

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**GEDİZ HAVZASI TARIM YAPILAN VE YAPILMAYAN
ALANLARDA EROZYON HIZININ RADYOAKTİF
KURŞUN DAĞILIMINDAN BELİRLENMESİ**

Banu ÖZDEN

Nükleer Bilimler Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 622.01.01

Sunuş Tarihi: 10.08.2009

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Aysun UĞUR GÖRGÜN

Bornova-İZMİR

Sayın **Banu ÖZDEN** tarafından **Doktora** tezi olarak sunulan “**Gediz Havzası Tarım Yapılan ve Yapılmayan Alanlarda Erozyon Hızının Radyoaktif Kurşun Dağılımından Belirlenmesi**” başlıklı bu çalışma E.Ü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 10.08.2009 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı	:Doç Dr. Aysun UĞUR GÖRGÜN	
Üye	:Prof. Dr. Güngör YENER	
Üye	:Prof. Dr. Yusuf KURUCU	
Üye	:Doç. Dr. Mümtaz ÇOLAK	
Üye	:Yard. Doç. Dr. M. Murat SAÇ	

ÖZET**GEDİZ HAVZASI TARIM YAPILAN VE YAPILMAYAN
ALANLARDA EROZYON HIZININ RADYOAKTİF KURŞUN
DAĞILIMINDAN BELİRLENMESİ**

ÖZDEN, Banu

Doktora Tezi, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Aysun UĞUR GÖRGÜN

Ağustos 2009, 214 sayfa

Toprak erozyonu, Ülkemizde doğayı ve ekonomimizi olumsuz yönde etkileyen önemli bir problemdir. Türkiye topraklarının %83'ünde orta ve ileri derecede erozyon görülmektedir ve tarımsal uygulamalarda erozyonu önleyici tedbirler alınmalıdır. Erozyon hızının ölçülmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de radyonüklidler ile toprak kaybı hızının ve birikiminin saptanmasıdır. ^{137}Cs , ^{210}Pb ve ^7Be toprak hareketlerinin izlenmesinde yaygın olarak kullanılan radyonüklidlerdir. Son yıllarda, doğal bir radyonüklid olan ^{210}Pb , akısının sürekli ve topraktaki envanterinin yüksek olması nedeniyle toprak erozyon hızı tayini için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, tarım yapılan ve yapılmayan dört farklı alandaki toprak örneklerinde ^{210}Pb envanterini ölçerek Gediz Havzası'nda erozyon hızı tayin edilmiş ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile kil mineralleri arasındaki

korelasyon incelenmiştir. Toprak örnekleme işlemi, arazinin topoğrafik yapısına bağlı olarak farklı uzunluktaki gridler (karelaj) ile yapılmıştır.

Toprak örneklerindeki ^{210}Pb konsantrasyonları alfa spektrometresi; kil mineralleri ise X-ışınları kırınımı (XRD) analizi yapılarak belirlenmiştir.

^{210}Pb tekniği ile hesaplanan tarım yapılan ve yapılmayan alanlardaki erozyon hızları sırasıyla $1,16 - 176,89 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, $1,19 - 75,17 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ arasında bulunmuştur. ^{210}Pb ile kil mineralleri arasında bir regresyon denklemi bulunmuş ve aralarındaki ilişkiyi açıklamada önemli bir model elde edilmiştir ($p < 0,01$).

Anahtar Kelimeler: Toprak Erozyonu, ^{210}Pb , Gediz Havzası

ABSTRACT

**DETERMINATION OF EROSION RATE BY DISTRIBUTION OF
RADIOACTIVE LEAD IN CULTIVATED AND UNCULTIVATED
AREAS IN GEDİZ BASIN**

ÖZDEN, Banu

PhD Thesis, Institute of Nuclear Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Aysun UĞUR GÖRGÜN

August 2009, 214 pages

Soil erosion is an important problem effecting the nature and economy of Turkey. About 83 % of soils of Turkey to be exposed to erosion moderately and severely and a number of precaution must be taken in agricultural applications. There are many methods to measure the rate of erosion. The fallout radionuclides of natural and artificial origin have been widely used as tracers to study the erosion, transport and deposition of soils. The most recent and rapid method is to determine the rate of erosion and deposition using radioactive nuclides, namely ^{137}Cs , ^{210}Pb and ^7Be . In recent years, a natural radionuclide, ^{210}Pb is utilized to determine the soil erosion rate due to its continuous flux and high inventory in soil.

A primary objective of our study is to estimate soil erosion rates in Gediz Basin by measuring their ^{210}Pb inventories in soil samples of four distinct cultivated and uncultivated areas and to examine to correlation

VIII

between ^{210}Pb concentration and clay minerals. Sampling was based on the intersections of grids with various spacing depending on the total area of the field and topographic variability.

The concentrations of ^{210}Pb in soil samples were determined using alpha spectrometry and clay minerals were identified by X-ray diffraction (XRD).

Erosion rates for cultivated and uncultivated sites calculated from the results of ^{210}Pb technique are found to vary between $1.16 - 176.89 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, $1.19 - 75.17 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, respectively. It is found a regression equation between ^{210}Pb and clay minerals, and obtained a significant model to explain relationship between them ($p < 0.01$).

Key words: Soil Erosion, ^{210}Pb , Gediz Basin

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince değerli bilgi ve önerileri ile çalışmalarımı yönlendiren, her türlü destek ve imkanı sağlayan tez hocam Sayın Doç. Dr. Aysun UĞUR GÖRGÜN'e en içten saygı ve sevgilerimle teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım süresince bilgi ve önerileri ile beni yönlendiren, desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Güngör YENER'e ve Sayın Prof. Dr. Yusuf KURUCU'ya en derin teşekkürlerimi sunarım. Nükleer Bilimler Enstitüsü Müdürü Sayın Prof. Dr. Perihan ÜNAK'a sundukları imkan ve çalışma ortamı için teşekkürlerimi sunarım. Enstitü laboratuvarlarında her türlü çalışma olanağı sağlayan 2001-2008 dönemi Nükleer Bilimler Enstitüsü Müdürü Sayın Prof. Dr. Meral ERAL'e teşekkürlerimi sunarım.

Toprak örneklerinde kil tipi analizleri ile ilgili değerli bilgilerini paylaşan Sayın Doç. Dr. Mümtaz ÇOLAK'a içtenlikle teşekkür ederim. Örneklerin jeostatistiksel olarak değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Yard. Doç. Dr. Kirami ÖLGEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında yardımları ve desteği için Sayın Ar. Gör. İlker SERT, Sayın Doktora öğrencisi Ramazan MANAV, Sayın Ar. Gör. Mutlu İÇHEDEF, Sayın Ar. Gör. Nergiz YILDIZ, Sayın Yüksek Lisans öğrencisi Ersan ASLAN ve Sayın Yüksek Lisans öğrencisi Işık FİLİZOK'a teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarında

ve toprak analizlerinde yardımcı olan Sayın Dr. Tolga ESETLİLİ'ye teşekkür ederim.

Her koşulda ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ANNEM'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam süresince beni destekleyen değerli ailem Sayın Mehmet Akif ÖZDEN, Sayın Türkay ÖZDEN ve Sayın Mert ÖZDEN'e teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir. Bu desteğin gerçekleşmesini sağlayan E.Ü. Araştırma Fon Başkanlığına ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	V
ABSTRACT	VII
TEŞEKKÜR.....	IX
İÇİNDEKİLER	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XVIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XXIII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Toprağın Tanımı	4
2.2. Toprağın Fiziksel Özellikleri	9
2.2.1. Toprak Bünyesi	9
2.2.2. Toprak Yapısı.....	13
2.3. Toprağın Kimyasal Özellikleri.....	13
2.3.1. Toprak Tepkimesi ve Önemi.....	13

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
2.3.2. Toprakta Kireç	14
2.4. Kıl Minerallerinin Yapısı ve Genel Özellikleri	16
2.4.1. Yapısı ve Bileşimi.....	17
2.4.2. Amorf Killer	21
2.4.3. İki Tabakalı Killer.....	21
2.4.4. Üç Tabakalı Killer	24
2.4.5. Düzenli Karışık Tabakalı Killer.....	30
2.4.6. Zincir Yapılı Killer	31
2.5. Erozyonun Tanımı ve Çeşitleri	32
2.5.1. Su Erozyonu.....	34
2.5.1.1. Yağmur Damlası Erozyonu	35
2.5.1.2. Tabaka (Yüzey) Erozyonu	36
2.5.1.3. Parmak Erozyonu	37
2.5.1.4. Sel Yarıntısı (Oyuntu) Erozyonu	37
2.5.1.5. Akarsu Erozyonu	38

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
2.5.2. Rüzgar Erozyonu.....	38
2.5.2.1. Sıçrama.....	40
2.5.2.2. Hava Akımlarıyla Uçma (Süspansiyon).....	40
2.5.2.3. Yüzeyde Sürüklenme	40
2.6. Erozyona Etki Eden Faktörler.....	41
2.6.1. İklimin Etkisi	41
2.6.2. Topoğrafyanın Etkisi	42
2.6.3. Toprak Özelliklerinin Etkisi	43
2.6.4. Bitki Örtüsünün Etkisi	44
2.6.5. İnsan Etkisi	45
2.7. Toprak Erozyonunun Sınıflandırılması	45
2.8. Dünya’da Erozyon	46
2.9. Türkiye’de Erozyon	49
2.9.1. Türkiye’de Erozyon Sorununun Nedenleri	51
2.9.1.1. Doğal Etkenler	51

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

2.9.1.2. Arazi Kullanımı ve Planlama Etkenleri	52
2.9.1.3. Sosyo-Ekonomik Etkenler	53
2.10. Erozyon Hızı Tayininde Kullanılan Yöntemler	54
2.10.1. Üniversal Toprak Kaybı Denklemi (Universal soil Loss Equation: USLE).....	54
2.10.2. Nükleer Yöntemler	55
2.10.2.1. ^7Be Tekniği	57
2.10.2.1.1. ^7Be 'nin Genel Özellikleri.....	57
2.10.2.1.2. ^7Be 'nin Erozyon Hızı Tayininde Kullanılması	57
2.10.2.2. ^{137}Cs Tekniği	58
2.10.2.2.1. ^{137}Cs 'nin Genel Özellikleri	58
2.10.2.2.2. ^{137}Cs 'nin Erozyon Hızı Tayininde Kullanılması	59
2.10.2.3. ^{210}Pb Tekniği.....	62
2.10.2.3.1. ^{210}Pb 'un Genel Özellikleri	62
2.10.2.3.2. ^{210}Pb 'un Erozyon Hızı Tayininde Kullanılması.....	63

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
2.11. ^{210}Po 'un Genel Özellikleri	65
2.12. ^{210}Po 'un Kaynakları	66
2.13. Coğrafi Bilgi Sistemi.....	67
2.13.1. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ve Toprak Erozyonu İle İlgili Çalışmalar	69
2.14. ^{210}Pb Tekniği İle Toprak Erozyonu Hızını Belirlemek İçin Kullanılacak Matematiksel Model	74
2.15. Literatür Listesi	81
3. MATERYAL ve METOT	88
3.1. Gediz Havzası'nın Coğrafi Konumu.....	88
3.2. Referans Bölge Seçimi	95
3.3. Arazi Örneklenmesi	96
3.3.1. Örnekleme Tasarımı Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Prensipler	101
3.4. Arazi Çalışmaları	102
3.5. Örnek Hazırlanması	105

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
3.6. ^{209}Po Standardının Hazırlanması	108
3.7. Örneklerde ^{226}Ra Ölçümleri.....	109
3.8. Kil Tipi Analizi.....	110
3.9. Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	116
3.9.1. Toprak Dokusu	116
3.9.2. Organik Madde Tayini.....	117
3.9.3. pH Tayini	117
3.9.4. Kireç Tayini	117
3.9.5. Tuz Tayini.....	118
3.9.6. Özgül Ağırlık Tayini.....	118
3.9.7. Volüm Ağırlık ve % Nem Tayini	119
3.10. Alfa Spektrometre Sistemi.....	120
3.11. Gama Spektrometre Sistemi	121
3.12. X-Işınları Difraksiyonu (XRD).....	122
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	124

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
4.1. Çalışma Alanlarının Toprak Özellikleri.....	124
4.2. Kil Tipi Analiz Sonuçları	137
4.3. Kargın Köyü Tarım Yapılan ve Yapılmayan Alana Ait Sonuçlar	141
4.3.1. Kargın Köyü Tarım Yapılan Alan.....	145
4.3.2. Kargın Köyü Tarım Yapılmayan Alan.....	148
4.4. Caferbey Köyü Tarım Yapılan ve Yapılmayan Alana Ait Sonuçlar	152
4.4.1. Caferbey Köyü Tarım Yapılmayan Alan	158
4.4.2. Caferbey Köyü Tarım Yapılan Alan	161
4.5. Kabazlı Tarım Yapılmayan Alana Ait Sonuçlar	164
4.5.1. Kabazlı tarım Yapılmayan Alan.....	168
4.6. Beştepeler Tarım Yapılan Alana Ait Sonuçlar.....	171
4.6.1. Beştepeler Tarım Alanı	174
4.7. Topoğrafik ve Jeomorfolojik Analizler.....	177

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	185
6. KAYNAKLAR DİZİNİ.....	190
ÖZGEÇMİŞ.....	214

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Toprağın genel yapısı.....	4
2.2. Toprak kesitinin görünüşü ve tanımlanması	6
2.3. Toprak bünyesini belirlemede kullanılan bünye üçgeni	12
2.4. (a) Tek oktahedral ünite (b) Oktahedral ünitelerin levha yapısı	17
2.5. (a) Tek bir silisyum tetrahedron (b) Hegzagonal bir ağda düzenlenmiş silisyum tetrahedronların levha yapısı.....	18
2.6. Çift zincir şeklinde bağlanmış silisyum tetrahedronlar (a) yandan bakış (b) üstten bakış.....	19
2.7. Kaolinit tabakasının yapısı.....	22
2.8. Kaolinit mineralinin basitleştirilmiş şeması.....	23
2.9. Montmorillonit mineralinin basitleştirilmiş şeması	25
2.10. Montmorillonit yapısının şematik çizimi	26
2.11. İllit mineralinin basitleştirilmiş şeması	28
2.12. İllit yapısının şematik çizimi	29
2.13. Klorit yapısının şematik çizimi	30

