizik, kimya, matematik, genetik, mühendislik bilimleri gibi farklı bilim dallarında değişik kullanım alanları olan C ++ temelli bir programlama dilidir. MATrix LABoratory genel isminin kısaltılmış halinden elde edilen ismi kullanılmaktadır. Matrisler üzerinde her türlü işlemin kolayca yapılabildiği gibi, doğrusal denklem işlemleri, grafiksel işlemler de başarıyla kullanılabilir. Matlab'ın kullanım alanlarına göre geliştirilmiş farklı alet kutusu bölümleri vardır.

Bu program, kullanıcıların sayısal verileri işlemek ve bu bilgilerden grafik oluşturabilmesini sağlar. Matlab içerisinde sayısal uygulamalar için güçlü bir araç olarak hizmet veren tam bir programlama ortamı sunar. Kullanım alanları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Matrislerde dört işlem, determinant, rank, kuvvet alma,
- Kompleks sayılar,
- Vektör oluşturma ,
- Özel matrisler “zeros, ones, diag, eye, rand, triu-tril” ,
- Polinom formda işlemler,
- Grafik çizimleri,
- Doğrusal denklem takımlarının çözümü,
- Laplace dönüşümü ile çözümlenmeler,
- Denklemlerin sembolik çözümleri (Yüksel, 2004).

### 2.2.2.2. SPSS

SPSS bilimsel çalışmalarda en yaygın olarak kullanılan programlardan biridir. Genel ifade ile analist ve araştırmacılar için bir istatistik ve veri yönetimi paketlerinin bir araya getirilmiş halidir. Geniş bir yelpazede tüm analitik süreçleri işleme yeteneklerini sağlar. Ayrıca, bilimsel çalışmalarda istatistiksel yöntemlerin ve yaygın olarak kullanılan istatistiksel tekniklerin bilgisayar ortamında en iyi şekilde uygulanabileceği bir programdır. Windows, Mac, Unix ortamlarında problemsiz bir şekilde çalışabilmektedir. Farklı versiyonlarda hazırlanan çalışmalar, versiyonlar arasında sıkıntı çıkmadan hatasız bir şekilde gözlemlenebilmektedir. Bu sayede programın önceki versiyonlarında hazırlanmış çalışmalar yeni versiyonlarda problemsiz bir şekilde düzenlenebilmekte ve verileri kullanılabilirliktedir.

Genel olarak SPSS programı ile yapılabilecek uygulamalar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Verilerin düzenlenmesi,
- Verilere uygun frekans eğrileri, değişik farklı yöntemleri içeren kök, yaprak, çizgi, histogram, serpilme grafiklerinin çizdirilmesi,
- Aritmetik ortalama, varyans, ortalama sapma, standart sapma, yüzdelik hesaplamaların yapılması,
- Korelasyon, basit regresyon, çoklu regresyon, ki-kare ( $x^2$ ) sınaama tekniği,
- İstatistik otoritelerinin kabul ettiği diğer bir çok veri sınaama teknikleri ile verilerin yorumlanması (Tekin, 2009).

### 2.2.2.3. MINITAB

Dünya çapında eğitimciler tarafından kullanılan kapsamlı bir istatistik ve grafiksel analiz yazılım paketlerinden biri de Minitab istatistik programıdır. Bu programın belirleyici özellikleri kapsamlı toplama yöntemleri, güvenilirlik ve kullanım kolaylığı şeklinde ifade edilebilir. Diğer benzerleri ile karşılaştırıldığında kolay kullanılabilir olması, başka programlar gibi kompleks işlemleri daha kolaylaştırması, bunlara paralel olarak da istatistiki hesaplamaları yapmakta herhangi bir eksikliğinde olmaması minitab'ın önemli özelliklerindedir.

### 3. MATERYAL VE METOT

Toprak genel ifade ile kayaların ve organik materyallerin değişik çaplardaki parçalanma ve ayrışma ürünleri neticesinde oluşan ve yapısında çok değişik canlı türünü barındıran ve bitki türü canlılar için durak ve besin kaynağı sağlayan materyaldir. İnsan faaliyetleri, endüstrileşmenin ve sanayileşmenin hızla artması, bilinçsiz yapılaşma, uygun olmayan atık yönetim sistemleri sonucu topraklar kirlenmeye başlamıştır. Dolayısıyla bu kirleticilerin tespiti ve giderimi ile ilgili çalışma sayıları da oldukça artmıştır. Benzer bir şekilde, toprak kirliliğinde önemli bir parametre olan ağır metallerin toprak içerisindeki taşınımına yönelik modelleme çalışmasına yönelik kullanılan materyal ve metotlarla ilgili geniş bilgi bu bölümde verilmiştir.

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Toprak numunelerinin alındığı bölgeler

Türkiyede; doğal ortamındaki ana kayaların farklı yapılar da bulunması, bitki çeşitliliğinin oldukça fazla olması, yükselti ve yerşekillerindeki farklılıklar, farklı iklim yapılarının mevcut olması nedenleriyle çeşitli toprak tipleri görülmektedir. Bu farklı toprak tiplerini iyi bir şekilde modelleme çalışmasına yansıtma amacıyla dört adet Konya, üç adet Ankara, üç adet de Bolu illinden olmak üzere farklı bölgelerden ve her bir numune için yüzey, 0-30 cm, 30-60cm, 60-90 cm derinliklerden toprak numuneleri alınmıştır.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan toprak numunelerinin alındığı bölgeler

### 3.1.1.1 Topraktan numune alımı

Toprak numunesi alımında iklim önemli bir faktördür. Numune alınacak toprak ne numune alanın ayağına bulaşacak kadar ıslak ne de numune alma aletlerine zorluk çıkartacak kadar kuru olmamalıdır. Toprak numuneleri alınırken, yüzey numunesi bitki, ot vs. bölümü tamamen temizlendikten sonra alınmalıdır. Toprak istenen derinliklerde 0-30 cm, 30-60cm, 60-90 cm kazılarak ilgili tabakalardan istenen numuneler alınmalıdır. Alınan her toprak numunesi, tarih, saat, yer, derinlik gibi bilgileri net bir şekilde kaydedilerek uygun kaplar (plastik, cam veya teflon (PTFE)) içerisinde analizlerin yapılacağı laboratuvara götürülmelidir.

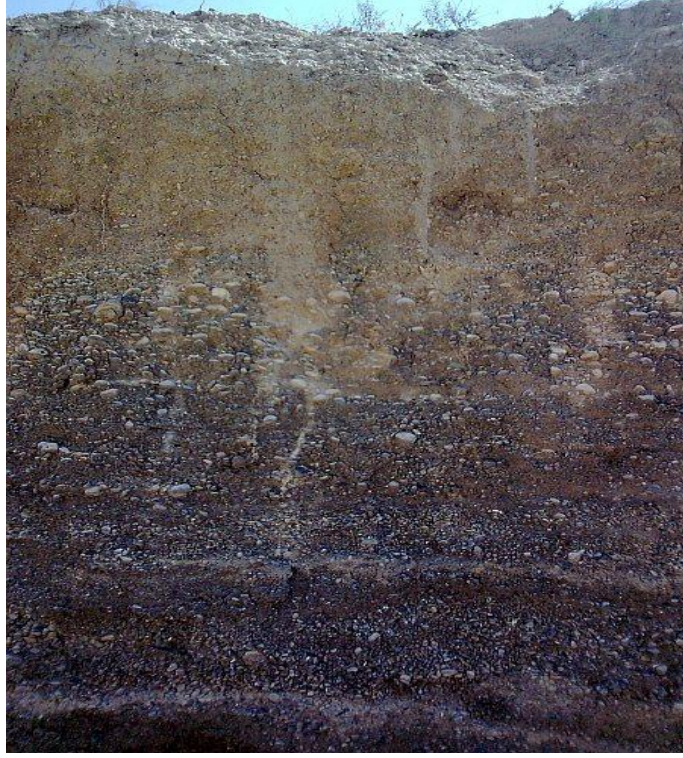
### 3.1.1.2. Toprak numunesi alınan yerler

Bu bölümde modelleme için temel verileri oluşturan toprak analizlerinin yapıldığı toprak numunelerini alındığı bölgelere yer verilmiştir. Alınan toprak numuneleri laboratuvar ortamında incelendiğinde farklı farklı toprak tekstürü, fiziksel ve kimyasal özellikler gösterdiği gözlemlenmiştir. Analizlerde kullanılan toprak numunelerinin profilleri aşağıda verilmiştir.

Analizlerde kullanılan toprak numunelerinin alındığı 1.bölgeye ait toprak tabakaları Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Toprak numunelerinin alındığı bölge-1



**Şekil 3.3.** Toprak numunelerinin alındığı bölge-1

Analizlerde kullanılan toprak numunelerinin alındığı 2. bölgeye ait toprak tabakaları Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.4.** Toprak numunelerinin alındığı bölge-2

Analizlerde kullanılan toprak numunelerinin alındığı 3. bölgeye ait toprak tabakaları Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.5.** Toprak numunelerinin alındığı bölge-3  
Analizlerde kullanılan toprak numunelerinin alındığı 4. bölgeye ait toprak tabakaları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



**Şekil 3.6.** Toprak numunelerinin alındığı bölge-4

Analizlerde kullanılan toprak numunelerinin alındığı 5. bölgeye ait toprak tabakaları Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.7.** Toprak numunelerinin alındığı bölge-5  
Toprak numunelerinin farklı derinliklerden (yüzey, 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) alınışı Şekil 3.8- Şekil 3.11’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.8.** Toprak numunelerinin alınması (yüzey, 0-30 cm)





**Şekil 3.9.** Toprak numunelerinin alınması (0-30 cm)



**Şekil 3.10.** Toprak numunelerinin alınması (30-60 cm)



**Şekil 3.11.** Toprak numunelerinin alınması (60-90 cm)

Alınan toprak numuneleri etiketlenerek (yer, tarih, saat, derinlik) analizler öncesi ön hazırlık amaçlı (kurutma, elekten geçirme) laboratuvara getirilmesi Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.12.** Toprak numunelerinin laboratuvara getirilmesi

### 3.1.2. Kullanılan kimyasallar


Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasal maddeler ve kullanım amaçlarıyla ilgili bilgiler bu bölümde verilecektir.

#### 3.1.2.1. Ağır metal çözeltileri ve diğer çözeltileri

Deneysel çalışmalarda kullanılacak metal çözeltileri aşağıda Çizelge 3.1, Çizelge 3.2, Çizelge 3.3, Çizelge 3.4’de özellikleri verilen ilgili miktarlarının saf su ile çözülmesi ile elde edildi.


Çinko çözeltilerinin hazırlanmasında susuz  $ZnCl_2$  kullanıldı. 3 mg/l ile 5 mg/l’lik konsantrasyonlar için ilgili ağır metal çözeltiler hazırlandı.

**Çizelge 3.1.**  $ZnCl_2$  genel özellikleri ve görünümü (Merck, 2012)

Molekül Formülü	$ZnCl_2$	
Molekül Ağırlığı	136,315 g/mol	
Görünüş	Beyaz, kristal, katı	
Yoğunluk	2,907 g/cm <sup>3</sup>	
Erime Noktası	292 °C, 565 K, 558 °F	
Kaynama Noktası	756 °C, 1029 K, 1393 °F	
Suda çözünürlüğü (Sıcaklık °C)	4320 g/L (25 °C)	


Bakır çözeltilerinin hazırlanmasında susuz  $CuCl_2$  kullanıldı. 3 mg /l ile 5 mg/l’lik konsantrasyonlar için ilgili ağır metal çözeltiler hazırlandı.

**Çizelge 3.2.**  $CuCl_2$  genel özellikleri ve görünümü (Merck, 2012)

Molekül Formülü	$CuCl_2$ (susuz)	
Molekül Ağırlığı	134,45 g/mol (susuz)	
Görünüş	Sarı-kahve katı (susuz)	
Yoğunluk	3,386 g/cm <sup>3</sup>	
Erime Noktası	498 °C	
Kaynama Noktası	993 °C	
Suda çözünürlüğü (Sıcaklık °C)	706 g/L (0 °C) 757 g/L (25 °C)	


Kurşun çözeltilerinin hazırlanmasında susuz  $PbCl_2$  kullanıldı. 3 mg /l ile 5 mg/l’lik konsantrasyonlar için ilgili ağır metal çözeltiler hazırlandı.

**Çizelge 3.3.** PbCl<sub>2</sub> genel özellikleri ve görünümü (Merck, 2012)

Molekül Formülü	PbCl <sub>2</sub>	
Molekül Ağırlığı	278,10 g/mol	
Görünüş	Beyaz, kokusuz, katı	
Yoğunluk	5,85 g/cm <sup>3</sup>	
Erime Noktası	501 °C	
Kaynama Noktası	950 °C	
Suda çözünürlüğü (Sıcaklık °C)	6,73 g/L (0°C) 9,9 g/L (20 °C) 33,4 g/L (100 °C)	

Nikel çözeltilerinin hazırlanmasında susuz NiCl<sub>2</sub> kullanıldı. 3 mg /l ile 5 mg/l'lik konsantrasyonlar için ilgili ağır metal çözeltiler hazırlandı.

**Çizelge 3.4.** NiCl<sub>2</sub> genel özellikleri ve görünümü (Merck, 2012)

Molekül Formülü	NiCl <sub>2</sub>	
Molekül Ağırlığı	129,5994 g/mol	
Görünüş	Sarı-yeşil kristal	
Yoğunluk	3,55 g/cm <sup>3</sup>	
Erime Noktası	1001 °C	
Kaynama Noktası	-	
Suda çözünürlüğü (Sıcaklık °C)	64 g/100 mL	

Deneysel çalışmalar esnasında kullanılan cam malzemelerin temizliği için %37'lik nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) çözeltisi, kromik asit çözeltisi (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) kullanılmıştır.

Kromik asit çözeltisi, 100 ml derişik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'ün içinde 3 g K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> çözülmesiyle hazırlanmıştır. Bu çözelti portakal renginden yeşil renge dönüşünceye kadar kullanılabilir. Diğer malzemelerin temizliğinde deiyonize su kullanılmıştır.

### 3.1.3. Kolon deney düzeneği

Deneysel çalışmalarda kullanılan kolon düzeneğinin hammaddesi mikadır. Et kalınlığı 3 mm, dış çapı 7 cm ve iç çapı da 6,4 cm'dir. Bu malzeme 2 m'lik boyutlar halinde temin edilmektedir. Daha sonra istenilen boyutlara kısaltılarak kullanılabilir. Bu kolon sistemi hazırlanırken bu malzeme 0-40 cm'lik tepe parçası (yükleme esnasında her hangi bir taşmanın meydana gelmemesi için 40 cm

hazırlanmıştır), 0-30 cm'lik orta bölüm, 0-30 cm alt bölüm oluşturmak amaçlı parçalara ayrılmıştır. Akabinde orta noktaları delinerek istenildiği takdirde numune alınabilmesi için musluklar monte edilmiş ve bunların sızdırmazlıkları silikon yardımıyla sağlanmıştır.

Parçalar arasındaki sızdırmazlık uygun çaptaki lastik contalarla sağlanmıştır. Lastik contaların yerleri contaların sıkıca kavrayabilmesi için kuvvetli bantlarla sabitlenmiştir. En son olarak da hazırlanan düzeneğin herhangi bir şekilde stabilitesinin bozulmaması için düzenek bulunduğu yerde sabitlenmiştir. Sızdırmazlık işlemleri her deneyden sonra yinelenmiştir.

Kolonun en altına toprağın akıp gitmemesi ve suyun süzülebilmesi için filtre bölümü oluşturulmuştur. Deney düzeneğinden geçirilen suyun kolonlar içerisindeki hareketi uzun sürdüğü için ( yaklaşık 25 dk, 55 dk, ve 1 saat 45 dk), kolon düzeneğinin bu süre zarfında dış etkenlerden etkilenmeyecek şekilde muhafazalı bir yerde kurulması gerekmektedir. Bir kolon için minimum yükleme süresi yaklaşık 3 saat olduğu için bu hususa dikkat edilmesi gerekmektedir.

Kolonların istenilen büyüklükte kesilmesi, lastik contalar yardımı ile sızdırmazlıklarını sağlanması, contaların sağlamlaştırılması için bağlantı bölgelerinin özel bant ile bantlanması, herhangi bir problem oluşturmaması için kolonun sabitlenmesi, örnek kolonun yüklenmiş halinin ve deney sonucunda ilgili derinliklerden numunelerin alınmasıyla ilgili resimler Şekil 3.13-Şekil 3.18'de verilmiştir.



Şekil 3.13. 40-30-30 cm'lik 3 parçaya bölünen kolonların hazırlanması



Şekil 3.14. 40-30-30 cm'lik deney düzeneği için hazırlanmış kolonlar



(a) (b) (c)  
Şekil 3.15. a) Sızdırmazlık contaları b) ve c) Contanın çevresinin bantla sabitlenmesi



Şekil 3.16. Örnek bir kolonun yüklenmiş hali



Şekil 3.17. Deney sonucu kolonun ayrılması (30-60 cm, 60-90 cm, Taban Filtresi)



Şekil 3.18. Toprak numunelerinin alınması (Yüzey, 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm)

## 3.2. Deneysel Metodlar

### 3.2.1. Hazırlık aşaması ve toprak özelliklerinin tayin edilmesi

Kolon deney düzeneğine aktarılmadan önce toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tayini amacıyla yapılan hazırlık aşaması işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Laboratuvara getirilen toprak numuneleri başlangıç aşaması olan kurutma işlemi için hazırlanmıştır. Doğal neme sahip toprak örnekleri kurutularak sırasıyla 4-3-2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Fiziksel ve kimyasal analizler ise ortam sıcaklığında kurutularak 2 mm'lik elekten geçirilen bu toprak numunelerinde yürütülmüştür.

Toprak örneklerinde; toprak bünyesi, pH, tuzluluk, kireç, organik madde, toplam azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, mangan, demir, ölçümleri yapılmıştır. Analiz metodları bölüm 3.2.1.2. de detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Üç farklı bölgeden, topraktan numune alma şartlarına uygun olarak temin edilen toprak numunelerinin oda şartlarında 48 saat kurumaya bırakılmış ve eleklerden geçirilerek numunelerin homojenliği sağlanmıştır. Numunelerin kurutulmaları ile ilgili safhalar Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Toprak numunelerinin kurutulması



Toprak numunelerinin homojenliğini sağlama amaçlı sırasıyla 4-3-2 mm'lik eleklerden geçirilerek deneysel çalışmalarda kullanım için hazırlanması Şekil 3.20'de gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Toprak numunelerinin sırasıyla 4-3-2 mm'lik eleklerden geçirilmesi

Kurutma ve elekten geçirme işlemlerinin sonrasında toprağın fiziksel ve kimyasal analizleri için gerekli olan toprak miktarlarının tartım işlemleri gerçekleştirilmiştir ve numuneler hazırlanmıştır. Bu aşamalar Şekil 3.21’de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Numune hazırlanması tartım işlemleri

### 3.2.1.1. Toprak tekstürü

Toprak tekstürü, toprağın belirli kurallar çerçevesinde dispers (dağıtılma) edilmesinde sonra hidrometre kullanılarak toprakta toprak-su süspansiyonunun yoğunluğunun ölçülmesi yöntemiyle, toprağın kil, kum ve silt fraksiyonlarının yüzdeleri belirlenir. Analiz aşamaları; alınan 50 g toprak örneği beherle tartılarak üzerine 200 ml saf su ilave edildi. Toprağın organik madde düzeyine göre üzerine 10 ml hidrojen peroksit eklendi ve kum ocağı üzerinde kaynatıldı. Son olarak behere 10 ml sodyum hekza meta fosfat çözeltisi ilave edilerek numune bir gece bekletildi. Bir gece bekletilen toprak numunesi mekanik karıştırıcı ile yaklaşık 6 dakika karıştırılarak süspansiyon bouyoucos silindrine alındı. Silindirin hacmi hidrometre içinde iken 1130’a tamamlandı ve daha sonra hidrometre silindirinden çıkarıldı. Karıştırma işlemi tablası delik olan el karıştırıcısıyla yapıldı. İlk olarak karıştırıcı ile 20 kez karıştırılarak 20 sn beklendi ve hidrometre daldırıldı. Bu işlemden 20 sn sonra, toplamda karıştırma işleminden 40 sn sonra okuma yapılarak, bununla birlikte sıcaklıkta ölçüldü. Elde edilen değerde silt + kil belirlendi. Sistem hareket ettirilmeden 2 saat sonra ikinci ölçüm yapıldı. Bu işlemle kil değeri elde edildi. Buradaki yapılan işlemlerin özeti, 40. saniyede okuma zamanı sınırlı olduğundan bu hidrometre değeri çok hızlı ve dikkatli bir şekilde okunmalıdır. Hidrometre süspansiyondaki toprak materyalinin miktarını gram olarak



Toprak yapısındaki kum, silt, kil % 'sine göre toprağın tekstür sınıfı belirlenmiştir. Buna göre kum oranı % 70'den fazla ise "kumlu", %40'dan daha fazla kil içeren topraklar "killi" toprak ve kil, silt (mil), kum oranları yaklaşık olarak birbirinin aynı olan topraklarda "tınlı" topraklar olarak sınıflandırılmıştır. İnce tekstür sınıfları için gösterimler, killi (C), siltli kil (SiC), kumlu kil (SC), siltli killi tın (SiCL), killi tın (CL), kumlu killi tın (SCL). Orta tekstür sınıfları için gösterimler, siltli tın (SiL), tın (L), çok ince tınlı kum (vfSL), ince kumlu tın (fSL), kumlu tın (SL).Kaba tekstür sınıfı için gösterimler, tınlı ince kum (LfS), tınlı kum (LS), kum (S) şeklindedir (Soil, 1993).

### 3.2.1.2. Fiziksel ve Kimyasal parametrelerin ölçümü

#### Toprak pH'sı:

Saf su ile tam olarak doygunlaştırılmış olan toprak numunesindeki reaksiyonun pH metre ile ölçülmesi şeklinde tespit edilir. pH'ya göre asit, nötr ve alkali olmak üzere üç çeşit toprak reaksiyonu mevcuttur. pH genel ifade olarak suyla doygunlaştırılmış numunedeki aktif H iyon konsantrasyonun (-) logaritması şeklinde ifade edilir. Buna göre toprak pH'sı 7'den daha az ise asit, 7'den yüksek ise alkali ve 7 ise nötrdür. pH değerleri 4,5 ile 8,5 arasındaki değerler normal verimli toprakların alabileceği pH değerleridir. Bununla birlikte pH'sı 2,2'den az ve 10,7'den fazla olan topraklarda bulunabilmektedir. Humid bölge topraklarında pH 5,0-7,0 değerlerinde iken, arid bölgeler de pH 7,0-8,5 değerleri arasında değişebilmektedir. pH değeri 8,5'dan büyük olan topraklar yüksek alkalilik gösteren topraklardır. Neticede pH topraktaki yaşamın sürdürülebilmesi için çok önem ifade etmektedir. pH 6 ~7 aralığı topraktaki mikrobiyal ve besinsel faaliyetler için en uygun pH aralığını ifade eder. Ağır metaller toprak içerisinde asidik ortamlarda daha rahat hareket ederler ve yayılırlar. Toprağın pH değerlerindeki farklılıklar toprak çözeltisi içerisindeki mineral elementi içeriğinde büyük değişikliklere neden olur. Bunun sebebi, maddelerin iyonlaşarak çözünmeleri yanında iyon değişimi olaylarının da pH'ya bağlı olmasıdır. pH hem organik hem de inorganik metallerin topraktaki absorpsiyonunda önemli rol oynamaktadır. pH arttıkça ağır metallerin toprağa tutunma oranları artmakta ve maksimuma ulaşmaktadır. Bu nedenle pH ağır metallerin topraktaki tutunması, hareketi için önemli bir parametredir.

Toprak pH'sı ölçümünde havada kurutulmuş 20 g, 2 mm'lik elekten elenmiş toprak numunesi 100 ml'lik behere konularak üzerine 40 ml saf su eklenerek cam baget

ile karıştırıldı. 15 dakika bekledikten sonra ikinci defa cam baget ile karıştırıldı. pH metre ile okuma yapmadan önce süspansiyon halindeki toprak parçacıklarının çökmesi için en az 15 dakika beklenildi. Daha önceden kalibrasyonu yapılan pH metre ile toprak numunesinin pH değeri ölçüldü (Kacar, 2009).

### **Tuzluluk:**

Analiz, su ile doymuş hale getirilmiş toprağın elektriği geçirmeye olan direncini ölçerek, bu dirence göre tuzluluğunu saptanmasına dayanmaktadır. Analizden önce cihazda gerekli kalibrasyonlar yapıldı. Daha sonra analiz aşamasında, Havada kurutularak, 2 mm'lik elekten geçirilen 20 g toprak örneği 150 ml'lik bir behere alındı. Üzerine 20 ml saf su konuldu ve manyetik karıştırıcıda 3 dakika karıştırıldı. Daha sonra çökmesi için bırakıldı (yaklaşık 1 saat). Süspansiyon halindeki toprak durulunca daha önce kalibrasyonu yapılan EC ölçerin elektrodu berrak bölüme daldırılarak EC ve sıcaklık değerleri cihazın dijital ekranından okunarak kaydedildi. EC<sub>25</sub> değeri ölçülen EC değeri ile ölçülen sıcaklık değerine karşılık gelen sıcaklık faktörüyle çarpılarak elde edildi.(Richards, 1954; Ayyıldız, 1976). Çizelge 3.5'de elektriksel iletkenliklerine göre toprakların tuzluluk dereceleri belirtilmiştir.

**Çizelge 3.5.** Toprakta EC ve % toplam tuz değerlerinin değerlendirilmesi (Güçdemir, 2008)

<b>Toplam % tuz</b>	<b>Elektriksel iletkenlik (EC<sub>25</sub>) mmho/cm</b>	<b>Tuzluluk derecesi</b>
0,00 – 0,15	0 – 4	Tuzsuz
0,15 – 0,35	4 – 8	Hafif tuzlu
0,35 – 0,65	8 – 15	Orta derecede tuzlu
> 0,65	> 15	Çok tuzlu

Tuzlu toprakların EC<sub>25</sub> değeri 4'den küçükken pH değeri de genelde 8,5'dan küçüktür. Bununla birlikte tuzsuz-alkali topraklarda EC<sub>25</sub> değeri 4'den büyük olduğu gibi pH değeri de 8,5-10,0 arasında olabilmektedir.

### **Kireç:**

Kurak ya da yarı kurak yörelerin topraklarında genel olarak daha fazla bulunan kireç, çoğunlukla kalsit (CaCO<sub>3</sub>) veya dolomit (CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub>) şeklinde bulunmaktadır. CaCO<sub>3</sub>'ün meydana getirdiği Ca<sup>+2</sup> toprak içerisindeki akıcı halde bulunan kollodilerin (hümik asit) H<sup>+</sup> iyonları yerine girerek onların kum taneleri arasından kalmasına yardım eder ve böylece topraktaki yararlı kolloidlerin yavaş ve sürekli olarak derinlere yıkanmasını engellemiş olur. Buna paralel olarak da toprağın asitliğini önlemiş olur (Güçdemir, 2008; Kaçar, 2009).



Topraktaki kireç muhtevası, kapalı sistemde asit ile karıştırılan toprak numunesinde yukarıdaki eşitlik (3.4)'de görüldüğü şekli ile açığa çıkan CO<sub>2</sub>'nin standart sıcaklık ve basınç altındaki hacmi esas alınarak belirlenmektedir. (volumetrik) kalsimetre cihazı ile ölçüm yapılır.



Şekil 3.23. Kalsimetre

Yapısındaki (CaCO<sub>3</sub>)'e göre toprakların kireç sınıflandırılması Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Kireç (CaCO<sub>3</sub>) muhtevasına göre toprakların sınıflandırılması (Güçdemir, 2008)

CaCO <sub>3</sub> (%)	Sınıf
0-1	Az kireçli
1-5	kireçli
5-15	Orta kireçli
15-25	Fazla kireçli
>25	Çok fazla kireçli

### Organik madde:

Topraktaki organik maddenin yapısında bulunan organik moleküller zaman içerisinde topraktaki ağır metallerin toksisitelerini azaltmak için ağır metaller ile kompleksler oluştururlar. Bu oluşumlar neticesinde organik madde zamanla mineralizasyona uğrar. Neticede toprağın ağır metal içeriği artmakta ve buna paralel olarak topraktaki metabolik faaliyetler engellenmektedir.

Topraktaki organik madde muhtevasını bulmak için, analiz yapılacak toprak potasyum dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) ve sülfürik asitle ( $H_2SO_4$ ) tepkimeye sokularak toprak içerisindeki organik karbonun yükseltgenmesi sağlanmakta, sonra ortamda tepkimeye girmemiş olan kromatın  $Cr_2O_7^-$  standart demir sülfat  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ile geri titrasyon yapılmak suretiyle hesaplanan indirgenmemiş  $Cr_2O_7^-$  miktarının organik C'un belli bölümüne eşit olduğu varsayılmakta ve kullanılan uygun bir faktör aracılığıyla belirlenen organik C miktarının yine belli bir faktör ile çarpılması sonucu organik madde miktarı hesaplanmaktadır

Analiz aşamaları; kurutulmuş, öğütülmüş ve 2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örneğinden 1 g 500 ml'lik erlenmayer içerisinde tartıldı. Erlenmayere 10 ml 1,0 N potasyum dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) ilave edilerek toprak ile çözeltinin iyice karışması sağlandı. Karıştırma tamamlandıktan sonra üzerine 20 ml derişik sülfürik asit ilave edilerek yaklaşık 1 dk el ile çalkaladı. Aynı işlemler toprak numunesi içermeyen şahit çözelti oluşturmak için ayrı bir erlenmayerde tekrarlandı. Toprak içeren çözelti  $150^{\circ}C$ 'de olan ısıtıcı üzerinde 1 dakika tutuldu. Buradaki önemli husus, çözeltinin bu halinin rengi koyu kahverengi-kırmızı olmasıdır. Renk kirli yeşil ise üzerine 10 ml potasyum dikromat ilave edilerek tekrar ısıtma işlemi uygulandı. Erlenmayerler soğuması için çeker ocaklı düzenek içerisinde bekletildi. Soğutma işlemi tamamlandıktan sonra erlenmayerler içerisine 200 ml saf su ilave edildi ve üzerine 12-13 damla baryum difenilamin sülfonat ( $C_{24}H_{20}BaN_2O_6S$ ) çözeltisi ilave edildi. Son olarak, 0,5 N demir sülfat çözeltisi ile erlenmayerdeki çözeltiler (hem toprak içeren, hem de şahit çözelti ayrı ayrı) titre edildi. Rengin önce morumsu lacivert devamında yeşile dönmesi takip edildi ve ilk yeşil renk oluştuğunda titrasyon bitirildi Neticedeki demir sülfat ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) sarfiyatı not edildi (Walkley, 1947; Kaçar, 2009). Hesaplamalar (3.5), (3.6), (3.7) numaraları eşitlikler yardımıyla yapılmaktadır.

$$\% O. K. = (A - B * N_k) * 0.337 / (\text{Toprak numunesi miktarı}) \quad (3.5)$$

$$\% O.M. = O.K * 1.724 \quad (3.6)$$

$$\% O.M = (A - B * N_k) * 0.581 / (\text{Toprak numunesi miktarı}) \quad (3.7)$$

A : Harcanan potasyum dikromat miktarı (ml)

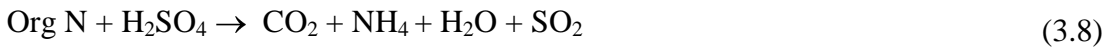
B : Titrasyonda harcanan demir sülfat miktarı (ml)

$N_k$  : Demir sülfatın kesin normalitesi, ( $N_k = 10 / \text{Şahit için harcanan demir sülfat miktarı}$ )

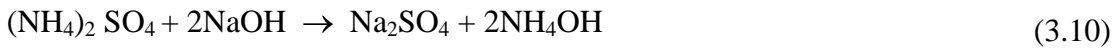
O.M: Organik madde, O. K: Organik karbon

### Toplam Azot:

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile toprak örneği önce yaş yakılarak organik N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N (Amonyum azotu)'a dönüştürülmekte ve alkali ortamda yapılan destilasyon sonucu açığa çıkan NH<sub>3</sub> miktarından NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N miktarı belirlenmektedir. Orijinal yöntemde yakma işlemi için sadece H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uygulanmış ve organik maddelerin oksidasyonunun tamamlanabilmesi için KMnO<sub>4</sub> kullanılmıştır (Kaçar, 2009). Azot analizi üç aşamadan meydana gelir. Yakma, destilasyon ve titrasyon. Yakma aşamasında, numuneler yıkanarak temizlendi ve 65 °C'de sabit bir ağırlığa ulaşana kadar kurutuldu. Kurutulmuş numuneleri paslanmaz çelikten değirmende öğütüldü, öğütülmüş numunelerden 1 g tartılarak yakma tüplerine konuldu. Daha sonra üzerlerine kjedahl tuz tabletinden 1 adet ilave edildi. Yakma tüplerine 10 ml konsantre sülfürik asit (%92-95) ve 5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%35'lik) ilave edilerek 10 dakika çeker ocakta bekletildi ve sonra tüpler yakma setine yerleştirildi. Ayarlardan yakma programı "Toprak için" seçilerek cihaz çalıştırıldı (420 °C'de 1 saat). Cihazla birlikte su aspiratörü çalıştırılarak ilgili çeşme açıldı. İşlem tamamlandıktan sonra cihaz kapatılarak tüplerin soğuması beklendi. Yukarıdaki işlemler esnasında oluşan kimyasal reaksiyonlar aşağıda (3.8), (3.9) verilmiştir.

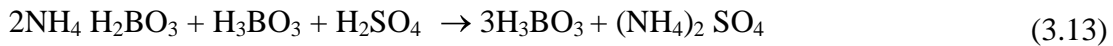


Destilasyon aşamasında, soğumasını tamamlamış destile edilecek tüpü ve destilat erleni destilasyon cihazının yuvasına yerleştirildi. Destilasyon programı toprak için seçildi. Bunun nedeni seçilen destilasyon programına göre NaOH, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>O miktarlarının değişecek olmasıdır. Destilasyon işlemi başlatıldı ve işlem tamamlandıktan sonra, çıkan destilat erlenine 5 damla indikatör (brom cresol green+metil red karışımı) damlatıldı. Sonuçta mavimsi-yeşil renk elde edildi. Destilasyon aşamasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar aşağıda verilmiştir.



Titrasyon aşamasında, erlenlerde birikmiş olan destilatlar, renkleri yeşilden pembeye dönüşene kadar 0,1 N sülfürik asitle titre edildi. Daha sonra titrasyon işlemi hem numune hem de şahit için ayrı ayrı tekrarlanarak sarfiyatlar not edildi. Titrasyon aşamasındaki kimyasal reaksiyonlar aşağıda verilmiştir (Bremner ve Mulvaney, 1982; Kaçar, 2009).





Toplam azot miktarı aşağıdaki eşitlik (3.14) ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Toplam Azot (\%, N)} = \frac{((\text{Numune-Blank}) \times \text{N} \times 14 \times 100)}{1000 \times \text{Numune miktarı (g)}} \quad (3.14)$$

N = Asitin kesin normalitesi

### **Fosfor (P205):**

Toprakta fosfor analizi için, fosforu 0,5 M sodyumbikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) (pH 8,5) çözeltisi ile ekstrakte ederek çözeltiliye geçirilmesini sağlamak gerekmektedir. Daha sonra çözeltiliye geçen fosforu, aynı şartlarda hazırlanmış ve içerisinde fosfor miktarı bilinen standartlarla spektrofotometrede okuyup kıyaslayabilmek için mavi renk oluşturan bir ortamda bağlayıp indirgeyerek mavi renk elde edilir. Spektrofotometreden okunan değerler ışığında topraktaki fosfor miktarı tespit edilmiştir.

Analiz aşamaları, toprak numunesinden 5 g ağız kapalı şişelere tartılarak hazırlandı ve şişelerin üzerine çözeltilinin pH'sı (8,5) kontrol edilerek, 100 ml 0,5 M  $\text{NaHCO}_3$  ekstraksiyon çözeltisi ilave edildi. Şişeler kapatılarak 30 dakika çalkalayıcıda çalkalama işlemine tabi tutuldu. İşlemler sonucunda meydana gelen ekstrakt, hazırlanan süzme setinde süzülerek, 25 ml'lik balon jöjelere 5 ml konuldu. Ekstraktın pH'sını 5'e ayarlamak için 5 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  kullanılmıştır. pH ayarlamasında sonra balon saf su ile 20 ml'ye ayarlandı ve üzerine 4 ml askorbik asit ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) ilave edildi. Balon seviyesi saf su ile 25 ml'ye tamamlanarak 10 dakika sonra oluşacak olan maksimum yoğunluktaki okuma cihaz kullanım talimatlarına göre ayarlanmış olan spektrofotometrede 880 nm dalga boyunda gerçekleştirildi (Olsen ve ark.1954; Kaçar, 2009).

### **Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Sodyum (Na):**

K, Ca, Mg, Na elementlerinin ölçümleri aynı metodla yapıldığı için tek başlık altında toplanmıştır. Analizler her biri için ayrı ayrı yapılarak K, Ca, Mg, Na'nın değerleri tespit edilmiştir. Analiz temeli, toprakta bulunan metallerin (K, Ca, Mg, Na), 1,0 N amonyum asetat ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) (pH 7,0) çözeltisi ile ekstrakte edilerek metallerin topraktan çözeltiliye geçirilmesini sağlamak ve çözeltiliye geçen metalleri (K, Ca, Mg, Na), aynı şartlarda hazırlanmış ve içerisinde miktarları bilinen standartlarla ve şahit numunelerle kıyaslayarak, toprakta bulunan (K, Ca, Mg, Na) miktarını tayin etmektir. Yöntemdeki en önemli bölüm ekstraksiyon çözeltisinin hazırlanması ve

kullanımıdır. Ekstraksiyon çözeltisi hazırlanırken, saf 771 g amonyum asetat ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) 9 L kadar saf suda çözülerek iyice karıştırılan çözeltinin pH'sı 3 N asetik asit ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ya da 3 N Amonyum hidroksit ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) çözeltileriyle pH 7,0'ye ayarlandı. Daha sonra çözelti hacmi saf su ile 10 litreye tamamlanarak iyice çalkalandı. Analiz işlem basamakları; 125 ml'lik bir erlene havada kurutularak ve 2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örneğinden 5 g alınarak konuldu. Ekstraksiyon çözeltisinden üzerine 50 ml ilave edilerek 200 devir/dk hızla yatay çalkalayıcıda 5 dakika süre ile çalkalandı ve filtre kağıdından süzüldü. Yeterince berrak değilse süzme yinelenir. AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi) cihazında her bir metal için farklı dalga boylarında işlem yapmak gerekmektedir. Bu sebeple, potasyum için (766,5 nm) (Carson, 1980), kalsiyum için (422,7 nm) (Thomas, 1982), magnezyum için (285,2 nm) (Thomas, 1982), sodyum için (589 veya 589,6 nm) (Knudsen ve ark., 1982) dalga boyunlarında okuma yapıldı. Şahit numune içinde okuma yapılarak sonuç örnek numuneden şahitin okunan değeri çıkarılarak bulundu (Kaçar, 2009). Analizlerin tam sonucunu elde etmek için eşitlikte (3.15) verilen ifade kullanılmıştır.

$$\text{Metal Konsantrasyonu (mg/l)} = \text{AAS de okunan değer} * \text{SF} \quad (3.15)$$

SF: Seyreltme faktörü

### **Mangan (Mn), Demir (Fe):**

Toprakta bulunan metallerin Mn, Fe'nin DTPA (Dietilenamin pentaasetikasit) çözeltisi ile ekstrakte ederek çözeltilmeye geçirilmesini sağlamak ve çözeltilmeye geçen metallerin aynı şartlarda hazırlanmış ve içerisinde miktarları bilinen standartlarla kıyaslayarak, toprakta bulunan metallerin miktarını tayin etmeye dayanmaktadır.

