

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HARRAN OVASI TOPRAKLARININ VE MAKARNALIK BUĞDAYLARININ
KADMIYUM İÇERİKLERİ**

Asuman BÜYÜKKILIÇ

TOPRAK ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2009**

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HARRAN OVASI TOPRAKLARININ VE MAKARNALIK
BUĞDAYLARININ KADMIYUM İÇERİKLERİ**

Asuman BÜYÜKKILIÇ

TOPRAK ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2009**

Prof. Dr. Ahmet Ruhi MERMUT danışmanlığında, Asuman BÜYÜKKILIÇ'ın hazırladığı “Harran Ovası Topraklarının ve Makarnalık Buğdaylarının Kadmiyum İçerikleri” konulu bu çalışma 10/02/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Ruhi MERMUT

Üye : Doç. Dr. Sinan UYANIK

Üye : Doç. Dr. Salih AYDEMİR

Bu Tezin Toprak Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim BOLAT
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Kadmiyumun Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	4
2.2. Kadmiyumun İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine etkileri.....	6
2.2.1. Çevre Kirliliğinde Kadmiyumun Etkileri.....	6
2.2.2. İnsan Sağlığında Kadmiyumun Etkileri.....	6
2.3. Toprak'ta Kadmiyum.....	7
2.3.1. Kaynakları.....	7
2.3.1.1. Doğal Kaynakları.....	7
2.3.1.2. Antropojenik Kaynakları.....	8
2.3.2. Hareketliliği.....	10
2.3.2.1 Toprakta Kadmiyumun Hareketini Sağlayan Etmenler.....	10
2.3.3. Sorpsiyonu.....	12
2.3.4. Birikimi.....	13
2.3.5. Toksisitesi.....	14
2.4. Buğday'da Kadmiyum.....	16
2.4.1. Alımı ve Birikim.....	16
2.4.2. Bitkilerin Kadmiyum Alımını Etkileyen Etmenler.....	17
2.4.3. Kadmiyumun Kaliteye Etkisi.....	18
2.5. Önleyici Tedbir ve Yönetmelikler.....	18
2.5.1. Önleyici Tedbirler.....	19
2.5.2. Bitki Genetiği.....	20
2.5.3. Önleyici Yönetmelikler.....	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	25
3.1. Materyal.....	25
3.1.1. Araştırma alanının coğrafik konumu.....	25
3.1.2. Araştırma alanının topografik ve jeolojik özellikleri.....	25
3.1.3. Çalışma alanının toprak özellikleri.....	26
3.1.4. Araştırma alanının iklim özellikleri.....	26
3.1.5. Araştırma alanının toprak ve buğday örneklerinin alındığı seriler.....	27
3.2. Yöntem.....	32
3.2.1. Genel toprak analizleri.....	33
3.2.1.1. Toprak pH'sı.....	33
3.2.1.2. Kireç içeriği.....	33
3.2.1.3. Toplam tuz.....	33
3.2.1.4. Katyon değişirme kapasitesi(KDK).....	33
3.2.1.5. Değişebilir katyonlar(DK).....	34
3.2.1.6. Organik madde.....	34
3.2.1.7. Tekstür.....	34
3.2.1.8. Renk.....	34

3.2.2. Kadmiyum analizleri.....	34
3.2.2.1. Toprakta kadmiyum belirlenmesi.....	34
3.2.2.1. Bitkide kadmiyum belirlenmesi.....	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	36
4.1. Toprakların genel özellikleri.....	36
4.1.1. pH.....	36
4.1.2. Kireç.....	37
4.1.3. Organik madde.....	38
4.1.4. Tekstür.....	38
4.1.5. Katyon değişme kapasitesi.....	39
4.1.6. Tuzluluk.....	41
4.1.7. Renk ve toplam demir.....	42
4.2. Toprak ve buğdaylarda kadmiyum.....	44
4.2.1. Toprak profillerinde kadmiyum dağılımı.....	44
4.2.1.1. Cd-pH ilişkisi.....	45
4.2.1.2. Cd-kireç ilişkisi.....	47
4.2.1.3. Cd-organik madde ilişkisi.....	49
4.2.1.4. Cd-tekstür ilişkisi.....	50
4.2.1.5. Cd-KDK ilişkisi.....	52
4.2.1.6. Cd-tuzluluk ilişkisi.....	54
4.2.1.7. Cd-Zn ilişkisi.....	55
4.2.1.8. Cd-Fe ilişkisi.....	57
4.2.2. Üst topraklarda kadmiyum.....	59
4.2.3. Buğdayların kök gövde ve tanelerinde kadmiyum.....	60
4.2.4. Cd-ticari gübre ilişkisi.....	62
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	64
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	79
EKLER.....	80
ÖZET.....	126
SUMMARY.....	128

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

HARRAN OVASI TOPRAKLARININ VE MAKARNALIK BUĞDAYLARININ KADMİYUM İÇERİKLERİ

Asuman BÜYÜKKILIÇ

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Ruhi MERMUT
Yıl: 2008, Sayfa: 124

Buğdayın ülkemiz tarımında ekonomik olarak çok önemli bir yeri vardır ve kalitelerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Başta Harran ovası olmak üzere, Güney Doğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilen makarnalık buğdayların (*Triticum turgidum durum Desf*) ve ekmeklik buğdayların (*Triticum Aestivum .L*) kadmiyum içerikleri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı Harran ovası topraklarında ve üzerinde yetiştirilen makarnalık ve ekmeklik buğdaylarda Cd konsantrasyonlarını saptamak bu element bakımından kalitelerini belirlemektir. Bu araştırmada Harran Ovası'nda farklı toprak serilerine ait 16 profilin, genetik horizonlarından alınan toprak örnekleri ve bu topraklar üzerinde yetişen makarnalık ve ekmeklik buğdayların bitki, kök, ve tane örnekleri kullanılmıştır. Bitkilerde Cd içeriklerinin nedenlerini anlamak için toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Üzerinde çalışılan topraklarda son yıllarda artan oranlarda sulamalarla birlikte geniş ölçüde fosforlu gübrelerin kullanıldığı bilinmektedir. Ova toprakları Cd kirliliği açısından, dünya standartları ile karşılaştırıldığında, eşik değerlerinin altında bulunmuştur. Bazı profillerin yüzey topraklarındaki artışların kullanılan fosforlu gübrelerdeki Cd'dan ileri geldiği sanılmaktadır. Topraklarda kireç miktarı arttıkça Cd içeriklerinde genel de bir azalma olduğu görülmüştür. Ayrıca karbonatların Cd adsorpsiyonu bitkilerce Cd'un alınmasını azaltmaktadır. Bazı profillerde Fe- oksihidroksitler ile Cd arasındaki korelasyon katsayılarının yüksek olması bu grup-minerallerin muhtemelen Cd'u adsorbe etmesinden ileri gelmektedir. Üzerinde çalışılan toprakların kireç içeriklerinin yüksek olması, elektrolitler bakımından düşük ve oldukça yüksek Fe-oksihidroksitlere sahip olmaları nedenleriyle buğdayların Cd alımının da düşük olacağı kanısına varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Cd, Makarnalık Buğday, Fosforlu Gübre, Harran Ovası

ABSTRACT

MSc Thesis

CADMIUM CONTENTS OF SOILS AND DURUM WHEATS İN HARRAN PLAIN

Asuman BÜYÜKKILIÇ

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet Ruhi MERMUT

Year: 2008, Page: 124

Information about the cadmium contents of durum and bread wheats, specifically in Southeast Turkey is very limited. Wheat is an economically very important crop and determination of their quality, specifically from the standpoint of Cd contents, is a prime requirement. The objective of this study was to determine Cd contents of drum wheat (*Triticum turgidum durum Desf*) and bread wheat (*Triticum aestivum L.*) and evaluate their quality from the standpoint of this element. Samples from the genetic horizons of selected 16 soil profiles and root, straw, and grain were used in this study. Physical and chemical characteristics of the soils were determined to understand the distribution of Cd in plants. With the increase in irrigation water there has been an increase in phosphorus fertilizers application, in recent years. Considering the international standards, Cd contents in the soils are below the threshold levels. Increase in some profiles is attributed to the uncontrolled use of phosphorus fertilizers. Cadmium contents decrease with the increase in carbonates. As carbonates adsorb Cd, it therefore, prevents the uptake of Cd by plants. Positive correlations between Fe-oxyhydroxides and Cd contents in some profiles suggest that these minerals also prevent the Cd availability. Despite the heavy use of phosphate fertilizers, we conclude that high amounts of carbonates, the presence of Fe-oxyhydroxides, and absence of electrolytes are the reasons of low Cd contents in the plants selected for the study.

KEYWORDS: Cd, Durum Wheat, Phosphorus Fertilizers, Harran Plain

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince desteğini esirgemeyen danışmanım ve manevi babam Prof. Dr. Ahmet Ruhi MERMUT'a, İspanya'da imkanlarını sonuna kadar kullanan çok sevgili hocam Prof. Dr. Angel FAZ CANO'ya, öğrencisi Dr. Dora Maria CARMONA GARCES'e ve İspanyadaki tüm çalışma arkadaşlarıma, destek ve yardımlarından dolayı jüri üyeleri Doç. Dr. Sinan UYANIK'a, Doç. Dr. Salih AYDEMİR'e, Prof. Dr. Ali SEYREK'e, Doç. Dr. İrfan YEŞİLNACAR'a ve ayrıca dekanımız Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU'ya çok teşekkür ederim.

Tez süresince maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen, beni her zaman destekleyen tüm AİLEM'e, özellikle çok sevgili annem Nermin GELENER'e, saygıdeğer dedem Ş.Sinan BÜYÜKKILIÇ'a, sevgili dayılarım Fahri ve Salih BÜYÜKKILIÇ'a ve yakın zamanda kaybettiğim anneannem Emine BÜYÜKKILIÇ'a sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında desteklerini ve yardımlarını yanımda hissettiğim nişanlım İbrahim Halil YANARDAĞ'a, arkadaşlarım Tuba ÇINAR, Hicran GİDİCİ, Fulya, E.Dilruba ve M.Şebnem AKSOY, Erdal SAKİN, Murat ÇAKMAKLI, Hasan TUNÇ'a ve Toprak Bölümü sekreterimiz Suphi ERİŞ'e teşekkür ederim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Şanlıurfa’da tüketilen fosforlu gübreler.....	3
Çizelge 2.1. Litvanya da farklı tekstürlü toprakların ağır metal içerikleri.....	13
Çizelge 2.2. Topraktaki ağır metal sınır değerleri.....	23
Çizelge 2.3. Toprakta kullanılabilir arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları.....	23
Çizelge 2.4. Toprakta on yıllık dönem esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü.....	24
Çizelge 3.1. Kodlamalar, çeşitler ve yerleri.....	33
Çizelge 4.1. pH-Cd korelasyon katsayıları.....	48
Çizelge 4.2. CaCO ₃ - Cd arasındaki korelasyonlar.....	49
Çizelge 4.3. Organik madde-Cd korelasyon katsayıları.....	51
Çizelge 4.4. Kil-Cd korelasyon katsayıları.....	53
Çizelge 4.5. KDK-Cd korelasyon katsayıları.....	55
Çizelge 4.6. Tuzluluk-Cd korelasyon katsayıları.....	56
Çizelge 4.7. Zn-Cd korelasyon katsayıları.....	58
Çizelge 4.8. Fe-Cd korelasyon katsayıları.....	59
Çizelge 4.9. Üst toprak özellikleri-Cd korelasyonu.....	62
Çizelge 4.10. Buğdaylar-üst topraktaki Cd korelasyonu.....	63
Çizelge 4.11. Gübrelerin Cd içeriği.....	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Ağır metallerin toprağa girişi.....	2
Şekil 2.1. Kadmiyum metalinin görünüşü.....	4
Şekil 2.2. Kadmiyum metal çubukları.....	5
Şekil 3.1. Araştırma alanının Türkiye içinde bulunduğu yer haritası.....	28
Şekil 3.2. Harran ovasının toprak serileri haritası.....	29
Şekil 3.3. Harran ovasında bulunan köylerin dağılımları.....	30
Şekil 3.4. Harran ovasında toprak örnekleri alınan profillerin tranzekler üzerinde gösterimi.....	31
Şekil 3.5. Harran ovasının 3 boyutlu görüntüsü.....	32
Şekil 4.1. pH-derinlik ilişkileri.....	37
Şekil 4.2. CaCO ₃ - derinlik ilişkileri.....	38
Şekil 4.3. Organik madde-derinlik ilişkileri.....	39
Şekil 4.4. Kil-derinlik ilişkileri.....	40
Şekil 4.5. KDK-derinlik ilişkileri.....	41
Şekil 4.6. EC-derinlik ilişkileri.....	42
Şekil 4.7. P1-P2-P3-P4-P5-P6 profillerinin görünümü.....	43
Şekil 4.8. P7-P8-P9-P10-P11 profillerinin görünümü.....	43
Şekil 4.9. P12-P12-P13-P14-P15-P16 profillerin görünümü.....	44
Şekil 4.10. Cd-derinlik ilişkileri.....	45
Şekil 4.11. pH-Cd ilişkileri.....	47
Şekil 4.12. CaCO ₃ -Cd ilişkileri.....	49
Şekil 4.13. Organik Madde-Cd ilişkileri.....	50
Şekil 4.14. Kil-Cd ilişkileri.....	52
Şekil 4.15. KDK-Cd ilişkileri.....	54
Şekil 4.16. EC-Cd ilişkileri.....	55
Şekil 4.17. Zn-Cd ilişkileri.....	57
Şekil 4.18. Fe-Cd ilişkileri.....	58
Şekil 4.19. Harran ovası topraklarının üst horizonlarının Cd içerikleri.....	59
Şekil 4.20. Makarnalık buğdaylarda Cd konsantrasyonları.....	61
Şekil 4.21. Ekmeklik buğdaylarda Cd konsantrasyonları.....	61
Şekil 4.22. Gübrelerin Cd konsantrasyonları.....	63

SİMGELER DİZİNİ

dS m ⁻¹	Desisimens /Metre
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
pH	Hidrojen İyon Konsantrasyonu
EC	Elektriksel İletkenlik
DK	Değişebilir Katyonlar
g kg ⁻¹	Gram/Kilogram
Kısaltmalar	
Cd	Kadmiyum
KAN	Kalsiyum amonyum nitrat
MAC	Litvanya topraklarında maksimum izin verilebilir konsantrasyonları
Zn	Çinko
Cl	Klor
Ni	Nikel
OM	Organik madde
P	Profil
Ekm	Ekmeklik Buğday
Mak	Makarnalık Buğday
UTM	Universal Transverse Mercator
Fe _T	Toplam Demir

1. GİRİŞ

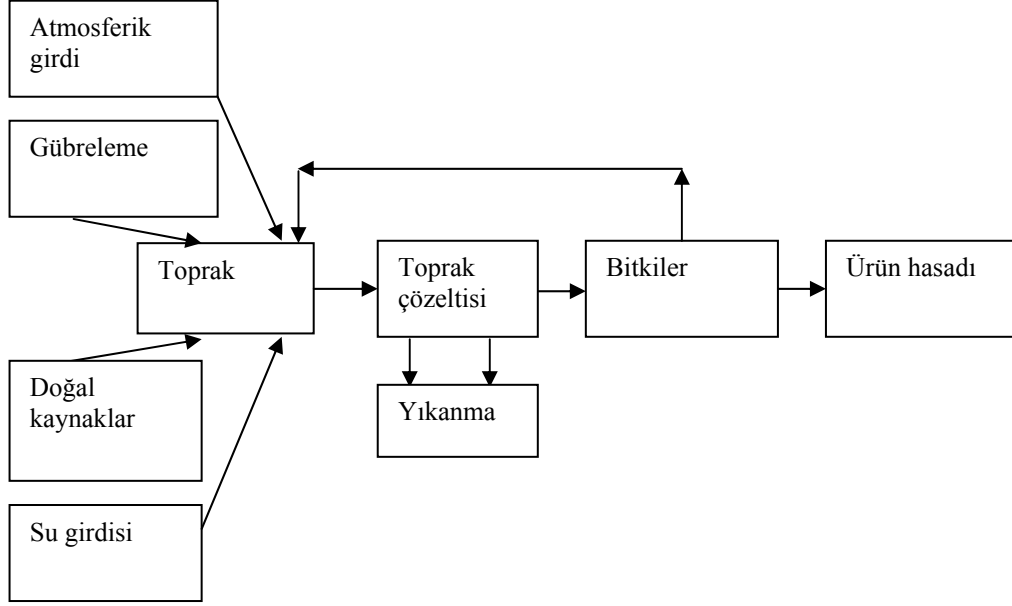
Son yüzyıldaki gelişmelerle birlikte, ihtiyaçların özellikle de artan nüfusla birlikte, besin gereksinimlerinin karşılanabilmesi için tarım topraklarının kalitelerine çok yoğun bir ilgi gösterilmektedir. Her geçen gün artan ölçüde toprağa verilen agro-kimyasal maddelerin aşırı ya da düzensiz kullanılmaları nedeniyle topraklar giderek artan bir ölçüde kirlenmektedir. Özellikle ağır metal içeriğinin yüksek olduğu ticari gübrelerin kullanılmaları tarım toprakları için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Crocker, 1989).

Toprakların ağır metallere kirlenmesi yapay (insanlarla) ve doğal (jeolojik) olarak ikiye ayrılabilir. Ağır metaller kolloidlere sıkı bir şekilde bağlandıkları için toprakta uzun bir süre kalabilmekte ve ekosistemleri büyük ölçüde etkilemektedirler. Bugün tarımda kullanılan organik ve inorganik karakterli gübrelere bir çoğunda Fe, Cu, Zn, Pb, Cd vs. gibi ağır metaller bulunmaktadır ve bu nedenle de uygulama miktarlarına ve bileşimlerine dikkat edilmelidir (Mermut ve ark., 1996). Bitki, hayvan ve insan bünyesinde fazla miktarda Cd birikiminin ciddi sorunlara yol açtığı bilinmektedir. Brady (1990)'e göre ağır metallerin toprağa girme biçimleri Şekil 1.1' de verilmiştir.

Günümüzden 40 yıl kadar önce Japonya'da Cd'un neden olduğu İtai-itai hastalığı çok sayıda insanın ölümüne sebep olmuştur (Kobayashi, 1978). Bu olaydan sonra, dünya kamuoyunun dikkatleri bu element üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu konu ile ilgili yapılan araştırmalarda, Cd'un insanlarda fazlaca biriktiğinde akciğer, karaciğer, böbrek rahatsızlığı gibi çok ciddi sağlık sorunlarına yol açtığı bulunmuştur (Underwood, 1979; Adriano, 1986; Tiler, 1989; Fergusson, 1990).

Kadmiyum, besin zinciri yoluyla insanlar tarafından alınması nedeniyle, birçok ülke tüketilebilir bitkilerde maksimum tolere edilebilir Cd sınırını belirlemiştir. Tarım topraklarında müsaade edilebilir Cd konsantrasyonu 3 mg/kg olup, genelde topraklarda Cd düzeyi 0.1 mg/kg civarındadır (Alloway, 1995). Dünya tarım topraklarının ortalama Cd konsantrasyonunun 0.53 mg/kg olduğu ve

topraklardaki Cd konsantrasyonunun minimum 0.01 ile maksimum 2,7 mg/kg arasında değiştiği söylenmektedir (Kabata-Pendias ve Pendias 1992). Dobson (1992)' a göre, kirletilmemiş alanlarda bulunan topraklardaki Cd un 0.2 ile 0.4 mg/kg toprak arasında olduğu saptanmıştır. Ancak bazı kirletilmiş alanlarda 160 mg/kg toprak Cd'a da rastlanmıştır.



Şekil 1.1 Ağır Metallerin Toprağa Girişi (Brady, 1990)

İnsan bünyesine alınan Cd miktarının tüketilen gıdalardaki Cd konsantrasyonuyla değiştiği bilinmektedir. Bu nedenle hayvansal gıda tüketiminde yemlerin, bitkisel gıda tüketiminde ise bitkinin Cd konsantrasyonları insan bünyesine giren Cd miktarlarını etkilemektedir. O halde insan bünyesindeki Cd miktarları, doğrudan veya dolaylı olarak bitkinin yetişme ortamındaki Cd ile, diğer bir deyişle tarımsal ekosistemdeki Cd ile yakın ilişki halindedir.

Gübrelemenin temel amacı; topraktaki, bitki için gerek duyulan besin elementlerinin yeterli miktarda verilmesini sağlamaktır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarımsal üretimin artması gübrelere duyulan ihtiyacı da arttırmaktadır (Çoban ve Aldemir, 2004).

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 2001 yılında fosforlu gübre tüketiminin en fazla olduğu il 110.570 ton ile Şanlıurfa'dır (Çoban ve Aldemir, 2004). Şanlıurfa ilinde 1999 ve 2001 yılları arasında fosforlu gübre tüketimi Çizelge 1.1' de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Şanlıurfa'da Tüketilen Fosforlu Gübreler (ton) (DİE, 2001)

1999	2000	2001
155.952	147.963	110.570

Daha çok endüstrileşmiş ülkelerde olmak üzere, kadmiyumun toprakta ve bitkilerde birikmesi başta fosfatlı gübre uygulamalarından, sıvı ve katı atıkların toprağa verilmesi, ve atmosferik tozlardan kaynaklandığı bilinmektedir (Sillanpaa ve ark., 1992). Avrupada toprağa giren Cd un yarısının katı ve sıvı yakıtların tüketimi ile atmosferden toprağa karıştığı söylenmektedir. Tüketilen fosforlu gübreler göz önüne alınarak Şanlıurfa ili topraklarında ve yetiştirilen makarnalık buğdaylarda kadmiyum üzerinde daha önce bir araştırma yapılmamıştır. Türkiye'de ve özellikle Şanlıurfa'da tahıl üretiminin fazla olması ve özellikle fosforlu gübrelerin en fazla tüketilen illerden biri olması, bu araştırmayı gerekli ve önemli kılmaktadır.

Kadmiyumun bitkiler tarafından nasıl alındığı dünyada hala güncel araştırma konularından biridir. Örneğin; başta ABD ve Kanada'da olmak üzere birçok ülkede makarnalık buğdaylarda insan sağlığını etkileyebilecek boyutlarda Cd birikimi olduğu bulunmuştur (Oliver, 1994). Bu konudaki bilimsel çalışmaların çoğu, topraklarda kalma süresi uzun olan, Cd kirliliğini azaltmak ya da yok etmek amacına odaklanmış bulunmaktadır.

Bu çalışmanın hipotezi, dünyanın çeşitli yörelerinde yapılan araştırmalara göre makarnalık buğdayların Cd biriktirdiği görülmüştür ve ülkemizdeki makarnalık buğdaylarda de benzer durum olacağı düşünülmüştür. Bu hipotez doğrultusunda, araştırmanın amacı, Harran ovası topraklarında ve üzerinde yetiştirilen makarnalık ve ekmeklik buğdaylarda Cd konsantrasyonlarını saptamak bu element bakımından kalitelerini belirlemektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Kadmiyum'un Özellikleri ve Kullanım Alanları

Kadmiyum 1817 yılında Almanya'da Friedrich Stromeyer tarafından keşfedilmiştir. Adı Latince CADMIA ve Yunanca KADMEIA 'dan gelmiştir. Kadmiyumun endüstriyel uygulamaları 19. yüzyıl sonları ve 20. yüzyıl başlarında olmuştur. Boyaların kökeni olan kadmiyum sülfid 1850 'de ilk defa kullanılmış ve belirgin bir şekilde Vincent Van Gogh'un resimlerinde görülmüştür. Thomas A. Edison 20. yüzyılın başlarında ilk endüstriyel nikel-kadmiyum pillerini keşfetmiştir. Kadmiyumun ilk önemli endüstriyel kullanımı çeliğin korozyona karşı kullanılmasıyla başlamıştır. En önemli kullanım alanları piller, boyalar ve kaplamalardır (Anonim , 2005).

Oda koşullarında (25⁰C, 298 K), gümüş renkli, katı metal, periyodik çizelgede d-blok elementidir. Kimyasal sembolü Cd' dir. Beyaz ve yumuşak metal formundadır (Şekil 2.1). Çekiçle dövülebilen, şekil verilebilen ve esnek bir yapıdadır. Atom numarası 48, yoğunluğu 8.64 g/cm³, erime noktası: 321.07 °C (594.22 K), atomlaşma entalpisi:112.41 kJ mol⁻¹ dur.



Şekil 2.1. Kadmiyum metalinin görünüşü

Kadmiyum ve bileşikleri yüksek derecede zehirli maddelerdir. Kadmiyumun doğada tek başına bulunduğu minerali yoktur. Çinko içeren minerallerde, $CdCO_3$ veya CdS halinde çok az miktarda bulunur. Kadmiyum hemen hemen bütün çinko filizlerinde bulunduğu için çinko elde ederken yan ürün olarak bu element de elde edilir.

Kadmiyum;

- düşük erime noktalı alaşımlarda,
- yarı iletken olarak,
- televizyon tüplerinde,
- CdS sarı pigment olarak,
- PVC'lerde stabilizatör olarak,
- Ni-Cd pillerinde ve
- düşük sürtünme katsayısına sahip olduğu için yıpranmayı önlemek amacıyla kullanılmaktadır (Anonim, 2005).



Şekil 2.2. Kadmiyum metal çubukları

2.2. Kadmiyumun İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri

2.2.1. Çevre kirliliğinde kadmiyumun etkileri

Kadmiyum fosil yakıtlar içinde bulunan eser elementlerden biridir, çimento üretimi, demir işlemesi gibi fosil yakıt kullanım işlemleri esnasında havaya ve dolayısıyla çevreye yayılır (Dobson, 1992).

Sanayi atık ve artık maddeleri yoluyla toprak ve suya geçen kadmiyum, su ve toprağı kirletir. Toprak ve suda biriken kadmiyum, önce mikroorganizmalara, buradan da besinlerle hayvan ve insanlara taşınabilir (Kanat ve ark., 1992, 2002). Kadmiyumun insanları, hayvanları, su canlılarını, kuşları ve bitkileri olumsuz etkilediğı çok iyi bilinmektedir (Pierzynski ve ark.1994). Bazı ağır metallere insan ve hayvanlarca çok az miktarda gerek duyulurken kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve civa (Hg) gibi metallerin toprakta bulunması çevre ve sağlık açılarından risk oluşturmaktadırlar (Mermut ve ark., 1996).

Cd' un çok düşük konsantrasyonlarda bile özellikle Zn noksanlığında bitkiler tarafından kolaylıkla alınması ve bitkinin tüketilen kısımlarında birikmesi bu metalin çevre sağlığı açısından büyük bir oluşturduğu anlaşılmaktadır (Oliver ve ark., 1994). Kısacası çevre kirliliğinde kadmiyum hava, toprak ve su gibi sistemleri kirleterek, döngüye girerek canlı varlıklar için bir tehlike oluşturmaktadır.

2.2.2. İnsan sağlığında kadmiyumun etkileri

Topraktaki kadmiyum düzeyinin artması bu elementin bitkiler tarafından alınmasına, besin zinciri ile insanlara taşınmasına solunum ve gastrointestinal sistem ile olmaktadır. Bu elementin özellikle böbreklerde ve diğer organlarda toksik etki yaptığı, Japonya'da 'itai-itai' hastalığına da neden olduğu ve bu hastalığın insanları olumsuz etkilediğı hatta öldürdüğü bilinmektedir (Sillanpaa ve ark., 1992).

Yüksek düzeyde kadmiyumun solunması akciğer hasarına bağlı olarak ölüme neden olabilir. Çok yüksek düzeyde kadmiyumun yiyeceklerle alınması kusma ve ishale neden olur. Hava, su ya da besinler yoluyla düşük düzeyde kadmiyumun uzun süre alınması sonucunda bu element böbreklerde birikir ve hastalıklara neden

olabilir. Akciğerde hasar ve kemiklerin kırılabilirliğinin artması diğer etkileridir. Hayvan deneylerinde kadmiyumun tansiyon yükselmesine, kandaki demir düzeyinin düşmesine, karaciğer hastalıklarına, sinir sistemi ve beyinde hastalıklara neden olduğu saptanmıştır. Cilt temasının neden olduğu bir hastalık olarak ta bilinmemektedir. Birleşik Devletler Environmental Protection Agency (US-EPA) içme sularında 5 ppb'nin (milyarda 5) aşılması gerektiğini bildirmektedir. Federal Department of Agriculture (FDA)' a göre yiyecekler için bu düzey 15 ppb' dir (Anonim, 2001).

Bitkisel kökenli gıdalarda, insan sağlığını etkileyebilecek düzeyde Cd bulunan birçok ülkeden biri olan Avustralya'da, hem tahıllarda hem de sebzelerde özellikle patatesten, yüksek düzeylerde Cd bulunmuştur (Oliver ve ark., 1994).

2.3. Toprak'ta Kadmiyum

2.3.1. Kaynakları

Topraktaki Cd konsantrasyonunun asıl kaynağı toprak ana materyalidir. Bununla birlikte; topraktaki Cd'un tarımla birlikte toprağa verilen agro-kimyasallar ve diğer organik ve inorganik atıklarla arttığı bilinmektedir (Mermut ve ark., 1996). Bunlar arasında, özellikle fosforlu gübrelerin, aşırı kullanımı, Cd içeren sulama ve yağmur suları, maden ocaklarına yakın olan araziler, endüstriyel ve ev atıkları ile yoğun taşıt kullanımının neden olduğu kirlenme (eksoz gazı, lastik parçacıkları gibi) sayılabilir.

2.3.1.1. Doğal kaynakları

Kadmiyum fosfatlı kayalarda bulunmaktadır, bu kayalardan elde edilen gübrelerin toprağa katılması ile tarım topraklarındaki konsantrasyonu artmaktadır. Ayrıca insan ve hayvan vücudunda birikerek fosil olarak da toprağa geçebilmektedir. Konsantrasyonların çok düşük düzeyde olması nedeniyle genellikle göz ardı edilmektedir.

Fosil yakıtları ve kömürün yanması, volkanik patlamalar, rüzgar ve su erozyonları gibi olaylar Cd gibi birçok ağır metalin atmosferde birikmesine neden

olmaktadır (Pierzynski ve ark.,1994). Camelo ve ark. (1997)'nin yaptığı bir araştırmada fosfat kayalarının yüksek derecede Cd içerdiğini belirlemiş ve fosforlu gübreleme sonucunda toprağa yüksek dozlarda Cd'un eklendiğini ortaya koymuştur.

Bazı topraklar içerdikleri minerallerden dolayı yüksek düzeylerde Cd taşıyabilirler. Yapılan çalışmalar, topraklarda doğal olarak bulunan ağır metallerin en büyük kaynağının kayaların aşınması olduğunu, bunu yağışların ve atmosferik tozların takip ettiğini göstermektedir. Toprağa volkanik emisyonlardan da ağır metal girişi olduğu bilinmektedir (Bowen, 1979). Bunlarla birlikte, toksik metallerin doğal kaynaklarından biri de volkanik emisyonlardır. Antimon, arsenik, kadmiyum, kurşun, ve selenyum volkanik patlamalardan ortama salınmaktadırlar (Davis, 1994). Uçucu partiküllerden, deniz tuzu spreyinden, orman yangınlarından oluşan küllerden ve diğer biojenik kaynakların kadmiyum içerdiği bilinmektedir (Moolenaar ve Lexmond, 1999).

2.3.1.2. Antropojenik kaynakları

Kadmiyum gibi birçok ağır metallerin çoğunlukla kaynağı insan aktivitelerine dayanmaktadır (Mermut ve ark., 1996). Yukarıda belirtildiği gibi, kadmiyumun önemli antropojenik kaynakları fosforlu gübreler ve trafik kirliliğidir (Kevresan, 2003).

Fosfatlı gübrelerde Cd, Zn, Cr, N, ve U bulunmaktadır. Modern gübreleme ile toprakta istenmeyen ağır metal artışları olmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda fosfatlı gübrelerin 0.1-170 mg/kg arasında kadmiyum içerdiği saptanmıştır (Ceran, 2002). Dünya'nın fosfat kaya rezervlerinin %91'inin bileşiminde As, Cd, Cr, Pb, Hg, ve Ni elementlerinin bulunduğu ve fosforlu gübreler yoluyla Cd toprağa, oradan da besin zincirine geçmektedir (Camelo ve ark., 1997).

Duraisamy' (2003) ye göre; 1000 mg/kg KH_2PO_4 verilmesiyle toprağa, yaklaşık 10 mg/kg Cd ilave edilmekte ve birçok bitkiler özellikle hardal topraktan Cd gibi ağır metalleri adsorbe etmektedir (Bolan ve ark, 2003). Fosfor-Cd arasındaki ilişkiyi inceleyen tüm araştırmacılar, toprakta, dolayısıyla bitkide Cd birikiminin P'lu

gübre yapımında kullanılan kaya fosfatının orijininin yanı sıra, kullanılan P'lu gübrenin miktarının da etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Kabata-Pendias (2001), dünya tarım topraklarının ortalama Cd konsantrasyonunun 0.53 mg/kg civarında olduğunu bildirmişlerdir. Gray ve ark. (2002)'nin yaptığı bir çalışmada makarnalık buğdaya uygulanan kalsiyum-amonyum-nitrat (CAN) gübresinin bitkide kadmiyum konsantrasyonunu arttırdığını gözlemişlerdir.

Toprak kirliliğine yol açan diğer önemli Cd kaynakları, maden ocakları ve yaklaşık %5 Cd içeren sülfid işletmeleridir. Bu kaynaklardan gelen partiküllerin dağılımı rüzgar ve su erozyonu ile havadaki partiküllerin çökmesiyle gerçekleşir. Pb ve Zn içerikli madenlerden kirlenmiş toprakların Cd içeriği 750 mg/kg olarak bulunmuştur. Mermut ve ark. (1996)'nin yaptıkları bir araştırmada Kanada-Saskatchewan topraklarında Cd birikiminin %50'sinin su erozyonundan kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Kadmiyum bileşikleri; metal alaşımlarında, alkali bataryalarında, plastiklerde stabilizer veya pigment olarak kullanılmaktadır. Kadmiyum içeren madde veya eşyaların çevreye atılması veya insineratörlerde yakılması ve kadmiyumun kullanımı sırasında yapılan aktiviteler atmosferik kadmiyum kirliliğine sebep olabilirler (Hedlund ve ark., 1997).

Toprağa verilen arıtma çamurlarından da kadmiyum birikmesi olmaktadır. Arıtma çamurunun doğrudan ve dolaylı olarak toprağı etkilediği bildirilmektedir. Doğrudan etkiler olarak çamurların metal içerikleri ile pH, EC, azot ve çamurun iyonik kapasitesi gibi organik ve inorganik bileşimleri belirtilmektedir (Weggler-Beaton ve ark., 2000).

2.3.2. Hareketliliği

Toprak çözeltisindeki Cd ile toprak katı fazına adsorbe olmuş Cd arasındaki dinamik denge pH'ya, metal formlarının kimyasal yapısına, Cd komplekslerinin stabilitesine, fonksiyonel grupların bağlanma gücüne, çözeltinin iyonik gücüne, ve

Cd ile yarışan diğer iyonlara bağlıdır (Pickering, 1980). Toprakta bitkiye geçiş oranı yüksek (1-10 cm.) ve toprakta oldukça hareketli olan Cd'un çok düşük konsantrasyonlarda bile özellikle Zn noksanlığında bitkiler tarafından alınması ve bitkinin yenen kısımlarında birikmesi bu metalin çevre sağlığı açısından büyük bir sorun olduğunu göstermektedir (Oliver ve ark., 1994).

Herren ve Feller (1997)'in, yapmış olduğu çalışmada olgunlaşan buğday filizlerinde kadmiyumun zaylem ve floem yoluyla taşındığı gözlenmiştir. Bu araştırmacılar tanedeki kadmiyum içeriğinin beslenme solüsyonlarındaki artan kadmiyum konsantrasyonlarına bağlı olarak artmasına rağmen, toprağa aynı zamanda çinko verildiğinde bu kez tanede konsantrasyonun azaldığı görülmüştür.

2.3.2.1. Toprakta kadmiyumun hareketini sağlayan etmenler

Toprakta Cd hareketinin pH, organik madde, kil mineralleri, toprak tekstürü, mikro ve makro fauna, diğer toprak özellikleri (EC, Eh, karbonatlar, klorür, sülfatlar, Zn, ve KDK) tarafından etkilendiği bilinmektedir (Brummer ve ark., 1986; King, 1988; Gambrell ve ark., 1991; Sanchez-Martin ve Sanchez-Camazano, 1993; Zachara ve ark., 1993). Aşağıda toprakta Cd hareketliliğini etkileyen etmenlerle ilgili yapılmış araştırmalar verilmiştir.

Garrett ve ark. (1998), geliştirdikleri bir tahmin modelinde Kanada Prairie topraklarında makarnalık buğdayın kadmiyum alınmasının organo-metalik kompleksler şeklinde olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu araştırmacılar ayrıca toprakta kadmiyum, formlarına organik madde miktarı ve pH'nın önemli düzeylerde etki ettiğini vurgulamışlardır. Bitkilerin ihtiyaçlarından daha fazla verilen gübreler toprak reaksiyonunu etkileyerek pH'da ani yükselme ve düşmelere sebep olmaktadır. Bu durum bitkilerin fide devrelerinde zararlı olmakta, verim ve kalitede düşmelere yol açmaktadır (Ceran, 2002). Toprak pH'sının artmasıyla toprakta yarayışlı Cd'un azaldığı gözlenmiştir (Pierzynski ve ark., 1994).

Adams ve ark. (2004), toprak özelliklerini kullanarak buğday ve arpa ürünlerinde kadmiyum konsantrasyonlarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Yaptıkları çoklu regrasyon analizleri; toprakta toplam kadmiyum ve pH'nın, ürünlerdeki Cd

konsantrasyonlarını etkileyen önemli faktörler olduğunu göstermişlerdir. Kadmiyum alımında bitki çeşidinin (buğday ve arpa) önemli olduğu bilinmektedir. Bu prensiplerden hareket edilerek, buğday dane kadmiyum konsantrasyonları toprak toplam kadmiyum ve pH'sından, aşağıdaki formülü kullanarak:

$$\text{Log (tohum Cd)} = \text{a} + \text{b log (toprak Cd)} - \text{c (toprak pH)}$$

tahmin edilebilir. Toprak ve ürün araştırmaları ve uzun dönemli arıtma çamuru deneylerinden elde edilen katsayılar da benzer sonuçlar vermiştir. Bazı araştırmacılar, arıtma çamurundan eklenen ya da eklenmeyen topraklarda kadmiyumun biyoyararlılığını bu iki faktörle açıklamaya çalıştığı da bilinmektedir (Adams ve ark., 2004).

Toprak organik maddesi, bazı ağır metalleri (Pb, Cd, Cu gibi) adsorbe ederek, yeraltı ve yüzeysel suların kirlenmesini önleyebilirler (Pierzynski ve ark., 1994). Kimyasal gübrelerin fazla miktarda kullanıldıkları durumlarda mikroorganizmalar ve solucanlar gibi çeşitli toprak canlıları bundan ciddi bir biçimde zarar görürler. Fazla miktarda verilen fosforlu gübreler toprakta genel bir biyolojik bozulma meydana getirmektedir (Ceran, 2002).

Bitkilerde Cd birikimini etkileyen bir faktör de toprakların tuzluluk durumudur. Yapılan çalışmalarda topraklarda tuzluluğun artışıyla (özellikle Cl konsantrasyonunun artışıyla) makarnalık buğdaylarda Cd miktarının arttığı saptanmıştır (Norvell ve ark., 2000; Wu ve ark., 2002).

Wegler-Beaton ve ark. (2000), hektara 50 ton bitkisel atık uygulaması yaptıktan sonra şeker pancarı ve buğday bitkisinde NaCl tuzunun Cd alımına etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, her iki bitkinin yeşil aksamında meydana gelen Cd konsantrasyonundaki artıştan sadece toprak çözeltisindeki Cd⁺² iyonu aktivitesinin sorumlu olmadığı; Cd'un Cl komplekslerinin de etkili olduğunu bildirilmişlerdir. Ortamda artan miktarda Cl'un bulunmasıyla buğday ve şeker pancarında Cd konsantrasyonunun arttığı da saptanmıştır. Bilindiği gibi toprak tuzluluğu bitkisel üretim için önemli abiyotik streslerden birisidir.

Zarko ve ark. (2003) ve Kevresan (2003); değişik büyüme dönemlerindeki bezelyelerin üreme organlarına kadmiyum geçişi üzerinde farklı kadmiyum konsantrasyonlarının etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, bu araştırmacılar, bezelyenin üreme organlarında kadmiyum birikimi, dağılımı ve geçişi kadmiyum konsantrasyonlarına ve aynı zamanda kadmiyum uygulaması sırasında bitkinin yaşına bağlı olduğu kanısına varmışlardır.