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.14. Klorit mineralinin basitleştirilmiş şeması	31
2.15. Yağmur damlasının toprağa darbe etkisi	36
2.16. Parçacık büyüklüğüne bağlı olarak rüzgarla hareket şekilleri	39
2.17. Rüzgar erozyonu ile toprağın taşınması.....	39
2.18. Farklı topraklardaki ^7Be , ^{210}Pb ve ^{137}Cs dağılımları	56
2.19. ^{137}Cs 'un atmosfere dağıldıktan sonra topraktaki ölçümüne kadar izlediği yol	60
2.20. ^{238}U bozunum serisi	63
2.21. Gerçek dünya ve harita katman örnekleri	69
3.1. Çalışma bölgesi.....	89
3.2. Orta Gediz Havzası ve yakın çevresinin morfografya haritası	90
3.3. Düzgün bir yüzey üzerindeki dört paralel kesitten oluşan grid örnekleme tasarımının örneği.....	98
3.4. Düzgün bir yüzey üzerindeki zikzak örnekleme tasarımının örneği.....	98

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.5. Eğimli bir yüzey üzerindeki tekli-transekt örnekleme tasarım örneği	99
3.6. Dalgalı bir yüzey üzerindeki ızgara örnekleme tasarımına örnek gösterim	100
3.7. Tümseklerden oluşan bir yüzey üzerindeki ızgara örnekleme tasarımına örnek gösterim	101
3.8. Kargın köyü tarım yapılan (a) ve yapılmayan (b) alan	102
3.9. Caferbey köyü tarım yapılan (c) ve yapılmayan (d) alan.....	103
3.10. Kabazlı köyü tarım yapılmayan alan.....	103
3.11. Beştepeler tarım yapılan alan.....	103
3.12. Kor örneklerinin alımı.....	105
3.13. Örnek hazırlama sürecindeki temel basamakların akış diagramı.....	106
3.14. Uygulanan kimyasal yöntem.....	107
3.15. Depozisyon işlemi.....	108
3.16. ^{210}Pb konsantrasyonu ile ^{226}Ra elementinin toprak boyunca konsantrasyonun değişimi	109

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.17. Karbonatların parçalanma işlemi (a) ve santrifüj aleti (b).....	111
3.18. Organik maddenin H ₂ O ₂ ile parçalanması (a) ve örneklerin santrifüjlenmesi (b).....	112
3.19. Serbest demir oksitlerinin topraktan uzaklaştırılması.....	113
3.20. Serbest silisyum ve alüminyum oksitlerinin ayrılması (a) ve örneklerin santirfüjlenmesi (b)	114
3.21. Toprak örneklerinin kum, mil ve kil kümelerine ayrılması	115
3.22. Lam üzerine yerleştirilmiş kil örnekleri.....	115
3.23. Piknometre şişeleri.....	119
3.24. 100 cm ³ hacimli çelik silindirler	120
3.25. Alfa spektrometre sisteminin görünümü.....	121
3.26. HPGe spektrometre sisteminin görünümü	122
3.27. Bragg yansıması.....	123
3.28. X-Işınları Difraksiyonu (XRD) sisteminin görünümü	123
4.1. Kargın istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ²¹⁰ Po (Bq kg ⁻¹) değişimi	142

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.2. Kargın istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ^{210}Pb (Bq kg^{-1}) değişimi.....	143
4.3. K1R no'lu referans korunda derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı	144
4.4. K1R no'lu referans noktasının ^{210}Pb konsantrasyonlarının kütle derinliğine göre dağılım grafiği	145
4.5. Kargın köyü tarım yapılan alana ait erozyon ve birikim noktalarında ^{210}Po 'un derinliğe bağlı değişimi.....	146
4.6. Kargın köyü tarım yapılan alana ait erozyon ve birikim noktalarında ^{210}Pb 'un derinliğe bağlı değişimi.....	146
4.7. Kargın köyü tarım yapılan alanda ^{210}Pb konsantrasyonunun dağılımı	147
4.8. Kargın köyü tarım yapılan alana ait ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı	148
4.9. Kargın köyü tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Po (Bq kg^{-1}) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi	149

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.10. Kargın köyü tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Pb (Bq kg^{-1}) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi	150
4.11. Kargın köyü tarım yapılmayan alanda ^{210}Pb konsantrasyonunun dağılımı.....	151
4.12. Kargın köyü tarım yapılmayan alana ait ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı	152
4.13. Caferbey istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ^{210}Po (Bq kg^{-1}) değişimi	153
4.14. Caferbey istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ^{210}Pb (Bq kg^{-1}) değişimi	154
4.15. 2KR1 (Caferbey istasyonu) no'lu referans korunda derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı.....	155
4.16. 2R2 (Caferbey İstasyonu) no'lu referans korunda derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı.....	156
4.17. 2KR1 no'lu referans noktasının ^{210}Pb konsantrasyonlarının kütle derinliğine göre dağılım grafiği.....	157

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.18. Caferbey tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Po (Bq kg^{-1}) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi	158
4.19. Caferbey tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Pb (Bq kg^{-1}) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi	159
4.20. Caferbey köyü tarım yapılmayan alanda ^{210}Pb konsantrasyonunun dağılımı	160
4.21. Caferbey köyü tarım yapılmayan alana ait ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı	161
4.22. Caferbey tarım yapılan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Po (Bq kg^{-1}) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi	162
4.23. Caferbey tarım yapılan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Pb (Bq kg^{-1}) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi	162
4.24. Caferbey tarım yapılan alanda ^{210}Pb konsantrasyonunun dağılımı	163

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.25. Kabazlı istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ^{210}Po (Bq kg^{-1}) değişimi	164
4.26. Kabazlı istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ^{210}Pb (Bq kg^{-1}) değişimi	165
4.27. 3KR1 (Kabazlı İstasyonu) no'lu referans korunda derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı	166
4.28. 3KR2 (Kabazlı İstasyonu) no'lu referans korunda derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı	167
4.29. Referans noktasının (3KR2) ^{210}Pb konsantrasyonlarının kütle derinliğine göre dağılım grafiği.....	168
4.30. Kabazlı köyü tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Po (Bq kg^{-1}) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi	169
4.31. Kabazlı köyü tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Pb (Bq kg^{-1}) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi	169
4.32. Kabazlı köyü tarım yapılmayan alanda ^{210}Pb konsantrasyonunun dağılımı.....	170

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.33. Kabazlı tarım yapılmayan alana ait ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı	171
4.34. Beştepeler istasyonu için belirlenen referans noktasının derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb (Bq kg^{-1}) değişimi	172
4.35. 4R1 (Beştepeler İstasyonu) no'lu referans korunda derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı	173
4.36. Referans noktasının ^{210}Pb konsantrasyonlarının kütle derinliğine göre dağılım grafiği	174
4.37. Beştepeler tarım alanı erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Po (Bq kg^{-1}) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi	175
4.38. Beştepeler tarım alanı erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Pb (Bq kg^{-1}) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi	175
4.39. Beştepeler tarım yapılan alanda ^{210}Pb konsantrasyonunun dağılımı	176
4.40. Beştepeler tarım yapılan alana ait ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı	177
4.41. Orta Gediz Havzasına ait yükselti haritası	179
4.42. Orta Gediz Havzasına ait eğim haritası	181
4.43. Orta Gediz Havzasına ait bakı haritası	182
4.44. Orta Gediz Havzasına ait Profiller	184

ÇİZELGE DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Amerikan Sınıflandırma Sistemi ile Uluslararası Sınıflandırma Sistemine göre toprak taneciklerinin büyüklük sınırları (çapları)	10
2.2. Toprakların pH değerlerine göre sınıflandırılması.....	14
2.3. Dünya’da bazı akarsuların taşıdığı toprak miktarları.....	48
2.4. Türkiye eğim derecesi	52
3.1. Gediz Havzası eğim derecesi ve topraklara oranı	91
3.2. Gediz Havzası büyük toprak grupları	92
4.1. Çalışma alanlarındaki bünye dağılımı.....	125
4.2. Kargın köyü tarım yapılan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	126
4.3. Kargın köyü tarım yapılmayan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	129
4.4. Caferbey köyü tarım yapılmayan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri	131
4.5. Caferbey köyü tarım yapılan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri	132

ÇİZELGE DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.6. Kabazlı köyü tarım yapılmayan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri	134
4.7. Beştepeler tarım yapılan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri	135
4.8. Kil tipi tayini için seçilen toprak örnekleri	137
4.9. Regresyon analizi tablosu	139
4.10. Regresyon analiz sonuçları	139
4.11. ^{210}Pb ile Klorit+Kaolinit için regresyon analiz tablosu	140
4.12. Aşamalı regresyon sonuçları.....	140
4.13. ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları ile kil mineralleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları	141
4.14. K1R no'lu referans kuru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları	144
4.15. 2KR1 no'lu referans kuru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları	155
4.16. 2R2 referans kuru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları	157

ÇİZELGE DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.17. 3KR1 no'lu referans kuru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları.....	166
4.18. 3KR2 no'lu referans kuru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları.....	167
4.19. 4R1 no'lu referans kuru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları.....	173

1. GİRİŞ

Doğal kaynaklarımız ile bunların yer aldığı doğal çevre arasında hassas bir denge bulunmaktadır. İklim, toprak, su ve yaşam dengesinin, yani ekolojik dengenin bozulmasına neden olan yanlış kullanımlar bu dengeyi ortadan kaldırmakta ve insan dahil tüm canlıların yaşama ortamlarını giderek daraltmaktadır. Kaynakların yanlış kullanılması ile meydana gelen çevre sorunlarının en önemlilerinden birisi de erozyondur. Dünyadaki bir çok bölgede önemli bir problem olan toprak erozyonu sadece yenilenmeyen doğal kaynakların bozulmasına değil aynı zamanda nehir, göl, iç deniz körfezlerde toprak birikiminin artması, bitki örtüsünün azalması, iklim değişikliği ve sel gibi sorunlara da neden olmaktadır.

İnsanoğlunun tarımla uğraşmaya başlamasından bu yana toprak üzerinde olumlu ve olumsuz bir takım etkileri olmuştur. Toprak; çorak ıslahı, sulama, gübreleme, sürüm, teraslama ve benzeri aktivitelerde toprakların verimliliğini artırıcı ve koruyucu uygulamalarla bazen iyileştirilmiş, bazen de başta erozyon olayı olmak üzere genelde yanlış arazi kullanımları sonucu olumsuz yönde etkilenmiştir.

Toprak kayıplarının saptanması; aşınımın tarım arazisinde oluşturacağı zararların bilinmesinde büyük önem taşımaktadır. Sürdürülebilir bir tarım, toprak kalitesinin devamlılığına ve geliştirilmesine bağlıdır. Erozyon sadece tarım arazilerinde değil, içinde bulunduğumuz çevrenin tamamı üzerinde etkili olan bir süreçtir.

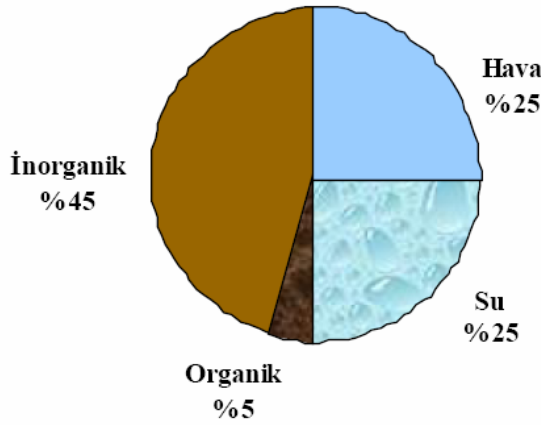
Yapılacak olan bir çok tesis için (gölet, baraj vs.) ekonomik ömürlerinin hesaplanmasına da olanak sağlamaktadır. Toprak erozyon hızı tayininde; Wischmeier'in Ünlversal Toprak Kaybı Denklemi (USLE)'nin kullanıldığı geleneksel yöntem, erozif yağışlar sonucunda oluşabilecek toprak kayıplarına karşı alınacak önlemlerin saptanmasında en yaygın olarak kullanılan metottur. Toprak kayıplarının saptanmasında kullanılan bu denklem yağış faktörü, toprak faktörü, eğim uzunluğu ve dikliği gibi önemli parametrelerden oluşmaktadır. USLE denkleminin tepelik yamaçlarda tarımın neden olduğu toprak hareketlerini ve rüzgâr erozyonunu içermediği için düşük erozyon hızlarında gerçek değeri vermediği belirtilmiştir Ayrıca bu yöntemle erozyon sonucu kaybedilen toprak miktarı, sınırlı bir alan için hesaplanmaktadır (Taşkın, 1993). USLE gibi toprak kaybı yöntemlerinde kullanılan doğal ya da yapay yağmurlama sistemi ile erozyon hızını bulmak için kullanılan erozyon parsellerinin hem maliyeti yüksek, hem de bu yöntemlerin uygulanması zaman kaybına neden olmaktadır. Oysa radyoaktif izleyiciler ile erozyon hızınının tayin edilmesi diğer toprak kaybı belirleme yöntemlerine göre ekonomik, hızlı ve daha hassas sonuç veren bir tekniktir (Bujan et al., 1999; Collins et al., 2001; Bujan et al., 2003; Nourira et al., 2003; Zapata, 2003). Son yıllarda, dünyanın çeşitli bölgelerinde toprak dağılım hızının ve şeklinin belirlenmesinde radyoaktif izleyici (^{137}Cs , ^{210}Pb ve ^7Be) ölçümlerinin kullanımı giderek artmaktadır (Wallbrink and Murray, 1996; Owens & Walling, 1998; Bouhlassa et al., 2000; Porto et al., 2001; He and Walling, 1997; Walling and He, 1999; Walling, et al., 2000; Walling et al., 2003; Zapata, 2003; Huh and Su, 2004; Walling, 2004; Belyaev et al., 2005). Bu teknik, erozyona uğrayan ve uğramayan

bölgelerin belirlenmesinde, bu bölgeler arasında karşılaştırmalar yapılmasında ve erozyon hızının tayininde kullanılmaktadır. ^{210}Pb , akısının sürekli ve topraktaki envanterinin yüksek olması nedeniyle toprak erozyon hızı tayininde çeşitli coğrafik alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sunulan çalışmada, Orta Gediz Havzasında (Turgutlu-Salihli arası) seçilen eğimli arazilerde toprak erozyon hızı ^{210}Pb kullanılarak tayin edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Toprağın Tanımı