Yöntemdeki en önemli bölüm ekstraksiyon çözeltisinin hazırlanması ve kullanımıdır. 0,005 M DTPA hazırlamak için; 149,2 g trietanolamin + 19,67 g DTPA + 14,7 g kalsiyum klorür yaklaşık 200 ml saf suda çözüldü. DTPA'nın tam olarak çözüldükten sonra son hacim yaklaşık 9 L tamamlanarak çözeltinin pH'sı 7,3'e ayarlandı ve daha sonra çözelti saf su ile 10 litreye tamamlandı. Her kullanımda DTPA çözeltisinin pH'sı kontrol edildi.

Analiz aşamaları; Havada kurutulmuş 20 g toprak numunesi 250 ml'lik erlenmayerde tartılarak üzerine 40 ml DTPA çözeltisi ilave edildi. Numune 120 devir/dk hızla, 2 saat süre ile çalkalayıcıda çalkalanarak işlem tamamlanınca numune

filtre kâğıdından geçirildi ve cam şişelere süzüldü. Yapılan her farklı metal analizi için, sonuçların karşılaştırılarak işlem yapılacak olan şahit numuneler hazırlanmıştır. Şahit numunelere de numunelere uygulanan tüm işlemler aynen yapılmıştır, yalnızca içerisine toprak numunesi konulmamıştır. Daha sonra analizi yapılacak olan metaller için AAS önce şahit numuneler sonra da asıl numunelerin okuması yapılarak analiz tamamlandı (Lindsay ve Norvell, 1978; Kaçar, 2009).

Analizlerin tam sonucunu elde etmek için eşitlik (3.16) kullanılmıştır.

$$M.K. (mg/l) = (A.Y.M. \text{ numunesi} - A.Y.M. \text{ şahit numune} \times SF) / 2 \quad (3.16)$$

M.K: Metal Konsantrasyonu

A.Y.M.: Analizi Yapılan Metal

SF: Seyreltme faktörü= 40 ml çözelti / 20 g toprak = 2

### 3.2.2. Metallerin ölçümleri

Bölüm 3.2’de belirtilen deneysel metotlarla toprak numunelerimizde gerekli fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Çalışma konusu olan ağır metallerin toprakta başlangıçta bulunup bulunmadığını, bulunuyorsa seviyelerini tespit etme amaçlı numuneler alınarak başlangıç analizleri yapılmıştır. Bu analiz sonuçları 4. bölüm, Çizelge 4.32’de verilmiştir.



Şekil 3.24. Optima 2100 DV ICP-OES cihazı (PerkinElmer)

Toprak numunelerinin kolon deney düzeneğine yerleştirilirken alınan başlangıç numunelerindeki metallerin (Zn, Cu, Pb, Ni) konsantrasyonlarının ölçümleri Perkin Elmer Optima 2100 DV ICP-OES (Endüktif eşleşmiş plazma spektrometresi) cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.24.). Kolon deney düzeneğine topraklar yerleştirildikten sonra içerisinde metal çözeltilerinin geçirilmesi neticesinde elde edilen toprak numunelerinin içerisindeki metal konsantrasyonlarının ölçümlerinde de Perkin Elmer Optima 2100 DV ICP-OES cihazı kullanılmıştır.

Bu cihaz yüksek ölçüm hassasiyeti ve gelişmiş özelliklerine sahiptir. Otomatik çift yönlü inceleme özelliği sayesinde çok düşük değerlerde ölçüm ve çok geniş alanlarda çalışma işlemlerini sağlayabilmektedir. Ayrıca elde edilen sonuçların kolay bir şekilde bilgisayar ortamına aktarılabilmesi ve yorumlanması da cihazın önemli özellikleri arasında sayılabilir. Analizlerde kullanılan Perkin Elmer Optima 2100 DV ICP-OES elementlerin ölçümlerinde kullanılan dalga boyları, Zn için 206, Cu için 327, Pb için 220,300, Ni için 231'dir. Analizlerde azot- argon gazı alevi kullanılmıştır.

Bu işlemden sonra oluşturduğumuz kolon düzeneğine uygun olarak (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) tabaklar şeklinde toprak numunelerimiz yerleştirilmiş ve sentetik olarak 4 farklı metal çözeltilisine maruz bırakılmıştır. Analiz neticeleri sonuçları 5.bölümde detaylı bir şekilde verilmiştir.

### **3.3. Veri Setlerinin Oluşturulması**

Modelleme işleminde kullanılacak temel veriler toprak özelliklerini içermektedir. Veri setlerinin oluşumunda, ilk olarak toprağın bünye (tekstür) özellikleri, devamında da toprağa ait diğer fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları kullanılmıştır. Toprak numunelerinde analizi yapılan parametreler bünye, pH, kireç, tuzluluk, organik madde, toplam azot, fosfor, magnezyum, demir, manganez şeklindedir.

Bu bölümde veri setlerimizin temelini oluşturan 3 farklı ilin (Konya, Ankara, Bolu) toplam 10 farklı toprak özelliklerini içeren tablolar yer almaktadır. Elde edilen bu veriler hazırlanan bilgisayar programı vasıtası ile yine ölçümlerden elde ettiğimiz farklı toprak derinliklerindeki (0-Yüzey, 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm) ağır metal sevipleri ile ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkilendirme neticesinde elde edilen kirlilik konsantrasyonu ile derinlik arasındaki ilişki doğrusal olarak incelenmiştir.

### 3.4. Modelleme

Modelleme kullanıldığı sistem ile ilgili olarak çeşitli deneysel çalışmalarla elde edilen veri setlerinin yorumlanması yardımıyla, istenilen parametrelere yönelik tahmin ve senaryoların üretilmesine yardımcı olan bir bilimdir. Bu çalışmalar ışığında sistemde meydana gelebilecek problemlerin önceden tahmin edilmesi, bunlara yönelik çözümler üretilmesi, ilgili parametrenin sisteme giriş değerlerinin modele uygulanarak çıkış değerlerinin ne olabileceğine dair tahminlerin yapılabilmesini kolaylaştırmaktadır.

Çalışmada, başlangıçta deneysel çalışmalar ile elde edilen toprağa ait tekstür, fiziksel ve kimyasal özelliklerin derlenmesi, elde edilen veri setleri ile çalışmanın esas konusu olan ağır metallerin deney düzeneğindeki (kolon sistemi) düşey yöndeki hareketi ile ilişkisinin araştırılmasına dayanmaktadır. Bu ilişkiler ışığında ilk olarak bilgisayarın, hazırlanan program yardımıyla eğitilmesi ve hazırlanan algoritma sayesinde kirleticilerin toprak içerisindeki düşey yöndeki hareketinin modellenmesine çalışılmıştır.

Burada ilk olarak bilgisayar eldeki mevcut veri setleriyle eğitilmekte, akabinde de dışarıdan özellikleri girilecek farklı toprak numuneleri için kirleticilerin düşey yöndeki hareketi incelenebilmekte ve yorumlanabilmektedir.

Algoritmanın genel düzeni, toprak özelliklerinin derecelendirilerek puanlandırılması ve bunun ışığında bilgisayarın eğitiminde kullanılan veri setleri ile eşleştirilerek yüksek uyum karakterizasyon değerlerine sahip veri setinin seçilerek, işlem sonucunda mevcut toprak numunesindeki kirleticinin düşey yöndeki hareketini tahmin etmek şeklindedir. Bu işlemler yukarıda açıklanan model üzerine yazılan bilgisayar programı ile sağlanmaktadır.

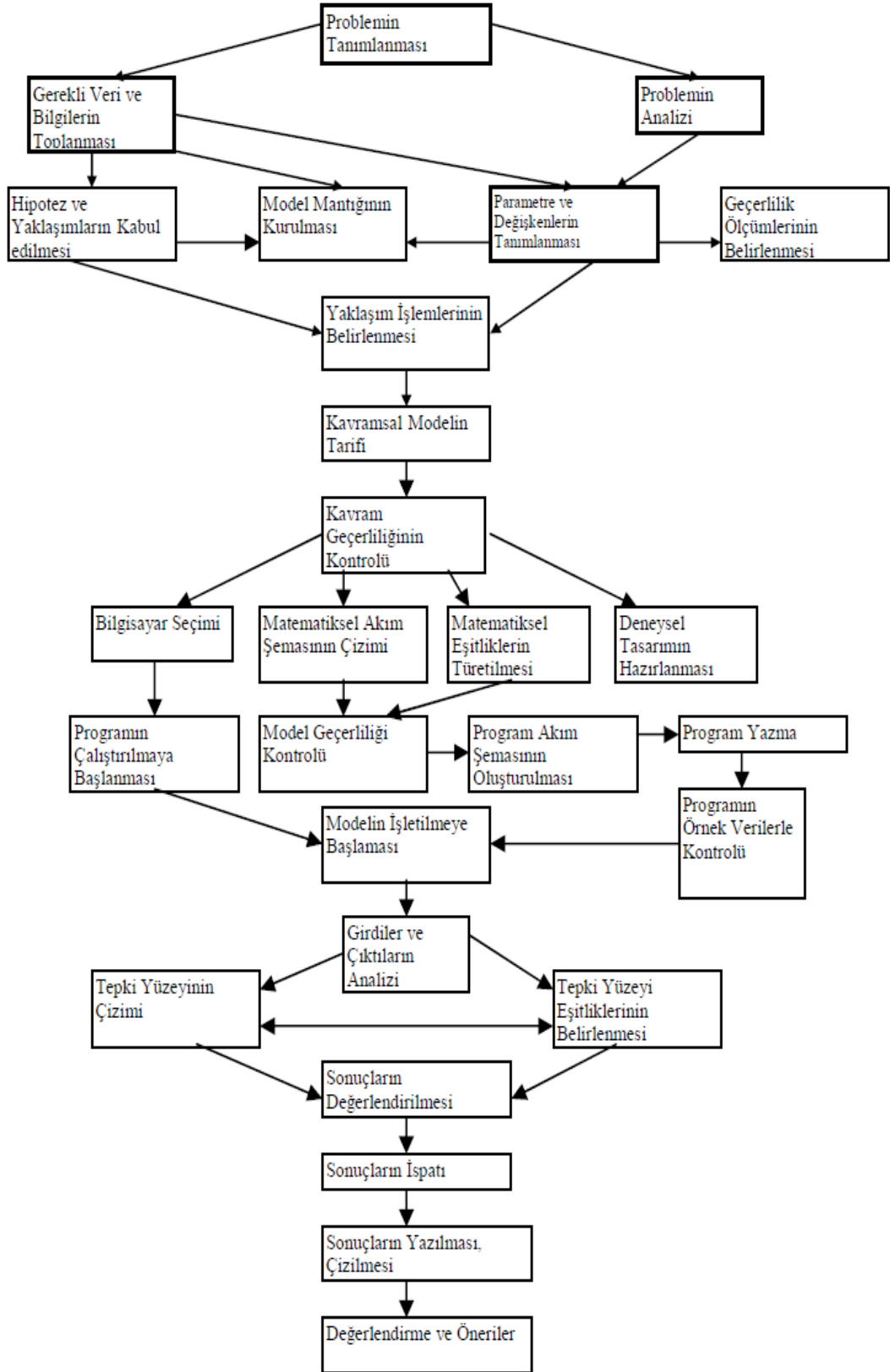
Bu şekilde veri seti (bilgisayarın eğitiminde kullanılan datalar) toprak analizleri, kirletici analizleri, farklı konsantrasyonlar ne kadar çok çeşitlendirilirse hazırlanan programın doğruluk hassasiyeti, aynı oranda artacaktır. Öyle ki database'deki eğitimde kullanılan veri setlerinin çeşitliliğinin artması ile bilgisayarın farklı toprak özelliklerine sahip kirletici taşınımı ile ilgili senaryolarda doğru senaryoyu, modeli seçmesi ve bu seçimin neticelerinin doğruluk payını arttırması mümkün olacaktır. Programın mevcut database yapısı bu tür geliştirmeler açık şekilde tasarlanmıştır.

Her bilimsel metodun olduğu gibi modelleme çalışmalarının da belli başlı aşamaları mevcuttur, Bu aşamaların tek tek takip edilerek işleme konulması ve hata kontrollerinin yapılması ile oluşturulacak modelin başarılı olması muhtemeldir.

Modelleme çalışmalarının aşamaları şöyle özetlenebilir.

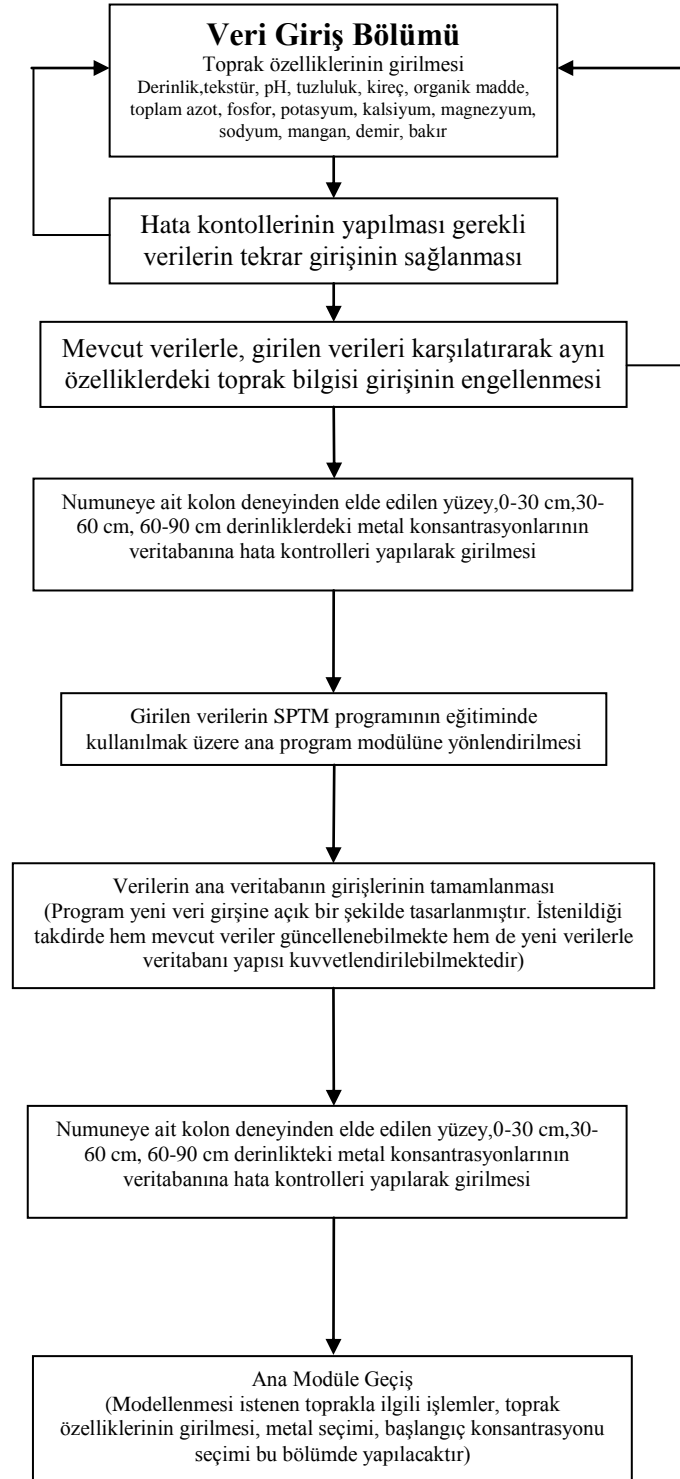
1. Model gereksinimlerinin belirlenmesi ve problemin tanımlanması,
2. Modelle ilişkili teorik bilgilerin toplanarak derlenmesi,
3. Modelin yapısıyla ilgili gerekli kabullerin yapılması,
4. Matematiksel modelleme metodları ile modelin desteklenmesi,
5. Matematiksel çözüm yolu belirleme,
6. Bilgisayar modelinin kodlanması veya hazır olarak alınması,
7. Modelin doğrulamasının yapılması,
8. Modelin tahmin ve senaryo için kullanılması,
9. Elde edilen verilerin hata kontrolleri,
10. Model çıktılarının doğrulanması,

Modelleme işleminin aşamalarının şematik gösterimi Şekil 3.25’de belirtilmiştir.



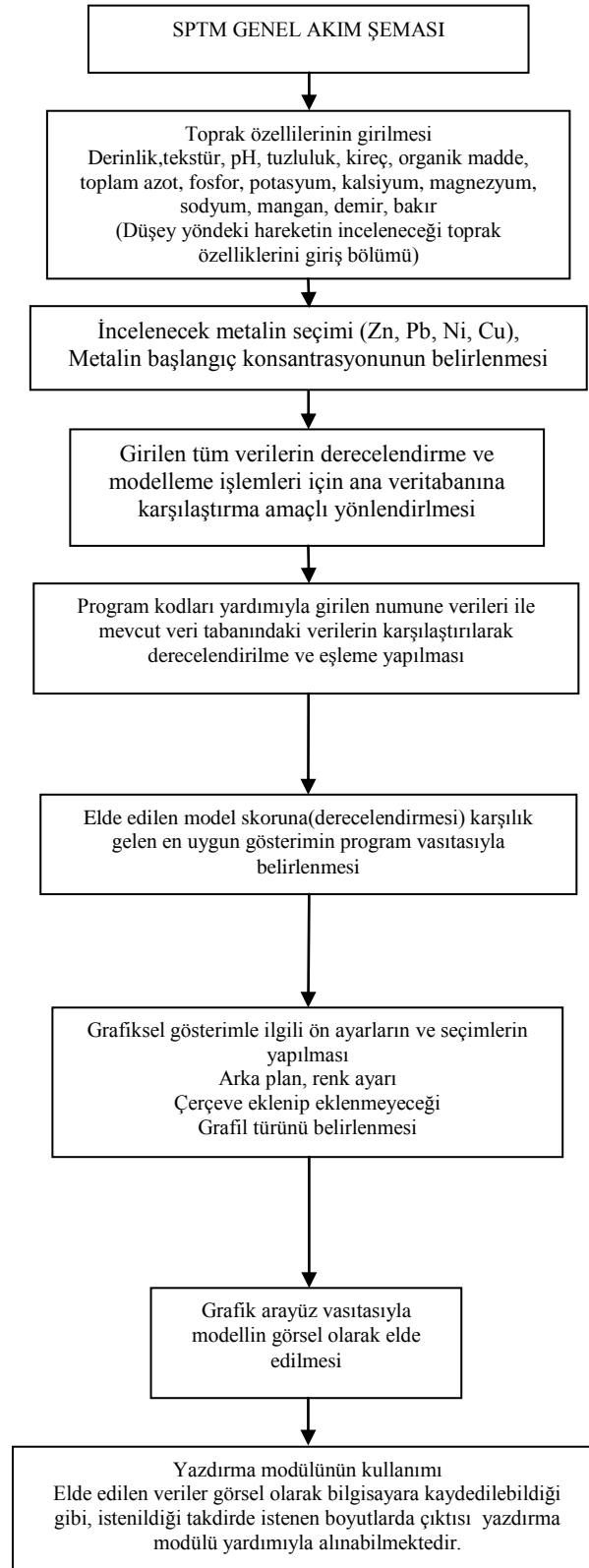
Şekil 3.25. Model hazırlanma aşamaları (Mamurekli ve ark., 2006)

SPTM ile ilgili akım şemaları Şekil 3.26 ve Şekil 3.27’de verilmiştir.



Şekil 3.26. SPTM veritabanı bölümünün akım şeması





Şekil 3.27. SPTM genel akım şeması

### 3.4.1. Hazırlanan program ile ilgili detaylar

SPTM-S (Soil Pollution Transport Modelling Software): Windows XP ortamında, Visual Basic programı ile hazırlanmıştır. Programcı için isteklerini tam karşılayabilen, yaygın kullanım alanı ve gelişmiş bileşenleri bulunan, kod yazımındaki ve hata kontrollerindeki rahatlık nedeniyle SPTM programının yazılmasında Visual Basic programlama dili tercih edilmiştir. Visual Basic'in önemli avantajlarından biri de hazırlanan program derlendiği zaman, program birden fazla modülden ve bileşen meydana gelmiş olsa da çalışan bölüm tek bir dosya haline getirilmektedir ve program bu derleme sonucu oluşan tek dosya ile çalıştırılabilmektedir. SPTM için minimum sistem gereksinimleri aşağıda verilmiştir.

Minimum sistem gereksinimleri:

- 1 GB Ram,
- 5 MB Depolama alanı,
- XP, Vista, Win 7 İşletim sistemi,
- Visual Basic program komponentleridir (OCX ve DLL'ler).

Programın bölümleri:

1. Güvenlik bölümü (şifreli giriş),
2. Bilgi girişlerinin yapıldığı ana database modülü (toprak özellikleri),
3. Deneysel sonuçların girilebildiği analiz modülü,
4. Grafiksel ara yüze sahip, kirletici hareketlerinin yorumlanarak, görsel olarak, ifade edildiği işlem ve model bölümü ,
5. Yardım bölümü şeklindedir.

Ayrıca ara yüz, kullanıcıların kolayca işlem yapabilmesi için kullanıcı dostu şekilde hazırlanmıştır. Programın kendi dahilinde de kullanıcılar için ön kullanım bilgileri yardım menüsünün altında yer almaktadır.

### 3.5. İstatistik İlişkilerin İncelenmesi

Toprak numuneleri analiz sonuçları ile kirlilik taşınımları arasındaki istatistik ilişkiler incelenerek programın geliştirilmesi sağlanmıştır. Bu aşamada elde edilen tüm verilerin tek tek, kirleticiler ile aralarında nasıl bir ilişki olduğunu saptamaya yöneliktir. Bu amaç için doğrusal regresyon yöntemi kullanılmıştır. Burada verilerin bir birleri ile aralarında genel ifade olarak  $y=ax +b$  gibi bir ilişki vardır. (Bu eşitlikte y: Kirletici

konsantrasyonunu, x: regresyon işlemi yapılan diğer veri setinin elemanlarını ifade eder. İfadede geçen a ve b değerleri aşağıda verilen eşitlik (3.17) ve (3.18) ile bulunmuştur.

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (3.17)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \bar{X} \sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \bar{X} \sum_{i=1}^n X_i} \quad (3.18)$$

Verilen eşitliklerde,

$\bar{Y}$  : Ortalama standart kirletici konsantrasyonlarını,

$\bar{X}$  : Ortalama standart regresyonda kullanılan diğer verileri,

$Y_i$  : Regresyon analizinde kullanılacak kirletici konsantrasyonlarının her birini,

$X_i$  : Regresyon analizinde kullanılacak, kirletici konsantrasyonlarına karşılık gelen diğer veri setinin her birinin değerini,

**n**: Analize dahil edilen veri adetini ifade eder (Tekin, 2009).

Örnek Çalışma:

1 Nolu şehirden alınan 1 nolu toprak numunesinde Sodyum ile Kirletici Bakır (Cu) arasındaki regresyon analiz değerleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

**Çizelge 3.7.** Örnek çalışma, derinlik ve kirletici (Cu) arasındaki regresyon analiz çizelgesi

Derinlik	X	Y	X <sup>2</sup>	XY	Y <sup>2</sup>
0-30	22,475	1,4	505,12563	31,465	1,96
30-60	25,99	0,6	675,4801	15,594	0,36
60-90	29,875	0,13	892,51563	3,88375	0,0169
Toplam	78,34	2,13	2073,1214	50,94275	2,3369

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \bar{X} \sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \bar{X} \sum_{i=1}^n X_i} = \frac{((3 \cdot (50,9)) - ((78,3) \cdot (2,13)))}{((3 \cdot (2073,12)) - ((78,34)^2))}$$

$$b = -0,17074$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} = (2,13 / 3) - (-0,170 \cdot (78,34 / 3)) = 5,168489$$

$Y = a + bx \Rightarrow Y = 5,168 + (-0,170 \cdot x)$  dir.

$X = 22,475$  için  $Y = 5,168 - (0,170 \cdot 22,475) \approx 1,4$  (Doğrulama basamağı)

Elde edilen verilerden yola çıkarak korelasyon katsayısı da hesaplanabilir. Korelasyon katsayısını hesaplamak için de eşitlik (3.19) kullanılmıştır.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i.Y_i - \bar{X} \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n X_i^2 - \bar{X} \sum_{i=1}^n X_i).(\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \bar{Y} \sum_{i=1}^n Y_i)}} \quad (3.19)$$

(Tekin, 2009)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i.Y_i - \bar{X} \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n X_i^2 - \bar{X} \sum_{i=1}^n X_i).(\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \bar{Y} \sum_{i=1}^n Y_i)}}$$

$$r = \frac{n(\sum X.Y - \sum X \sum Y)}{\sqrt{(n(\sum X^2) - (\sum X)^2).(n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)}}$$

$$r = \frac{((3.(50,9)) - ((78,3).(2,13)))}{\sqrt{((3.(2073,12)) - ((78,34)^2)).((3.(2,33)) - ((2,13)^2))}}$$

$r = -0,98$  ( Negatif yönde yüksek bir ilişki söz konusudur)

Yukarıda verilen örnek çözümdeki işlem aşamaları bilgisayar programı vasıtasıyla yaptırılmıştır. İlgili hesaplamalarda her bir kirleticiye karşılık gelen toprak numunesindeki derinlik- kirletici ilişkileri istatistiki yönden incelenerek elde edilen değerler ışığında 4. bölümde yer verilen Çizelge 4.53, Çizelge 4.54, Çizelge 4.55 ve Çizelge 4.56 elde edilmiştir. Toprağın tekstürü ile kirletici konsantrasyonları arasındaki istatistiki ilişkilerde yukarıda belirtildiği gibi bilgisayar programı vasıtasıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler de yine 4. bölümde Çizelge 4.57’de verilmiştir.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Deneysel Çalışmalar

Tez çalışmasının başlangıç aşamasını oluşturan, toprak numunelerinin farklı derinliklerdeki fiziksel ve kimyasal özelliklerinin oluşturduğu veri setinin hazırlanması amaçlı yapılan analizler neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1-Çizelge 4.30'da detaylı olarak verilmiştir. Her toprak numunesine ait 3 farklı çizelge mevcuttur. Bunlar numunenin alındığı derinliklere göre hazırlanmıştır. Her üç çizelgeden sonra, bu üç çizelgedeki tüm verileri içeren grafiksel gösterimlerle her bir toprak numunesine ait veriler derlenmeye çalışılmış ve devamında da yine her bir numune için üç farklı tabakaya ait sonuçlar karşılaştırılarak yorum bölümü hazırlanmıştır.

#### 4.1.1. Toprak numuneleriyle ilgili temel analiz sonuçları

0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm derinlerden alınmış her bir toprak numunesine ait 3'erli setler halinde sonuçlar çizelgelere aktarılmıştır. Her bir numune için herhangi bir hatanın söz konusu olmaması için 2 kere analiz yapılarak ortalamaları alınıp çalışmalarda bu sonuçlar kullanılmıştır. Böylece meydana gelebilecek ölçüm hatalarının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Çizelgelerden görüldüğü üzere aynı toprak numunesine ait farklı derinliklerdeki ölçülen fiziksel ve kimyasal parametrelerde paralellik olduğu gibi bazı numunelerde ise parametreler arasında farklılıklar oluşabilmektedir. Bunun birkaç nedeni olabilir. Analiz için alınan numune, alındığı toprağın tam olarak özelliklerini yansıtmayabilir veya numune alınan bölge farklılık gösteren parametreye yönelik herhangi bir etkiye maruz kalmış olabilir. Bunun yanında iklimsel ve insan kaynaklı faktörler nedeniyle toprağın yüzey bölümündeki fiziksel ve kimyasal özellikleri toprağın diğer seviyelerinden elde edilen özellikleri ile farklılık gösterebilmektedir.

Tekstür verilerine paralel olarak Konya ilinden alınan toprak numunelerinin türlerinin tın, kumlu killi tın, Ankara ilinden alınan toprak numunelerinin killi, kumlu killi tın, kumlu tın, Bolu ilinden alınan toprak numunelerinin ise kumlu tın, kumlu killi tın özelliklerinde oldukları tespit edilmiştir. Toprak numunelerinin tekstür analizlerinin detaylı grafiksel gösterimi Şekil 4.11'de verilmiştir. Toprak numunelerinin temel fiziksel ve kimyasal analizleri araştırılmış ve elde edilen veriler Çizelge 4.1.- Çizelge 4.30.'da verilmiştir. Toprak numunelerini tekstür verileri ise Çizelge 4.31.'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (1 nolu toprak numunesi)

S-1-1 (0-30 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	49,5	45,5	47,5
pH	Saturasyon		7,89	7,5	7,695
Tuzluluk	Saturasyon	%	0,09	0,09	0,09
Kireç	Kalsimetre	%	27,13	27,57	27,35
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0,22	0,46	0,34
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0,011	0,041	0,026
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0,114	0,114	0,114
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	18,4	15,22	16,81
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	5,263	5,117	5,19
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	74	104	89
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	23,18	21,77	22,475
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	28,1	28,14	28,12
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	7612	7,634	7,623

**Çizelge 4.2.** 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (1 nolu toprak numunesi)

S-1-2 (30-60 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	53.9	51.8	52,85
pH	Saturasyon		7.95	7.53	7,74
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.011	0.008	0,0095
Kireç	Kalsimetre	%	27.91	26.04	26,975
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.116	0.657	0,3865
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.058	0.032	0,045
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.057	0.057	0,057
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	15.85	12.49	14,17
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	5.468	5.470	5,469
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	159	140	149,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	25.47	26.51	25,99
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	25	25.46	25,23
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	6.752	6.228	6,49

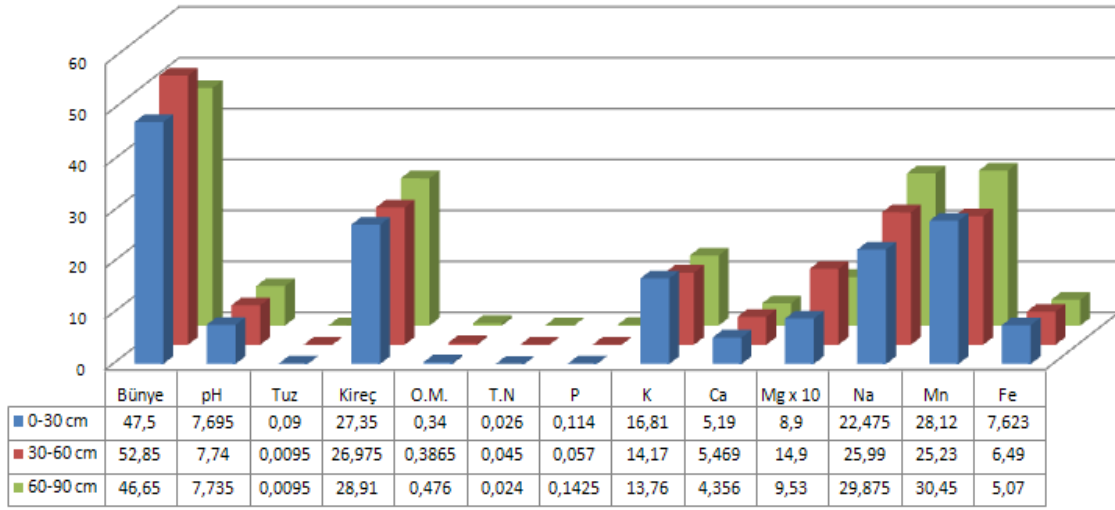
**Çizelge 4.3.** 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (1 nolu toprak numunesi)

S-1-3 (60-90 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	41.8	51.5	46,65
pH	Saturasyon		7.9	7.57	7,735
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.008	0.011	0,0095
Kireç	Kalsimetre	%	29.49	28.33	28,91
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.435	0.517	0,476
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.021	0.027	0,024
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.171	0.114	0,1425
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	14.32	13.2	13,76
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	4.117	4.595	4,356
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	89	101.6	95,3
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	30.89	28.86	29,875
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	30.4	30.5	30,45
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	5.1	5.04	5,07

1 nolu toprak numunesine ait 0-30 cm, 30- 60 cm, 60-90 cm derinliklerine ait tüm analizlerin sonuçları Şekil 4.1'de verilmiştir.

Not: Mg ve Na değerlerinin çok yüksek olmasının nedeniyle, grafiklerin anlamlılığını kaybetmemesi için tüm grafiklerde Mg ve Na değerleri 10'a bölünerek kullanılmıştır. Bu durum grafikler üzerinde (Mg x 10) ve (Na x 10) şeklinde gösterilmiştir.

### 1 nolu Toprak Numunesi Analiz Sonuçları



Şekil 4.1. 1 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları

1 nolu toprak numunesinde bünnye aralığı 46,6-52,85 şeklindedir. Tınlı toprak sınıfı özelliklerini göstermektedir. pH 7,4- 7,6 değerleri arasındadır. 6,5-7,5 aralığındaki topraklar “nötr” olarak ifade edilmektedir. Numunemizin tuzluluk değerleri 0,009-0,9 (%) aralığında değişmektedir. Yüzey tabakası alt tabakalara göre daha tuzlu (yaklaşık 100 kat) olmasına rağmen mevcut tuzluluk değerleri oldukça düşüktür. Bu değerler neticesinde (0-0,15) aralığında bir tuzluluk söz konusu olduğu için toprak “tuzsuz” toprak olarak sınıflandırılabilir. Toprak numunesinin kireç değerleri 27-29 (%) arasında değişmektedir. Değer olarak (>25) şeklindeki topraktaki kireç değeri “çok fazla kireçli” şeklinde ifade edilmektedir. Organik madde değerleri 0,34 ile 0,47 (%) değerleri arasındadır. Bu değerler 0-1 aralığında olduğu için toprak numunemizin organik madde muhtevası “çok az” şeklindedir. Görüleceği üzere toprak numunesinin T.N değerleri 0,024-0,045 mg/kg değerleri arasındadır. 30-60 cm aralığında bu değer, 0-30 ile 0-90 cm’e göre yaklaşık iki kat yüksektir. P değerleri 0,05-0,14 kg/da değerleri arasındadır. Azotunu tersine olarak 30-60 cm aralığındaki değer 0-30 ile 0-90 cm’e göre yaklaşık yarı yarıya azalmıştır. Numunenin K değerleri 13,7-16,8 kg/da arasında değerler almıştır. Literatürdeki ifade ile potasyum değerleri “çok az” şeklinde ifade edilebilir. Ca değerleri de 4,3-5,4 mg/kg değerleri arasında değişmesine rağmen düşük seviyededir. Numunedeki en yüksek değerler Mg için 89-149 mg/kg şeklindedir. 30-60 cm derinlikte diğer seviyelere göre Mg seviyesi artmıştır. Na değerleri 22,4-29,8 mg/kg aralığında değerler almıştır. Na seviyesi yüzeyden itibaren yükselerek artmıştır. Mn değerleri 25,2 ile 30,4 mg/kg aralığındadır ve literatüre göre uygun seviyelerdedir. Fe

değerleri 5-7,6 aralığında değerler almıştır ve bu değerler standart topraklardaki demir seviyelerine göre (>4,5) yüksektir.

**Çizelge 4.4.** 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (2 nolu toprak numunesi)

S-2-1 (0-30 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	51.15	49.5	50,325
pH	Saturasyon		7.87	7.9	7,885
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.01	0009	4,505
Kireç	Kalsimetre	%	26.73	27.1	26,915
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.55	0.61	0,58
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.027	0.032	0,0295
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.286	0.286	0,286
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	17.51	16.91	17,21
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	3.560	3.848	3,704
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	32	45	38,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	25.05	23.8	24,425
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	29.38	29.14	29,26
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	3.6	3.146	3,373

**Çizelge 4.5.** 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (2 nolu toprak numunesi)

S-2-2 (30-60 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	51.7	44	47,85
pH	Saturasyon		7.91	7.5	7,705
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.01	0.008	0,009
Kireç	Kalsimetre	%	27.13	26.8	26,965
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.865	0.757	0,811
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.043	0.037	0,04
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.229	0.315	0,272
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	17.8	15.946	16,873
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	3.830	3.750	3,79
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	222	176.4	199,2
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	27.29	30.53	28,91
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	25.72	25.28	25,5
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	7.936	7.202	7,569

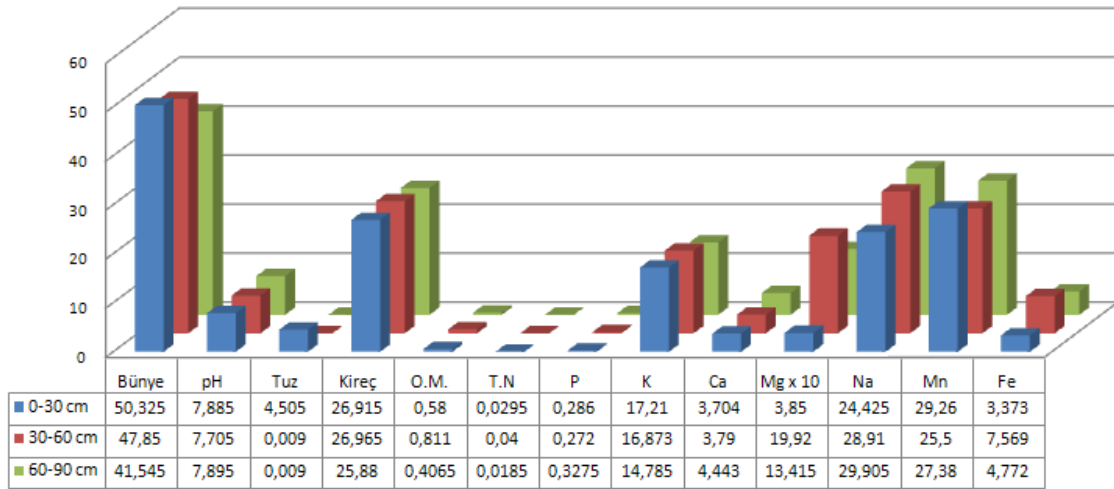
**Çizelge 4.6.** 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (2 nolu toprak numunesi)

S-2-3 (60-90 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	42.02	41.07	41,545
pH	Saturasyon		7.88	7.91	7,895
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.008	0.01	0,009
Kireç	Kalsimetre	%	25.16	26.6	25,88
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.435	0.378	0,4065
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.021	0.016	0,0185
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.343	0.312	0,3275
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	15.57	14	14,785
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	4.786	4.100	4,443
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	154	114.3	134,15
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	31.16	28.65	29,905
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	29.56	25.2	27,38
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	4.934	4.610	4,772

2 nolu toprak numunesine ait 0-30 cm, 30- 60 cm, 60-90 cm derinliklerine ait tüm analizlerin sonuçları Şekil 4.2'de verilmiştir.



## 2 nolu Toprak Numunesi Analiz Sonuçları



Şekil 4.2. 2 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları

2 nolu toprak numunesinde bünye aralığı 41,5-50,3 şeklindedir ve “tınlı” toprak sınıfı özelliklerini göstermektedir. pH değerler, 7,7- 7,9 değerleri arasındadır. (7,5-8,5) aralığındaki topraklar “hafif alkalın” olarak ifade edilmektedir. Numunemizin tuzluluk değerleri 0,009-4,5 (%) aralığındadır. Yüzey tabakası alt tabakalara göre (yaklaşık 500 kat) daha tuzludur. Bu nedenle yüzey numunesi “çok tuzlu” sınıfına girer. Diğer tabaklarda (0-0,15) aralığında bir tuzluluk söz konusu olduğu için numune “tuzsuz” toprak olarak sınıflandırılabilir. Numunenin kireç değerleri 25,8-27 (%) arasında değişmektedir. Değer olarak “>25” şeklindeki topraktaki kireç değeri “çok fazla kireçli” şeklinde ifade edilmektedir. 0-30 ve 30-60 cm’de kireç değerleri birbirine yakınken son seviyede bir azalma gözlenmektedir. O.M 0,4 ile 0,8 (%) değerleri arasındadır. Bu değerler (0-1) aralığında olduğu için toprak numunemizin O.M. muhtevası “çok az” şeklindedir. Numunede T.N ise 0,01-0,04 mg/kg değerleri arasındadır. 30-60 cm aralığında bu değer 0-30 ile 60-90 cm’e göre yaklaşık 1,5 kat yüksektir. P değerleri 0,27-0,32 kg/da değerleri arasındadır. 30-60 cm aralığındaki değer 0-30 ile 0-90 cm’dekilere göre küçük de olsa bir azalma gözlenmiştir. Numunenin K değerleri 14,7-17,2 kg/da arasında değerler almıştır. K değerleri (<50,7) olduğu için “çok az” şeklinde ifade edilebilir. Ca değerleri de 3,7-4.4 mg/kg değerleri arasında değişmesine rağmen düşük seviyededir. Mg için değerler 38,5-199 mg/kg şeklindedir. Yüzeyde Mg seviyesi düşükken, 30-60 cm derinlikte diğer seviyelere göre Mg seviyesinde bir artış gözlemlenmiştir. Na değerleri 24,4-30 mg/kg aralığında değerler almıştır. Na seviyesi yüzeyden itibaren doğrusal bir artış söz konusudur. Mn değerleri 25,5 ile 30,2 mg/kg aralığındadır ve literatüre göre uygun seviyelerdedir. Fe değerleri 3,3-4,5 aralığında

değerler almıştır. 0-30 cm’de (2,5-4,5) Fe “orta seviye” iken, 30-60 ve 60-90 cm’de Fe seviyeleri (>4,5) yüksektir.