2.3.3. Sorpsiyonu

Sanayileşmenin yoğun olarak yaşandığı Kocaeli ilinin Çayırova deresi kenarında yetişen bitkilerde ağır metaller incelenmiş ve bütün bitkilerin fazla oranda kadmiyum aldığı görülmüştür (Hız, 2000). Yeni Zelanda'da, topraklara katılan ağır metallerin toprak sıvı ve katı fazları arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak amacıyla yapılan çalışmada tınlı kum, siltli tın ve volkanik kül karakterli tınlı topraklarda Cd, Cr, Cu, Pb, Ni ve Zn'nin adsorbe edildiği belirlenmiştir. Toprak tipinin çok önemli olduğu, ağır metal adsorpsiyonunun volkanik küllü topraklarda en yüksek, tınlı kum topraklarda ise en düşük olduğu belirlenmiştir. Siltli kil topraklarda da, iki grup arasında adsorbe etme gücü olduğu saptanmıştır (Anonim, 1999).

Litvanya'da yapılan bir çalışmada, farklı tekstürlü toprakların organik katmanındaki ağır metaller incelenmiştir. Bu araştırmada, Litvanya'da yıllık ortalama mineral gübreleme oranları dikkate alınarak toprağa verilen ağır metal miktarları saptanmıştır. Elde edilen değerlerin çok yüksek olmadığı, fakat metallerin birikme özellikleri nedeniyle çevre ve insanlar açısından potansiyel bir tehlike oluşturabileceği belirtilmiştir. Buna ek olarak, hafif tekstürlü topraklara göre ağır tekstürlü topraklarda, metal konsantrasyonunun daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 2.1) (Anonim, 1995).

Karaca ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada farklı kadmiyum bileşimlerinin, kaba, ve ince tekstürlü organik maddece zengin topraklardaki durumunu incelemişlerdir. Toprağa verilen farklı kadmiyum bileşimleri katalaz aktivitesini azaltmıştır. Katalaz aktivitesi üzerinde kadmiyum bileşimlerinin önleyici (inhübasyon) etkisi kaba yapılı toprakta açıkça gözlenmiştir; ancak en düşük etki organik toprakta bulunmuştur. Sıvacı ve ark. (2004) ve Arduini ve ark. (2004);

yaptıkları çalışmalarda iki çeşit bitki türünü belirli zaman aralıklarında kadmiyum solüsyonlarıyla işleme tabi tutarak bu bitkilerinin ağır metalleri yok etmede kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Çizelge 2.1 Litvanya da farklı tekstürlü toprakların ağır metal içerikleri

Toprakların tekstürü	Ortalama miktarları (mg/kg)						
	Cr	Cd	Pb	Ni	Cu	Zn	Fe
Kum	6.6	0.35	9.5	6.7	4.2	23.7	5075
Kumlu tın	9.1	0.5	11.9	7.9	5	26.6	5890
Hafif kil tın	10.9	0.66	1.3	10	6.5	31.9	774
Ağır kil tın ve tın	17.2	0.62	16.1	16.5	9.5	49.5	11112
MAC*	50	5.0	32	50	40	150	-

*MAC- Litvanya topraklarında maksimum izin verilebilir konsantrasyonları

2.3.4. Birikimi

Öztürk ve ark. (2003), 2 farklı makarnalık buğday çeşidi kullanarak yaptıkları bir çalışmada bitkilerin kadmiyum konsantrasyonlarının kadmiyum uygulamasıyla, özellikle kökte olmak üzere, çarpıcı bir biçimde artış gösterdiğini bulmuşlardır. Topraklarda Cd dinamiği, toprağın pH'sı, redoks potansiyeli, organik madde içeriği, tekstür, Fe-oksihidroksitler, ve serbest karbonatlar gibi özellikler tarafından güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Jansson ve Oborn (2000), bitkilerin Cd alımını etkileyen faktörleri belirlenmek amacıyla çoğunlukla üst toprağın (0-30 cm.) kullanıldığını oysa bazı bitki köklerinin alt topraktaki Cd 'dan da yararlandığını bulmuşlardır. Bu araştırmacılar, buğday danesine taşınan Cd'un %15-37 alt topraktan (alt horizontan) kaynaklandığı görüşünde olduklarını bildirmişlerdir.

Konya Ovası'nda yetiştirilen buğdaylardaki kadmiyum birikimi üzerinde yapılan bir çalışmada, çinko verilmeyen alanlarda dane kadmiyum konsantrasyonunun yüksek olduğu görülmüştür. Danede kadmiyum birikimi açısından hem tahıl türleri hem de aynı türün çeşitleri arasında önemli farklılıklar

olduğu bulunmuştur. En yüksek birikim makarnalık buğdaylarda görülmüştür. Tahıl türleri arasında danede kadmiyum birikiminin arpa, ekmeklik buğday, makarnalık buğday şeklinde bir azalma gösterdiği saptanmıştır. Bitkilerin Zn ile beslenmesiyle dane kadmiyum konsantrasyonlarının makarnalık buğday, ekmeklik buğday, arpa şeklinde bir azalma gösterdiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, tahıl kökenli gıdalarda kadmiyum miktarını azaltmada Zn gübrelemesinin etkili bir yol olabileceğini göstermektedir (Özus, 2001).

Kabata-Pendias ve ark. (2001), nötr ve hafif alkali topraklarda yetiştirilen patates yumrularının Cd konsantrasyonlarını incelemiş ve her grupta da asit topraklara göre daha az Cd belirlemişlerdir. Araştırmacılar Polonya genelinde toplam 6306 patates örneğinde Cd konsantrasyonu belirlenmiş ve toplanan örneklerin %5,2'sinin, gıda komisyonu tarafından belirlenen maksimum izin verilebilir Cd konsantrasyonundan yüksek olduğu saptamışlardır.

Toprak profilinde Cd daha fazla üst toprakta bulunmaktadır. Bunun nedeni yüzey toprağın organik maddece zengin olması ve atmosferik depozitlerdeki ya da suni gübre ve ahır gübresindeki Cd'un yüzey horizonlarda tutulabilmesidir. Bakır ve kurşunun tersine Cd (Zn ve Ni ile birlikte) toprak profilinde aşağı doğru taşınma eğilimindedir. Taşınma oranı ve derecesi iklim (yağış, buharlaşma ve oransal nem), pH, ve toprak geçirgenliğine bağlı olarak değişebilmektedir (Kabata-Pendias ve ark., 2001).

2.3.5. Toksisitesi

Köleli (1998), değişik tahıl türlerinin kadmiyum toksisitesine karşı duyarlılığını araştırmış ve bu duyarlılık üzerine Zn beslenmesinin etkilerini incelemiştir. Bu araştırmacı, hem tahıl hem de aynı türün değişik çeşitleri arasında kadmiyum toksisitesine dayanıklılık yönünden önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Kadmiyum toksisitesine çavdarın en dayanıklı, makarnalık buğdayın ise en dayanıksız olduğu belirlenmiş ve dayanıklılığın çavdar, tritikale, arpa, yulaf, ekmeklik buğday, makarnalık buğday şeklinde bir azalma gösterdiği rapor edilmiştir. Bu çalışma bitki ve insan besin zincirindeki hem Zn yetersizliğini hem de kadmiyum

toksisitesini gidermede veya azaltmada en etkili yolun toprakların Zn ile gübrelenmesiyle olabileceğine işaret etmektedir. Böylece Zn ile gübrelenmenin hem bitkisel üretimde artış hem de insan ve hayvan sağlığına önemli katkıda bulunulacağını ileri sürülmüştür.

Grant ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada, kadmiyum içeren Monoamonyumfosfat (MAP) gübresiyle üç yıllık tarla denemesinde, buğday danesindeki kadmiyum içeriğinin arttığını, buna karşılık çinko içeriğinin azaldığını görmüşlerdir.

Bitkisel kökenli gıdalarda, insan sağlığını etkileyebilecek düzeyde Cd un olduğu birçok ülkeden biri olan Avustralya'da, hem tahıllarda hem de sebzelerde özellikle patatesten, yüksek düzeylerde Cd bulunmuştur (Oliver ve ark, 1994). Kadmiyum, köklerde hücre duvarına bağlanmasına ve yeşil aksama sınırlı olarak, taşınmasına rağmen oldukça zehirlidir. Kadmiyum iyon affinitesinin yüksek olmasının biyolojik membranlar gibi bazı hücre yapıtaşlarını sülfhidril ve amino grupları ile bitki metabolizmasındaki fosfat grupları için hücre düzeyinde toksisiteye neden olduğu bildirilmektedir (Çakmak ve ark, 2000).

Köleli (2004), çinko eksikliği olan toprakta yetiştirilen makarnalık ve ekmeçlik buğdayda çinko gübrelenmesinin kadmiyum toksisitesine karşı etkisini araştırmış ve sonuçta çinkonun kadmiyum toksisitesine karşı, bitkileri kadmiyum etkili oksidatif strese karşı bitki savunmasını arttırarak, enzim, membran proteini ve lipidler gibi kritik hücre bileşenlerini bir araya getirmede kadmiyumla yarışarak bitkileri koruduğu yolundaki hipotezle uyumlu olduğunu görmüştür.

2.4. Buğday'da Kadmiyum

2.4.1. Alımı ve birikimi

Bitkilerde Cd alımı, yaprak ve tanede taşınma ve birikim mekanizmaları net bir şekilde anlaşılamamıştır. Bununla birlikte son yıllarda bu konuda giderek artan bilgi birikimi olmuştur (Cobbett, 2000).

Toprakta bulunan elementlerin bitkiler tarafından kullanılabilmesi için bu elementlerin toprak çözeltisi içerisinde bulunması gerekir. O halde bitki tarafından kullanılabilmesi için Cd'un da toprak çözeltisinde bulunması gerekmektedir. Toprak çözeltisinde Cd, Cd⁺² iyonu şeklinde ve metal kompleksi formlarında (CdCl⁻, CdOH⁻, CdHCO₃⁺, CdCl₃⁻ ve Cd(OH)₃⁻) bulunmaktadır (Kabata-Pendias ve ark., 2001).

Beslenmemizde büyük rol oynayan buğday, mısır, çeltik, marul, bezelye, pancar, turp, ve patates Cd'u kolayca adsorbe edebilmektedir. Yumru köke sahip ve yaprağı yenen sebzelerde kadmiyum birikimi diğer bitki türlerine göre daha fazla olmaktadır. Yapılan bir çok araştırmalar tahıllar içerisinde makarnalık buğdayların, ekmeklik buğdaylara göre tanelerinde daha fazla Cd biriktirdiğini oraya koymuştur (Mermut ve ark., 1995; Köleli, 1998; Hart ve ark., 2002).

Öztürk ve ark. (2003)'nin yaptığı bir çalışmada, 2 farklı makarnalık buğday çeşidinin besin çözeltisi kullanılarak bitkilerin kadmiyum konsantrasyonlarının kadmiyum uygulamasıyla, özellikle kökte olmak üzere, çarpıcı bir biçimde artış gösterdiğini bulmuştur. Sillanpaa ve ark. (1992), kadmiyum'un büyük bir kısmının bitki kökleri tarafından tutulduğunu savunmaktadırlar. Hart ve ark. (1998), Cd, Mn, B, Mo, ve Se gibi ağır metallerin bitki kökleri tarafından alındıktan sonra kolayca yeşil aksama taşınabildiğini belirtmektedirler.

Arduini ve ark. (2004) düşük kadmiyum uygulaması ile Miscanthus bitkisinin gelişimini ve kadmiyum geçişini arttırdığını görmüşlerdir. Kadmiyumun pasif bir şekilde köklere geçtiğini ancak bağlayıcı bölümlerin doygunluğunun bu alımı sınırlamadığını bildirmişlerdir.

Harris ve Taylor (2001), makarnalık buğday'da ¹⁰⁹Cd izotopu ile yaptığı çalışmada, bu elementin önce gövdede toplandığını ancak sonra daneye de taşınarak gövdede azaldığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada çinko'nun kadmiyum taşınmasını engellemediğine ve bunun danede yüksek miktarda Cd'un bulunmasıyla ilişkili olabileceğine de değinilmiştir.

Makarnalık buğdayın yakın izojenik hatlarındaki filizlerinde kadmiyum alımı ve geçişini araştıran bir çalışmada, kökten filize doğru sınırlı kadmiyum geçişi tohum

çıkarma döneminde köklerden direkt olarak kadmiyum geçişini kontrol ederek veya tohuma doğru tekrar mobilize olabilecek filiz kadmiyum bölgelerini kontrol ederek makarnalık buğday tohumunda kadmiyum birikiminin sınırlanabileceği ileri sürülmüştür (Harris ve ark., 2004).

2.4.2. Bitkilerin kadmiyum alımını etkileyen faktörler

Gray ve ark. (2002), kireçsiz Yeni Zelanda topraklarında yaptıkları bir çalışmada, makarnalık buğday'da kadmiyum konsantrasyonlarının azotlu gübre uygulamalarına etkisini araştırmışlardır. Farklı toprak serilerinde yapılan çalışmada KAN gübresinin artmasıyla makarnalık buğdayda da kadmiyum konsantrasyonunu arttığını görmüşlerdir. Yapılan istatistiki değerlendirmelerde buğday danesindeki kadmiyum konsantrasyonunun hiçbir toprak özelliğiyle ilişkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Buna karşın Adams ve ark. (2004), toprak özelliklerine bakarak buğday ve arpa ürünlerinde kadmiyum konsantrasyonlarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Yapılan çoklu regresyon analizlerinde; topraktaki toplam kadmiyum ve pH'nın, ürün Cd konsantrasyonlarını etkileyen önemli faktörler olduğu sonucuna varılmıştır.

Bitkilerin ihtiyaçlarından daha fazla verilen gübreler toprak reaksiyonunu etkileyerek pH'da ani yükselme ve düşmelere neden olmaktadır. Bu durum bitkilerin fide evrelerinde zararlı olmakta, verim ve kalitede düşmelere yol açmaktadır (Ceran, 2002).

Herren ve Feller (1997), buğday filizlerinde xylem ve phloem yoluyla kadmiyum taşınması üzerinde yaptıkları bir çalışmada; kadmiyum içeriğinin beslenme çözeltilerindeki kadmiyum konsantrasyonları ile orantılı olarak arttığını aynı zamanda çinko verildiğinde konsantrasyonun azaldığını görmüşlerdir.

2.4.3. Kadmiyumun kaliteye etkisi

Grant (2001)'e göre kadmiyum içeriği ve protein seviyesi makarnalık buğday'da iki temel kalitenin göstergesidir. Kanada makarnalık buğday ürünlerinin çoğu uluslararası pazarda Codex Alimentarius tarafından limit olarak belirlenen 0.1

ppm'den daha yukarı kadmiyum içermektedir. Aşırı kadmiyum seviyeleri 0.1 ppm limiti uygulanırsa ihracat için tehlike oluşturabilmektedir. Ancak Kanada'da makarnalık buğday, düşük kadmiyum seviyeleriyle üretilebilirse dünya pazarında Amerikalı ve Avustralyalı rakipleriyle karşılaştırıldığında bir avantaj oluşturabilir. İslah çabaları sayesinde makarnalık buğday'da kadmiyum içeriği başarılı bir şekilde azaltırken, daha da düşük kadmiyum kültürleri toprak özelliğine ve çevresel şartlara (sıcaklık, nem v.s.) bağlı olarak kabul edilen kadmiyum içeriğinden yüksek olabilir (Anonim, 2001).

2.5. Önleyici Tedbirler ve Yönetmelikler

Özkutlu (2004), makarnalık buğdayda kadmiyum alımı ve birikimi üzerine tuzluluğun ve çinkonun etkisi sera koşullarında denenmiştir. Bu çalışmada, beslenme ortamına artan miktarlarda uygulanan NaCl ile birlikte bitkilerde kadmiyum konsantrasyonunun çarpıcı olarak arttığı, bu artışın çinko eksikliğinde yetiştirilen bitkilerde daha önemli olduğu, toprağa çinko uygulamasıyla bitki bünyesindeki kadmiyum'da da çok önemli azalmalar olduğu, yapraktan kadmiyum uygulamasında nitrat ve sülfat anyonlarına göre klorür kullanılmasıyla kadmiyum taşınması ve tanede birikimin çok yüksek miktarda olduğu ve yapraktan uygulanan çinko'nun da taneye taşınmasını azalttığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Sıvacı ve ark. (2004) ve Arduini ve ark. (2004)'nın yaptıkları çalışmalarda iki çeşit bitki türü belirli zaman aralıklarında kadmiyum çözültüsüyle işleme tutarak, su bitkilerinin ağır metalleri yok etmede kullanılabileceği görüşüne katkıda bulunmuşlardır.

Tohum kadmiyum birikiminde farklılık gösteren makarnalık buğdayın yakın izojenik hatlarındaki filizlerinde kadmiyum alımı ve geçişini araştıran bir çalışmada şu sonuçlara varmışlardır. Kökten filize doğru sınırlı kadmiyum geçişi tohum çıkarma döneminde köklerden direkt olarak kadmiyum geçişini kontrol ederek veya tohuma doğru tekrar mobilize olabilecek filiz kadmiyum bölgelerini kontrol ederek makarnalık buğday tohumunda kadmiyum birikimi sınırlanabilir (Harris ve ark., 2004).

2.5.1. Önleyici tedbirler

Toprağa kadmiyum girişinin en önemli kaynaklarından biri fosfatlı gübrelere aittir. Ancak gübrenin ve hammaddesinin dışalımında kadmiyum standardı uygulanmamakta ve ölçüm yapılmamaktadır. Bunun için bir önlem alınması şarttır.

Kadmiyumla kirlenmiş topraklardan bitki, hayvan ve insan sağlığı üzerinde ortaya çıkabilecek zararlar aşağıdaki uygulamalarla azaltılabilir yada giderilebilir:

(i) Kirli toprakların lisans alınmış bir araziye götürülmek üzere uzaklaştırılması ve yerine temiz toprakların getirilmesi,

(ii) Kirli toprakların üzerini kirlenmemiş toprak tabakası ile kapatılması (genellikle 1 m' den daha az),

(iii) Toprakların Cd biyoyararışlılığını azaltmak amacıyla pH'yı 7'ye çıkaracak kadar kireçlenmesi,

(iv) Toprakların adsorbsiyon kapasitesini arttırmak için üst topraklara organik maddenin (temiz kanalizasyon arıtma çamuru, ahır gübresi ve diğer organik atıklar gibi) karıştırılması,

(v) Kadmiyum ve diğer potansiyel olarak toksik olan elementler için toprakların adsorbsiyon kapasitesini arttırmak amacıyla üst toprakta sulu Mn oksitleri, zeolit, ve silisik asit gibi adsorbsiyon kapasitesi yüksek endüstriyel minerallerin karıştırılması,

(vi) Kirli toprakların hem asit hem de baz şelatlarla yıkanarak Cd içeriğinin azaltılması,

(vii) İndirgenme koşulları yaratmak ve metali çözünmez CdS'e dönüştürmek için kirli toprakları suyla doymak, ve

(viii) Biyolojik olarak yararlı Cd ve diğer metalleri çok fazla miktarda uzaklaştıracak hiperakümülatör bitkilerin yetiştirilmesi.

Gıda tüketiminde kullanılabilir bitkilerin yetiştirilmemesi ya da kirliliğin hafif olduğu durumlarda, düşük Cd biriktirme yeteneğine sahip ürünlerin tür ya da çeşitlerini yetiştirmek yollarından herhangi biri veya birkaçı uygulanmalıdır (Köleli, 1998).

2.5.2. Bitki genetiği (Uygun tohum kullanılması)

Çatak ve ark. (2000) yaptıkları çalışmada, bazı domates ve tütün genotiplerinde kadmiyum etkilerine ait istatistiksel verileri yakından incelemişlerdir. Farklı konsantrasyonda kadmiyum içeren besin çözeltilerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilen çalışmada, tohumların çimlenme yüzdelerinde 1000 ve özellikle 2000 ppm kadmiyum konsantrasyonlarında dikkat çekici azalmalara tanık olmuşlardır. Bu araştırmacılar yüksek konsantrasyonlarda uygulanan kadmiyumun kök ve hipokotil gelişimlerini önemli ölçüde azalttığını bulmuşlardır. Her iki bitki türünde de çimlenme yüzdeleri, fideliklerde metal iyonlarının birikimi, kök, hipokotil ve kotiledon gelişimleri gibi değerlendirme kapsamına alınan tüm parametrelerde kadmiyum toksisitesini belirleyen en önemli faktörün genotip etkisi olduğunu gözlemişlerdir.

Hart ve ark. (1998), yaptıkları bir çalışmada, tanede biriken Cd miktarının genotipsel olarak farklı oluşunun köklerden alındığı ya da yeşil aksama gönderildiği miktarla ilgili değil, alınan Cd'un floem yolu ile daneye taşınmasındaki farklılıklarla ilgili olduğunu savunmaktadırlar.

2.5.3. Önleyici yönetmelikler

Topraklarda Cd 'un tahmini yarılanma süresi 15-1100 yıl arasında değişmekte olduğunu ve bu nedenle Cd kirliliğinin çok uzun yılların sorunu olup, mümkün olduğunca bu kirliliği önlemek yada azaltmak gerektiği vurgulanmaktadır (Kabata-Pendias ve ark. 2001). Günümüzde de bu sorunu sınırlandıran yönetmeliklerin çıkarılmasına çaba gösterilmektedir.

Avrupa Birliği, uzun bir yasama sürecinden sonra, cep telefonları, oyuncaklar ve video kameralar gibi aletlerin pillerinde kadmiyum kullanımını yasaklamış

olmasına rağmen, ancak yasağın, endüstriyel pilleri ve portatif pillerin en yaygın olarak kullanıldığı alan olan güç aletlerini kapsamadığı bilinmektedir (Anonim, 2004). Gübreler yoluyla topraklara ciddi düzeylerde Cd girişi olması ve bu Cd'un insan sağlığını etkilemesi söz konusu olduğundan gübrelerin taşıyabileceği maksimum Cd'da yönetmeliklerle belirlenmiştir.

Fosforlu gübrelerdeki toksik metal konsantrasyonu konusunda 1980'li yıllardan itibaren başta Avrupa olmak üzere pek çok ülkede yasal düzenlemeler getirilmeye başlanmıştır. Bu sınırlama özellikle bitkilerce kolay alınması ve topraktan kolayca yıkanması gibi özellikleri nedeniyle besin zinciri yoluyla insan sağlığını tehdit eden Cd metaline odaklanmıştır.

Bazı ülkelerde fosforlu gübre için önerilen Cd sınır değerleri İsviçre, Norveç, Finlandiya'da 50 mg/kg P, İsveç'te 100, Danimarka'da 110, Almanya ve Belçika'da 200, Avustralya'da 345 olarak kabul edilmiştir. Hollanda'da ise bu değer 35 mg/kg P'a düşürülmüştür (Al-Shawi ve Dahl, 1999).

Kabata-Pendias ve Pendias (2001) tarımda kullanılabilir toprağın ağır metallerin Maksimum Kabul Edilebilir Yükleme (MAL) ve Maksimum Kabul Edilebilir Konsantrasyonları (MAC) ile oldukça önemli kriterler ortaya koymuşlardır. Ayrıca bu metallerden Cd'un tüm diğer mikro besin elementi ve ağır metallerden daha fazla biyoakümülyasyona uğradığını belirtmişlerdir.

Avustralya'da tahıllarda ve sebzelerde, özellikle patatesten yüksek düzeyde Cd bulunmuş ve kabul edilebilir maksimum Cd konsantrasyonu 50 ppb olduğu belirtilmiştir. Bu ülkede yapılan çalışmalarda kullanılan patatesin %15-20'sinde, sebzelerinde %8'inde 50 ppb'den fazla Cd bulunmuştur (Oliver ve ark., 1994).

Köleli ve Kantar (2005), yaptığı bir araştırmada ülkemizde fosforlu gübre üreten biri kamu, beşi özel olmak üzere toplam altı gübre fabrikasından fosforlu gübre, fosforlu gübre üretiminde ham madde olarak kullanılan fosfat kayası ve ara ürün olarak kullanılan fosforik asit örnekleri alınarak toplam Cd, Pb, Ni ve As konsantrasyonları belirlemiştir. Bulgulara göre fosforlu gübre üretmek için tamamen

yurt dışından ithal edilen ham fosfat kayasının maksimum Cd, Pb, Ni, ve As içerikleri sırasıyla 358, 335, 386 ve 531 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin doğru olduğu düşünülürse, dünya literatürü ile kıyaslandığında Türkiye de fosforlu gübre elde etmek için kullanılan fosfat kayalarının çok kötü kalitede olduğu ortaya çıkmaktadır.

Son yıllarda fosforlu gübre üretiminde ham kaya fosfatının yerini alan fosforik asidin maksimum Cd, Pb, Ni ve As konsantrasyonu ise sırasıyla 114, 11, 201 ve 81 mg/L gübredir (Köleli ve Kantar, 2005). Ham kaya fosfatı ve fosforik asitin metal içeriği, ithal edildikleri ülkelere göre farklılık göstermektedir. Tarım toprağına uygulanan gübrelerin (TSP, DAP ve kompoze) toksik metal içeriği Çin ve Japonya'da yürürlükte olan Gübre Metal Standart Değerleri ile karşılaştırıldığında toplam 14 gübrenin 10'unda Cd konsantrasyonu sınır değeri olan 8 mg/kg gübrenin üzerinde, 2'sinde ise bu değere çok yakın (7.5 mg/kg gübre) bulunmuştur.

Fosforlu gübrelerde Pb konsantrasyonu sadece 15:15:15 kompoze gübrede sınır değerin (100 mg/kg gübre) yaklaşık 5 katına (510 mg/kg gübre) ulaşmıştır. Toplam 10 kompoze gübrenin 4'ünde As konsantrasyonu sınır değeri olan 50 mg/kg gübre değerinin üzerinde bulunmuştur. Elde edilen bulgular, maksimum toksik metal konsantrasyonu yüksek olan fabrikalarda üretilen gübrelerin toksik ağır metal konsantrasyonunun (Ni hariç), ham madde olarak kullanılan materyalin içerdiği toksik metal konsantrasyonuna bağlı olduğunu ortaya konmuştur (Köleli ve Kantar, 2005). Codex Alimentarius Commission of FAO/WHO verilerine göre; Uluslararası ticarete, yağlı tohumlar ve tahılların Cd içerikleri için 0,1 mg/kg sınır değerlerin dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır (FAO/WHO, 1995).

Türkiye'de topraklara geçen ağır metal girişini önlemek amacıyla Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği çıkarılmış ve gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Ağır metallerin bu yönetmeliklerle belirlenen değerleri Çizelge 2.2, 2.3 ve 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.2. Topraktaki ağır metal sınır değerleri: (Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2003)

Ağır Metal	pH<6 mg/kg fırın kuru toprak	pH>6 mg/kg fırın kuru toprak
Kurşun	50**	300**
Kadmiyum	1**	3**
Krom	100**	100**
Bakır*	50**	140**
Nikel *	30**	75**
Çinko*	150**	300**
Civa	1**	1,5**

* pH değeri 7'den büyük ise Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar arttırılabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Çizelge 2.3. Toprakta kullanılacak arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları (Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2003)

Ağır Metal	Sınır Değerler (mg/kg fırın kuru toprak)
Kurşun	1200
Kadmiyum	40
Krom	1200
Bakır	1750
Nikel	400
Çinko	4000
Civa	25

Çizelge 2.4. Toprakta on yıllık dönem esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yükü (Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2003)

Ağır Metal	Sınır Yük Değeri (gr/da/yıl)**
Kurşun*	1500
Kadmiyum	15
Krom*	1500
Bakır*	1200
Nikel*	300
Çinko*	3000
Civa	10

*İşlenmiş arıtma çamurunun topraklarda kullanılması ile sonuç alınması arasında en az üç ay süre varsa ilgili kuruluşların görüşü alınarak Bakanlıkça civa ve kadmiyum hariç olmak üzere bu değerler %5'e kadar artırılabilir.

**Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırmada Harran Ovası'nda farklı toprak serilerine ait 16 profilin, genetik horizonlarından alınan toprak örnekleri ve bu topraklar üzerinde yetişen buğday bitki, kök, ve dane örnekleri kullanılmıştır (Ayrıntılar için Ek 1'e bakınız).

3.1.1. Araştırma alanının coğrafik konumu

Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölge'sinde bulunan Harran ovası 36° 47 ve 39° 15 doğu meridyenleri ile 36° 40 ve 37° 41 kuzey paralelleri arasında olup 225.000 ha.'lık bir alan kaplamaktadır. Güneyinde Akçakale ilçesi ve Suriye sınırı, kuzeyinde ise Urfa-Germuş dağları ve Batıda Fatik dağları, doğuda Tektek dağları bulunmaktadır. Ovanın yüksekliği 350-500 m arasında olmakla birlikte kuzeye doğru yükseklik artmaktadır (Şekil 3.5).

3.1.2. Araştırma alanının topoğrafik ve jeolojik yapısı

Doğu ve batısında yer alan yükseltiler dışında topoğrafik olarak ova genel çizgileri ile iki kısımda incelenebilir. Taban araziler ve orta eğimli dalgalı araziler. Taban araziler Şanlıurfa il merkezi'nin güneydoğusunda başlayıp Akçakale ilçesi'ne kadar devam eden, Holosen düzlüklerinden oluşmaktadır. Bu arazilerin eğimi %0-2 arasında değişmekle birlikte, çoğunlukla %0.5'tir. Bu arazilerde çok hafif bir tesviyeye gereksinim vardır. Araştırma alanı jeolojik bakımdan genellikle Kvarterner (Pleistosen-Holosen) alüviyallerinden oluşmuştur. Jeolojik olarak ovada ve çevresinde Eosan, Oligo-Miyosen, alt Miyosen, Neojen, Pleistosen-eski alüvyon, Holosen yeni alüviyon ve bazalt birimleri bulunmaktadır (Dinç ve ark., 1988).

Harran Ovası'nda sulanan alanların çok önemli bir kısmı düzdür ve topraklar bitki gelişimi için gerekli olan derinlikten çok fazladır. Genelde yüksek kireç ve kil

içeriğine sahip olan toprakların organik madde miktarları düşüktür. Toprakta organik maddenin azlığı ve yüksek kil miktarı, toprak işleme, tohum yatağı hazırlama ve sulama işlemlerinde prodaktiviteyi etkileyici bazı problemlere neden olmaktadır (Çullu, 2003).

3.1.3. Çalışma alanının toprak özellikleri

Yapılan çalışmalar sonucu Harran ovasında 25 toprak serisi belirlenmesine rağmen bunlardan 6 tanesi çalışma alanında yaygındır. Bu serilerin 21'i killi, ikisi siltli kil, diğeri killi tın tekstürlüdür. Baskın silikat kil minerali smektit grubu killerdir ve bunun yanında paligorsgit kil mineralinin de önemli olduğu saptanmıştır. Genellikle iyi gelişmiş A-B-C horizonuna sahip bulunan ova topraklarının kireç içerikleri yüksek olmasına rağmen organik madde miktarı genellikle %1 civarındadır.

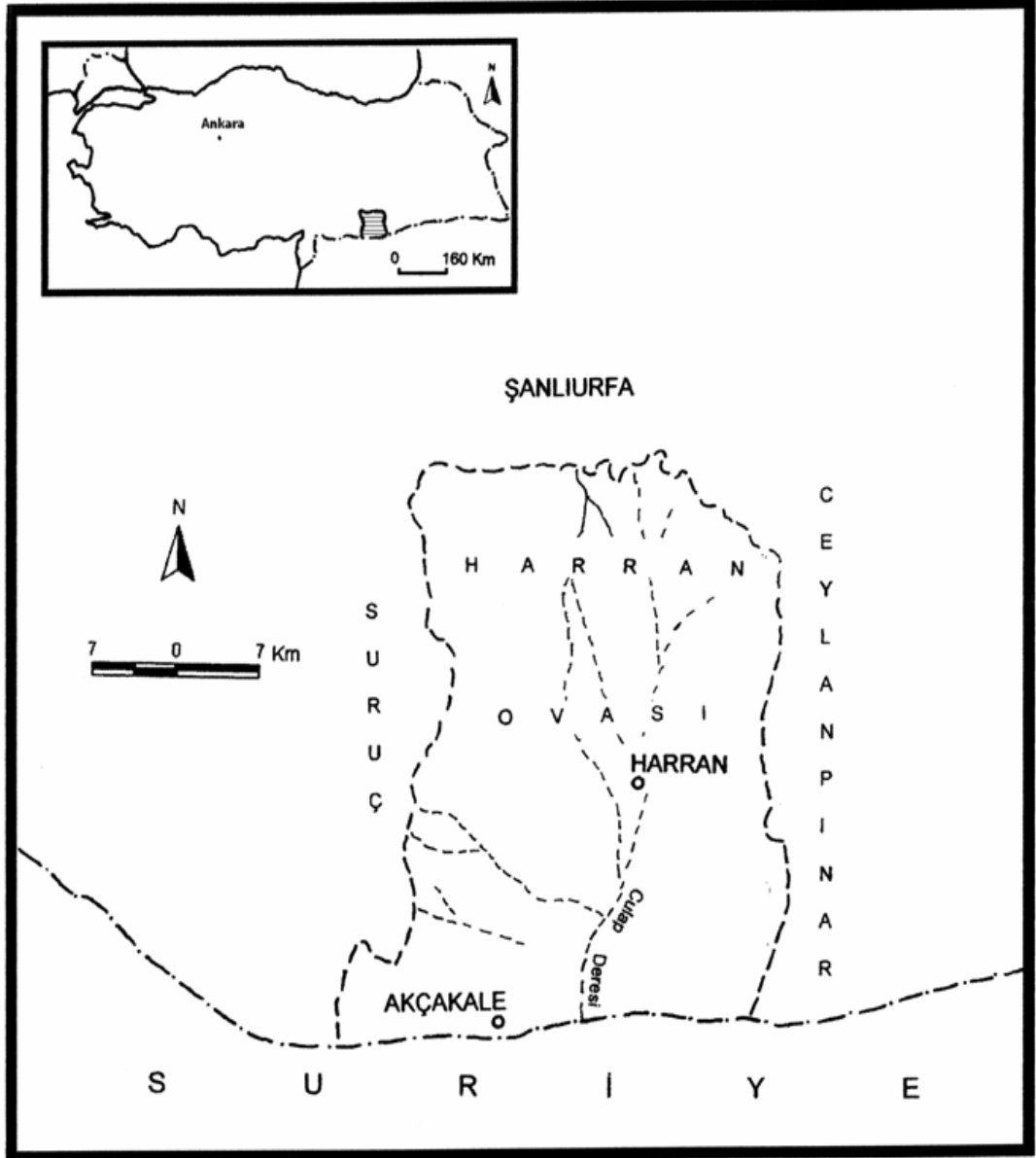
Amerika Birleşik Devletleri Toprak Taksonomisine göre (Soil Survey Staff, 2006); incelenen toprakların büyük bir bölümü Vertisol ordosuna girmektedir. Toprakların killi ve ağır killi olması ve 50 cm.'nin altında kayma yüzeylerinin (slickensides) bulunması Vertisol olmaları için yeterlidir. Toprakların ortalama kireç miktarı yaklaşık %20 civarında olmasına rağmen yaz aylarında geniş ve derin (1m den derin) çatlakların bulunması topraklarda yüksek oranda şişen killerin varlığını göstermektedir. Yüksek oranda kireç her ne kadar şişmeyi azaltsa da kayma yüzeylerinin oluşunu engeleyememektedir. Kireç ayrıca toprakların sodik olmalarını da önemli ölçülerde azaltmaktadır.

3.1.4. Araştırma alanının iklim özellikleri

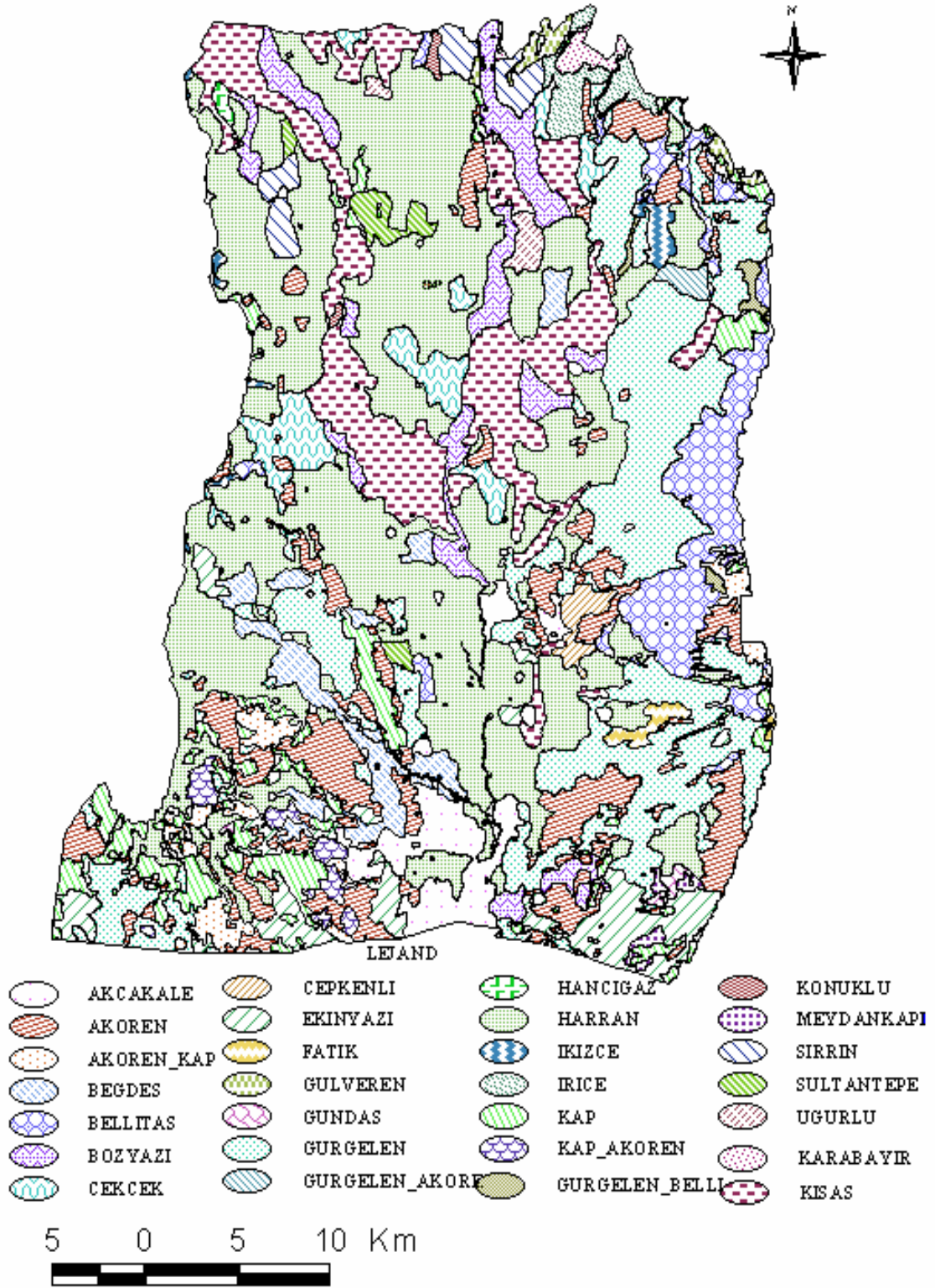
Şanlıurfa Devlet Meteoroloji istasyonlarına göre yıllık ortalama yağış miktarı 330 mm olup, en çok yağış alan ay Ocak (640 mm), en az yağış alan ay ise Ağustos (80 mm) 'dir. Yıllık ortalama sıcaklık 18.1⁰C, en düşük sıcaklığa sahip ay ocak 6.0⁰C ve en sıcak ay ise temmuz 31⁰C'dir (DMİ, 2004).