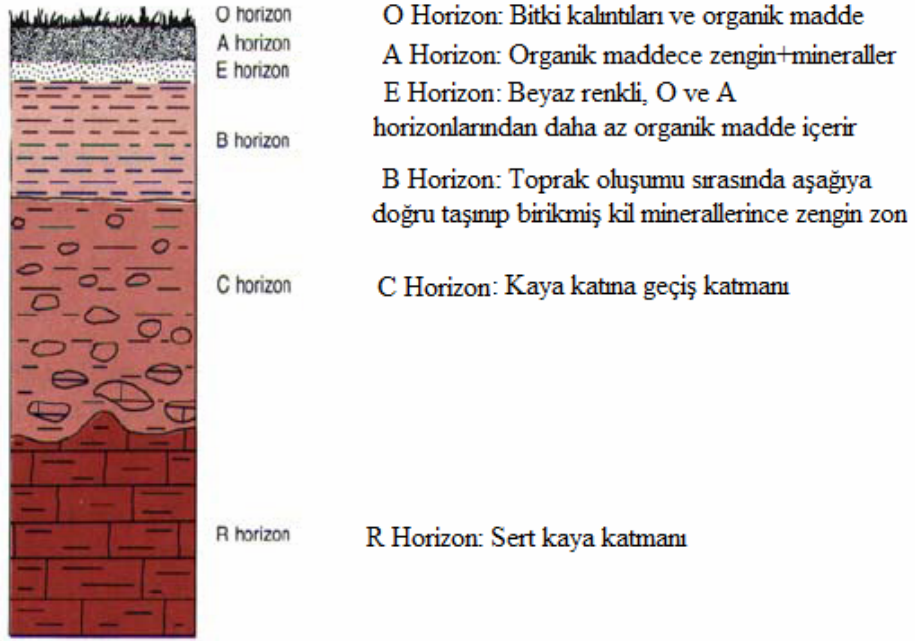
Yaşamın temel unsurlarından biri olan toprak en önemli doğal kaynaklardan biridir. Toprak; dünyadaki karasal ortamların yüzeyini ince bir tabaka halinde kaplayan, çeşitli kayaç ve minerallerin çevresel faktörlerin etkisiyle ayrışması sonucu oluşan, içerisinde inorganik ve organik materyaller ile birlikte belirli oranlarda hava ve su bulunduran, bitkilere tutunma yeri ve besin kaynağı olan üç boyutlu ve canlı bir doğal varlıktır (<http://www.aof.anadolu.edu.tr/kitap/IOLTP/1270/unite03.pdf>).



Şekil 2.1. Toprağın genel yapısı (TEMA)

Toprak yapısında bulunan mineral madde, kayaçların ayrışması sonucu; organik madde ise toprağa dönen organik atıklardan oluşur. Katı kısmın oluşturduğu yapı arasında kalan gözenekler de su ve hava tarafından doldurulur. Doğal koşullar altında toprak yapısındaki su ve hava oranları değişmektedir (TEMA; Günay, 1997). Topraktaki inorganik maddeler; çok büyük kaya ve taşlardan, kum, silt (mil) ve kil adı verilen çeşitli irilikteki taneciklere kadar değişir. Bu maddelerin belirli oranlarda bir araya gelmesi sonucu farklı özelliklere sahip topraklar oluşur. Bünyesinde kum, mil ve kili eşdeğer oranlarda bulunduran toprak, en üretken topraktır ve “Tınlı Toprak” olarak adlandırılır (TEMA).

Topraklar yüzeyden ana kayaya kadar olan profil derinliğinde toprak oluşumlarına bağılı olarak horizon ya da tabakalardan oluşur. Toprak oluşumu sırasında meydana gelen, kendine özgü rengi, fiziksel ve kimyasal özellikleri olan toprak katmanlarına *horizon* denir. Şekil 2.2.’de yüzeyden ana kayaya kadar horizonlar dizisini gösteren toprağın dikey kesiti yer almaktadır.



Şekil 2.2. Toprak kesitinin görünüşü ve tanımlanması

Organik Horizonlar:

Organik horizonların temel kaynağını orman, çayır ve bitkilerin atık veya döküntüleri olan yaprak, dal, çiçek, meyve, sap, kök vb. ile hayvansal atıklar oluşturmaktadır. “O” harfi ile gösterilen organik horizonlar iki alt bölüme ayrılmaktadır.

O1 Horizonu (Yaprak Tabakası):

Henüz ayrışmamış bitki artıklarını içeren bu horizon yaprak tabakası olarak da tanımlanmaktadır. Genel olarak orman topraklarında saptanmaktadır (Atalay, 1989; Altınbaş vd., 2004).

O2 Horizonu (Ham Humus Tabakası):

Organik artıkların büyük bir kısmının çıplak gözle tanınmayacak derecede ayrıştığı horizondur. Bu horizon, O1 horizonun altındadır ve koyu esmer veya siyah renk içerir (Atalay, 1989; Altınbaş vd., 2004).

İnorganik Horizonlar:

Bu horizonlar, organik madde bulundurmakla beraber temelde inorganik maddelerden meydana gelmiştir. Oluşum özelliklerine göre A, E, B, C ve R horizonlarından ibarettirler.

A Horizonu:

Toprağın üst veya yüzeyinde oluşmakta olan organik maddelerin ve kuvars ile diğer dayanıklı minerallerin biriktiği; kil, demir veya alüminyumun taşındığı horizonlardır (Atalay, 1989; Altınbaş vd., 2004).

E Horizonu:

Yıkanmış horizon olarak tanımlanan E horizonu, açık renkli ve organik maddece oldukça düşüktür. En düşük sınırdaki %kil ile ince kil / toplam kil oranına sahiptir. Silikat killeri, Fe, Al veya bunların farklı karışımları bu horizonu terk etmiştir (Altınbaş vd., 2004).

B Horizonu:

B horizonları; çoğunlukla A horizonlarından yıkanarak gelmiş olan kil, demir ve alüminyum gibi materyallerin biriktiği horizonlardır. Bu horizonlarda genelde yüzeyden taşınan maddelerin bir birikimi söz konusu olduğundan, katı ve sertliği yanında prizma, sütun veya blok benzeri yapı tiplerini içerebilir (Altınbaş vd., 2004).

C Horizonu:

Bu horizon toprağı oluşturan ana özdek olarak tanımlanır ve genellikle fiziksel olarak aşınmış ana kayadır. C horizonu aşınma derecesine göre C1/C2/C3 vb. daha alt horizonlara ayrılmaktadır. Bu horizonun genel özellikleri aşağıdaki gibi açıklanabilir;

1. Biyolojik aktivite alanı dışında bir aşınma,
2. Çimentolaşma, katılaşma ve sonuçta yüksek hacim ağırlığı oluşumu,
3. *Gleyleşme,
4. Kalsiyum ve magnezyum karbonatlar ile tuzların birikimi,
5. Silisyumlu veya demir ve silisyum ile çimentolaşma (Altınbaş vd., 2004).

***Gleyleşme:** Tabansuyu seviyesinin yüksek olduğu drenajı bozuk alanlarda meydana gelir. Taban suyu şartları altında oksijen yokluğundan dolayı demir bileşikler indirgenir ve buna bağlı olarak da mavimsi, boz, yeşilimsi renkler oluşur. Buna karşılık taban suyu

seviyesinin alçalması ile de oksitlenme koşulları oluşur ve demirin oksitlenmesi sonucu sarı esmer ya da kırmızımsı renkler oluşur. Sonuç olarak, taban suyunun etkisiyle renk lekelerinden ibaret bir horizon meydana gelir ki, buna gley horizonu, bu olaya da gleyleşme adı verilir (www.e-cografya.com).

R Horizonu:

Ana kaya olarak tanımlanmaktadır ve genellikle ana özdeğin altında yer alır. Bu horizontdaki en önemli durum ayrışma olayının meydana gelmemiş olmasıdır.

2.2. Toprağın Fiziksel Özellikleri

Toprağın fiziksel özelliklerini, toprağın katı fazını oluşturan maddelerin boyutları, bunların birbirlerine bağlanma durumları, agregat sistemleri, agregat veya toprak parçalarının diziliş ve duruş şekilleri oluşturmaktadır (Akalan, 1968; Atalay, 1989; Altınbaş vd., 2004).

2.2.1. Toprak Bünyesi

Toprağın katı fazını kil, mil ve kum boyutundaki tanecikler oluşturmaktadır. Toprakta boyutları mikrometre ile ifade edilebilecek kadar küçük olan mineral taneciklerden, oldukça büyük boyuttaki taş parçalarına kadar değişen katı maddeler bulunur. Topraktaki katı

taneciklerin büyüklüğü ile bunların besin maddelerini adsorbe etme yetenekleri arasında bir ilişki vardır (Özgümüş, 1995).

Toprak kümelerinin boyutlara göre sınıflandırılmasında, Amerikan Sınıflandırma Sistemi ile Atterberg Sınıflandırma Sistemi (Uluslararası Sistem) kullanılmaktadır (Altınbaş vd., 2004).

Çizelge 2.1. Amerikan Sınıflandırma Sistemi ile Uluslararası Sınıflandırma Sistemine göre toprak taneciklerinin büyüklük sınırları (çapları) (Altınbaş vd., 2004)

Tanecik Adı	Amerikan Sınıflandırma Sistemi	Uluslararası Sınıflandırma Sistemi
	Tane Boyu (mm)	
Çakıl	>2,00	>2,00
Çok kaba kum	2,00 – 1,00	
Kaba kum	1,00 – 0,50	2,00 – 0,20
Orta kum	0,50 – 0,25	
İnce kum	0,25 – 0,10	0,20 – 0,02
Çok ince kum	0,10 – 0,05	
Mil	0,05 – 0,002	0,02 – 0,002
Kil	<0,002	<0,002

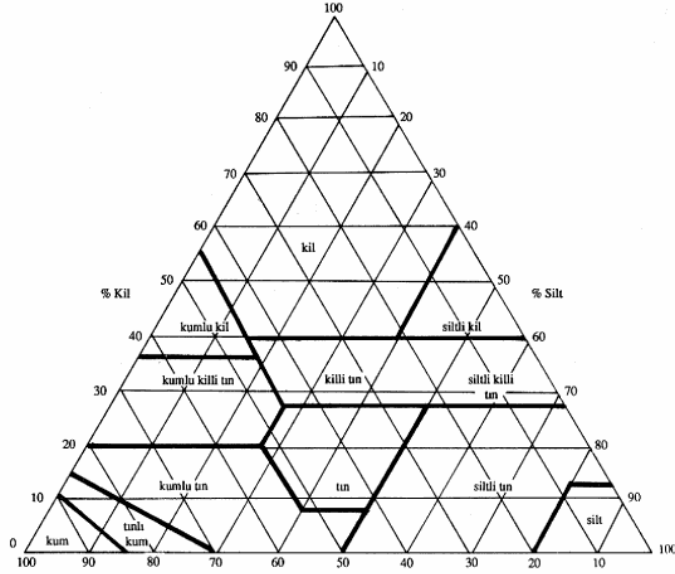
Kum taneleri, düzensiz şekil ve boyuta sahiptirler. Kumlu toprakların su tutma kapasiteleri düşüktür. Ancak, iri gözenekler fazla olduğu için iyi havalanırlar. Islandıklarında yapışkanlık ve plastiklik

özelliği göstermezler. Kimyasal olarak elektrik yükü taşımazlar (Özgümüş, 1995; Altınbaş vd., 2004).

Mil tanecikleri, hem boyut hem de diğerk özellikleri bakımından kum ve kil tanecikleri arasında yer almaktadır. Bu tanecikler bir kil filmi tabakası ile kaplandığında bir miktar yapışkanlık ve plastiklik özelliğinin yanında, su ve katyonları tutma özelliği gösterirler (Altınbaş vd., 2004).

Toprağın en küçük boyuttaki taneciği olan kil; negatif elektrik yüküne sahip olduğundan kimyasal olarak toprağın en aktif inorganik bölümünü oluşturur. Kil, toprağın su tutma kapasitesini artırır ve toprakta bulunan besin maddelerinin tutulmasını sağlar (Akalan, 1968; Atalay, 1989; Altınbaş vd., 2004).

Topraklar içerdikleri kum, mil ve kil yüzdelerine göre ayrımlı bünye adı ile adlandırılırlar. Bünye adlarının belirlenmesi için bünye üçgeni kullanılır (Şekil 2.3.). Bu üçgende her kenar sıfırdan yüze kadar bölünmüştür ve her kenar farklı bir kümeyi gösterir. Analiz sonucu elde edilen kum, mil ve kil yüzdesi değerkleri bünye üçgenine uyarlanarak toprağın bünye sınıfı tespit edilir. Genel olarak, kil miktarı fazla olan topraklara *ağır bünyeli*; kum miktarı fazla olan topraklara ise *hafif bünyeli* topraklar denir (Akalan, 1968; Atalay, 1989; Altınbaş vd., 2004).



Şekil 2.3. Toprak bünyesini belirlemede kullanılan bünge üçgeni (Özgümüş, 1995)

Topraklar bünge özellikleri yönünden temelde üç ana sınıfa ayrılırlar.

Kum bünyeli topraklar: Kum içeriği yüksek olan topraklar kumlu, hafif bünyeli veya kaba bünyeli topraklar olarak adlandırılır. Organik madde miktarının düşük olduğu koşullarda ve kil kümelerinin azlığı nedeniyle, kum tanecikleri birbirine bağlanamaz. Su geçirgenliği iyi olduğu için su tutma kapasiteleri çok düşüktür (Altınbaş vd., 2004).

Tun bünyeli topraklar: Kum, mil ve kil kümelerinin yaklaşık aynı oranda bulunduğu toprak sınıfıdır. Bu topraklar, orta derecede yapışkan ve plastiklik özelliğine sahiptir. Su tutma kapasitesi ve geçirgenlikleri de orta derecedir (Akalın, 1968; Altınbaş vd., 2004).

Kil bünyeli topraklar: Kil içeriği yüksek olan topraklar killi topraklar olarak adlandırılır. Kil bünyeli toprakların su ve besin maddelerini tutma kapasiteleri oldukça yüksektir. Su geçirgenlikleri düşüktür. Bu nedenle toprak içi dikey su hareketleri çok düşüktür. Yıkanma veya birikme gibi pedogenetik olaylar çok zor gerçekleşir.