**Çizelge 4.7.** 0-30 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (3 nolu toprak numunesi)

S-3-1 (0-30 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	50.6	51.7	51,15
pH	Saturasyon		8.03	8.04	8,035
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.014	0.017	0,0155
Kireç	Kalsimetre	%	27.91	27.95	27,93
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.331	0.457	0,394
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.016	0.021	0,0185
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.458	0.379	0,4185
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	15.66	14.51	15,085
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	3.755	3.678	3,7165
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	195	165.7	180,35
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	67.7	36.63	52,165
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	26.1	26.36	26,23
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	5.34	5.17	5,255

**Çizelge 4.8.** 30-60 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (3 nolu toprak numunesi)

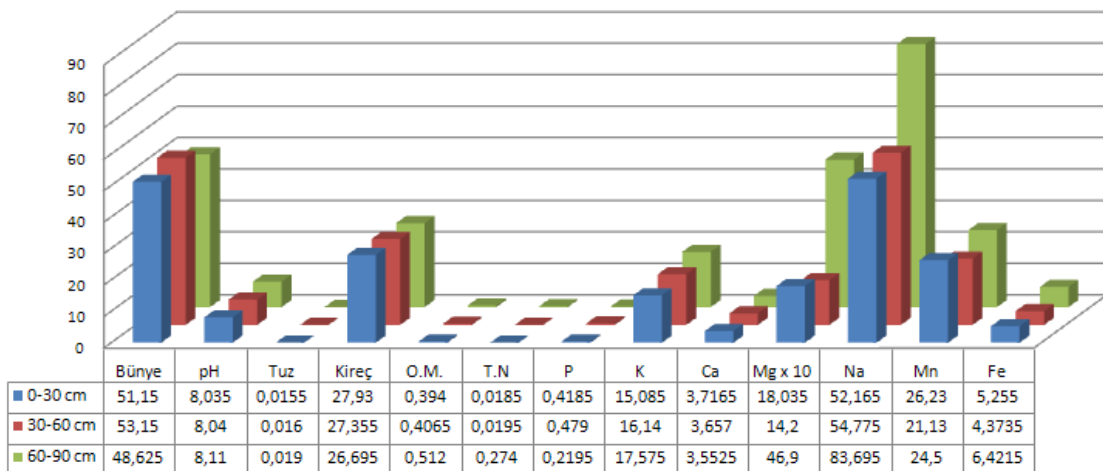
S-3-2 (30-60 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	52.8	53.5	53,15
pH	Saturasyon		8.04	8.04	8,04
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.014	0.018	0,016
Kireç	Kalsimetre	%	27.91	26.8	27,355
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.435	0.378	0,4065
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.021	0.018	0,0195
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.515	0.443	0,479
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	16.39	15.89	16,14
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	3.636	3.678	3,657
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	152	132	142
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	49.95	59.6	54,775
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	21.1	21.16	21,13
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	4.676	4.071	4,3735

**Çizelge 4.9.** 60-90 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (3 nolu toprak numunesi)

S-3-3 (60-90 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	46.75	50.5	48,625
pH	Saturasyon		8.1	8.12	8,11
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.017	0.021	0,019
Kireç	Kalsimetre	%	27.91	25.48	26,695
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.546	0.478	0,512
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.27	0.278	0,274
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.225	0.214	0,2195
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	18.65	16.5	17,575
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	3.543	3.562	3,5525
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	493	445	469
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	89.05	78.34	83,695
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	24.48	24.52	24,5
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	6.568	6.275	6,4215

3 nolu toprak numunesine ait 0-30 cm, 30- 60 cm, 60-90 cm derinliklerine ait tüm analizlerin sonuçları Şekil 4.3’de verilmiştir.

### 3 nolu Toprak Numunesi Analiz Sonuçları



Şekil 4.3. 3 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları

3 nolu toprak numunesinde bünye aralığı 48,6-53,15 şeklindedir. “Killi tın” toprak sınıfı özelliklerini göstermektedir. pH değerler, 8,03- 8,1 değerleri arasındadır. pH değerleri (7,5-8,5) aralığında olduğu için “hafif alkalın” olarak ifade edilmektedir. Numunemizin tuzluluk değerleri 0,0155-0,019 (%) aralığındadır. Tuz değerleri (0,15-0,35) aralığında olduğu için numune “hafif tuzlu” toprak olarak sınıflandırılabilir. Numunenin kireç değerleri 26,7-27,9 (%) arasında değişmektedir. Değerler (>25) şeklindeki olduğu için, kireç değeri “çok fazla kireçli” şeklindedir. 0-30 ve 30-60 cm’de kireç değerleri birbirine yakınken son seviyede küçük bir azalma gözlenmektedir. O.M 0,39 ile 0,51 (%) değerleri arasındadır. O.M değerler, (0-1) aralığında olduğu için toprak numunemizin O.M. muhtevası “çok az” şeklinde ifade edilir. Numunede T.N ise 0,018-0,27 mg/kg değerleri arasındadır. 60-90 cm aralığında bu değer 0-30 ile 0-90 cm’e göre yaklaşık 14 kat yüksektir. P değerleri 0,2-0,47 kg/da değerleri arasındadır. 60-90 cm’de P değeri yarı yarıya azalmıştır. K değerleri 15,1-17,5 kg/da arasında değerler almıştır. Değerler (<50,7) olduğu için K, “çok az” şeklinde ifade edilebilir. Ca değerleri de 3,5-3,7 mg/kg şeklindedir. Bu değerler literatürdeki toprak Ca değerlerine göre düşük seviyelerdedir. Mg için değerler 180,3-469 mg/kg şeklindedir. Yüzeyde ve 30-60 cm’de Mg seviyesi düşükken, 60-90 cm derinlikte Mg seviyesinde dört kat bir artış gözlemlenmiştir. Na değerleri 52,1-83,6 mg/kg aralığında değerler almıştır. Na seviyesinde 60-90 cm’de diğer seviyelere daha fazla bir artış tespit edilmiştir. Yüzeyden itibaren doğrusal bir artış söz konusudur. Mn değerleri 21,1 ile 26,2 mg/kg aralığındadır. Mn değerleri (>5) olduğu için “yeterli” olarak ifade edilir. Fe değerleri

5,2-6,4 aralığında değerler almıştır. Fe seviyeleri (>4,5) şeklinde olduğu için “yüksek” şeklinde ifade edilir.

**Çizelge 4.10.** 0-30 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (4 nolu toprak numunesi)

S-4-1 (0-30 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	51.7	58.2	54,95
pH	Saturasyon		8.08	8.07	8,075
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.017	0.021	0,019
Kireç	Kalsimetre	%	27.91	27.95	27,93
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.435	0.345	0,39
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.021	0.017	0,019
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.229	0.214	0,2215
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	18.51	18.15	18,33
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	2.835	3.131	2,983
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	1230	968	1099
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	94.72	101.4	98,06
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	27.62	27.58	27,6
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	2.944	2.865	2,9045

**Çizelge 4.11.** 30-60 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (4 nolu toprak numunesi)

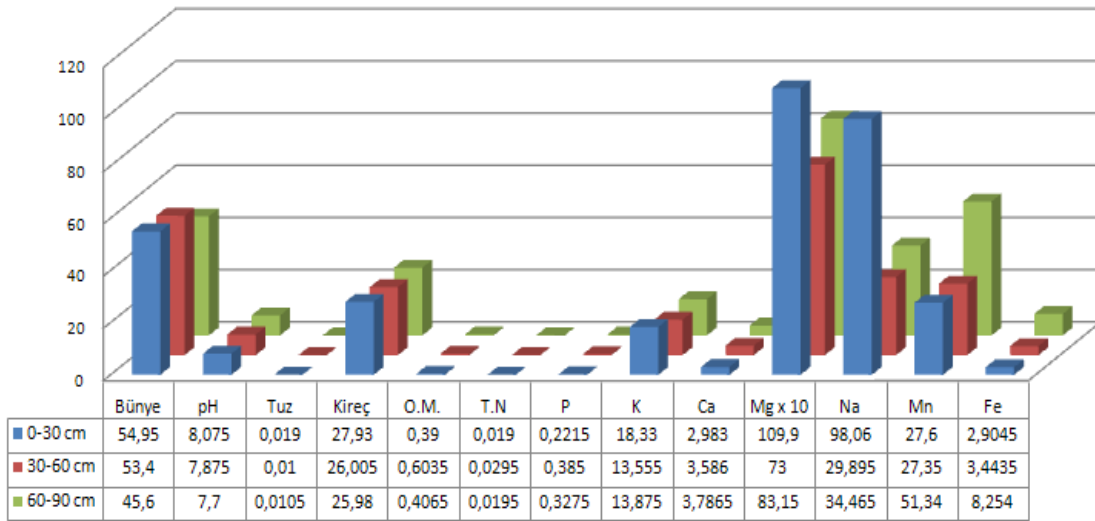
S-4-2 (30-60 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	53.9	52.9	53,4
pH	Saturasyon		7.9	7.85	7,875
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.011	0.009	0,01
Kireç	Kalsimetre	%	27.13	24.88	26,005
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.65	0.557	0,6035
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.032	0.027	0,0295
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.4	0.37	0,385
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	14.32	12.79	13,555
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	3.685	3.487	3,586
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	691	769	730
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	28.26	31.53	29,895
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	27.68	27.02	27,35
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	3.53	3.357	3,4435

**Çizelge 4.12.** 60-90 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (4 nolu toprak numunesi)

S-4-3 (60-90 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	44	47.2	45,6
pH	Saturasyon		7.86	7.54	7,7
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.009	0.012	0,0105
Kireç	Kalsimetre	%	25.16	26.8	25,98
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.435	0.378	0,4065
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.021	0.018	0,0195
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.268	0.387	0,3275
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	14.51	13.24	13,875
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	3.749	3.824	3,7865
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	861	802	831,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	37.42	31.51	34,465
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	54	48.68	51,34
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	8.174	8.334	8,254

4 nolu toprak numunesine ait 0-30 cm, 30- 60 cm, 60-90 cm derinliklerine ait tüm analizlerin sonuçları Şekil 4.4’de verilmiştir.

#### 4 nolu Toprak Numunesi Analiz Sonuçları



Şekil 4.4. 4 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları

4 nolu toprak numunesinde bünye aralığı 45,6-54,9 şeklindedir. “Tın” ve “killi tın” toprak sınıfı özelliklerini göstermektedir. pH değerler, 7,7- 8,1 değerleri arasındadır. pH değerleri (7,5-8,5) aralığında olduğu için “hafif alkalın” olarak ifade edilmektedir. Numunemizin tuzluluk değerleri 0,010-0,019 (%) aralığındadır. Tuz değerleri (0-0,15) aralığında olduğu için numune “tuzsuz” olarak sınıflandırılabilir. Kireç değerleri numunede, 26-27,93 (%) aralığında değişmektedir. Değerler (>25) şeklindeki olduğu için, kireç değeri “çok fazla kireçli” şeklindedir. Toprak numunesinin tüm seviyelerinde kireç değerleri birbirine yakındır. O.M 0,39 ile 0,60 (%) değerleri arasındadır. Değerler, (0-1) aralığında olduğu için toprak numunemizin O.M. muhtevası “çok az” şeklinde ifade edilir. Numunede T.N ise 0,019-0,029 mg/kg değerleri arasındadır. P değerleri 0,2-0,38 kg/da değerleri arasındadır. 30-60 cm’de P değeri artarken alt tabakada azalmıştır. K değerleri 13,55-18,33 kg/da arasında değerler almıştır. K seviyeleri (<50,7) olduğu için “çok az” şeklinde ifade edilebilir. Ca değerleri de 2,9-3,7 mg/kg şeklindedir. Bu değerler literatürdeki toprak Ca değerlerine göre düşük seviyelerdedir. Mg için değerler 730-1100 mg/kg şeklindedir. Mg değerleri 480-1500 aralığında olup “fazla” şeklinde ifade edilir. Na değerleri 29,9-98,06 mg/kg aralığında değerler almıştır. Na seviyesinde 60-90 cm’de diğer seviyelere daha fazla bir artış tespit edilmiştir. Yüzeyle Na değerleri yüksek iken, 30-60 ve 60-90 cm’de bu değer azalmıştır. Mn değerleri 27,3 ile 51,3 mg/kg aralığındadır. Mn değerleri (>5) olduğu için “yeterli” olarak ifade edilir. Fe değerleri 2,9-8,2 aralığında değerler almıştır. Fe seviyeleri (>4,5) şeklinde olduğu için “yüksek” şeklinde ifade edilir.

**Çizelge 4.13.** 0-30 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (5 nolu toprak numunesi)

<b>S-5-1 (0-30 cm)</b>	<b>Yöntem</b>	<b>Ölçüsü</b>	<b>Analiz Sonuçları</b>		<b>Ortalama</b>
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	58.3	61.2	59,75
pH	Saturasyon		7.8	7.84	7,82
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.064	0.078	0,071
Kireç	Kalsimetre	%	8.65	8.45	8,55
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.22	0.18	0,2
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.011	0.008	0,0095
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.229	0.286	0,2575
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	28	26.2	27,1
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	6.020	6.189	6,1045
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	13.76	9.72	11,74
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	102.5	112.7	107,6
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	9.14	9.64	9,39
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	0.532	0.715	0,6235

**Çizelge 4.14.** 30-60 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (5 nolu toprak numunesi)

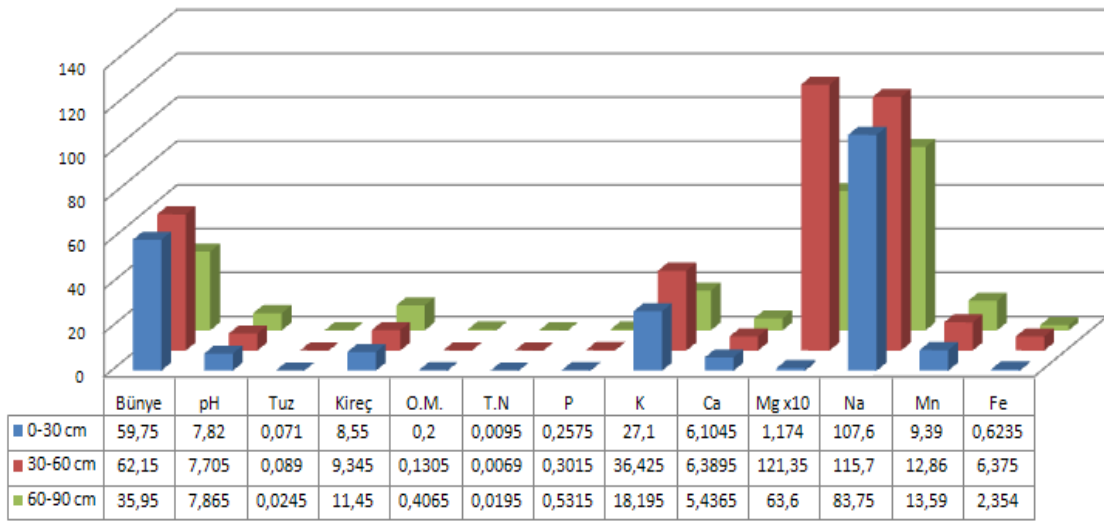
<b>S-5-2 (30-60 cm)</b>	<b>Yöntem</b>	<b>Ölçüsü</b>	<b>Analiz Sonuçları</b>		<b>Ortalama</b>
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	61.6	62.7	62,15
pH	Saturasyon		7.71	7.7	7,705
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.087	0.091	0,089
Kireç	Kalsimetre	%	9.14	9.55	9,345
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.116	0.145	0,1305
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.0068	0.007	0,0069
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.286	0.317	0,3015
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	38.3	34.55	36,425
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	6.322	6.457	6,3895
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	1351	1076	1213,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	108.2	123.2	115,7
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	12.24	13.48	12,86
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	6.4	6.35	6,375

**Çizelge 4.15.** 60-90 cm'den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (5 nolu toprak numunesi)

<b>S-5-3 (60-90 cm)</b>	<b>Yöntem</b>	<b>Ölçüsü</b>	<b>Analiz Sonuçları</b>		<b>Ortalama</b>
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	35.6	36.3	35,95
pH	Saturasyon		7.82	7.91	7,865
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.025	0.024	0,0245
Kireç	Kalsimetre	%	12.18	10.72	11,45
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.435	0.378	0,4065
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.021	0.018	0,0195
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.572	0.491	0,5315
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	18.74	17.65	18,195
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	5.315	5.558	5,4365
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	670	602	636
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	81.5	86	83,75
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	13.7	13.48	13,59
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	2.502	2.206	2,354

5 nolu toprak numunesine ait 0-30 cm, 30- 60 cm, 60-90 cm derinliklerine ait tüm analizlerin sonuçları Şekil 4.5'de verilmiştir.

### 5 nolu Toprak Numunesi Analiz Sonuçları



Şekil 4.5. 5 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları

5 nolu toprak numunesi için bünye aralığı 35,95-62,15 şeklindedir. “Tın” ve “killi tın” toprak sınıfı özelliklerini göstermektedir. pH değerler, 7,7- 7,8 değerleri arasındadır. pH değerleri (7,5-8,5) aralığında olduğu için “hafif alkalın” olarak ifade edilmektedir. pH tüm seviyelerde yaklaşık olarak aynı miktarlardadır. Toprağın tuzluluk değerleri 0,024-0,071 (%) aralığındadır. Değerler (0-0,15) aralığında olduğu için numune “tuzsuz” olarak sınıflandırılabilir. Numunenin kireç yüzdesi 8,55-11,45 (%) aralığında değişmektedir. Değerler (5-15) aralığında olduğu için, kireç değeri “orta kireçli” şeklindedir. O.M 0,13-0,40 (%) değerleri arasındadır. Numunenin O.M. değerleri (0-1) aralığında olduğu için toprak numunemizin O.M. muhtevası “çok az” şeklinde ifade edilir. T.N ise 0,0069-0,0195 mg/kg değerleri arasındadır.T.N değerleri 60-90 cm derinlikte diğer seviyelerin yaklaşık iki katı artmıştır. P değerleri 0,25-0,53 kg/da değerleri arasındadır. P değerleri yüzeden derine doğru arttığı gözlenmiştir. Numunenin K değerleri 18,19-36,42 kg/da arasında değerler almıştır. Seviyeleri (<50,7) olduğu için K “çok az” şeklinde ifade edilebilir. Ca değerleri de 5,4-6,3 mg/kg aralığındadır. Literatürdeki toprak Ca değerlerine göre numunemizin Ca değerleri düşük seviyelerdedir. Mg için değerler 11,7-1213 mg/kg şeklindedir. Mg değerleri 480-1500 aralığında olup “fazla” şeklinde ifade edilir. Sadece 0-30 cm derinlikte Mg değeri “çok az” sınıfına girmektedir. Na değerleri 83,75-115,7 mg/kg aralığında değerler almıştır. Na seviyesinde 60-90 cm’de diğer seviyelerden daha yüksektir. Mn değerleri 9,39 ile 13,59 mg/kg aralığındadır. Mn değerleri (>5) olduğu için “yeterli” olarak ifade edilir. Fe değerleri 0,6-6,3 aralığında değerler almıştır. 60-90 cm’de Fe seviyesi (>4,5) şeklinde

olduğu için “yüksek” şeklinde ifade edilir. Diğer iki derinlikte Fe seviyesi (<2,5) olduğu için “az” şeklinde ifade edilir.

**Çizelge 4.16.** 0-30 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (6 nolu toprak numunesi)

S-6-1 (0-30 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	69.3	69.4	69,35
pH	Saturasyon		7.5	7.6	7,55
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.058	0.067	0,0625
Kireç	Kalsimetre	%	11.79	10.72	11,255
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.22	0.27	0,245
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.011	0.013	0,012
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.356	0.343	0,3495
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	41.98	38.15	40,065
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	6.575	6.689	6,632
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	789	645	717
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	115.9	126.9	121,4
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	9.06	9.04	9,05
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	7.218	7.665	7,4415

**Çizelge 4.17.** 30-60 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (6 nolu toprak numunesi)

S-6-2 (30-60 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	69.3	62.7	66
pH	Saturasyon		7.71	7.7	7,705
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.092	0.091	0,0915
Kireç	Kalsimetre	%	12.18	10.73	11,455
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.22	0.14	0,18
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.011	0.007	0,009
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.931	0.855	0,893
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	25.56	30.56	28,06
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	7.351	7.171	7,261
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	855	956	905,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	122.3	107.8	115,05
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	8.7	8.06	8,38
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	1,732	1,553	1,6425

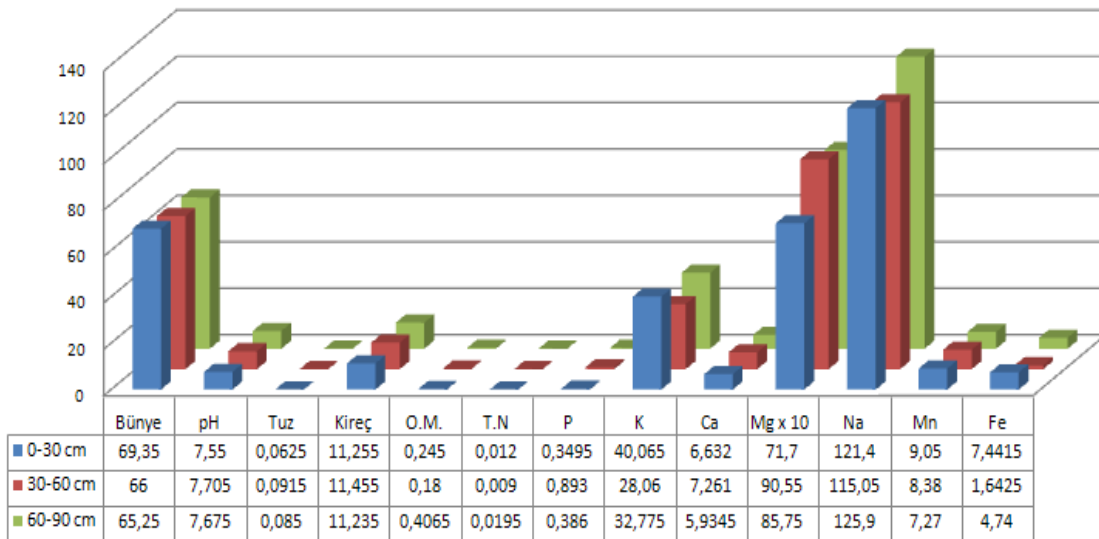
**Çizelge 4.18.** 60-90 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (6 nolu toprak numunesi)

S-6-3 (60-90 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	66	64.5	65,25
pH	Saturasyon		7.68	7.67	7,675
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.09	0.08	0,085
Kireç	Kalsimetre	%	10.22	12.25	11,235
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.435	0.378	0,4065
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.021	0.018	0,0195
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	0.458	0.314	0,386
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	33.42	32.13	32,775
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	5.830	6.039	5,9345
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	826	889	857,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	123.7	128.1	125,9
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	7.06	7.48	7,27
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	4.67	4.81	4,74

6 nolu toprak numunesine ait 0-30 cm, 30- 60 cm, 60-90 cm derinliklerine ait tüm analizlerin sonuçları Şekil 4.6’da verilmiştir.



### 6 nolu Toprak Numunesi Analiz Sonuçları



Şekil 4.6. 6 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları

6 nolu toprak numunesinde bünye aralığı 65,25-69,35 şeklindedir. Aralık olarak (50-70) aralığında olduğu için “killi tın” şeklindedir. pH değerleri ise, 7,55- 7,7 değerleri arasındadır. Değerler (7,5-8,5) aralığında olduğu için numune “hafif alkalın” olarak ifade edilmektedir. Numunemizin tuzluluk değerleri 0,062-0,091 (%) aralığındadır. Değerler (0-0,15) aralığında olduğu için numune “tuzsuz” olarak sınıflandırılabilir. Numunenin kireç değerleri, 11,23-11,45 (%) aralığında değişmektedir. Kireç seviyeleri (5-15) şeklindeki olduğu için “orta kireçli” şeklinde ifade edilir. Tüm seviyelerinde kireç değerleri birbirine yakındır. O.M seviyeleri numunede 0,18 ile 0,40 (%) değerleri arasındadır. Değerler, (0-1) aralığında olduğu için toprak numunemizin O.M. muhtevası “çok az” şeklinde ifade edilir. Numunede T.N ise 0,009-0,019 mg/kg değerleri arasındadır. 30-60 cm derinlikte T.N diğer derinliklere göre 1,3 kat azalmıştır. P değerleri 0,34-0,89 kg/da değerleri arasındadır. 30-60 cm’de P değeri yükselmiştir. K değerleri 28,06-40,06 kg/da arasında değerler almıştır. K seviyeleri (<50,7) olduğu için “çok az” şeklinde ifade edilebilir. Ca değerleri de 5,9-7,2 mg/kg şeklindedir.0-30 ve 30-60 cm’de Ca miktarı artarken, 60-90 cm’de Ca miktarı azalmıştır. Mg için değerler 717-905 mg/kg şeklindedir. Değerleri 480-1500 aralığında olduğu için numunemizdeki Mg “fazla” şeklinde ifade edilir. Na değerleri 115,05-125,9 mg/kg aralığında değerler almıştır. Na değerleri her üç derinlikte de bir birlerine yakın değerler almıştır. Mn değerleri 7,27 ile 9,05 mg/kg aralığındadır. Elde edilen değerler (>5) olduğu için numunedeki Mn “yeterli” olarak ifade edilir. Fe değerleri 1,6-7,4 aralığında değerler almıştır. 0-30 ve 60-90 cm’de Fe seviyesi (>4,5) şeklinde olduğu

için “yüksek” şeklinde ifade edilirken 30-60 cm’de Fe seviyesi (<2,5) olduğu için “az” şeklinde ifade edilir.

**Çizelge 4.19.** 0-30 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (7 nolu toprak numunesi)

S-7-1 (0-30 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	37.4	35.2	36,3
pH	Saturasyon		7.55	7.54	7,545
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.048	0.053	0,0505
Kireç	Kalsimetre	%	3.14	3.82	3,48
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.22	0.14	0,18
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.011	0.007	0,009
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	1.24	1.08	1,16
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	24.75	23.88	24,315
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	5.013	5.077	5,045
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	685	625	655
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	107.2	100.3	103,75
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	19.36	19.52	19,44
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	5.76	5.88	5,82

**Çizelge 4.20.** 30-60 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (7 nolu toprak numunesi)

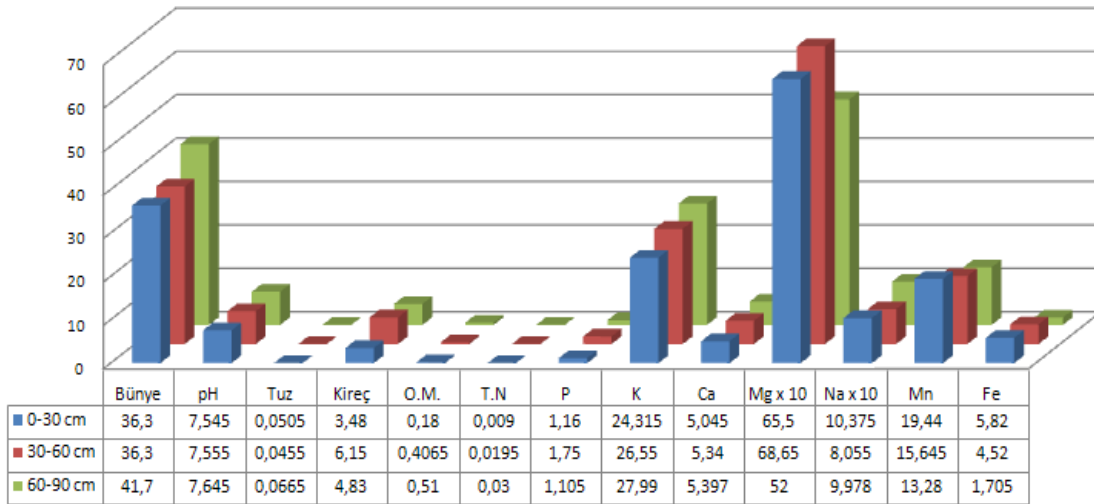
S-7-2 (30-60 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	38.5	34.1	36,3
pH	Saturasyon		7.55	7.56	7,555
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.047	0.044	0,0455
Kireç	Kalsimetre	%	5.5	6.8	6,15
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.435	0.378	0,4065
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.021	0.018	0,0195
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	2.1	1.4	1,75
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	27	26.1	26,55
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	5.475	5.205	5,34
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	684	689	686,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	72.1	89	80,55
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	15.4	15.89	15,645
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	4.46	4.58	4,52

**Çizelge 4.21.** 60-90 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (7 nolu toprak numunesi)

S-7-3 (60-90 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	41.8	41.6	41,7
pH	Saturasyon		7.63	7.66	7,645
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.068	0.065	0,0665
Kireç	Kalsimetre	%	4.71	4.95	4,83
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.65	0.37	0,51
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.032	0.028	0,03
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	1.03	1.18	1,105
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	30.26	25.72	27,99
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	5.154	5.640	5,397
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	525	515	520
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	117	82.56	99,78
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	13.8	12.76	13,28
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	1.81	1.60	1,705

7 nolu toprak numunesine ait 0-30 cm, 30- 60 cm, 60-90 cm derinliklerine ait tüm analizlerin sonuçları Şekil 4.7’de verilmiştir.

### 7 nolu Toprak Numunesi Analiz Sonuçları



Şekil 4.7. 7 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları

7 nolu toprak numunesinde bünye 36,3-41,7 aralığında değerler almıştır. (30-50) aralığında olduğu için “tınlı” toprak sınıfı özelliklerini göstermektedir. pH değerler, 7,54- 7,64 değerleri arasındadır. Bu değerler (7,5-8,5) aralığında olduğu için toprak “hafif alkalın” olarak ifade edilmektedir. Numunenin tuzluluk değerleri 0,040-0,066 (%) aralığındadır. Tuz değerleri (0-0,15) aralığında olduğu için numune “tuzsuz” olarak sınıflandırılabilir. Kireç değerleri numunede, 3,48-6,15 (%) aralığındadır. 0-30 ve 60-90 cm derinliklerde kireç değerleri (1-5) aralığında olduğu için “kireçli”, 30-60 cm derinlikte (5-15) aralığında olduğu için “orta kireçli” şeklindedir. O.M 0,18 ile 0,51 (%) değerleri arasındadır. Analiz sonuc elde edilen veriler, (0-1) aralığında olduğu için toprak numunemizin O.M. muhtevası “çok az” şeklindedir. Numunede T.N ise 0,009-0,03 mg/kg değerleri arasındadır. T.N muhtevası yüzeden derine gittikçe yükselmiştir. P değerleri 1,1-1,7 kg/da değerleri arasındadır. 30-60 cm’de P değeri yükselmiştir. Değerler (<2,5) şeklinde olduğu için P “çok az” şeklinde ifade edilir. K değerleri 24,3-27,9 kg/da arasında değerler almıştır. Değerler (<50,7) şeklinde olduğu için K “çok az” şeklinde ifade edilebilir. Numunenin Ca değerleri 5,0-5,397 mg/kg şeklindedir. Bu değerler literatürdeki toprak Ca değerlerine (>238) göre düşük seviyelerdedir. Mg için değerler 730-1100 mg/kg şeklindedir. Mg değerleri 65,5-68,65 aralığında olup “fazla” şeklinde ifade edilir. 60-90 cm’deki Mg değeri 0-30 ve 30-60 cm’dekilere göre daha düşük seviyededir. Na değerleri 8,055-10,375 mg/kg aralığında değerler almıştır. Na yüzeyde yüksek seviyede iken 30-60 cm’de azalmış, 60-90 cm’de tekrar artmıştır. Mn değerleri 13,28 ile 19,44 mg/kg aralığındadır. Değerler (>5) şeklinde olduğu için “yeterli” olarak ifade edilir. Fe değerleri 1,7-5,82 aralığında değerler almıştır. 0-30 ve 30-

60 cm’de Fe seviyesi (>4,5) şeklinde olduğu için “yüksek” şeklinde ifade edilirken 60-90 cm’de Fe seviyesi (<2,5) olduğu için “az” şeklinde ifade edilir.

**Çizelge 4.22.** 0-30 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (8 nolu toprak numunesi)

S-8-1 (0-30 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	55	58.3	56,65
pH	Saturasyon		6.07	6.04	6,055
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.032	0.034	0,033
Kireç	Kalsimetre	%	0.314	0.465	0,3895
Organik Madde	WalkleyBlack	%	3.125	3.463	3,294
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.156	0.167	0,1615
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	2.80	2.65	2,725
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	34.93	32.37	33,65
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	2.656	3.10	2,878
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	343	334	338,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	36.09	31.94	34,015
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	94.84	98.68	96,76
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	23.9	21.69	22,795

**Çizelge 4.23.** 30-60 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (8 nolu toprak numunesi)

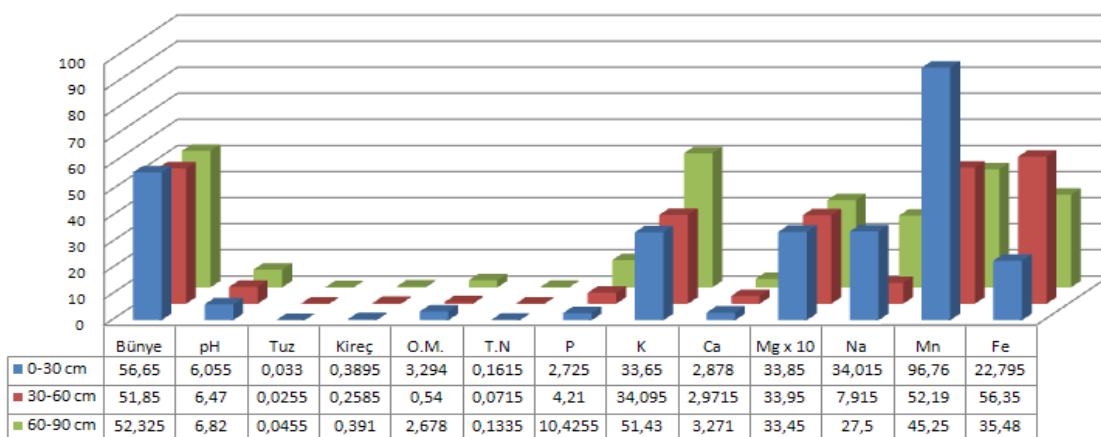
S-8-2 (30-60 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	51.7	52	51,85
pH	Saturasyon		6.49	6.45	6,47
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.025	0.026	0,0255
Kireç	Kalsimetre	%	0.235	0.282	0,2585
Organik Madde	WalkleyBlack	%	0.51	0.57	0,54
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.075	0.068	0,0715
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	4.353	4.067	4,21
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	34.32	33.87	34,095
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	2.823	3.12	2,9715
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	326	353	339,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	8.51	7.32	7,915
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	52.3	52.08	52,19
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	56.6	56.1	56,35

**Çizelge 4.24.** 60-90 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (8 nolu toprak numunesi)

S-8-3 (60-90 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	51.15	53.5	52,325
pH	Saturasyon		6.84	6.8	6,82
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.046	0.045	0,0455
Kireç	Kalsimetre	%	0.314	0.468	0,391
Organik Madde	WalkleyBlack	%	2.585	2.771	2,678
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.129	0.138	0,1335
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	11.686	9.165	10,4255
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	51.82	51.04	51,43
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	3.345	3.197	3,271
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	336	333	334,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	32.1	22.9	27,5
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	45.2	45.3	45,25
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	35.2	35.76	35,48

8 nolu toprak numunesine ait 0-30 cm, 30- 60 cm, 60-90 cm derinliklerine ait tüm analizlerin sonuçları Şekil 4.8’de verilmiştir.

### 8 nolu Toprak Numunesi Analiz Sonuçları



Şekil 4.8. 8 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları

8 nolu toprak numunesinde bünye aralığı 51,85-56,6 şeklindedir. Numune “killi tın” toprak sınıfı özelliklerini göstermektedir. pH değerler, 6,0- 6,8 değerleri arasındadır. pH değerleri (6,5-7,5) aralığında olduğu için “nötr” olarak ifade edilmektedir. 0-30 cm’deki pH (5,5-6,5) aralığında olduğu için “hafif asit” olarak değerlendirilir. Numunenin tuzluluk değerleri 0,025-0,045 (%) aralığındadır. Tuz değerleri (0-0,15) aralığında olduğu için numune “tuzsuz” olarak sınıflandırılabilir. Kireç değerleri 0,25-0,39 (%) aralığında değişmektedir. Değerler (0-1) aralığında olduğu için kireç değeri “az kireçli” dir. Numunenin O.M’si 0,54 ile 3,29 (%) değerleri arasındadır. 30-60 cm’de değer (0-1) aralığında olduğu için toprak O.M. muhtevası “çok az” şeklindedir.0-30 ve 60-90 cm’de O.M değerleri (2-3) aralığında olduğu için “orta” şeklinde ifade edilir. Numunede T.N ise 0,07-0,16 mg/kg değerleri arasındadır. T.N miktarı 30-60 cm derinlikte diğer derinliklere göre daha düşük seviyededir. P değerleri 2,72-10,42 kg/da değerleri arasındadır. P değerleri (8-15) aralığında olduğu için “yeterli” şeklinde değerlendirilir. K değerleri 33,65-51,33 kg/da arasında değerler almıştır. K değerleri 0-30 ve 30-60 cm’de (<50,7) olduğu için “çok az” şeklinde ifade edilirken 60-90 cm’de (50,7-109) aralığında olduğu için “az” şeklinde ifade edilir. Ca değerleri de 2,87-3,27 mg/kg şeklindedir. Bu değerler literatürdeki toprak Ca değerlerine göre düşük seviyelerdedir. Mg için değerler 334-339 mg/kg şeklindedir. Mg değerleri (160-480) aralığında olup “yeterli” şeklinde ifade edilir. Mg değerleri eşit seviyelerdedir. Na değerleri 7,9-34,0 mg/kg aralığında değerler almıştır. Na seviyesi 0-30 cm’de diğer seviyelere göre daha yüksektir. 30-60 cm’de Mg değeri azalmış, 60-90 cm’de bu değer artmıştır. Mn değerleri 45,2 – 96,7 mg/kg aralığındadır. 0-30 cm’de Mn değeri yüksek seviyede olmasına rağmen 30-60 ve 60-90 cm’de birbirine yakın değerler

almıştır. Fe değerleri 22,7-56,35 aralığında değerler almıştır. Yüzedeki Fe değeri 30-60 cm’de yaklaşık 2 kat artmış, 60-90 cm’de ise tekrar azalmıştır.