3.1.5. Araştırma alanının toprak ve buğday örneklerinin alındığı seriler

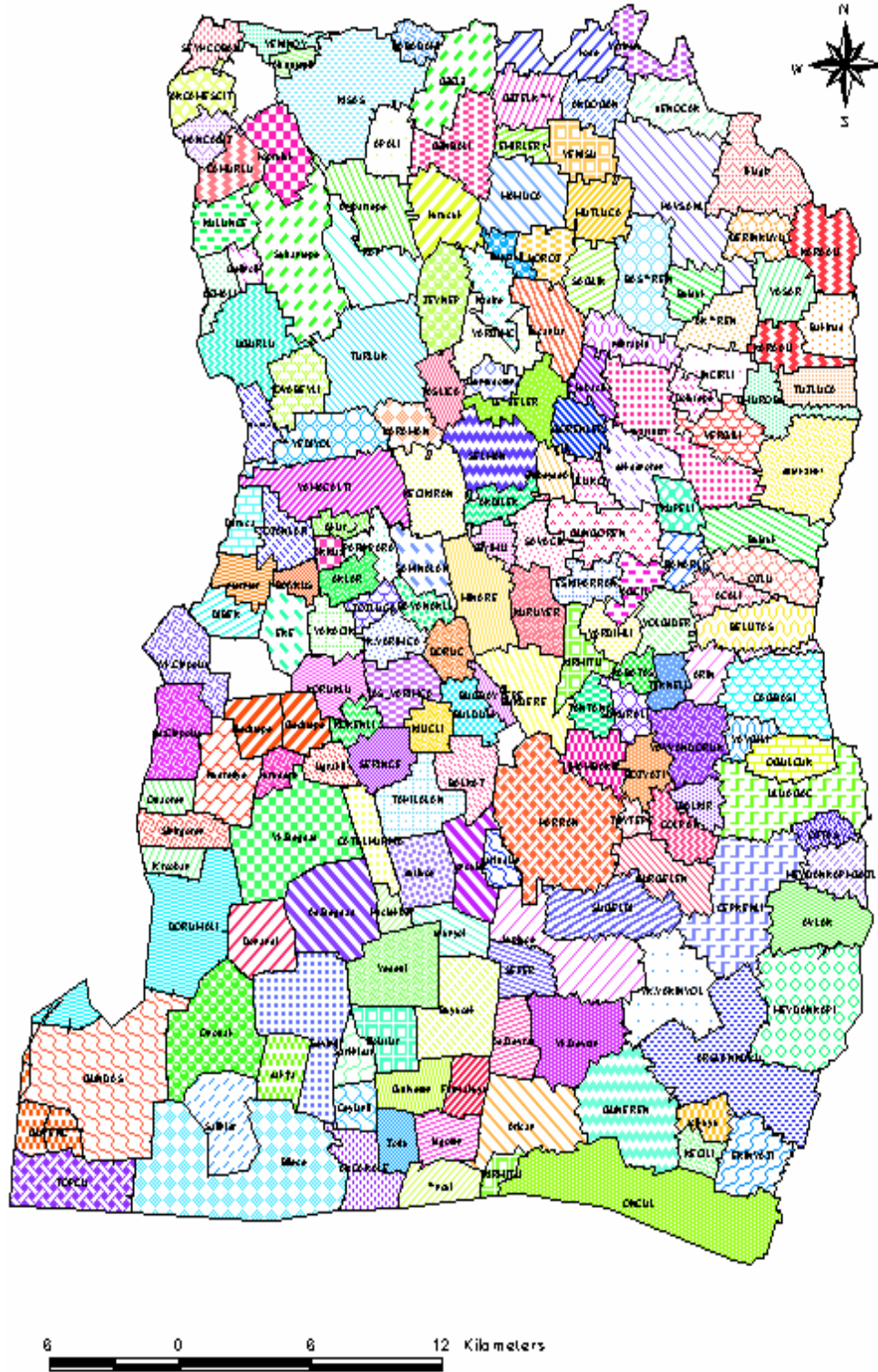
Araştırma alanının Türkiye içindeki yeri Şekil 3.1 de verilmiştir.



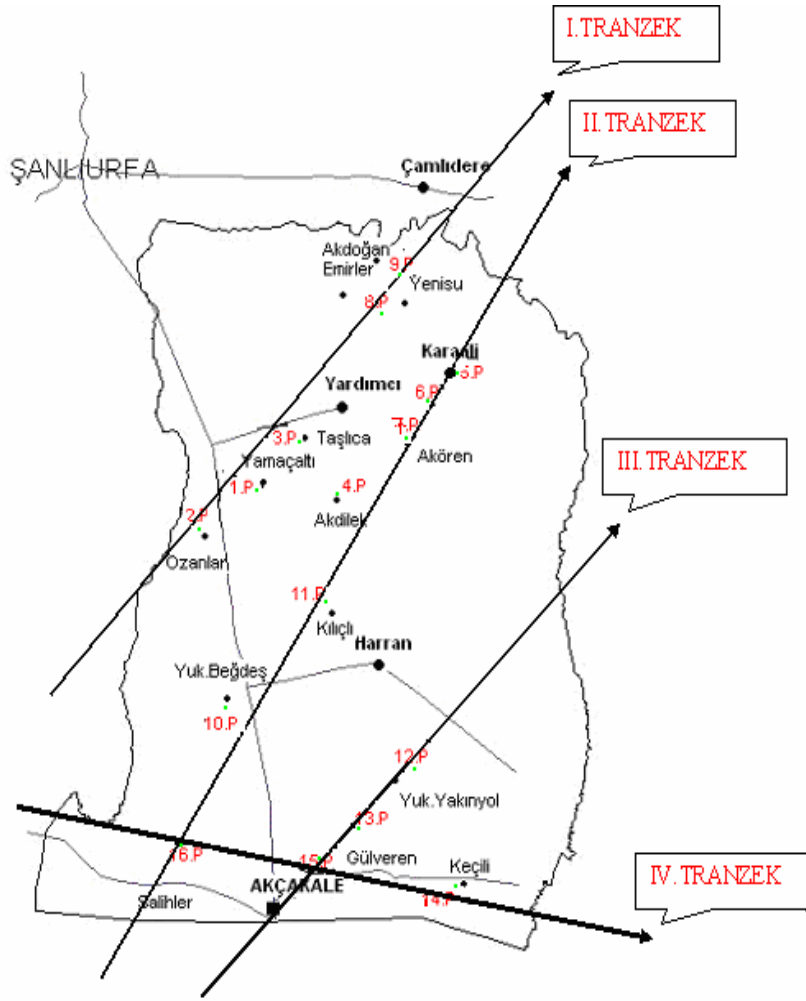
Şekil 3.1. Araştırma alanının Türkiye içinde bulunduğu yer haritası



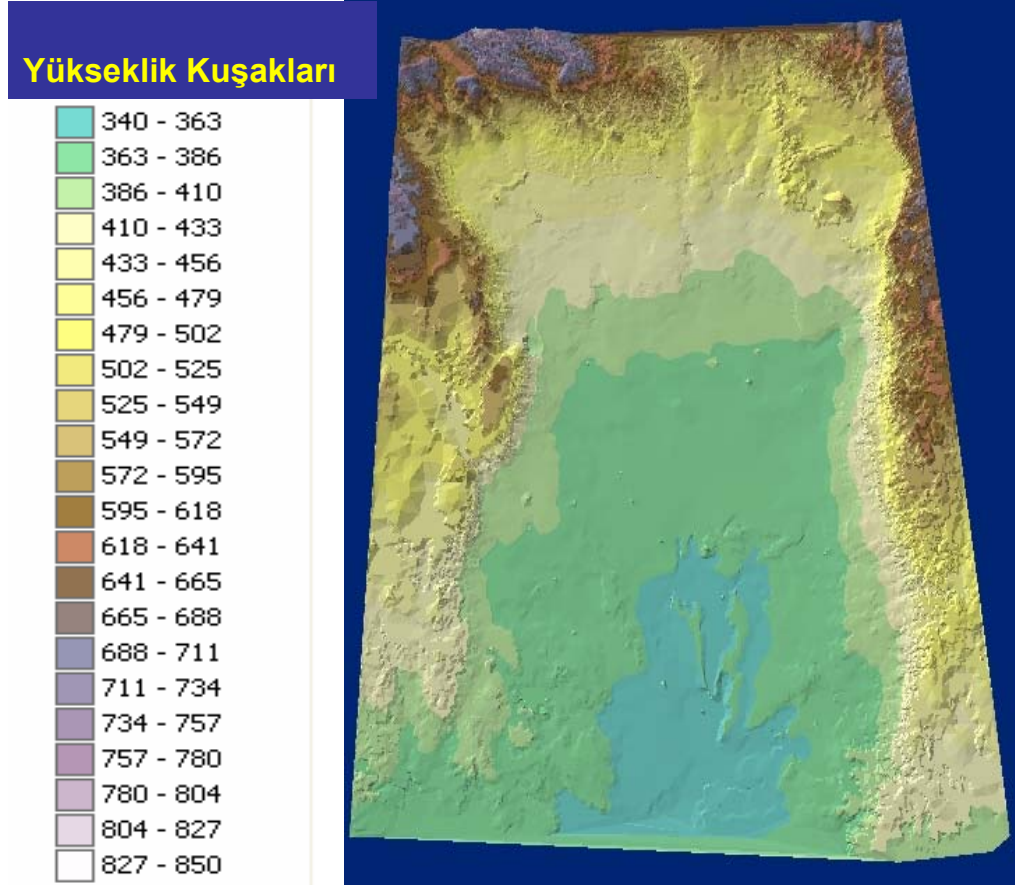
Şekil 3.2. Harran ovasının toprak serileri haritası (Dinç ve ark., 1988).



Şekil 3.3. Harran ovasında bulunan köylerin dağılımları



Şekil 3.4. Harran Ovasında toprak örnekleri alınan profillerin tranzektler üzerinde gösterimi



Şekil 3.5. Harran Ovasının 3 boyutlu görüntüsü

Şekil 3.2 ve 3.3'deki Harran Ovasının toprak serileri haritası göz önüne alınarak toplam 4 transekt seçilerek toplam 16 toprak profilinden; Çekçek, Kısas (Akdilek köyü), Kısas (Yamaçalı köyü), Bellitaş, Gürgelen, İkizce, Sırrın, İrice, Beğdeş, Harran (Yukarı Yarımca Köyü), Harran (Taşlıca Köyü), Gürgelen, Ekinyazı, Akçakale, Akören (Salihler Köyü), Akören (Yukarı Yakın Yol Köyü) genetik esaslara dayanarak analizlerde kullanılmak üzere horizon bazında örnekler alınmıştır (Şekil 3.4). Profil açılan tarlalardan makarnalık ve ekmeklik buğdayların kök, gövde ve danelerinden örnekler de alınmıştır. Profillerin görüntüleri Ek 3'te verilmiştir. Bitkiler kök, gövde ve dane olarak ayrılıp, her biri ayrı ayrı öğütülmüş ve her bir örnek polietilen torbalarda analizlerde kullanılmak üzere depo edilmiştir. Alınacak bitkilerde öncelikle Cd analizleri yapılmıştır. Ovada yetiştirilen makarnalık buğday çeşitleri (T. Durum Desf.) şunlardır: Sarıçanak 98, Zenit, Sevo, Fuat bey 2000, Fırat 93, Harran 95, Altıntoprak 98, Ceylan 95, Diyarbakır 81, Aydın 93 ve Salihli 92'dir. Ekmeklik buğday çeşitleri (T. Aestivum .İ) ise: Panda, Nurkent, Pehlivan, Golia,

Adana 99, Guadalupe, Karacadağ 98, Yüreğir 89, ve Dariel'dir. Buğday çeşitleri ve alındıkları yerler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kodlamalar, çeşitler ve yerleri

Toprak	Seri adı	Buğday çeşidi	GPS ile tanımlanan koordinatlar
1.	Kıyas 1	Mak.	N→36° 58' 00,3" E→38° 55' 42,3" UTM→37
2.	Çekçek	Mak.	N→36° 56' 49,9" E→38° 54' 05,8" UTM→ 37
3.	Harran1	Ekm.	N→37°00' 06,2" E→38°58'57,3" UTM→37
4.	Kıyas 2	Ekm.	N→36° 58' 05,6"E→ 39° 01' 09,5" UTM→37
5.	Bellitaş	Ekm.	N→ 37° 01' 09,6" E→ 39° 09' 13,2"UTM→ 37
6.	Gürgelen1	Mak.	N→37° 00' 50,4" E→39° 09' 63,2" UTM→37
7.	İkizce	Mak.	N→37° 01' .501" E→39° 07' .299" UTM→37
8.	Sırrın	Ekm.	N→37° 05' .461" E→39° 02' .144" UTM→37
9.	İrice	Ekm.	N→37° 06' .062" E→39° 03' .766" UTM→37
10.	Beğdeş	Mak.	N→36° 50' .491" E→38° 54' .169" UTM→37
11.	Harran 2	Ekm.	N→36° 53' .034" E→38° 57' .567" UTM→37
12.	Gürgelen 2	Mak.	N→36° 47' .136" E→39° 05' .258" UTM→37
13.	Akören	Mak.	N→36° 46' .353" E→39° 04' .529" UTM→37
14.	Ekinyazı	Mak.	N→36° 43' .374" E→39° 06' .811" UTM→37
15.	Akçakale	Ekm.	N→36° 45' .370" E→39° 58' .538" UTM→37
16.	Gürgelen 3	Mak.	N→36° 44' ,370" E→38° 52' .343" UTM→37

Ekm:Ekmeklik Buğday Mak: Makamalık Buğday, UTM Universal Transverse Mercator

3.2. Yöntem

Toprak örnekleri kurutulduktan sonra öğütülerek 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. Bu örneklerde; aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

3.2.1. Genel toprak analizleri

3.2.1.1. Toprak pH'sı

Saturasyon çamuru 24 saat bekletildikten sonra, süzme setinden elde edilen çözeltide okumalar yapılmıştır. Okuma aleti, Standart Buffer çözeltisi ile 7'ye ayarlanmıştır, pH metrenin elektrot ucu süzüğün içine batırılarak, cihaz üzerindeki değer kaydedilmiştir (Richards, 1954).

3.2.1.2. Kireç içeriği

Çağlar, 1949'da belirtildiği gibi, toprakların kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi ile yapılmıştır.

3.2.1.3. Elektriksel iletkenlik (Eİ)

Elektriksel İletkenlik (Eİ); örnekler için saturasyon çamuru hazırlanarak toprak suyunda ölçülmüştür (Richards, 1954).

3.2.1.4. Katyon değişim kapasitesi (KDK)

Katyon Değişim Kapasitesi iki basamaklı olarak belirlenmiştir. Bu analiz için 4 g toprak örneği alınarak üzerine 1 N 33 mL CH_3COONa ilave edilmiş, çalkanmış, ve üzerinde kalan berrak sıvı kısım atılmıştır. Bu işlem 3 kez tekrar edilmiştir. Örnek üzerine 33 mL etil alkol ilave edilip, 10 dk. çalkanmış ve santrifüj edilmiştir. Üzerinde kalan berrak sıvı atılmış ve bu işlem 3 kez tekrarlanmıştır. Adsorbe edilmiş sodyum, örneği 33 mL'lik bölümler halinde amonyum asetat $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ile 3 defa çalkalanıp üst sıvıyı bir balon jodede biriktirilerek geri alınmıştır. Aynı çözelti 100 mL'ye tamamlanarak flamefotometrede okuma yapılmıştır (Chapman ve Pratt, 1961).

3.2.1.5. Değişebilir katyonlar (DK)

Değişebilir katyonların için 4g toprak örneği alınarak önce saf su ile yıkanmıştır. Üzerine 1 N 33 ml $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ilave edilmiştir ve 10 dk çalkalanmıştır. Santrifüj edilmiş ve 100 mL'lik balonlara alınmıştır. Bu işlem 3 kez tekrar edilmiş ve 100 mL'lik balonlarda toplanarak sulandırma yapılmadan flamefotometrede Na, Richards (1954) da belirtildiği gibi hesaplanmıştır. Ca, Mg, K ve tekerrürlü Na analizleri aynı çözeltinin Atomic Absorbtion'da okutulmasıyla yapılmıştır.

3.2.1.6. Organik madde (%)

Organik madde miktarı Jackson (1962) tarafından bildirilen, modifiye Walkley-Black yöntemi ile belirlenmiştir.

3.2.1.7. Tekstür

Örnek kaplarına 50 g. toprak konmuştur. Üzerine 10 mL %10'luk kalgon (sodyum heksametafosfat) ve ilk önce üzerine 150 mL saf su ilave edilmiştir, sonra bir litre çizgisine getirilmiştir. Karıştırılıp ve 24 saat bekletildikten sonra tekrar çalkanmış ve 40. saniye ve 2. saat hidrometre okumaları yapılmıştır. Daha sonra hesaplama yapılarak toprakların tekstürleri belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951).

3.2.1.8. Renk

Munsell renk skalasından bakılarak tayini hem kuru hem de nemli olarak yapılmıştır.

3.2.2. Ağır metal analizleri

3.2.2.1. Toprakta ağır metallerin belirlenmesi

Her bir toprak örneğinden 0,5 g alınarak 9 mL HNO₃ (%65) ve 3 mL HF (%40) US EPA METHOD 3052 (Application note 021)'e göre eklenmiştir. Örnekler mikrodalga cihazında yakılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra saf su ile 10 mL'ye tamamlanarak filtre kağıdından süzülüş ve ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) cihazında kadmiyum, çinko, ve demir okuması yapılmıştır. Standard olarak NBS sertifikalı 1567 numaralı buğday unu kullanılarak aletin kalibrasyonu sağlanmıştır.

3.2.2.2. Bitkide ağır metallerin belirlenmesi

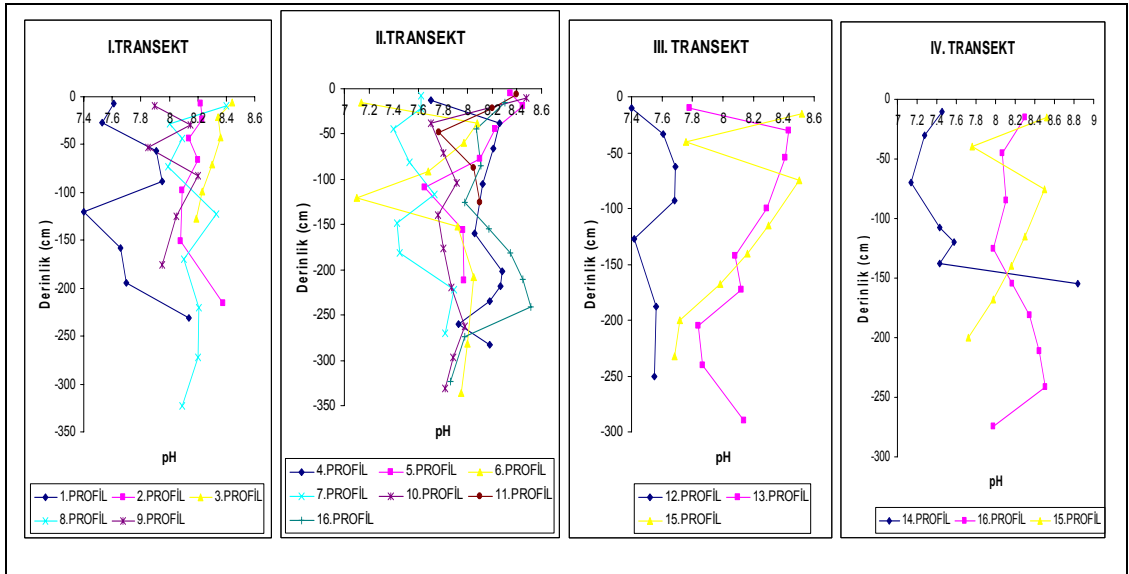
Microdalga'da kök ve gövde için LEAVES (General Method- Application note 042), yöntemi kullanılarak, dane için WHEAT FLOUR (Application note 034) yöntemi kullanılarak bitki sıvılaştırılmıştır. Kök, gövde ve dane örnekleri 70 °C'de kurutulup, krezelerde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Dane, kök, ve gövde örneklerinden 0,5 g alınarak, 8 mL HNO₃ (%65) ve 2 mL H₂O₂ (%30) eklenmiştir. Mikrodalga cihazında yakılmıştır (Milestone, İtalya). Yakılan örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra saf su ile 10 mL'ye tamamlanarak filtre kağıdından süzülüş ve ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) cihazında kadmiyum okuması yapılmıştır. Analizlerin doğruluk dereceleri NBS sertifikalı 1567 numaralı buğday unu referans materyali olarak kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Toprakların Genel Özellikleri

4.1.1. pH

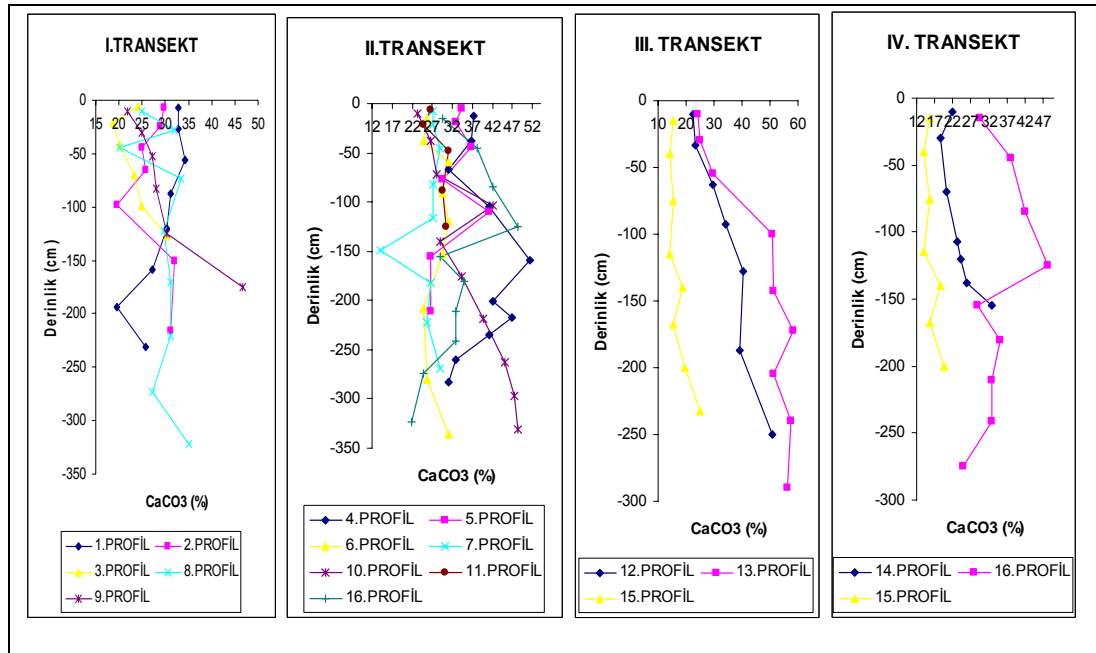
İncelenen 4 transekte pH değerleri. üst horizonlarda 7.14 ile 8.52 arasında değişmektedir (Şekil 4.1). En yüksek değerler ovanın en düşük kodunda bulunan, örneğin; Akçakale (P. 15) ve Gürgelen (P. 16) serilerinde bulunmuştur. Bu alanlarda jips kristallerine de rastlanması tuzların ve özellikle Na'un düşük kodlarda toplandığını açık bir şekilde göstermektedir. Alt horizonlarda pH'lar 7.10 ile 8.84 arasında değişmektedir. Ova genelinde yüzey horizonlarında pH bakımından bir dalgalanma varsa da derinlik arttıkça dalgalanma aralığının daraldığı görülmektedir. Ova toprakları seriler bazında nötr, hafif alkalın, orta derecede alkalın olarak değerlendirilebilir. Toprakta kireç olduğu için pH'nın 7'nin altına düşmesi beklenemez. Bilindiği gibi, besin maddelerinin ve diğer iyonların bitkilerce alınma hızı ve miktarı da pH'ya bağlıdır. Bu nedenlerden dolayı da pH çalışma konusu açısından da önemli bir değişkendir.



Şekil 4.1. pH-derinlik ilişkileri

4.1.2. Kireç

Yüzey topraklarında kireç %15.6 ile 37.4 arasında değişmektedir. Alt topraklarda, P. 15 dışında kireç artarak %24.9 ile 58.5'lere ulaşmaktadır (Şekil 4.2). Toprakta kireç oranının yüksek olması çevredeki tepelerden karbonatlı kaya parçacık ve artıklarının düzlüklere taşınması, ovanın az yağışlı olması ve kirecin yeterince yıkanamamasından kaynaklanmaktadır. Ovada bazı serilerde, örneğin P 16'da olduğu gibi, gözle görülebilir ikincil kireç birikmesi izlenmiştir. İkincil kireç oranlarının az olması ova topraklarının genç olmalarına önemli bir işaret olarak sayılmaktadır. En yüksek kireç değerlerine Kısas 2 (P.4), Akören (P. 13), Bellitaş (P. 5), Beğdeş (P. 10), ve Gürgelen 2 (P. 12)'de rastlanırken, en düşük değerlere ise Harran 1 (P. 3), İkizce (P.7) , Ekinyazı (P.14) ve Akçakale (P. 15) serilerine ait profillerde rastlanmaktadır. Bilindiği gibi toprakta kireç, organik madde ile komplekse girdiğinden parçalanması da engellenerek toprakta organik maddenin bir çeşit şelat oluşturarak birikimine de sebep olmaktadır (Duchaufour, 1982).



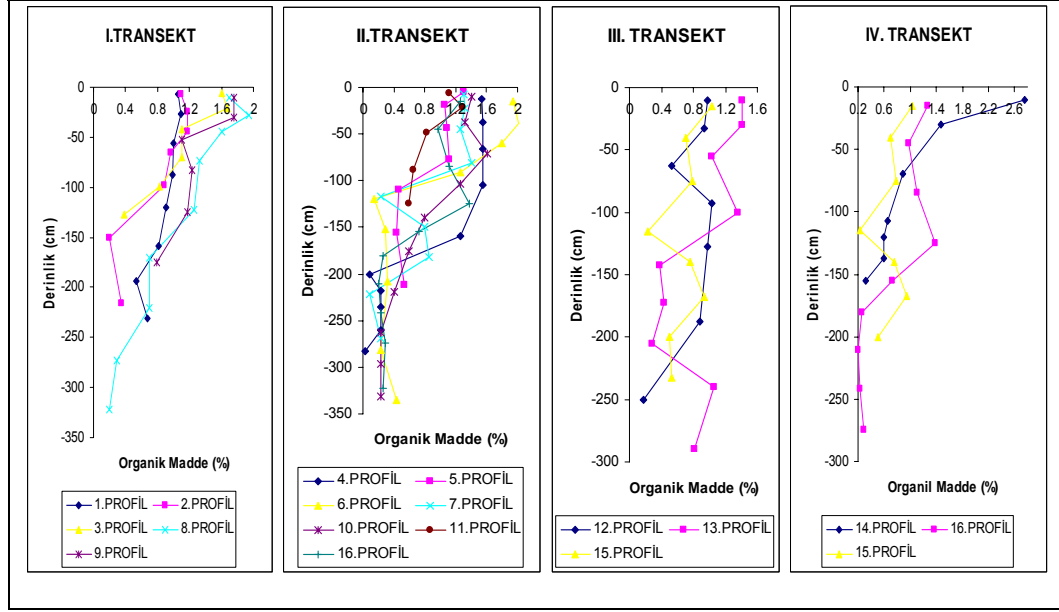
Şekil 4.2. Kireç (CaCO₃)-derinlik ilişkileri

4.1.3. Organik madde

Ovanın yüzey topraklarında organik madde %0.97 ile 2.76 arasında değişmektedir (Şekil 4.3). Harran ilçesi ve Tektek dağlarına doğru organik madde miktarı azalmaktadır. En yüksek değer Ekinyazı profilinde (P.14) bulunmuştur. Toprakta organik madde miktarının düşük olmasının en önemli nedeni, yağışların yetersizliğidir. Doğal alanlarda biomasın az olması ve yazın aşırı sıcaklıklar toprağa düşen bitki artıklarının kolayca parçalanmasına (oksidasyon) yol açtığından birikmesini de önemli ölçüde engellemektedir. En yüksek organik madde miktarları Gürgelen 1 (P.16), Sırrın (P.8), İrice (P.9), Ekinyazı (P.14), Kısas 2 (P.4) ve Harran 1 (P.3) profillerinde iken, en düşük değerler ise Çekçek (P.2), Akçakale (P.15) ve Gürgelen 3 (P.12) profillerinde bulunmaktadır. Bu durum genelde ovanın ortasına doğru organik maddenin az da olsa arttığını göstermektedir. Derinlik arttıkça organik madde miktarlarındaki düşüşlerin ani olmaması, toprakların genelde Vertisol olması nedeniyle, beklenen bir durumdur (Çakmaklı, 2008). Toprak organik maddesinin Cu, Zn, Ni, Mn ve Cd gibi metallerle şelat yaparak toprakta bu metallerin hareketlerini azaltmak gibi çok önemli bir görevi vardır (Singer, 1987).

4.1.4. Tekstür

Ova toprakları killidir ve üst topraklarda değerlerin %29-58 arasında değişmektedir (Şekil 4.4). En düşük kil miktarı Çekçek (P.2) ve en yüksek Kısas I (P.1) de bulunmuştur. Genelde kil miktarlarının % 45'in üzerinde olması ova toprakların da killi olarak nitelenmesine neden olmaktadır. İncelenen toprakların bütünü göz önüne alındığında ovanın ortasına doğru kil miktarının arttığı görülmektedir. Ovanın doğu-batı çizgileri arasında en düşük kod ovanın ortasında olduğundan burada kil miktarının artması kil parçacıklarının ovanın ortasına doğru taşındığına önemli bir kanıttır.

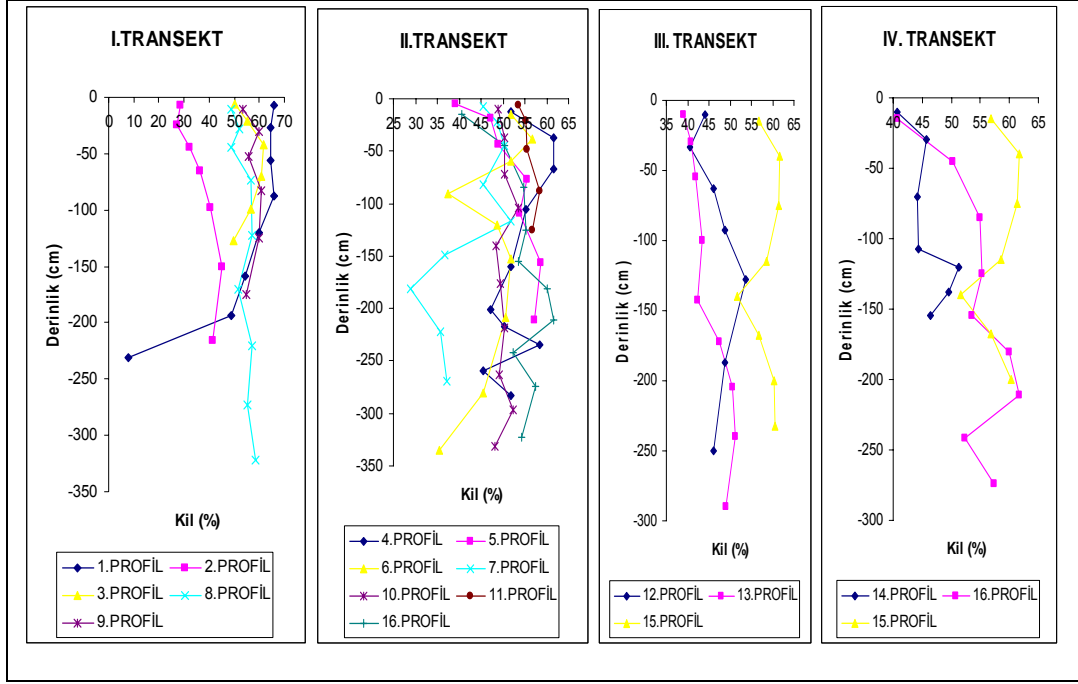


Şekil 4.3. Organik madde-derinlik ilişkileri

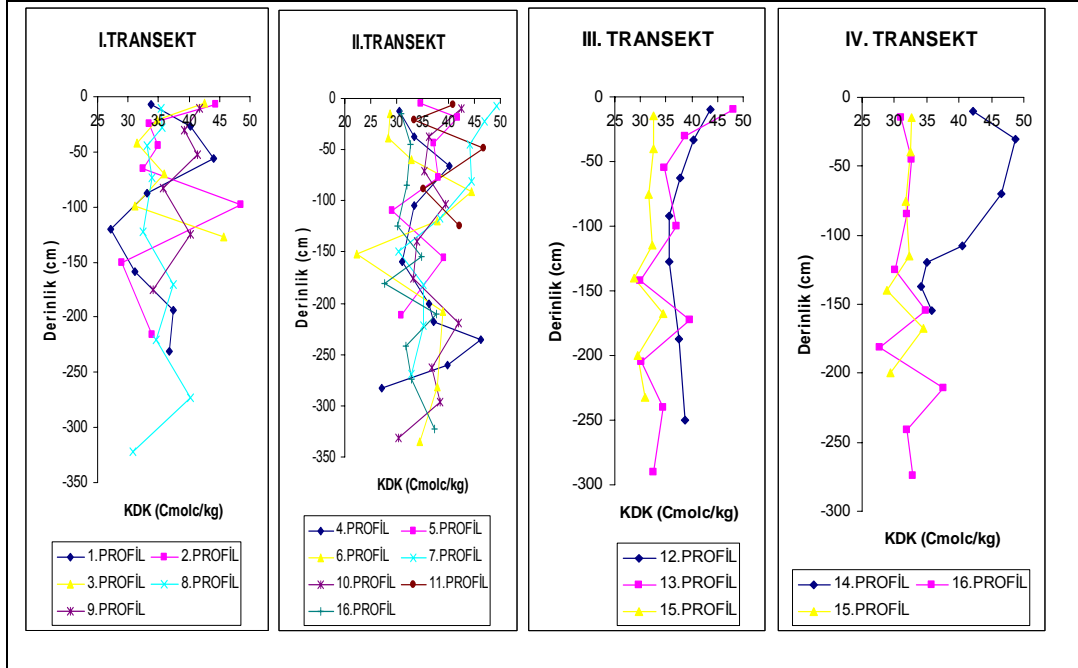
Topraklar, yazın su kaybettiğinden, büzülerek büyük çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Bu çatlakların var oluşu smektit gibi şişen killerin ovada yaygın olduğunu kanıtlamaktadır. Yüksek kil oranı ve şişen killerin bulunması nedenleriyle toprakların çoğunda kayma yüzeylerine rastlanması Harran ovası topraklarının da çoğunlukla Vertisol olduğunu kanıtlamaktadır (Ahmad ve Mermut, 1996).

4.1.5. Katyon değişim kapasitesi

Ovada katyon değişim kapasitesinin üst topraklarda 29 ile 49 cmolc/kg arasında değişmektedir (Şekil 4.5). Organik maddenin az olmasına rağmen pH'nın yüksek olması, organik madde üzerinde yük artması dolayısıyla, az da olsa katyon değişimine olumlu etkiler yapmaktadır. En yüksek KDK değerlerine İkizce (P.7), en düşük değerler ise Gürgelen 1 (P.6) serilerinde bulunmuştur.



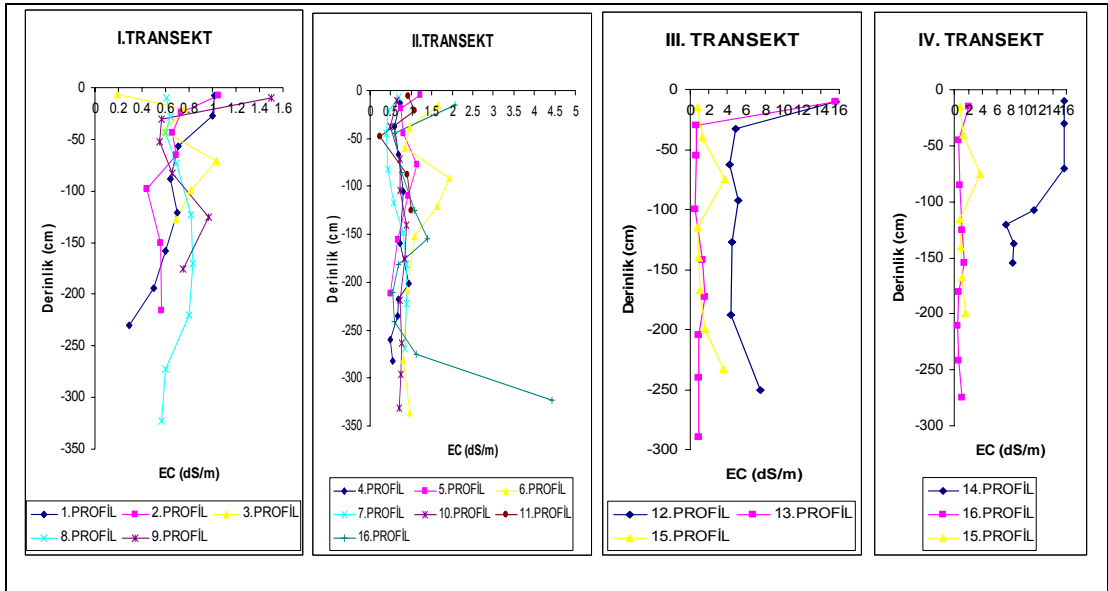
Şekil 4.4. Kıl-derinlik ilişkileri



Şekil 4.5. KDK-derinlik ilişkileri

4.1.6. Tuzluluk

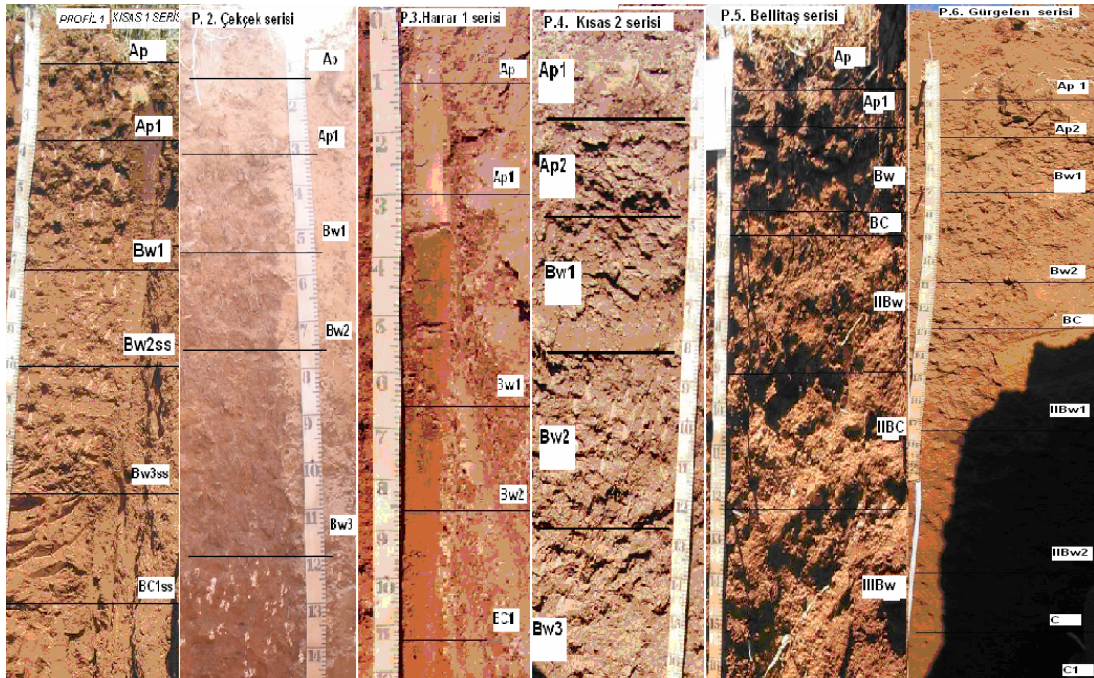
Kurak bölgelerde yağış azlığı nedeniyle tuzların derinlere yıkanması genel olarak azdır. Çözünebilir tuzlar ancak sularla çukur veya çevresine göre alçak alanlara taşınabilir. Drenajı yetersiz alçak alanlarda biriken ve tuz içeren sular bu bölgelerde yazın yüksek buharlaşma nedeniyle özellikle toprak yüzeyinde tuzların birikmesine neden olur. Harran ovası yüzey topraklarında tuzluluğun ifadesi olan EC değerleri 0.19 ile 15,62 dS/m arasında değişmektedir (Şekil 4.6). Yaz aylarında tuzluluğun daha çok üst toprakta biriktiğini ve bunun da kurak iklimden kaynaklandığını ve yıkanma olmadığından burada biriktiğini görmekteyiz. Ovanın güneyine doğru, diğer bir deyişle düşük kodlarda, tuz oranında belirgin bir artış görülmektedir. Ovanın en düşük kotlarında ayrıca jips kristallerine rastlanması, ovada tuzların düşük hızda da olsa, güneye doğru hareket ettiğinin açık bir kanıtıdır. Jipsin varlığı anyonlar içinde önemli ölçüde SO_4^- bulunduğunu ve bu iyonun 10^{-2} M den fazla olması durumunda kireci çözerek toprakta jips oluşmasına olanak sağlamaktadır.