2.2.2. Toprak Yapısı

Toprağın yapısı (strüktür), toprak parçacıklarının bir araya gelerek oluşturduğu sıralanma ve bunların duruş şekillerini ifade etmektedir. Bir başka deyişle toprak yapısı, topraktaki katı taneciklerin çeşitli bağlayıcı etkiye sahip maddeler yardımıyla birleşerek oluşturdukları agregat yapılarını ve oranlarını belirten, topraktaki su ve hava hareketini yansıtan önemli bir toprak özelliğidir (Özgümüş, 1995). Bu özellik, toprağın erozyona uğrama derecesini de etkilemektedir.

2.3. Toprağın Kimyasal Özellikleri

2.3.1. Toprak Tepkimesi ve Önemi

Toprak tepkimesi, toprağın asitlik veya bazlık durumunu belirtir ve pH ile ifade edilir. Suda H^+ ve OH^- iyonları bulunmaktadır. H^+ ve OH^- iyonları birbirine eşit olduğu takdirde su nötral durumdadır. Yani suyun pH'si 7'dir. Toprak çözeltisinde serbest hidrojen (H^+) iyonlarının konsantrasyonu hidroksil (OH^-) iyonlarından fazla ise çözelti asittir. Bu durumun tersi olursa çözelti alkalendir. Yağışlı bölgelerde, yağış suları

vasıtasıyla toprak yıkanmaya başladığı zaman sudaki H katyonları üst topraktan yıkanan Ca, Mg, K, Na katyonlarının yerine geçer. Böylece, toprakta bulunan katyonların yerine H'in geçmesiyle toprak asitleşir. Topraklar pH değerlerine göre Çizelge 2.2.'deki gibi sınıflandırılırlar.

Çizelge 2.2. Toprakların pH değerlerine göre sınıflandırılması (Özgümüş, 1995)

Toprak Tepkimesi	pH	Toprak Tepkimesi	pH
Nötr	7,0	Hafif Alkalin	7,1 – 8,0
Hafif Asit	6,9 – 6,0	Orta Derece Alkalin	8,1 – 9,0
Orta Derece Asit	5,9 – 5,0	Kuvvetli Alkalin	9,1 – 10,0
Kuvvetli Asit	4,9 – 4,0	Çok Kuvvetli Alkalin	>10,0
Çok Kuvvetli Asit	<4,0		

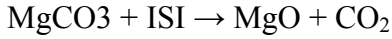
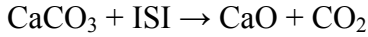
Toprak pH'si mikroorganizma etkinliğine ve organik maddenin ayrışmasına, toprak yapısına ve daha bir çok toprak özelliği üzerine etki ettiği için; pH'nin toprak verimliliğinde önemli bir yeri vardır (Özgümüş, 1995).

2.3.2. Toprakta Kireç

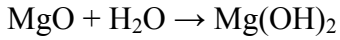
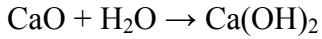
Fazla miktarda kalsiyum karbonat (CaCO_3) içeren topraklara, *kireçli toprak* denir. Kireçli toprakların pH'si genellikle 7'nin üzerindedir. Topraklarda belirli miktarda kirecin olması istenir. Kireç; toprak verimliliğinde ve bitkilerin büyümesinde önemli bir rol

oynamaktadır. Bu nedenle, doğal yollarla toprak kireç kazanmamış ise dışarıdan kireçleme yapılmalıdır.

Kireç; karbonat, oksit ve hidroksit olarak üç farklı şekilde bulunmaktadır. Kalsiyum karbonat kireçleme amaçlı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kireç taşları genelde saf kalsiyum karbonata yakın düzeyde bir içeriğe sahiptir. Kirecin oksit şekilleri ise, CaCO_3 , MgCO_3 vb. ısıtılması ile elde edilir. Bu tepkime sonucunda CO_2 gaz şeklinde, CaO ve MgO ise katı şekilde oluşur.



Kalsiyum ve magnezyum oksitler su aldığı anda magnezyum hidroksit ve kalsiyum hidroksit elde edilir.



Böylece, toprakta OH^- artışı meydana gelir (Atalay, 1989; Altınbaş vd., 2004).

2.4. Kil Minerallerinin Yapısı ve Genel Özellikleri

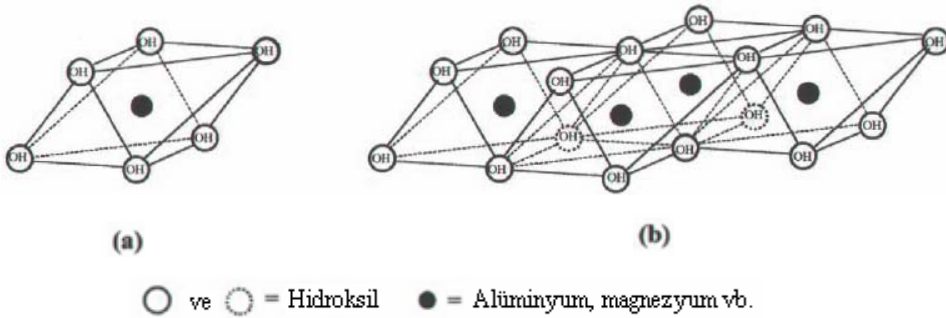
Toprağın en önemli yapı maddeleri mineral ve organik maddelerdir. Toprağın katı fazının büyük bir bölümünü oluşturan mineral parçacıklar, toprak oluşumu sırasında kayaların parçalanması ve ayrışması sonucu toprağın yapısına katılmışlardır. Ana materyalin yapısında bulunmayıp ayrışma sırasında kimyasal değişimler sonucu sonradan oluşan minerallere ikincil mineraller denir ve en önemlileri kil mineralleridir (Özgümüş, 1995). Tane boyu 2 μm 'den daha küçük parçacıklardan oluşmuş kayaç veya çökeltiler “kil” olarak adlandırılmaktadır. Kil mineralleri kayaların ayrışmaları sırasında çeşitli silikat grubu minerallerinin parçalanma ürünlerinin kendi aralarında tepkimeye girmeleri sonucu oluşan ve toprağın yapısına katılan alüminosilikatlardır (Özgümüş, 1995). Birçok kil minerali organik madde ve suda çözünebilen tuzları da içermektedir. Kil oluşumunda ana kayaç kadar taşıma, yıkama ve kimyasal reaksiyonlar da etkili olmaktadır (Malayoğlu ve Akar, 1995). Kil mineralleri, genelde yapraksı yapıdadır ve tetrahedron (düzgün dört yüzlü) ve oktahedron (düzgün sekiz yüzlü) olarak isimlendirilen kafes şeklinde kristal bir yapıda yaratılmıştır. Tetrahedron ve oktahedron tabakalarının üst üste ve yan yana paket şeklinde bir araya gelmesi ve ortak konumdaki oksijen iyonlarıyla birbirine bağlanarak oluşmuştur. Bu tabakalaşmada, ***tetrahedron-oktahedron*** düzeninde periyodik bir tekrarlanmayla ***iki tabakalı kil mineralleri***; ***tetrahedron-oktahedron-tetrahedron*** düzeninde periyodik bir tekrarlanmayla da ***üç tabakalı kil mineralleri*** meydana gelir.

İki tabakalı kil mineralinin tabakaları arasındaki elektrik çekim kuvveti sebebiyle su ve besin elementlerinin bu tabakalar arasına girmesi önlenir. Bu sebeple, bu tip kil mineralleri bünyelerine su aldıklarında şişip genişleyemez.

Bazı kil minerallerinin hacmi ise, bünyelerine su alınca büyür ve genişler. Üç tabakalı montmorillonit kil mineralinde iki eşdeğer tabaka yüzeyi karşı karşıya getirildiği için, tabakalar arasındaki çekim kuvveti çok zayıftır. Bu nedenle, tabakalar arasındaki mesafe, su alınca genişlemektedir.

2.4.1. Yapısı ve Bileşimi

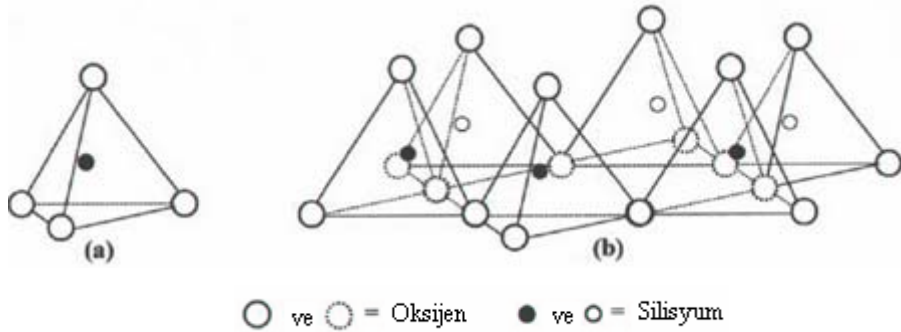
Kil minerallerinin atomik yapısında iki ünite yer almaktadır. Birinci ünite; alüminyum, demir ve magnezyum atomlarının oktahedral yapıda yerleştiği, birbirine yakın olarak paketlenmiş oksijen ya da hidroksil levhalardan oluşmaktadır. Böylece, Şekil 2.4.'te görüldüğü gibi altı oksijen ve hidroksiller eşit uzaklıkta bulunur.



Şekil 2.4. (a) Tek oktahedral ünite (b) Oktahedral ünitelerin levha yapısı

Oktahedrallerin içinde alüminyum bulunduğunda; yapının dengede kalması için olası pozisyonların 2/3'ü doldurulmuştur ve yapı $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ formülüne sahiptir. Magnezyum bulunduğunda ise; tüm pozisyonlar yapının dengesini sağlamak için doldurulmuştur ve $\text{Mg}_3(\text{OH})_6$ formülü ile gösterilen *brusit* yapı oluşmaktadır. Bu yapılarda normal oksijenden oksijene (O-O) mesafe 2,6 Å, hidroksilden hidroksile (OH-OH) ise 3,0 Å'dur. Ancak bu yapı ünitesinde OH-OH mesafesi 2,94 Å'dur. Oktahedral yapıda ortada kalan boşluk ise yaklaşık 0,61 Å ve kil minerallerindeki bir ünitenin kalınlığı 5,05 Å'dur.

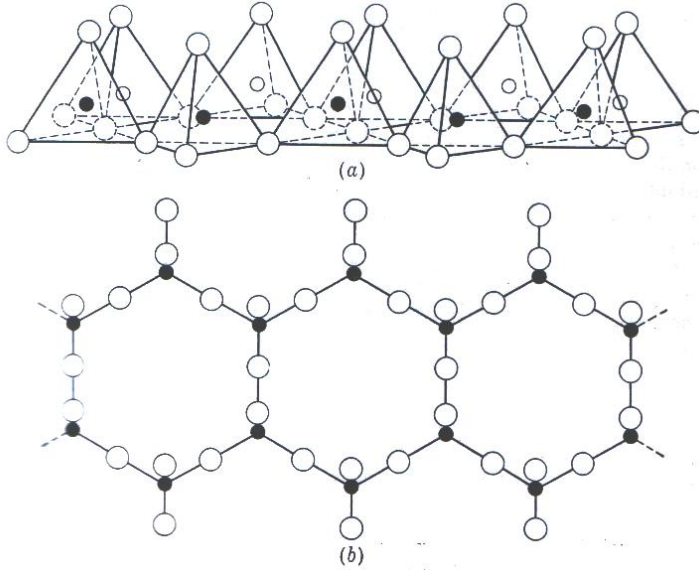
İkinci ünite ise silisyum tetrahedronlardan ibarettir. Her bir tetrahedronda, bir silikon atom dört oksijen atomundan eşit uzaklıkta ve merkezde silikon atomla tetrahedron formunda düzenlenmiştir. Tetrahedral gruplar hegzagonal formda düzenlenmiştir ve $\text{Si}_4\text{O}_6(\text{OH})_4$ formülüne sahiptir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. (a) Tek bir silisyum tetrahedron (b) Hegzagonal bir ağda düzenlenmiş silisyum tetrahedronların levha yapısı

Silisyum tetrahedral levhalarda oksijenden oksijene mesafe 2,55 Å ve oksijenler arasındaki boşluk yaklaşık 0,55 Å'dur. Kil mineralindeki ünitenin kalınlığı ise 4,93 Å'dur.

Kil minerallerinin bazıları liflerden ve farklı ünitelerden oluşmuştur. Bu mineraller yapıları bakımından amfibollere (silikat minerali) benzemektedir. Ünitenin temel yapısı, Şekil 2.6.'da gösterildiği gibi çift zincirin birleşiminde (Si_4O_{11}) düzenlenmiş silisyum tetrahedronların birleşimidir. Yapısı sadece tek yönde ilerlemesinin dışında mineral tabakalarındaki silisyum tetrahedron levhasına benzemektedir. Zincir, alüminyum ya da magnezyum atomları ile bağlanmıştır ve her bir atom altı oksijen atomu tarafından çevrilmiştir.



Şekil 2.6. Çift zincir şeklinde bağlanmış silisyum tetrahedronlar (a) yandan bakış (b) üstten bakış

R.E. Grim'in "Clay Mineralogy" isimli kitabında kil minerallerinin yapısal özelliklerine dayanan bir sınıflandırma yapılmıştır (www.mta.gov.tr/mta_web/kutuphane/mtadergi/71_4):

I. Amorf Killer:

Allofon grubu

II. Kristal Yapılı Killer:

A. İki Tabakalı Killer:

1. Eş boyutlu Killer:

Kaolinit grubu killer (Kaolinit, dikit, nakrit)

2. Bir yönde uzamış killer:

Halloysit grubu.

B. Üç Tabakalı Killer:

1. Genişleyen kristal yapılı olanlar.

1a. Eş boyutlu simektit grubu.

(Montmorillonit, savkonit, vermikülit).

1b. Bir yönde uzamış simektit grubu.

(Nontronit, saponit, hektorit).

2. Genişlemeyen kristal yapıda olanlar.

(İllit grubu).

C. Düzenli karışık tabakalı killer:

(Klorit grubu)

D. Zincir yapılı killer:

(Atapuljit grubu)

2.4.2. Amorf Killer:

Allofan Grubu Killer: Allofan kil mineralleri X-ışını kırınımında belli olmayan kil mineralleridir. Bu durum bu materyallerin herhangi bir yapısal düzenin olmadığı anlamına gelmez (Grim, R.E., 1962). Birbirine göre tetrahedral ve oktahedral ünitelerin dizilişinin yeterince düzenli olmadığı anlamına gelmektedir.