**Çizelge 4.25.** 0-30 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (9 nolu toprak numunesi)

<b>S-9-1 (0-30 cm)</b>	<b>Yöntem</b>	<b>Ölçüsü</b>	<b>Analiz Sonuçları</b>		<b>Ortalama</b>
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	47.3	48.4	47,85
pH	Saturasyon		6.81	6.84	6,825
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.023	0.024	0,0235
Kireç	Kalsimetre	%	0.235	0.312	0,2735
Organik Madde	WalkleyBlack	%	1.51	1.38	1,445
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.075	0.069	0,072
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	1.25	1.54	1,395
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	25.87	28.5	27,185
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	2.636	2.557	2,5965
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	257	249	253
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	37.62	36.58	37,1
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	41.7	41.2	41,45
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	44.98	45.56	45,27

**Çizelge 4.26.** 30-60 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (9 nolu toprak numunesi)

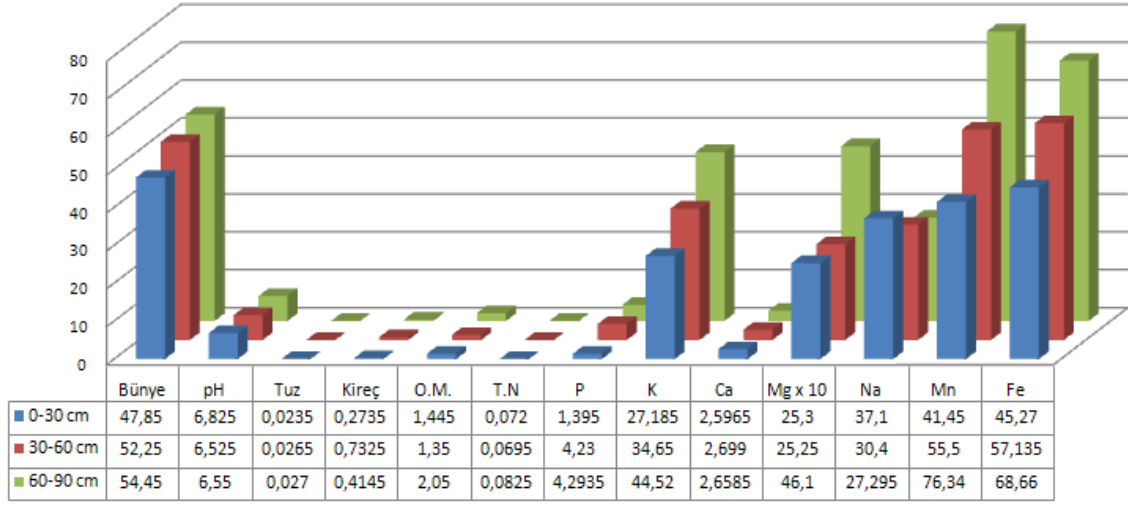
<b>S-9-2 (30-60 cm)</b>	<b>Yöntem</b>	<b>Ölçüsü</b>	<b>Analiz Sonuçları</b>		<b>Ortalama</b>
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	52.8	51.7	52,25
pH	Saturasyon		6.55	6.5	6,525
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.029	0.024	0,0265
Kireç	Kalsimetre	%	0.786	0.679	0,7325
Organik Madde	WalkleyBlack	%	1.5	1.2	1,35
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.077	0.062	0,0695
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	4.29	4.17	4,23
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	33.5	35.8	34,65
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	2.580	2.818	2,699
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	258	247	252,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	31.1	29.7	30,4
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	55.8	55.2	55,5
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	57.18	57.09	57,135

**Çizelge 4.27.** 60-90 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (9 nolu toprak numunesi)

<b>S-9-3 (60-90 cm)</b>	<b>Yöntem</b>	<b>Ölçüsü</b>	<b>Analiz Sonuçları</b>		<b>Ortalama</b>
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	56.1	52.8	54,45
pH	Saturasyon		6.57	6.53	6,55
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.028	0.026	0,027
Kireç	Kalsimetre	%	0.393	0.436	0,4145
Organik Madde	WalkleyBlack	%	1.5	2.6	2,05
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.075	0.09	0,0825
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	4.582	4.005	4,2935
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	43.63	45.41	44,52
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	2.568	2.749	2,6585
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	447	475	461
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	28.12	26.47	27,295
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	76.24	76.44	76,34
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	68.58	68.74	68,66

9 nolu toprak numunesine ait 0-30 cm, 30- 60 cm, 60-90 cm derinliklerine ait tüm analizlerin sonuçları Şekil 4.9’da verilmiştir.

### 9 nolu Toprak Numunesi Analiz Sonuçları



Şekil 4.9. 9 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları

9 nolu toprak numunesinde bünye aralığı 47,8-54,45 şeklindedir. “Tın” ve “killi tın” toprak sınıfı özelliklerini göstermektedir. pH değerler, 6,52- 6,82 değerleri arasındadır. pH değerleri (6,5-7,5) aralığında olduğu için “nötr” olarak ifade edilmektedir. Toprak numunesinin tuzluluk değerleri 0,023-0,027 (%) aralığındadır. Değerler (0-0,15) aralığında olduğu için numune “tuzsuz” olarak sınıflandırılabilir. Kireç değerleri 0,27-0,73 (%) aralığında değişmektedir. Kireç değerleri (0-1) aralığında olduğu için numune “az kireçli” şeklindedir. Numunenin O.M’si 1,35-2,05 (%) değerleri arasındadır. O.M değerleri (1-2) arasında olduğu için “az” şeklinde değerlendirilir. Numunede T.N ise 0,07-0,082 mg/kg değerleri arasındadır. T.N miktarı 30-60 cm derinlikte diğer derinliklere göre daha düşük seviyededir. P değerleri 1,39-4,29 kg/da değerleri arasındadır. P değerleri 30-60 ve 60-90 cm’de (2,5-8) aralığında olduğu için “az” şeklinde ifade edilirken, 0-30 cm’de “çok az” şeklinde değerlendirilir. K değerleri 27,18-44,52 kg/da arasında değerler almıştır. K değerleri (<50,7) olduğu için “çok az” şeklinde ifade edilir. Ca değerleri de 2,57-2,69 mg/kg şeklindedir. Tüm derinliklerde numunemiz için Ca değerleri yaklaşık olarak aynı seviyededir. Mg için değerler 253-461 mg/kg şeklindedir. Mg değerleri (160-480) aralığında olup “yeterli” şeklinde ifade edilir. Mg değerleri 0-30 ve 30-60 cm’de benzer değerlerde iken 60-90 cm’de bu değer yükselmiştir. Na değerleri 30,4-37,1 mg/kg aralığında değerler almıştır. Na seviyesi 0-30 cm’den 60-90 cm derinliğe inildikçe azalmıştır. Mn değerleri 41,45 – 76,34 mg/kg aralığındadır. Mn değerleri de, Na değerlerinin aksine 0-30 cm’den 60-90 cm’e gittikçe yükselmiştir. Fe değerleri 45,2-68,66 aralığında değerler almıştır. Fe

seviyeleri (>4,5) şeklinde olduğu için “yüksek” şeklinde ifade edilir. Mn’deki duruma benzer olarak Fe’de 0-30 cm’den 60-90 cm’e indikçe değeri yükselmiştir.

**Çizelge 4.28.** 0-30 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (10 nolu toprak numunesi)

S-10-1 (0-30 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	49.5	45.5	47,5
pH	Saturasyon		6.89	6.88	6,885
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.032	0.031	0,0315
Kireç	Kalsimetre	%	1.23	1.14	1,185
Organik Madde	WalkleyBlack	%	1.5	1.1	1,3
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.075	0.055	0,065
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	2.06	2.12	2,09
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	30.56	33.42	31,99
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	3.586	3.064	3,325
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	338	351	344,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	60.21	61.79	61
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	38.54	38.18	38,36
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	49.4	45.6	47,5

**Çizelge 4.29.** 30-60cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (10 nolu toprak numunesi)

S-10-2 (30-60 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	49.5	50.6	50,05
pH	Saturasyon		7.11	7.02	7,065
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.038	0.036	0,037
Kireç	Kalsimetre	%	1.1	0.9	1
Organik Madde	WalkleyBlack	%	1.54	1.66	1,6
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.077	0.083	0,08
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	3.838	3.952	3,895
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	33.56	35.95	34,755
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	3.629	3.417	3,523
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	421	411	416
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	98.71	102.4	100,555
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	46.4	46.2	46,3
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	53.3	51.02	52,16

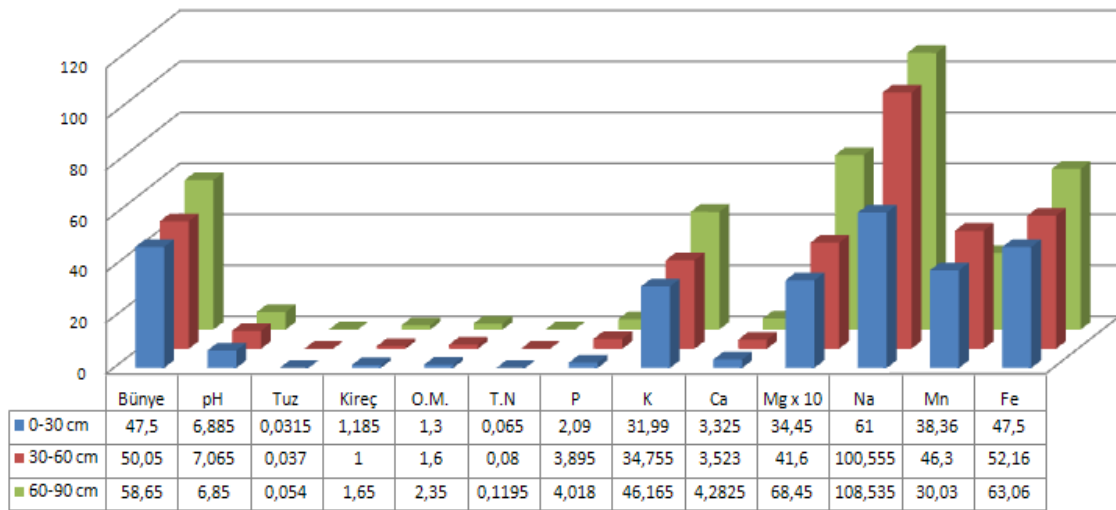
**Çizelge 4.30.** 60-90 cm’den alınan toprak numunesi analiz sonuçları (10 nolu toprak numunesi)

S-10-3 (60-90 cm)	Yöntem	Ölçüsü	Analiz Sonuçları		Ortalama
Toprak Bünyesi	Saturasyon	ml	55.7	61.6	58,65
pH	Saturasyon		6.8	6.9	6,85
Tuzluluk	Saturasyon	%	0.051	0.057	0,054
Kireç	Kalsimetre	%	1.8	1.5	1,65
Organik Madde	WalkleyBlack	%	2.5	2.2	2,35
Toplam Azot	Kejdal	mg/kg	0.129	0.11	0,1195
Fosfor (P205)	Olsen	kg/da	4.256	3.78	4,018
Potasyum (K20)	A.Asetat	kg/da	44.81	47.52	46,165
Kalsiyum (Ca)	A.Asetat	mg/kg	4.533	4.032	4,2825
Magnezyum(Mg)	A.Asetat	mg/kg	684	685	684,5
Sodyum(Na)	A.Asetat	mg/kg	117.2	99.87	108,535
Mangan(Mn)	DTPA	mg/kg	27.66	32.4	30,03
Demir (Fe)	DTPA	mg/kg	62.26	63.86	63,06

10 nolu toprak numunesine ait 0-30 cm, 30- 60 cm, 60-90 cm derinliklerine ait tüm analizlerin sonuçları Şekil 4.10’da verilmiştir.



### 10 nolu Toprak Numunesi Analiz Sonuçları



Şekil 4.10. 10 nolu toprak numunesi için analiz sonuçları

10 nolu toprak numunesinde bünye aralığı 47,5-58,65 şeklindedir. 50-70 aralığında olduğu için “killi tın” toprak sınıfı özelliklerini göstermektedir. pH değerler, 6,5- 7,0 değerleri arasındadır. 6,5-7,5 aralığındaki toprakların “nötr” olarak ifade edilmektedir. Numunemizin tuzluluk değerleri 0,0315-0,054 (%) aralığındadır. Mevcut tuzluluk değerleri oldukça düşüktür. Bu değerler neticesinde (0-0,15) aralığında bir tuzluluk söz konusu olduğu için toprağımız “tuzsuz” toprak olarak sınıflandırılabilir. Numunemizin kireç değerleri 1-1,65 (%) arasında değişmektedir. Literatürde 1 ile 5 arasındaki değerler “kireçli” şeklinde ifade edilmektedir. O.M. değerleri 1,3 ile 2,35 (%) değerleri arasındadır. Bu değerler 0-30 ve 30-60 cm’de 1-2 aralığındadır ve O.M. muhtevası “az” şeklinde ifade edilir. 60-90 cm’de 2-3 aralığındadır ve O.M. muhtevası “orta” şeklindedir. Toprak numunesinin T.N değerleri 0,065-0,011 mg/kg değerleri arasındadır. T.N seviyesinin en yüksek olduğu seviye 60-90 cm seviyesidir. P değerleri 2,1-4 kg/da değerleri arasındadır. P değerleri 2,5-8 aralığında olduğu için “az” şeklinde ifade edilir. Numunenin K değerleri 32-46,1 kg/da arasında değerler almıştır. Literatürdeki ifade ile potasyum değerleri 50-100 aralığında olduğu için “az” şeklinde ifade edilebilir. Ca değerleri de 3,3-4,2 mg/kg değerleri arasında değişmesine rağmen düşük seviyededir. Numunedeki en yüksek değerler Mg için 344-684 mg/kg şeklindedir. Mg değerleri 480-1500 aralığında olup “fazla” şeklinde ifade edilir. Na değerleri 61-108,3 mg/kg aralığında değerler almıştır. Na seviyesi yüzeyden itibaren yükselerek artmıştır. Mn değerleri 30,0 ile 46,3 mg/kg aralığındadır ve literatüre göre uygun seviyelerdedir. Fe değerleri 47,5-63,06 aralığında değerler almıştır ve bu değerler standart topraklardaki demir seviyelerine göre (>4,5) “fazla” şeklinde ifade edilir.

#### 4.1.2. Toprak numunelerinin tekstür analiz sonuçları

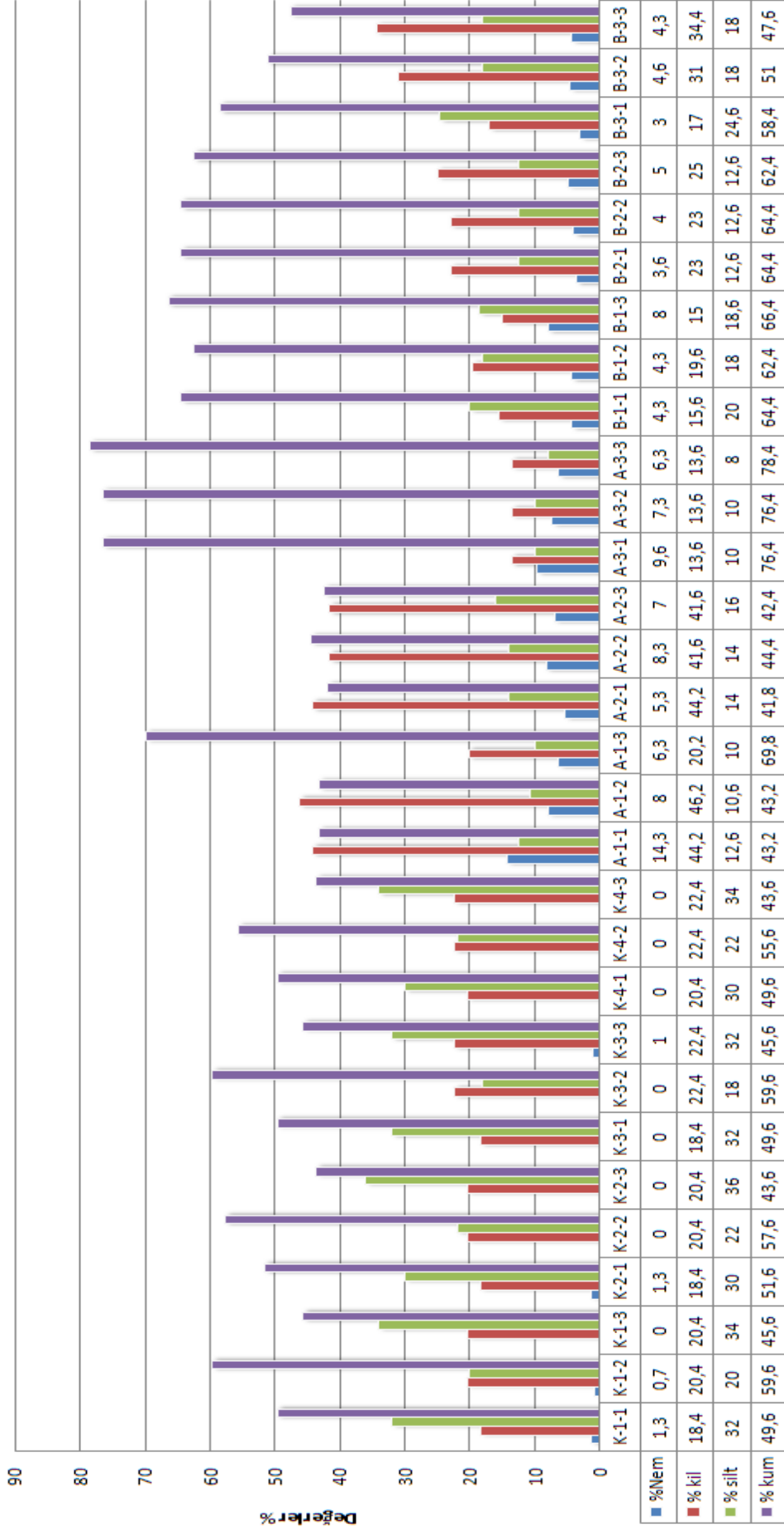
Üç farklı ilden analizler için toplanan toprak numunelerinde yapılan tekstür deneylerin sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Toprak numunelerinin tümüne ait tekstür analizlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Toprak Numunelerinin Tekstürlerine göre sınıflandırılması

Numune No	%Nem	% kil	% silt	% kum	Tür
K-1-1	1,3	18,4	32	49,6	Tın
K-1-2	0,7	20,4	20	59,6	Kumlu Killi Tın
K-1-3	-	20,4	34	45,6	Tın
K-2-1	1,3	18,4	30	51,6	Tın
K-2-2	-	20,4	22	57,6	Kumlu Killi Tın
K-2-3	-	20,4	36	43,6	Tın
K-3-1	-	18,4	32	49,6	Tın
K-3-2	-	22,4	18	59,6	Kumlu Killi Tın
K-3-3	1	22,4	32	45,6	Tın
K-4-1	-	20,4	30	49,6	Tın
K-4-2	-	22,4	22	55,6	Kumlu Killi Tın
K-4-3	-	22,4	34	43,6	Tın
A-1-1	14,3	44,2	12,6	43,2	Kil
A-1-2	8	46,2	10,6	43,2	Kil
A-1-3	6,3	20,2	10	69,8	Kumlu Killi Tın
A-2-1	5,3	44,2	14	41,8	Kil
A-2-2	8,3	41,6	14	44,4	Kil
A-2-3	7	41,6	16	42,4	Kil
A-3-1	9,6	13,6	10	76,4	Kumlu Tın
A-3-2	7,3	13,6	10	76,4	Kumlu Tın
A-3-3	6,3	13,6	8	78,4	Kumlu Tın
B-1-1	4,3	15,6	20	64,4	Kumlu Tın
B-1-2	4,3	19,6	18	62,4	Kumlu Tın
B-1-3	8	15	18,6	66,4	Kumlu Tın
B-2-1	3,6	23	12,6	64,4	Kumlu Killi Tın
B-2-2	4	23	12,6	64,4	Kumlu Killi Tın
B-2-3	5	25	12,6	62,4	Kumlu Killi Tın
B-3-1	3	17	24,6	58,4	Kumlu Tın
B-3-2	4,6	31	18	51	Kumlu Killi Tın
B-3-3	4,3	34,4	18	47,6	Kumlu Killi Tın

Çizelge 4.31’de numune numarasındaki ilk karakter numune alınan ilin ilk harfini, ikinci karakter (sayı), numune numarasını ve son karakter (sayı) de numunenin alındığı derinliği ifade etmektedir. Buna göre, K ile belirtilen toprak numuneleri Konya ilimizden, A ile belirtilenler Ankara ilimizden ve B ile belirtilenler ise Bolu ilimizden getirilen toprak numuneleridir. Konya ilimize ait toprak numunelerinin tekstür sınıfları genelde tın, kumlu killi tın, tın şeklinde iken, Ankara ilimize ait toprak numunelerinin tekstür sınıfları kil, kil, kumlu killi tın, kumlu tın şeklinde, Bolu ilimize ait toprak numunelerinin tekstür sınıflarının ise genel olarak kumlu tın, kumlu killi tın şeklinde olduğu görülmüştür.

## Toprak Numunelerinin Tekstür Analiz Sonuçları



Şekil 4.11. Toprak numunelerinin tekstür sınıfı analiz sonuçları

### 4.1.3. Toprak numuneleri ve kirleticilerle ilgili analiz sonuçları

Deneysel çalışmalarda kullanılan toprak numunelerinin, metal çözeltilerine maruz bırakılmadan önceki başlangıç metal konsantrasyonları Çizelge 4.32’de verilmiştir.

**Çizelge 4.32.** Toprak Numuneleri başlangıç kirletici konsantrasyonları (Zn, Cu, Pb ve Ni )

Derinlik	Zn, mg/kg									
	Toprak Örnek No									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 (yüzey)	0,43	0,25	0,31	0,29	0,65	0,35	0,47	0,54	0,28	0,51
0-30 cm	0,36	0,17	0,28	0,25	0,61	0,30	0,42	0,48	0,23	0,45
30-60cm	0,25	0,32	0,11	0,11	0,45	0,10	0,35	0,16	0,37	0,26
60-90 cm	0,22	0,15	0,15	0,13	0,40	0,26	0,40	0,1	0,28	0,43
	Cu, mg/kg									
	Toprak Örnek No									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 (yüzey)	0,67	0,73	0,71	0,49	0,41	0,51	0,23	0,31	0,33	0,49
0-30 cm	0,53	0,68	0,65	0,46	0,31	0,47	0,20	0,23	0,20	0,46
30-60cm	0,41	0,65	0,45	0,35	0,26	0,40	0,37	0,50	0,28	0,37
60-90 cm	0,39	0,6	0,34	0,25	0,11	0,34	0,28	0,37	0,18	0,55
	Pb, mg/kg									
	Toprak Örnek No									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 (yüzey)	0,11	0,13	0,2	0,15	0,19	0,1	0,17	-	-	-
0-30 cm	~0,1	-	~0,1	-	~0,1	-	-	-	-	-
30-60cm	~0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60-90 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ni, mg/kg									
	Toprak Örnek No									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 (yüzey)	0,15	0,13	0,1	~0,1	0,16	~0,1	-	-	-	~0,1
0-30 cm	~0,1	-	-	-	~0,1	-	-	-	-	-
30-60cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60-90 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ön analizin ardından konuyla ilgili yapılan diğer çalışmalar göz önüne alınarak farklı iki kirletici konsantrasyonu için deneysel çalışmaların yapılması planlanmıştır. Bunun neticesinde toprak numuneleri kolon deney düzeneğinde karşılaştırma amaçlı olarak 3 mg /l (2 lt) ve 5 mg /l (2 lt) farklı konsantrasyonlardaki metal çözeltilerine ayrı ayrı maruz bırakılmıştır. 3 mg/l metal çözeltilisine maruz bırakılan kolon düzeneğinden elde edilen toprak numunelerindeki metal ölçüm sonuçları Çizelge 4.33.-Çizelge 4.42. de verilmiştir. Tablolardaki değerler ölçülen değerlerden başlangıçta ölçülmüş değerlerin (Çizelge 4.32) çıkarılması ile elde edilmiştir.

**Çizelge 4.33.** 1 nolu toprak numunesinde elde edilen kirletici ölçüm sonuçları

Derinlik	Çinko (Zn) mg/kg	Bakır (Cu) mg/kg	Kurşun(Pb) mg/kg	Nikel(Ni) mg/kg
0 (yüzey)	2,51	3,10	2,90	3,27
0-30 cm	1,40	0,87	0,80	0,95
30-60cm	0,60	0,32	0,30	0,34
60-90 cm	0,13	0,15	0,10	0,11

Çizelge 4.34. 2 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

Derinlik	Çinko (Zn) mg/kg	Bakır (Cu) mg/kg	Kurşun(Pb) mg/kg	Nikel(Ni) mg/kg
0 (yüzey)	2,12	2,93	2,75	2,96
0-30 cm	1,3	1,1	1,17	0,74
30-60cm	0,7	0,4	0,33	0,43
60-90 cm	0,32	0,11	0,14	0,18

Çizelge 4.35. 3 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

Derinlik	Çinko (Zn) mg/kg	Bakır (Cu) mg/kg	Kurşun(Pb) mg/kg	Nikel(Ni) mg/kg
0 (yüzey)	2,47	2,74	2,23	3,13
0-30 cm	0,9	0,83	0,95	1,1
30-60cm	0,75	0,35	0,66	0,55
60-90 cm	0,23	0,13	0,27	0,21

Çizelge 4.36. 4 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

Derinlik	Çinko (Zn) mg/kg	Bakır (Cu) mg/kg	Kurşun(Pb) mg/kg	Nikel(Ni) mg/kg
0 (yüzey)	2,72	2,63	2,11	2,83
0-30 cm	1,13	1,27	1,32	1,7
30-60cm	0,48	0,96	0,8	0,92
60-90 cm	0,21	0,32	0,41	0,35

Çizelge 4.37. 5 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

Derinlik	Çinko (Zn) mg/kg	Bakır (Cu) mg/kg	Kurşun(Pb) mg/kg	Nikel(Ni) mg/kg
0 (yüzey)	2,18	2,33	2,83	2,78
0-30 cm	1,43	1,16	1,29	1,23
30-60cm	0,57	0,84	0,75	0,69
60-90 cm	0,21	0,16	0,14	0,17

Çizelge 4.38. 6 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

Derinlik	Çinko (Zn) mg/kg	Bakır (Cu) mg/kg	Kurşun(Pb) mg/kg	Nikel(Ni) mg/kg
0 (yüzey)	1,95	2,57	3,2	2,35
0-30 cm	0,98	1,35	0,68	1,14
30-60cm	0,73	0,71	0,47	0,66
60-90 cm	0,52	0,25	0,34	0,37

Çizelge 4.39. 7 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

Derinlik	Çinko (Zn) mg/kg	Bakır (Cu) mg/kg	Kurşun(Pb) mg/kg	Nikel(Ni) mg/kg
0 (yüzey)	2,67	1,95	2,56	2,63
0-30 cm	1,11	1,19	1,34	1,24
30-60cm	0,59	0,98	0,77	0,69
60-90 cm	0,21	0,46	0,37	0,22

Çizelge 4.40. 8 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

Derinlik	Çinko (Zn) mg/kg	Bakır (Cu) mg/kg	Kurşun(Pb) mg/kg	Nikel(Ni) mg/kg
0 (yüzey)	3,1	2,67	3,3	1,94
0-30 cm	0,96	0,83	0,71	1,33
30-60cm	0,44	0,57	0,38	0,65
60-90 cm	0,23	0,18	0,15	0,21

**Çizelge 4.41.** 9 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	2,92	2,15	2,29	3,15
0-30 cm	1,35	1,18	1,82	1,46
30-60cm	0,8	0,43	0,57	0,78
60-90 cm	0,26	0,12	0,15	0,19

**Çizelge 4.42.** 10 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	3,3	2,26	2,69	2,95
0-30 cm	1,1	0,98	1,33	1,46
30-60cm	0,59	0,77	0,91	0,77
60-90 cm	0,11	0,45	0,22	0,16

5 mg/l metal çözeltisine maruz bırakılmış kolon düzeneğinden elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları Çizelge 4.43.- Çizelge 4.52.'de verilmiştir.

**Çizelge 4.43.** 1 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	4,13	5,65	5,1	5,7
0-30 cm	2,35	2,15	2,13	1,31
30-60cm	0,9	0,65	0,72	0,73
60-90 cm	0,55	0,25	0,34	0,42

**Çizelge 4.44.** 2 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	4,55	5,78	5,21	5,82
0-30 cm	2,51	2,43	2,21	1,34
30-60cm	1,13	0,78	0,66	0,73
60-90 cm	0,35	0,45	0,22	0,47

**Çizelge 4.45.** 3 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	5,69	5,45	4,9	5,23
0-30 cm	2,44	2,18	2,37	3,11
30-60cm	0,82	0,96	1,4	0,95
60-90 cm	0,33	0,21	0,37	0,62

**Çizelge 4.46.** 4 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	4,6	5,13	4,46	4,96
0-30 cm	2,11	2,27	2,17	3,1
30-60cm	0,95	1,33	1,73	1,19
60-90 cm	0,23	0,56	0,81	0,33

**Çizelge 4.47.** 5 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	4,3	4,9	5,17	5,43
0-30 cm	2,5	3,1	2,63	2,16
30-60cm	1,2	0,9	1,52	1,53
60-90 cm	0,45	0,51	0,33	0,48

**Çizelge 4.48.** 6 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	5,15	4,35	5,71	5,13
0-30 cm	1,36	2,26	1,55	2,27
30-60cm	0,91	1,17	0,71	1,55
60-90 cm	0,43	0,38	0,34	0,73

**Çizelge 4.49.** 7 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	3,81	4,66	4,88	5,37
0-30 cm	2,85	2,74	2,1	2,13
30-60cm	1,26	1,33	0,94	1,19
60-90 cm	0,54	0,65	0,63	0,54

**Çizelge 4.50.** 8 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	4,67	5,2	5,72	4,16
0-30 cm	2,57	2,19	1,95	2,25
30-60cm	1,17	1,67	1,1	1,72
60-90 cm	0,62	0,68	0,51	0,59

**Çizelge 4.51.** 9 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	4,83	4,55	5,11	5,71
0-30 cm	2,11	2,43	2,9	2,45
30-60cm	1,57	1,35	1,1	0,85
60-90 cm	0,73	0,64	0,36	0,27

**Çizelge 4.52.** 10 nolu toprak numunesinde elde edilen kirlenici ölçüm sonuçları

<b>Derinlik</b>	<b>Çinko (Zn)</b> mg/kg	<b>Bakır (Cu)</b> mg/kg	<b>Kurşun(Pb)</b> mg/kg	<b>Nikel(Ni)</b> mg/kg
0 (yüzey)	5,9	4,73	5,27	5,29
0-30 cm	2,17	1,69	2,85	1,84
30-60cm	1,55	1,16	1,66	0,92
60-90 cm	0,61	0,35	0,57	0,45

## 4.2. Programlamaya Yönelik İstatistik Veriler

İstatistik hesaplamalar ile toprağın temel fiziksel ve kimyasal özellikleri ve metallerin düşey yöndeki hareketleri arasındaki ilişkiler araştırılmış elde edilen veriler Çizelge 4.53-Çizelge 4.56'da verilmiştir. Toprak tekstürü ile metallerin düşey yöndeki hareketi arasındaki ilişkiye ait istatistik ilişkiler Çizelge 4.57'de verilmiştir. Bu sonuçlar ışığında regrasyon ilişkisi (artan veya azalan) en yüksek olanlar program dahilinde puanlama ve derecelendirme şeklinde algoritmaya dahil edilmiş ve bilgisayarın ilk eğitimi sürecinde temel rol oynamışlardır.

Elde edilen verilerden, kirleticilerin düşey hareketinin en büyük belirleyicisi toprağın tekstürü olmuştur. Dolayısıyla modelleme algoritmasında toprak tekstürü data derecelendirmesinde yüksek oranda işleme girmektedir. Elde edilen verilere göre metallerin toprak içerisinde düşey yöndeki hareketinin belirlemesine yönelik etki parametre derecelendirmesinde toprak tekstürünün etkisinin, toprağın temel fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre daha yüksek oranlarda olduğu görülmüştür. Program bu veriler dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Veriler incelendiğinde, toprak tekstüründeki kil oranı yüksek olan topraklarda süzülme işlemi çok uzun sürmekte (3 saat ve üzeri) buna bağlı olarak ta metallerin yüzey bölümlerde tutunma ihtimali, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine paralel olarak artmaktadır. Suyun rahat hareket edebildiği kil oranının düşük olduğu toprak tiplerinde ise, metaller diğer toprak çeşitlerine nazaran daha derine nüfuz edebilmektedirler. Toprak tanecikleri arasındaki boşluklar ne kadar fazla ise kirleticilerin toprak içinde su vasıtası ile taşınımı o kadar yüksek olmaktadır.

İstatistik hesaplamaların tamamı hazırlanan bilgisayar programı vasıtasıyla yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucu elde edilen istatistik veriler Çizelge 4.53-4.57'de verilmiştir.

Çizelgelerde kullanılan kısaltmalar aşağıdaki gibidir.

TB: Toprak Bünyesi, T: Tuzluluk, Ki: Kireç, OM: Organik Madde,  
TA: Toplam Azot, P: Fosfor, K: Potasyum, Ca: Kalsiyum, Mg: Magnezyum,  
Na: Sodyum, Mn: Mangan, Zn: Çinko, Fe: Demir, Cu: Bakır



Deneyisel analizler sonucu elde edilen toprak özellikleri ile kolon deneyinden elde edilen Zn taşınımı verileri arasındaki istatistiki ilişkiler Çizelge 4.53'de verilmiştir.

**Çizelge 4.53.** Toprak numunelerine ait çinko taşınım ile ilgili istatistiki veriler

Analiz Türü	(-)r									
	Çinko (Zn)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TB	0,65	0,71	0,61	0,88	0,95	0,63	0,91	0,66	0,55	0,84
pH	0,75	0,76	0,79	0,86	0,93	0,63	0,86	0,88	0,95	0,90
T	0,76	0,56	0,88	0,76	0,82	0,57	0,68	0,72	0,66	0,96
Ki	0,88	0,78	0,94	0,65	0,78	0,95	0,61	0,94	0,73	0,86
OM	0,68	0,93	0,61	0,70	0,58	0,62	0,81	0,49	0,77	0,84
TA	0,75	0,66	0,73	0,91	0,84	0,59	0,78	0,90	0,62	0,90
P	0,86	0,71	0,86	0,77	0,61	0,97	0,88	0,95	0,59	0,61
K	0,73	0,68	0,56	0,88	0,73	0,49	0,81	0,59	0,77	0,97
Ca	0,86	0,79	0,62	0,58	0,78	0,66	0,70	0,62	0,65	0,78
Mg	0,77	0,97	0,94	0,70	0,90	0,84	0,94	0,61	0,95	0,66
Na	0,87	0,65	0,95	0,81	0,62	0,59	0,54	0,78	0,90	0,88
Mn	0,88	0,82	0,90	0,59	0,77	0,95	0,65	0,84	0,73	0,49
Fe	0,91	0,69	0,73	0,94	0,88	0,61	0,78	0,70	0,81	0,94

Çizelge 4.53 incelendiğinde bünye değerleri ile Zn konsantrasyonu arasındaki istatistiki ilişkiyi ifade eden değerler 0,63 ile 0,95 arasında değiştiği görülmektedir. Konya iline ait topraklarda bu ilişki yaklaşık 0,70, Ankara ilindeki topraklarda yaklaşık 0,83 ve Bolu iline ait numunelerde ise bu ilişki 0,66 şeklindedir. Numuneleri pH ile ilişkilerinde değerler 0,63-0,95 arasında değerler almaktadır. En yüksek ilişki Bolu iline ait 2 nolu toprak numunesinde, en düşük ilişki Ankara ili 2 nolu toprak numunesinde görülmüştür. Konya ilindeki topraklarda pH, Zn ilişkisi ortalama yaklaşık olarak 0,77, Ankara ilinde 0,80, Bolu ilimizde ise 0,92 şeklindedir. Tuz ile Zn arasındaki veriler incelendiğinde, 0,57 ile 0,96 aralığında değerlerin mevcut olduğu görülmüştür. En düşük ilişki Konya ili 2 nolu numeye aitken en yüksek ilişki Bolu ili 3 nolu numuneye aittir. Konya ili için r değerleri ortalaması yaklaşık 0,74, Ankara ili için 0,69 ve Bolu ili içinde 0,78 şeklindedir. Topraktaki kireç ile Zn arasındaki ilişkide değerler 0,61 ile 0,94 aralığındadır. Konya ilin için ortalama değerler 0,81, Ankara için 0,78 ve Bolu ili için de 0,85 şeklindedir. Kireç ile Zn arasındaki en yüksek ilişki Konya 3 nolu toprak ile Bolu 1 nolu toprakta görülmüştür. Bunun yanında en düşük ilişki ise Ankara 3 nolu toprak numunesinde söz konusudur. Organik madde ilişki değerleri 0,49 ile 0,93 aralığındadır. Organik madde ile ilgili Konya ilindeki toprak numunelerinde bu ortalama 0,73, Ankara ilinde 0,65, Bolu ilinde de yaklaşık 0,70 civarındadır. En küçük ilişki Bolu ili 1 nolu numunede, en yüksek ilişki ise Konya 2 nolu toprak numunesinde

hesaplanmıştır. Toplam azot ilişkisi incelendiğinde 0,59 ile 0,91 arasında bir ilişkinin söz konusu olduğu görülmektedir. Bu parametrede en küçük ilişki Ankara ili 2 nolu toprak numunesinde iken, en yüksek ilişki Konya 4 nolu ve Bolu 3 nolu toprak numunelerinde gözlemlenmiştir. Konya ilindeki toplam azot için ortalama değer 0,76, Ankara ilinde 0,74 ve Bolu ilinde ise yaklaşık 0,81 şeklindedir. Fosfor verileri için bu ilişki değerleri ise 0,58 ile 0,92 şeklindedir. En yüksek ilişki Ankara 2 ve Bolu 1 nolu toprak numunelerinde görülürken, en düşük ilişki Bolu 2 nolu toprak numunesindedir. Fosfor –Zn istatistikî ilişkiler ortalaması Konya ili için yaklaşık 0,81, Ankara ili 0,82 ve Bolu ilinde 0,70 şeklindedir. Potasyum, Zn ilişkisi ele alındığında, veriler 0,56 ile 0,97 arasında değerler almıştır. Konya ilindeki istatistikî ilişkiler ortalaması yaklaşık 0,72, Ankara ili 0,64 ve Bolu ilinde 0,78 şeklindedir. En yüksek ilişki Bolu ili 3 nolu toprak numunesiyle iken en düşük ilişki ise Konya ili 3 nolu toprak numunesinde gözlemlenmiştir. Zn ile Ca arasındaki ilişki incelendiğinde, değerler 0,58 ile 0,86 arasında değişmektedir. En yüksek ilişki Konya 1 nolu toprak numunesiyle iken en düşük ilişki Konya 3 nolu toprak numunesinde belirlenmiştir. Konya ilinde veriler ortalaması yaklaşık 0,71, Ankara ilinde 0,72, Bolu ilinde de 0,77 şeklindedir. Mg için değerler incelediğimizde ilişki aralığının 0,61 ile 0,97 arasında sonuçlar elde edildiği görülebilmektedir. Mg için Konya 2,3 Ankara 1,3 ve Bolu 2 nolu topraklarda 0,90'ın üzerinde yüksek ilişki hesaplanmıştır. Konya ilinde Mg ile Zn arasındaki ilişki incelendiğinde ortalama 0,85, Ankara ilinde 0,89, Bolu ilinde de 0,74 değerleri söz konusudur. Na değer aralığı 0,54 ile 0,95 arasındadır. En yüksek ilişki Konya ili 3 nolu toprak numunesinde iken, en düşük ilişki Ankara 3 nolu toprakta hesaplanmıştır. Ortalama değerler Konya ili için yaklaşık 0,81, Ankara ili için 0,58, Bolu ili için 0,85 şeklindedir. Zn ile Mn arasındaki istatistikî ilişkiye ait değerler 0,49 ile 0,95 aralığındadır. En düşük ilişki Bolu ili 3 nolu toprak numunesinde, en yüksek ilişki ise Ankara ili 2 nolu toprak numunesinde tespit edilmiştir. Ortalama istatistikî değerler hesaplandığında Konya ili için bu değer yaklaşık 0,80, Ankara ili için 0,83 ve Bolu ili için de 0,82 şeklindedir. Fe ile Zn konsantrasyonu arasındaki istatistikî ilişkiler çizelgede incelendiğinde, değerlerin 0,61 ile 0,94 aralığında değiştiği görülmektedir. Bu aralıkta en yüksek ilişki değeri Konya ili 1,4 ve Bolu ili 3 nolu toprak numunelerinde gözlemlenmiştir. En düşük değer ise Ankara ili 2 nolu toprak numunesi için söz konusudur. Genel olarak iller incelendiğinde, istatistikî ilişkilerin ortalaması Konya ilindeki toprak numuneleri için yaklaşık 0,83 civarında, Ankara ili için 0,76 ve Bolu ili için de 0,82 şeklinde tespit edilmiştir.