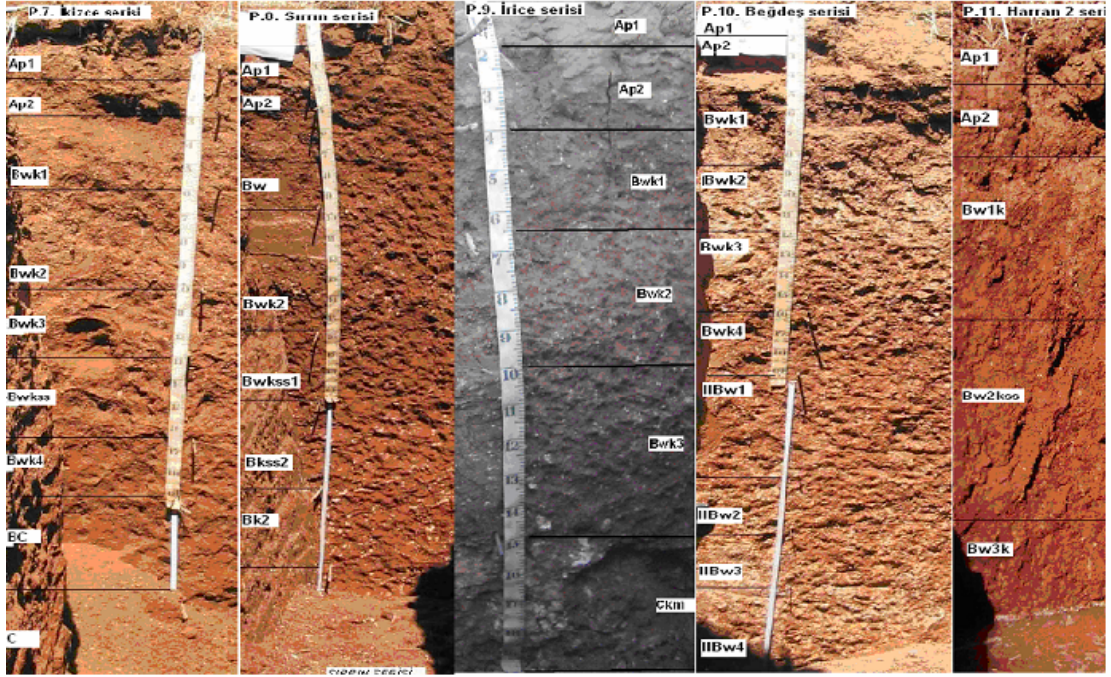
Şekil 4.6. EC-derinlik ilişkileri

4.1.7. Renk ve toplam demir

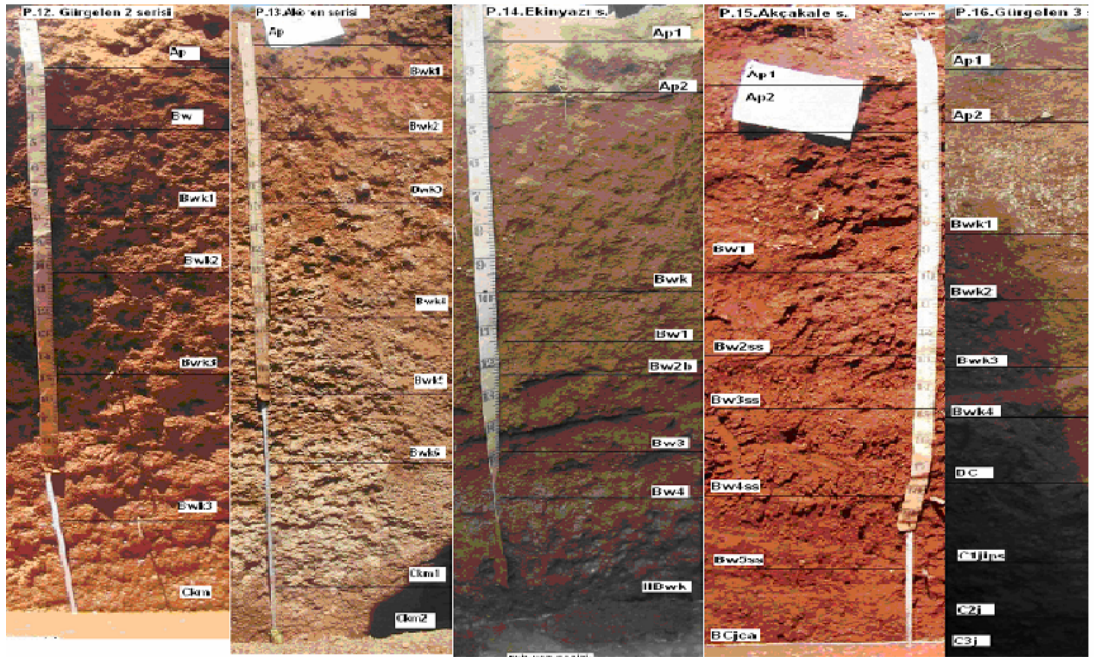
Toprakların organik madde miktarı, drenaj koşulları ve havalanması gibi özellikleri ile rengi arasında yakın bir ilgi bulunmaktadır. Toprak uzmanları toprak horizonlarını renklerine bakarak oluşları hakkında bilgi edinebilirler. Topraklarda görülen koyu rengin nedeni, o toprakta bulunan minerallerin (özellikle demir, magnezyum ve kireç içeren) parçalanması ve ayrışma uğraması ile organik madde miktarından kaynaklanabilir. Toprağa kırmızı rengi sağlayan genellikle demir oksihidroksitlerdir. Kireç toprağa açık gri veya beyaz renk kazandırır (renk analizi sonuçları Ek 4.tedir). Harran ovası üst topraklarında rengin genellikle (Şekil 4.7-4.8-4.9) kırmızı-kahverengi olduğu görülmektedir. Harran Üniversitesi Toprak bölümünde yapılan çalışmalara göre, kırmızımsı rengin genelde demir oksihidratlardan geldiği anlaşılmaktadır. Ovanın kenarlarına doğru rengin daha da kırmızılaşması bu alanlarda daha fazla demir oksihidroksitlerin bulunduğunu göstermektedir. Yüzeysel topraklarında toplam Fe miktarlarının 2.87 ile 29.08 g/kg arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.7. P1-P2-P3-P4-P5-P6 Profillerinin görünümü



Şekil 4.8. P7-P8-P9-P10-P11 profillerinin görünümü



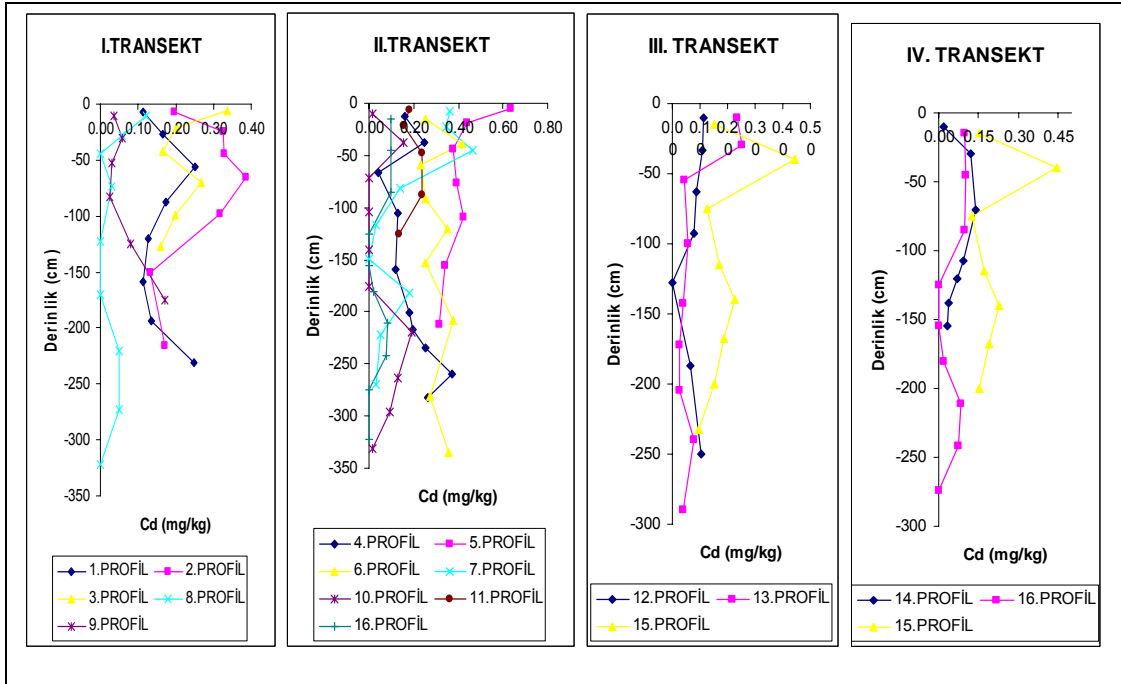
Şekil 4.9. P12-P12-P13-P14-P15-P16 Profillerin görünümü

4.2. Toprak ve Buğdaylarda Kadmiyum

Yukarıda belirtildiği gibi toprağa giren kadmiyum ekosistemde bitki yoluyla döngüsünü tamamlayabilmektedir. Bu bölümde, toprak özellikleri ile kadmiyum ve buğdayların kadmiyum alımı üzerinde durulacaktır. Üzerinde çalışılan topraklarda çok uzun bir süre tarım yapılmakla birlikte son yıllarda artan oranlarda sulamalarla birlikte geniş ölçüde fosforlu gübrelerin kullanıldığı bilinmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 2001 yılında fosforlu gübre tüketiminin en fazla olduğu il 110.570 ton ile Şanlıurfa'dır. 2001' deki ortalama fosforlu gübre tüketimi 27.560 ton iken, Şanlıurfa'da 110.570 ton ile ortalamamın üzerinde fosforlu gübre tüketimi gerçekleşmiştir (Çoban ve Aldemir, 2004).

4.2.1. Toprak profillerinde kadmiyum dağılımı

Topraklardaki Cd dinamiği, toprağın pH sı, redoksu, organik madde içeriği, tekstür ve serbest karbonatlar gibi özellikler tarafından güçlü bir şekilde etkilenmektedir.



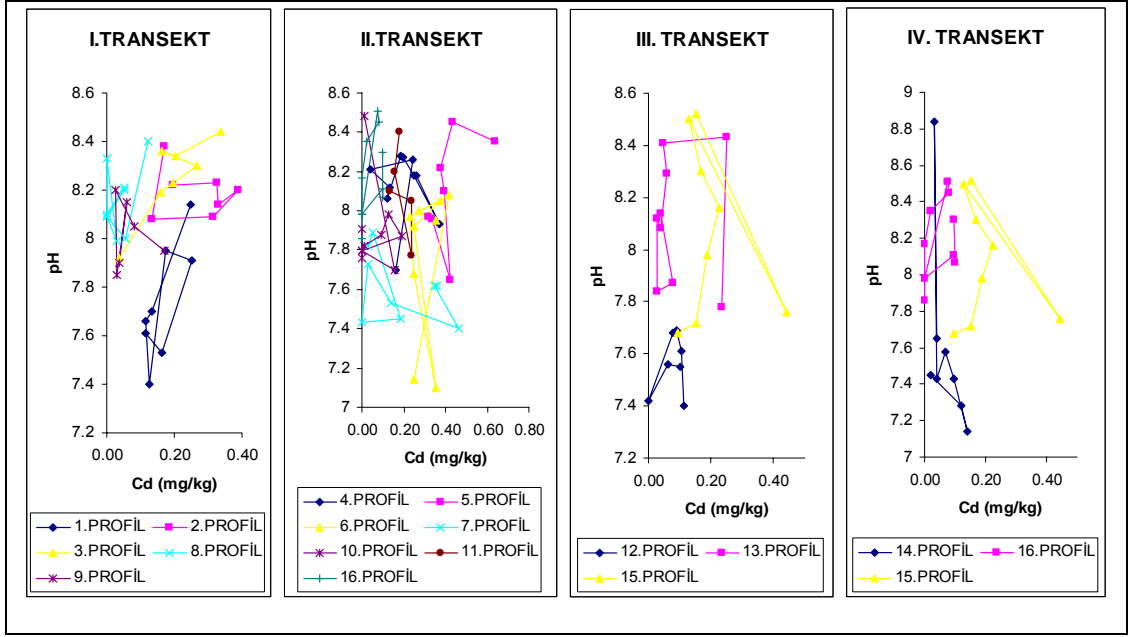
Şekil 4.10. Cd-derinlik ilişkileri

İncelenen 4 transekte de toprakların genel özelliklerinin toprağa giren Cd'u etkilediği ortaya çıkmıştır (Şekil 4.10). Üst topraklar göz önüne alındığında P.3 (Harran1), P.5 (Bellitaş), P.6 (Gürgelen1) ve P.7 (İkizce) serilerinde tolere edilebilir sınır değerinin üstüne çıktığı ve bununda özellikle bu profillerde kullanılan P'lu gübreden kaynaklandığı düşünülmektedir. 16 seriden yalnızca 4'ünde sınır değerinin aşılmış olması, ova topraklarının insan kaynaklı yollarla kirletildiğinin bir göstergesidir. Ova toprakları Cd kirliliği açısından yine de eşik değerlerinin altında çıkmıştır. Aşağıda toprak özellikleri ile Cd arasındaki ilişkiler ele alınmıştır.

4.2.1.1. Cd-pH İlişkisi

Bitkilerin kadmiyum alımını etkileyen en önemli faktörden biri pH dır (Alloway, 1995). Kabata- Pendias ve ark. (2001), nötr ve hafif alkalın (pH 6.5-7.5) topraklarda patates yumrusunun Cd konsantrasyonunun asit toprakta yetişenlere göre daha az olduğunu saptamıştır. Kuzey Kore'de, metal madencilik endüstrisinin yakınındaki topraklarda Cd, Cu, Pb, ve Zn'nun düşük pH'larda yarayırlılığının arttığı saptanmıştır (Kyyoung-Woong ve Kwang-Koo, 1999). Kuzey Dakota'da, düşük pH'ya, yüksek toplam kadmiyum konsantrasyonuna, ağır killi ve yüksek Cl konsantrasyonuna sahip olan bir toprakta ayçiçeği bitkisinin yüksek oranda Cd aldığı bildirilmiştir (Li ve ark., 1994).

Üzerinde çalışılan Harran ovası toprakların üst horizonlarında pH 7.14 ile 8.52 arasında değişmektedir (Şekil 4.11). Kadmiyum oranı sadece 4 toprakta limit değerini aştığı göz önünde bulundurulursa pH'nın doğrudan olmamakla birlikte dolaylı olarak yine de Cd üzerinde etkili olduğu düşünülebilir. Bitkilerin besin maddelerini alım hızı ve miktarı toprak reaksiyonu ile doğrudan ilişkili olduğundan pH ile Cd alımı arasında yakın bir ilişki olduğu söylenebilir. Harran ovası topraklarının nötr ve hafif alkalın olduğu ve bu tip topraklarda Cd yarayırlılığı genelde daha azdır. Bu da Harran ovasında yetiştirilen buğdaygillerin Cd uma karşı daha az riskli olduğunu göstermektedir. pH'nın 8.5'in üzerine çıktığı profillerde Cd miktarı da artmakla birlikte bu artışın daha çok tuzların artmasına bağlı olduğu söylenebilir. Bu şekilde artışın pH'dan çok ortamda elektrolitlerin artışından kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 4.11. pH-Cd ilişkileri

Harran Ovası topraklarında pH ve Cd arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 4.11.de verilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği gibi iki değişken arasında, Profil 1 ve 3 dışında, güvenilir istatistik bir korelasyonun bulunduğu söylenemez. Ancak üzerinde çalıştığımız topraklarda bitkilerin ihtiyaçlarından daha fazla verilen gübreler az da olsa ve lokal olarak toprak reaksiyonunu etkileyerek pH'da yükselme ve düşmelere sebep olduğunu ve bunun da verim ve kalitede değişikliklere yol açacağı düşünülebilir.

Ova topraklarından alınan 16 profil örneğinin üst topraklardaki Cd-pH korelasyon katsayısı 0.008'dir. Bundan da anlaşılacağı gibi ovada Cd ile pH arasında doğrudan bir ilişki bulunmamaktadır. Ancak diğer faktörlerin de birbiriyle etkileşimi gözününe alınırsa, pH yine de etkili bir değişken sayılabilir.

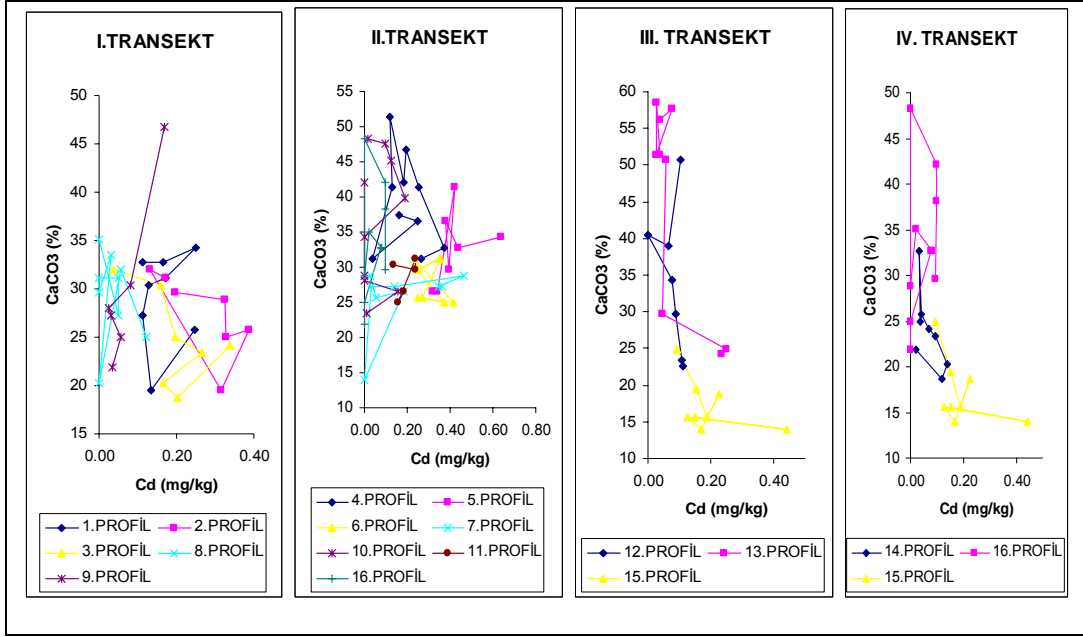
Çizelge 4.1. pH-Cd korelasyon katsayıları

Transekt I	R ²	Transekt II	R ²
P.1	0.60	P.4	0.01
P.2	0.03	P.5	0.22
P.3	0.75	P.6	0.04
P.8	0.20	P.7	0.19
P.9	0.02	P.10	0.02
		P.11	0.29
		P.16	0.25
Transekt III	R ²	Transekt IV	R ²
P.12	0.08	P.14	0.29
P.13	0.00	P.16	0.25
P.15	0.08	P.15	0.08

4.2.1.2. Cd-kireç ilişkisi

Harran ovası topraklarında esas ana materyal Genç Tersiyer yaşlı kireç kayalarıdır. Güneri (2001), kireçtaşının içinde 0.16 mg/kg Cd bulunduğunu ve bu metalin ana materyalden toptağa geçtiğini söylemektedir. Bazı topraklar içinde bulundukları minerallerden dolayı yüksek düzeylerde Cd içerebilirler (Anonim, 2008).

Yapılan çalışmalar, topraklarda doğal olarak bulunan ağır metallerin en büyük kaynağının kayaların aşınması olduğunu, bunu yağışların ve atmosferik tozların takip ettiği söylenmektedir. Toprağa volkanik emisyonlardan da ağır metal girişi olduğu bilinmektedir (Bowen, 1979). Ancak fosforlu gübrelerin yüksek oranda kullanılmaya başlandığı 1960'lı yıllardan bu yana, toprağa önemli ölçülerde Cd verildiği birçok araştırmacılarca ortaya konmuş bulunmaktadır (Mermut ve ark. 1996). Kullanılan fosfat kayasının kökenine bağlı olarak içlerinde önemli ölçüde Cd içerdiği bilinmektedir. Aslında gübrelerde Cd analizleri yapılmadan toprağa verilmesini önleyecek yasal bir mekanizma ne yazık ki bulunmamaktadır. Kadmiyum oranı yüksek fosfat kayasından Cd ayıklamak fiyata etki ettiğinden gübre fabrikaları bu önemli problemin çözümüne şimdilik sıcak bakmamaktadırlar.

Şekil 4.12. CaCO₃ -Cd ilişkileri

Harran Ovası yüzey topraklarının kireç içeriğinin yüksek olduğu ve %15.6 ile %37.4 arasında değiştiği görülmekle birlikte bazı alt toprak horizonlarında değerler %24.9 ile %58.5 arasında değişmektedir (Şekil 4.12, Ek 4). Cd miktarlarının 16 profilden sadece 4'ünde belirlenen sınır değerini aştığı görülmektedir. Ancak kireç miktarı arttıkça Cd içeriklerinde genel de bir azalma olduğu açıktır. Burdan da anlaşılacağı gibi tek başına olmamakla birlikte kireç toprakta arttığında Cd miktarı azalmaktadır.

Çizelge 4.2. CaCO₃ - Cd arasındaki korelasyonlar

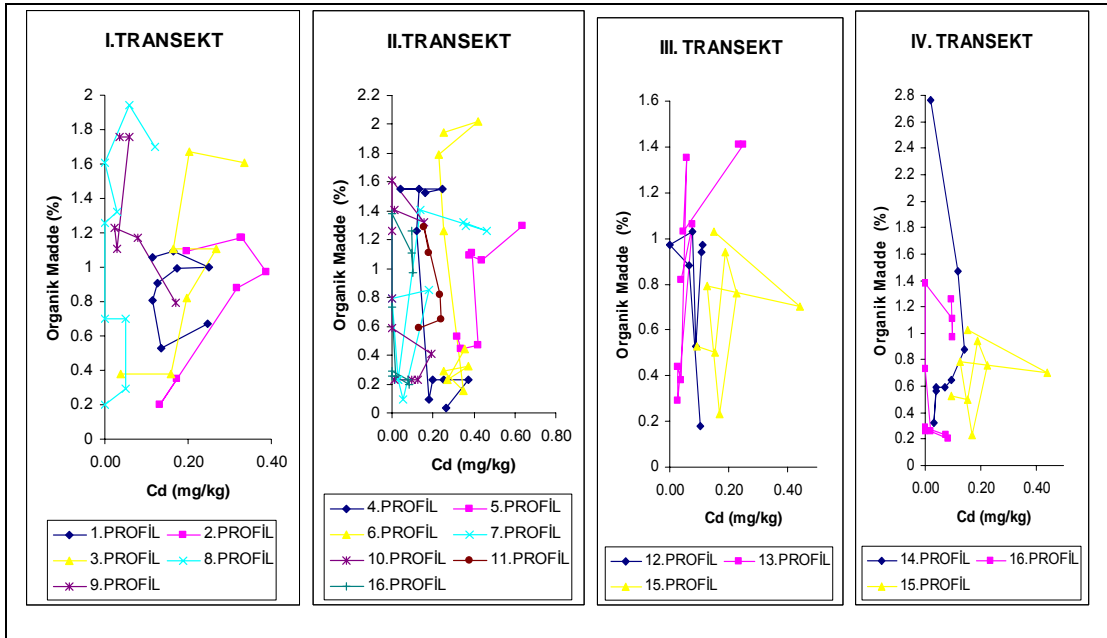
Transekt I	R ²	Transekt II	R ²
P.1	0.03	P.4	0.07
P.2	0.50	P.5	0.17
P.3	0.27	P.6	0.09
P.8	0.04	P.7	0.20
P.9	0.85	P.10	0.04
		P.11	0.17
		P.16	0.07
Transekt III	R ²	Transekt IV	R ²
P.12	0.16	P.14	0.41
P.13	0.62	P.16	0.07
P.15	0.23	P.15	0.23

Ova topraklarının Cd-kireç korelasyonlarına göre 2 profil dışında ciddi bir ilişkinin olmadığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.2). Bu 16 profilin sadece üst toprağında Cd- Kireç korelasyonu -0.37 bulunmuştur. Bu da kirecin tek başına bir etkisinin olmadığını, ancak diğer toprak özellikleriyle birlikte miktarın %25'in üzerine çıktığında toprakta Cd miktarında azalmalar olduğu sonucuna varılmıştır.

4.2.1.3. Cd-organik madde ilişkisi

Düşük organik madde içeriğine sahip bir toprağa organik madde ilavesiyle ilk yılda bitkiler tarafından Cd alımının düştüğü ancak ikinci ve üçüncü yıllarda Cd alım oranlarının değişmediği bildirilmektedir (Sings ve Myhr., 1998).

Toprak organik maddesi, bazı ağır metalleri (Pb, Cd, Cu gibi) adsorbe ederek, yeraltı ve yüzeysel suların kirlenmesini önleyebilirler (Pierzynski ve ark., 1994). Kimyasal gübrelerin fazla miktarda kullanıldıkları durumlarda mikroorganizmalar ve solucanlar gibi çeşitli toprak canlıları bundan ciddi bir biçimde zarar görürler. Fazla miktarda verilen fosforlu gübreler toprakta genel biyolojik bir bozulmayı da beraberinde getirmektedir (Ceran, 2002).



Şekil 4.13. Organik Madde-Cd ilişkileri

Harran ovası yüzey topraklarında organik madde %0.97 ile 2.76 arasında değişmektedir (Şekil 4.13). Bilindiği gibi; organik madde ağır metallerle, Cd'da dahil olmak üzere, toprakta şelat yaparak metallerin hareketini azalttığı özellikle de organik maddenin yüksek olduğu yerlerde serbest Cd.'un daha az olduğu ve organik maddenin az olduğu yerde Cd'un yayınlılığının arttığı söylenebilir.

Çizelge 4.3. Organik madde-Cd korelasyon katsayıları

Transekt I	R²	Transekt II	R²
P.1	0.00	P.4	0.38
P.2	0.55	P.5	0.42
P.3	0.54	P.6	0.02
P.8	0.13	P.7	0.56
P.9	0.35	P.10	0.11
		P.11	0.06
		P.16	0.06
Transekt III	R²	Transekt IV	R²
P.12	0.10	P.14	0.01
P.13	0.53	P.16	0.06
P.15	0.01	P.15	0.01

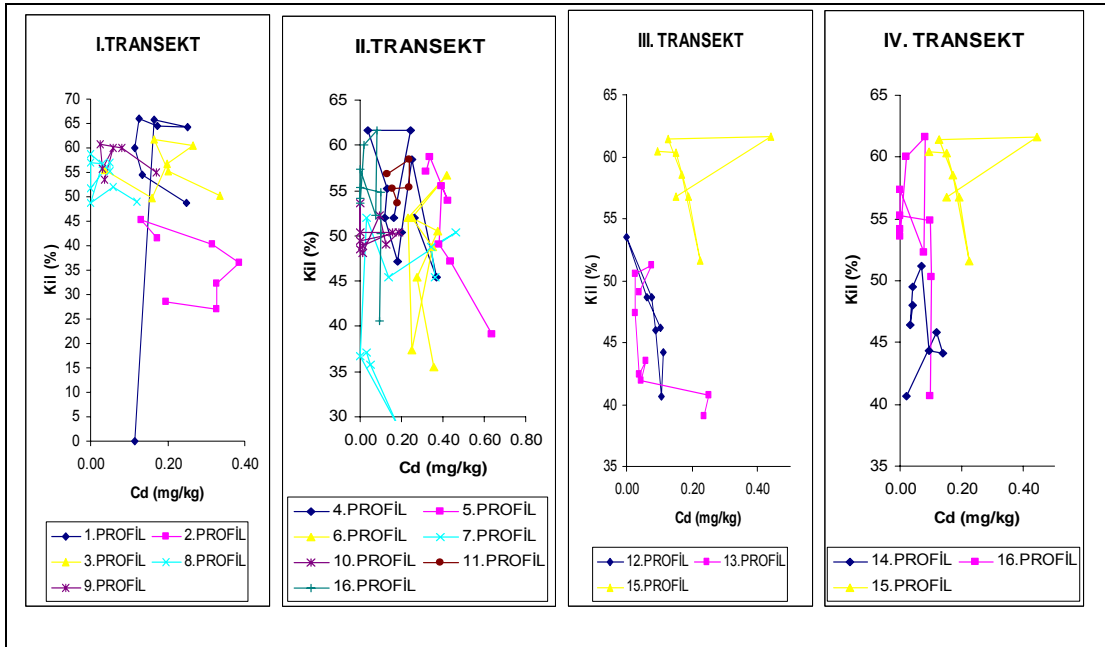
Çizelge 4.3.'te verilen organik madde ve korelasyon katsayıları göz önüne alındığında ova topraklarında organik madde ile Cd arasında belirgin bir istatistiki ilişkinin olmadığı anlaşılmaktadır. Üst toprakta Cd- organik madde korelasyon katsayısı çok düşüktür (0.01). Toprakta organik maddenin fazla olması ağır metallerin hareketini azaltması nedeniyle önleyici bir tedbir olarak düşünülebilir. Ancak Harran Ovası toprakları organik maddece çok da zengin değildir, bu bakımdan organik madde önemli bir faktör olarak görülmemektedir.

4.2.1.4. Cd-tekstür ilişkisi

Yeni Zelanda'da, topraklara çeşitli yollarla katılan Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, ve Zn'nin tınlı kum, siltli tın, ve volkanik kül karakterli tınlı topraklarda adsorbe edildiği belirlenmiştir. Toprak tipinin çok önemli olduğu, ağır metal adsorbsiyonunun volkanik küllü topraklarda en yüksek, tınlı kum topraklarda ise en az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca siltli kil toprakların da, metalleri adsorbe etme gücü bulunduğu görülmüştür (Anonim, 1999).

Litvanya’da yapılan bir çalışmada, farklı tekstürlü toprakların organik katmanındaki ağır metaller incelenmiştir (Anonim, 1995). Bu çalışmada, Litvanya’da yıllık ortalama mineral gübreleme oranları dikkate alınarak toprağa verilen ağır metal miktarları saptanmıştır. Elde edilen değerlerin çok yüksek olmadığı, fakat metallerin zamanla toprakta birikme özellikleri nedeniyle çevre ve insanlar açısından potansiyel bir tehlike oluşturabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, ağır tekstürlü topraklarda, hafif tekstürlü topraklara göre metal konsantrasyonunun daha yüksek olduğu bulunmuştur (Anonim, 1995).

Üzerinde çalışılan Harran ovası topraklarında kil oranları ile Cd arasındaki ilişkiler Şekil 4.14’te verilmiştir. Bu şekilden de görüldüğü gibi, toprak profilinde Cd, üst toprakta daha fazla bulunmaktadır. Bunun nedeni yüzey toprağın organik maddece zengin olması ve atmosferdeki partiküllerde ya da yapay ve ahır gübrelendirmedeki Cd’un yüzey horizonlarında tutulabilmesidir. Bakır ve Pb’un tersine Cd, Zn ve Ni ile birlikte, toprak profilinde aşağıya doğru taşınma eğilimindedir. Taşınma oranı ve derecesi iklim (yağış, buharlaşma ve oransal nem), pH ve toprak geçirgenliğine bağlı olarak değişmektedir (Kabata-Pendias ve ark., 2001).



Şekil 4.14. Kil-Cd ilişkileri

Harran ovası topraklarında fazla miktarda kil bulunmaktadır. Ova genelinde üst toprakta kil miktarı %29 ile %58 arasında değişmektedir (Şekil 4.14). Kil miktarı ovanın ortasına doğru artma eğilimindedir.

Çizelge 4.4'den de görüleceği gibi, topraklarda kil miktarı ile Cd arasında güvenilir bir ilişki bulunmamıştır. 16 profilin üst toprağında kil-Cd korelayonu 0.17 bulunmuştur. Bu kil miktarı ile Cd arasında doğrudan bir ilişkinin olmadığını göstermektedir. Ayrıca topraklar arasında da ciddi boyutlarda kil miktarında farklılıklar bulunmamaktadır. Diğer toprak özellikleri ile birlikte, kil şişme büzülme açısından önem taşımaktadır. Ovada kil miktarı arttıkça Cd oranı düşmektedir. Buna göre ova toprakları kil miktarları açısından ve Cd'un inorganik toprak kolloidleri tarafından tutulabilmeleri nedeniyle Cd kirliliği açısından şanslı sayılabilir.

Çizelge 4.4 Kil-Cd korelasyon katsayıları

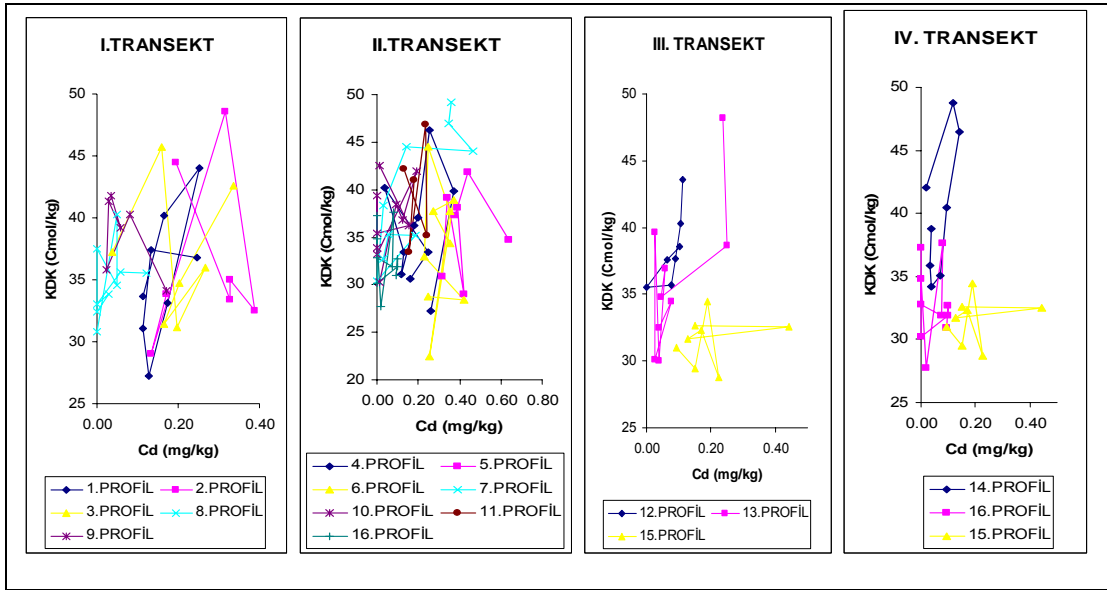
Transekt I	R ²	Transekt II	R ²
P.1	0.09	P.4	0.18
P.2	0.18	P.5	0.81
P.3	0.02	P.6	0.02
P.8	0.12	P.7	0.21
P.9	0.05	P.10	0.01
		P.11	0.07
		P.16	0.15
Transekt III	R ²	Transekt IV	R ²
P.12	0.81	P.14	0.01
P.13	0.39	P.16	0.15
P.15	0.01	P.15	0.01

4.2.1.5. Cd-KDK ilişkisi

Alloway (1995), hem İsviçre pazısının hem de salatalık yapraklarında Cd içeriği ile toprak katyon değişim kapasitesi arasında tutarlı bir ilişki olmadığını bulmuştur. Aynı şekilde Alloway ve Jackson (1989)'da 4 farklı bitki tarafından Cd alımı için türetilen modelde katyon değişim kapasitesinin önemli bir değişken olmadığını bulmuşlardır. Demir ve Al oksihidroksitlerin pH 8'in altındaki bir toprakta katyon değişim kapasitesine çok fazla katkıda bulunmamasına rağmen, oldukça fazla miktarda Cd adsorbe ettiğini görmüşlerdir. Bu nedenle toprakların Cd

gibi metalleri adsorbe etme yeteneğini belirlemede katyon değişim kapasitesi tek başına önemli bir parametre olmamaktadır.

Harran ovası üst toprak katlarında katyon değiştirme kapasitesi 29 ile 49 cmol/kg arasında değişmektedir. Ancak genel olarak 4 transekte Cd ile KDK arasında doğrudan bir ilişki görülmemiştir (Şekil 4.15). Katyon Değişim Kapasitesi organik madde üzerine etki ettiğinden çalışma konusu açısından önemli bir parametre sayılır.



Şekil 4.15. KDK-Cd ilişkileri

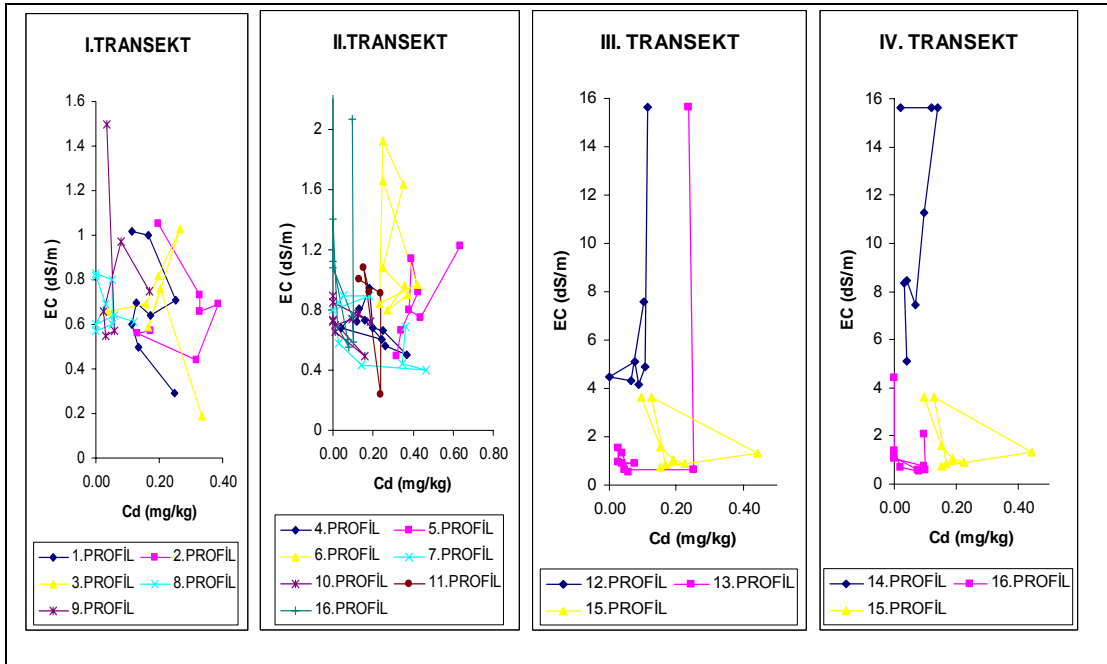
KDK-Cd korelasyon katsayıları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Bu iki parametre arasında gözle görülür bir ilişki bulunmamıştır. Araştırılan toprakların sadece üst toprağı için KDK-Cd korelasyon katsayısı 0.01 çıkmıştır. KDK organik madde alımını etkilediğinden bizim için önemlidir.

Çizelge 4.5. KDK-Cd korelasyon katsayıları

Transekt I	R ²	Transekt II	R ²
P.1	0.45	P.4	0.02
P.2	0.02	P.5	0.00
P.3	0.03	P.6	0.00
P.8	0.15	P.7	0.65
P.9	0.38	P.10	0.15
		P.11	0.03
		P.16	0.00
Transekt III	R ²	Transekt IV	R ²
P.12	0.52	P.14	0.50
P.13	0.51	P.16	0.00
P.15	0.02	P.15	0.02

4.2.1.6. Cd-tuzluluk ilişkisi

Bitkilerde Cd birikimini etkileyen bir faktör de toprakların tuzluluk durumudur. Weggler-Beaton ve ark. (2000), hektara 50 ton bitkisel atık uygulaması yaptıktan sonra şeker pancarı ve buğday bitkisinde NaCl tuzunun Cd alımına etkisini araştırmış ve bu amaçla ortama sulama suyuyla 27.4 Mm NaCl ilave etmişlerdir



Şekil 4.16. EC-Cd ilişkileri

Bu araştırma sonucunda, her iki bitkinin yeşil aksamında meydana gelen Cd konsantrasyonundaki artıştan sadece toprak çözeltisindeki Cd⁺² iyonunun aktivitesinin sorumlu olmadığı; ancak Cd'un Cl komplekslerinin de etkili olduğu

bildirilmiştir. Ortamda artan miktarda Cl'un bulunmasıyla buğday ve şeker pancarında Cd konsantrasyonunun arttığı da saptanmıştır. Bilindiği gibi toprak tuzluluğu bitkisel üretim için önemli abiyotik streslerden birisidir.