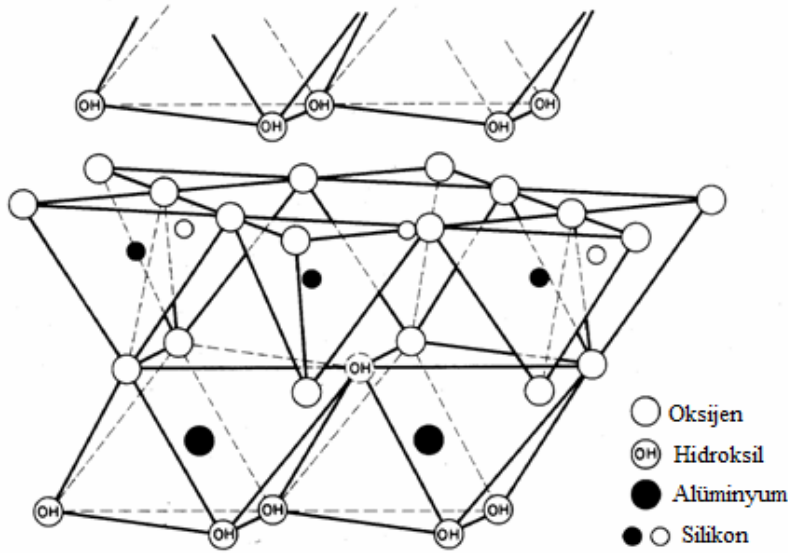
Allofanlar genel olarak belirli bir kimyasal bileşim ya da şekle sahip değildir. Çalışılan bazı allofanların diğerlerinden daha iyi bir düzene sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Grim, R.E., 1962). Bazı durumlarda düzeninin genel özellikleri bakımdan halloysit'e yaklaştığı görülürken; başka durumlarda ise montmorillonit (smektit)'e benzediği anlaşılmıştır. Allofan kil mineralinin fiziksel özellikleri, bazı durumlarda bu iki kil mineralinin biri ya da diğerine benzemektedir. Genel olarak allofanların özellikleri değişmektedir.

Allofan içeren kil mineralleri fosfat ya da sülfat bileşenlerinin oldukça iyi bir miktarına ($\pm$ %5) sahiptir. Ayrıca bu materyal; magnezyum içeren smektit hariç, az miktarda alkalilik ile ilgili nitelendirilmiştir.

2.4.3. İki Tabakalı Killer:

Kaolinit Grubu Killer: Pauling (1930) ilk olarak polyhedrale (çok yüzlü) dayanan modeller kullanarak kaolinit kristal yapısını açıklamıştır (Grim,

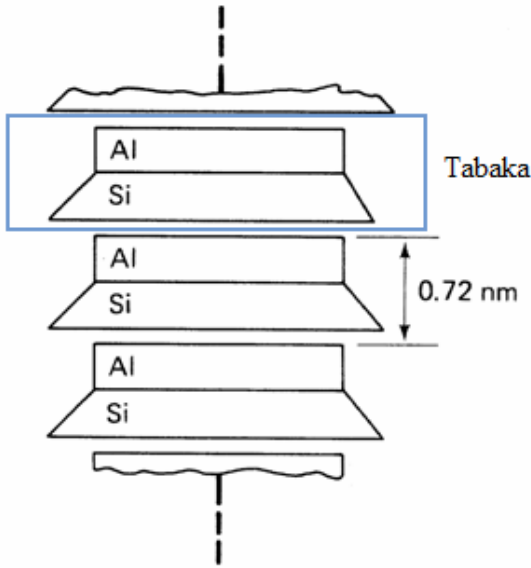
R.E., 1962; Brigatti et al., 2006). Bazı detaylar Gruner (1932) tarafından geliştirilmiş ve daha sonra Brindley ve diğerleri (1946 ve 1951) tarafından tekrar gözden geçirilmiştir. Yapısı tek bir alüminyum oktahedral levha ile tetrahedral levhanın birleşiminden oluşmaktadır (Şekil 2.7.). Yapı içindeki yükler dengelenmiştir. Örgü içindeki yer değiştirmeden dolayı, örgü yüksüzdür. Yapısal formülü $(OH)_8Si_4Al_4O_{10}$ 'dur ve oksitlerde ifade edilen teorik kompozisyon %46,54 SiO_2 , %39,50 Al_2O_3 , %13,96 H_2O şeklindedir. Bir çok kaolinit örneğinin analizi; eğer örgü içinde herhangi bir yer değiştirme olsa bile, bunun çok az olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.7. Kaolinit tabakasının yapısı

Kaolinit grubu minerallerinin tabaka ünitelerinin kalınlığı yaklaşık 7 Å'dur (Şekil 2.8.). Doğada saf kaolinit yatakları bulunmaz. Genellikle

demiroksit, silisyum oksit, silika türünde mika gibi yabancı maddeler içerirler. Kaolinit taneleri genellikle 1μ 'dan büyük çaptadırlar ve elektron mikroskobu altında incelendiklerinde yassı veya kitap gibi bir görünüşe sahiptirler (www.agri.ankara.edu.tr/soil_sciences/1230_kil_mineralogy). Bu kil minerali ıslatıldığı zaman üniteler arası genişleme görülmez.



Şekil 2.8. Kaolinit mineralinin basitleştirilmiş şeması

Dikit ve nakrit, kaolinite benzer yapı ünitelerinden oluşmaktadır. Killi malzemelerde nadiren bulunmalarına rağmen kil minerali olarak listelenmişlerdir. Ancak, ticari bir önemi sahip değildir.

Halloysit Grubu Killer: Bileşimi $(OH)_8Si_4Al_4O_{10}$ ve $(OH)_8Si_4Al_4O_4 \cdot 4H_2O$ olan iki tip halloysit mevcuttur. İkinci tip düşük ısılarda buharlaşarak birinci tipe dönüşür. Halloysitin buharlaşma tipinin aralığı, kaolinitin tabaka aralığı gibi yaklaşık $7,2 \text{ \AA}$ 'dur. Hidrat formundaki aralık

ise yaklaşık 10,1 Å'dur. 2,9 Å'luk fark, bir molekül suyun kalınlığıdır. Halloysit mineralleri, kaolinitin yapısı ile aynı levhaların birleşiminden oluşur. Brindley ve çalışma arkadaşlarına (1948) göre, kısmi buharlaşma sadece düşük sıcaklıkta (60-75 °C) meydana gelir. Sudaki ara tabakanın tamamen yok olması için ise 400 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar gereklidir.

Bates ve diğerlerine göre (1950), halloysit'in boru şeklindeki parçacıklarının kalınlığı 0,04 ile 0,19 µ arasında değişmektedir. Ancak, halloysit'in her zaman boru şeklinde bir formda oluşmadığı; bazen düzensiz ya da küresel ünitelerden de meydana geldiği saptanmıştır.

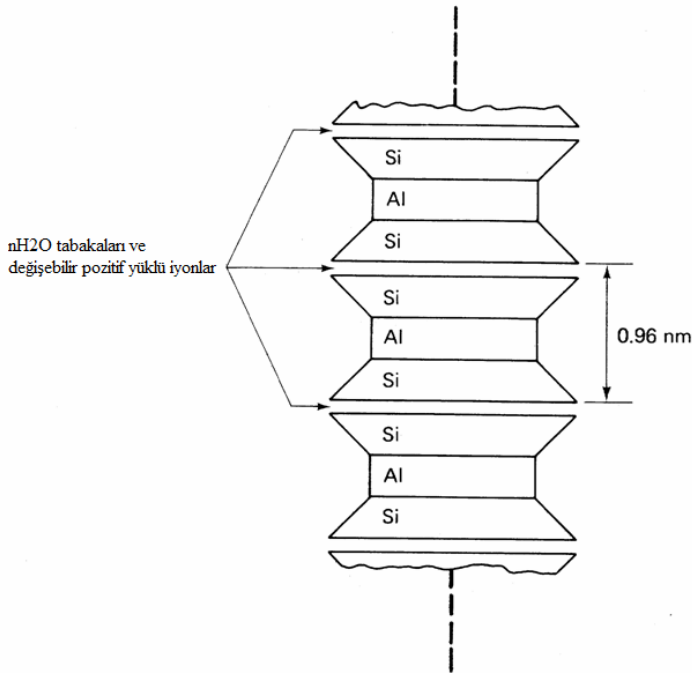
Halloysit durumunda, kaolinit gibi, örgü içinde yer değiştirme yoktur. Bu nedenle, yerdeğştirmelerin bir sonucu olarak halloysit parçacıklarının yüzeyde yükleri yeterlidir (Grim, R.E., 1962).

2.4.4. Üç Tabakalı Killer:

Smektit Grubu Killer: Bu gruba giren killerin mineral yapıları kaolinit gibi alüminyum silikat olmalarına rağmen çok farklı bir görünüm içerisindedirler. Yapılarında magnezyum, kalsiyum, demir, sodyum gibi elementler mevcuttur. Montmorillonit, saponit, stevensit vb. bu grupta yer almaktadır.

Montmorillonit minerallerinin yapısı için, 1933'te Hofmann, Endell ve Wilm tarafından yapılan öneri takip edilmiş ve daha sonra Marshall (1935), Maegdefrau ve Hofmann (1937) ve Hendricks (1942)'in

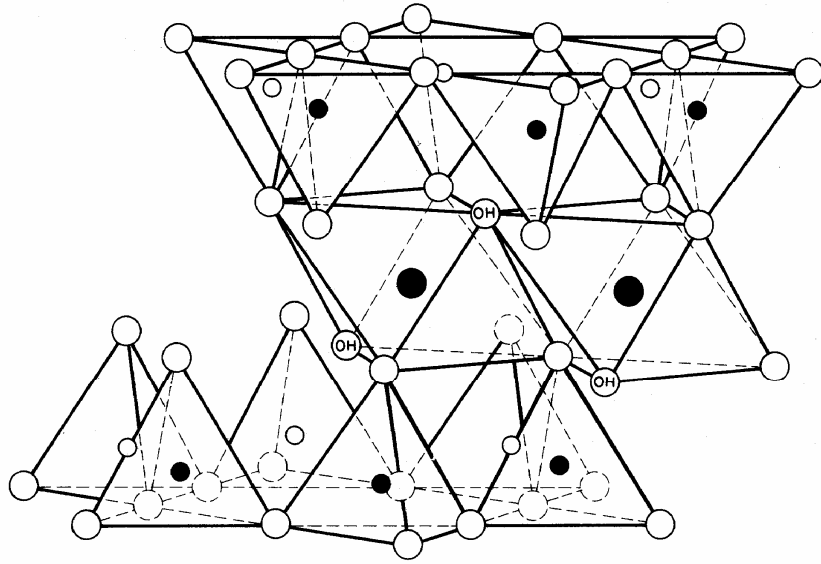
önerileriyle modifiye edilmiştir (Grim, R.E., 1962). Bu görüşlere göre; montmorillonit, merkezde alüminyum oktahedral levha ile iki silisyum tetrahedral levhalardan yapılmış bir üniteden oluşmaktadır. Oktahedral levhanın hidroksil tabakalarından biri ve her bir silisyum levhanın tetrahedronları ortak bir tabaka meydana getirmektedir. Böylece tetrahedral ve oktahedral levhalar birleştirilmiştir.



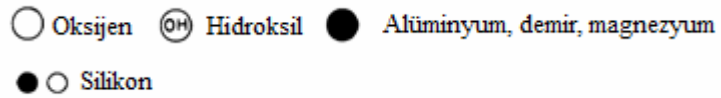
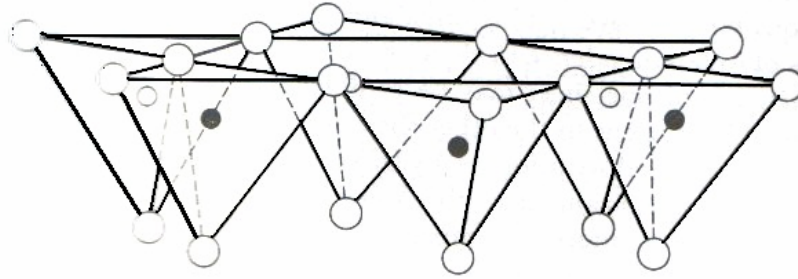
Şekil 2.9. Montmorillonit mineralinin basitleştirilmiş şeması

Üç tabakalı kil minerali olan Smektit grubunun tabaka kalınlığı 0,96 nm'dir (Şekil 2.9.). Şekil 2.10.'da montmorillonit yapısının şematik çizimi yer almaktadır. Değişebilir pozitif yüklü iyonlar silikat tabakaları arasında oluşmaktadır. Silikat üniteleri arasındaki su tabakalarının kalınlığı verilen bir su-buhar basıncındaki değişebilir pozitif yüklü

iyonların doğasına da bağlıdır. Normal koşullar altında, değişebilir iyon olarak sodyumlu bir montmorillonit bir molekül su tabakasına sahiptir.



Değişebilir pozitif yüklü iyonlar

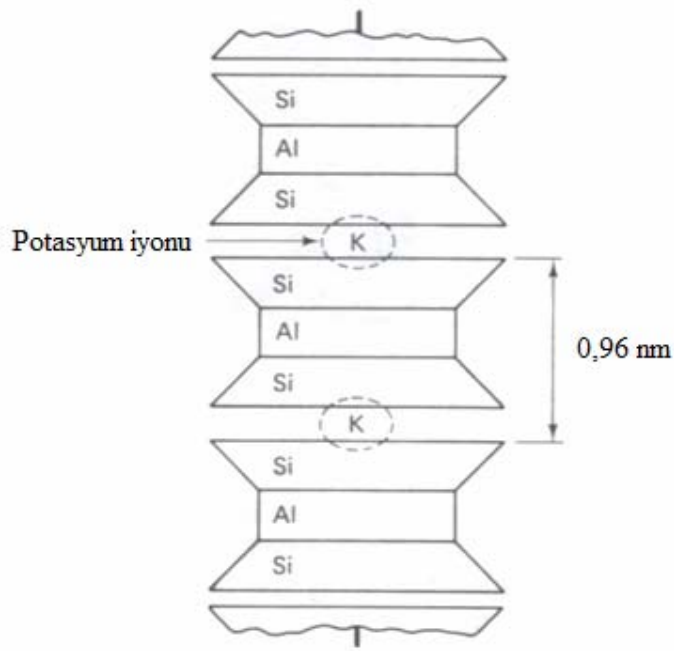


Şekil 2.10. Montmorillonit yapısının şematik çizimi

Montmorillonit yapısı için teorik formül, $(OH)_4Si_8Al_4O_{20}n H_2O$ ve teorik kompozisyon %66,7 SiO_2 , %28,3 Al_2O_3 , %5 H_2O 'dur. Montmorillonit; alüminyumun örgü içindeki yerdeğiştirmeleri yüzünden daima yukarıdaki teorik formülden farklıdır.