Deneyisel çalışmalar sonucu elde edilen toprak özellikleri ile kolon deneyinden elde edilen Cu taşınımı verileri arasındaki istatistiki ilişkiler Çizelge 4.54’de verilmiştir.

**Çizelge 4.54.** Toprak numunelerine ait bakır taşınım ile ilgili istatistiki veriler

Analiz Türü	(-) r									
	Bakır (Cu)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TB	0,92	0,61	0,94	0,59	0,74	0,81	0,91	0,56	0,66	0,95
pH	0,71	0,65	0,55	0,49	0,91	0,61	0,95	0,59	0,74	0,55
T	0,93	0,78	0,94	0,70	0,65	0,56	0,78	0,58	0,91	0,51
Ki	0,56	0,66	0,95	0,59	0,90	0,58	0,71	0,88	0,73	0,61
OM	0,74	0,71	0,81	0,91	0,74	0,62	0,86	0,75	0,90	0,81
TA	0,75	0,91	0,62	0,90	0,78	0,73	0,95	0,65	0,71	0,56
P	0,94	0,90	0,86	0,66	0,78	0,81	0,77	0,88	0,91	0,58
K	0,91	0,88	0,71	0,49	0,74	0,55	0,78	0,81	0,78	0,59
Ca	0,78	0,81	0,94	0,78	0,61	0,73	0,91	0,56	0,95	0,65
Mg	0,66	0,73	0,58	0,95	0,62	0,70	0,86	0,61	0,75	0,71
Na	0,98	0,59	0,88	0,86	0,91	0,56	0,78	0,49	0,88	0,74
Mn	0,74	0,90	0,78	0,56	0,75	0,74	0,58	0,71	0,95	0,90
Fe	0,61	0,71	0,91	0,95	0,81	0,61	0,94	0,66	0,78	0,61

Çizelge 4.54 incelendiğinde bünye değerleri ile Cu konsantrasyonu arasındaki istatistiki ilişkiyi ifade eden değerler 0,56 ile 0,95 arasında değiştiği görülmektedir. Konya iline ait topraklarda bu ilişki yaklaşık 0,76, Ankara ilindeki topraklarda yaklaşık 0,82 ve Bolu iline ait numunelerde ise bu ilişki 0,72 şeklindedir. Numuneleri pH ile ilişkilerinde değerler 0,49-0,95 arasında değerler almaktadır. En yüksek ilişki Ankara iline ait 3 nolu toprak numunesinde, en düşük ilişki Konya ili 4 nolu toprak numunesinde görülmüştür. Konya ilindeki topraklarda pH, Cu ilişkisi ortalama yaklaşık 0,58, Ankara ilinde 0,82, Bolu ilimizde ise 0,62 şeklindedir. Tuz ile Cu arasındaki veriler incelendiğinde, 0,51 ile 0,94 aralığında değerlerin mevcut olduğu görülmüştür. En düşük ilişki Bolu ili 3 nolu numuneye aitken en yüksek ilişki Konya ili 3 nolu numuneye aittir. Konya ili için r değerleri ortalaması yaklaşık 0,84, Ankara ili için 0,67 ve Bolu ili içinde 0,66 şeklindedir. Topraktaki kireç ile Cu arasındaki ilişkide değerler 0,56 ile 0,95 aralığındadır. Konya ilin için ortalama değerler 0,69, Ankara için 0,73 ve Bolu ili için de 0,74 şeklindedir. Kireç ile Cu arasındaki en yüksek ilişki Konya 3 nolu toprak numunesinde görülmüştür. Bunun yanında en düşük ilişki ise Konya 1 nolu toprak numunesinde söz konusudur. Organik madde ilişki değerleri 0,62 ile 0,91 aralığındadır. Organik madde ile ilgili Konya ilindeki toprak numunelerinde bu ortalama 0,79, Ankara ilinde 0,74, Bolu ilinde de yaklaşık 0,82 civarındadır. En küçük ilişki Ankara ili 2 nolu numunede en yüksek ilişki ise Konya 4 nolu ve Bolu 2 nolu toprak numunesinde hesaplanmıştır. Toplam azot ilişkisi incelendiğinde 0,56 ile 0,95

arasında bir ilişkinin söz konusu olduğu görülmektedir. Bu parametrede en küçük ilişki Bolu ili 3 nolu toprak numunesinde iken, en yüksek ilişki Ankara 3 nolu toprak numunesinde gözlemlenmiştir. Konya ilindeki toplam azot için ortalama değer 0,79, Ankara ilinde 0,82 ve Bolu ilinde ise yaklaşık 0,63 şeklindedir. Fosfor verileri için bu ilişki değerleri ise 0,66 ile 0,94 şeklindedir. En yüksek ilişki Konya 1 nolu toprak numunesinde görülürken, en düşük ilişki Konya 4 nolu toprak numunesindedir. İllere göre fosfor ve Cu istatistikî ilişkiler ortalaması Konya ili için yaklaşık 0,81, Ankara ili 0,78 ve Bolu ilinde 0,79 şeklindedir. Potasyum, Cu ilişkisi ele alındığında, veriler 0,49 ile 0,91 arasında değerler almıştır. Konya ilindeki istatistikî ilişkiler ortalaması yaklaşık 0,74, Ankara ili 0,69 ve Bolu ilinde 0,72 şeklindedir. En yüksek ilişki Konya ili 1 nolu toprak numunesiyle iken en düşük ilişki ise Konya ili 4 nolu toprak numunesinde gözlemlenmiştir. Cu ile Ca arasındaki ilişki incelendiğinde, değerler 0,56 ile 0,94 arasında değişmektedir. En yüksek ilişki Konya 3 nolu toprak numunesiyle iken en düşük ilişki Bolu 1 nolu toprak numunesinde belirlenmiştir. Konya ilinde veriler ortalaması yaklaşık 0,82, Ankara ilinde 0,75, Bolu ilinde de 0,76 şeklindedir. Mg için değerler incelediğimizde ilişki aralığının 0,58 ile 0,95 arasında sonuçlar elde edildiği görülebilmektedir. Mg için en yüksek ilişki Konya 4 nolu toprak numunesinde, en düşük ise Konya 3 nolu toprak numunesinde gözlemlenmiştir. Konya ilinde Mg ile Cu arasındaki ilişki incelendiğinde ortalama 0,73, Ankara ilinde 0,72, Bolu ilinde de 0,69 değerleri söz konusudur. Na değer aralığı 0,49 ile 0,98 arasındadır. En yüksek ilişki Konya ili 1 nolu toprak numunesinde iken, en düşük ilişki Bolu 1 nolu toprakta hesaplanmıştır. Ortalama değerler Konya için yaklaşık 0,82, Ankara için 0,75, Bolu için 0,70 şeklindedir. Cu ile Mn arasındaki ilişkiye ait değerler 0,56 ile 0,95 aralığındadır. En düşük ilişki Konya ili 4 nolu toprak numunesinde, en yüksek ilişki ise Bolu ili 2 nolu toprak numunesinde tespit edilmiştir. Ortalama değerler hesaplandığında Konya ili için bu değer yaklaşık 0,74, Ankara ili için 0,69 ve Bolu ili için de 0,85 şeklindedir. Fe ile Cu konsantrasyonu arasındaki ilişkiler çizelgede incelendiğinde, değerlerin 0,61 ile 0,95 aralığında değiştirdiği görülmektedir. Bu aralıkta en yüksek ilişki değeri Ankara 3 nolu toprak numunesinde, en düşük ilişki ise Konya ve Ankara 1 nolu toprak numunelerinde gözlemlenmiştir. Genel olarak iller incelendiğinde, istatistikî ilişkilerin ortalaması Konya ilindeki toprak numuneleri için yaklaşık 0,80 civarında, Ankara ili için 0,79 ve Bolu ili için de 0,68 şeklinde tespit edilmiştir.

Deneyisel analizler sonucu elde edilen toprak özellikleri ile kolon deneyinden elde edilen Pb taşınımı verileri arasındaki istatistiki ilişkiler Çizelge 4.55’de verilmiştir.

**Çizelge 4.55.** Toprak numunelerine ait kurşun taşınım ile ilgili istatistiki veriler

Analiz Türü	(-)r									
	Kurşun(Pb)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TB	0,90	0,61	0,93	0,74	0,92	0,78	0,81	0,62	0,89	0,91
pH	0,55	0,94	0,81	0,49	0,55	0,61	0,56	0,94	0,81	0,88
T	0,81	0,61	0,96	0,88	0,95	0,59	0,61	0,75	0,92	0,78
Ki	0,61	0,66	0,95	0,65	0,78	0,73	0,58	0,95	0,90	0,86
OM	0,74	0,89	0,95	0,81	0,94	0,77	0,88	0,65	0,59	0,94
TA	0,78	0,75	0,56	0,65	0,49	0,58	0,92	0,90	0,81	0,96
P	0,95	0,90	0,61	0,89	0,75	0,59	0,65	0,74	0,78	0,59
K	0,92	0,59	0,77	0,58	0,90	0,94	0,81	0,94	0,61	0,66
Ca	0,74	0,56	0,92	0,77	0,61	0,49	0,65	0,78	0,88	0,74
Mg	0,88	0,73	0,65	0,81	0,65	0,61	0,66	0,77	0,65	0,75
Na	0,78	0,94	0,88	0,75	0,94	0,78	0,93	0,74	0,59	0,89
Mn	0,89	0,93	0,66	0,92	0,65	0,74	0,58	0,90	0,81	0,66
Fe	0,81	0,61	0,78	0,73	0,56	0,81	0,59	0,61	0,96	0,88

Çizelge 4.55 incelendiğinde bünye değerleri ile Pb konsantrasyonu arasındaki istatistiki ilişkiyi ifade eden değerler 0,62 ile 0,93 arasında değiştiği görülmektedir. Konya iline ait topraklarda bu istatistiki ilişki ortalamaları yaklaşık 0,80, Ankara ilindeki topraklarda yaklaşık 0,83 ve Bolu iline ait numunelerde ise bu ilişki 0, 81 şeklindedir. En yüksek ilişki Konya 3 nolu, en düşük ilişki ise Konya 2 nolu toprak numunesinde görülmüştür. Numuneleri pH ile ilişkilerinde değerler 0,55-0,94 arasında değerler almaktadır. En yüksek ilişki Bolu iline ait 1 nolu ve Konya ili 2 nolu toprak numunelerinde, en düşük ilişkiler ise Konya ili 1, Ankara ili 1 ve Bolu ili 3 nolu toprak numunelerinde görülmüştür. Konya ilindeki topraklarda pH, Pb ilişkisi ortalama yaklaşık 0,69, Ankara ilinde 0,57, Bolu ilimizde ise 0,87 şeklindedir. Tuz ile Pb arasındaki veriler incelendiğinde, 0,59 ile 0,96 aralığında değerlerin mevcut olduğu görülmüştür. En düşük ilişki Ankara ili 3 ve Konya ili 2 nolu numuneye aitken en yüksek ilişki Konya ili 3 nolu numuneye aittir. Konya ili için tuzluluğa göre r değerleri ortalaması yaklaşık 0,81, Ankara ili için 0,71 ve Bolu ili içinde 0,81 şeklindedir. Topraktaki kireç ile Pb arasındaki ilişkide değerler 0,56 ile 0,95 aralığındadır. Konya ilin için ortalama değerler 0,74, Ankara için 0,69 ve Bolu ili için de 0,90 şeklindedir. Kireç ile Pb arasındaki en yüksek ilişki Konya 3 nolu toprak numunesinde görülmüştür. Bunun yanında en düşük ilişki ise Konya 1 nolu toprak numunesinde söz konusudur. Organik madde ilişki değerleri 0,59 ile 0, 95 aralığındadır. Organik madde ile ilgili Konya ilindeki toprak numunelerinde bu ortalama 0,84, Ankara ilinde 0,86, Bolu ilinde

yaklaşık 0,72 civarındadır. En küçük ilişki Bolu ili 2 nolu numunede en yüksek ilişki ise Konya 3 nolu ve Ankara 1 ve Bolu 3 nolu toprak numunesinde hesaplanmıştır. Toplam azot ilişkisi incelendiğinde 0,49 ile 0,96 arasında bir ilişkinin söz konusu olduğu görülmektedir. Bu parametrede en küçük ilişki Ankara ili 1 nolu toprak numunesinde iken, en yüksek ilişki Bolu 3 nolu toprak numunesinde gözlemlenmiştir. Konya ilindeki toplam azot için ortalama değer 0,68, Ankara ilinde 0,66 ve Bolu ilinde ise yaklaşık 0,89 şeklindedir. Fosfor verileri için bu ilişki değerleri ise 0,59 ile 0,95 şeklindedir. En yüksek ilişki Konya 1 nolu toprak numunesinde görülürken, en düşük ilişki Ankara 2, Bolu 3 nolu toprak numunelerindedir. İllere göre fosfor ve Pb istatistikî ilişkiler ortalaması Konya ili için yaklaşık 0,83, Ankara ili 0,67 ve Bolu ilinde 0,70 şeklindedir. Potasyum, Pb ilişkisi ele alındığında, veriler 0,58 ile 0,94 arasında değerler almıştır. Konya ilindeki istatistikî ilişkiler ortalaması yaklaşık 0,74, Ankara ili 0,88 ve Bolu ilinde 0,73 şeklindedir. En yüksek ilişki Ankara ili 2 nolu toprak numunesiyle iken en düşük ilişki ise Konya ili 2 nolu toprak numunesindedir. Pb ile Ca arasındaki ilişki incelendiğinde, değerler 0,49 ile 0,92 arasında değişmektedir. En yüksek ilişki Konya ili 3 nolu toprak numunesiyle iken en düşük ilişki Ankara ili 2 nolu toprak numunesinde belirlenmiştir. Konya ilinde veriler ortalaması yaklaşık 0,74, Ankara ilinde 0,58, Bolu ilinde de 0,80 şeklindedir. Mg için değerler incelediğimizde 0,61 ile 0,88 arasında istatistikî sonuçlar elde edildiği görülebilmektedir. Mg için en yüksek ilişki Konya 1 nolu toprak numunesinde, en düşük ise Ankara 2 nolu toprak numunesinde gözlemlenmiştir. Konya ilinde Mg ile Pb arasındaki ilişki incelendiğinde ortalama 0,80, Ankara ilinde 0,64, Bolu ilinde de 0,76 değerleri söz konusudur. Na değer aralığı 0,59 ile 0,94 arasındadır. En yüksek ilişki Konya ili 2, Ankara ili 1 ve 3 nolu toprak numunelerinde iken, en düşük ilişki Bolu 2 nolu toprakta hesaplanmıştır. Ortalama değerler Konya için yaklaşık 0,83, Ankara için 0,89, Bolu için 0,74 şeklindedir. Pb ile Mn arasındaki ilişkiye ait değerler 0,58 ile 0,93 aralığındadır. En düşük ilişki Ankara ili 3 nolu toprak numunesinde, en yüksek ilişki ise Konya ili 2 nolu toprak numunesinde tespit edilmiştir. Ortalama değerler hesaplandığında Konya ili için bu değer yaklaşık 0,85, Ankara ili için 0,66 ve Bolu ili için de 0,79 şeklindedir. Fe ile Pb konsantrasyonu arasındaki ilişkiler çizelgede incelendiğinde değerler 0,56 ile 0,96 aralığındadır. Bu aralıkta en yüksek ilişki değeri Bolu 2 nolu toprak numunesinde, en düşük ilişki ise Ankara 1 nolu toprak numunesinde gözlemlenmiştir. Genel olarak iller incelendiğinde, istatistikî ilişkilerin ortalaması Konya ilindeki toprak numuneleri için yaklaşık 0,73 civarında, Ankara ili için 0,65 ve Bolu ili için de 0,81 şeklinde tespit edilmiştir.

Deneyisel analizler sonucu elde edilen toprak özellikleri ile kolon deneyinden elde edilen nikel taşınımı verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler Çizelge 4.56'da verilmiştir.

**Çizelge 4.56.** Toprak numunelerine ait nikel taşınımı ile ilgili istatistiksel veriler

Analiz Türü	(-) r									
	Nikel(Ni)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TB	0,91	0,89	0,72	0,56	0,94	0,81	0,49	0,66	0,75	0,56
pH	0,75	0,74	0,81	0,71	0,67	0,94	0,76	0,89	0,65	0,54
T	0,65	0,84	0,75	0,92	0,89	0,69	0,56	0,78	0,92	0,88
Ki	0,89	0,56	0,94	0,87	0,75	0,96	0,61	0,94	0,55	0,67
OM	0,94	0,61	0,89	0,65	0,94	0,66	0,69	0,87	0,56	0,74
TA	0,87	0,55	0,67	0,69	0,96	0,56	0,76	0,89	0,93	0,69
P	0,74	0,95	0,87	0,74	0,93	0,89	0,65	0,96	0,94	0,81
K	0,94	0,75	0,96	0,66	0,55	0,95	0,87	0,75	0,65	0,61
Ca	0,61	0,89	0,94	0,65	0,89	0,61	0,94	0,67	0,76	0,66
Mg	0,94	0,67	0,75	0,56	0,61	0,76	0,93	0,61	0,58	0,75
Na	0,89	0,61	0,69	0,56	0,87	0,67	0,55	0,95	0,89	0,76
Mn	0,65	0,56	0,81	0,52	0,94	0,89	0,66	0,75	0,87	0,67
Fe	0,93	0,51	0,89	0,66	0,87	0,75	0,61	0,93	0,69	0,95

Çizelge 4.56 incelendiğinde bünye değerleri ile Ni konsantrasyonu arasındaki istatistiksel ilişkiyi ifade eden değerler 0,56 ile 0,94 arasında değiştiği görülmektedir. Konya iline ait topraklarda bu ilişki yaklaşık 0,77, Ankara ilindeki topraklarda yaklaşık 0,75 ve Bolu iline ait numunelerde ise bu ilişki 0,65 şeklindedir. En yüksek istatistiksel ilişki Ankara ili 1 nolu toprakta iken, en düşük ilişki ise Konya ili 4 ve Bolu ili 3 nolu toprak numunelerinde görülmüştür. Numuneleri pH ile ilişkilerinde değerler 0,54-0,94 arasında değerler almaktadır. En yüksek ilişki Ankara iline ait 2 nolu toprak numunesinde, en düşük ilişki Bolu ili 3 nolu toprak numunesinde görülmüştür. Konya ilindeki topraklarda pH, Ni ilişkisi ortalama yaklaşık 0,75, Ankara ilinde 0,79, Bolu ilimizde ise 0,69 şeklindedir. Tuz ile Ni arasındaki veriler incelendiğinde, 0,56 ile 0,92 aralığında değerlerin mevcut olduğu görülmüştür. En düşük ilişki Ankara ili 3 nolu numuneye aitken en yüksek ilişki Konya ili 4 ve Bolu ili 2 nolu numunelerine aittir. Konya ili için r değerleri ortalaması yaklaşık 0,79, Ankara ili için 0,71 ve Bolu ili içinde 0,86 şeklindedir. Topraktaki kireç ile Ni arasındaki ilişkide değerler 0,55 ile 0,96 aralığındadır. Konya ilin için ortalama değerler 0,81, Ankara için 0,77 ve Bolu ili için de 0,72 şeklindedir. Kireç ile Ni arasındaki en yüksek ilişki Ankara ili 2 nolu toprak numunesinde görülmüştür. En düşük ilişki ise Bolu ili 2 nolu toprak numunesinde hesaplanmıştır. Organik madde ilişki değerleri 0,56 ile 0,94 aralığındadır. Organik madde ile ilgili Konya ilindeki toprak numunelerinde bu ortalama 0,81, Ankara ilinde 0,76, Bolu ilinde de yaklaşık 0,72 civarındadır. En küçük ilişki Bolu ili 2 nolu

numunede en yüksek ilişki ise Konya ili 1 nolu ve Ankara ili 1 nolu toprak numunesinde hesaplanmıştır. Toplam azot ilişkisi incelendiğinde 0,55 ile 0,96 arasında bir ilişkinin söz konusu olduğu görülmektedir. Bu parametrede en küçük ilişki Konya ili 2 nolu toprak numunesinde iken, en yüksek ilişki Ankara 1 nolu toprak numunesinde gözlemlenmiştir. Konya ilindeki toplam azot için ortalama değer 0,69, Ankara ilinde 0,86 ve Bolu ilinde ise yaklaşık 0,73 şeklindedir. Fosfor verileri için bu ilişki değerleri ise 0,65 ile 0,96 şeklindedir. En yüksek ilişki Bolu ili 1 nolu toprak numunesinde görülürken, en düşük ilişki Ankara ili 3 nolu toprak numunesindedir. İllere göre fosfor ve Ni istatistikî ilişkiler ortalaması Konya ili için yaklaşık 0,82, Ankara ili 0,82 ve Bolu ilinde 0,90 şeklindedir. Potasyum, Ni ilişkisi ele alındığında, veriler 0,55 ile 0,96 arasında değerler almıştır. Konya ilindeki istatistikî ilişkiler ortalaması yaklaşık 0,82, Ankara ili 0,79 ve Bolu ilinde 0,68 şeklindedir. En yüksek ilişki Konya ili 3 nolu toprak numunesiyle iken en düşük ilişki ise Ankara ili 1 nolu toprak numunesinde gözlemlenmiştir. Ni ile Ca arasındaki ilişki incelendiğinde, değerler 0,61 ile 0,94 arasında değişmektedir. En yüksek ilişki Konya ili 3 ve Ankara ili 3 nolu toprak numunelerinde, en düşük ilişki ise Konya ili 1 ve Ankara ili 2 nolu toprak numunesinde belirlenmiştir. Konya ilinde veriler ortalaması yaklaşık 0,81, Ankara ilinde 0,81, Bolu ilinde de 0,70 şeklindedir. Mg için değerler incelediğimizde ilişki aralığının 0,56 ile 0,94 arasında sonuçlar elde edildiği görülebilmektedir. Mg için en yüksek ilişki Konya 1 nolu toprak numunesinde, en düşük ise Konya 4 nolu toprak numunesinde gözlemlenmiştir. Mg ile Ni arasındaki ilişki incelendiğinde ortalama 0,74, Ankara ilinde 0,76, Bolu ilinde de 0,64 değerleri söz konusudur. Na değer aralığı 0,55 ile 0,95 arasındadır. En yüksek ilişki Bolu ili 1 nolu toprak numunesinde iken, en düşük ilişki Ankara ili 3 nolu toprakta hesaplanmıştır. Ortalama değerler Konya için yaklaşık 0,68, Ankara için 0,69, Bolu için 0,86 şeklindedir. Ni ile Mn arasındaki ilişkiye ait değerler 0,52 ile 0,94 aralığındadır. En düşük ilişki Konya ili 4 nolu toprak numunesinde, en yüksek ilişki ise Ankara ili 1 nolu toprak numunesinde tespit edilmiştir. Ortalama değerler Konya ili yaklaşık 0,64, Ankara ili için 0,83 ve Bolu ili için de 0,76 şeklindedir. Fe ile Ni konsantrasyonu arasındaki ilişkiler çizelgede incelendiğinde, değerlerin 0,51 ile 0,93 aralığında değiştiği görülmektedir. Bu aralıkta en yüksek ilişki değeri Ankara ili 1 nolu ve Bolu ili 1 nolu toprak numunelerinde, en düşük ilişki ise Konya ili 2 nolu toprak numunesinde gözlemlenmiştir. Fe'ye göre istatistikî ilişkilerin ortalaması Konya ilindeki toprak numuneleri için yaklaşık 0,76 civarında, Ankara ili için 0,74 ve Bolu ili için de 0,84 şeklinde tespit edilmiştir.



Deneyisel analizler sonucu elde edilen toprak tekstürü metal konsantrasyonlarıyla ilişkilendirilebilmesi için silt, kil, kum içeriğine göre derecelendirilmiş ve daha sonra kolon deneyinden elde edilen metal konsantrasyonları arasındaki istatistiki ilişkiler bilgisayar programı yardımı ile bulunmuştur. Bu veriler Çizelge 4.57’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.57.** Toprak tekstürleri ile kirletici taşınımları arasındaki istatistiki veriler

Numune	r				
	İller	Çinko (Zn)	Bakır (Cu)	Kurşun(Pb)	Nikel(Ni)
K-1		0,89	0,76	0,85	0,92
K-2		0,67	0,69	0,76	0,65
K-3		0,74	0,96	0,94	0,82
K-4		0,81	0,91	0,79	0,77
A-1		0,93	0,74	0,81	0,82
A-2		0,78	0,76	0,94	0,91
A-3		0,83	0,89	0,76	0,75
B-1		0,96	0,75	0,87	0,89
B-2		0,77	0,88	0,90	0,87
B-3		0,73	0,93	0,94	0,95

Çizelge 4.57’de belirtildiği üzere toprak tekstürü ile kirletici konsantrasyonlarının ilişkilendirilmesi sonucu elde edilen istatistiki verilere göre Zn için Konya ilindeki ilişki aralık değerleri, 0,67 ile 0,81 şeklindedir. Ortalama değer yaklaşık 0,77’dir. Konya ilindeki toprak numunelerinin Cu ile ilişkisi incelendiğinde, elde edilen veriler 0,69 ile-0,91 aralığındadır ve ortalama değer yaklaşık 0,83’tür. Aynı şekilde Pb için elde edilen istatistiki veriler 0,76 ile 0,79 arasında değişmektedir. Ortalam Pb için değerler 0,79 şeklinde hesaplanmıştır. Ni konsantrasyonları ile Konya ilindeki toprak numuneleri arasındaki ilişkiye ait veriler 0,65 ile 0,92 değerleri arasındadır. Ortalama r değeri yaklaşık 0,77 hesaplanmıştır. İstatistiki veriler Ankara ili için yorumlandığında 3 farklı numune için yapılan hesaplamalarda Zn için değer aralığı 0,78 ile 0,93 şeklindedir. Ortalama r değeri ise 0,85 şeklinde hesaplanmıştır. Cu için değer aralığı 0,74 ile 0,89 bulunmuştur. Ankara ilindeki toprak numunelerinde Cu için ortalama r değeri ise 0,80 şeklindedir. Pb değerleri incelendiğinde r’nin 0,76 ile 0,94 arasında değerler aldığı görülmüştür. Ortalama r değeri 0,84 olarak hesaplanmıştır. Ni için durum incelendiğinde, Ankara ilinden gelen toprak numunelerinde 0,75 ile 0,91 değerleri arasında sonuçlar elde edilmiştir. Bu değerlere göre ortalama r 0,83 şeklinde tespit edilmiştir. Bolu ilinden temin edilen numunelerin tekstürü ile metal konsantrasyonları arasındaki istatistiki ilişkiler incelendiğinde Zn için r değer aralığı 0,73 ile 0,96 bulunmuş ve ortalama r değeri 0,82 şeklinde hesaplanmıştır. Aynı şekilde Cu için değerlerin 0,75 ile 0,93 arasında değiştiği hesaplanmış ve bu değerler vasıtasıyla ortalama r değeri 0,85 şeklinde bulunmuştur. Pb ile ilgili yapılan hesaplamalarda elde

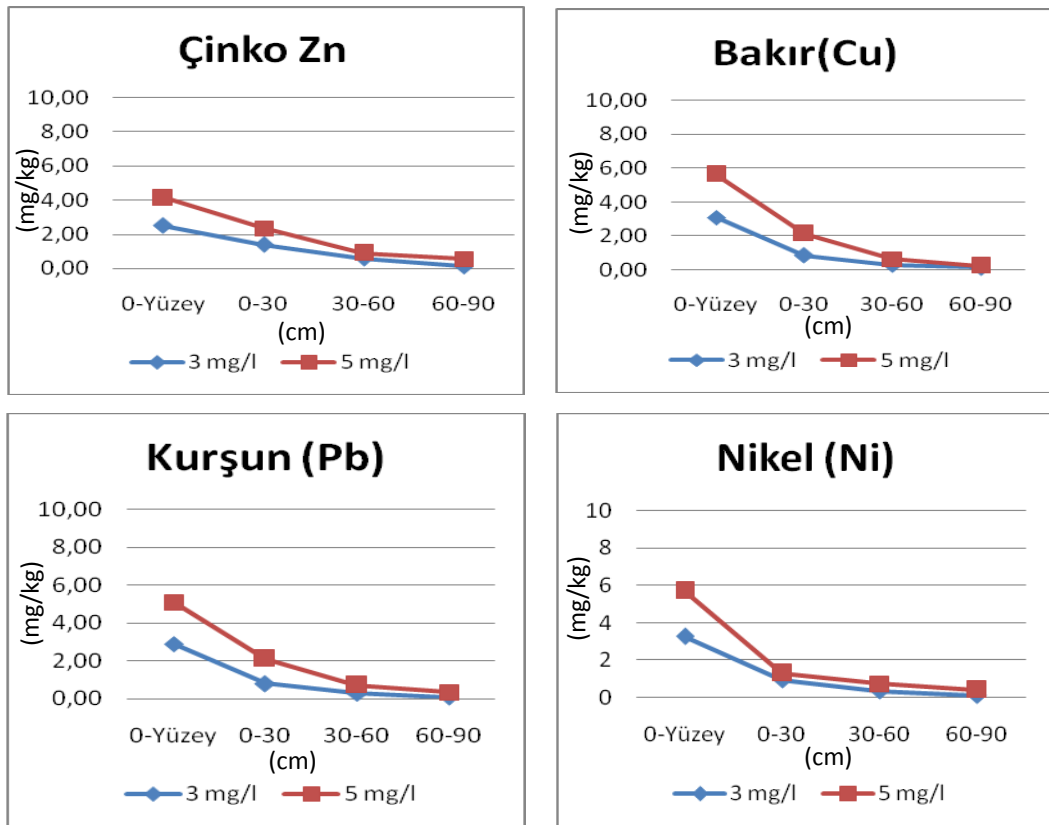
edilen veriler neticesinde  $r$ 'nin 0,87 ile 0,94 arasında değiştiği bulunmuş ve ortalama  $r$  değeri 0,90 olarak hesaplanmıştır. Bolu iline ait toprak tekstür özellikleri ile Ni arasındaki ilişkiye ait çizelgeye göre  $r$  0,87 ile 0,95 arasında değerler almıştır. Bolu ili ve Ni'ye ait ortamala  $r$  değeri 0,90 şeklinde bulunmuştur. Elde edilen  $r$  değerleri ve ortalama  $r$  değerleri incelendiğinde 0,80 ve üzeri birçok değer elde edilmiştir. Bu yüksek ilişki oranları göstermektedir ki toprak tekstürü metallerin toprak içerisindeki hareketini etkileyen önemli parametrelerden biridir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda farklı iki konsantrasyondaki kirleticilere ayrı ayrı kolon deney düzeneğinde maruz bırakılan toprak numunelerden kirleticilerini düşey yönde taşınımına dair veriler elde edilmiştir. Bu verilere ait grafiksel sonuçlar Şekil 5.1-Şekil 5.10'da verilmiştir.

### 5.1. Analiz Sonuçlarının Grafiksel Gösterimleri

1 nolu toprak numunesine ait, 3 mg/L ve 5 mg/L'lik metal çözeltilerine kolon deney düzeneğinde maruz bırakılmaları sonucunda elde edilen Zn, Cu, Pb, Ni metallerine ait 0 (yüzey), 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm'deki konsantrasyonlar Şekil 5.1'de verilmiştir.

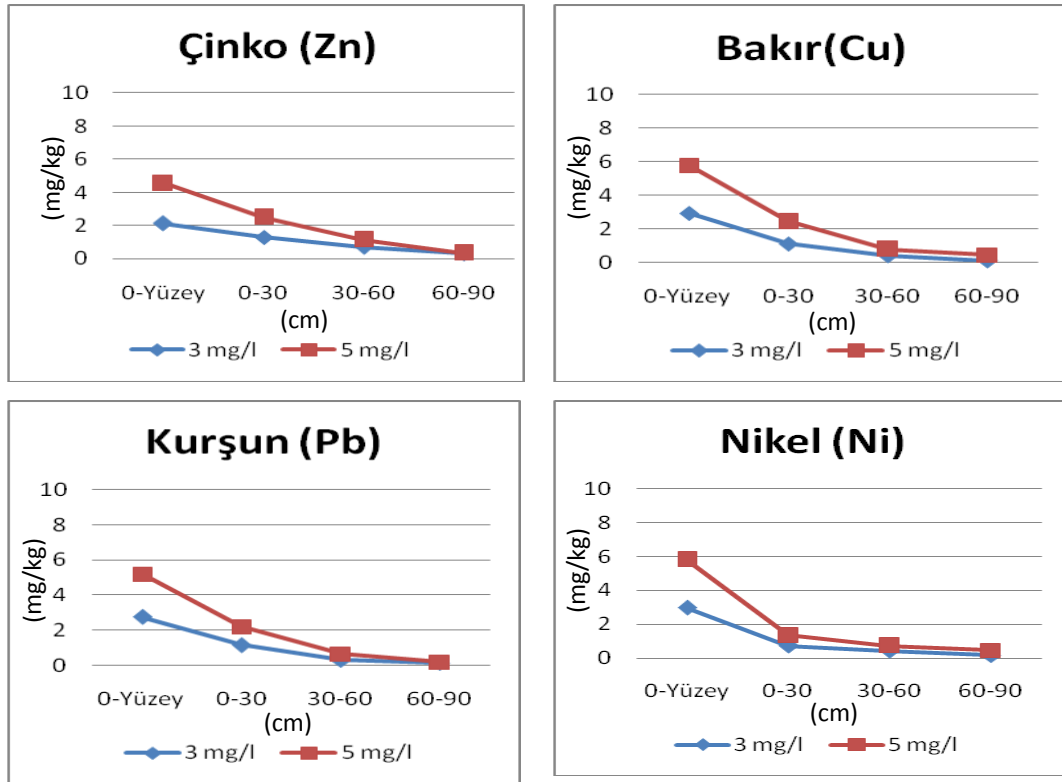


Şekil 5.1. 1 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki

Şekil 5.1 incelendiğinde, 1 nolu toprak numunesi için farklı (Zn, Cu, Pb, Ni) kirletici konsantrasyonlarında Zn'nin toprak içerisindeki hareketi YK(Yüksek konsantrasyon)'da 0-30 ile 30-60 cm derinliklerde metal konsantrasyonu topraktaki tutulmaya paralel olarak hızlı bir şekilde azalmış ve 60-90 cm derinliklerde DK (Düşük

konsantrasyon)'daki kirletici hareketine paralellik göstermektedir. Cu için toprak içerisindeki hareket incelendiğinde farklı konsantrasyonlardaki hareketin geometrik bir şekilde azaldığı görülmüştür. En fazla kirletici tutulumu düşük ve yüksek konsantrasyonlarda 0-30 cm'de gözlenirken, YK'daki kirletici için 30-60 cm derinlikte de yüksek bir kirletici tutulumu söz konusudur. Pb için grafiği yorumladığımızda 0-30 ile 30-60 cm derinliklerde metal tutulumunun birbiriyle orantılı olduğu gözlemlenmiştir. Ni'de ise YK'daki kirletici 0-30 cm de aşırı bir şekilde tutulmuş, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde yüksek ve düşük konsantrasyonlardaki kirletici tutulumlarının benzer bir şekilde olduğu görülmüştür.

2 nolu toprak numunesine ait, 3 mg/L ve 5 mg/L'lik metal çözeltilerine kolon deney düzeneğinde maruz bırakılmaları sonucunda elde edilen Zn, Cu, Pb, Ni metallerine ait 0 (yüzey), 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm'deki konsantrasyonlar Şekil 5.2'de verilmiştir.

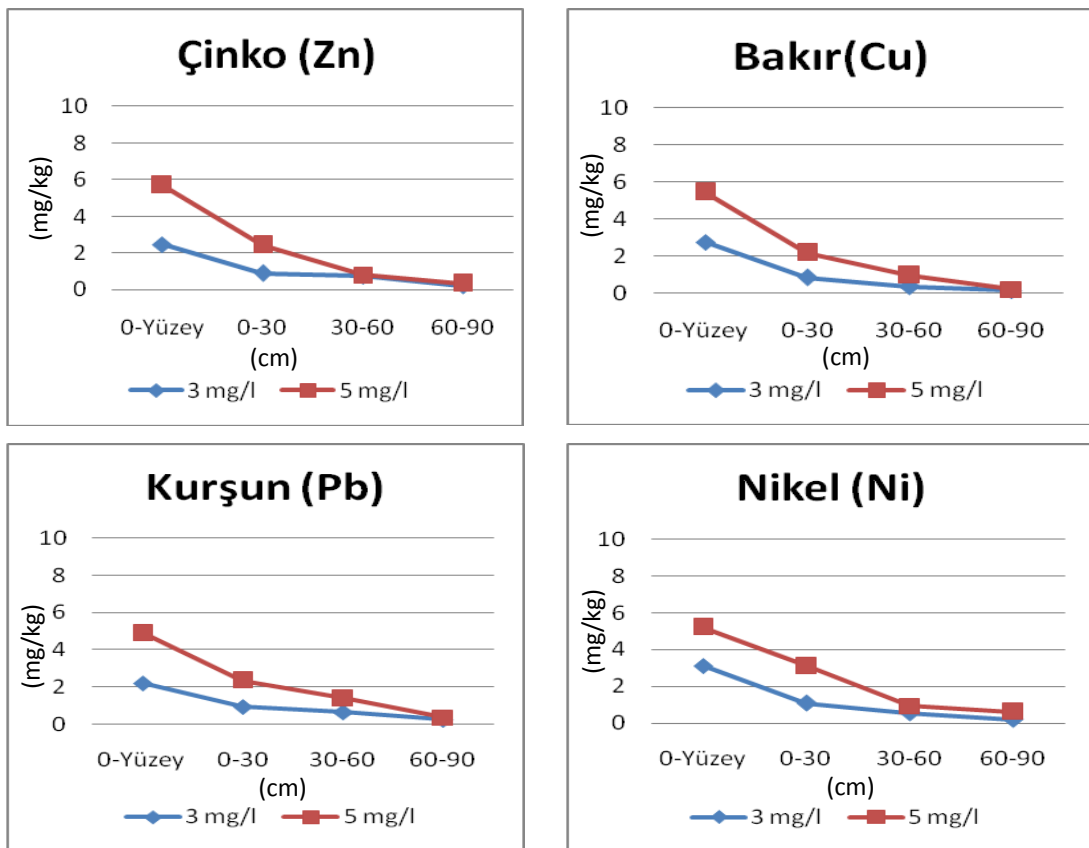


Şekil 5.2. 2 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki

Şekil 5.2 incelendiğinde, 2 nolu toprak numunesi için farklı (Zn, Cu, Pb, Ni) kirletici konsantrasyonlarında Zn, YK'da 0-30 ile 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerde, DK'a göre daha fazla tutulmuştur. Cu için toprağın en yüksek kirleticileri tutması 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde olmuştur. 60-90 cm derinlikte yüksek ve düşük konsantrasyonlardaki hareket birbirine paralel bir şekilde oluşmuştur. Pb için grafiği

yorumladığımızda 0-30 ile 30-60 cm derinliklerde metal tutulumunun YK'da daha fazla olmuştur. DK'da kirletici hareketi doğrusal bir şekilde gerçekleşmiştir. Ni'de ise yüksek ve düşük konsantrasyonda 0-30 cm de yüksek bir kirletici tutulması meydana gelmiş, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ise toprağın kirletici tutma oranı 0-30 cm dekinden oldukça düşük bir şekilde gerçekleşmiştir.