Yapılan birçok çalışmalarda topraklarda tuzluluğun artışıyla (özellikle Cl konsantrasyonunun artışıyla) makarnalık buğdaylarda yapılan araştırmalarda Cd miktarının da arttığı saptanmıştır.(Norvell ve ark., 2000; Wu ve ark., 2002).

Genel olarak ovada tuzluluğun aşırı sulamayla birlikte meydana geldiği bilinmektedir. Harran ovası toprak profillerinde tuzluluk ve Cd konsantrasyonları arasındaki ilişkiler Çizelge 4.6 te verilmiştir. Ek IV'te verilen EC değerleri göz önüne alındığında tuzlulukla Cd arasında doğrudan bir ilişkinin olmadığı görülmektedir. Ghafoor ve ark. (2008) nin verilerine göre, üzerinde çalışılan topraklarda yüksek oranlarda kireç bulunması tuzluluğun Cd üzerine olan etkisini azalttığı şeklinde yorumlamaktayız.

Çizelge 4.6. Tuzluluk-Cd korelasyon katsayıları

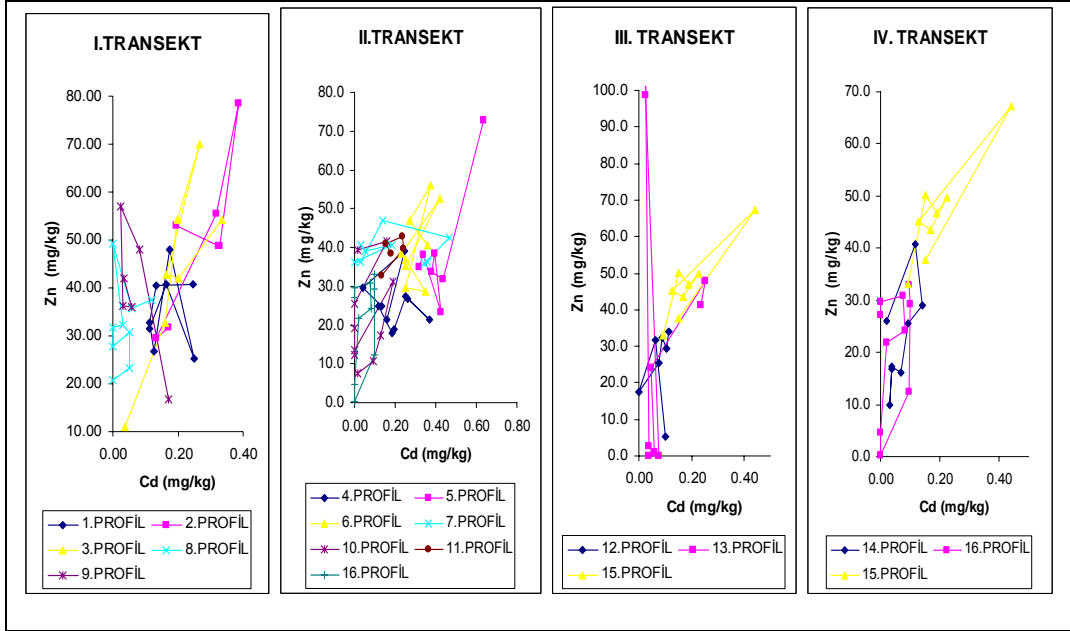
Transekt I	R²	Transekt II	R²
P.1	0.17	P.4	0.35
P.2	0.01	P.5	0.58
P.3	0.07	P.6	0.06
P.8	0.08	P.7	0.35
P.9	0.01	P.10	0.20
		P.11	0.44
		P.16	0.15
Transekt III	R²	Transekt IV	R²
P.12	0.24	P.14	0.28
P.13	0.35	P.16	0.15
P.15	0.16	P.15	0.16

Çizelge 4.6 dan da görüldüğü gibi, birkaç profil dışında tuzluluğun profillerde az olması doğrudan etkili değildir. İncelenen toprakların üst katlarında tuzluluk-Cd korelasyon katsayısı 0.24 tür.

4.2.1.7. Cd-Zn ilişkisi

Köleli (2004), çinko eksikliği olan toprakta yetiştirilen makarnalık ve ekmeklik buğdaylarda çinko gübrelemesinin kadmiyum toksisitesine karşı etkisini araştırmış ve enzim, membran proteini ve lipidler gibi kritik hücre bileşenlerini bir

araya getirmede kadmiyumla yarışarak bitkileri koruduğu yolundaki hipotezle uyumlu olduğunu görmüştür. Harris ve Taylor (2001), makarnalık buğday'da ^{109}Cd izotopu ile yaptığı çalışmada, bu elementin önce gövdede toplandığını ancak daha sonra taneye de taşınarak gövdede azaldığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada çinko'nun kadmiyum taşınmasını engellemediği görüşü savunulmuştur.



Şekil 4.17. Zn-Cd ilişkileri

Harran ovasında Cd ile çinko arasındaki ilişki Şekil 4.17'de verilmiştir. Bilindiği gibi Zn ve Cd periyodik çizelgede aynı sıradadır. Üzerinde çalışılan topraklarda Zn'nun fazla olduğu yerlerde Cd miktarı azalmaktadır. Üst toprakta Zn 21.5 ile 72.8 mg/kg arasında değişmektedir. Yukarıda belirtilen esaslar çerçevesinde toprağa gübre olarak verilecek Zn'nun Cd kirliliği açısından önleyici bir etki yapacağı düşünülebilir. Toprakta Zn'nun bitkiler için yararlı fosforunun artması Cd'un ortamda tutulmasını sağlayarak bitkiye alımını azaltmaktadır.

Çizelge 4.7'den de anlaşılacağı gibi bazı profillerde Zn ile Cd arasında bir ilişki görülmektedir. En yüksek değer P 16'da görülmektedir. Ancak korelasyon katsayısının birçok profilde istatistiksel bakımdan önemsiz olduğu da anlaşılmaktadır. Yalnız yüzey toprakları ele alındığında ise korelasyon katsayısının 0.10 olduğunu görmekteyiz.

Çizelge 4.7 Zn-Cd korelasyon katsayıları

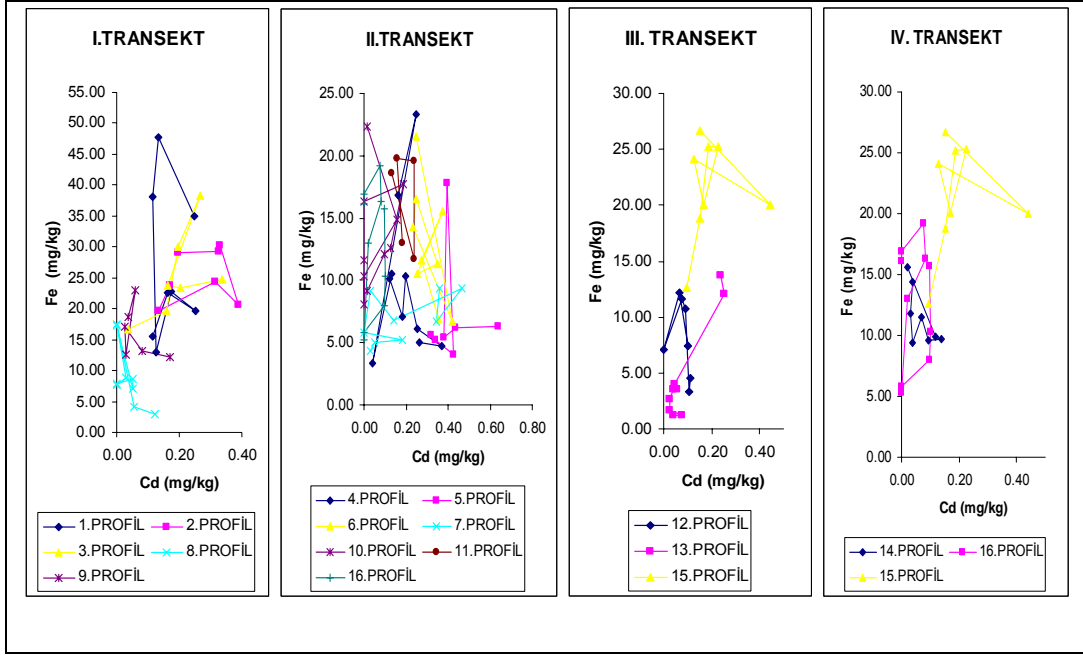
Transekt I	R ²	Transekt II	R ²
P.1	0.00	P.4	0.00
P.2	0.68	P.5	0.62
P.3	0.73	P.6	0.31
P.8	0.02	P.7	0.00
P.9	0.60	P.10	0.16
		P.11	0.45
		P.16	0.17
Transekt III	R ²	Transekt IV	R ²
P.12	0.05	P.14	0.48
P.13	1 x 10 ⁻⁶	P.16	0.17
P.15	0.83	P.15	0.83

4.2.1.8. Cd-toplam Fe ilişkisi

Topraklarda demir oksihidroksitlerin organik madde ile kompleks yaptığı bilinmektedir. Ortamda organik bileşikler var ise demirin Fe-oksihidroksit olarak çökmesini engellerler. Ayrıca organik asitlerin de demiri indirgeme özellikleri vardır (Schwertmann ve Taylor, 1972).

Toprak çözeltisinde demir miktarı genelde çok düşüktür. Topraklarda çoğunlukla oksitler, hidroksitler, fosfatlar, karbonatlar vb. şekillerde bulunan demirin toprak çözeltisindeki miktarı ortamın pH'sına ve redoks potansiyeline bağlı olarak 10⁻²⁰ ile 10⁻⁶ mg L⁻¹ arasında değişmektedir (Römheld ve Marschner, 1986; Tisdale ve ark., 1993). Topraklarda DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe miktarının en az 2.6 ppm olması gerektiği söylenmektedir. Organik madde içerikleri yüksek topraklarda ise demir şelatların miktarı 10⁻⁴-10⁻³ mg L⁻¹ arasındadır (Römheld ve Marschner, 1988). İndirgeme kapasitesine ve fazla miktarda organik asitleri salgılama yeteneğine sahip bazı bitkiler kontak değişim ile topraktan daha fazla demir alırlar (Ric De Vos ve ark.,1986)

Toprağa kırmızı rengi veren demiroksihidroksitlerdir. Ova topraklarının kırmızı-kahverengi olduğu bunun da toprakta bulunan Fe-oksihidroksitlerden kaynaklandığı sanılmaktadır. Harran ovası üst topraklarında toplam Fe 2.87 ile 29.8 g/kg arasında değişmektedir (Şekil 4.18). Kadmiyum ile toplam Fe arasında üst toprakta doğru bir orantı bulunmaktadır. Diğer bir deyişle toplam Demir miktarı arttıkça Cd miktarıda artmaktadır.



Şekil 4.18. Fe-Cd ilişkileri

Toprakta toplam demir ile Cd arasındaki istatistiksel ilişkiler Çizelge 4.8’de verilmiştir. Bazı profillerde korelasyon katsayılarının yüksek olmasının nedeni Fe-oks hidroksitlerin muhtemelen Cd’u adsorbe etmesinden ileri geldiği düşünülmektedir. Ancak tüm profiller toplam olarak ele alındığında Fe-Cd korelasyon katsayısı çok düşük (0.02) bulunmuştur.

Çizelge 4.8 Fe ve Cd içerikleri arasındaki korelasyonlar

Transekt I	R ²	Transekt II	R ²
P.1	0.00	P.4	3x10 ⁻⁶
P.2	0.06	P.5	0.00
P.3	0.38	P.6	0.33
P.8	0.50	P.7	0.34
P.9	0.18	P.10	0.08
		P.11	0.17
		P.16	0.04
Transekt III	R ²	Transekt IV	R ²
P.12	0.09	P.14	0.44
P.13	0.90	P.16	0.04
P.15	0.01	P.15	0.01

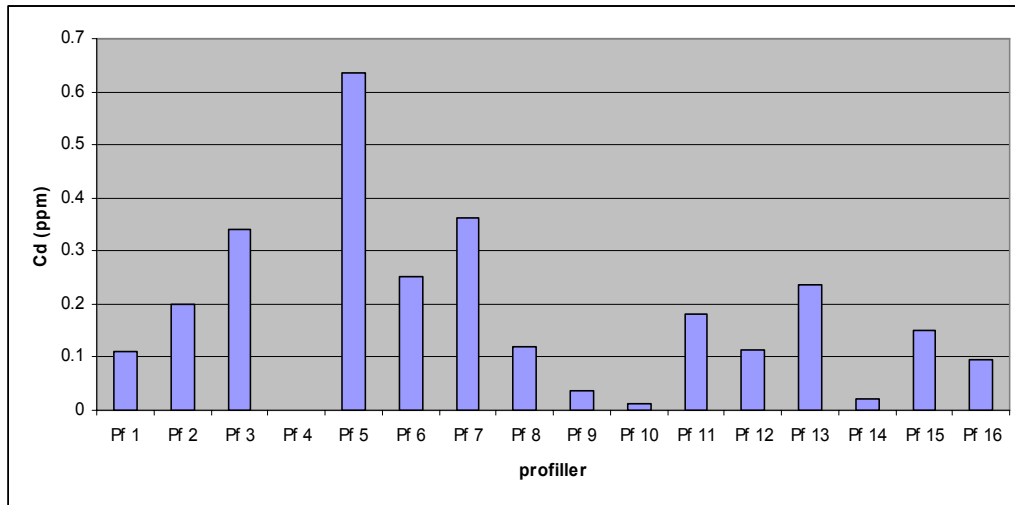
4.2.2. Üst Topraklarda Kadmiyum

Çizelge 4.9’ da üzerinde çalışılan 16 profilin yalnız üst topraklarının göz önüne alınmasıyla, toprak özellikleri ile Cd arasında doğrudan bir istatistiki ilişkinin olmadığı görülmektedir. Karbonatlarla Cd arasındaki negatif korelasyon, tüm toprak örnekleri göz önüne alındığında olduğu gibi, Harran ovasını çevreleyen kireç kayalarında Cd’un düşük olduğu düşüncesini güçlendirmektedir.

Çizelge 4.9. Üst toprak özellikleri ile Cd içerikleri arasındaki korelasyonlar

Değişken	R ²
pH-Cd Korelasyonu	0.01
CaCO ₃ -Cd Korelasyonu	-0.36
Organik Madde-Cd Korelasyonu	0.01
Kil-Cd Korelasyonu	0.17
KDK-Cd Korelasyonu	0.01
Tuzluluk-Cd Korelasyonu	0.24
Zn-Cd Korelasyonu	0.10
Fe-Cd Korelasyonu	0.02

Topraklardaki Cd dinamiği, toprağın pH’sı, redoks durumu, organik madde içeriği, tekstürü, serbest Fe-oksihidroksitlerin, ve karbonatlar gibi özellikler tarafından güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Şekil 4.19’da Cd’un Harran ovasında 0-20 cm.’deki içerikleri üst toprakların Cd içerikleri bakımından uygun olduğu, sadece birkaç profilde sınır değerinin üstüne çıktığı ve bunun sebebinin de topraklarda kullanılan fosforlu gübreler olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.19 Harran Ovası Topraklarının Üst Horizonlarının Cd içerikleri

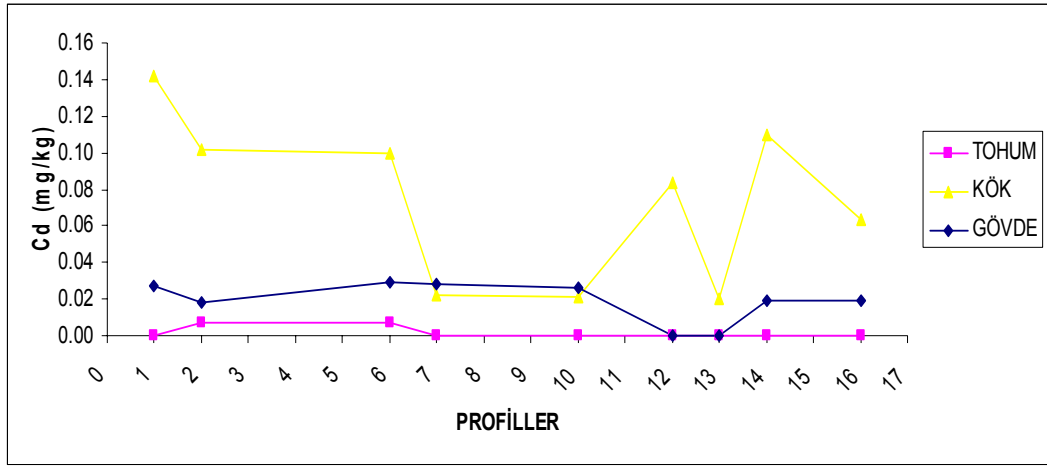
4.2.3. Buğdayların kök, gövde ve danelerinde kadmiyum

Harran ovası topraklarında yetiştirilen buğdayların Cd içeriği Şekil 4.19 ve 4.20'de verilmiştir. Makarnalık buğdayda kadmiyum kökte 0.15 ppm'in üzerine çıkmamaktadır. Bu bir ölçüde Harran ovasında ekilen makarnalık buğdayın, hem yurt içi tüketim ve hem de ihracat göz önüne alındığında, Cd bakımından iyi bir kaliteye sahip olduğunu göstermektedir. Kadmiyumun kökte toplanması da ayrıca dane kalitesi açısından büyük önem taşımaktadır.

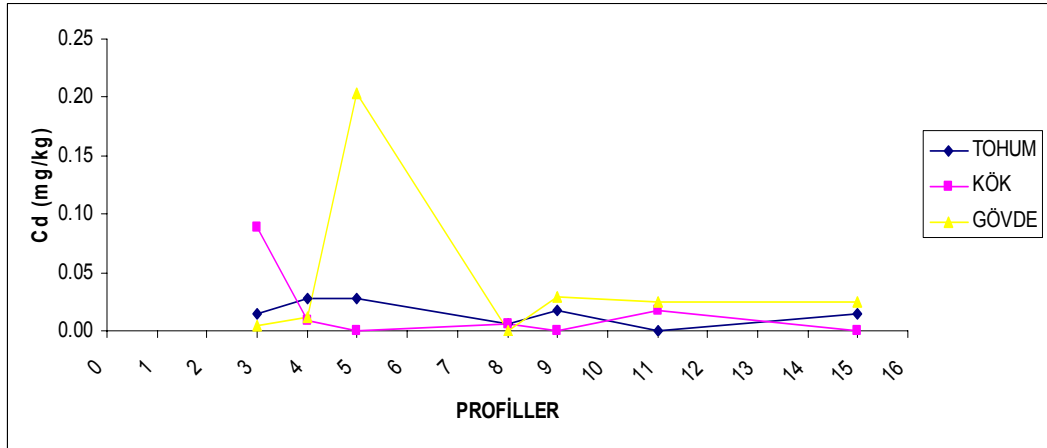
Ekmeklik buğday örneklerinde sadece P.5 civarından alınan örnekte gövdede Cd 0.20 ppm bulunmuştur. Buna göre her iki buğday çeşidi göz önüne alındığında danelerde Cd bulunmuştur ve miktarları bilimsel çalışmalarda, örneğin Alman sağlık teşkilatınca verilen mg/kg limit değerlerin çok altında kalmaktadır (Horner and Kurfürst, 1987). Ghafoor ve ark. (2008), toprağa verilen kirecin buğday bitkisinin gövde ve tanelerinde önemli ölçüde Cd miktarının azalmasına sebep olduğunu bildirmektedirler. Buna göre üzerinde çalışılan toprakların kireç içeriklerinin yüksek olması, elektrolitler bakımından düşük ve oldukça yüksek Fe-oksihidroksitlere sahip olmaları nedenleriyle buğdayların Cd alımının da düşük olacağı sonucuna varılmıştır.

Avrupa Birliği standartlarına göre topraklarda limit 0.24 mg/kg (kuru ağırlık esasına göre) ve arıtma çamurları kullanılan topraklarda 3 mg/kg olarak belirlemiştir (Chauduri ve ark., 2001). Bu verilere göre ve sağlık açısından Harran ovası toprakları ve üzerinde yetiştirilen buğdaylarda bulunan Cd beklenenin altındadır. Özellikle buğday danesindeki Cd miktarlarının çok düşük oluşu bu bakımdan kelimelerinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

Beslenmemizde büyük rol oynayan buğday, mısır, çeltik, marul, bezelye, pancar, turp ve patates Cd'ü kolayca alabilmektedir. Yumru kökelere sahip ve yaprağı yenen sebzelerde kadmiyum birikimi diğer bitki türlerine göre daha fazla olmaktadır. Tahıllar içerisinde makarnalık buğdayların, ekmeklik buğdaylara göre tanelerinde daha fazla Cd biriktirdiği de çeşitli araştırmalarla saptanmıştır (Köleli, 1998; Hart ve ark., 2002).



Şekil 4.20. Makarnalık buğdaylarda Cd konsantrasyonları



Şekil 4.21. Ekmeklik buğdaylarda Cd konsantrasyonları

Buğdaylarda topraktan alınan kadmiyumun köke, ordan gövdeye ve daneye, bu yoluyla da besin zincirine girdiği bilinmektedir. Şekil 4.20 ve 4.21'den de görüldüğü gibi, kadmiyum miktarının üzerinde çalışılan 16 profilden sadece 1 kök te 0.1 ppm (Profil 3) ve 1 gövde örneğinde 0.2 ppm (Profil 5) ve çoğu kez 0.1 ppm in altında olduğu görülmektedir. Harran ovası topraklarında yetiştirilen makarnalık buğdaylar ekmeklik buğdaylara göre bünyelerine az da olsa fazla Cd almasına rağmen, 2 buğday örneğinde Cd çok düşük düzeylerde bulunmuştur.

Harran Ovası üst topraklarındaki Cd miktarı ile tohum, kök ve gövde de bulunan Cd arasındaki korelasyon Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu istatistiki

ilişkilerden sadece toprak Cd u ile gövdede toplanan Cd arasındaki ilişkinin önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Öte yandan, Şekil 4.19 Cd'un gövdede değil daha çok köklerde biriktiğini göstermektedir. Şekil 4.19 ve 4.20'deki bazı olumsuzluklara rağmen ova topraklarında yetiştirilen makarnalık ve ekmeklik buğdayların Cd bakımından uygun kalitelere olduğu söylenebilir.

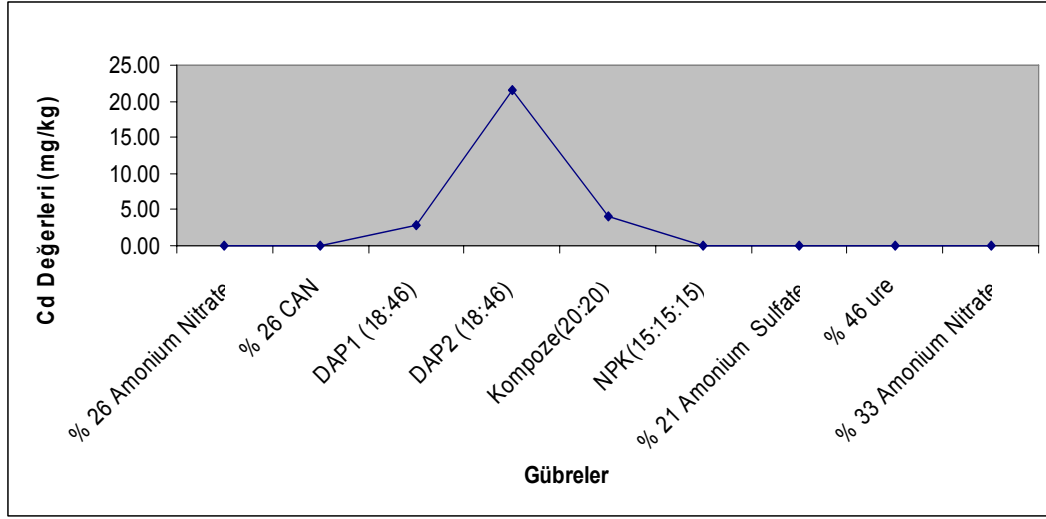
Çizelge 4.10. Ekmeklik ve makarnalık buğdayların tohum, kök, ve gövdesinde bulunan Cd ile üst topraklardaki Cd arasındaki ilişkiler

	Ekmeklik Buğday (R^2)	Makarnalık Buğday (R^2)
Tohum-Cd korelasyonu	0.20	0.11
Kök- Cd korelasyonu	0.03	0.08
Gövde- Cd korelasyonu	0.72	-0.00

4.2.4 Cd- ticari gübre ilişkisi

Fosforlu gübrelerde Cd, Zn, Cr, Ni ve U bulunmaktadır. Geleneksel gübreleme ile toprakta istenmeyen ağır metal artışları olmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda fosforlu gübrelerin 0.1-170 mg/kg arasında kadmiyum içerdiği saptanmıştır (Ceran, 2002). Dünya'nın fosfat kaya rezervlerinin %91'inin bileşiminde As, Cd, Cr, Pb, Hg ve Ni elementlerinin bulunduğu bildirilmektedir (Camelo ve ark., 1997).

Fosfor-Cd arasındaki ilişkiyi inceleyen tüm araştırmacılar, toprakta, dolayısıyla bitkide Cd birikiminin P'lu gübre yapımında kullanılan kaya fosfatlarından ve dolayısıyla kullanılan P'lu gübrelerden etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Harran ovasında kullanılan gübrelerden alınan örneklerin analizlerinde DAP (diamonyumfosfat) ve kompoze gübre dışındaki tüm gübrelerin kadmiyum içermedikleri görülmüştür (Şekil 4.22 ve Çizelge 4.11). Ancak tüm gübre önerilerinde fosforlu gübrelerin mutlaka yer alması topraklara bu gübrelerle Cd eklenmesini önleyememektedir. Burada en önemli sorun verilen gübrelerle toprağa her yıl ne kadar Cd verilmiş olabileceğidir. Kadmiyuma ek olarak toprağa her yıl fosforlu gübrelerle ne kadar metal yüklendiği ayrıntıları ile araştırılmaya değer çok önemli bir konu olarak görülmektedir



Şekil 4.22. Şanlıurfa ilinde kullanılan bazı gübrelerin Cd içerikleri

Çizelge 4.11 Gübrelerin Cd içeriği

Gübre Adı	Cd (ppm)
% 26 Amonyum Nitrat	0,00
% 26 CAN	0,00
DAP1 (18:46)	2,89
DAP2 (18:46)	21,59
Kompoze(20:20)	4,06
NPK(15:15:15)	0,00
% 21 Amonyum Sulfat	0,00
% 46 Üre	0,00
% 33 Amonyum Nitrat	0,00

ICP MS Limit Değeri= 1.3 ppb

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Projesi kapsamında büyük önem taşıyan Harran Ovasından alınan 16 toprak profilinde ve üzerinde yetiştirilen makarnalık ve ekmeklik buğdaylarda kadmiyum içerikleri araştırılmıştır.

Harran ovası toprakları killi bir tekstüre sahiptir ve üst topraklarda kil miktarları %29-58 arasında değişmektedir. Kil içeriklerinin yüksek olması ve bu fraksiyonda bulunan silikatlı kil minerallerinin yüksek oranda şişebilmeleri nedenleriyle toprakların çoğunda kayma yüzeylerine rastlanması Harran Ovası topraklarının Vertisol olduğunu kanıtlamaktadır. Ovada kil miktarı arttıkça Cd oranı düşmektedir. Ovada kation değişim kapasitesi (KDK) değerleri üst topraklarda 29 ile 49 cmol/kg arasında değişmektedir. Ova topraklarında KDK ile Cd arasında doğrudan bir ilişki bulunmamaktadır.

pH değerleri üst toprak katlarında 7.14 ile 8.52 arasında değişmektedir. Ova topraklarının pH'sının nötr ve hafif alkalın olduğu ve bu durumun Cd alımı ile doğrudan etkili olmadığı düşünülmektedir.

Ovanın yüzey topraklarında organik madde %0,97 ile %2.76 arasında değişmektedir. Organik madde miktarı ile Cd arasında ters bir ilişki bulunmuştur. Organik madde miktarı arttıkça toprakta Cd miktarı azalmaktadır. Bilindiği gibi toprak organik maddesinin Cd gibi metallerle şelat yaparak toprakta bu metalin hareketini arttırmak gibi önemli bir görevi bulunmaktadır.

Harran Ovası yüzey topraklarının kireç içeriğinin yüksek olduğu ve %15.6 ile %37.4 arasında değiştiği görülmekle birlikte bazı alt toprak katlarında değerler %24.9 ile %58.5 arasında değişmektedir. Ancak kireç miktarı arttıkça Cd içeriklerinde genel de bir azalma olduğu açıktır. Böylece tek başına olmamakla birlikte kireç toprakta arttığında Cd miktarı azalmaktadır. Ovada çok aşırı sulamanın getirdiği yer yer tuz birikimi bulunmaktadır. Harran ovası yüzey topraklarında elektriksel iletkenlik (EC) ölçüsünden tuzluluk 0.19 ile 15.62 dS/m arasında

değişmektedir. Aşırı tuzlanmanın olduğu 3 profil dışında, topraklarda elektriki iletkenlikle (EC) ile Cd arasında pozitif istatistiki bir ilişki bulunmuştur. Diğer bir deyimle EC arttıkça Cd oranı da artmaktadır.

Zn ile Cd'un aynı değeriğe sahip olmasından dolayı toprakta Zn'nun fazla olduğu yerlerde Cd miktarı azalmaktadır. Toprağa yapılacak Zn gübrelemesi Cd kirliliği açısından önleyici bir tedbir olarak düşünülebilir.

Toprakların Fe_T bakımından oldukça yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Yüzeysel topraklarında toplam Fe miktarlarının 2.87 ile 29.08 g/kg arasında değiştiği görülmektedir. Horizon bazında bakıldığında ise daha çok üst horizonlar olmak üzere profillerin farklı horizonlarında farklı demir değerlerine rastlanmıştır. Cd ile toplam Fe arasında üst toprakta pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Toplam demir miktarı arttıkça Cd miktarı da artmaktadır.

Ovada yetiştirilen buğdaylar incelediğinde bitki topraktan Cd'ü alarak kök, gövde ve dane zincirinde bu döngüyü tamamlarken, makarnalık ve ekmeçlik buğday danelerinin Cd bakımından eşik sınırlarının altında olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar tarafından toprağa verilen kirecin buğday bitkisinin gövde ve danelerinde önemli ölçüde Cd miktarının azalmasına sebep olduğu bildirilmektedir. Buna göre üzerinde çalışılan toprakların kireç içeriklerinin yüksek olması, buğdayların Cd alımını azaltabileceği kanısına varılmıştır.

Kadmiyum değerlerinin eşik sınırı altında bulunması bölgede yetiştirilen buğdayların iyi bir kalitede olduğu ve bunun da Türkiye dış pazarı açısından büyük önem taşıdığını vurgulamak gerekir. Makarnalık buğdayların, ekmeçlik buğdaylara göre daha fazla kadmiyum aldığı ancak daneler incelendiğinde tümünün sınır değerlerinin altında kaldığı görülmüştür. Toprağa kadmiyum girişinin en önemli nedenlerinden biri fosfatlı gübrelerdir ve Türkiye'deki yönetmeliklerin caydırıcı olmamasından dolayı ülkemizde aşırı miktarda kadmiyum içeren fosfatlı gübreler kullanılmaktadır. Gübre kullanımında çiftçilerin biraz daha bilinçlenmesi ve analiz yaptırmadan toprağına gübre vermemesi konusunda eğitilmelidir. Harran ovasında kullanılan bazı gübrelerden alınan örneklerin analizlerinde DAP (diamonyumfosfat)

ve kompoze gübre dışındaki diğer gübrelerin kadmiyum içermedikleri dikkat çekmektedir. Bazı gübre örneklerde Cd bulunması bu element ile birlikte toprağa her yıl fosforlu gübrelerle ne kadar metal yüklendiği ayrıntıları ile araştırılmaya değer çok önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- ABDEL-SABOUR, M. F., MORVEDT, J. J., and KELSOE, J. J., 1998. Cd-Zn Interactions in Plants and Extractable Cd and Zn Fractions in Soil. *Soil Science*, 145:424-431.
- ADAMS, M. L. ,ZHAO, . F. J. MCGRATH, S. P. NICHOLSON F. A. and CHAMBERS B. J. 2004 . Predicting Cadmium Concentrations in Wheat and Barley Grain Using Soil Properties *J. Environ. Qual.* 33:532-541.
- ADRIANO, C. D., 1986. Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag Inc., New York, 517 p.
- AHMAD, N. and MERMUT, A. 1996. Vertisols and technologies for their management. *Development in Soil Science* 24, Elsevier, Amsterdam.
- AKTAŞ, M., 2004. GAP Bölgesinde Gübre Tüketimi. Türkiye 3.Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Çevre-Sanayi, 11-13 Ekim 2004, Tokat.
- ALLOWAY, B. J., 1995. Cadmium. In Alloway, B. J. (ed), *Heavy Metals in Soils*. 2. Ed., Blackie, London, 122-152 p.
- ALLOWAY, B. J., JACKSON, A., and MORGAN, H., 1989. The Accumulation of Cadmium by Vegetables Grown on Soils Contaminated from a Variety of Sources. *The Science of The Total Environment*, 91:223-236.
- ANONIM, 2004. www.deepnature.com/life-ekoloji.htm.
- ANONIM, 1995. <http://neris.mü.lt/aa/aan95/adir41.html>
- ANONIM, 1999. "Soil Horizons" Issue 3, February 1999, <http://www.jandeaere.eri.az/newsletters>
- ANONIM, 2005. www.cadmium.org
- ANONIM, 2008. <http://www.mii.org/Minerals/photocad.html>
- ANONİM, 2001. www.ttb.org.tr/eweb/bergama/5.html - 44k
- ARDUINI, I., MASONI, A., MARIOTTI, M., ERCOLI, L., 2004. Low Cadmium Application Increase Miscanthus Growth and Cadmium Translocation. *Environmental and Experimental Botany* 52(2004) 89-100 pp.
- BALSBERG, A. M., 1989. Toxicity of Heavy Metals (Zn, Cu, Cd, Pb) to Vascular Plants. *Water, Air and Soil Pollution* 47:287-319
- BASCOMB, C. L., 1968. Distribution of Pyrophosphate-extractable Iron and Organic Carbon in Soils of Various Groups. *J. Soil Sci.* 19:251-258.

- BERGMAN, W., 1992. Nutritional Disorders of Plants-Development, Visiul and Analytical Diagnosis. Fischer Verlag, Jena.
- BINGHAM, F. T., PAGE, A. L., MAHLER, R. J., and GANJE, T. J., 1975. Growth and Cadmium Accumulation of Plants Grown on Soil Treated with a Cadmium-Enriched Sewage-Sludge. *Environ. Qual.*, 2:207-211.
- BOLAN, N.S., ADRIANO, D.C., DURAISAMY, P., MANI, A., and ARULMAZHISELVAN, K., 2003. Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. I. Effect of phosphate addition. *Plant and Soil*. 250:83-94.
- BOUYOUCOS, G. J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soil. *Agronomy Journal* 9:434-438.
- BOWEN, H. J. M., 1979. *Environmental Chemistry of the Elements*. Academic Pres. London.
- BRADY, N.C., 1990. *The Nature and Properties of Soils*. Macmillan Publishing Company Canada Inc.
- BRAUMMER, G. W., GERTH, J., and HEMUS U., 1986. Heavy metal species, mobility and availability in soils. *Zeitschr. Pflanzennaer. Bodenkd.* 49:328-398.
- CABRERA. C., ORTEGA, E., GALLEGO, C., LOPEZ. M. C., LORENZO, M. L., and ASENSÍO, C., 1994. Cadmium concentration in farmlands in southern Spain: Possible sources of contamination. *Sci. Total Environ.* 153:261-265.
- CAMELO, LGL, MIGUEZ SR, and MARBÁN L ,1997. Heavy Metals Input with Phosphate Fertilizers used in Argentina. *Science of The Total Environment* 204, 45-250.
- CERAN, Ö., 2002. www.todaie.gov.tr/pdf/Mdb02.pdf
- CHANEY, W. L., STRICLAND, R. C., and LAMOREAUX, R. J., 1997. Phytotoxicity of cadmium inhibited by lime. *Plant and Soil*, V.47:275-278.
- CHOUDHARY, M., BAILEY, L. D., and GRAND, C. A., 1995. Effect of Zn on the concentration on Cd and Zn in plant tissue of to durum wheat lines. *Can. J. Plant Sci.* 75: 445-448.
- CHAUDURI, A. M. CELINE, C. M.G., BADAWY, S. H., ADAMS, M. L., McGRATH, S. P. and CHAMBERS, B. J. 2001. Cadmium Content of Wheat Grain from a Long-Term Field Experiment with Sewage Sludge. *Journal of Environmental Quality* 30:1575-1580.

- COBBETT, C.S. 2000. Phytochelatin and their roles in Heavy Metal Detoxification. *Plant Physiol.* July 2000, Vol:123, pp:825-832.
- COUDHARY, M., BAILEY, L. D., and GRANT, C. A. 1995. Effect of Zinc on Cadmium Concentration in the Tissue of Durum Wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 74:549-552.
- CROCKER, T. 1989. The Importance of Pollution from other Sources on Agriculture. p. 181-200. OECD, Paris, Cedex 16, France.
- ÇAĞLAR, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi, A.Ü. Yayın No.10.121, 132 s.
- ÇAKMAK, I., WELCH, R. M., HART, J.; NORVELL, W. A., ÖZTÜRK, L.; and KOCHIAN, L.V., 2000. Uptake and retranslocation of leaf-applied cadmium in diploid, tetraploid and hexaploid wheats. *Journal of Experimental Botany*, 51. 221-226, p.
- ÇAKMAKLI, M. 2008. Harran ovası topraklarının kökeni ve oluşum mekanizmaları (jeoloji ve toprak ilişkileri), Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü Doktora Tezi. 156 s.
- ÇATAK, E.; ÇOLAK, G.; TOKUR, S. ve BİLGİÇ, O. 2000. Bazı domates ve tütün genotiplerinde kadmiyum etkilerini inceleyen istatistiksel bir çalışma BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2.
- ÇOBAN, S., ve ALDEMİR Ç., 2004. Türkiye 'de Bölgeler Bazında Gübre Tüketim Durumuna Genel Bir Bakış . 3. Ulusal Gübre Kongresi; Tarım Sanayi Çevre, 131-137.
- ÇULLU, M. A., 2003. Estimation of the Effect of Soil Salinity on Crop Yield Using Remote Sensing and Geographic Information System. *Turkish Journals of Agriculture and Forestry*, 27:23-28.
- DAVIS, R. D., and CALTON-SMITH, C., 1980. Crops as Indicators of the Significance of Contamination of Soil by Heavy Metals. Tech. Rept., WRC, Stevenage. UK.140p.
- DİE, 2001. www.die.gov.tr.2001.(T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü).
- DİNÇ, U., ŞENOL, S., SAYIN, S. ve SAYIN, M., 1988. Harran Ovası Toprakları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü. Tübitak- TOAG 534 no'lu Proje.
- DMİ. 2004. Şanlıurfa İli Meteoroloji Verileri DMİ Genel Müdürlüğü Ankara.
- DOBSON, S. 1992. International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 135, Cadmium-Environmental Aspects, World Health Organization Geneva.

- DUCHAUFOR, P. 1982 Pedology. George Allen and Unwin Boston USA
- DURASAMY, V. P., 2003. Role of Inorganic and Organic Soil Amendmends. Austrial. Journal of Soil Research 5-1-2003.
- EL-BASSAM, N., 1978. Spurenelemente: Nahrstoffe und Gift zugleich. Kali-Briefe. V.14: 255-272.
- FAO/WHO., 1990. Dietary intake levels in food and estimated intake of cadmium, lead and mercury. Codex Committee on Food Additives and Contaminants Twenty Second Session, The Hague, 19-24 March 1990.
- FAO/WHO., 1993. Report of the 8th session of the Codex Committee on creals, pulses and legumes held in Washington D.C., 26-30 October 1992. Joint
- FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Alimentorious Commission, 20th session , Genevo 28 June-7 July 1993 , 3p.
- FERGUSSON, J.E., 1990. The heavy metals: Chemistry, environmental impact, and health effects. Pergamon Pres, New York.
- FOX, M. R. S., 1988. Nutritional Factors that May Influence Bioavailability of Cadmium. J. Environ. Qual., 17:175-180.
- GAMBRELL, R.P., J.W. WIESPAPE, W.H. PATRICK, JR., and M.C. DUFF, 1991. The effects of pH, redox and salinity on metal release from the contaminated sedimant. Water Air Soi Pollut. 57-58:359-367.
- GAMBRELL, R.P., J.W. WIESPAPE, W. H. PATRICK, JR., and M. C. DUFF, 1991. The effects of pH, redox and salinity on metal release from the contaminated sedimant. Water Air Soil Pollut. 57-58:359-367.
- GARRETT, R. G., MACLAURIN, A. I., GAWALKO, E. J., THACHUK, R., HALL, and G. E. M., 1998. Apediction model for estimating the cadmium content of durum wheat from soil chemistry. Journal of Geochemical Exploration 64 101-110.
- GHAFOOR, A., ZIA-UR-REHMAN, M., GHAFOOR, A. MURTAZA, G., and SABIR, M. 2008. Fractionation and availability of cadmium to wheat as affected by inorganic amendmends. INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY ISSN Print: 1560–8530; ISSN Online: 1814–9596 07–068/SBC/2008/10–5–469–474 <http://www.fspublishers.org>.
- GRANT, C. A.; BUCKLEY, W. T.; BAILEY, L. D and SELLES, F., 1998. Cadmium accumulation in crops. Canadian Journal of Plant Science 78:1-17.