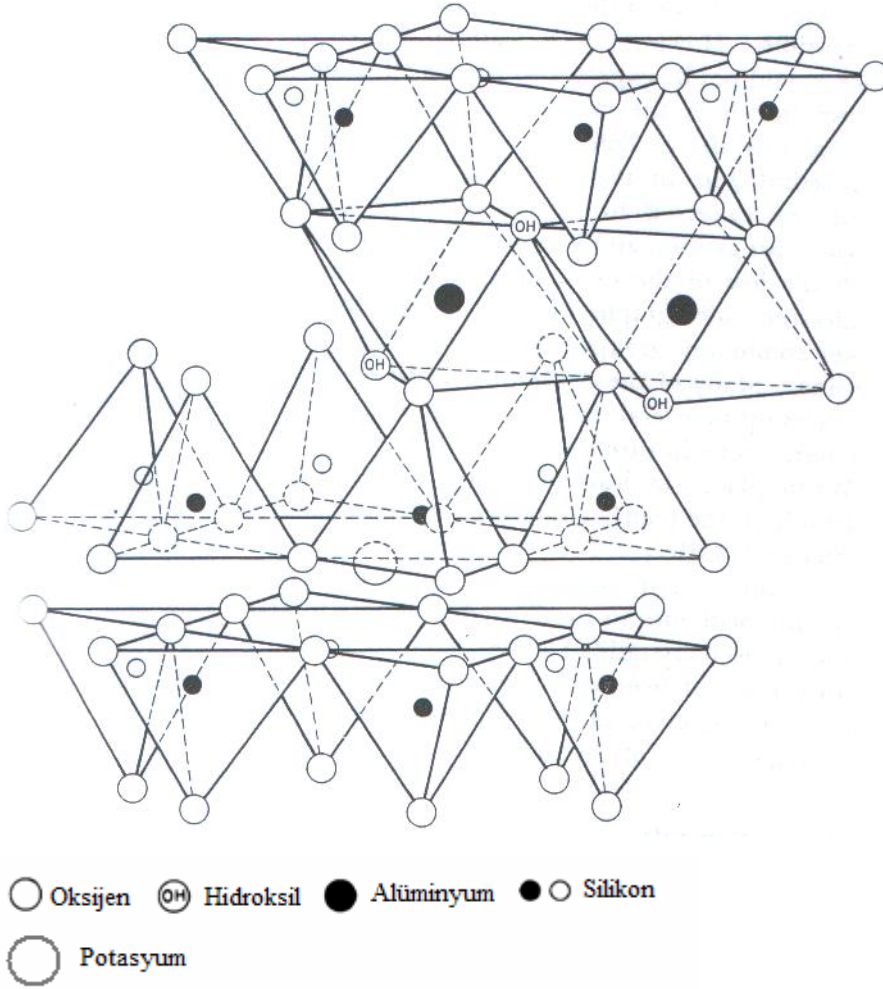
Vermikulit Mineraller: Bu mineral, klorit ve montmorillonit'in bazı yapısal özelliklerine sahiptir ve silikat ünitelerden oluşmaktadır. Yüksekliği silikat tabakalar arasında oluşan magnezyum iyonları tarafından dengelenmektedir. Tabakalar arasındaki su, 100 °C'nin üzerindeki sıcaklığa kadar ısıtıldığında kolayca buharlaşır (Grim, R.E., 1962).

İllit Grubu Killer: İllit minerallerinin genel yapısının özellikleri mikalara benzemektedir. Temel yapı ünitesi merkezde, oktahedral levha ile iki silisyum tetrahedral levhalardan oluşmaktadır. Her bir silisyum levhadaki tetrahedronların tümü, ünitenin merkezine doğru yönelir ve oksijenlerle hidroksillerin yer değiştirmesi ile tek bir tabakadaki oktahedral levhayla birleşir. Smektit grubu killerden farklı olarak potasyum içerirler. Potasyum iyonları oksijen tabakasının yüzeyindeki hegzagonal deliklerin içine girdiği ünite levhaları arasında meydana gelir. Yakın levhalar, potasyum iyonları 12 oksijenden eşit uzaklıkta olacak şekilde kümelenmiştir (Şekil 2.12.). Silisyum ünitelerinin kalınlığı yaklaşık 10 Å'dur.



Şekil 2.11. İllit mineralinin basitleştirilmiş şeması

Silikat tabakalarının tutunması yüksek tabaka yüküne ve K iyonunun büyüklüğüne dayanmaktadır. K'un büyüklüğü oksijen halkasının boşluğuna tam anlamıyla uymaktadır (Uğur, F. A., 2005).

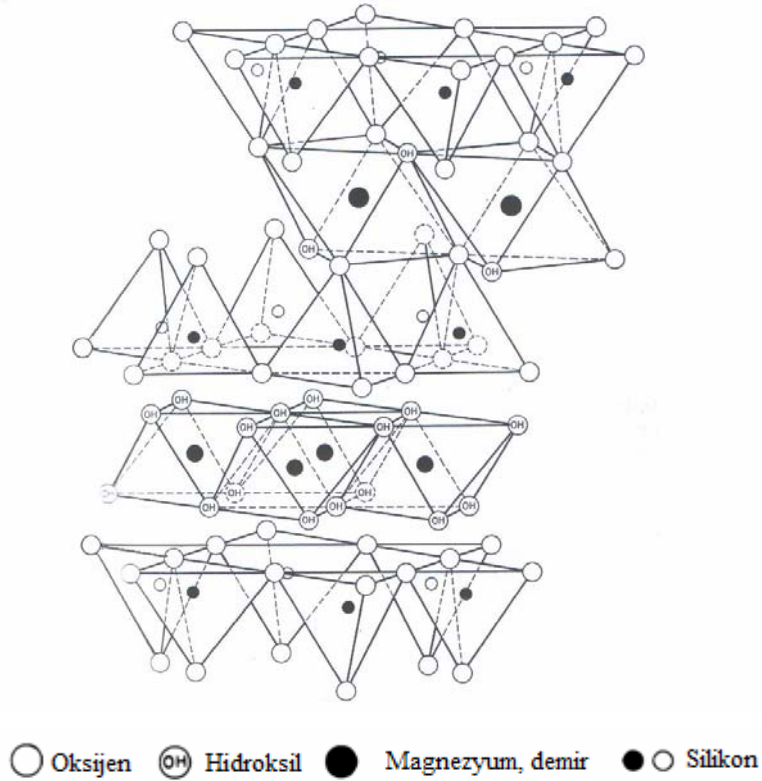


Şekil 2.12. İllit yapısının şematik çizimi

2.4.5. Düzenli Karışık Tabakalı Killer:

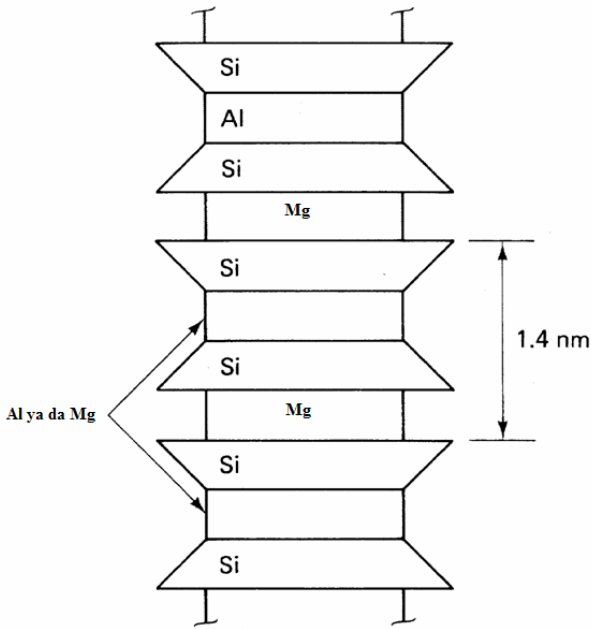
Klorit Grubu Killer: Bu grup killer, ince taneli ve yeşil renklidir. Bol miktarda magnezyum, demir (II), demir (III) ve alümina içermektedirler (Çalışkan, 2005).

Karışık tabakalı grupta yer alan bu mineraller, birbirini takip eden mika benzeri minerallerin üst üste dizilmesinden meydana gelmiştir (Şekil 2.13.).



Şekil 2.13. Klorit yapısının şematik çizimi

Klorit mineralinin genel bileşimi, $(OH)_4(Si\ Al)_8(Mg\ Fe)_6O_{20}$ şeklindedir. Klorit kil minerallerinin çoğu üç-oktahedraldir ancak bazıları iki-oktahedral formda tanımlanmaktadır. Bu mineral için tabaka kalınlığı yaklaşık 1,4 nm olarak bulunmuştur (Şekil 2.14.).



Şekil 2.14. Klorit mineralinin basitleştirilmiş şeması

2.4.6. Zincir Yapılı Killer

Karışık Tabakalı Mineraller:

Bir çok kil minerali birden fazla kil mineralinden oluşmuştur (www.mta.gov.tr/mta_web/kutuphane/mtadergi/71_4; Yariv and Michaelian, 2002). Yapı, karışım tabakalıdır. Yapılarında illit,

montmorillonit (smektit) ve klorit mineralleri değişik oranlarda bulunur ve birbirleri ile yer değiştirebilirler.

2.5. Erozyonun Tanımı ve Çeşitleri

Erozyon terimi; doğa koşullarında toprak materyalinin su, rüzgar, yerçekimi, çığ, dalga ve buzul gibi doğal güçlerin etkisi ile parçalanarak bir yerden bir yere taşınması ve yığılmasını ifade etmektedir. Erozyon, ülkemizin yaşam koşullarını olumsuz etkileyecek kadar büyük bir tehlike yaratmaktadır (TEMA). Yurdumuzun üzerinde bulunduğu coğrafi enlemlerdeki iklim özellikleri, topoğrafyası, doğal bitki örtüsü, hidrografik özellikleri, jeolojik ve toprak yapısı içerisinde insanlarımızın doğal dengeye yaptığı olumsuz etkiler; yanlış arazi kullanımı, aşırı otlatma, ormanlarımızın tahrip edilmesi gibi olaylar erozyonu hızlandırmaktadır.

Toprak erozyonu; “Jeolojik (Doğal) Erozyon” ve “Hızlandırılmış Erozyon” olmak üzere ikiye ayrılır. Doğal koşullarda, bitki örtüsü taşınmayı frenlemekte ve taşınan kadar yeni üst toprak oluşturmaktadır. Doğal dengenin sağlanması yönünden çok yararlı olan bu olay, jeolojik bir gelişme olarak kabul edilmekte ve buna “*doğal*” veya “*jeolojik erozyon*” adı verilmektedir. Bu erozyon çeşidi, arzu edilen ve olması gereken bir erozyon türüdür ve doğanın kendi dengesi ile kuralları içerisinde meydana gelmektedir. Bu erozyon türü sayesinde aşınma ve taşınma alanlarında (yüksek arazilerde) yer alan topraklar ve araziler kendi kendilerini yenileyebilmekte ve gençleşebilmektedirler. Diğer bir

deyişle, yüksek arazilerde yer alan topraklar bir taraftan alttaki anakayanın (jeolojik materyallerin) doğal yollarla ayrışması sonucunda gövde (profil) kalınlıklarını arttırmakta iken, diğer taraftan da erozif güçler (su, rüzgâr vb.), toprak profillerinin üst kısmındaki katmanları belli bir hızla taşımaktadırlar. Bu yolla üstte yer alan daha yaşlı ve yorgun toprak materyalleri erozyonla aşındırılıp taşınırken, alttan da yeni ve genç toprak materyalleri kazanılmaktadır. Söz konusu bu doğal erozyon sürecinde, üstten erozyonla taşınan toprak miktarı ile alttan anakayanın ayrışması ile oluşan toprak miktarı arasında dinamik bir denge vardır ve söz konusu bu denge, doğal erozyon olayında her zaman, toprak oluşumunun lehindedir. Yüksek arazilerden doğal erozyonla taşınan materyallerin, daha alçak kesimlerdeki alanlara çok uzun yıllarda depolanmaları ve olgunlaşmaları sonucunda ise oldukça verimli yeni araziler oluşmaktadır. Oluşan bu yeni araziler, sahip oldukları özellikleri nedeniyle tarımsal üretimde başarı ile kullanılabilir, son derece kıymetli arazilerdir. Sözü edilen bu araziler, gerek Türkiye’de ve gerekse tüm dünyada, canlı beslenmesinde gerekli olan bitkisel ve hayvansal gıdaların büyük bir bölümünün üretildiği alüviyal ovalardır ve bu kıymetli ovalar binlerce yıldır süregelen doğal erozyon süreçleri sonucunda oluşmuşlardır. Son derece yavaş oluşan, hatta farkına dahi varılamayan doğal erozyon, tüm doğal dengeler ve ekosistemler açısından da son derece yararlı bir olaydır (TEMA).

İnsanların yanlış arazi kullanımı ve hatalı tarımsal faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan erozyona “*hızlandırılmış erozyon*” denir.

Hızlandırılmış toprak erozyonu kendisini oluşturan çevresel güçlere göre;

- ✓ Su erozyonu,
- ✓ Rüzgar erozyonu ve
- ✓ Diğer erozyonlar (Yer çekimi, Buzul, Dalga ve Çığ erozyonu) şeklinde üç grupta incelenir.

Hızlandırılmış erozyonu oluşturan erozif güçler içerisinde en önemlisi su ve rüzgar erozyonudur. Su ve rüzgar ile oluşan hızlandırılmış erozyon dışında genellikle yerçekimine bağlı olarak oluşan diğer tip erozyonlar da vardır. Eğimli arazide doğal veya yapay nedenlerle denge koşulları bozulduğu zaman arazinin tümünde veya belli bir kısmında toprak hareketleri oluşur. Bu hareketler;

- 1) Yamaç üzerindeki yüzeysel birikinti hareketleri
- 2) Heyelanlar
- 3) Çığ ve buzulların neden olduğu aşınma ve taşınmalar şeklindedir.