3 nolu toprak numunesine ait, 3 mg/L ve 5 mg/L'lik metal çözeltilerine kolon deney düzeneğinde maruz bırakılmaları sonucunda elde edilen Zn, Cu, Pb, Ni metallerine ait 0 (yüzey), 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm'deki konsantrasyonlar Şekil 5.3'de verilmiştir.

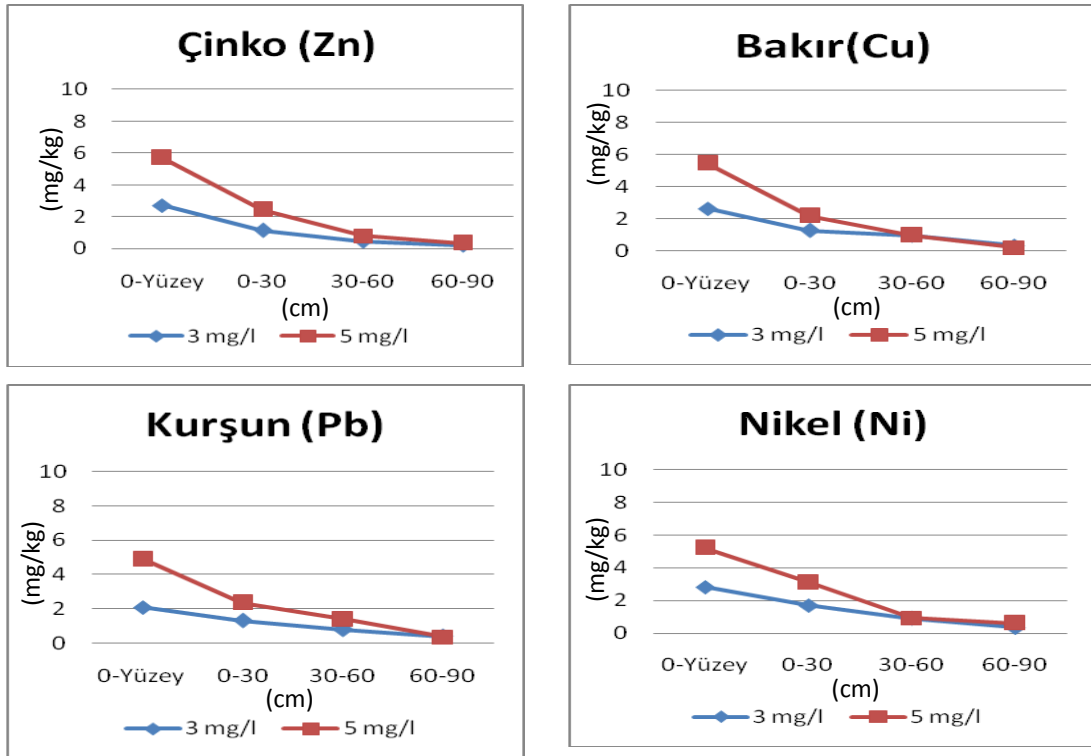


Şekil 5.3. 3 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki

Şekil 5.3 incelendiğinde, 3 nolu toprak numunesi için farklı (Zn, Cu, Pb, Ni) kirletici konsantrasyonlarında Zn için YK'da 0-30 ve 30-60 cm arasında doğrusal bir azalma söz konusu iken, DK için 0-30 cm normal bir tutulma gözlemlenmiş, fakat 30-60 cm aralığında neredeyse çok az bir tutulma gerçekleşerek kirletici 60-90 cm sınırına taşınmıştır. 60-90 cm de her iki konsantrasyon için de aynı oranda bir kirletici tutulumu söz konusudur. Cu'nun toprak içerisinde tutulması hem DK hem de YK için yüksek ve orantılı bir şekilde iken, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde YK için aynı şekilde devam

ederken DK için kirletici tutulması daha az gerçekleşmiştir. Pb tutulumu 3 nolu toprak numunesi için YK'da 0-30 cm derinlikte daha fazla, DK için daha azdır. 30-60 cm derinlikte DK için kirletici tutulumunun YK'a göre daha az olduğu gözlemlenmiştir. Ni'de ise YK'da 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde doğrusal bir şekilde azalma gözlenirken, DK'da 30-60 cm derinlikte kirletici tutulumu daha az meydana gelmiştir. Son seviyede YK ve DK için toprağın kirleticileri aynı oranda tuttuğu görülmüştür.

4 nolu toprak numunesine ait, 3 mg/L ve 5 mg/L'lik metal çözeltilerine kolon deney düzeneğinde maruz bırakılmaları sonucunda elde edilen Zn, Cu, Pb, Ni metallerine ait 0 (yüze), 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm'deki konsantrasyonlar Şekil 5.4'de verilmiştir.

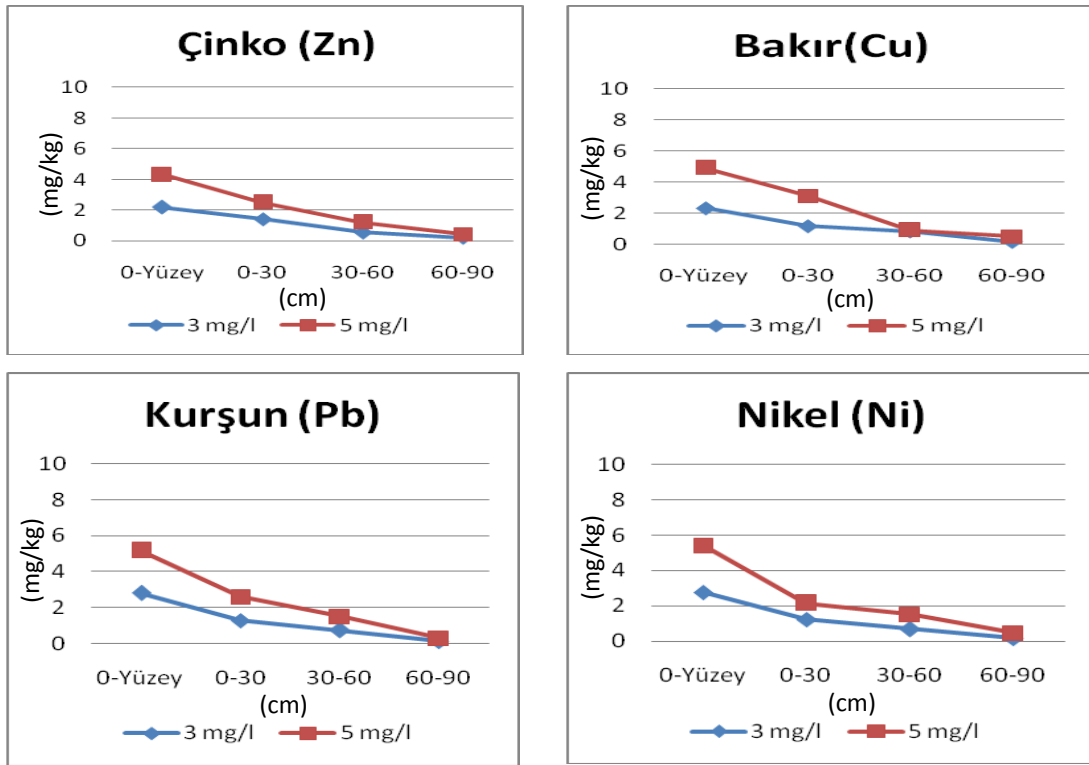


Şekil 5.4. 4 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki

Şekil 5.4 incelendiğinde 4 nolu toprak numunesi için farklı (Zn, Cu, Pb, Ni) kirletici konsantrasyonlarında Zn YK'da 0-30 ve 60-90 cm derinliklerde toprağın metal tutma oranı daha fazla iken DK'da bu daha az gerçekleşmiştir. Aynı şekilde 30-60 cm aralığında da bu benzer şekilde olmuştur. 60-90 cm seviyesinde toprağın metal tutma oranı diğer derinliklere göre en düşük seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Cu'da ise YK için hem 0-30 hem de 30-60 cm derinliklerde birbirine yakın bir doğrusallıkta tutunma söz konusu iken DK'da 30-60 cm seviyesinde kirletici tutulumu çok düşük bir oranda

meydana gelmiştir. Pb için DK'da 0-30, 30-60, 60-90 cm seviyelerinin hepsinde orantılı bir şekilde toprağın kirleticileri tuttuğu gözlemlenmiştir. YK'da ise 0-30 cm derinlikte daha fazla kirletici toprak tarafından tutulurken, diğer derinliklerde bu azalarak ama doğrusal bir şekilde devam etmiştir. Ni'de DK ve YK'da 0-30 ve 30-60 cm derinliklerdeki kirletici tutulumu başlangıç seviyesinden çıkarıldığında 60-90 cm seviyesine neredeyse eşit konsantrasyonda girdikleri ve bu seviyedeki tutulmanın da benzer bir şekilde gerçekleştiği görülmüştür.

5 nolu toprak numunesine ait, 3 mg/L ve 5 mg/L'lik metal çözeltilerine kolon deney düzeneğinde maruz bırakılmaları sonucunda elde edilen Zn, Cu, Pb, Ni metallerine ait 0 (yüzey), 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm'deki konsantrasyonlar Şekil 5.5'de verilmiştir

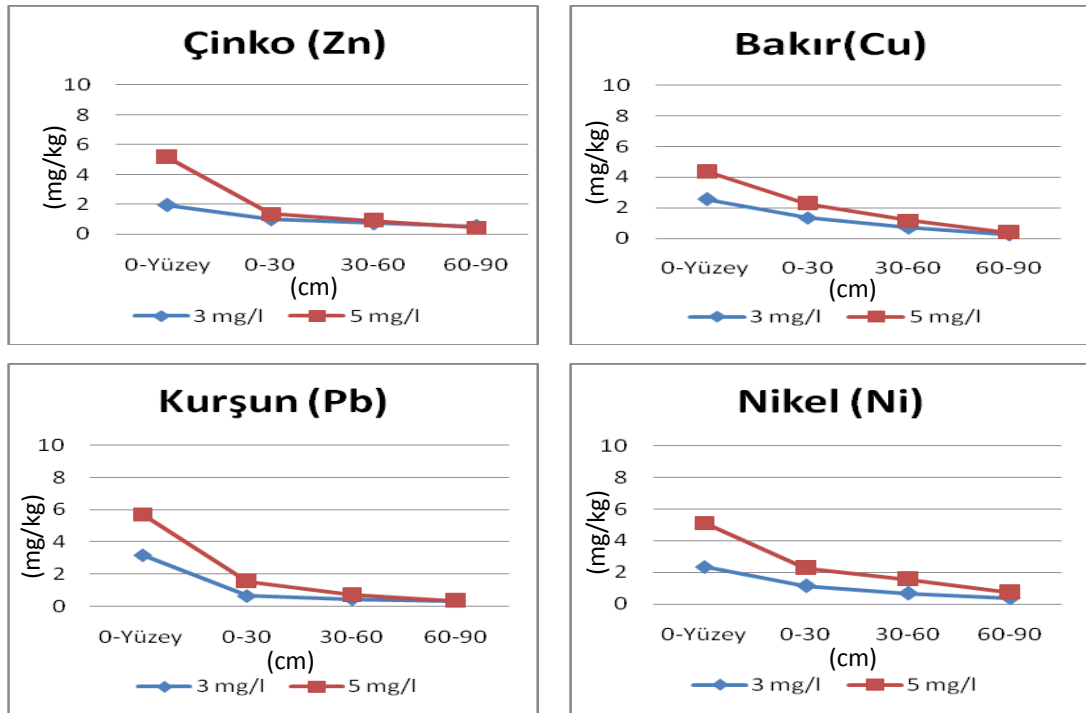


Şekil 5.5. 5 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki

Şekil 5.5 incelendiğinde 5 nolu toprak numunesi için farklı (Zn, Cu, Pb, Ni) kirletici konsantrasyonlarında Zn'nin toprak tarafından tutulması DK ve YK için tüm derinliklerde doğrusal bir şekilde gerçekleşmiştir. 0-30 cm derinlikte YK için bu tutulmanın daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. DK ve YK için 30-60 cm seviyesinde paralel giden toprağın kirletici tutması, 60-90 cm derinliğinde YK ve DK için azalmasına rağmen YK için diğerinden biraz daha fazla bir tutulma söz konusu

olmuştur. Cu için 0-30 cm de DK ve YK'lardaki tutulma paralel bir şekilde iken, 30-60 cm seviyesinde YK'da toprağın kirleticileri tutması daha fazla olmuş, bunu aksine DK için bu daha az gerçekleşmiştir. Pb grafiği incelendiği zaman 30-60 cm derinliğinde YK'daki meydana gelen tutulmanın, DK'a göre daha az olduğu belirlenmiş, diğer derinliklerde ise toprağın kirleticileri tutmasında hem DK için hem de YK için benzer şekilde gerçekleşmiştir. Ni için ise 0-30 cm'de YK'da daha fazla kirletici tutulmuşken, 30-60 cm arasında daha az tutulmuştur. DK'da 30-90 cm aralığındaki seviyelerde toprağın kirleticileri tutulması doğrusal bir şekilde gerçekleşmiştir.

6 nolu toprak numunesine ait, 3 mg/L ve 5 mg/L'lik metal çözeltilerine kolon deney düzeneğinde maruz bırakılmaları sonucunda elde edilen Zn, Cu, Pb, Ni metallerine ait 0 (yüzey), 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm'deki konsantrasyonlar Şekil 5.6'da verilmiştir.



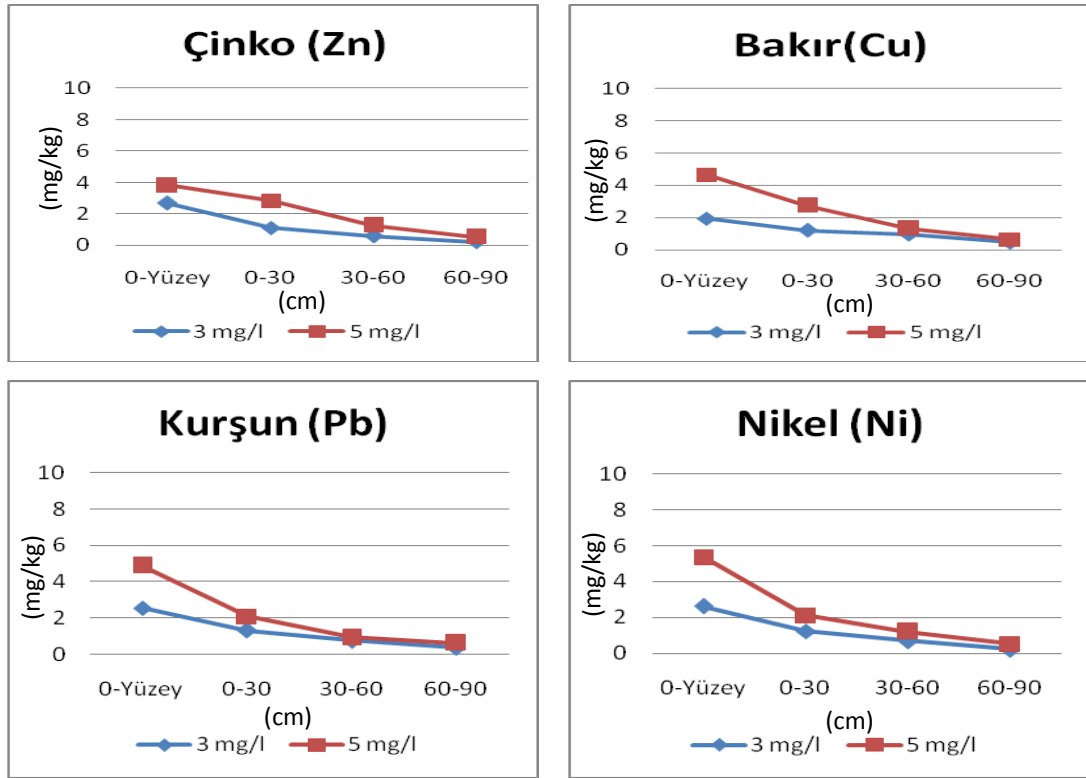
Şekil 5.6. 6 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki

Şekil 5.6 incelendiğinde 6 nolu toprak numunesi için farklı (Zn, Cu, Pb, Ni) kirletici konsantrasyonlarında Zn YK'da 0-30 cm'de aşırı derecede tutulmuş ve 30-60 cm derinliğinin başlangıcında DK'daki değerle neredeyse aynı seviyeye inmiştir. Geriye kalan seviyelerde ise (30-60 ve 60-90 cm) DK ile YK'da eşit oranda metal tutulumu gerçekleşmiştir. Cu grafiğinden görüleceği üzere DK ve YK için toprağın benzer oranda bir metal tutması gerçekleşmiştir. Meydana gelen grafik doğrusala yakın olduğu gözlemlenmiştir. Pb için 0-30 cm'de DK ve YK için metal tutulumu yüksek iken 30-60



cm derinliğinde DK için tutulma azalırken YK için kirletici tutulması azalmasına rağmen DK'dakinden daha fazladır. Ni'in hareketi incelendiğinde YK'da 0-30 cm'de toprak tarafından daha fazla bir metal tutulumu söz konusu iken 30-60 cm derinlikte DK ile paralel bir şekilde tutulma gerçekleşmiştir.

7 nolu toprak numunesine ait 3 mg/L ve 5 mg/L'lik metal çözeltilerine kolon deney düzeneğinde maruz bırakılmaları sonucunda elde edilen Zn, Cu, Pb, Ni metallerine ait 0 (yüzey), 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm'deki konsantrasyonlar Şekil 5.7'de verilmiştir.

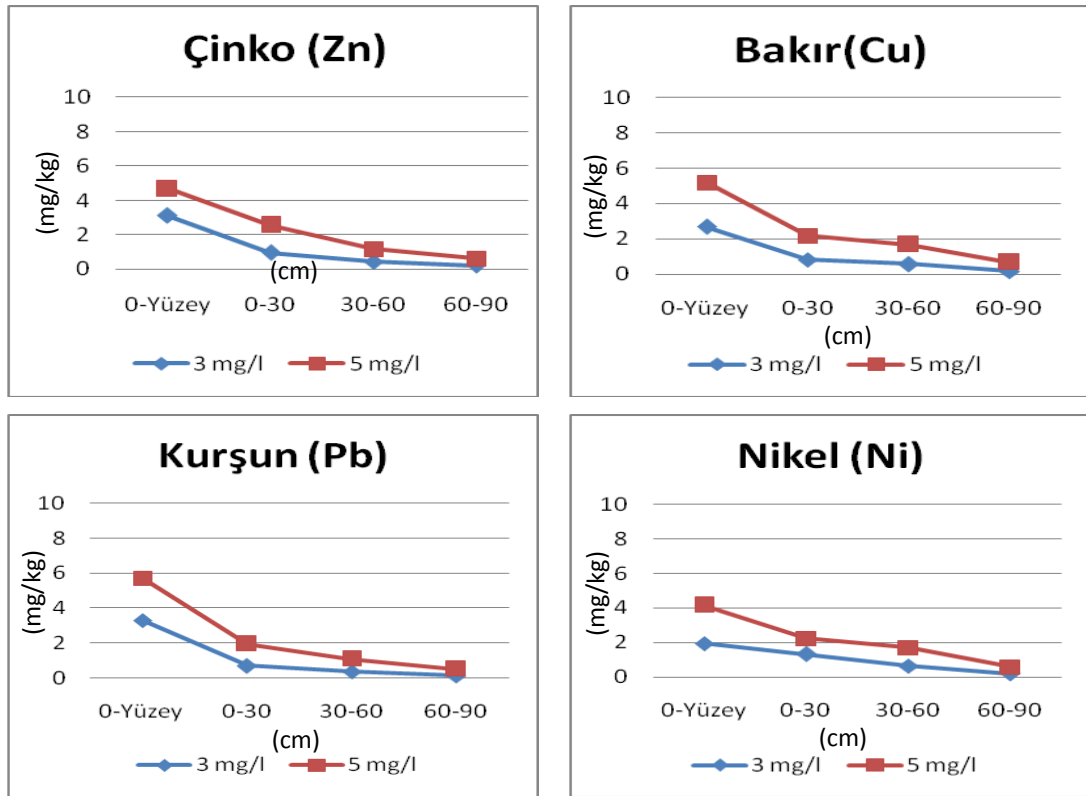


Şekil 5.7. 7 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki

Şekil 5.7 incelendiğinde 7 nolu toprak numunesi için farklı (Zn, Cu, Pb, Ni) kirletici konsantrasyonlarında Zn grafiğinden görüldüğü üzere YK'daki toprağın metal tutması DK'dakine göre daha düşüktür. Bunun aksine YK için 30-60 cm deki tutulması ise DK'dan daha yüksek bir şekilde gerçekleşmiştir. 60-90 cm derinliğinde YK ve DK için toprağın Zn tutması orantılı bir şekilde gerçekleşmiştir. Cu incelendiğinde YK için neredeyse doğrusal bir şekilde grafik söz konusu iken, DK'larda toprağın Cu tutması oldukça düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Sadece 60-90 cm derinliğinde toprağın Cu tutması her iki konsantrasyon içinde benzer şekilde gerçekleşmiştir. Pb için, grafikten de görüleceği üzere YK için toprağın Pb tutma oranı DK'a göre 0-30 ve 30-60 cm

derinliklerde fazla iken, en alt seviyeye gelindiğinde Pb tutulması DK ve YK için orantılı bir şekilde meydana gelmiştir. Ni grafiği de Cu, Pb grafiklerine benzer olarak 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde YK'da toprağın Ni tutması daha yüksek iken, 60-90 cm seviyesinde birbiriyle paralellik göstermektedir. Ni'nin toprakta tutulma oranı 0-30 cm 'de Cu'dan yüksek seviyede iken Pb ile benzerlik göstermiştir. Cu'nun toprakta tutulması daha çok doğrusal bir şekilde gözlemlenmişken, Pb ve Ni için bu tam doğrusal bir şekilde olmadığı görülmüştür.

8 nolu toprak numunesine ait 3 mg/L ve 5 mg/L'lik metal çözeltilerine kolon deney düzeneğinde maruz bırakılmaları sonucunda elde edilen Zn, Cu, Pb, Ni metallerine ait 0 (yüzey), 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm'deki konsantrasyonlar Şekil 5.8'de verilmiştir.

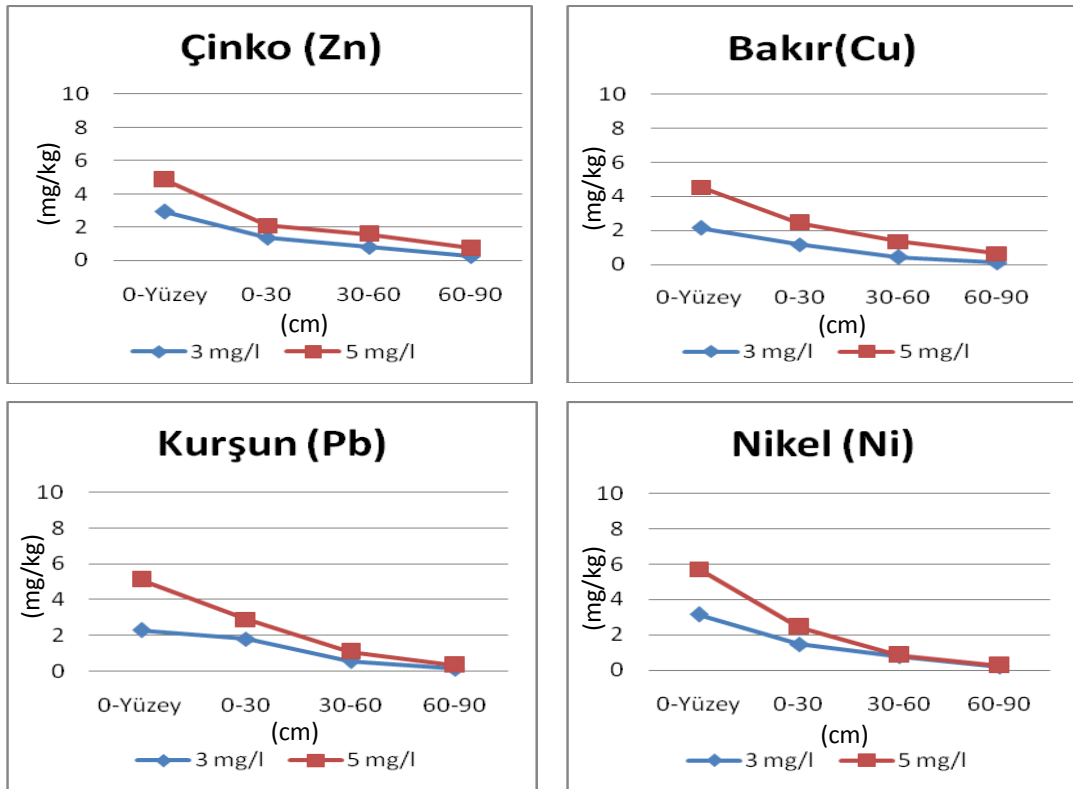


Şekil 5.8. 8 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki

Şekil 5.8 incelendiğinde 8 nolu toprak numunesi için farklı (Zn, Cu, Pb, Ni) kirleticiler konsantrasyonlarında Zn için, 0-30 cm aralığında DK ve YK'larda orantılı bir şekilde toprağın Zn tutması söz konusu iken DK'da 30-60 cm derinliklerde tutulma azalmıştır. Toprağın Zn tutması DK için 60-90 cm'de de azalarak devam etmiştir. YK'da toprağın kirleticiler tutma oranı 0'dan 60 cm'e kadar orantılı olarak devam etmiştir. En az tutulma YK için 60-90 cm derinlikte olmasına rağmen bu seviyede bile

DK'dakinden fazladır. Cu incelendiğinde doğrusal olmamakla birlikte hem YK için hem de DK için toprakta Cu tutulması benzer şekil göstermektedir Burada 0-30 cm derinliğinde tutulma fazla iken 30-60 cm aralığında azalmıştır. 60-90 cm seviyesinde 0-30 cm'deki kadar olmasa da toprakta Cu tutulması 30-60 cm'e göre daha fazla gerçekleşmiştir. Pb grafiği incelendiğinde YK için toprağın Pb tutma oranı DK'a göre 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde fazla iken, en aşağı seviyeye gelindiğinde Pb tutulması DK ve YK için benzer paralellikte gerçekleşmiştir. Ni, YK'da 0-30 cm derinliğinde DK'a göre daha fazla toprak tarafından tutulmuşken, 30-60 cm seviyesinde DK'daki Ni'nin toprak tarafından tutulması YK'a göre daha fazla gerçekleşmiştir.60-90 cm derinliğinde ise bu sefer DK'daki Ni tutulumu azalırken, YK'daki tutulmanın arttığı gözlemlenmiştir.

9 nolu toprak numunesine ait 3 mg/L ve 5 mg/L'lik metal çözeltilerine kolon deney düzeneğinde maruz bırakılmaları sonucunda elde edilen Zn, Cu, Pb, Ni metallerine ait 0 (yüzey), 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm deki konsantrasyonlar Şekil 5.9'da verilmiştir.

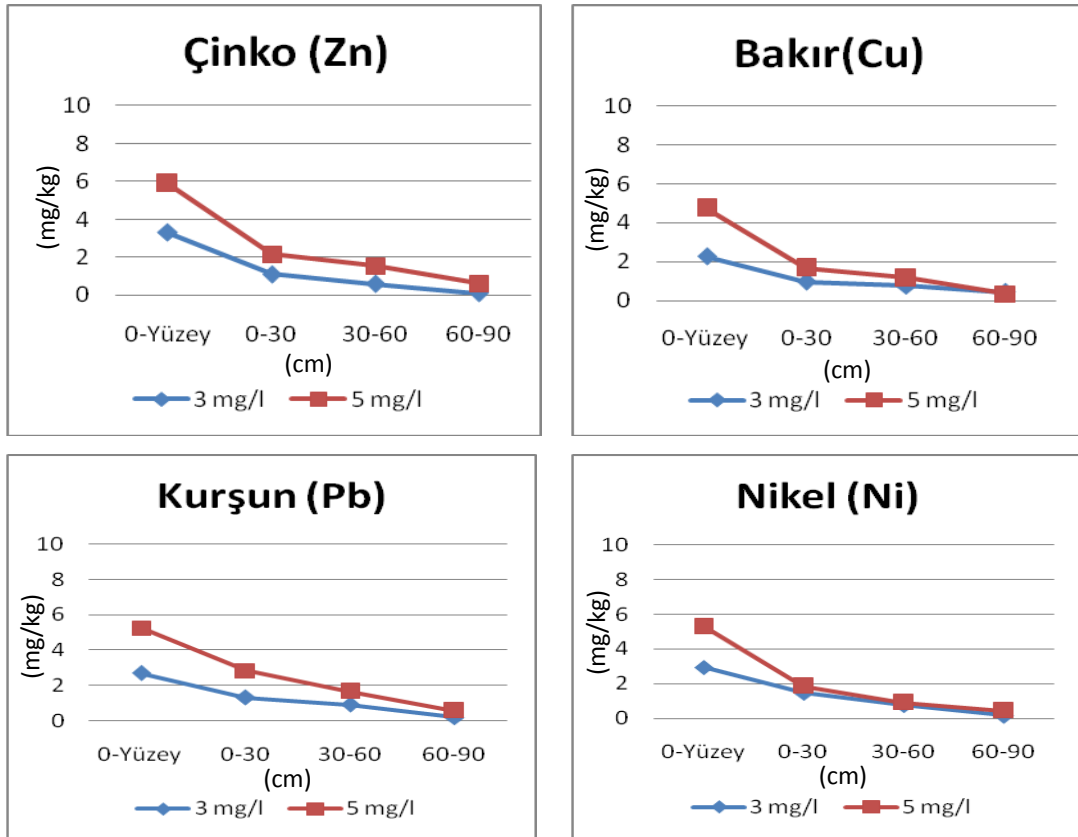


Şekil 5.9. 9 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki

Şekil 5.9 incelendiğinde 9 nolu toprak numunesi için farklı (Zn, Cu, Pb, Ni) kirleticilerde Zn grafiği incelendiğinde tamamen doğrusal olmamakla birlikte hem YK için hem de DK için toprakta Zn tutulması benzer oranlarda

gerçekleşmiştir. 0-30 cm derinliğinde tutulma YK için fazla iken 30-60 cm aralığında YK ve DK için benzer şekilde gerçekleşmiştir. 60-90 cm seviyesinde 0-30 cm'deki kadar olmasa da toprakta Zn tutulması 30-60 cm'e göre daha fazla gerçekleşmiştir. Cu için toprağın en yüksek kirleticileri tutması 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde olmuştur. 60-90 cm derinlikte yüksek ve düşük konsantrasyonlardaki hareket, toprağın Cu tutma oranı birbirine paralel bir şekilde oluşmuştur. Pb için, YK'da doğrusal bir grafik söz konusu iken, 60-90 cm derinliğinde toprağın Pb tutma seviyesi azalmıştır. DK'da 0-30 cm'deki saptanan, tüm deneysel çalışmalardaki en düşük Pb tutulumu gözlemlenmiştir. 30-60 ve 60-90 cm derinliklerinde ise YK ile DK'larda toprakta Pb tutulma oranı benzerlik göstermiştir. Ni için, YK'da toprağın Ni tutma oranı DK'a göre 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde fazla iken, en aşağı seviyeye gelindiğinde Pb tutulması DK ve YK için aynı şekilde gerçekleşmiştir.

10 nolu toprak numunesine ait 3 mg/L ve 5 mg/L'lik metal çözeltilerine kolon deney düzeneğinde maruz bırakılmaları sonucunda elde edilen Zn, Cu, Pb, Ni metallere ait 0 (yüzey), 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm deki konsantrasyonlar Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10. 10 nolu toprak numunesi kirlilik değerleri, kirleticiler ve derinlik arasındaki ilişki

Şekil 5.10 incelendiğinde 10 nolu toprak numunesi için farklı (Zn, Cu, Pb, Ni) kirletici konsantrasyonlarında Zn'nin toprak içerisindeki hareketi YK ve DK'lar için orantılı bir şekilde gerçekleşmiştir. En fazla metal tutulması 0-30 cm derinlikte olmuştur. Aynı şekilde Cu için toprak içerisindeki hareket incelendiğinde farklı konsantrasyonlardaki hareketin paralel bir şekilde devam ettiği 60-90 cm derinlikte YK'daki tutulma miktarının daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Pb için grafiği yorumladığımızda YK'daki hareketin neredeyse doğrusal bir şekilde olduğu, 0-30 ile 30-60 cm derinliklerde metal tutulumunun DK'a göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Ni'de ise YK'daki kirletici 0-30 cm de aşırı bir şekilde tutulmuş, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde DK'daki hareketle neredeyse aynı seviyede konsantrasyon değişimi gözlemlenmiştir.

## 5.2. SPTM ile Elde Edilen Sonuçlar ve Öneriler

Programın algoritması ve kodlanması tamamen tez çalışması esnasında tasarlanarak hazırlanmıştır. Program dahilinde belli farklı derinliklerden alınan toprak numunelerine ait fiziksel ve kimyasal özellikleri içeren bir veri seti oluşturulmakta, bu veri setine karşılık toprak numunesi ile yapılan kolon deneyinde elde edilen (her derinliğe ait kirletici konsantrasyonları) kirleticilere ait verilerle de toprak özelliklerine karşılık gelen veriler birleştirilmektedir. Neticede toprak numunelerine ait farklı derinliklerdeki fiziksel ve kimyasal özellikleri içeren ve her bir numuneye karşılık gelen dört farklı (Pb, Zn, Ni Cu) kirleticiye ait konsantrasyonlarından oluşan temel veri seti hazırlanmıştır. Takip eden aşamada bu verilerin bir birleriyle olabilecek ilişkileri istatistikî olarak incelenmiş ve kirletici konsantrasyonları ile (artan veya azalan) yüksek seviyede istatistikî ilişkisi olan parametreler tespit edilmiştir. Bunlar pH, Organik madde, Kireç şeklinde özetlenebilir.

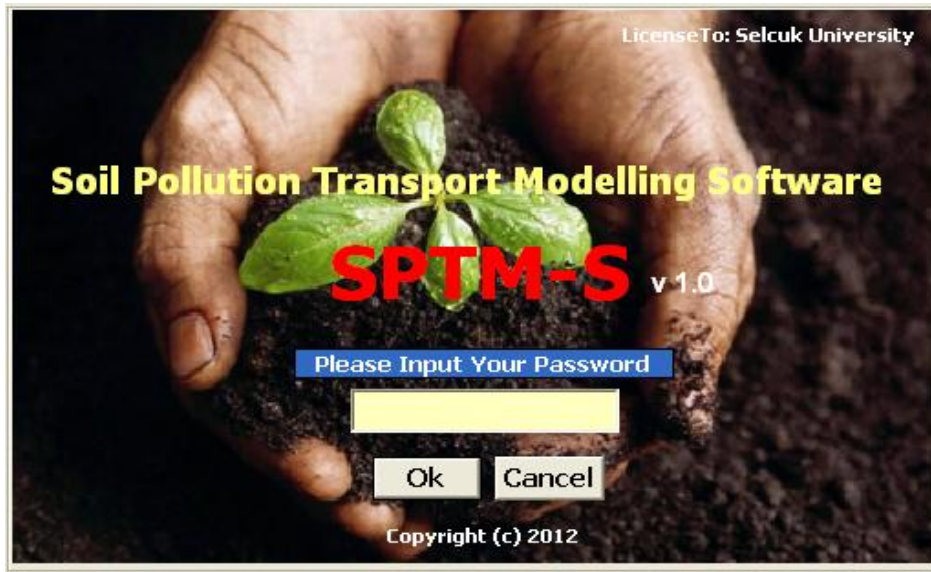
Bu çalışmaya paralel olarak aynı istatistikî ilişki toprak tekstürü ile farklı derinliklerde deneysel çalışmalar neticesinde saptanan kirletici konsantrasyonları arasındaki istatistikî ilişkide incelenmiş ve toprak tekstürünün de topraktaki kirleticilerinin toprak içerisinde hareketine etki yapan önemli bir parametre olduğu görülmüştür. Program çalıştırıldığında, kullanıcı elinde mevcut bulunan toprak numunesine ait bilgileri (derinlik, fiziksel ve kimyasal özellikler) bilgi giriş bölümüne girmektedir. Burada (Pb, Zn, Ni Cu), kirleticilere ait başlangıç konsantrasyonlarını belirlemektedir. Daha sonra verilere aktar seçeneği ile modelleme bölümüne geçmektedir. Modelleme bölümünde butonlar yardımı ile istediği kirleticiye ait toprak

içerisindeki taşınımına dair elde edilen grafiksel modeli farklı gösterim biçimlerinde (2d bar, 3d bar, 2d Line, 3d Line, 3d Step) grafikler elde edilebilmekte ve bunlara ek olarak 3d Line türündeki grafiklerin 360° lik farklı açılardan model grafikleri elde edilebilmektedir. Elde edilen modelin istenilen boyutta çıktısı alınabilmekte, resim dosyası olarak kaydedilebilmekte ve istenirse pdf dosya haline de dönüştürülebilmektedir. SPTM, üç farklı ilden toplamda 10 farklı toprak numunesine ait farklı derinliklerdeki (yüzey, 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) fiziksel ve kimyasal özellikler ve bunlara karşılık gelen dört farklı kirleticiye ait (Pb, Zn, Ni Cu) konsantrasyon verileriyle hazırlanmıştır. Buda yaklaşık olarak 10 farklı derinlik X 4 farklı kirletici = 40 farklı ihtimal oluşturmaktadır. Yapılan işlemlerin dört farklı derinlik içinde yapıldığı düşünüldüğünde her bir derinlik için yine aynı 40 farklı ihtimalin var olduğu görülmektedir. Modellenmesi istenen toprağın özellikleri bu farklı derinliklerdeki toprak numunesi için mevcut veri setindeki verilerle SPTM yardımı ile hızlı bir şekilde karşılaştırılmakta ve modellenmesi istenen toprak numunesine ait en uygun eşleştirme mevcut veri seti içerisinde elde edilmektedir.

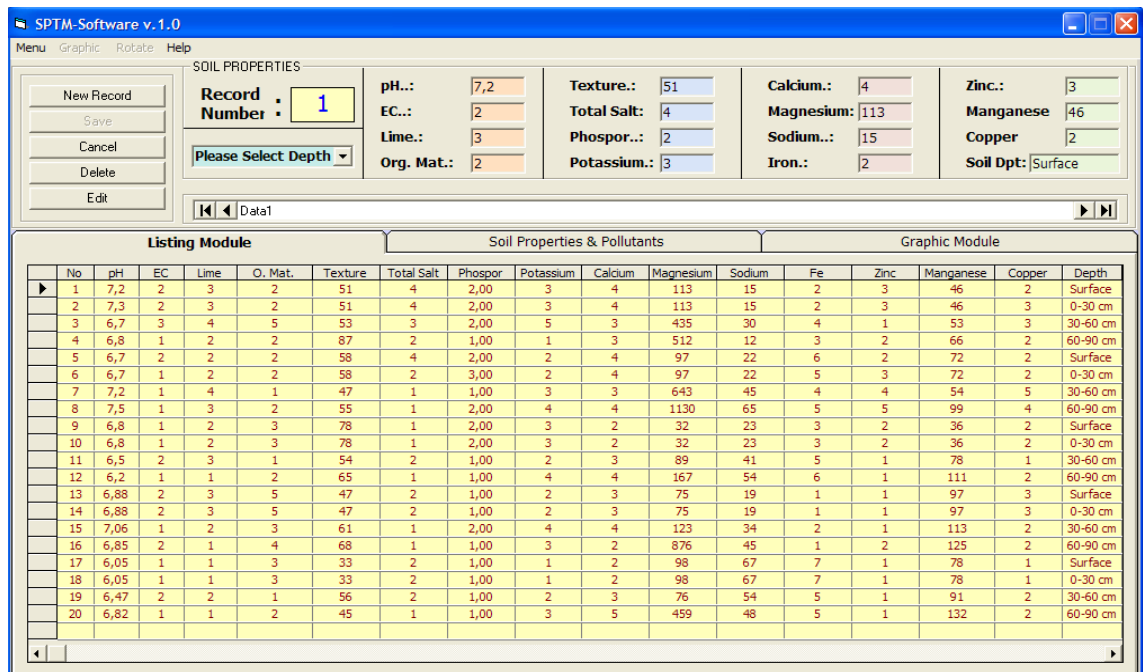
Bu göz önüne alındığında programın gelecekte daha doğru neticeler verebilmesi için, program vasıtası ile bilgisayarın eğitilmesinde kullanılan veri setlerinin sayısının çoğaltılması uygun olacaktır. Öyle ki normalde 3 farklı ilden temin edilen 10 farklı toprak numunesine ait kimyasal ve fiziksel toprak özellikleriyle oluşturulan veri seti dataları farklı bölgelerden (coğrafi) ve farklı adetlerde toprak numuneleriyle zenginleştirildiği takdirde elde edilecek sonuçların hata paylarının daha aza düşeceği tahmin edilmektedir. Bu sayede istatistiki olarak veriler arasındaki ilişkinin araştırıldığı bölümde elde edilen sonuçlar, numunelerin tekrar adetlerine bağlı olarak daha doğru sonuçlar verebilecektir.