- GRANT, C.A., BAILEY, L.D., HARAPIAK, J.T. and FLORE, N.A., 2002. Effect of phosphate source rate and cadmium content and use of penicillium bilaii on phosphorus, zinc and cadmium concentration in durum wheat grain. *Journal of Soil Science of Food and Agriculture*. Vol.82, no:3, 301-308p.
- GRAY, C.W., MOOT, D.J., MCLAREN, R.G. and REDDECLIFFE, T., 2002. Effect of nitrogen fertiliser applications on cadmium concentrations in durum wheat grain in New Zealand. *Journal of Crop and Horticultural Science*.
- GUPTA, S. C. and GOLDSBROUGH, P. B., 1991. Phytochelatin Accumulation and Cadmium Tolerance in Selected Tomato Cell Lines. *Plant Physiology*, 97:306-312.
- GÜNERİ, E., 2001. Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Yarattığı Tarımsal Faaliyetler. Ankara Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Anabilim Dalı Semineri Ankara.
- HARRIS, N.S., and TAYLOR, G.J., 2001. Remobilization of cadmium in maturing shoots of near isogenic lines of durum wheat that differ in grain cadmium accumulation. *Journal of Experimental Botany*, v:52, no:360, 1473-1481p.
- HARRIS, S.N., and TAYLOR, J.G., 2004. Cadmium uptake and Translocation in Seedling of Near Isogenic Lines of Durum Wheat that Differ in Grain Cadmium Accumulation. *BMC. Plant Biology*.4p.
- HART, J.J., WELCH, R.M., NORVELL, W.A., SULLIVAN, L.A. and KOCHIAN, L.V., 1998. Characterization of Cadmium Binding, Uptake and Translocation in pect Seedlings of Bread and Durum Wheat Cultivars, *Plant Physiology*, 116:1413-1420.
- HART, J.J., WELCH, R.M., NORVELL, W.A. and KOCHIAN, L.V., 2002. Transport interactions between cadmium and zinc in roots of bread and durum wheat seedlings. *Physiologia Plantarum*. 116 (1):73-78.
- HEDLUND, B., ERIKSSON, J., PETERSON-GRAWE, K. and ÖBORN, I., 1997. Kadmium-tillstånd och trender. Swedish Environmental Protection Agency, Report 4759.(In Sweedish).
- HERREN, T., and FELLER, U. 1997. Transport of Cadmium via Xylem and Phloem in Maturing Wheat Shoots: Comparison with the Translocation of Zinc, Strontium and Rubidium *Annals of Botany* 80: 623-628.
- HIZ, H., 2000. Endüstriyel Atık Sulardaki Ağır Metallerin Değişik Bitkiler Tarafından Absorblanması. Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ 119s.

- HORNER, E. and KURFÜRST, U. 1987. Cadmium in wheat from biological cultivation. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, Springer Berlin / Heidelberg 0937-0633 (Print) 1432-1130 (Online).
- HUTTON, M., 1982. Cadmium in the European Community: A prospective assesment of sources, human ezposure and enviromental impact. Moitoring and Assesment Research entre Tech. Rep. 26 Univ. Of London. London ,England.
- JACKSON, A. P., and ALLOWAY, B. J., 1995. Transfer of Cadmium from Soil to the Human Food Chain, in Adriano, D. C.(ed.) *Biogeochemistry of trace metals*, 2.Ed., Lewis Publisher, Baton Rouge, Fla., 122-151.
- JACKSON, M. L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. New Jersey, 183p. USA.
- JACKSON, M. L., 1970. *Soil Chemical Analysis*, 121p.
- JACKSON, M.L., 1962. *Soil Chemical Analysis*. Printice-Hall Inc. 183p.
- JANSSON, G., and OBORN, I. 2000. Cadmium content of Sweedish carrots and the influence of soil factors. *Acta Agriculture Scandinavica Sect. B, Soil and Plant Science* 50:49-56.
- JINADASA, K. B. P. N., MILHAM, P. A., HAWKINS, C. A., CORNISH, P. S., WLLIAMS, P. A., KALDOR, J., AND CONROY, J. P., 1997. Survey of cadmium lvels in vegetables and soils Greater Sydney. Australia. *J. Environ. Qual.* 26:924-933.
- JONES, K. C., SYMON, K. C., JOHNSTON, A. E., 1987. Retrospective analysis of an Archived Soil Collection . II. Cadmium. *Sci. Total Environ.*, 67:75-90.
- KABATA PENDIAS, A. And PENDIAS, H., 1992. *Trace Elements in Soils and Plants*. 116p. 2nd edition, CDC Pres, Baton Rouge, Fa.
- KABATA-PANDIAS, A., DUTKA, S., CHLOPECKA, A. and GAWINOWSKA, T., 1992. Background levels and enviromental influences on trace elements in soils in of the temperate humic zone of Europe. In *Biogeochemistry of trace metals*. Ed. D. C Adriano. Lewis Publishers, Ann Arbor, MI. 513p.
- KABATA-PENDIAS, A. and PENDIAS H. (2001). *Trace elements in soils and plants*. 127p. Boca Raton, Fla., CRC Pres
- KABATA-PENDIAS, A., and ADRIANO, D.C., 1995. Trace metals. In *Soil Amendments and Environmental Quality*. Ed. J.E. RESHCIGL. Boca Raton CRC Lewis Publishers. Pp: 139-167

- KABATA-PENDIAS, G., TERELAK, H. and PIETRUCH, C., 2001. Impact of soil factors on Zn and Cd contents in Potato tubers. Proceedings of 6th Interantional Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, 568p. Guelph, Canada.
- KACAR, B., 1998. Bitki Besleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. 85s., VİPAŞ Yayınları.
- KANAT, G., GÖNÜLLÜ, T., ve ELMASLAR, T. 2002. Piller ve Çevre Kirliliği açısından değerlendirilmesi (www.gerikazanım.org/piller).
- KARACA, A., KIZILKAYA, R., and HAKTANIR, K., 2000. Effects of Different Lead and Cadmium Compounds on Soil Catalase Enzyme Activity.176p. Türkiye Toprak Bilimi Derneği Bildiri Özetleri/İnternational Symposium on Desertification/2000-Konya.
- KEVRESAN, S.Z., and PETROVIÇ, M.N.,2003. Effect of Different Cadmium Concentrations on Cadmium Retranslocation into the reproductive organs in pea of different ages. CEJOEM 2003, vol.9, no.4.: 322-326
- KING, L., 1988. Retention of cadmium by several soils of the southeast-ern United States. J. Environ. Qual. 17:246-250.
- KLOKE, A.; SAUERBECK, D. R.; VETTER. H., 1984. The Contamination of Plants and Soils with Heavy Metals and Transport of Metals in Terrestrial Food Chains. In Nriague. J.O.(ed.) Changing Metal Cycles in Human Health. Springer Verlag. Berlin, pp.113-141.
- KOBAYASHI, J., 1978. Pollution by Cadmium and the itai-itai disease in Japan. In Toxicity of Heavy Metal in the Environment. Pp 199-260. Marcel dekker Inc. New York.
- KÖLELİ N, EKER S, ÇAKMAK I., 2004. Effect of Zinc Supply on Cadmium Toxicity in Durum and Bread Wheat Grown in Zinc-deficient Soil. Environmental Pollution 131, 453-459.
- KÖLELİ N., 2004. Determination of Heavy Metal Concentrations in Open and Protected Cropping Systems. Fresenius Environmental Bulletin 13, 1521-1524.
- KÖLELİ, N., 1998. Değişik Tahıl Türlerinin ve Buğday Çeşitlerinin Kadmiyum Toksisitesine Duyarlılığı ve buna Çinko Eksikliğinin Etkisi.115s. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, Adana.
- KÖLELİ, N., ve KANTAR, Ç., 2005. Fosfat Kayası, Fosforik Asit ve Fosforlu Gübrelerdeki Toksik Ağır Metal Konsantrasyonu. Mersin Üniversitesi Ekoloji Dergisi s:14-55, 1-5-2005 Mersin.

- KYYOUNG-WOONG, KIM., KWANG-KOO, and KIM., 1999. T5- Bioavailability of Trace Elements. Proc. 5th Intern. Conf. On the Biogeochem of Trace Elements. Pp 560. VIENNA 99.
- LINDSAY, W. L., and W.A. NORVELL, 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42:421-428.
- LI, Y. M.; CHANEY, R.L, and SCHNEITER, A. A., 1994. Effect of Soil Chloride on cadmium concentration in sunflower kernels. Plant Soil 167:175-280.
- MARSCHNER, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2.Ed., Acad. Pres. London.
- MCKEAGUE, J.A., 1967. An Evaluation of 0.1M Pyrophosphate and Pyrophosphate-dithionite in Comparison with Oxalate as Extractants of the Accumulation Products in Podzols and Some Other Soils. J. Soil Sci. 47:95-99.
- MCKEAGUE, J. A., and DAY J. H., 1966. Dithionite and Oxalate- extractable Fe and Al as Aids in Differentiating Various Classes of Soils. Can. J. Soil Sci. 46:13-22.
- MCLAUGHLIN, M. J., PALMER, L. T., TILER, K. G., BEECH, T. A. And SMART, M. K., 1994. Increased soil salinity causes elevated cadmium concentrations in field- grown potato tubers. J. Environ. Qual. 23: 1013-1018.
- MCLAUGHLIN, M. J., WILLIAMS, C. M. J., MCKAY, A., KIRKHAM, R., GUNTON, J., JACKSON, K. J., THOMPSON, R., DOWLING, B., PARTINGTON, D., SMART, M. K., and TILER, KG, 1994. Effect of Cultivar on Uptake of Cadmium by Potato Tubers. Aust. J. Agric. Res., 45:1483-1495.
- MCLAUGHLIN, M.J., TILER, K.G., NAIDU, R., and STEVENS, D.P., 1996. Review: The behavior and environmental impact of contaminants in fertilizers. Aust. J. Soil Res. 34: 1-54.
- MCLAUGHLIN, M. J., MAINER, N. A., RAYMENT, G. E., SPARROW, L. A., BERG, G., MCKAY, A., MILHAM, P., MARRY, R. H., and SMART, M. K., 1997. Cadmium in Australia potato tubers and soil.
- MERMUT, A. R., JAIN, J. C., KERRICH, R., KOZAK L. and JANA, S., 1996. Trace Element Concentrations of Selected Soils and Fertilizers in Saskatchewan, Canada. Journal of Environmental Quality, 25, 845-853.
- MOOLENAAR, S. W., and LEXMOND, T. M., 1999. 'Heavy Metal Balances, Part I. General Aspects of Cadmium, Copper, Zinc, and Lead Balance Studies in Agro-Ecosystems.' Journal of Industrial Ecology. Volume:2, Number:4, p.45-

60. copyright 1999 by the Massachusetts Institute of Technology and Yale University.

- MORVEDT, J. J., 1987. Cadmium Levels in Soils and Plants from Some Long-Term Soil Fertility Experiments in the United States of America. *J. Environ.Qual.* 16:137-142.
- NORVELL, W.A., WU, J., HOPKINS, D.G., and WELCH, R.M., 2000. Association of cadmium in durum wheat grain with soil chloride and chelate-extractable soil cadmium. *Soil Science Society of American Journal* . 64(6):2162-2168.
- NRIAGU, J. O., PACYNA, J. M., 1988. Quantitative Assessment of Worldwide Contamination of Air, Water and Soils by Trace Metals. *Nature (London)*. 333, 34-139.
- OLIVER, D. P., SCHULTZ, J. E., TILLER, K. G., WILHELM, N. S., MERRY, R. H. and COZENS, G.D., 1994. The effect of Zinc Fertilization on Cadmium Concentration in Wheat Grain. *J.environ.Qual.*, 23:705-711
- OLIVER, D. P., HANNAM, R., TILLER, K. G., WILHELM, N. S., MERRY, R. H. and COZENS, G. D., 1994. The effects of zinc fertilization on cadmium concentrations in wheat grain. *J. Environ. Qual.* 23:705-711
- ÖZBEK, H., KAYA, Z., GÖK, M., ve KAPTAN, H., 1993. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Kitabı, Yayın No:73, Ders Kitapları Yayın No:A-16, ss:77-119, Adana
- ÖZKUTLU, F., 2004. Makarnalık Buğdayda Kadmiyum Alımı ve Birikimi Üzerine Tuzluluğun ve Çinko Beslemesinin Etkisi, 87s. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana.
- ÖZTÜRK, L., KARANLIK, S., ÖZKUTLU, F., ÇAKMAK, I., and KOCHIAN, L.V., 2003. Shoot Biomass and zinc/cadmium uptake for hyperaccumulator and nonaccumulator. *Thlaspi* species in response to growth on a zinc-deficient calcareous soil. *Plant Science* 164:1095-1101.
- ÖZUS, İ., 2001. Konya Ovasında Değişik Büyük Toprak Gruplarında Yetiştirilen Buğdaylarda Kadmiyum Konsantrasyonunun Araştırılması. 54s. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Adana.
- PAGE, A.L., and BINGHAM, F. T., 1973. Cadmium Residues in the Environment. *Residue Rev.*, 48:1-43.
- PETTERSON, O., 1977. Differences in Cadmium Uptake Between Plant Species and Cultivars. *Swed. J. Agric. Res.*, 7:21-24.
- PICKERING, W., 1980. In Nriagu, J.O.(ed.), *Cadmium in the Environment, Part I, Ecological Cycling*, John Wiley, New York, pp.365-397.

- PIERZYNSKI, G.M. 1994. Plant nutrient aspects of sewage sludge. p. 21–26. In C.E. Clapp et al. (ed.) *Sewage sludge: Land utilization and the environment*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- PIERZYNSKI, G. M., SIMS, J. T., and VANCE, G. F., 1994. *Soil and Environmental Quality*. Lewis Publishers, FL.
- RIC DE VOS, HENK, J. LUBBERDING and H. FRITS BIENFAIT, 1986. Rhizosphere Acidification as a Response to iron Deficiency in Bean Plants. *Plant Physiol.* 81:842-846.
- RICHARDS, L.A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Paul U.S. Dep. Agric. Handbook 60.
- RÖMHELD, V., and H. MARSCHNER, 1986. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiol* 80:175-180.
- RÖMHELD, V. and H. MARSCHNER, 1983. Mechanism of iron uptake by peonut plants, I- Fe(III) reduction, chelate splitting, and release of phenolics. *Plant Physiol* 71:949-954.
- SANCHEZ-MARTIN, M.J., and M.SANCHEZ-CAMAZANO, 1993. Adsorbition and mobility of cadmium in natural, uncultivated soils. *J. Environ. Qual.* 22:737-742.
- SCHWERTMANN, U., 1964. The Differentiation of Iron Oxide in Soils by a Photochemical Oxalate. *Z. Pflanzenernaehr.Dveng. Bodenkund.* 105:194-201.
- SCHWERTMANN, U. and R.M. TAYLOR, 1972. Iron oxides . p. 379-438. In J.B. DIXON and S. B. WEED (ed). *Minerals in soil environments* 2nd. Ed. SSSA Book Ser I. SSSA, MADISON, WI.
- SHAWI A.W.AL., and DAHL R., 1999. *Anal. Chem. Acta*, Heavy metals in soils, 391, 1,35 .
- SIVACI, E. R., SIVACI, A., and SÖKMEN, M., 2004. Biosorption of Cadmium by *Myriophyllum*. *Geoderma* 104: 121-133
- SILANPAA, M., and JANSSON, H., 1992. Status of Cadmium, Lead, Cobalt and Selenium in Soils and Plants of Thirty Countries. *FAO*,1992.
- SINGER, M. J. 1987. *Soils an Introduction*. MacMillan Publishing Comp. London
- SINGS, B. R. and MYHR, K., 1998. Cadmium uptake by barley from different Cd sources at two levels. *Geoderma* 84: 135-194.

- SMOLDERS, E., LAMBREGTS, R. M., MCLAUGHLIN, M. J., and TILER, K. G., 1998. Effect of soil solution chloride on cadmium availability to swiss chard. *J. Environ. Qual.* 27:426-431.
- SMOLDERS, E., and MCLAUGHLIN, M. J., 1996. Chloride increases cadmium uptake in swiss chard in a resin buffered nutrition solution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:1443-1447.
- SOLTANPOUR, P. N., 1991. Determination of Nutrient Availability and Elemental Toxicity by AB-DTPA Soil Test and ICPS. *Adv. Soil Sci.*, 16:165-190.
- Spicatum L. And Myriophyllum triphyllum archard-chemosphere 56(2004) pp.1043-1048.
- SOIL SURVEY STAFF. 2006. Keys to Soil Taxonomy Tenth Edition, USDA, Director, Office of Civil Rights, 1400 Independence Avenue, S.W., Washington, D.C. 20250-9410.
- SPOSITO, G., and PAGE, A. L., 1984 Cycling of Metal Ions in the Soil Environment. In Sigel, H.(ed.). *Metal Ions in Biological Systems*. Mareel Dekker, New York. pp. 287-332.
- STREET, J. J., LINDSAY, W. L., and SABEY, B. R., 1977. Solubility and Plant Uptake of Cadmium in Soils Amended with Cadmium and Sewage Sludge. *J. Environ. Qual.* 6:72-77.
- TILLER, K. G., 1989. Heavy metals in soils and their environmental significance. p. 113-142. *In* B.A.Stewart (ed.) *Advances in soils science*. Vol. 9. Springer Verlag New York, New York.
- TILLER, K. G., 1989. Heavy metals in soils and their environmental significance. p. 113-142. *In* B.A.Stewart (ed.) *Advances in soils science*. Vol. 9. Springer Verlag New York, New York.
- TISDALE, S. L., NELSON, W. L. , BEATON, J. D. and HAULIN, J. L. , 1993. *Soil Fertility and Fertilizers (5th ed)*. Macmillan, New York, 634 .
- TOPRAK KİRLİLİĞİNİN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ, 2003.(www.cevre.gov.tr)
- TURNER, M. A., 1973. Effect of Cd and Zn Uptake by Selected Vegetables Species *J. Environ. Qual.*, 2:118-119.
- TÜRKMEN, C., 2004. Kireçli Toprak Sisteminde Kentsel Arıtma Çamurunun Arpa Bitkisinin Gelişimi Bazı Ağır Metallerin Alımı Üzerine Etkisi. 121s. Ankara Ün. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, Ankara.
- UNDERWOOD, E. J., 1971. *Trace elements in human and animal nutrition*. 111. 3rd ed. Academy Pres, New York.

UNDERWOOD, E.J., 1979. Trace elements in human and animal nutrition. 3rd ed. Academy Pres, New York.

WEGGLER-BEATON, K., MCLAUGHLIN, M.J., and GRAHAM, R. D., 2000. Salinity increases cadmium uptake by wheat and swiss chard from soil amended with biosolids. Aust. J. Soil Res., 38:37-45.

WILLIAMS, C. H., and DAVID, D.J., 1973. The Effect of Superphosphate on the Cd Content of Soils and Plants. Aust. J. Soil Res., 11:43-56.

WU, J., NORVELL, W.A., HOPKINS, D.G., and WELCH, R.M., 2002. Spatial variability of grain cadmium and soil characteristics in a durum wheat field. Soil Science Society of American Journal, v:66, no:1, pp 268-275.

www.cevre.org/TCM/yonetmelikler/toprak

www.die.gov.tr

www.fao.org

www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/23163.html - 34k

www.who.int

XIAN, X., SHOKOHIFARD, G. I., 1989. Effect of pH on the Cd Content of Soils and Plants. Aust. J. Soil Res., 11:43-56.

ZACHARA, J. M., SMITH, S. C. , MCKINLEY, J. P. and RESCH, C. T., 1993. Cadmium sorption on specimen and soil smectites in sodium and calcium electrolytes. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:1491-1501.

ÖZGEÇMİŞ

1981 Şanlıurfa Siverek doğumlu, İlk öğrenimini Cengiz Topel İlköğretim Okulu'nda, orta ve lise öğrenimini ise Şanlıurfa Anadolu Lisesi 'nde tamamladı. Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başlayıp 2003 yılında mezun oldu. 2005 yılında Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı.

E K L E R

EK I. Profillerin Fiziksel Özellikleri

Ek Çizelge 1.1. Profil 1'in fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
KISAS 1 SERİSİ					
0-15	Ap	c	grn/krç	zayıf sertlikte	düz az belirgin
15-39	A ₁	c	kçby z yrkş blst	zayıf sertlikte	düz az belirgin
39-74	Bw ₁	c	okv oby yrkş blst	orta kuvvetli	düz az belirgin
74-102	Bw ₂₅₅	c	oby z kş blst	zayıf sertlikte	dalgalı az belirgin
102-139	Bw ₃₅₅	c	by kv kş blst	kuvvetli sertlikte	dalgalı az belirgin
139-178	Bc _{1 55}	c	oby kv blst/ss/oks rd	orta sertlikte	dalgalı az belirgin
178-210	Bc _{2 55}	c	oby çkv kş blst	çok kuvvetli sert	dalgalı az belirgin
210-250	Cc _{A 55}	c	Oby z kş blst/ss krç	zayıf sertlikte	dalgalı az belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, siel-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsiel-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.2. Profil 2'nin fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
ÇEKÇEK SERİSİ					
0-15	Ap	sic	grn	zayıf sertlikte	düz az belirgin
15-33	A ₁	sic	z kç yrkş blst	zayıf sertlikte	düz az belirgin
33-55	Bw ₁	sicl	kv oby yrkş blst	zayıf sertlikte	düz az belirgin
55-76	Bw ₂	sicl	o ve by okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
76-120	Bw ₃	sicl	o ve by kv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
120-182	B _{kb1}	sicl	by kv kş blst/mn	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
182- +	B _{kb255}	sicl	by kv kş blst/ss/mn	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, sicl-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsicl-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.3. Profil 3'ün fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
HARRAN 1					
0-12	Ap ₁	cl	çby çkv kş blst	kuvvetli	düz belirgin
12-30	Ap ₂	cl	oby okv kş blst	kuvvetli	düz belirgin
30-56	Bw ₁	cl	oby z kşst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
56-86	Bw ₂	cl	by okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
86-113	Bc ₁	cl	oby okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
113-142	Bc ₂	c	oby z blst	orta kuvvetli	az dalgalı belirgin
142-200	BCc	c	by okv kş blst	orta kuvvetli	az dalgalı belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, siel-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsiel-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.4. Profil 4'ün fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
KISAS 2					
0-25	Ap ₁	sic	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
25-50	Ap ₂	sic	oby okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
50-83	Bw ₁	sic	oby z kş blst	zayıf sertlikte	dalgalı az belirgin
83-127	Bw ₂	sicl	oby okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
127-192	Bw ₃	sic	oby okv kş blst/oks rd	zayıf sertlikte	dalgalı az belirgin
192-210	BC	sicl	by z kş blst/mk	zayıf sertlikte	düz belirgin
210-225	IC ₁	sicl	oby z kş blst/mk/kmr	zayıf sertlikte	düz belirgin
225-245	IC ₂	sicl	oby okv kş blst	zayıf sertlikte	dalgalı belirgin
245-275	IIC ₁	cl	oby o kv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
275- +	IIC ₂	cl	oby okv kş blst/ss	orta kuvvetli	dalgalı belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.
 ****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, sicl-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsicl-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.5. Profil 5'in fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
BELLİTAŞ					
0-10	Ap ₁	c	grn	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
10-28	Ap ₂	c	Kç okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
28-60	Bw	c	Oby z yrkş blst	zayıf sertlikte	dalgalı belirgin
60-94	IIBw	c	Oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
94-125	IIBC	gc	Oby okv yrkş blst	kuvvetli	düz belirgin
125-187	IIIBw	c	Oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
187-236	IIIBC	c	Oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, siel-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsiel-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.6. Profil 6'in fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
GÜRGELEN 1					
0-30	Ap ₁	c	Grn	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
30-47	Ap ₂	c	çby okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
47-72	Bw ₁	gc	by okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
72-110	Bw ₂	gc	Oby okv yrkş blst	kuvvetli	dalgalı belirgin
110-130	BC	c	Oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
130-175	IIBw ₁	c	by z yrkş blst	zayıf sertlikte	dalgalı belirgin
175-241	IIBw ₂	c	oby z yrkş blst	zayıf sertlikte	dalgalı belirgin
241-321	C	gc	Kç z yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
321- +	C	gc	Kç z yrkş blst	orta kuvvetli	düz belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, siel-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsiel-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.7. Profil 7'in fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
İKİZCE					
0-14	Ap ₁	c	Grn	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
14-30	Ap ₂	c	by okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
30-60	Bwk ₁	c	oby z kş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
60-103	Bwk ₂	c	oby okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
103-130	Bwk ₃	gc	by okv kş blst	kuvvetli	düz belirgin
130-168	Bwk ₅₅	sic	by okv kş blst	zayıf sertlikte	düz belirgin
168-190	Bk ₁	sic	by okv kş blst	zayıf sertlikte	düz belirgin
190-249	Bc	gsicl	çby okv kş blst	orta kuvvetli	düz belirgin
249- +	C	gcl	by okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, sicl-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsicl-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.8. Profil 8'in fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
SIRRIN					
0-20	Ap ₁	c	çby kv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
20-38	Ap ₂	c	by okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
38-51	Bw	c	oby okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
51-97	Bwk ₁	gc	by okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
97-150	Bwk ₂	gc	by kv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
150-190	Bwk _{ss1}	gc	oby okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
190-250	Bwk _{ss2}	gc	by okv kş blst	zayıf sertlikte	Düz az belirgin
250-295	BK _{ss2}	gc	by okv kş blst	zayıf sertlikte	Düz az belirgin
295- +	Bk ₂	c	by okv kş blst	zayıf sertlikte	Düz az belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, siel-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsiel-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.9. Profil 9'un fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
İRİCE					
0-20	Ap ₁	c	by kv yrkş blst	kuvvetli	dalgalı az belirgin
20-40	Ap ₂	c	çby çkv przst	kuvvetli	dalgalı az belirgin
40-65	Bwk ₁	gc	by okv kş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin
65-100	Bwk ₂	gc	oby okv kş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin
100-150	Bwk ₃	c	oby okv kş blst	orta kuvvetli	Düz az belirgin
150-200	Ck _m	gc	oby okv kş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, **kç**-küçük , **yrkş**-yarı köşeli, **blst**-blok strüktür, **przst**-prizmatik strüktür, **msfst**-mosifstrüktür, **okv**-orta kuvvette, **oby**-orta büyüklükte, **z**-zayıf, **ss**-slicken side, **kş**-köşeli, **kv**-kuvvetli, **oks**-oksidasyon, **red**-redüksiyon, **krç**-kireçli, **bn**-benekli, **yum**-yumuşak, **yr**-yarı, **by**-büyük, **çkv**-çok kuvvetli, **o**-orta, **çby**-çok büyük, **mn**-mangan birikintileri, **mk**-midye kabukları, **kmr**-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** **c**-kil, **sic**-siltli kil, **siel**-siltli gevşek kil, **gc**-çakıllı kil, **gsic**-çakıllı siltli kil, **gsiel**-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.10. Profil 10'un fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
BEGDEŞ					
0-20	Ap ₁	c	çby çkv msfst	kuvvetli	dalgalı belirgin
20-55	Ap ₂	gc	by okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
55-88	Bwk ₁	gc	by okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
88-120	Bwk ₂	gc	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin
120-160	Bwk ₃	gc	by okv yrkş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin
160-192	Bwk ₄	gc	oby z kş blst	zayıf sertlikte	Düz az belirgin
192-246	IIBw ₁	gc	oby z kş blst	zayıf sertlikte	Düz az belirgin
246-280	IIBw ₂	gc	oby z kş blst	zayıf sertlikte	Düz az belirgin
280-313	IIBw ₃	gc	oby z yrkş blst	orta kuvvetli	Düz az belirgin
313- +	IIBw ₄	gc	oby z yrkş blst	orta kuvvetli	Düz az belirgin

* **Kısaltmalar:** **grn**-granüler, **kç**-küçük , **yrkş**-yarı köşeli, **blst**-blok strüktür, **przt**-prizmatik strüktür, **msfst**-mosifstrüktür, **okv**-orta kuvvette, **oby**-orta büyüklükte, **z**-zayıf, **ss**-slicken side, **kş**-köşeli, **kv**-kuvvetli, **oks**-oksidasyon, **red**-redüksiyon, **krç**-kireçli, **bn**-benekli, **yum**-yumuşak, **yr**-yarı, **by**-büyük, **çkv**-çok kuvvetli, **o**-orta, **çby**-çok büyük, **mn**-mangan birikintileri, **mk**-midye kabukları, **kmr**-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** **c**-kil, **sic**-siltli kil, **sicl**-siltli gevşek kil, **gc**-çakıllı kil, **gsic**-çakıllı siltli kil, **gsicl**-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.11. Profil 11'in fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür*	Yoğunluk	Geçiş sınırı
HARRAN					
0-12	Ap ₁	c	çby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
12-30	Ap ₂	c	by okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
30-66	Bw _{1K}	c	by okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
66-112	Bw _{2KSS}	c	by kv kş blst	kuvvetli	dalgalı belirgin
112-140	Bw _{3K}	c	by okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.
****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, siel-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsicl-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.12. Profil 12'nin fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
GÜRGELEN 2					
0-20	Ap	c	by okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
20-46	Bw	c	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
46-80	B _{wk1}	gc	by okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
80-105	B _{wk2}	gc	by okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
105-150	B _{wk3}	gc	by okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
150-225	B _{wk4}	gc	oby okv kş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin
225- +	C _{KM}	c	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, siel-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsicl-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.13. Profil 13'ün fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
AKÖREN					
0-20	Ap	sic	by okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
20-40	Bw _{k1}	gsic	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
40-70	Bw _{k2}	gsic	oby z yrkş blst	zayıf sertlikte	dalgalı belirgin
70-100	Bw _{k3}	gsic	oby z yrkş blst	zayıf sertlikte	dalgalı az belirgin
100-155	Bw _{k4}	gsic	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
155-190	Bw _{k5}	gsic	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
190-220	Bw _{k6}	sic	kç okv yrkş blst	orta kuvvetli	Düz az belirgin
220-260	Ckm ₁	sic	kç okv yrkş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin
260- +	Ckm ₂	sic	kç okv yrkş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, siel-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsicel-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.14. Profil 14'ün fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
EKİNYAZI					
0-20	Ap ₁	sic	by okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
20-40	Ap ₂	sic	oby kv yrkş blst	kuvvetli	dalgalı belirgin
40-100	Bw _K	sic	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
100-115	Bw ₁	sic	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	Düz az belirgin
115-125	Bw _{2b}	sicl	oby z kş blst	zayıf sertlikte	Düz az belirgin
125-150	Bw ₃	sicl	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	Düz az belirgin
150-160	Bw ₄	sicl	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin
160- +	IIBwk	sicl	oby z yrkş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidadasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, sicl-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsicl-çakıllı siltli gevşek kil.

Ek Çizelge 1.15. Profil 15'in fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
AKÇAKALE					
0-30	Ap ₁	c	grn	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
30-50	Ap ₂	c	grn	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
50-100	Bw ₁	c	kç okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
100-130	Bw _{2ss}	c	oby okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
130-150	Bw _{3ss}	sic	oby kv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
150-185	Bw _{4ss}	c	oby okv kş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
185-215	Bw _{5ss}	gc	kç okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı az belirgin
215- +	BC	gc	oby okv kş blst	kuvvetli	dalgalı belirgin

* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, siel-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsicl-çakıllı siltli gevşek kil.

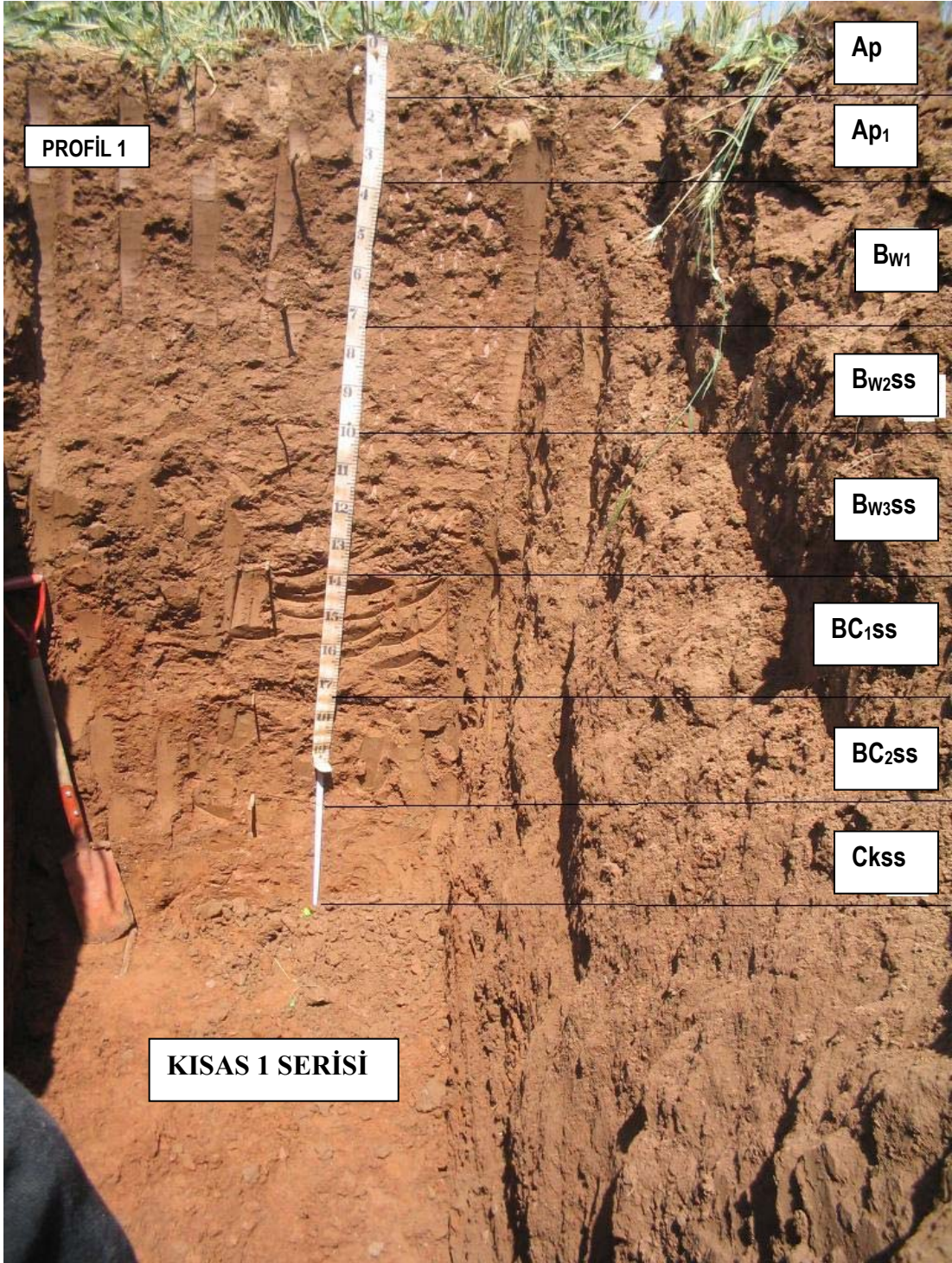
Ek Çizelge 1.16. Profil 16'nın fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Horizon	Tekstür **	Strüktür *	Yoğunluk	Geçiş sınırı
GÜRGELEN 3					
0-30	Ap ₁	c	grn	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
30-60	Ap ₂	c	grn	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
60-110	Bw _{K1}	c	oby okv yrkş blst	orta kuvvetli	dalgalı belirgin
110-140	Bw _{K2}	gc	kç okv yrkş blst	kuvvetli	dalgalı belirgin
140-170	Bw _{K3}	gc	kç okv yrkş blst	kuvvetli	dalgalı belirgin
170-192	Bw _{K4}	c	kç okv yrkş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin
192-230	BC	c	kç kv kş blst	kuvvetli	Düz belirgin
230-253	C _{1 jips}	c	kç kv kş blst	kuvvetli	Düz belirgin
253-296	C _{2 jips}	c	oby kv kş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin
296- +	C _{3 jips}	c	by kv kş blst	orta kuvvetli	Düz belirgin

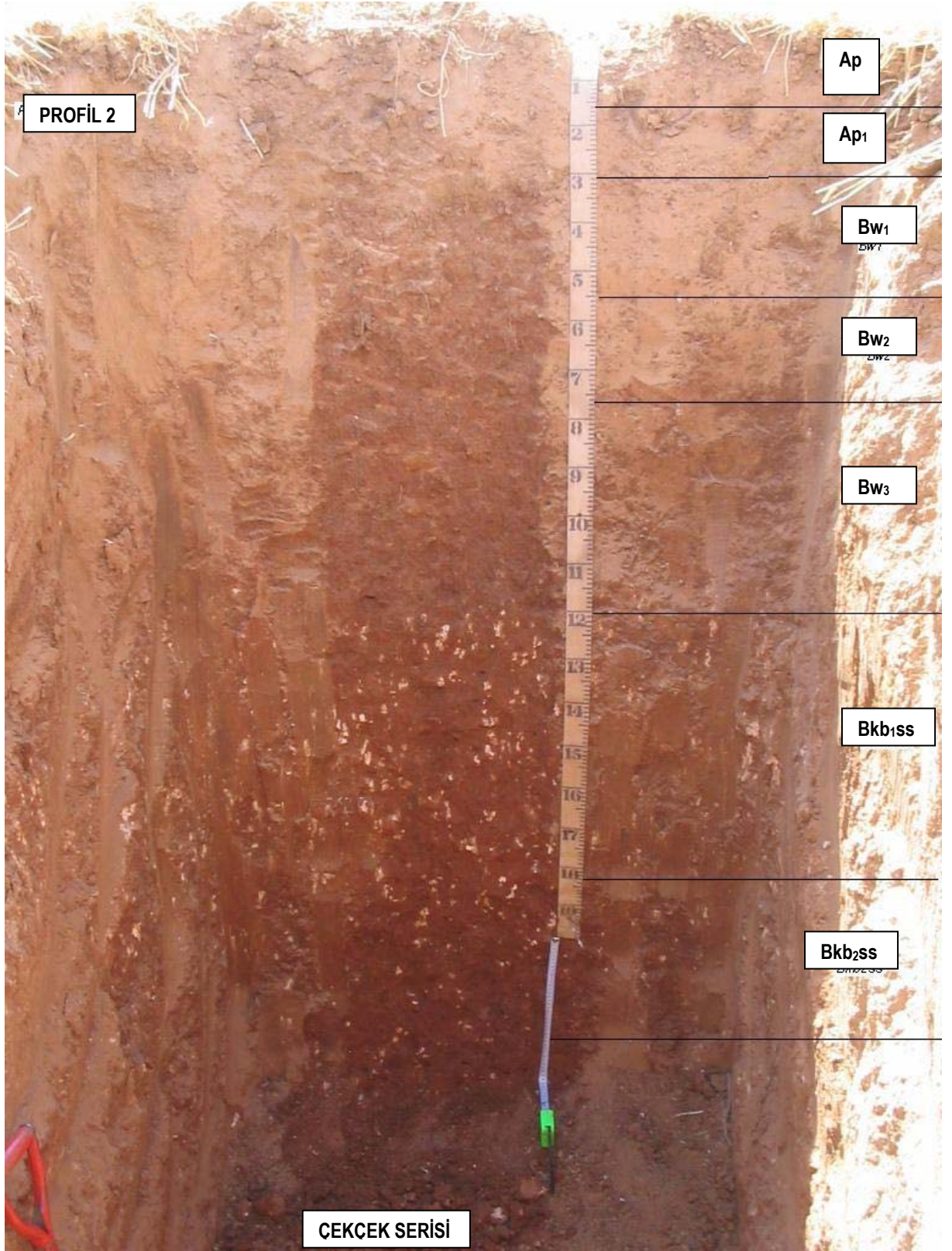
* **Kısaltmalar:** grn-granüler, kç-küçük , yrkş-yarı köşeli, blst-blok strüktür, przst-prizmatik strüktür, msfst-mosifstrüktür, okv-orta kuvvette, oby-orta büyüklükte, z-zayıf, ss-slicken side, kş-köşeli, kv-kuvvetli, oks-oksidasyon, red-redüksiyon, krç-kireçli, bn-benekli, yum-yumuşak, yr-yarı, by-büyük, çkv-çok kuvvetli, o-orta, çby-çok büyük, mn-mangan birikintileri, mk-midye kabukları, kmr-kömür birikintisi.