2.5.1. Su Erozyonu

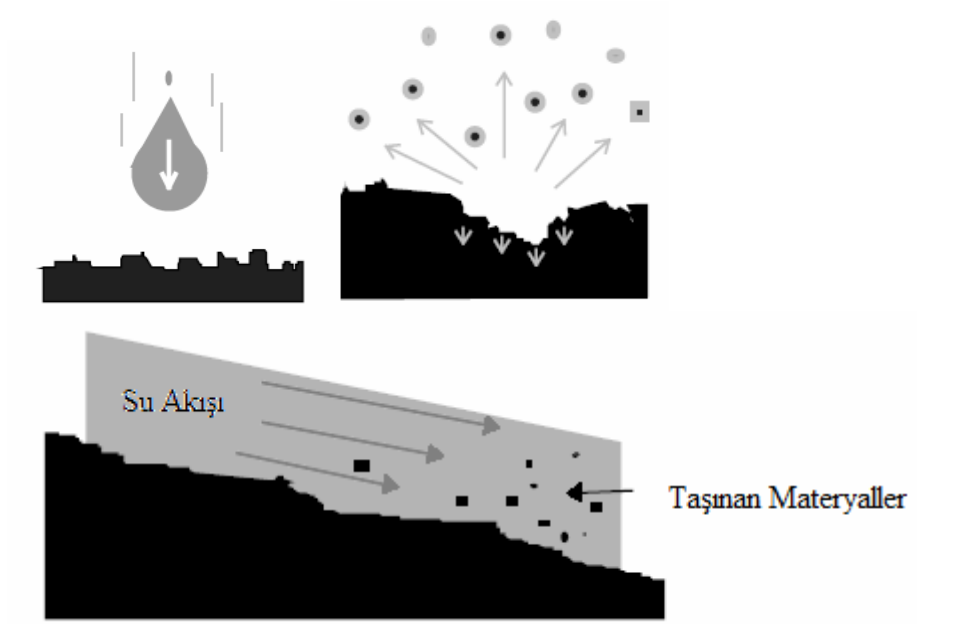
Su erozyonu, özellikle bitki örtüsünden yoksun eğimli arazilerde yağmur ve eriyen kar sularının toprağı aşındırıp taşıması olayıdır. Su erozyonunun etki derecesi; arazinin eğimi, toprağın özellikleri, bitki örtüsünün yoğunluğu ve yağışın süresi ile şiddetine bağlıdır. Arazi kullanma yöntemlerindeki hatalar, aşırı hayvan otlatma, orman ve meraların tahribi nedeni ile yağışların toprak tarafından tutulamayarak yüzey akışa geçmesi, önemli miktarda toprak materyalinin su ile taşınmasına yol açar. Yüzey akış, üst toprakta önce hafif zerreleri

yıkayarak götürür. Tarım arazilerinde meydana gelen su erozyonu ile ince toprak materyalleri (organik madde, kil ve silt mineralleri) taşınmakta ve yüksek oranda kum ve çakıl gibi iri tane boyutlu materyalleri içeren verimsiz bir toprak yapısı kalmaktadır. Böylece verimli topraklar tarımsal üretimde kullanılamaz hale gelmektedir.

Su erozyonu; yağmur damlası erozyonu, tabaka (yüzey) erozyonu, parmak erozyonu, sel yarıntısı (oyuntu) erozyonu ve akarsu erozyonu olmak üzere beş grup altında incelenmektedir (TEMA).

2.5.1.1. Yağmur Damlası Erozyonu

Bu erozyon şekli, çoğunlukla bitki örtüsünden yoksun çıplak toprakların yüzeyine yağmur damlalarının şiddetle çarpması sonucu oluşmaktadır. Yağmur damlaları, toprak partiküllerinin ayrılmasını etkileyen temel sebeptir. Yağmurun etkisi ile nemlenen toprak yüzeyinde toprak-su karışımı oluşmaktadır. Toprak-su yüzeyine çarpan yağmur damlaları, çamurlu suyu havaya sıçratarak toprak taşınmasını başlatır.



Şekil 2.15. Yağmur damlasının toprağa darbe etkisi (www.dpi.vic.gov.au)

2.5.1.2. Tabaka (Yüzey) Erozyonu

Tabaka erozyonu, hafif veya orta dereceli eğimli arazilerde ince toprak materyallerinin taşınması olayıdır. Bu bakımdan arazinin verimliliğinde ciddi azalma meydana gelmektedir. Eğim boyunca verimli üst toprağın büyük bir kısmı taşınmadan dikkati çekmediği için en tehlikeli erozyon çeşididir (TEMA, www.agri.ankara.edu.tr/soil_sciences).

2.5.1.3. Parmak Erozyonu

Eğimli arazilerde yağmur damlalarının çarpma etkisi ile toprakların yüzey özellikleri bozulmakta, yağış sularını tutma ve geçirme kapasitesi zayıflamaktadır. Yağış sularının önemli bir kısmı arazi yüzeyinde çok sayıda irili ufaklı kanallar oluşturmaktadır. Bu kanallarda akmaya başlayan su, eğimin neden olduğu ivme ile kendi etrafında dönerek koparma, oyma ve taşıma enerjisi kazanmaktadır. Kopan toprak parçaları akış halindeki su ile birlikte hareket etmektedir. Sonuç olarak, arazi yüzeyinde derinlikleri birkaç santimetreyi bulan oluklar ve kanallar meydana gelmektedir. Toprakların bu şekilde aşınıp taşınması olayına “*parmak erozyonu*” denir. Bu kanallar sürüm işlemleri ile yok edilebildikleri için verimlilikte ciddi bir düşme oluncaya kadar bu tip erozyon da dikkatlerden kaçabilir (TEMA, www.agri.ankara.edu.tr/soil_sciences).

2.5.1.4. Sel Yarıntısı (Oyuntu) Erozyonu

Yüzey kanalları sürüm işlemleri ile düzeltilemeyecek derinliğe ulaştığında bu kanallar sel yarıntısı (oyuntu) olarak adlandırılırlar. Sel yarıntılarının büyüklükleri; yağışın miktarına, şiddetine, sıklığına, toprağın erozyona olan direncine, toprağın derinliğine, arazinin eğimine bağlıdır. Sel yarıntısı (oyuntu) erozyonu ile yerinden sökülen ve taşınan toprak materyali yüzey erozyonu ile erozyona uğrayan toprak materyaline nazaran genellikle daha az değerlidir. Çünkü oyuntu

erozyonunda daha çok alt toprak erozyona uğramaktadır (TEMA, www.agri.ankara.edu.tr/soil_sciences).

2.5.1.5. Akarsu Erozyonu

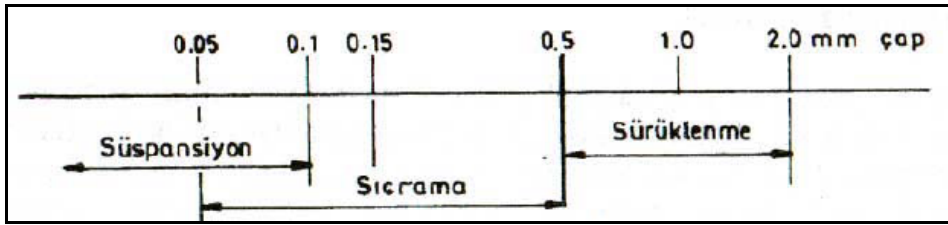
Akarsuların hem yatak içinde, hem de kenarlarında meydana gelen erozyondur. Oyuntularda sadece su akışının olduğu zamanlarda erozyon meydana gelmesine karşın, akarsularda devamlı bir erozyon söz konusudur. Akarsu kenarları yansılardan gelen yüzey akış suları ile aşındırılabilirdikleri gibi yatağın içinden akan su tarafından da aşındırılabilirler. Kenar erozyonu; bitki örtüsünün yok edilmesi ve kanala çok yakın mesafeye kadar yapılan toprak işleme sonucu artmaktadır.

Akarsu yatağının aşındırılmasında; su akıntısının hızı ve yönü, akarsu kanalının derinlik ve genişliği ile yatağın üzerinden aktığı malzemenin cinsinin önemi vardır.

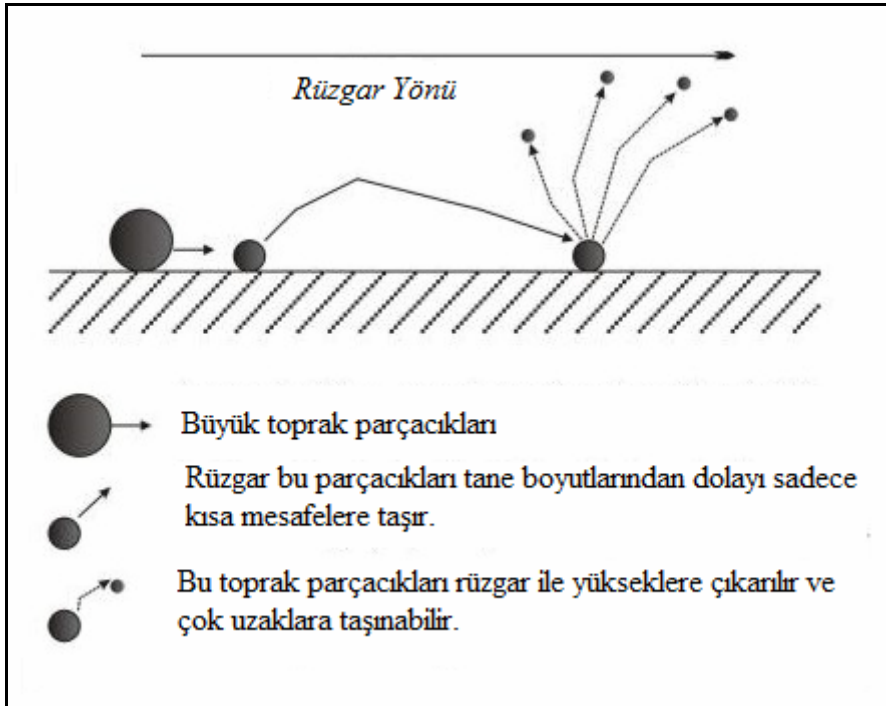
2.5.2. Rüzgar Erozyonu

Rüzgar erozyonu, toprağın rüzgar kuvveti ile aşınması, bir yerden başka yerlere doğru taşınarak birikimi olayıdır. Genellikle kurak, yarı kurak ve çöl iklim koşullarında arazi yüzeyinin kuru ve bitki örtüsünden yoksun bulunduğu ortamlarda oluşur. Rüzgar erozyonunun oluşmasına ve hızına iklim özellikleri, bitki örtüsü, toprak özellikleri, arazinin eğimi ve insanların arazilere müdahalesi gibi faktörler etki etmektedir. Bu

faktörlerin etkisi ile oluşan rüzgar erozyonunun neden olduğu toprak taşınması ise üç tip hareketle meydana gelmektedir. Özellikle rüzgarın hızı ve arazi yüzeyindeki toprak parçacıklarının iriliğine bağlı olarak ortaya çıkan bu üç tip toprak taşınması; “sıçrama”, “hava akımları ile uçma (süspansiyon)” ve “yüzeyde sürüklenme” şeklindedir (TEMA).



Şekil 2.16. Parçacık büyüklüğüne bağlı olarak rüzgarla hareket şekilleri



Şekil 2.17. Rüzgar erozyonu ile toprağın taşınması

2.5.2.1. Sıçrama

Sıçrama, 0,05-0,5 mm çapındaki toprak parçacıklarının arazinin yüzeyinden rüzgarın etkisi ile hareket etmesi olayıdır. Sıçrama hareketiyle 1 m'ye kadar yukarıya kaldırılan toprak parçacıkları rüzgarın estiği doğrultuda hareket ettirilir ve rüzgar hızının azaldığı veya sona erdiği alanlara yer çekimi etkisiyle toprak yüzeyine dşerler.

2.5.2.2. Hava Akımları ile Uçma (Süspansiyon)

Çapları 0,1 mm'den küçük toprak parçacıkları, rüzgarların oluşturduğu hava akımları içerisinde süspansiyon halinde uçarlar ve rüzgar hızının sona erdiği bölgelere kadar taşınırlar.

2.5.2.3. Yüzeyde Sürüklenme

Çapları 0,5 mm'den büyük toprak parçacıkları sıçrama ile hareket ettirebilmek için ağırdır. Sıçrama ile hareket eden toprak parçacıklarının çarpması sonucunda yüzeyde sürüklenirler. Sürüklenme sırasında birbirine ve toprak yüzeyine çarpan parçacıklar daha küçük parçalara bölünerek gerek sıçrama ve gerekse süspansiyon ile toprak taşınmasının artmasına yol açarlar (TEMA).

2.6. Erozyonua Etki Eden Faktörler

Toprak örtüsünün tamamen yok olduğu eğimli alanlarda erozyonun şeklini ve şiddetini; jeolojik yapıyı oluşturan ana materyalin yapısı, bünye özelliği, yağış sularını tutma ve geçirme kapasitesi gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri belirler. Bu faktörler beş grup altında toplanır. Bunlar iklim, topoğrafya, toprak, bitki örtüsü ve insan faktörleridir.

2.6.1. İklimin Etkisi

Erozyonunun oluşumunda iklim en önemli rolü oynar. İklim aşındırıcı güç olan suyun kinetik enerjisinin kaynağıdır. Bu kaynağın; denizlere ve göllere ulaşan suyun buharlaşarak bulutlara ve daha sonra yağış olarak yüksek bir kinetik enerji ile yere düşmesinde çok önemli etkisi vardır. Karalara düşen yağışlar eğime paralel olarak akışa geçtiklerinde denizlere veya göllere ulaşıncaya kadar aşındırmaya ve taşıma işlemine devam ederler. İklimin etkisini gösteren temel kuvvetler yağış, rüzgar ve sıcaklıktır. Bunların içerisinde en önemlisi yağış olup, yağışın da şekli, şiddeti ve süresi erozyona farklı etkiler yapmaktadır.