### 5.3. SPTM Programına Ait Ekran Görüntüleri

Programın kodlama bölümünün önemli olduğu gibi, kullanıcıların direk işlemleri yaptığı ara yüzün de kolay anlaşılabilir, kullanıcı dostu olmasına özen gösterilerek görsel programlama genel karakteristiğine uygun olarak ara yüz ve diğer bölümlerin tasarımının yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda hazırlanan programa ait ara yüz, genel giriş bölümü, kirletici ve toprak özellikleri bölümü ve modelleme bölümlerine ait ekran görüntüleri ve örnekler Şekil 5.11- Şekil 5.15’de verilmiştir.



Şekil 5.11. SPTM-S giriş bölümü



Şekil 5.12. Ana program bölümü

SPTM-Software v.1.0

Menu Graphic Rotate Help

SOIL PROPERTIES

New Record  
Save  
Cancel  
Delete  
Edit

Record Number: 1

Please Select Depth

pH.: 7,2  
EC.: 2  
Lime.: 3  
Org. Mat.: 2

Texture.: 51  
Total Salt: 4  
Phospor...: 2  
Potassium.: 3

Calcium.: 4  
Magnesium: 113  
Sodium...: 15  
Iron.: 2

Zinc.: 3  
Manganese: 46  
Copper: 2  
Soil Dpt: Surface

Listing Module

Soil Properties & Pollutants

Graphic Module

Soil Physical and Chemical Parameters

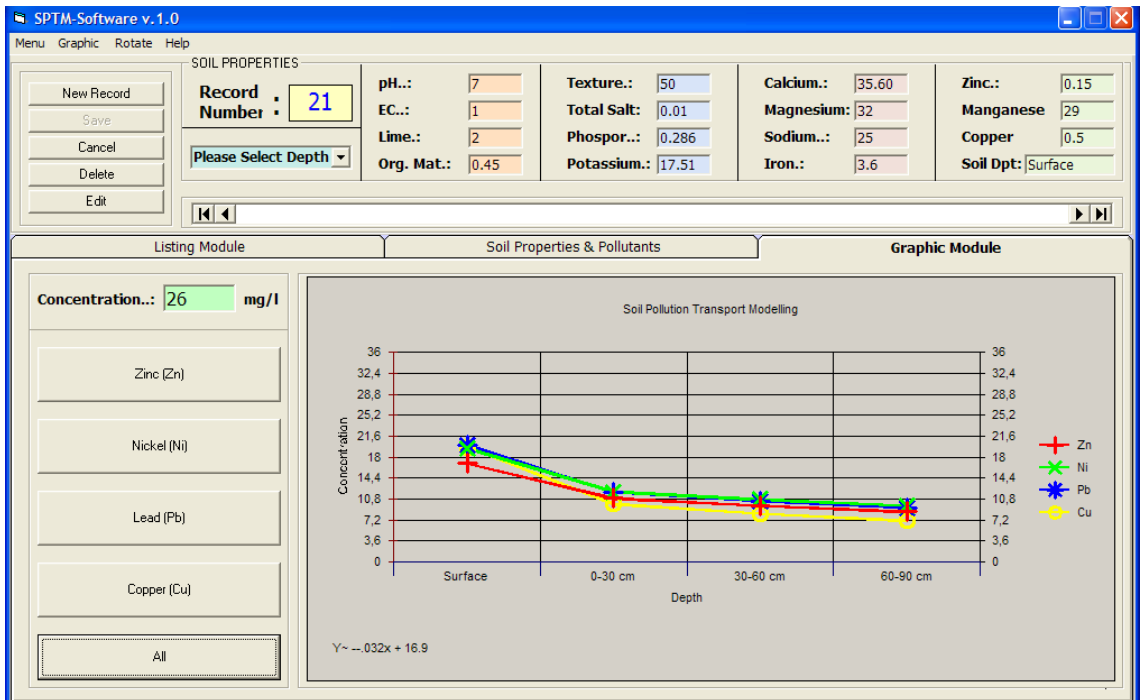
PARAMETERS	UNITS	METHOD	SURFACE	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
TEXTURE	%	Saturation	53.9	49.5	41.8	40.2
EC	mhos/cm (25 C)	Saturation	0.09	0.08	0.04	0.01
LIME	%CaCO3	Scheibler	27.13	27.91	28.49	29.1
ORGANIC MAT.	% O.M.	Walkley -Black	0.435	0.116	0.22	0.27
pH		Saturation	7.89	7.87	7.9	7.85
T. NITROGEN	% Tuz	Kjeldahl	0.011	0.021	0.058	0.027
PHOSPOR(P205)	kg/da	Olsen	0.114	0.171	0.057	0.286
POTASSIUM (K20)	kg/da	A.Asetat (AAS)	18.4	14.32	15.85	16.41
CALCIUM	mg/kg	A.Asetat (AAS)	52.63	41.17	54.68	35.60
MAGNESIUM	mg/kg	A.Asetat (AAS)	74	89	159	32
SODIUM	mg/kg	A.Asetat (AAS)	23.18	30.89	25.47	25.05
IRON	mg/kg	DTPA (AAS)	7.62	5.52	6.75	3.6
MANGANESE	mg/kg	DTPA (AAS)	28.1	30.4	25	32

Heavy Metals

PARAMETERS	UNITS	METHOD	SURFACE	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
Zinc	mg/kg	DTPA (AAS)	0.31	0.28	0.15	0.11
Nickel	mg/kg	DTPA (AAS)	0.49	0.42	0.35	0.25
Lead	mg/kg	DTPA (AAS)	0.18	0.1	0	0
Copper	mg/kg	DTPA (AAS)	0.11	0.1	0	0

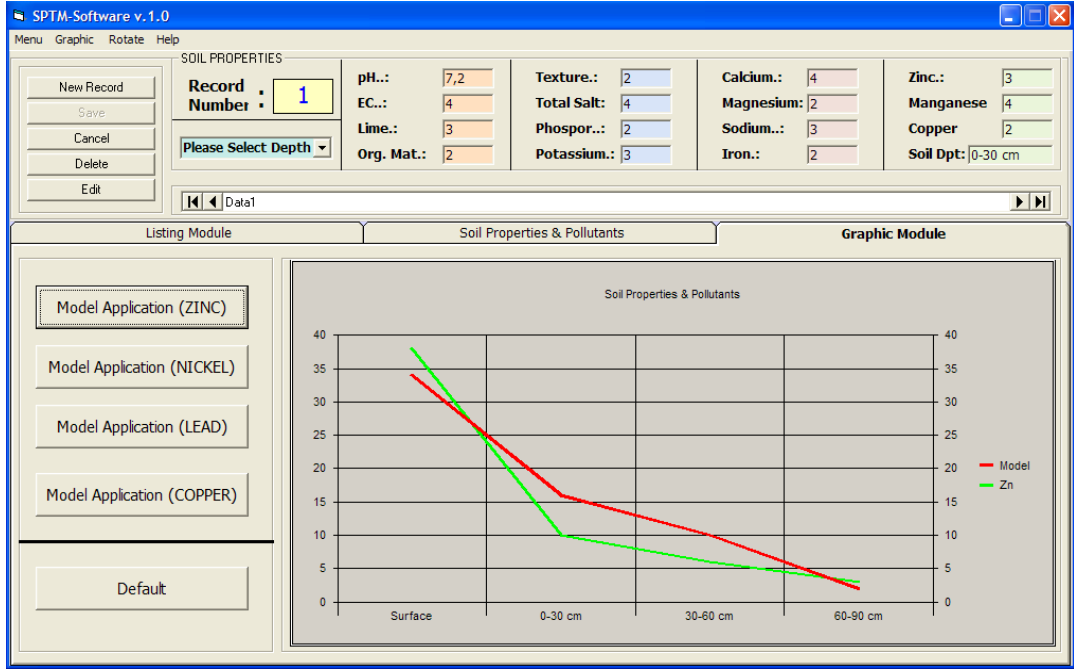
Send All Data To Modelling Database

Şekil 5.13. Taşınım modellenmesi istenen kirlenici ve toprağa ait bilgi girişleri bölümü



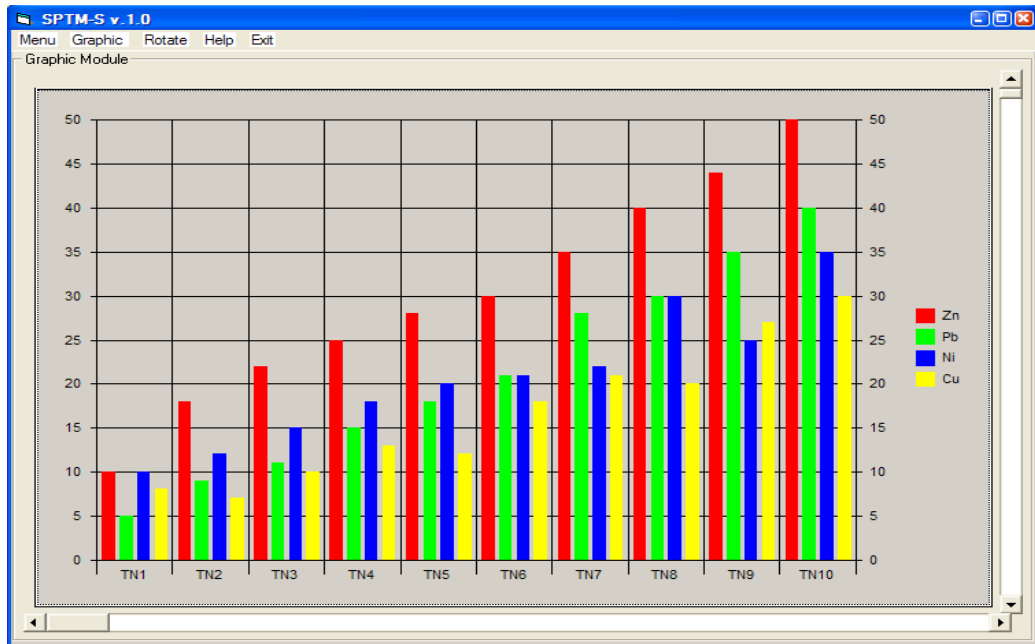
Şekil 5.14. Modelleme ve grafik ara yüzü modülü



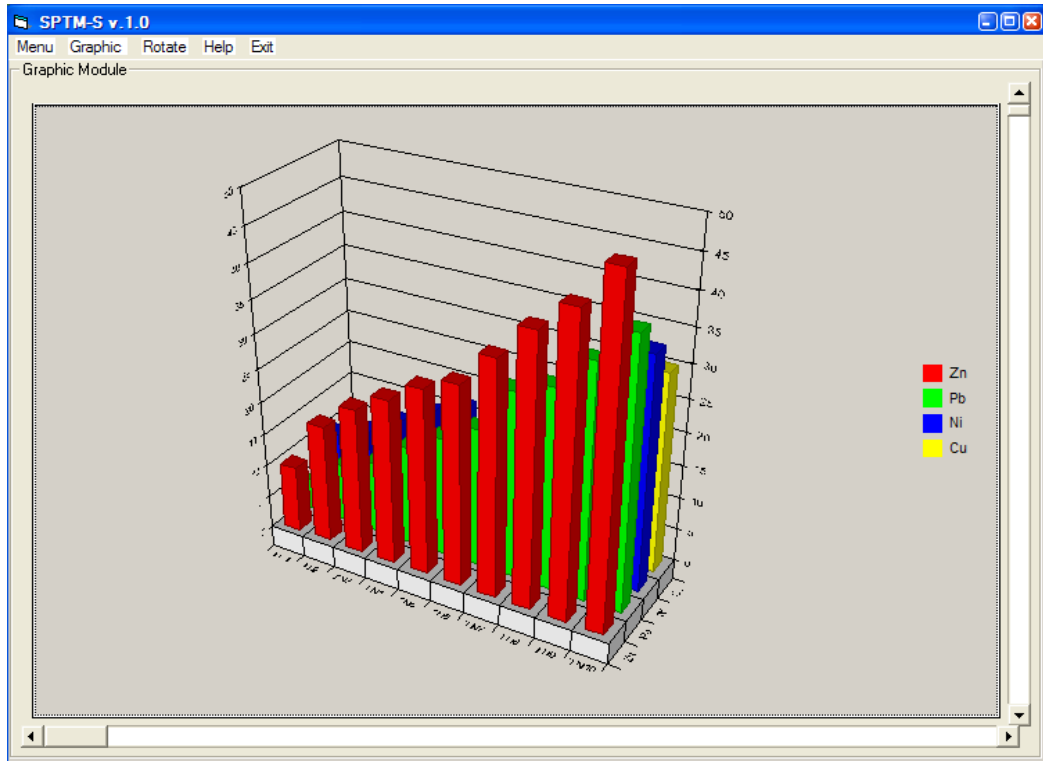


Şekil 5.15. Örnek model uygulaması (Çinko örneği)

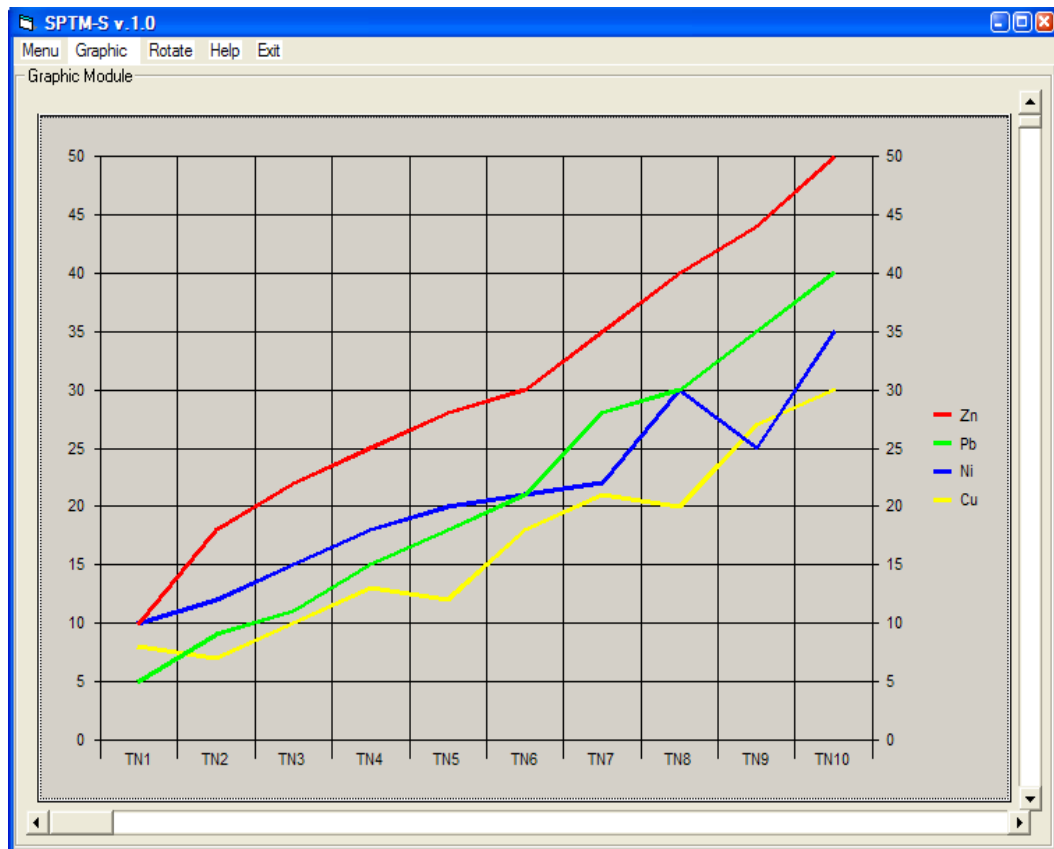
Ayrıca program dahilinde kullanıcıların, elde edilen sonuçları grafiksel olarak gözlemleyebileceği grafik modülü de mevcuttur. Bu bölümde 2d bar, 3d bar, 2d Line, 3d Line, 3d Step türlerinde grafikler elde edilebilmekte ve 3d türündeki tüm grafik çeşitlerinde 360° lik farklı açılardan görüntüleri elde edilebilmektedir. Bu grafik türleriyle ilgili ekran görüntüleri Şekil 5.16-Şekil 5.20’de verilmiştir.



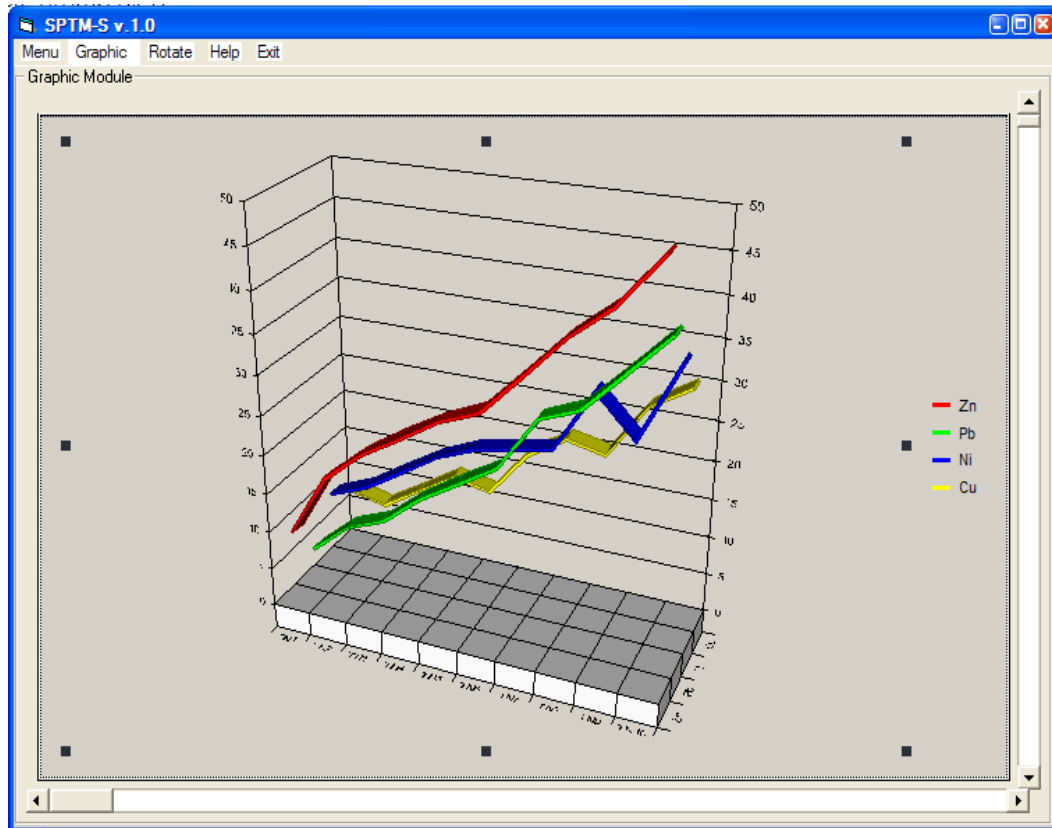
Şekil 5.16. Grafik modülü (2d bar)



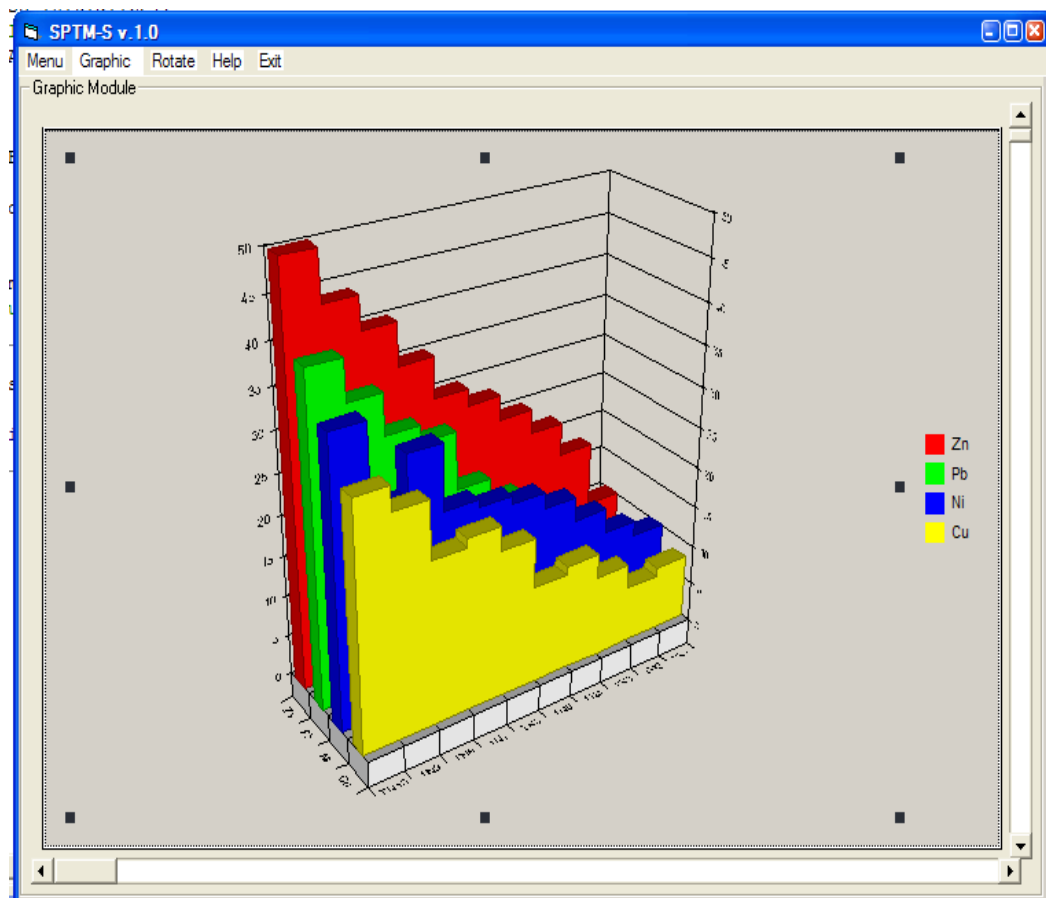
Şekil 5.17. Grafik modülü (3d bar)



Şekil 5.18. Grafik modülü (2d Line)

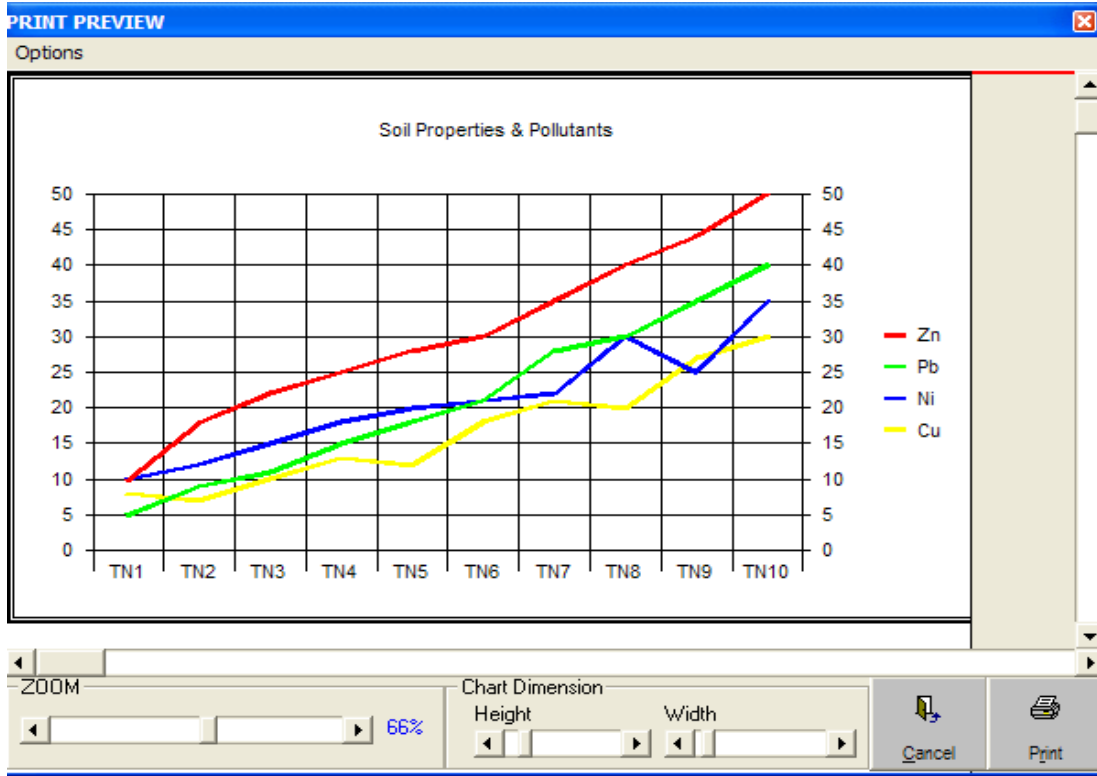


Şekil 5.19. Grafik modülü (3d Line)

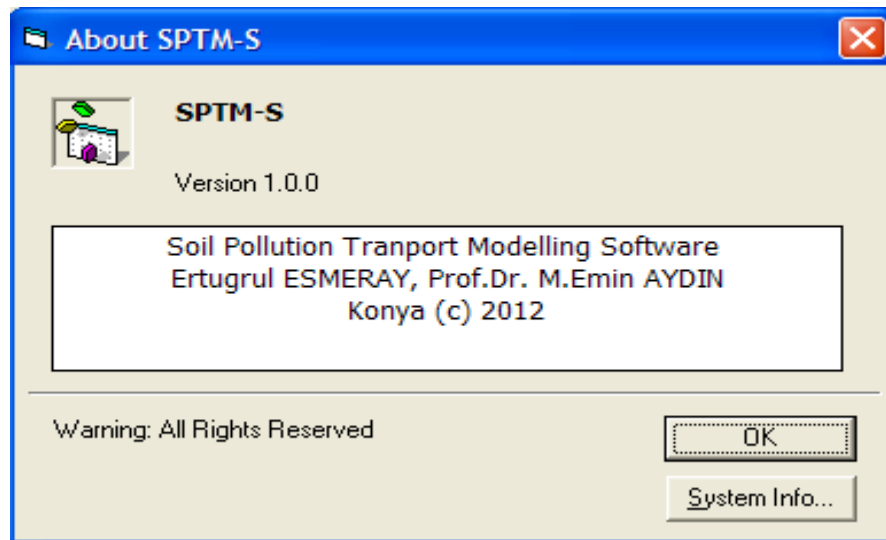


Şekil 5.20. Grafik modülü (3d Step)

Yukarıdaki modüllere ek olarak kullanıcılar istedikleri baskı ön izleme modülü (Şekil 5.21) vasıtasıyla, modelleme sonucu elde ettikleri grafikleri resim dosyası olarak istedikleri oranda büyütüp, küçültebilmekte, yine grafiklerin yükseklik ve genişliğini ayarlayabilmektedirler. Sonuçta isteklerine göre elde ettikleri grafikleri bilgisayarlarına değişik dosya formatlarında (jpg, pdf vb.) kaydedebilmekte ve isterlerse de direk yazıcıdan istedikleri kağıt boyutuna çıktı alabilmektedirler.



Şekil 5.21. Baskı ön izleme bölümü



Şekil 5.22. Hakkında bölümü

#### 5.4. Değerlendirme

Toprak kirleticileri arasında önemli bir yer tutan ağır metal kirliliği birçok araştırmacı tarafından farklı boyutları ile çalışmış güncel bir çalışma alanıdır. Toprakta ağır metallerin neden olduğu kirlilik insan ve diğer canlıları sağlık yönünden dolayı ve direk etkilemesinden dolayı ilgili çalışmalar da oldukça fazladır. Birçok çalışmada ağır metallerin toprak içerisindeki konsantrasyonları, adsorpsiyonu, bitkilerde akümülyasyonu gibi hususlar temel alınmıştır. Bununla birlikte toprağın maruz kaldığı kirleticilerin, yine toprak içerisindeki taşınımını incelemeye ilgili uluslararası birçok çalışma, kaynak bulunabilirken, ulusal kaynak ve yayın sayısının yeterli miktarda olmadığı görülmektedir. Toprakla ilgili yapılan çalışmalar içerisinde tez konusu ile ilgili yapılan çalışmalar ve mevcut kaynaklar incelendiğinde;

- Toprak numunelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiş ve bunların farklı bölgelerde gösterdikleri özellikleri arasında mukayeseler ve ilgiler incelenmiştir.
- Toprağın maruz kaldığı ağır metaller içeren ortamlardan (deşarj noktaları, çöp deponi sahalarının çevreleri, sanayi bölgeleri (demir, çelik, alüminyum vb.) alınan numunelerdeki farklı tiplerdeki ağır metal konsantrasyonları ve bunun neticesinde de toprak kirliliği derecelendirmesine yönelik çalışmalar incelenmiştir.
- Bazı çalışmalarda da topraktaki farklı derinliklerdeki ağır metal konsantrasyonları yukarıda bahsedilen hususlardan bazılarında bağımsız olarak ele alınmıştır.

Bu tez çalışmasında hazırlanan toprakta kirlilik taşınımı (SPTM) programı ile yukarıda ifade edilen hususlar tek bir çatı altına toplanmaya çalışıldığı için bu yönüyle bu hususta yapılan diğer çalışmalardan ayrı bir yer tutmaktadır. Program yardımı ile farklı bölgelere, bu bölgelere ait farklı noktalara ait ve (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) şeklinde farklı derinliklerden alınan toprak numunelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri bir program modülünde toprak özellikleri veri tabanına eklenmiştir. Her bir toprak numunesi kolon deney düzeneğine alındıklarında derinliklere uygun olarak yerleştirilmiş ve dört farklı ağır metal çözeltisine (Ni, Zn, Cu, Pb) birbirinden bağımsız olarak maruz bırakılmışlardır.

Çözeltilerin ilgili kolon deney düzeneğindeki infiltrasyon sürelerinin oldukça uzun olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen neticeler ışığında genel olarak toprak numunelerinde ağır metal tutulmalarının yüzey bölümlerde daha yüksek iken, derinlere inildikçe oluşan konsantrasyondaki azalmaya paralel olarak daha düşüktür. 60-90 cm derinlikte ağır metallerin toprak tarafından tutulması iyice azalmaktadır. Topraktaki kil oranı yüksek olan numunelerde hem suyun infiltrasyonu yavaş ve düşük olmakta, bunun bir sonucu olarak da ağır metal birikimi bu özellikteki toprak katmanlarında daha fazla olmaktadır. Diğer modülde ilgili bölgedeki ağır metal konsantrasyonları kirlilikle ilgili veri tabanına kaydedilerek elde edilen değerler ışığında elimizdeki mevcut toprak özellikleri (fiziksel ve kimyasal) ile toprak içersindeki farklı derinliklerden alınan numunelerden deneysel çalışmalar sonucu elde edilen ağır metal konsantrasyonları arasındaki istatistiki ilişkiler incelenmiştir. Bu çalışmalar neticesinde bünye, pH, kireç içeriği gibi bazı parametrelerin yüksek seviyede istatistiki ilişkilere sahip olduğu gözlemlendiği gibi bazı parametrelerde bu istatistiki ilişkinin çok küçük değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında bir program algoritması hazırlanmış ve ilgili program kodlamaları Visual Basic programlama dilinde yapılmıştır. Hazırlanan temel programın kapsamındaki diğer bir modülde üzerinde çalışma yapmak istenilen yeni toprak numunelerine ait veriler veri tabanına girilmekte (derinlik, fiziksel ve kimyasal özellikler, kirletici tipi, başlangıç kirletici konsantrasyonları) program vasıtası ile daha evvelden veri tabanına girilmiş olan ve istatistiki ilişkileri incelenmiş olan toprak numunelerine ait verilerle tüm derinlikler için ayrı ayrı karşılaştırılarak uygun tip seçilmekte ve son program modülünde ise çalışma sonucundaki tahmin edilen verilerin grafiksel (iki boyut ve üç boyutta değişik şekillerde) ifadeleri elde edilebilmektedir.

Grafik modülünde kullanıcı istediği gibi grafiklere müdahale edebilmekte (arka plan, grafik türü (line, 2d, 3d), renkler, gridler) ve elde ettiği grafiği üç boyutlu olarak hareketli bir şekilde gözlemleyebilmektedir. Bununla birlikte istediği takdirde elde ettiği grafiği istediği boyutta ve tipte yazıcıdan çıktı alabildiği gibi isterse de bilgisayara resim dosyası olarak da kaydedebilmektedir.

Sonuç olarak bu tez çalışması ve paralelinde hazırlanan program vasıtası ile yukarıda bahsi geçen birbirinden bağımsız yapılan çalışmaların tek bir program altında farklı modüller şeklinde birleştirilmesi sağlanmış ve kullanıcı dostu bir ara yüz vasıtası ile de bu konu ile ilgili sonradan yapılacak çalışmaların kolaylaştırılması amaçlanmıştır.

## 6. . KAYNAKLAR

- Akbaş F., Yıldız, H., 2004, Toprak özelliklerinin haritalanmasında jeoistatistiksel tekniklerin kullanımı, 3. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, 6-9 Ekim, Fatih Üniversitesi, İstanbul, 1-10.
- Altun T., Pehlivan E. ,2012, Removal of Cr(VI) from aqueous solutions by modified walnut shells, *Food Chemistry*, 132(2), 693-700.
- Alyüz, B., Veli, S., 2005, Low-cost adsorbents used in heavy metal contaminated waste water treatment, *Journal of Engineering and Natural Sciences Sigma*, 94-105.
- Anagu, I., Ingwersen, J., Utermann, J., Streck, T., 2009, Estimation of heavy metal sorption in German soils using Artificial Neural Networks, *Geoderma*, 152 ,104–112.
- Argun, M.E., Dursun, S., Özdemir, C., Karatas, M. 2006 Industrial heavy metal pollution and hazardous effects on ecology: waste management perspective. *VI-th International Scientific Conference. Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection SGEM*, 445-451.
- Argun M.E.,2007, Kimyasal olarak modifiye edilmiş adsorbanlar kullanarak ağır metal iyonlarının adsorpsiyonu, Doktora Tezi, *S.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Asensio, M.I., Ayuso, B., Ferragut, L., Sangalli, G., 2007, Numerical methods for modelling leaching of pollutants in soils, *Advances in Engineering Software*, 38, 429–438.
- Ayyıldız, M. 1976. Sulama Suyu Kalitesi ve Sulamada Tuzluluk problemleri *A.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları*, 636,Ankara.
- Bakırcıoğlu, D., 2009, Toprakta makro ve mikro element tayini, Doktora Tezi, *Trakya Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne.
- Bogena, H.,Diekkreuger, B. , Klingel, K., Jantos, K., Thein, J., 2003, Analysing and modelling solute and sediment transport in the catchment of the Wahnbach River, *Physics and Chemistry of the Earth*, 28, 227–237.
- Boulding, R.,1995, Practical handbook of soil, Vadoz zone and groundwater contamination: assessment, prevention and remediation, *Lewis Publishers*, Boca Raton.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., 1982, Nitrojen total. p:595-624. In A.L. Page(Ed.), methods of soil analysis. Agron. No.9, Part 2 *Chemical and microbiological properties*, 2<sup>nd</sup> ed. Am. Soc. Agron., Madison, Wisc. USA.
- Buszewski, B., Kowalkowski, T., 2006, A new model of heavy metal transport in the soil using nonlinear artificial neural Networks, *Environmental Engineering Science*, 23(4): 589-595.

- Carson, P.L.,1980, Recommended potasium test. P.20-21. In: Recommended Chemical soil test procedures for the North Central Region. Rev.ed.North Central Regional Publication no.221. *North Dakota Agric. Exp. Stn.* ,North Dakota State University, Fargo. USA.
- Chen, J., Wang, X.J., Hu, J.D., Tao, S., 2006, Modeling Surfactant Las Influenced Pahs Migration In Soil Column, *Water, Air, and Soil Pollution*, 176, 217–232.
- Chua, X., Marino, M.A., 2004, Semidiscrete pesticide transport modeling and application, *Journal of Hydrology*, 285, 19–40.
- Cousins, F.T., Gevaio, B., Jones, C.K., 1999, Measuring and modelling the vertical distribution of semivolatile organic compounds in soils. H pcb and pah soil, core data, *Chemosphere*, 39(14), 2507-2518.
- Çiçek, N., 2005, Toprağa Adsorbe Haldeki Karbamatlı Pestisitlerin Güneş Işığı Etkisi Altında Bozunma Süreçlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çukurova Üniversitesi.
- Dube, A., Zbytniewski, R., Kowalkowski, T., Cukrowska, E., Buszewski, B., 2001, Adsorption and Migration of Heavy Metals in Soil, *Polish Journal of Environmental Studies* ,10(1), 1-10.
- Dudal, Y., Jacobson, A.R., Samson, R., Deschênes, L, 2004, Modelling the dynamics of pentachlorophenol bioavailability in column experiments, *Water Research*, 38, 3147–3154.
- Durkan, N., 2006, Yukarı büyük menderes nehri havzasındaki makrofunguslarda ağır metal içeriklerinin araştırılması, Doktora Tezi, *S.D.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı*, Isparta.
- Dündar, Y., Aslan, R., 2005, Yaşamı kuşatan ağır metal kurşunun etkileri, *Kocaeli Tıp Dergisi*, Vol 6, 1-5.
- Esmeray, E., Karataş M., Kunt F., Ağır metallerin Çevresel Etkileri, *Blacksea International Environmental Symposium*, August 25-29, 2008-Giresun/Turkey, Vol 3, 549-554.
- Göl, C., 2007, Arazi Kullanım Türü İle Toprak Organik Karbon Depolama Arasındaki İlişkileri. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK 2007, 411-419, İTÜ, İstanbul.
- Göl, C., Ünver, İ., Özhan, S., 2004, Çankırı Eldivan Yöresinde Arazi Kullanma Türleri ve Yüzey Toprağı Nemi Arasındaki İlişkiler, *SDÜ Orman Fak. Dergisi*, Seri: A, 2, 17-29.
- Güçdemir, İ.H., 2008, Tarım El Kitabı, *T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayınları*, Ankara, 71.



- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1997, Toprak Kirliliği, Çevre Sağlığı Temek Kaynak Dizisi: 40, *T.C. Sağlık Bakanlığı Yayınları*, ISBN 975-8088-42-4.
- Güneş, M., 2001, Bulanık Doğrusal Sistemler ve Regresyon Modellerine Uygulaması, *A Review of Social, Economic & Business Studies*, 1(1), 176-192.
- Hofmann, T., Christ, A., Pies, C., 2004, Colloid transport modelling in the unsaturated zone, *Geophysical Research Abstracts*, 6, 02684, European Geosciences Union.
- Hong, L., Xin-Gang, Guo-Qiang, H., Bin, J., 2007, Modeling the Migration of Soluble Methanol in Unsaturated Soil Zone, *Pedosphere*, 17(3), 366-372.
- Kacar, B., 2009, Toprak Analizleri, Genişletilmiş 2. Baskı, ISBN: 978-605-395-184-1, *Nobel Yayınevi*, 25-39, 91-98.
- Kaledhonkar, M.J., Tyagi, N.K., Van Der Zee, S.E.A.T.M., 2001, Solute transport modelling in soil for irrigation field experiments with alkali water, *Agricultural Water management*, 51, 153-17.
- Kalender, M., Akosman, C., 2005, Uçucu Organik Bileşiklerin Topraktaki Difüzyon ve Adsorpsiyonunun İncelenmesi, *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Der. ,Science and Eng. J. of Fırat Univ.* 17 (3), 517-524.
- Knudsen, D., Peterson, G.A., Pratt, P.F., 1982, Lithium, Sodium and potassium. P.225-246. Methods of soil analysis. Part 2. *Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monography*, No.9 (2 nd Ed.) ASA-SSSA. Madison-Wisconsin, USA.
- Kocaer, F.O., Başkaya, H.S., 2003, Metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde uygulanan teknolojiler, *Uludağ Üniv. Müh.-Mim. Fak. Dergisi*, 8(1), 121-131.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A., 1978, Development of a DTPA soil test for zinc, Iron, manganese and copper. *Soil Sci, Soci. Ame. Journ.*, 42, 421-428.
- Mamurekli, D., Artan, K., Ergün İ., 2006, Matematiksel modelleme ve benzetim, *Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi*, 1(5), 88-105.
- Merck, 2012, Zinc II Chloride [online], Merck, [http://www.merckmillipore.com/turkey/chemicals/zinc-chloride/MDA\\_CHEM-108816/english/p\\_9Yyb.s1LJtQAAAewC.EfVhTI?WFSimpleSearch\\_NameOrID=zncL2](http://www.merckmillipore.com/turkey/chemicals/zinc-chloride/MDA_CHEM-108816/english/p_9Yyb.s1LJtQAAAewC.EfVhTI?WFSimpleSearch_NameOrID=zncL2), [Ziyaret Tarihi: 3 Haziran 2012].
- Merck, 2012, Lead II Chloride [online], Merck, [http://www.merckmillipore.com/turkey/chemicals/leadii-chloride/MDA\\_CHEM-807383/english/p\\_9Yyb.s1LJtQAAAewC.EfVhTI?WFSimpleSearch\\_NameOrID=pbcl2](http://www.merckmillipore.com/turkey/chemicals/leadii-chloride/MDA_CHEM-807383/english/p_9Yyb.s1LJtQAAAewC.EfVhTI?WFSimpleSearch_NameOrID=pbcl2), [Ziyaret Tarihi: 3 Haziran 2012].
- Merck, 2012, Copper II Chloride [online], Merck, [http://www.merckmillipore.com/turkey/chemicals/copperii-chloride/MDA\\_CHEM-818247/english/p\\_9Yyb.s1LJtQAAAewC.EfVhTI?WFSimpleSearch\\_NameOrID=cucl2](http://www.merckmillipore.com/turkey/chemicals/copperii-chloride/MDA_CHEM-818247/english/p_9Yyb.s1LJtQAAAewC.EfVhTI?WFSimpleSearch_NameOrID=cucl2), [Ziyaret Tarihi: 3 Haziran 2012].

- Merck, 2012, Ni II Chloride [online], Merck, [http://www.merckmillipore.com/turkey/chemicals/nickelii-chloride/MDA\\_CHEM-806722/english/p\\_Lzmb.s1LHyQAAAEWEOEfVhTI?WFSimpleSearch\\_NameOrID=NiCl2](http://www.merckmillipore.com/turkey/chemicals/nickelii-chloride/MDA_CHEM-806722/english/p_Lzmb.s1LHyQAAAEWEOEfVhTI?WFSimpleSearch_NameOrID=NiCl2), [Ziyaret Tarihi: 3 Haziran 2012].
- Mikayilov, F. D, Acar, B., 1998, Toprak ekosistemlerinde kirleticilerin taşınım mekanizmasının incelenmesi ve modellenmesi, *Ekoloji Dergisi*, 7(28), 20-23.
- Mirsal I.A., 2004, Soil pollution: origin, monitoring and remediation, *Springer –Verlag, Heidelberg*, ISBN 3-540-40143-1.
- Mohammad, N.A., Jagath, J.K., 2007, Modeling nitrate contamination of groundwater in agricultural watersheds, *Jornal of Hydrology*, 343, 211– 229.
- Olsen,S.R.,Cole, C.V., Watanable, F.S., Dean, L.A.,1954, Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate .*U.S.Dep.of Agric.Circ.939*, Washington.
- Pansu, M.,Gautheyrou, J., 2005, Handbook of Soil Analysis Mineralogical, Organic and Inorganic Methods, ISBN-13 978-3-540-31210-9, *Springer Berlin Heidelberg*, New York.
- Pehlivan E., Altun T., Parlayıcı Ş., 2012, Modified barley straw as a potential biosorbent for removal of copper ions from aqueous solution, *Food Chemistry*, 135(4), 2229-2234.
- Rajasekarana, G., Mural, K., Nagan, S., Amoudhavally, V., Santhaswaruban, V.,2005, Contaminant transport modeling in marine clays, *Ocean Engineering* 32, 175–194.
- Renduo Z.U., Krzyszowska-Waitkusa, A., Vance, G.F., Qi, J., 2000, Pesticide transport in field soils, *Advances in Environmental Research*, 4,59-68.
- Richards, L.A.,1954, Diagnosis and Improvement Saline and Alkaline Soils *U.S.Dep.Agr. Handbook No. 60.*, Washington, D.C.
- Rişvanoğlu, G.D., Karahan, Ö.,Çokgör, E.U., Loosdrecht, M. C. M. V., Orhon, D., 2005, Deri endüstrisi atıksuları için substrat depolama kavramı ve modelleme uygulamaları, *İtü dergisi/d,mühendislik*, 4(6), 71-81.
- Sandhya R.,Shashi M., 1997, Modeling Heavy Metal (Cadmium) Uptake by Soil-Plant Root System, *J. Irrig. Drain Eng.*, 120(1), 89–96.
- Santos, F.J. and Galceran, M.T., 2002, The application of gas chromatography to environmental analysis, *Trends in Analytical Chemistry*, 21, 672-685.
- Saponaro, S.,Sezena, E., Innocenti, D.F., Mezzanotte, V., Bonomo, L., 2008, A screening model for fate and transport of biodegradable polyesters in soil, *Journal of Environmental Management*, 88(4), 1078–1087.

- Sofuoğlu, A., Cetin, E., Bozacıoğlu, S.S., Sener, G.D. and Odabası, M., 2004, short-term variation in ambient concentrations and gas/particle partitioning of organochlorine pesticides in Izmir, Turkey, *Atmospheric Environment*, 38, 4483–4493.
- Soil, 1993. Soil Survey El Kitabı, USDA Handbook No.18, 63, USA.
- Söderström, M., 1998, Modelling Local Heavy Metal Distribution: A study of chromium in soil and wheat at a ferrochrome smelter in south-western Sweden, *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.*, 48, 2-10.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010, Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik, Resmi gazete 27605 sayılı yayın.
- Tekin, V.N, 2009, SPSS Uygulamalı İstatistik Teknikleri, ISBN: 978-975-02-1102-7, 2.Baskı, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, Türkiye.
- Tetra, 2012, Toprak Analiz Yöntemleri El Kitabı, *Tetra Teknolojik Sistemler Ltd. Şti.*, Ankara.
- Thomas, G.W., 1982, Exchangeable cation.p. 159-165. Chemical and microbiological properties, *Agronomy Monograph* No.9 (2 nd Ed) ASA-SSSA. Madison, Wisconsin. USA.
- Tiruta-Barna, L., Fantozzi-Merle, C., De Brauer, C., Barna, R., 2006, Leaching behaviour of low level organic pollutants contained in cement-based materials: experimental methodology and modelling approach, *Journal of Hazardous Materials*, B138, 331–342.
- Türkoğlu B., 2006, Toprak kirlenmesi ve kirlenmiş toprakların ıslahı, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
- Veli, S., Ayberk, S., Çeliker, B.S., Alyüz, B., 2005, Investigation of soil contaminated by lead, cadmium, mercury and nickel, *Journal of Engineering and Natural Sciences Sigma*, 1, 141-146.
- Walkley, A., 1947, A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soil, *Soil Sci.*, 63, 251-263.
- Wehrhan, A., Kasteel, R., Simunek, J., Groeneweg, J., Vereecken, H., 2007, Transport of sulfadiazine in soil columns-experiments and modelling approaches, *Journal of Contaminant Hydrology*, 89, 107–135.
- Wriedt, G., Rode, M., 2006, Modelling nitrate transport and turnover in a lowland catchment system, *Journal of Hydrology*, 328, 157– 176.
- Yakupoğlu, T., Özdemir, N., Ekberli, İ., 2008, Toprak erozyonu çalışmalarında bulanık mantık uygulamaları , *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 23(2), 121-130.

- Yavuz, Ö., Guzel, R., Aydin, F., Tegin, I., Ziyadanogullari, R., 2007, Removal of Cadmium and Lead from Aqueousv Solution by Calcite, *Polish J. of Environ. Study*, 16(3), 467-471.
- Yıldız, N., 2001, Toprak kirletici bazı ağır metallerin (Zn, Cd, Cu, Cr, Pb, Co ve Ni) belirlenmesinde kullanılan yöntemler, *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (2), 207-213.
- Yomralıoğlu, T., Akça, M.D., 1999, Çevresel Bilgi Sistemleri İçin Model - Altlık Tasarımı :Trabzon - Değirmendere Havzası Örneği, *Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu*, 297-306, KTÜ, Trabzon.
- Yüksel, İ., 2004, MATLAB ile mühendislik sistemlerinin analizi ve çözümü, ISBN: 975-591-656-3, 3. Baskı, *Nobel Yayın ve Dağıtım Ltd. Şti.*, 1-4

## 7. EKLER

### EK-1 Örnek Program Kodları

#### EK-1.1. Giriş Sayfası Örnek Kodları

```
Private Sub cmdCancel_Click()  
    Unload Me  
End Sub  
Private Sub cmdOK_Click()  
  
    If sif.Text = "" Then  
        GoTo sons:  
    Else  
        End If  
    If sif.Text = pwd Then  
        frmSplash.Hide  
        Form2.Show  
    Else  
        sons:  
        Text1.Text = Val(Text1.Text) + 1  
        kez = Val(Text1.Text)  
        If kez = 3 Then  
            End  
        Else  
            hak = 3 - kez  
            sif.Text = ""  
            a = MsgBox("Incorrect Password !!!, " + "You can try " +  
Str$(hak) + " times more...", vbCritical)  
            End If  
  
        End If  
    End Sub  
  
    Private Sub imgLogo_Click()  
    End Sub  
    Private Sub sif_KeyPress(KeyAscii As Integer)  
    If KeyAscii = 13 Then  
        Call cmdOK_Click  
    Else  
        End If  
End Sub
```

**EK-1.2. Arayüz Bölümü Örnek Kodları**

```
Dim rptrs As Recordset
Dim dbcls As New dbclass
Dim ii As Double
Dim iii As Integer
Dim e As Double
Dim r As Double
Public chht As Long
Public chwd As Long
Dim chht1 As Long
Dim chwd1 As Long

Private Sub abt_Click()
frmAbout.Show
End Sub

Private Sub ar_Click()
e = MSChart1.Plot.View3d.Elevation
r = MSChart1.Plot.View3d.Rotation
Timer1.Enabled = True
End Sub

Private Sub cmdborder_Click(Index As Integer)
ayar.Value = False
With MSChart1.Plot.Backdrop
Select Case Index
Case 0
.Frame.Style = VtFrameStyleThickOuter

Case 1
.Frame.Style = VtFrameStyleNull
End Select
End With
End Sub

Private Sub cmdCancel_Click()
End Sub

Private Sub br_Click()
ayar.Value = False
MSChart1.ShowLegend = True
MSChart1.chartType = VtChChartType2dBar
End Sub
```

```

Private Sub bra_Click()
    ayar.Value = False
    MSChart1.ShowLegend = True
    MSChart1.chartType = VtChChartType3dBar
End Sub

Private Sub cmdch_Click(Index As Integer)
    ayar.Value = False
    MSChart1.ShowLegend = True
    Select Case Index

        Case 3
            MSChart1.chartType = VtChChartType2dLine
        Case 4
            MSChart1.chartType = VtChChartType3dLine
        Case 5

    End Select
End Sub

Private Sub cmdeffect_Click(Index As Integer)
    ayar.Value = False
    With MSChart1.Plot
        Select Case Index
            Case 0
                ' Set the style to solid.
                .Wall.Brush.Style = VtBrushStyleHatched
            Case 1

        End Select
        ' Set the color to white.
        .Wall.Brush.FillColor.Set 255, 255, 255
    End With
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    save.Enabled = True
    Text47.Text = "NR"

    If Data1.Recordset.RecordCount = 0 Then
        Text1.Text = 1
        GoTo ek:
    Else
        Data1.Recordset.MoveLast
    End If
End Sub

```

```

Text1.Text = Data1.Recordset.RecordCount + 1
End If
ek:
Data1.Recordset.AddNew

kno.Text = Text1.Text:
End Sub

Private Sub cmdtips_Click()
    Form1.Show
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    sor = MsgBox("Would you like to delete active record ?",
36, "Deletion Confirmation")
    If sor = 6 Then
        Data1.Recordset.Delete
        Data1.Recordset.MovePrevious
    Else
        End If
    End Sub

Private Sub Command3_Click()
    If Text48.Text = "Text1" Then
        GoTo 33:
    Else
        End If
    If Text47.Text <> "ok" Then
        Data1.Recordset.CancelUpdate
        Command1.Enabled = False
    Else
        End If
    Text48.Text = "Text1"
    33:
    End Sub

Private Sub Command5_Click()
    sor = MsgBox("Would you like to edit active record?", 36,
"Confirmation")
    If sor = 6 Then
        Data1.Refresh
        Data1.Recordset.Edit

```



```
Data1.Recordset.Update
Else
End If
End Sub

Private Sub cr_Click()
ayar.Value = False

        MSChart1.Plot.DataSeriesInRow = True
End Sub

Private Sub ext_Click()
sor = MsgBox("Are You Sure ?", vbYesNo + vbCritical,
"Exit")
If sor = 6 Then
Unload Me
Else
End If
End Sub

Private Sub Form_Activate()
If chht1 > 0 Then
MSChart1.Height = chht1
MSChart1.Width = chwd1
End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
MSChart1.chartType = VtChChartType2dLine
gt.Enabled = False
ro.Enabled = False
depth.AddItem "Surface"
depth.AddItem "0-30 cm"
depth.AddItem "30-60 cm"
depth.AddItem "60-90 cm"

Form2.Height = 9460
save.Enabled = False
ws.Checked = False
SSTab1.Tab = 0
SSTab1.Height = 6250
```

```
Dim dbname1 As Connection
Set dbname1 = dbcls.dbname3
Set rptrs = New Recordset
rptrs.Open "select * from graphdb", dbname1,
adOpenStatic, adLockOptimistic

With MSChart1
    Set .DataSource = rptrs
    .ShowLegend = True
End With
End Sub

Public Function RedFromRGB(ByVal rgb As Long) _
    As Integer

    RedFromRGB = &HFF& And rgb
End Function

Public Function GreenFromRGB(ByVal rgb As Long) _
    As Integer

    GreenFromRGB = (&HFF00& And rgb) \ 256
End Function

Public Function BlueFromRGB(ByVal rgb As Long) _
    As Integer

    BlueFromRGB = (&HFF0000 And rgb) \ 65536
End Function

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Clipboard.Clear
End Sub

Private Sub Label112_Click()

End Sub

Private Sub Label191_Click()

End Sub
```

```

Private Sub Label194_Click()

End Sub

Private Sub gpm_Click()
gt.Enabled = True
ro.Enabled = True
SSTab1.Tab = 2
SSTab1.Height = 6250
Form2.Height = 9460
End Sub

Private Sub li_Click()
    ayar.Value = False
    MSChart1.ShowLegend = True
    MSChart1.chartType = VtChChartType2dLine
End Sub

Private Sub lir_Click()
    ayar.Value = False
    MSChart1.ShowLegend = True
    MSChart1.chartType = VtChChartType3dLine
End Sub

Private Sub lm_Click()
gt.Enabled = False
ro.Enabled = False
SSTab1.Tab = 0
SSTab1.Height = 6250
Form2.Height = 9460
End Sub

Private Sub MSChart1_SeriesActivated(Series As _
    Integer, MouseFlags As Integer, Cancel As Integer)
On Error GoTo colerr
    ' The CommonDialog control is named dlgChart.
    Dim red, green, blue As Integer
    With dlgChart ' CommonDialog object
        .CancelError = True
        .ShowColor
        red = RedFromRGB(.Color)
        green = GreenFromRGB(.Color)
        blue = BlueFromRGB(.Color)
    End With
    If MSChart1.chartType <> VtChChartType2dLine Or _
MSChart1.chartType <> VtChChartType3dLine Then
        MSChart1.Plot.SeriesCollection(Series). _

```

```

        DataPoints(-1).Brush.FillColor. _
        Set red, green, blue
    Else
        MSChart1.Plot.SeriesCollection(Series).Pen. _
        VtColor.Set red, green, blue
    End If
    Exit Sub
colerr:
    MsgBox Err.Description
End Sub
Private Sub optdef_Click()
    MSChart1.ToDefaults
    MSChart1.ShowLegend = True
End Sub

Private Sub pie_Click()
    MSChart1.chartType = VtChChartType2dPie
End Sub

Private Sub prw_Click()
On Error GoTo vierror
    chht = MSChart1.Height
    chwd = MSChart1.Width
    chht1 = chht
    chwd1 = chwd
    Clipboard.Clear
    MSChart1.EditCopy
    graph2.Show
    Exit Sub
vierror:
    MsgBox Err.Description
End Sub

Private Sub rc_Click()
    ayar.Value = False
    MSChart1.Plot.DataSeriesInRow = False
End Sub

Private Sub sa_Click()
    On Error GoTo saverr
    Dim strsavefile As String
    With dlgChart
        .Filter = "Pictures (*.bmp)|*.bmp"
    End With
End Sub

```

```
.DefaultExt = "bmp"
.CancelError = True
.ShowSave
strsavefile = .FileName
If strsavefile = "" Then Exit Sub
End With
MSChart1.EditCopy
SavePicture Clipboard.GetData, strsavefile
Exit Sub
saverr:
MsgBox Err.Description
End Sub

Private Sub sld_Click()

Select Case sld.Caption

Case Is = "Solid"

ayar.Value = False
With MSChart1.Plot

.Wall.Brush.Style = VtBrushStyleSolid

End With
sld.Caption = "Hatched"

Case Is = "Hatched"

ayar.Value = False
With MSChart1.Plot

.Wall.Brush.Style = VtBrushStyleHatched

sld.Caption = "Solid"

End With
End Select
End Sub

Private Sub sp_Click()
gt.Enabled = False
ro.Enabled = False
```

```
SSTab1.Tab = 1
SSTab1.Height = 6800
Form2.Height = 10000
End Sub

Private Sub sro_Click()
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
e = MSChart1.Plot.View3d.Elevation
r = MSChart1.Plot.View3d.Rotation
ii = 1
iii = 1
End Sub

Private Sub SSTab1_Click(PreviousTab As Integer)

Select Case SSTab1.Tab
Case Is = 0
gt.Enabled = False
ro.Enabled = False
SSTab1.Height = 6250
Form2.Height = 9460
Case Is = 1
gt.Enabled = False
ro.Enabled = False
SSTab1.Height = 6800
Form2.Height = 10000

Case Is = 2
gt.Enabled = True
ro.Enabled = True
SSTab1.Height = 6250
Form2.Height = 9460
End Select
End Sub
Private Sub step_Click()

MSChart1.chartType = VtChChartType3dStep
End Sub

Private Sub Text94_Change()

End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()  
    MSChart1.Plot.View3d.Set r + ii, e  
    ii = ii + 1  
End Sub  
  
Private Sub tps_Click()  
Form1.Show  
End Sub  
  
Private Sub VScroll1_Change()  
Picture1.Top = 0 - VScroll1.Value * 200  
If VScroll1.Value = 0 Then  
End If  
End Sub  
Private Sub HScroll1_Change()  
Picture1.Left = 0 - HScroll1.Value * 400  
If HScroll1.Value = 0 Then  
    Picture1.Left = 840  
End If  
End Sub  
  
Private Sub Timer2_Timer()  
  
    MSChart1.Plot.View3d.Set r, e + iii  
    iii = iii + 1  
End Sub  
  
Private Sub wb_Click()  
Select Case wb.Checked  
  
    Case Is = False  
  
        ayar.Value = False  
        With MSChart1.Plot.Backdrop  
  
            .Frame.Style = VtFrameStyleThickOuter  
  
        End With  
  
        wb.Checked = True  
Case Is = True
```

```
    ayar.Value = False
    With MSChart1.Plot.Backdrop

        .Frame.Style = VtFrameStyleThickOuterNull
        wb.Checked = False
        End With
    End Select
End Sub

Private Sub ws_Click()

    Select Case ws.Checked

    Case Is = False

        ayar.Value = False
        With MSChart1.Plot.Backdrop

            .Shadow.Style = VtShadowStyleDrop

            ws.Checked = True

        End With

    Case Is = True

        ayar.Value = False
        With MSChart1.Plot.Backdrop

            .Shadow.Style = VtShadowStyleNull
            ws.Checked = False

        End With
    End Select
End Sub
```



**EK-1.3. Database bağlantı bölümü**

```
Dim db As ADODB.Connection
Private Sub Class_Initialize()
    ' IsError = False
    Set db = New ADODB.Connection
    On Error GoTo dbctlerror
    Set strdbname = Nothing

    db.Open "PROVIDER=Microsoft.Jet.OLEDB.3.51;Data Source=" &
App.Path & "\data2.mdb;"

    db.CursorLocation = adUseClient
    Exit Sub
dbctlerror:
    MsgBox Err.Number & Err.Description & " dbclass error !"
    ' IsError = True
End Sub

Private Sub Class_Terminate()
    db.Close
    Set db = Nothing
End Sub

Public Property Get dbname3() As Connection
    Set dbname3 = db
End Property
```

**EK-1.4. Yazdırma Bölümü Örnek Kodları**

```

Dim temprs As Recordset
Dim dbcls As New dbclass
Dim px As Long
Dim py As Long
Dim mos As Boolean
Dim h As Long
Dim w As Long
Dim l1 As Long
Dim t1 As Long
Dim perc As Double
Dim orientint As Long
Dim prqltint As Long
Dim nocopyint As Integer
Dim hsc2 As Long
Private Sub chtscroll_Change(Index As Integer)
Dim dd As Printer
    Select Case Index
        Case 0
            Form2.MSChart1.Height = ((h * (chtscroll(Index).Value
/ 100)) / 0.25)
            Form2.chht = (Form2.MSChart1.Height / (HScroll2.Value
/ 100))
        Case 1
            Form2.MSChart1.Width = ((w * (chtscroll(Index).Value
/ 100)) / 0.25)
            Form2.chwd = (Form2.MSChart1.Width / (HScroll2.Value
/ 100))
        End Select
        Clipboard.Clear
        Form2.MSChart1.EditCopy
        graph2.Picture2.Picture = Clipboard.GetData(vbCFDIB)
    End Sub

Private Sub cmdcancel_Click()
    Clipboard.Clear
    Unload Me
End Sub

Private Sub cmdPrint_Click()
    Dim schval As Long
    Dim obj As Printer
    schval = HScroll2.Value

```

```

HScroll12.Value = HScroll12.Max
hh = Picture2.Top
tt = Picture2.Left
printchart
End Sub
Private Sub printchart()
    Dim obj As Object
    Set obj = Printer 'Picture1
    obj.PaperSize = vbPRPSA4
    obj.Orientation = orientint
    obj.PrintQuality = prqltint
    For i = 1 To nocopyint
        obj.PaintPicture                Clipboard.GetData(vbCFDIB),
Picture2.Left, Picture2.Top
        obj.NewPage
    Next
    obj.EndDoc
    MsgBox "bbb"
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Dim dbname1 As Connection
    Set dbname1 = dbcls.dbname3
    graph2.Picture2.Picture = Clipboard.GetData(vbCFDIB)

    h = Picture2.Height
    w = Picture2.Width
    Picture1.Left = 0
    Picture1.Top = 0

    HScroll12.Value = 25
    perc = 0.25
    HScroll12_Change
End Sub

Private Sub HScroll12_Change()

    Label1.Caption = HScroll12.Value & "%"
    If perc = 0 Then Exit Sub

    If or1(0).Checked = True Then
        Picture1.Width = 12000 * (HScroll12.Value / 100)
        Picture1.Height = 17000 * (HScroll12.Value / 100)
    Else

```

```

        Picture1.Width = 17000 * (HScroll12.Value / 100)
        Picture1.Height = 12000 * (HScroll12.Value / 100)
    End If
    Form2.MSChart1.Width = Form2.chwd * (HScroll12.Value /
100)
    Form2.MSChart1.Height = Form2.chht * (HScroll12.Value /
100)
    h = Form2.MSChart1.Height
    w = Form2.MSChart1.Width
    Clipboard.Clear
    Form2.MSChart1.EditCopy
    graph2.Picture2.Picture = Clipboard.GetData(vbCFDIB)
    Picture2.Left = ((l1 * (HScroll12.Value / 100)) / perc)
    Picture2.Top = (t1 * (HScroll12.Value / 100)) / perc
End Sub
Private Sub noc1_Click(Index As Integer)
    nocopyint = Index + 1
    For i = 0 To Me.noc1.Count - 1
        Me.noc1(i).Checked = False
    Next
    noc1(Index).Checked = True
End Sub

Private Sub or1_Click(Index As Integer)
    Dim wx As Long
    Dim hy As Long
    wx = Picture1.Width
    wy = Picture1.Height
    Select Case Index
    Case 0
        orientint = 2
        Picture1.Width = wy
        Picture1.Height = wx
        If or1(Index).Checked = True Then
            or1(Index).Checked = False
        Else
            or1(Index).Checked = True
        End If
    End Select
End Sub
Private Sub Picture2_MouseDown(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    mos = True

```

```

    px = X
    py = Y
End Sub

```

```

Private Sub Picture2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    If mos = True Then
        Picture2.Left = Picture2.Left + X - px
        Picture2.Top = Picture2.Top + Y - py
    End If
End Sub

```

```

Private Sub pq1_Click(Index As Integer)
    Dim mn As Menu
    For i = 0 To Me.pq1.Count - 1
        Me.pq1(i).Checked = False
    Next
    Me.pq1(Index).Checked = True
    Select Case Index
    Case 0
        prqltint = -2
    Case 1
        prqltint = -3
    Case 2
        prqltint = -4
    End Select
End Sub

```

```

Private Sub VScroll1_Change()
    Picture1.Top = 0 - VScroll1.Value * 900
End Sub
Private Sub HScroll1_Change()
    Picture1.Left = 0 - HScroll1.Value * 400
End Sub

```

```

Private Sub Picture2_MouseUp(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    mos = False
    Picture2.Left = Picture2.Left + X - px
    Picture2.Top = Picture2.Top + Y - py
    l1 = Picture2.Left
    t1 = Picture2.Top
    perc = HScroll2.Value / 100
End Sub

```

**EK-2 Yararlanılan Standartlar****(Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair****Yönetmelik -Ek-1: Jenerik Kirletici Sınır Değerler Listesi-İnorganikler)**

JENERİK KİRLETİCİ SINIR DEĞERLERİ LİSTESİ <sup>a</sup>						
Kirletici	CAS No	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim (mg/kg fırın kuru toprak)	Uçucu maddelerin dış ortamda solunması (mg/kg fırın kuru toprak)	Kaçak tozların dış ortamda solunması (mg/kg fırın kuru toprak)	Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi <sup>1</sup> (mg/kg fırın kuru toprak)	
					SF = 10	SF = 1
<b>İNORGANİKLER</b>						
Antimon	7440-36-0	31 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	2 <sup>i</sup>	0,2 <sup>i</sup>
Arsenik	7440-38-2	0,4 <sup>e</sup>	-	471 <sup>e</sup>	3 <sup>i</sup>	0,3 <sup>i</sup>
Bakır	7440-50-8	3129 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	514 <sup>b,g</sup>	51 <sup>b,g</sup>
Baryum	7440-39-3	15643 <sup>b,c</sup>	-	433702 <sup>b</sup>	288 <sup>h</sup>	29 <sup>h</sup>
Berilyum	7440-41-7	0,1 <sup>c,e</sup>	-	843 <sup>e</sup>	0,1 <sup>e,g</sup>	0,01 <sup>e,g</sup>
Civa	7439-97-6	23 <sup>b,c</sup>	3 <sup>d</sup>	-	3 <sup>d</sup>	0,6 <sup>b,g</sup>
Çinko	7440-66-6	23464 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	6811 <sup>b,g</sup>	681 <sup>b,g</sup>
Gümüş	7440-22-4	391 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	16 <sup>b,g</sup>	2 <sup>b,g</sup>
Kadmiyum	7440-43-9	70 <sup>b,m</sup>	-	1124 <sup>e</sup>	27 <sup>b,g</sup>	3 <sup>b,g</sup>
Kalay	7440-31-5	46929 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	54794 <sup>b,g</sup>	5479 <sup>b,g</sup>
Kobalt	7440-48-4	23 <sup>b,c</sup>	-	225 <sup>e</sup>	5 <sup>b,g</sup>	0,5 <sup>b,g</sup>
Krom (III)	16065-83-1	117321 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	- <sup>j</sup>	- <sup>j</sup>
Krom (VI)	18540-29-9	235 <sup>b,c</sup>	-	24 <sup>e</sup>	10 <sup>i</sup>	1 <sup>i</sup>
Krom (toplam) <sup>5</sup>	7440-47-3	235 <sup>b,c</sup>	-	24 <sup>e</sup>	900000 <sup>i</sup>	1 <sup>i</sup>
Kurşun	7439-92-1	400 <sup>n</sup>	-	- <sup>f</sup>	135 <sup>b,g</sup>	14 <sup>b,g</sup>
Molibden	7439-98-7	391 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	14 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>
Nikel	7440-02-0	1564 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	13 <sup>i</sup>	1 <sup>i</sup>
Selenyum	7782-49-2	391 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	0,5 <sup>i</sup>	0,05 <sup>i</sup>
Talyum	7440-28-0	5 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	2 <sup>b,g</sup>	0,2 <sup>b,g</sup>
Titanyum	7440-32-6	312857 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	- <sup>j</sup>	146029 <sup>b,g</sup>
Vanadyum	7440-62-2	548 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	2556 <sup>b,g</sup>	256 <sup>b,g</sup>
Siyanür	57-12-5	1564 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	5 <sup>i</sup>	0,5 <sup>i</sup>
Tiyosiyanat	463-56-9	16 <sup>b,c</sup>	-	- <sup>f</sup>	0,02 <sup>b,g</sup>	0,002 <sup>b,g</sup>

<sup>1</sup> Akifere olan mesafenin 3m'den az olması, akiferin çatlaklı veya karstik olması ya da kirlilik kaynağı alanının 10 hektar veya daha büyük olması koşullarından herhangi birinin geçerli olması halinde seyrelme faktörü SF "1" ; diğer durumlarda SF "10" olarak kabul edilmelidir.

<sup>2</sup> Aroklor 1016 dışında kalan tüm karışımlar için dikkate alınmalıdır.

<sup>3</sup> Sadece Aroklor 1016 karışımları için dikkate alınmalıdır.

<sup>4</sup> EC: Eşdeğer karbon sayısı. Detaylı bilgi için bakınız ABD EPA, 2002. (Provisional Peer Reviewed Toxicity Values for Total Petroleum Hydrocarbons. Superfund Health Risk Technical Support Center National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Cincinnati, OH 45268).

<sup>5</sup> Krom (VI) için hesaplanan sınır değerler kullanılmıştır.

<sup>a</sup> Jenerik Kirletici Sınır Değerlerinin hesaplanmasında insan sağlığı üzerine riskler dikkate alınmıştır.

<sup>b</sup> Bu değer hesaplanmasında tehlike endeksi "1" olarak kabul edilmiştir.

<sup>c</sup> Bu kirletici için deri emilim faktörü bulunmadığından sadece toprağın yutulması maruziyet yolu dikkate alınmıştır.

<sup>d</sup> Toprak doygunluk konsantrasyonu ( $C_{sat}$ ).

<sup>e</sup> Bu değer hesaplanmasında kanser riski "10<sup>-6</sup>" olarak kabul edilmiştir.

<sup>f</sup> Bu maruziyet yolu için toksikolojik değer bulunmamaktadır.

- <sup>g</sup> Bu değerin hesaplanmasında *HBL* değeri kullanılmıştır.
- <sup>h</sup> Bu değerin hesaplanmasında Dünya Sağlık rgtnn belirlediği içme suyu standardı kullanılmıştır.
- <sup>i</sup> Bu değerin hesaplanmasında TS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular standardında içme ve kullanma suları için verilmiş olan sınır değer kullanılmıştır.
- <sup>j</sup> Bu kirletickiye ait  $D_i$ , ve  $D_w$  değerleri bulunmadığı için bu maruziyet yolu için sınır değer hesaplanamamıştır.
- <sup>k</sup> Topraktaki kirleticci konsantrasyonu ne olursa olsun, kimyasala özgü özellikler nedeniyle, bu maruziyet yolunun dikkate alınmasına gerek bulunmamaktadır.
- <sup>l</sup> Bu sınır değer vinil klorür'e ömür boyunca sürekli olarak maruz kalındığı varsayılarak hesaplanmıştır.
- <sup>m</sup> Bu sınır değer vinil klorür'e yetişkinlik döneminde sürekli olarak maruz kalındığı varsayılarak hesaplanmıştır.
- <sup>n</sup> Bu sınır değerin hesaplanmasında Kadmiyum'un besin yoluyla vcudaya alınması için belirlenen  $RfD_o$  değeri kullanılmıştır.
- <sup>o</sup> Bu değer ABD EPA, 1994'den alınmıştır (ABD EPA, 1994. Revised Interim Soil Lead Guidance for CERCLA Sites and RCRA Corrective Action Facilities, EPA/540/F-94/043, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, D.C. Directive 9355.4-12.).
- <sup>p</sup> Bu değer civa klorür (CAS No. 7847-94-7) için belirlenen  $RfD_o$  değeri kullanılarak hesaplanmıştır.
- <sup>q</sup> Bu değer talyum sülfat (CAS No. 7446-18-6) için belirlenen  $RfD_o$  değeri kullanılarak hesaplanmıştır.

## 8.ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : ERTUĞRUL ESMERAY  
**Uyruğu** : TC  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : ANKARA 14.07.1977  
**Telefon** : 0332-2232080  
**Faks** : 0332-2410635  
**E-mail** : eesmeray@selcuk.edu.tr

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ö.Yüce Fen Lisesi, Çankaya,ANKARA	1994
Üniversite	: Selçuk Üniv. Müh.Mim.Fak. , Selçuklu,KONYA	2002
Yüksek Lisans:	Selçuk Üniv. Müh.Mim.Fak. , Selçuklu,KONYA	2005
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2002-	Selçuk Üniv. Müh.Mim.Fak.	Arş.Gör.

**UZMANLIK ALANI:** Toprak Kirliliği, Modelleme

**YABANCI DİLLER:** İngilizce

### YAYINLAR

#### Uluslararası Bildiriler ve Makaleler

1. **Esmeray, E.**, Ozdemir C., Dursun S. ,2005, Computer Modelling Programme For Air Pollution Problems And Their Solutions, *13th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region*, Thessaloniki-Greece
2. **Esmeray, E.**, Ozdemir C., Dursun S. ,2006, Air Pollution Computer Model Program Development, *J.Int. Environmental Application and Science*, 1, 1-2, 73 - 79
3. Gür, K., **Esmeray, E.**, Uyanöz, R., Zengin, M., Şeker, C. ,2006, Green Remediation Of Heavy Metal Contaminated Soil: Progress, Problems And Suggestionsgreen Remediation Of Heavy Metal Contaminated Soil: Progress, Problems And Suggestions, *18th International Soil Meeting (ISM) on `Soils Sustaining Life on Earth (Managing Soil and Technology)*, 1, 1, 177 - 183, Sanliurfa, Turkey



4. Küçükhemek, M.,Gür, K., Uyanöz, R. and **Esmeray, E.**, 2006 "Effect of The Başarakavak (Konya) Municipal Sewage Sludge on The Heavy Metal Contents in A Clay Soil: A Case Study,*18th International Soil Meeting (ISM) on `Soils Sustaining Life on Earth (Managing Soil and Technology)*, 1, 1, 135 - 141, Sanliurfa, Turkey
5. **Esmeray, E.**, Aydin, M.E., 2006, An Investigation Natural Radioactivitiy From Mining Industry, *Vith International Scientific Conference, Modern Management of Mine Producing Ecology and Environmental Protection SGEM-2006*, Albena-Bulgaristan (Poster Sunum)
6. **Esmeray, E.**, Aydin M. E. , 2007, Comparison Of Natural Radioactivity Removal Methods For Drinking Water Supplies, *VII-th International Scientific Conference. Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection SGEM-2007* , Albena-Bulgaristan
7. **Esmeray, E.**, Aydin,M.E.,2008,Comparison Of Natural Radioactivitiy Removal Methods For Drinking Water Supplies: A Review, *J.Int. Enivronmental Application and Science*, 3(3), 142-146
8. **Esmeray, E.**, Karatas,M., Kunt,F.,2008, Ağır metallerin çevresel etkisi, *Blacksea International Environmental Symposium BIES'08*, 3, 549-554, Giresun-Türkiye 25-29 Ağustos
9. **Esmeray, E.**, Aydin, M.E., 2008, Pestisitlerin Çevresel Etkileri, *Blacksea International Environmental Symposium BIES'08*, Giresun-Türkiye, 25-29 Ağustos
10. **Esmeray, E.**, Aydin, M.E., 2008, Toprak kirleticilerinin taşınımına toprak özelliklerinin etkilerinin incelenmesi, *Blacksea International Environmental Symposium BIES'08*, Giresun-Türkiye, 25-29 Ağustos
11. **Esmeray, E.**, Aydin, M.E., 2008, An investigatin about some polutant transportation in soil, *Blacksea International Environmental Symposium BIES'08*, Giresun-Türkiye, , 25-29 Ağustos
12. **Esmeray, E.**, Aydin, M.E., 2008, Fuzzy-logic çevre mühendisliği uygulamaları, *Blacksea International Environmental Symposium BIES'08*, Giresun-Türkiye, 25-29 Ağustos
13. **Esmeray, E.**, 2009, Effects of Global Warming on Lake Meke, Intetnational Conference on Lakes and Nutrient Loads, *Albalakes'09*, Pogradec-Albania, April 24-26

14. Argun M.E., Karataş M., Doğan S., Dursun Ş., **Esmeray, E.**, 2009, The Factors Affected on the Engineering Ability: A Survey on Environmental Engineering Students, *International Symposium on Engineering and Architectural Sciences of Balkan, Caucasus and Turkish Republics*, Süleyman Demirel University, Isparta, Turkey, 175-185, October 22-24
15. **Esmeray, E.**, Aydin M. E., 2010, Perchlorate ( $\text{ClO}_4^-$ ) Sources in Drinking Water and Treatment Methods, *International Sustainable Water and Wastewater Management Symposium*, Konya-Turkey, 1, 361-369, October 26-28
16. **Esmeray, E.**, Aydin M. E. , 2011, Transportation Modelling Investigation of Some Soil Pollution Parameters in Soil, *International Conference on Ecosystems (ICE)*, Tirana, Albania, 261-265, June 4-6
17. **Esmeray, E.**, Aydin M. E. , 2011, An investigation on natural radioactivity from mining industry, *African Journal of Biotechnology*, ISSN 1684-5315, Vol. 10 (20), 4313-4317