****Kısaltmalar:** c-kil, sic-siltli kil, siel-siltli gevşek kil, gc-çakıllı kil, gsic-çakıllı siltli kil, gsicel-çakıllı siltli gevşek kil.

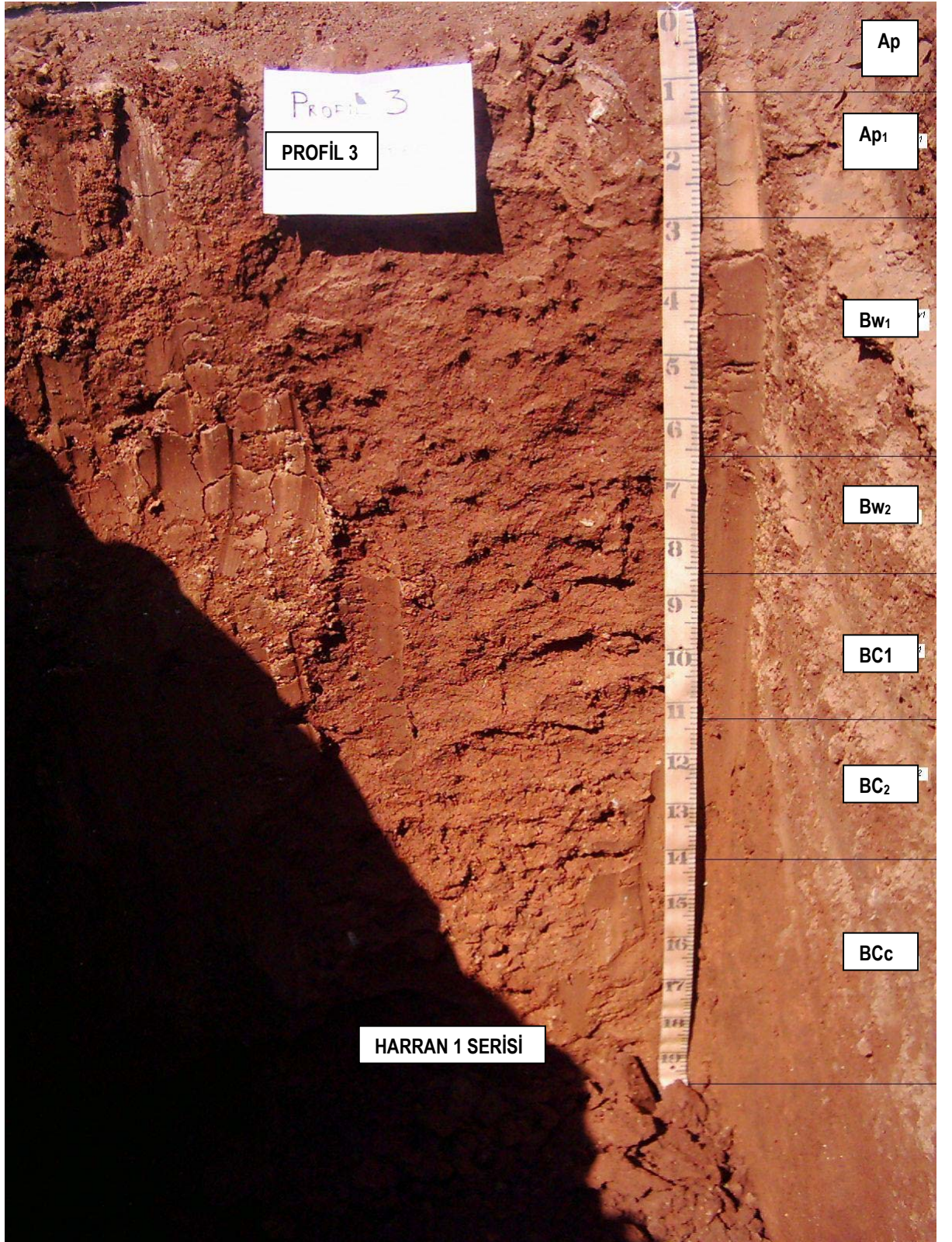
EK 2. Profil Görüntüleri



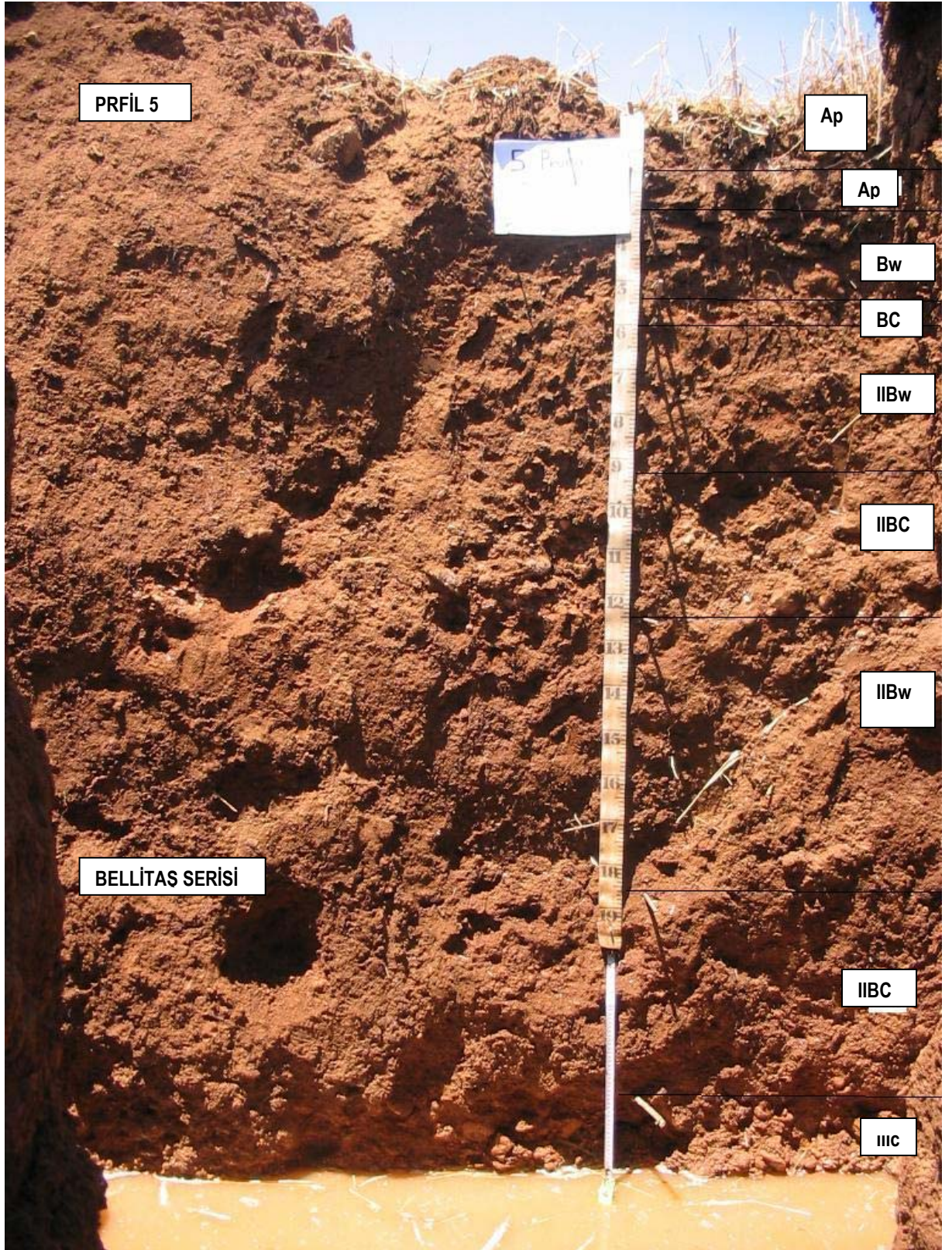
Ek Şekil 2.1. Kısas 1 serisine ait profilin görüntüsü



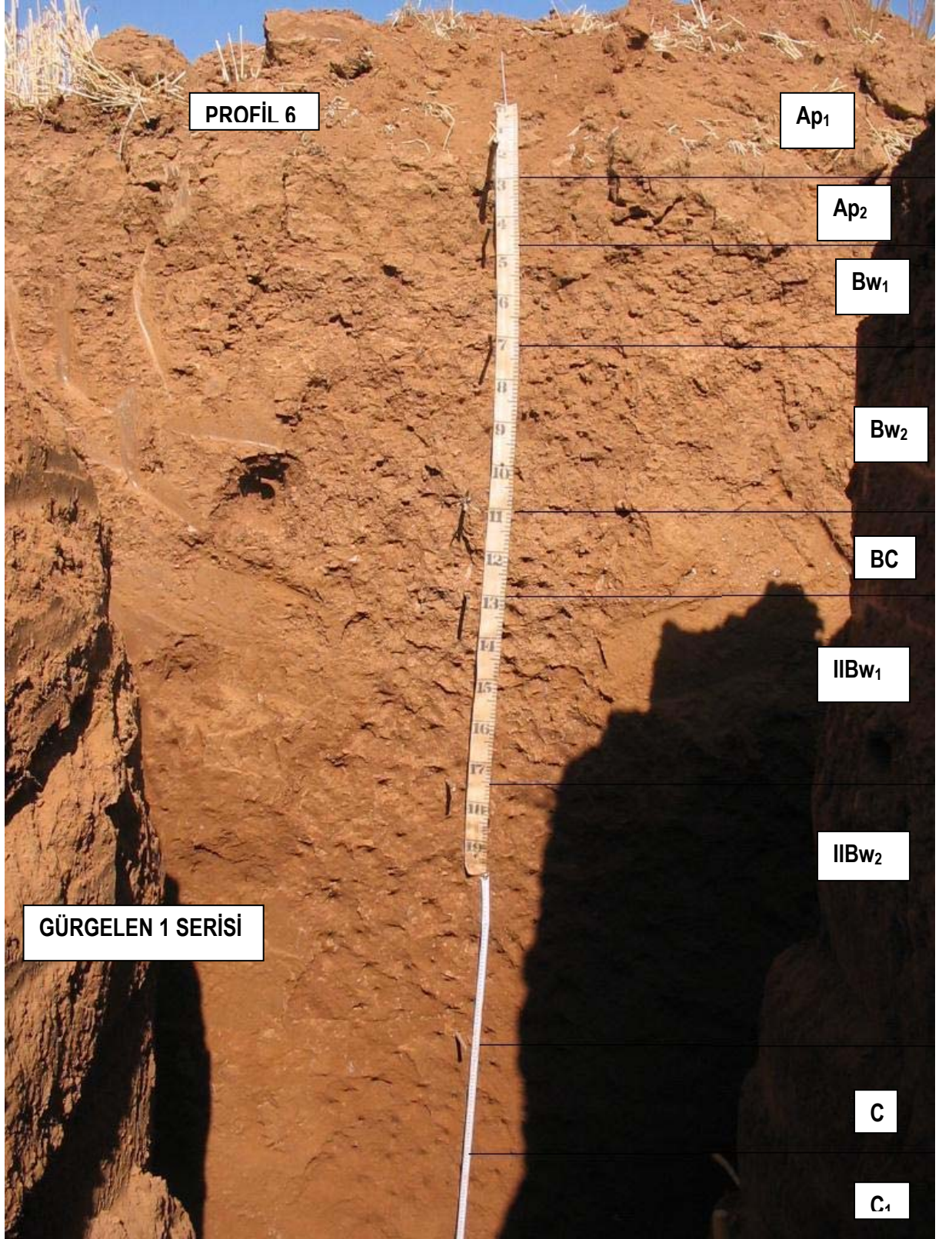
Ek Şekil 2.2. Çekçek Serisine ait profilin görüntüsü



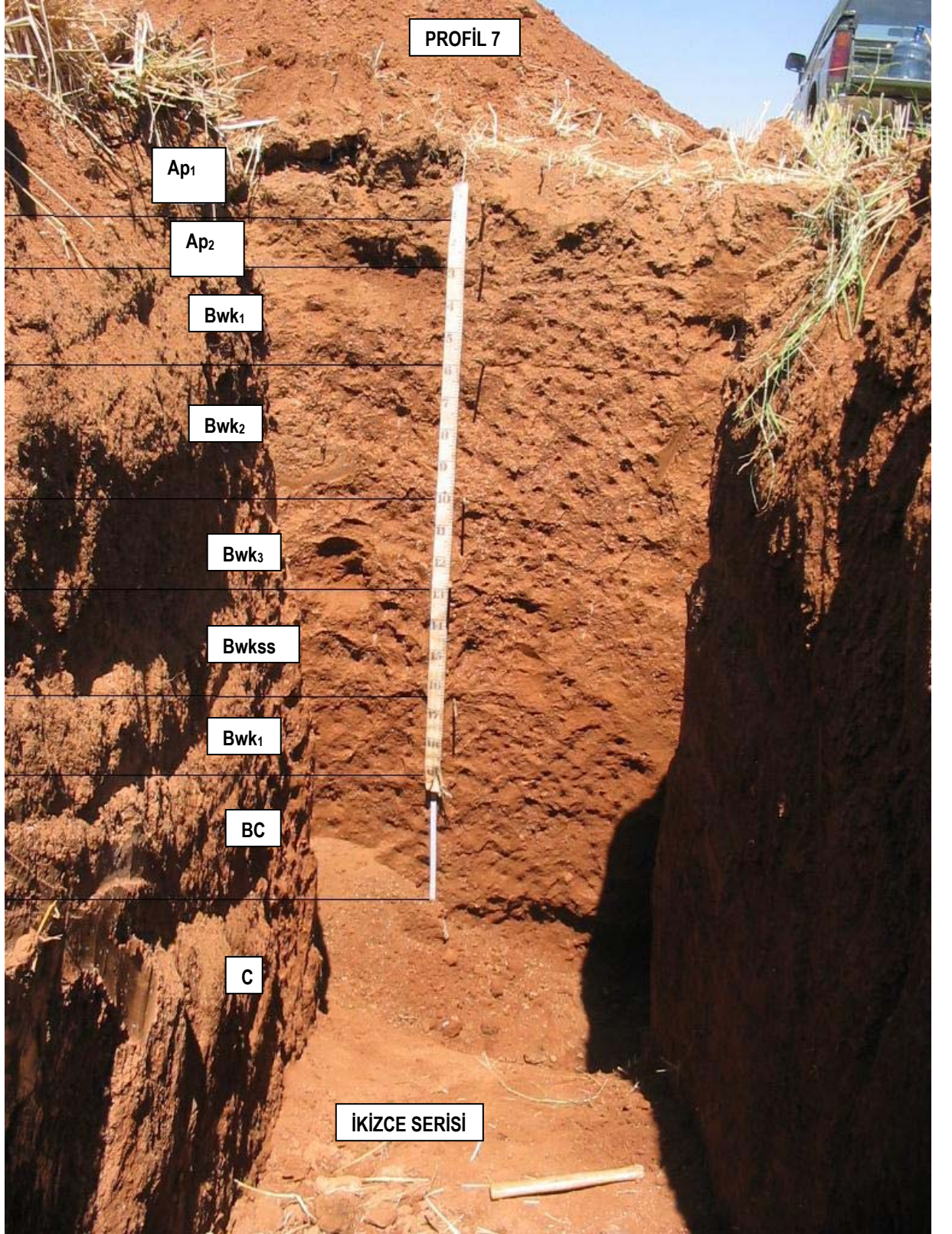
Ek Şekil 2.3. Harran 1 Serisine ait profil görüntüsü



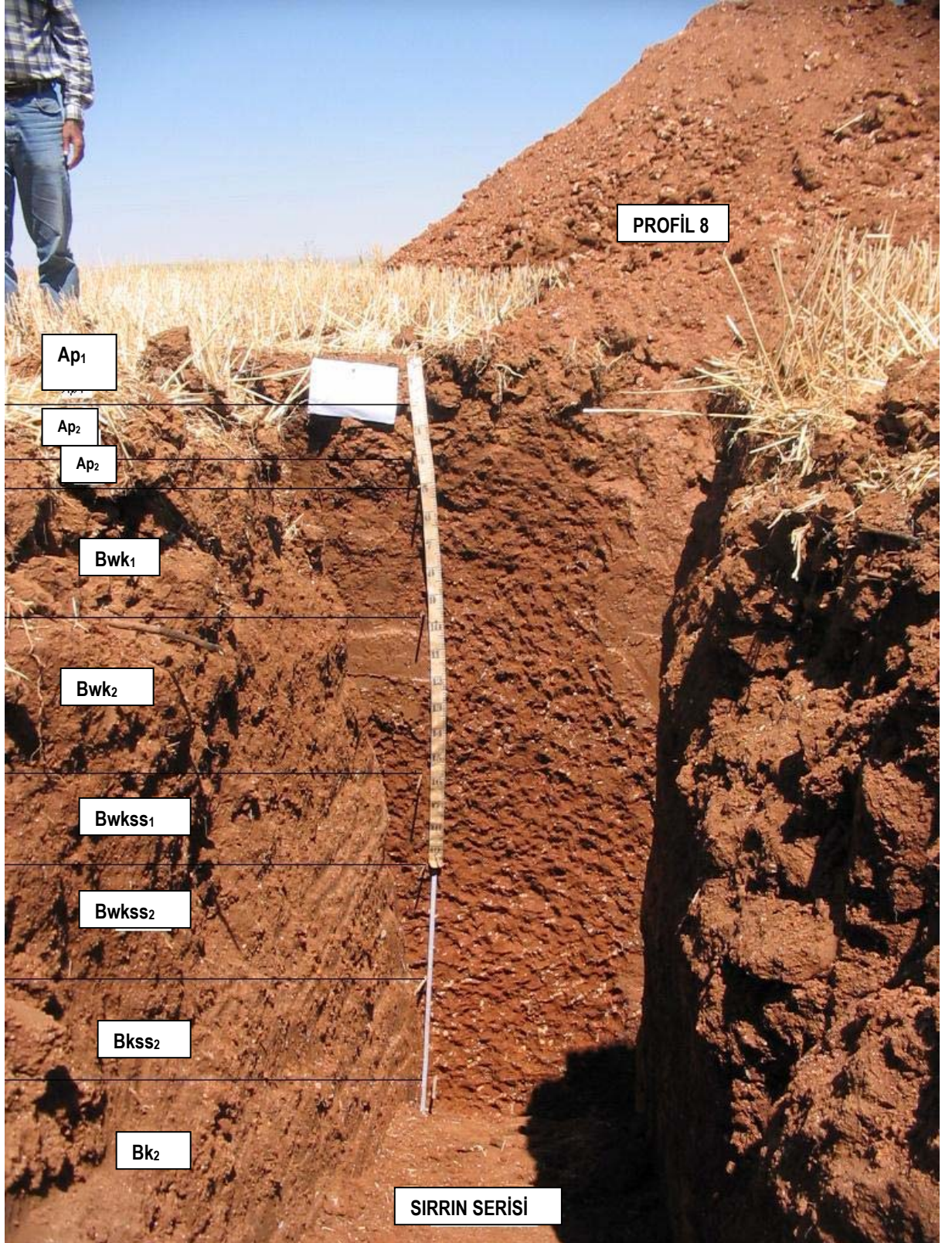
Ek Şekil 2.4. Bellitaş Serisine ait profilin görüntüsü



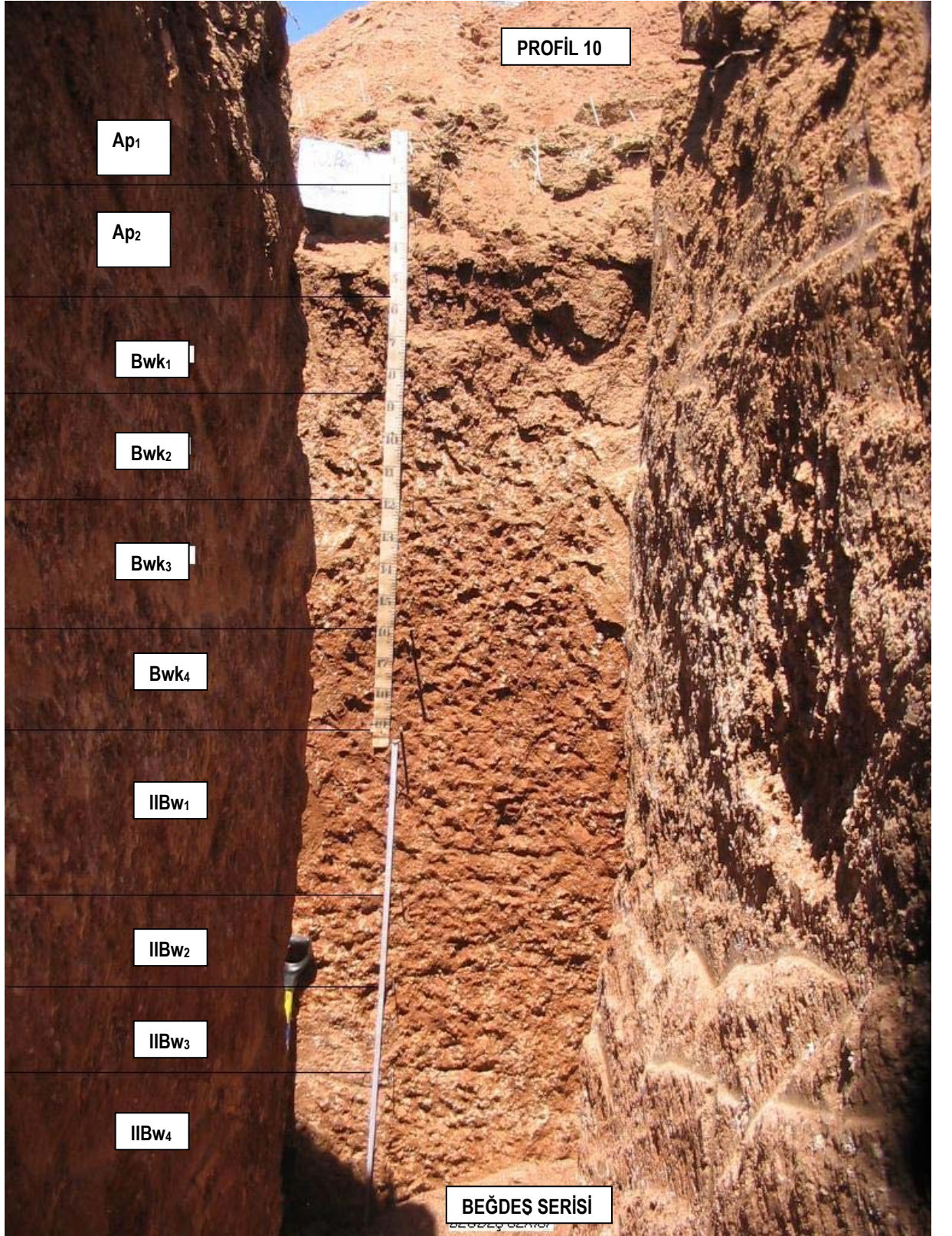
Ek Şekil 2.5. Gürgele 1 Serisine ait profilin görüntüsü



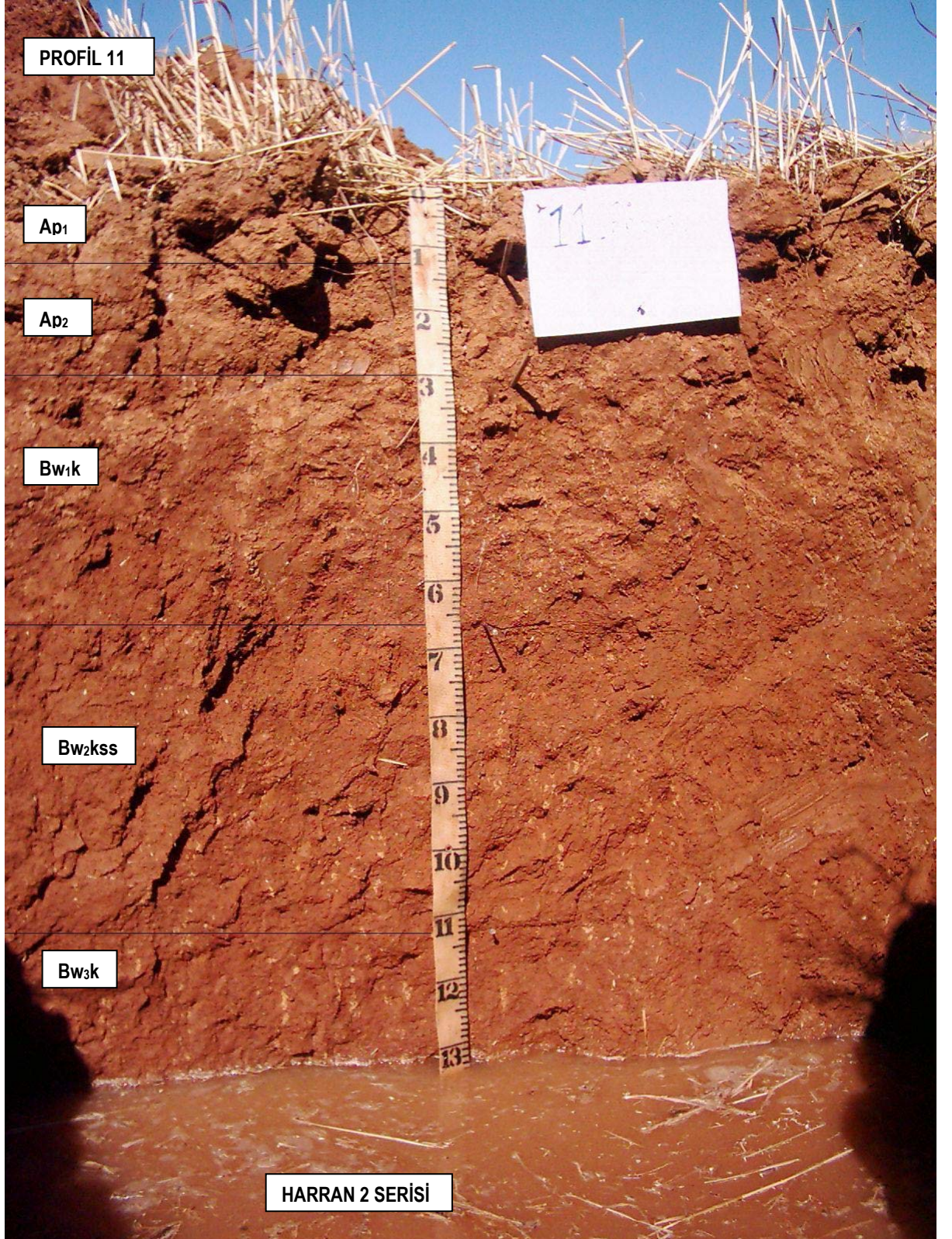
Ek Şekil 2.6. İkizce Serisine ait profilin görüntüsü



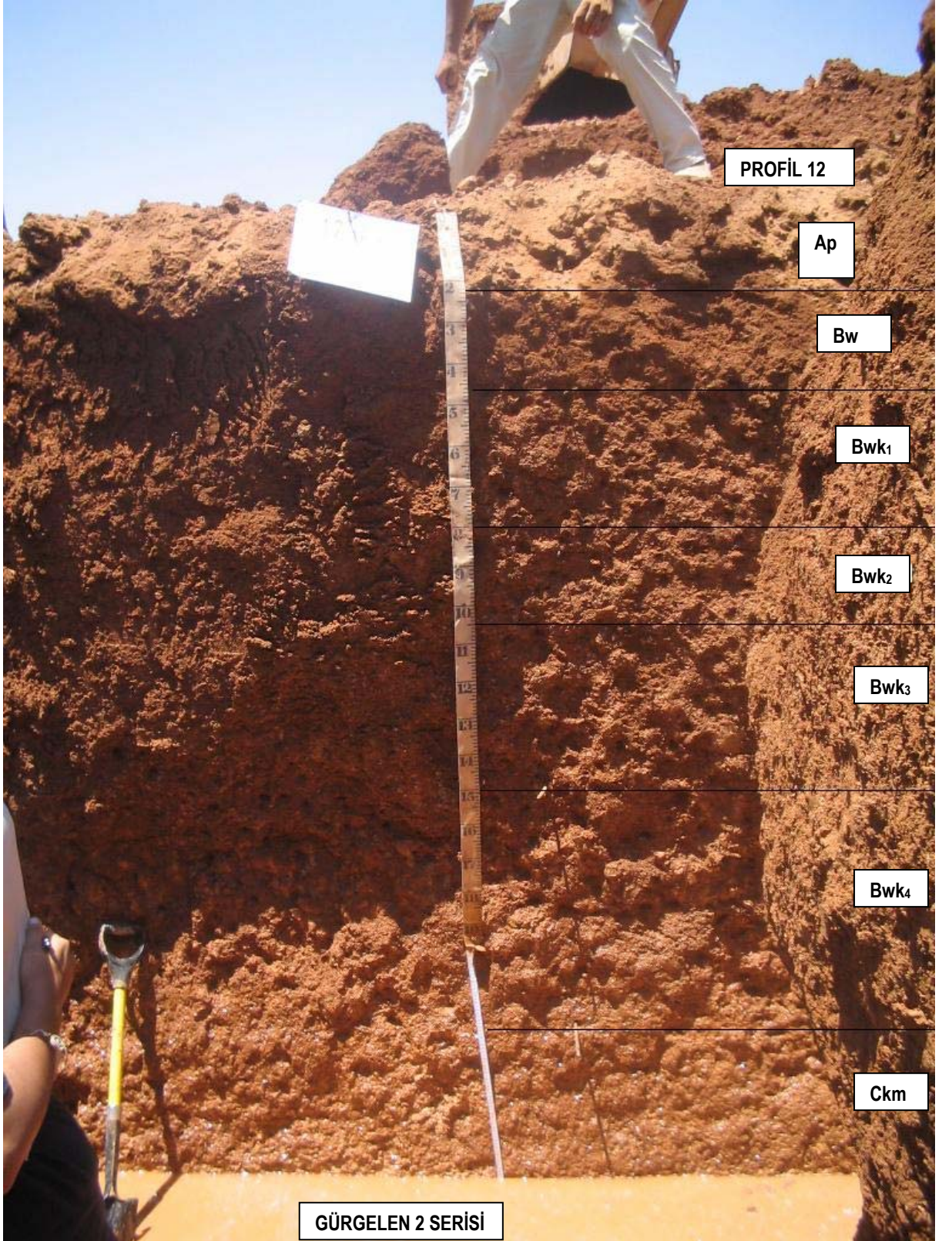
Ek Şekil 2.7. Sırrın Serisine ait profilin görüntüsü



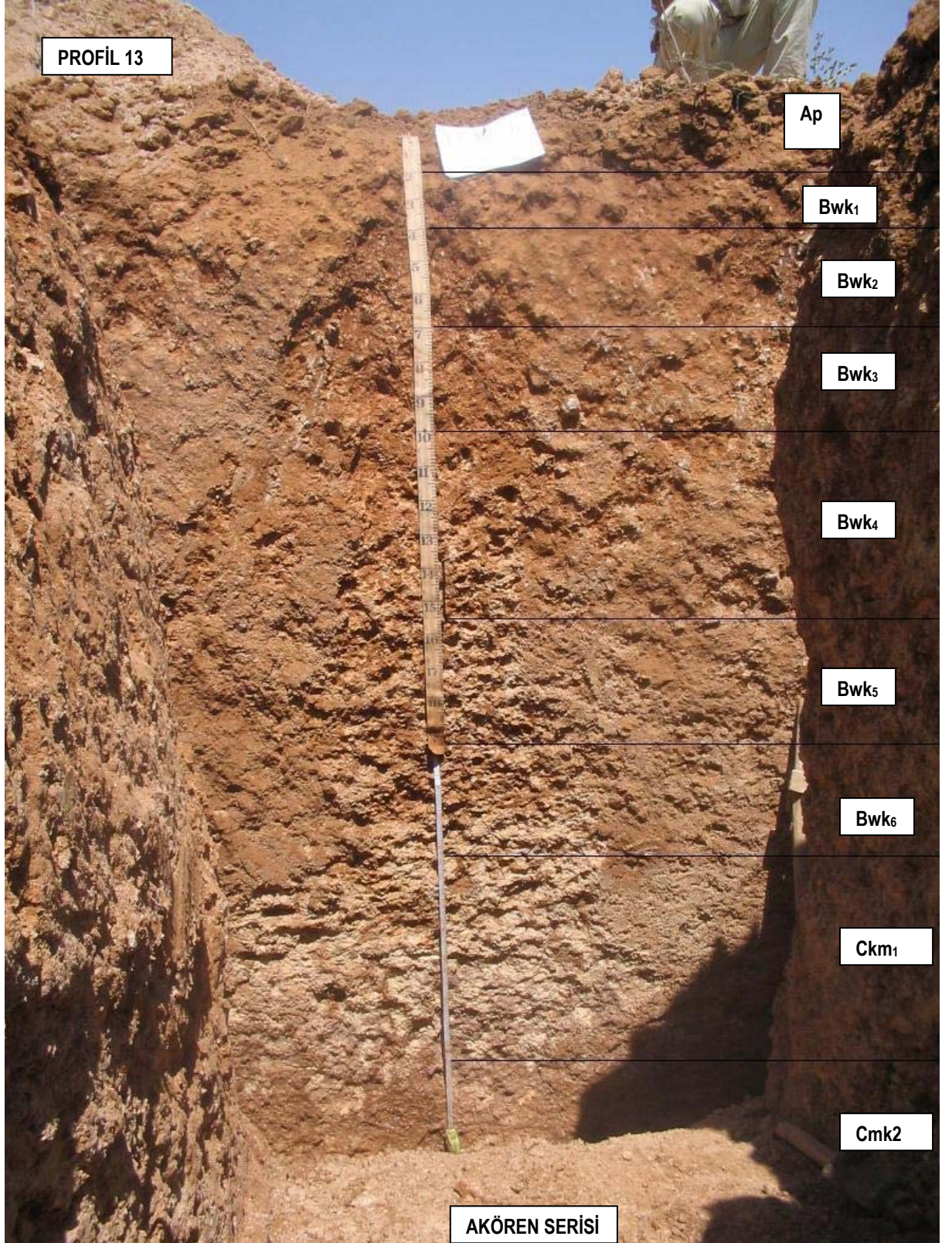
Ek Şekil 2.8. Beğdes Serisine ait profilin görüntüsü



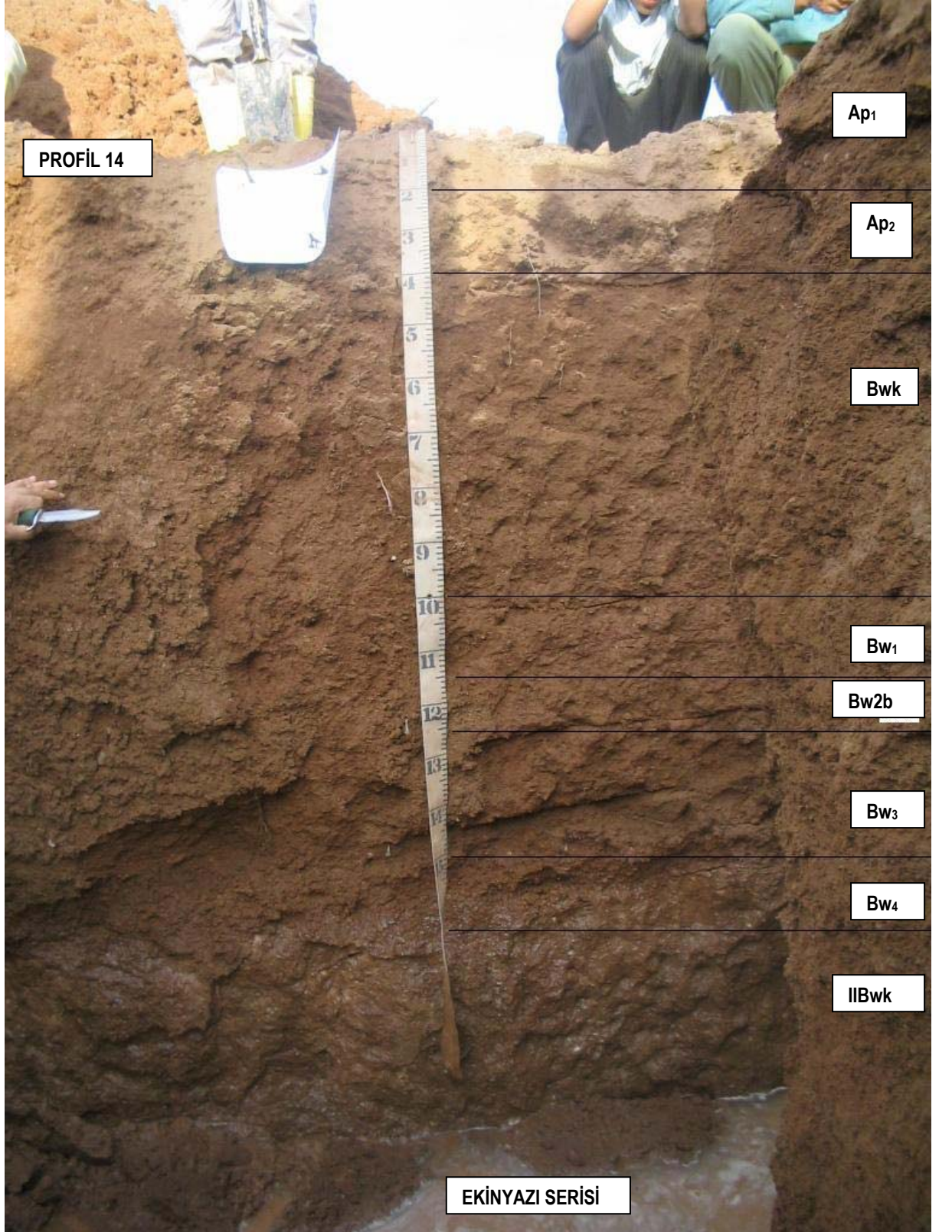
Ek Şekil 2.9. Harran 2 Serisine ait profilin görüntüsü



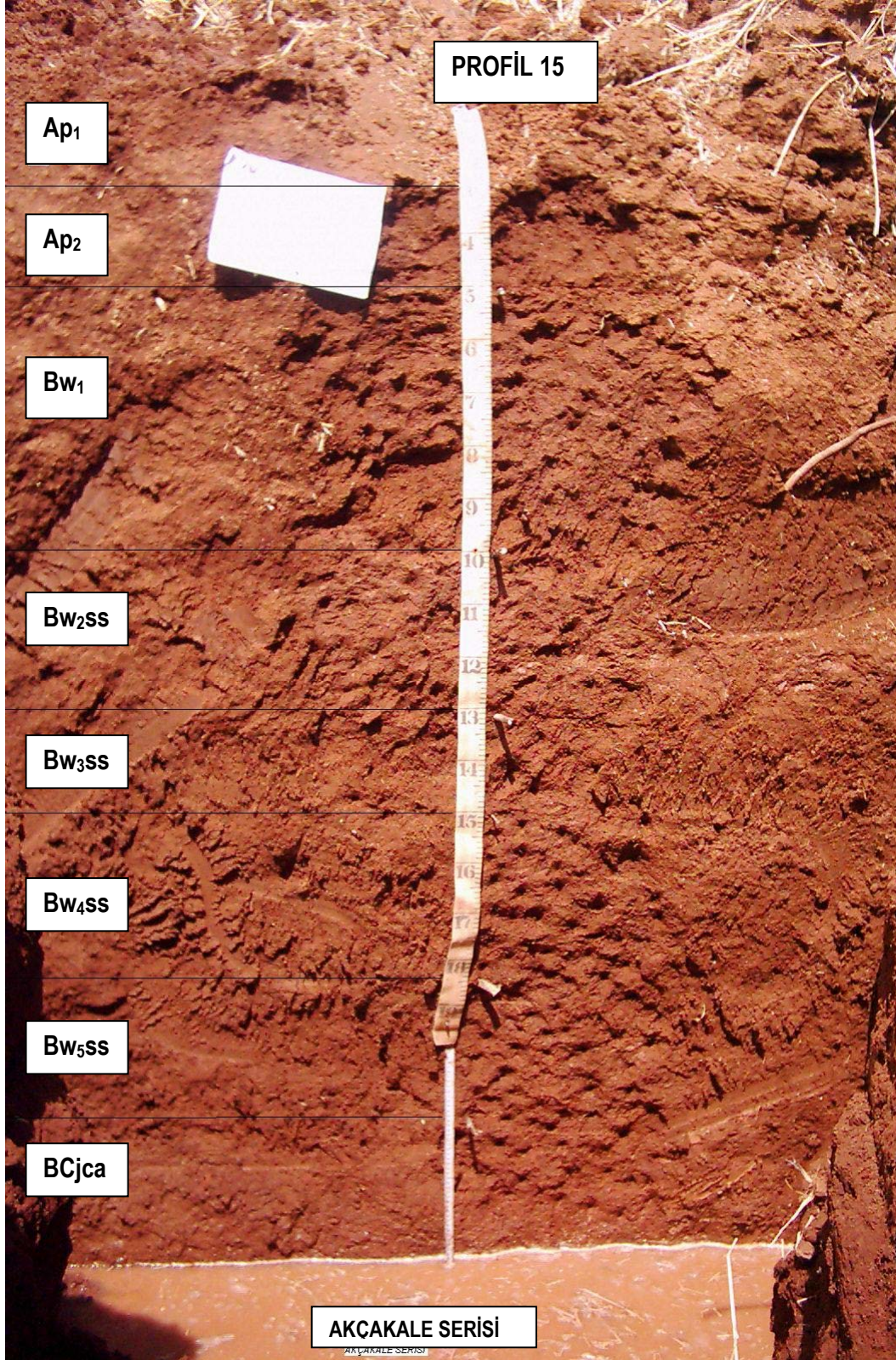
Ek Şekil 2.10. Gürgele 2 Serisine ait profilin görüntüsü



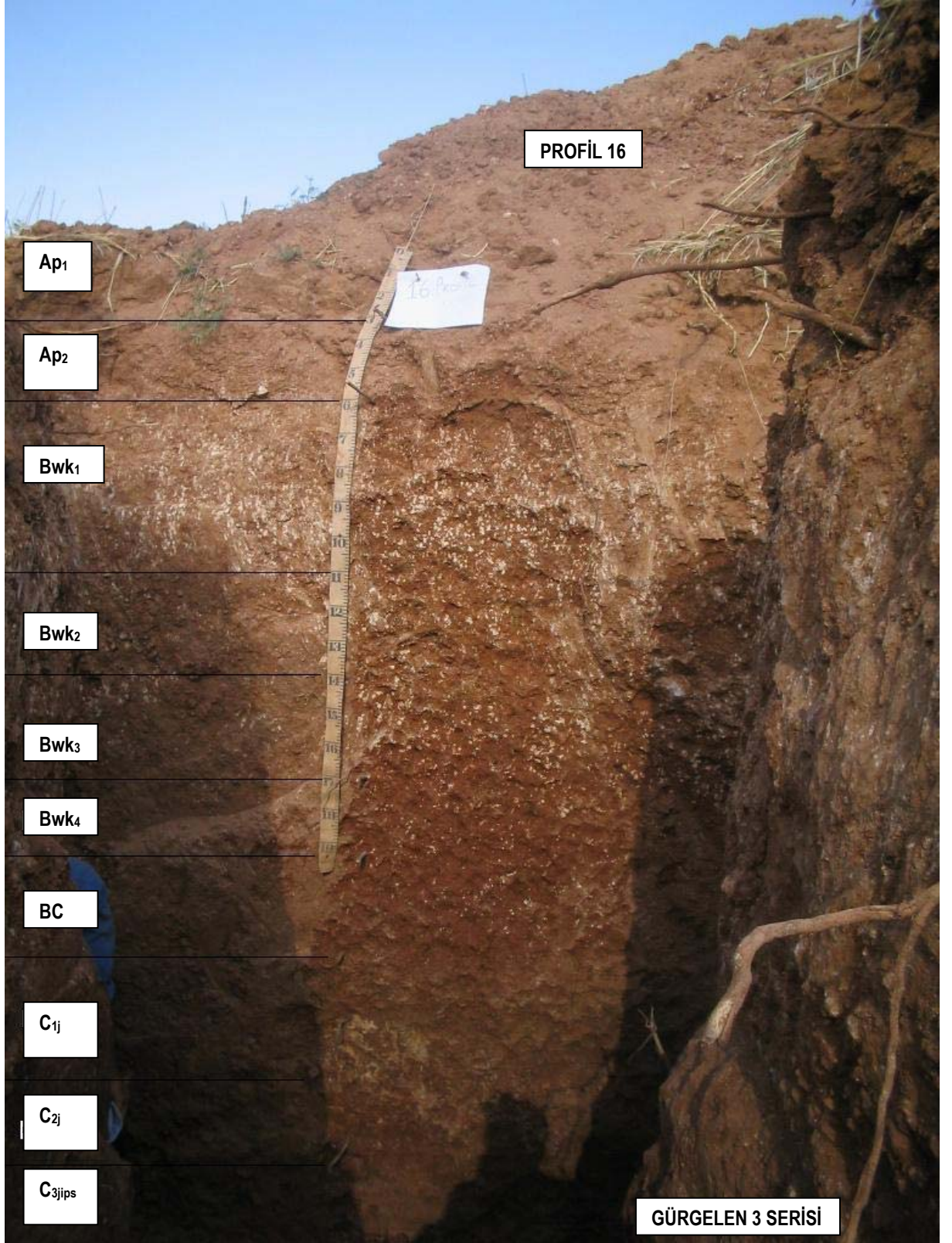
Ek Şekil 2.11. Akören Serisine ait profilin görüntüsü



Ek Şekil 2.12. Ekinyazı Serisine ait profilin görüntüsü



Ek Şekil 2.13. Akçakale Serisine ait profilin görüntüsü



Ek Şekil 2.14. Gürgele 3 Serisine ait profilin görüntüsü

EK 3. Renk Analizleri Sonuçları

Ek Çizelge 3.1. Renk sonuçları

ÖRNEKLER		ANA	ISLAK	KURU
1P	0 - 15	10 YR	3/4	4/4
	15 - 39	10 YR	4/4	5/4
	39 - 74	10 YR	4/4	5/4
	74 - 102	10 YR	4/4	5/4
	102-139	10 YR	4/4	5/4
	139-178	10 YR	4/4	5/3
	178-210	10 YR	4/4	5/4
	210-250	10 YR	3/5	4/3
2P	0 - 15	10 YR	4/4	6/4
	15-33	10 YR	4/4	6/4
	33-55	10 YR	4/4	6/4
	55-76	10 YR	4/4	6/4
	76-120	10 YR	4/4	6/4
	120-182	7.5 YR	4/6	5/4
	182-+++	7.5 YR	4/4	4/6
	3P	0-12	10 YR	4/3
12-30		10 YR	3/6	5/4
30-55		10 YR	3/4	4/4
55-86		7.5 YR	3/4	4/6
86-113		10 YR	4/4	5/4
113-142		7.5 YR	4/6	5/4
142-200		7.5 YR	4/6	5/4
4P	0-20	10 YR	5/4	6/3
	20-50	10 YR	5/4	6/3
	50-83	10 YR	5/4	6/3
	83-127	10 YR	5/4	6/3
	127-192	10 YR	5/4	6/3
	192-210	10 YR	5/4	6/3
	210-225	10 YR	5/3	6/3
	225-245	10 YR	5/4	6/3
	245-275	10 YR	5/4	6/3
275- ++++	10 YR	5/4	6/3	
5P	0-10	7.5 YR	3/4	4/6
	10_28	7.5 YR	3/4	4/6
	28-60	7.5 YR	3/4	4/6
	60-94	7.5 YR	3/4	4/6
	94-125	7.5 YR	3/4	4/6
	125-187	7.5 YR	3/4	4/6
	187-236	7.5 YR	4/4	5/6
6P	0-30	7.5 YR	4/4	5/4
	30-47	7.5 YR	3/4	5/6
	47-72	7.5 YR	4/6	6/6
	72-110	7.5 YR	4/4	5/6
	110-130	7.5 YR	4/4	5/4
	130-175	7.5 YR	4/4	5/6

	175-241	7.5 YR	4/4	4/6
	241-321	7.5 YR	4/4	5/6
	321-+++	7.5 YR	4/4	5/6
7P	0-14	7.5 YR	4/4	6/4
	14-30	7.5 YR	4/6	6/4
	30-60	7.5 YR	4/4	4/6
	60-103	7.5 YR	4/4	4/4
	103-130	7.5 YR	4/4	4/4
	130-168	5 YR	3/4	4/6
	168-195	7.5 YR	3/4	¾
	195-249	5 YR	4/4	4/4
	249-+++	7.5 YR	4/4	4/6
	8P	0-20	7.5 YR	4/4
20-37		7.5 YR	4/4	5/4
37-51		7.5 YR	4/4	4/6
51-96		7.5 YR	4/6	5/6
96-150		7.5 YR	4/6	5/4
150-190		7.5 YR	5/6	5/4
190-250		5 YR	4/6	6/3
250-295		5YR	4/6	5/4
295-+++		5 YR	4/6	5/4
9P	0-20	7.5 YR	3/4	4/4
	20-40	7.5 YR	4/4	5/4
	40-65	7.5 YR	4/4	5/4
	65-100	7.5 YR	4/4	5/4
	100-150	7.5 YR	4/6	5/4
	150-+++	7.5 YR	4/6	6/4
10P	0-20	10 YR	3/4	5/4
	20-55	7.5 YR	4/4	5/4
	55-88	7.5 YR	4/4	5/4
	88-120	7.5 YR	5/6	7/4
	120-160	7.5 YR	5/6	6/4
	160-192	7.5 YR	4/6	5/4
	192-246	7.5 YR	4/6	5/4
	246-280	7.5 YR	5/6	6/4
	280-313	7.5 YR	5/6	6/4
313-++	7.5 YR	5/6	7/4	
11P	0-12	7.5 YR	4/4	5/4
	.12-30	7.5 YR	4/4	5/4
	30-66	7.5 YR	3/4	4/4
	66-110	7.5 YR	4/4	5/4
	110-140	7.5 YR	4/4	5/4
12P	0-20	7.5 YR	4/4	4/6
	20-46	7.5 YR	4/4	4/6
	46-80	7.5 YR	4/4	5/4
	80-105	7.5 YR	4/6	6/4
	105-150	7.5 YR	4/6	6/4
	150-225	7.5 YR	4/6	6/4
	225-+++	7.5 YR	6/4	7/4
13P	0-20	10 YR	3/6	4/4

	20-40	10 YR	4/4	6/4
	40-70	7.5 YR	4/4	5/4
	70-130	10 YR	6/6	7/4
	130-155	10 YR	6/6	8/3
	155-190	10 YR	6/4	7/3
	190-220	7.5 YR	6/4	8/3
	220-260	10 YR	6/4	7/3
	260-+++	7.5 YR	8/3	8/2
14P	0-20	10 YR	3/6	4/6
	20-40	10 YR	3/6	4/6
	40-100	7.5 YR	4/4	4/6
	100-115	7.5 YR	4/4	4/6
	115-125	7.5 YR	4/6	5/6
	125-150	7.5 YR	4/6	6/6
	150-160	7.5 YR	4/6	5/6
	160-+++	7.5 YR	5/4	6/4
15P	0-30	7.5 YR	3/4	4/6
	30-50	7.5 YR	4/3	4/4
	50-100	7.5 YR	3/4	4/4
	100-130	7.5 YR	3/4	4/4
	130-150	7.5 YR	4/4	4/6
	150-185	7.5 YR	4/4	4/6
	185-215	7.5 YR	4/4	5/4
	215-+++	7.5 YR	4/6	6/4
16P	0-30	7.5 YR	4/4	5/4
	30-60	7.5 YR	4/6	5/4
	60-110	7.5 YR	5/6	6/4
	110-140	7.5 YR	5/6	6/4
	140-170	7.5 YR	5/6	6/4
	170-192	7.5 YR	4/6	5/4
	192-230	7.5 YR	4/6	5/4
	230-253	7.5 YR	5/4	6/4
	253-296	7.5 YR	5/4	6/4
296-+++	7.5 YR	5/4	6/4	

Ek IV Profillerin seçilmiş bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Ek Çizelge 4.1. Profil' 1 in genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-15	7.61	1.02	32.73	1.06	1.55	34.88	0.91	6.36	0.75	1.70	0.86	1.46	33.70	13.5	28.7	57.8
15-39	7.53	1.00	32.73	1.09	1.52	47.16	1.51	6.21	0.27	1.86	0.92	2.86	40.15	12.2	22.1	65.7
39-74	7.91	0.71	34.29	1.00	1.97	58.82	1.27	5.65	1.41	1.44	1.73	3.06	44.06	8.3	27.4	64.3
74-102	7.95	0.64	31.18	0.99	3.83	34.60	1.00	7.21	0.45	1.04	0.70	2.82	33.12	9.4	26.2	64.4
102-139	7.40	0.70	30.40	0.91	4.20	27.90	1.22	6.88	0.43	0.93	1.15	1.37	27.21	6.9	27.2	65.9
139-178	7.66	0.60	27.28	0.81	1.14	30.42	1.30	5.67	0.48	0.58	2.17	3.21	31.08	8.2	31.9	59.9
178-210	7.70	0.50	19.48	0.53	2.89	33.66	1.68	5.98	0.52	0.98	2.70	4.94	37.38	11.7	33.9	54.4
210-250	8.14	0.29	25.72	0.67	1.82	32.98	0.93	7.80	0.58	1.08	2.27	3.85	36.79	12.6	38.6	48.8

Ek Çizelge 4.2. Profil 2'nin genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünabilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-15	8.22	1.05	29.62	1.09	6.21	54.14	1.48	6.95	0.41	1.74	2.43	10.16	44.45	31.9	39.6	28.5
15-33	8.23	0.73	28.84	1.17	1.30	29.46	1.31	7.61	0.36	0.89	1.62	11.00	33.41	31.7	41.2	27.1
33-55	8.14	0.66	24.94	1.17	4.88	30.34	1.33	7.77	0.42	1.62	1.60	10.78	34.96	28.1	39.7	32.3
55-76	8.20	0.69	25.72	0.97	1.19	26.40	0.92	7.28	0.36	1.83	2.05	10.73	32.49	24.0	39.4	36.6
76-120	8.09	0.44	19.48	0.88	1.62	54.96	0.99	14.02	0.50	1.61	2.16	12.18	48.55	20.4	39.3	40.3
120-182	8.08	0.56	31.96	0.20	1.16	27.43	1.22	7.96	0.36	1.20	1.55	8.21	29.01	20.6	34.2	45.2
182-+	8.38	0.57	31.18	0.35	1.26	28.16	1.20	6.63	0.35	0.99	2.09	11.53	33.86	27.8	30.6	41.6

Ek Çizelge 4.3. Profil 3'ün genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünabilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-12	8.44	0.19	24.16	1.61	3.85	55.48	1.17	6.72	0.79	1.76	0.68	1.86	42.57	20.4	29.3	50.3
12-30	8.34	0.76	18.71	1.67	1.81	36.18	0.83	6.76	0.24	1.81	1.59	4.84	34.75	15.7	29.1	55.2
30-56	8.36	0.59	20.26	1.11	2.26	32.46	1.02	5.99	0.36	1.44	2.26	6.80	31.39	11.1	27.1	61.8
56-86	8.30	1.03	23.38	1.11	1.88	36.32	1.05	7.14	0.37	0.95	2.83	9.37	35.94	15.5	23.9	60.6
86-113	8.23	0.82	24.94	0.82	1.50	35.28	1.03	6.43	0.30	1.89	2.92	10.45	31.19	17.7	25.5	56.8
113-142	8.19	0.69	30.40	0.38	2.33	58.72	1.09	6.00	0.35	1.76	3.12	12.09	45.69	21.5	28.7	49.8
142-200	7.92	0.66	31.96	0.38	1.86	42.44	1.01	5.75	0.15	2.84	3.70	12.18	37.20	16.6	27.9	55.5

Ek Çizelge 4.4. Profil 4'ün genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünabilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünbilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünbilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünbilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-25	7.70	0.73	37.41	1.53	1.40	28.49	0.99	6.83	0.35	0.82	2.15	10.48	30.58	8.74	39.32	51.94
25-50	8.26	0.60	36.63	1.55	1.47	29.60	1.05	5.80	0.27	1.22	1.77	10.11	33.41	7.81	30.55	61.64
50-83	8.21	0.68	31.18	1.55	1.76	57.12	1.05	7.47	0.28	1.62	2.31	9.34	40.21	10.97	27.40	61.63
83-127	8.12	0.81	41.31	1.55	1.78	30.38	1.03	6.33	0.35	1.23	0.84	10.82	33.44	13.89	30.93	55.18
127-192	8.06	0.72	51.44	1.26	1.11	26.48	1.01	5.79	0.32	1.04	1.60	9.54	31.13	15.51	32.55	51.94
192-210	8.28	0.94	42.09	0.09	2.58	31.88	1.04	6.35	0.39	1.84	2.47	11.69	36.19	31.20	21.70	47.10
210-225	8.27	0.68	46.76	0.23	1.57	32.74	1.07	6.40	0.28	1.74	1.59	12.61	37.08	21.97	27.70	50.33
225-245	8.18	0.66	41.31	0.23	1.58	53.34	0.98	5.56	0.29	1.67	1.74	13.53	46.30	12.66	28.93	58.41
245-275	7.93	0.50	32.73	0.23	3.90	51.00	1.05	7.34	0.50	1.09	2.32	8.25	39.85	16.82	37.70	45.48
275+	8.18	0.56	31.18	0.03	1.57	26.58	0.95	6.15	0.22	1.05	1.58	8.15	27.21	15.13	32.93	51.94

Ek Çizelge 4.5. Profilin 5'ın genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-10	8.35	1.22	34.29	1.30	5.24	27	1.20	6.25	0.72	1.16	2.47	9.73	34.73	24.66	36.24	39.10
10-28	8.45	0.75	32.73	1.06	3.40	34.04	1.05	7.32	0.50	1.41	2.36	13.15	41.82	20.05	32.85	47.10
28-60	8.22	0.80	36.63	1.09	1.89	30.1	0.99	7.23	0.41	1.14	1.90	11.46	37.22	18.34	32.64	49.02
60-94	8.10	1.14	29.62	1.11	3.63	31.14	1.04	6.05	0.55	1.16	2.54	12.66	38.11	13.28	31.24	55.48
94-125	7.65	0.92	41.31	0.47	1.54	21.56	0.97	6.92	0.30	1.59	1.82	8.54	29.04	23.29	22.85	53.86
125-187	7.96	0.66	26.50	0.44	3.13	45.7	1.15	7.72	0.34	0.82	2.15	10.04	39.15	16.82	24.47	58.71
187-236	7.97	0.49	26.50	0.53	3.87	28.22	1.03	6.57	0.46	1.38	2.09	9.08	30.88	15.2	27.70	57.10

Ek Çizelge 4.6. Profilin 6'nın genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünabilir (C mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-30	7.14	1.66	25.72	1.94	2.21	26.2	1.04	7.26	0.55	1.92	1.90	7.39	28.78	23.59	24.47	51.94
30-47	8.08	0.97	24.94	2.02	1.49	27.3	1.00	7.24	0.35	0.99	2.19	8.74	28.44	21.27	22.09	56.64
47-72	7.97	0.84	31.18	1.79	2.03	41.96	0.97	7.25	0.29	1.30	2.15	7.73	32.94	18.74	29.32	51.94
72-110	7.68	1.92	29.62	1.26	2.68	49.14	1.06	6.43	0.63	1.48	2.49	12.40	44.47	26.21	36.39	37.40
110-130	7.10	1.63	31.18	0.15	1.46	32.9	1.03	7.31	0.50	1.23	2.09	12.62	37.78	20.05	31.24	48.71
130-175	7.92	1.08	29.62	0.29	1.39	22.18	1.01	7.49	0.34	1.09	2.16	8.31	22.40	17.59	30.47	51.94
175-241	8.05	0.90	24.94	0.32	1.92	51.92	1.00	7.12	0.30	1.27	1.97	9.33	38.93	18.35	31.09	50.56
241-321	8.00	0.80	25.72	0.23	1.99	40.7	0.95	7.79	0.28	1.58	1.68	11.49	37.79	21.67	32.85	45.48
321-350	7.95	0.96	31.18	0.44	4.99	37.48	1.05	7.07	0.61	1.39	2.91	10.01	34.40	31.61	32.90	35.49

Ek Çizelge 4.7. Profil 7'nin genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞİBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünabilir (C mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünabilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-14	7.62	0.69	27.28	1.30	1.61	60.5	1.11	8.00	0.32	0.89	2.13	13.53	49.22	18.28	36.24	45.48
14-30	7.62	0.44	27.28	1.32	4.45	49.08	1.06	6.78	0.51	1.41	2.17	13.28	47.01	16.97	34.32	48.71
30-60	7.40	0.40	28.84	1.26	1.77	52.4	0.94	7.33	0.29	1.48	0.72	12.36	44.08	17.12	32.55	50.33
60-103	7.53	0.43	27.28	1.41	0.81	52.16	0.94	6.51	0.31	1.44	1.89	12.76	44.51	20.43	34.09	45.48
103-130	7.73	0.58	27.28	0.23	2.10	41.94	0.97	6.49	0.48	1.41	1.63	10.67	38.37	21.28	26.78	51.94
130-168	7.43	0.80	14.03	0.79	1.81	26.32	0.95	3.51	0.33	1.36	1.62	9.53	30.44	23.59	39.70	36.71
168-190	7.45	0.89	26.50	0.85	1.89	27.92	0.97	7.28	0.41	1.34	2.05	10.59	35.12	29.74	41.24	29.02
190-249	7.89	0.89	25.72	0.09	1.71	28.9	0.95	7.24	0.75	1.27	1.68	10.61	35.25	28.00	36.22	35.78
249+	7.82	0.85	28.84	0.23	0.88	23.34	1.01	6.05	0.45	1.00	2.58	10.48	32.77	31.97	30.93	37.10

Ek Çizelge 4.8. Profil 8'in genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-20	8.40	0.61	24.94	1.70	2.52	28.18	1.04	7.64	0.49	1.75	2.05	10.86	35.50	12.97	38.01	49.02
20-38	8.00	0.64	31.96	1.94	4.99	29.36	1.07	6.61	0.47	1.61	2.27	11.30	35.65	7.51	40.55	51.94
38-51	8.09	0.60	20.26	1.61	0.96	30.96	0.97	6.87	0.27	1.11	1.64	9.72	33.08	8.36	42.93	48.71
51-97	7.99	0.69	33.51	1.32	2.31	30.94	1.01	7.02	0.42	1.76	3.45	10.32	33.86	12.73	30.63	56.64
97-150	8.33	0.82	29.62	1.26	1.10	29.22	0.99	6.35	0.40	0.95	1.64	11.52	32.43	11.97	30.93	57.10
150-190	8.10	0.83	31.18	0.70	2.50	34.96	1.04	7.01	0.50	1.65	1.90	10.72	37.48	11.73	36.63	51.64
190-250	8.21	0.80	31.18	0.70	2.64	27.24	1.03	6.03	0.54	1.79	2.08	10.35	34.56	13.20	29.70	57.10
250-295	8.20	0.60	27.28	0.29	4.15	43.04	1.10	7.30	0.56	1.66	2.70	10.38	40.26	10.50	34.17	55.33
295-+	8.09	0.57	35.07	0.20	1.39	27.84	0.94	6.41	0.33	0.90	1.40	10.30	30.77	8.74	32.55	58.71

Ek Çizelge 4.9. Profil 9'un genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünabilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünabilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-20	7.90	1.50	21.82	1.76	1.68	34.28	1.13	6.55	0.51	1.71	1.64	11.52	41.80	10.35	36.09	53.56
20-40	8.15	0.57	24.94	1.76	1.94	30.22	0.96	7.44	0.32	0.98	1.33	9.97	39.24	10.57	29.40	60.03
40-65	7.85	0.55	27.28	1.11	1.23	33.18	1.33	6.37	0.29	1.00	1.43	10.48	41.32	10.59	33.62	55.79
65-100	8.20	0.66	28.06	1.23	1.93	26.48	0.96	7.38	0.32	1.13	1.62	10.78	35.76	8.76	30.60	60.64
100-150	8.05	0.97	30.40	1.17	1.45	33.78	1.23	7.52	0.11	1.21	1.25	12.84	40.24	6.34	33.63	60.03
150-200	7.95	0.75	46.76	0.79	3.17	30.43	1.05	7.37	0.45	1.35	1.83	11.73	34.08	8.51	36.55	54.94

Ek Çizelge 4.10. Profil 10'nun genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünabilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-20	8.48	0.65	23.38	1.41	0.08	49.94	0.83	6.68	0.40	1.20	1.09	12.43	42.48	11.52	39.62	48.86
20-55	7.70	0.49	26.50	1.32	0.26	29.46	1.09	6.18	0.30	1.14	1.07	13.28	36.20	13.35	36.32	50.33
55-88	7.80	0.73	28.06	1.61	0.12	28.14	0.76	6.00	0.36	1.57	1.43	12.89	35.44	11.06	38.55	50.39
88-120	7.91	0.72	42.09	1.26	0.20	38.54	0.76	7.20	0.34	0.98	1.33	12.20	39.43	11.89	34.55	53.56
120-160	7.76	0.89	28.84	0.79	0.32	27.62	1.13	6.59	0.22	1.38	1.30	12.02	33.91	12.67	38.85	48.48
160-192	7.80	0.85	34.29	0.59	0.13	31.56	0.78	7.26	0.41	0.99	1.37	10.65	33.20	12.59	38.01	49.40
192-246	7.87	0.72	39.75	0.41	1.27	56.04	0.99	6.88	0.25	1.38	1.11	11.01	41.98	8.74	40.93	50.33
246-280	7.98	0.77	45.21	0.23	1.43	33.66	0.75	7.36	0.27	0.99	1.07	13.38	36.86	13.20	37.70	49.10
280-313	7.88	0.74	47.54	0.23	1.17	60.96	0.73	6.57	0.40	1.76	1.11	8.66	38.44	11.51	36.24	52.25
313+	7.82	0.70	48.32	0.23	1.11	38.00	0.99	5.79	0.27	1.20	0.98	9.58	30.33	12.56	39.32	48.12

Ek Çizelge 4.11. Profil 11'in genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünabilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünabilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-12	8.40	0.92	26.50	1.11	1.17	41.3	0.76	7.43	0.45	1.31	1.33	3.48	40.96	10.12	36.32	53.56
12-30	8.20	1.08	24.94	1.29	1.17	38.42	0.76	6.24	0.47	1.02	1.35	7.47	33.46	8.27	36.55	55.18
30-66	7.77	0.24	31.18	0.82	1.65	60.62	1.09	6.33	0.74	1.52	1.77	10.56	46.82	6.07	38.55	55.38
66-112	8.05	0.91	29.62	0.65	0.47	34.75	0.76	7.30	0.42	1.61	1.39	11.55	35.15	4.19	37.40	58.41
112-140	8.10	1.00	30.40	0.59	0.42	45.9	1.04	5.82	0.26	1.14	1.30	12.86	42.19	3.89	39.32	56.79

Ek Çizelge 4.12. Profil 12'nin genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünabilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-20	7.40	15.62	22.60	0.97	5.06	39.02	2.42	7.44	1.61	1.12	3.64	10.83	43.55	22.67	33.16	44.17
20-46	7.61	4.90	23.38	0.94	2.05	36.54	2.17	7.20	0.35	1.13	3.52	10.72	40.28	22.98	36.39	40.63
46-80	7.69	4.17	29.62	0.53	2.58	34.56	1.12	6.55	1.49	0.89	3.41	12.62	37.64	25.97	28.01	46.02
80-105	7.68	5.10	34.29	1.03	2.87	32.24	0.84	6.67	1.58	1.85	3.56	11.95	35.65	20.05	31.24	48.71
105-150	7.42	4.46	40.53	0.97	2.31	33.44	1.19	6.29	1.48	0.93	4.20	11.97	35.50	17.12	29.32	53.56
150-225	7.56	4.31	38.97	0.88	2.21	31.18	1.15	6.42	1.27	1.34	3.38	12.22	37.61	21.59	29.70	48.71
225+	7.55	7.60	50.66	0.18	3.83	32.66	1.55	6.88	1.48	1.65	6.40	11.03	38.61	20.67	33.16	46.17

Ek Çizelge 4.13. Profil 13'ün genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünabilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünabilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/t)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-20	7.78	1.56	24.16	1.41	4.93	41.36	1.40	7.30	1.44	1.80	3.70	13.54	48.21	25.82	35.16	39.02
20-40	8.43	0.62	24.94	1.41	0.96	32.32	1.12	6.69	0.38	1.02	3.56	13.09	38.63	20.05	39.24	40.71
40-70	8.41	0.62	29.62	1.03	0.39	29.24	1.04	7.35	0.20	0.75	1.11	12.98	34.78	17.13	40.93	41.94
70-100	8.29	0.54	50.66	1.35	0.56	30.55	1.04	7.03	0.32	1.63	1.78	12.47	36.93	18.20	38.32	43.48
100-155	8.08	1.31	51.44	0.38	0.85	26.04	1.05	5.54	0.35	1.80	1.52	10.23	30.03	17.36	40.24	42.40
155-190	8.12	1.55	58.46	0.44	1.76	40.54	0.80	5.80	0.69	1.04	1.49	11.87	39.66	11.89	40.77	47.34
190-220	7.84	0.93	51.44	0.29	0.21	26.68	1.16	6.54	0.54	1.23	1.28	8.98	30.11	7.91	41.54	50.55
220-260	7.87	0.91	57.68	1.06	1.63	31.04	1.03	7.33	0.37	1.59	1.39	11.26	34.45	9.30	39.46	51.24
260+	8.14	0.90	56.12	0.82	1.50	27.82	1.01	7.10	0.33	1.17	1.33	11.54	32.50	12.06	38.92	49.02

Ek Çizelge 4.14. Profil 14'ün genel özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-20	7.45	15.62	21.82	2.76	4.12	38.26	1.33	6.71	1.29	0.91	9.07	12.15	42.08	25.91	33.46	40.63
20-40	7.28	15.62	18.71	1.47	4.24	44.84	1.24	5.64	1.18	1.20	9.22	12.10	48.76	24.60	29.62	45.78
40-100	7.14	15.62	20.26	0.88	4.14	45.16	1.22	5.59	1.43	1.52	8.16	11.32	46.46	17.79	38.04	44.17
100-115	7.43	11.28	23.38	0.65	3.74	32.16	1.01	5.59	1.47	0.94	8.10	10.98	40.42	18.87	36.77	44.36
115-125	7.58	7.43	24.16	0.59	3.39	26.40	1.53	5.63	1.02	1.35	5.37	10.89	35.03	17.22	31.54	51.24
125-150	7.43	8.45	25.72	0.59	4.41	27.78	1.47	6.19	1.22	1.13	7.16	10.10	34.18	17.37	33.16	49.47
150-160	8.84	8.35	32.73	0.32	3.90	29.60	1.46	5.91	1.41	0.81	8.41	9.11	35.84	18.53	35.08	46.39
160-+	7.65	5.09	24.94	0.56	3.06	46.48	1.43	5.07	0.99	1.03	5.73	9.24	38.76	22.04	29.94	48.02

Ek Çizelge 4.15. Profil 15'in genel toprak özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-30	8.52	0.74	15.59	1.03	0.91	27.08	0.74	7.63	0.34	1.20	1.07	6.96	32.64	3.89	39.32	56.79
30-50	7.76	1.32	14.03	0.70	2.00	28.68	0.80	7.32	1.27	1.44	3.27	10.53	32.53	2.81	35.55	61.64
50-100	8.50	3.64	15.59	0.79	2.05	27.60	1.02	6.43	0.30	1.57	3.23	10.36	31.67	1.95	36.63	61.42
100-130	8.30	0.83	14.03	0.23	1.23	26.82	1.04	7.20	0.22	1.04	3.07	9.36	32.33	2.66	38.78	58.56
130-150	8.16	0.92	18.71	0.76	2.09	23.74	1.02	7.84	0.32	1.03	1.56	8.94	28.75	3.28	45.12	51.60
150-185	7.98	1.07	15.59	0.94	2.15	29.64	1.04	7.23	0.48	1.31	2.13	10.82	34.46	4.16	39.05	56.79
185-215	7.72	1.60	19.49	0.50	1.32	25.32	1.11	7.36	1.38	1.02	3.60	11.12	29.47	3.12	36.55	60.33
215-250	7.68	3.62	24.94	0.53	0.95	26.77	1.11	6.38	0.55	0.96	2.36	11.89	31.00	4.97	34.58	60.45

Ek Çizelge 4.16. Profil 16'nın genel toprak özellikleri

Derinlik (cm)	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org. Madde (%)	DEĞİŞEBİLİR VE ÇÖZÜNEBİLİR KATYONLAR								KATYON DEĞ. KAP. (c mol/kg)	TEKSTÜR		
					Ca		K		Mg		Na			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
					Çözünabilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)	Çözünebilir (c mol/lt)	Değişebilir (c mol/kg)				
0-30	8.30	2.06	29.62	1.26	1.61	32.08	1.08	6.34	0.70	1.39	0.95	9.64	30.96	23.28	36.09	40.63
30-60	8.07	0.59	38.19	0.97	0.81	32.92	0.97	7.37	0.36	1.29	0.43	9.43	32.71	15.53	34.17	50.30
60-110	8.11	0.76	42.09	1.11	0.26	30.50	1.13	7.15	0.39	0.91	1.44	9.32	31.90	15.82	29.32	54.86
110-140	7.98	1.08	48.32	1.38	0.17	27.32	0.77	7.44	0.39	1.05	1.32	10.14	30.17	13.76	30.93	55.31
140-170	8.17	1.40	28.84	0.73	1.17	44.32	0.72	6.79	0.56	0.94	1.24	8.99	34.77	13.89	32.55	53.56
170-192	8.35	0.69	35.07	0.26	1.07	29.44	0.71	7.16	0.43	1.52	1.02	8.81	27.75	12.57	27.40	60.03
192-230	8.45	0.55	32.73	0.20	1.04	56.84	0.94	6.17	0.37	1.77	1.26	8.81	37.61	9.34	29.02	61.64
230-253	8.51	0.60	32.73	0.23	1.13	30.90	0.88	7.13	0.37	0.93	2.00	10.21	31.86	9.98	37.70	52.32
253-296	7.98	1.12	24.94	0.29	2.20	33.40	1.20	6.03	0.62	0.90	3.60	9.84	32.80	9.75	32.85	57.40
296+	7.86	4.43	21.82	0.26	2.72	32.20	1.19	6.87	0.73	1.81	5.87	9.82	37.28	9.21	36.62	54.17

ÖZET

Giderek artan nüfusun besin gereksinimlerinin karşılanabilmesi için tarım topraklarının kalitelerinin belirlenmesi çok önemli bir araştırma konusu haline gelmiş bulunmaktadır. Özellikle ağır metal içerikleri yüksek ticari gübrelerin kullanılmaları tarım toprakları için ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Potansiyel toksik bir element olan kadmiyum bitkilerin topraktan almasıyla gıda zincirine girmektedir ve bu nedenle birçok ülke tüketilebilir bitkilerde maksimum tolere edilebilir Cd sınırı belirlemiştir. Şanlıurfa ilinde kullanılan bazı fosforlu gübre örneklerinde yüksek oranda Cd bulunması bu element ile birlikte toprağa her yıl fosforlu gübrelerle ne kadar metal yüklendiği ayrıntıları ile araştırılmaya değer çok önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır. Kadmiyumun bitkiler tarafından nasıl alındığı dünyada hala güncel araştırma konularından biridir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi sulama ile birlikte fosforlu gübre tüketiminin en fazla olduğu il Şanlıurfa'dır. Dünyanın çeşitli yörelerinde yapılan araştırmalara göre makarnalık buğdayların Cd biriktirdiği saptanmıştır. Bu araştırmanın amacı, Harran ovası topraklarında ve üzerinde yetiştirilen makarnalık (*Triticum Turgidum Durum Desf.*) ve ekmeklik buğdaylarda (*T. Aestivum .J*) Cd konsantrasyonlarını saptamak bu element bakımından kalitelerini belirlemektir. Bu araştırmada Harran Ovası'nda farklı toprak serilerine ait 16 profilin, genetik horizonlarından alınan toprak örnekleri ve bu topraklar üzerinde yetişen buğday bitki, kök, ve dane örnekleri kullanılmıştır. Ova toprakları genellikle iyi gelişmiş A-B-C horizonuna sahiptir kireç, kil, ve KDK içerikleri yüksek, organik madde miktarı genellikle %1 civarında olup Vertisol niteliklerini taşımaktadır. Yüzey toraklarında Fe miktarı %3 e kadar ulaşmaktadır. Topraklarda ve bitkilerde Cd Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer ile tayin edilmiştir.

Bazı profillerin yüzey topraklarındaki görülen Cd artışların kullanılan fosforlu gübrelerde bulunan Cd' dan ileri geldiği sanılmaktadır. Topraklarda kireç miktarı arttıkça Cd içeriklerinde genel de bir azalma olduğu görülmüştür. Ayrıca karbonatların Cd adsorbsiyonu bitkilerce Cd alımını azaltmaktadır. Bazı profillerde Fe- oksihidroksitler ile Cd arasındaki korelasyon katsayılarının yüksek olması bu grup- materyallerin muhtemelen

Cd' u adsorbe etmesinden ileri gelmektedir. Toprakların kireç içeriklerinin yüksek, elektrolitler bakımından düşük, ve oldukça yüksek Fe-oksihidroksitlere sahip olmaları nedenleriyle buğdayların Cd alımının da düşük olacağı sonucuna varılmıştır.

Kadmiyum değerlerinin eşik sınırı altında bulunması bölgede yetiştirilen buğdayların iyi bir kalitede olduğu ve bunun da Türkiye dış pazarı açısından büyük önem taşıdığını vurgulamak gerekir. Bazı gübre örneklerde Cd miktarının 20 ppm'e ulaşması bu element ile birlikte toprağa her yıl fosforlu gübrelerle ne kadar metal yüklendiği ayrıntıları ile araştırılmaya değer çok önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır.

SUMMARY

Need to increase food production for growing human population; interest in soil quality has become a very important subject matter for research. Specifically, the use of commercial fertilizers with high contents of metals created a very serious problem for agricultural soils. Cadmium is potentially toxic heavy metal that enters the food chain from the soil through plant uptake. Therefore, maximum tolerable limits for agricultural crops were determined by many countries. Unusual amount of Cd found in some phosphate containing fertilizers used in the Southeast region of Turkey, it becomes an important subject matter to determine the amount of metals added to the soil every year. Cadmium uptake by plants still remains to be an interest for researchers.

In the Southeast region, the farmers in the Şanlıurfa province use the highest amount of phosphate fertilizers through the recent irrigated agricultural practices. Many researches around the world have confirmed that Durum wheat is known to uptake Cd from the soil. The objective of this work was to determine the Cd contents of the durum wheat (*T. Durum Desf.*) and bread wheat (*T. Aestivum .L*) grown in the soils of Harran plain, southeast Turkey and determine their quality from the standpoint of Cd contents. In this research, we used samples from the genetic horizons of 16 selected soils and roots, straw, and grain from the plants. The soils in the plain are well developed and consist of A-B-C horizons, clay, carbonate contents, and CEC values are high, however, they have about 1% organic matter, low EC (non-saline) and classified as Vertisol. Total Fe contents in the majority of the surface soils are about 3%. Cadmium contents of the soils and plants were determined using the Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer.

Cd contents of the soils in Harran plain are found below the threshold levels of the International standards. There are soil profiles that have comparatively higher content of Cd and this is attributed to the uncontrolled use of phosphorus fertilizers in the region. Cadmium contents decrease with the increase in carbonates. As carbonates adsorb Cd, it therefore, prevents the uptake of Cd by plants. Positive correlations between Fe-

oxyhydroxides and Cd contents in some profiles suggest that these minerals also prevent the Cd availability. Despite the heavy use of phosphate fertilizers, we conclude that high amounts of carbonates, the presence of Fe-oxyhydroxides, and absence of electrolytes are the reasons of low Cd contents in the plants.

As the Cd contents of plants were below the threshold levels, we conclude that the quality of durum wheat (*T. Durum Desf.*) is high and it should receive attention in national and international markets. In some phosphate fertilizers used in the region, the content of Cd is about 20 ppm. This would require a close attention to Cd added every year to the soil by fertilizers.