Yağışın Yoğunluğu mm/h

Erozyonla İlişkisi

0-6

Hafif

6-12

Orta

12-50

Şiddetli

50'den fazla

Çok şiddetli

Diğer taraftan sıcaklık; yağışların çeşidini, toprağın donmasını ve nem içeriğini etkilemek suretiyle detaylı olarak erozyonun şiddetine tesir etmektedir. Bu açıdan, Doğu Anadolu Bölgemizde toprağın 50 cm. derinliğe kadar donması ve sıcak havalarda gevşemesi olayı ile diğer bölgelerimizde görülen yağmur ve rüzgar, erozyon olayları açısından önemlidir. Ülkemizin dünyadaki konumu nedeniyle özellikle İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yaz kuraklığı ve yağış azlığı/yetersizliği diğer bölgelere göre daha fazladır. Bu nedenden dolayı, bitki örtüsünün zayıf olduğu bu bölgeler ülkemizin erozyondan en fazla etkilenen bölgeleridir. Çünkü, kurak ve yarı kurak sahaların mevcut ekosistemlerinin bozulması kolay ve hızlı olmakta ve bozulan ekosistemlerinin tekrar eski haline getirilmesi de zor ve pahalı olmaktadır (TEMA).

2.6.2. Topoğrafyanın Etkisi

Topoğrafyanın toprak aşınımı üzerine olan etkisinde arazinin eğim dikliği, eğim uzunluğu, eğim şekli, havza büyüklüğü ve şekli gibi faktörlerin doğrudan işlevselliği vardır. Eğim dikliğinin artışı, yüzey akış sularının arazi yüzeyinden daha hızlı akmasına ve aşınımın yoğunlaşmasına, eğim uzunluğunun artışı toprak kayıplarının azalmasına, eğim şeklinin dışbükey görünümü toprak kayıplarının artmasına neden olur. Benzer özelliklere sahip havzalardaki havza büyüklüğü arttıkça doğal olarak meydana gelecek yüzey akışı da artar.

Erozyonun şiddeti ve toprağın yüzeysel akışla taşınmasına neden olan faktörlerin başında eğim gelmektedir. Dünyada kara kütlelerinin ortalama yüksekliği 700 m, Avrupa'nın 330 m, Afrika'nın 600 m, Asya'nın 1010 m olmasına rağmen Türkiye'nin ortalama yüksekliği 1132 m'ye ulaşmaktadır. Yükselti basamakları dikkate alınarak yapılan değerlendirmede 0-500 metre arasındaki alanlar ülkemizin % 17,5'ini, 500-1000 metre arasındaki sahalar % 26,6'sını kaplamakta, 1000-2000 metre arasındaki alanlar ise % 45,9'a ulaşmaktadır. Ülkemiz arazisinin eğimli ve engebeli olması, orman ve bitki örtüsünün tahrip edildiği alanlarda doğal dengenin hızla bozulması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Doğal dengenin bozulması sonucu hızla toprakların aşınması süreci başlamaktadır.

2.6.3. Toprak Özelliklerinin Etkisi

Toprak aşınımına toprakların fiziksel, kimyasal, fizikokimyasal, yapısal vb. özellikleri doğrudan etkili olur. Toprağın fiziksel özelliklerinden tane iriliği dağılımı erozyon üzerinde önemli derecede etkilidir. Toprak yüzeyinde bulunan taş parçaları dayanıksız ise de, kum taneciklerinin çapları büyük olduğundan taşınmaları oldukça zordur. Toprakların önemli fiziksel özelliklerinden birisi olan su geçirgenliğinin artışı, topraklarda yağışın büyük bir bölümünün toprağa sızabilmesine izin vereceğinden meydana gelecek yüzey akış miktarı o ölçüde azalacaktır. Toprağın kimyasal özelliklerinden olan kireç içeriği kümeleşme olayında önemli bir etki içerir.

Erozyonun şiddetli olarak devam ettiği alanlarda altta bulunan jeolojik yapı yer yer taşlı ve kayalık araziler halinde ortaya çıkmaktadır. Ülkemizin jeolojik ve toprak yapısı; genelde pekişme durumu zayıf, ayrışmaya ve değişmeye karşı fazla direnç göstermeyen taneli, tortul ve volkaniktir. Toprak ile jeolojik yapı arasında sıkı bir ilişki vardır. En fazla aşınmaya uğrayan zeminler Eosen ve Neojen zamanlara ait araziler ile volkanik kül ve tüflerdir. Genelde pekişme durumu zayıf, ayrışmaya ve erozyona karşı fazla direnç göstermeyen gevşek yapılardan oluşan topraklarımız erozyona hassas bir yapıdadır. Bu nedenle, en fazla aşınan ve sellere en fazla malzeme veren kaynaklar kumlu, siltli, çakıllı olan pekişmemiş araziler ile bünyesine su aldığı kısa sürede eriyebilen tuzlu ve alkali maddeler bakımından zengin, milli ve killi depolar olmaktadır. Ülkemizde, erozyonun şeklini, şiddetini ve seyrini; jeolojik yapıyı oluşturan ana materyalin yapısı, bünye özelliği, yağış sularını tutma ve geçirme kapasitesi gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri belirler. Öte yandan, kurak ve sıcak iklim şartları altında Anadolu'nun kapalı havzalarında çökelmiş olan tuzlu, alkali maddeler bakımından zengin killi, marnlı ve jipsli depolarda kimyasal erozyon ön plana geçmiştir. Ülkemizde, bazı ana kayalar üzerinde oluşan toprak aşınması; kayalık-taşlık alanların ortaya çıkmasına yol açmıştır.

2.6.4. Bitki Örtüsünün Etkisi

Toprak yüzeyini örten bitki örtüsü çeşidi ve yoğunluğu aşınımına karşı en önemli koruyucudur. Yağmur damlalarının sahip olduğu kinetik enerji toprak yüzeyindeki bitki örtüsü veya artıkları tarafından ortadan

kaldırılarak, damlaların toprak yüzeyine enerjisiz olarak düşmesi sağlanır ve sonuçta damlaların aşındırma etkisi ortadan kalkmış olur. Ancak çapa bitkilerinin toprağı aşınımından en az koruduğı bilindiğinden özellikle eğimli alanlarda çapa bitkisi tarımı yapılırken toprak ve su koruma önlemlerine çok dikkat etmek ve hatasız bir şekilde uygulamak gerekir.

Bitki örtüsü; toprağı ulaşan yağışın miktarını, şiddetini ve mekanik etkisini azaltır, kökleriyle toprağı sarar ve taşınmasını önler. Orman toprakları ise, suyun akış hızını azaltır ve suyun toprağı sızmasını artırarak erozyonun şiddetini düşürür. Ayrıca; bitki örtüsü, toprak yüzeyinde biriktirdiğı ölü örtü ile toprağı yağmura karşı korumaktadır.

2.6.5. İnsan Etkisi

Tarımsal etkinliklerin başlaması ile gereksinim duyulan arazilerden doğal vejetasyonun ortadan kaldırılması, kullanma ve yakacak gereksinmesi ile orman tahribi, aşırı otlatma ve hatalı arazi kullanımı nedeniyle çayır ve meraların ortadan kalkması sonucu topraklarda aşınım hızı yoğunlaşmaktadır.

2.7. Toprak Erozyonunun Sınıflandırılması

Toprak erozyonu toprakların taşınma özelliğine göre 4 ayrımlı sınıf altında tanımlanır. Temelde bu arazide yapılmış ölçüm ve gözlemlere dayalı olarak yapılan bir ayrımdır ve bu da doğal yapıdaki bir toprak kesitinin yüzeyden derinlere doğru su-yağmur etkisi ile aşınma ve

taşınma derecesini, rüzgar erozyonunda ise toprakların rüzgar etkisi ile savrulma derecelerini tanımlar.

Sınıf 1: Hafif erozyon

Arazi genelinde yüzey toprağının yaklaşık %25'ine varan bir bölümü taşınmıştır.

Sınıf 2: Orta şiddetli erozyon

Yüzey toprağının %25-75'i taşınmıştır. Oyuntu erozyon şekilleri gözlenebilir.

Sınıf 3: Şiddetli erozyon

Yüzey toprağının %75'inin daha fazlası genelde ise yüzey altı toprağının bir bölümü veya hepsi tamamen taşınmıştır. Oyuntu erozyonu şekilleri gözlenir.

Sınıf 4: Çok şiddetli erozyon

Orta derecede derin veya derin hendekler oluşuncaya kadar toprak tabakası tamamen taşınmıştır. Topraklara sadece hendekler arası sırtlar üzerinde rastlanılabilir (Altınbaş, 1996).

2.8. Dünya'da Erozyon

Yaşamın temel kaynağını oluşturan toprak, son derece yavaş meydana gelmesine rağmen hızlı bir şekilde kaybolmaktadır. İnsanların kontrolsüzce ve bilinçsizce yaptıkları tarım teknikleri, gereğinden fazla

ve yoğun hayvan otlatımı ile buna bağlı olarak toprağı erozyondan koruyan bitki örtüsünün ortadan kaldırılması, ormanların tahribi gibi daha birçok neden, ülkemizde olduğu gibi dünya üzerinde de erozyonu ve bunun sonucunda ortaya çıkan çölleşmeyi artırmaktadır.

Yapılan araştırmalara göre, dünyada tarım alanlarından her yıl yaklaşık olarak ortalama 24 milyar ton toprak erozyonla kaybedilmektedir. Böylece yılda 60 milyon hektarlık tarım arazisi yok olmaktadır. Yanlış toprak işleme, hatalı ekim-dikim ve uygun olmayan bitki nöbetine bağlı olarak, toprağın erozyonla aşınıp taşınmasından dolayı 550 milyon hektar genişliğindeki tarım arazileri, bitkisel ürün yetiştirme özelliğini kaybetmiştir. Bu, dünya üzerindeki tüm ekilebilen alanların %17'sini oluşturmaktadır (TEMA).

Genel olarak akarsuların denizlere, göllere ve barajlara taşıdığı toprak miktarı; yörenin iklimi, bitki örtüsü, arazi şekli, toprak yapısı, tarım sistemi ve erozyon önlemlerinin alınıp alınmaması gibi etkenlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Dünya'da bazı akarsuların göl ve denizlere taşıdığı toprak miktarları aşağıdaki çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 2.3. Dünya’da bazı akarsuların taşıdığı toprak miktarları

Akarsular	Yıllık Ortalama Taşınan Toprak Miktarı (Milyon ton)
Sarı Irmak (Çin)	2080
Brahmaputra (Bengaldeş)	800
Ganj (Hindistan)	1600
Indus (Pakistan)	480
Amazon (Brezilya)	400
Missisipi (Brezilya)	344
Nil (Mısır)	122
Kongo (Kongo, Afrika)	71,3
Volga (Rusya)	21,7
Sen (Fransa)	1,2
Ren (Hollanda)	0,5

Çizelge 2.3.’te görüldüğü gibi Çin’de Sarı Irmak ve Hindistan’da Ganj nehirleri dünyada en çok toprak taşıyan akarsulardır. Çizelgede yer alan nehirler içerisinde debisi (su taşıma gücü) en fazla olan Amazon nehridir. Ancak, bu nehir havzasının ormanla kaplı olması çok daha az toprağı taşımaya neden olmaktadır (TEMA, www.aof.anadolu.edu.tr/kitap/IOLTP/1270/unite05.pdf). Bu durum, bitki örtüsünün toprak erozyonunu önlemede ne kadar önemli ve etkili olduğu göstermektedir.

2.9. Türkiye’de Erozyon

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de toprak kaybı sürecinin en önemli etkeni erozyondur. Arazi eğimi, iklim, bitki örtüsü ve toprak özelliklerinin etkileşimi sonucu oluşan doğal erozyonun yanısıra, insanın doğaya müdahalesi temeline dayanan bir dizi yapay etken, erozyonu bir afet niteliğine dönüştürmektedir. Türkiye kara yüzeyinin %90’ında çeşitli şiddetlerde erozyon görülmektedir. Arazinin %63’ü çok şiddetli ve şiddetli, %20’si orta şiddetli, % 7’si ise hafif şiddetli erozyonla karşı karşıyadır. Ülke genelinde yaklaşık 67 milyon hektarlık bir arazide toprak giderek yok olmaktadır. Erozyon büyük ölçüde tarım alanlarında yaşanmaktadır.

İşlenen tarım alanların %75’inde (yaklaşık 20 milyon ha) yoğun erozyon görülmektedir. Diğer bir anlatımla Türkiye tarım alanlarının ancak 5,0 milyon hektarlık bölümünde erozyon yoktur. Su ve rüzgar erozyonu tüm ülke topraklarının %86,5’inde görülmekte, rüzgar erozyonu 506 bin hektarlık bir yayılımla daha çok kurak iklime sahip olan Konya ve dolaylarında görülmektedir.

Türkiye’de akarsularla birlikte alandan taşınan toprak, ABD’nin 7, Avrupa’nın 17 ve Afrika’nın 22 katı daha fazla düzeydedir. Deniz, göl ve barajlarımıza en çok toprak taşıyan akarsularımız arasında Fırat ve Yeşilırmak ilk sıralarda yer almaktadır. En az miktarda toprak taşıyan akarsularımız ise Dalaman çayı ve İyidere’dir. Bu akarsuların az toprak taşımalarının nedeni, havzalarının ormanlarla kaplı olması ve güçlü doğal

bitki örtüsünün toprağı korumasıdır. Fırat Nehri, yılda 108 milyon ton, Yeşilırmak 55 milyon ton toprak taşımaktadır.

Bitki örtüsünün zayıf ve tahrip edilmiş olmasından dolayı toprak taşıyan akarsularımız maliyeti yüksek olan baraj ve göllerimize zarar vermektedir. Sulama ve enerji üretimi amacıyla yararlanılan barajlar, toprak taşıntılarıyla (sediment) dolmakta ve işletim ömürleri kısalmaktadır. Böylece ülke ekonomisi büyük kayıplara uğramaktadır. Her yıl Keban barajı'na 32 milyon, Karakaya Barajı'na 31 milyon ton toprak birikmektedir.

Erozyonla yılda 90 milyon ton bitki besin maddesi toprakla birlikte yitirilmektedir. Her yıl tarım alanlarından 500 milyon ton, tüm ülke yüzeyinden 1,4 milyar ton verimli üst toprak, erozyonla kaybedilmektedir. Kaybedilen bu topraklar, 25 cm kalınlığında, yaklaşık 400 bin hektar genişliğinde bir araziye eşdeğerdir.

Amaç dışı arazi kullanımı, hatalı tarım teknikleri, kent, sanayi, ulaşım ve benzeri yatırımların yanlış konumlanması süreci ise erozyonun hızını arttırmaktadır. 1978-1996 yıllarında amaç dışı tarım toprağı %33 artmış ve betonlaşarak elden çıkan verimli tarım toprağı 600 bin hektara, yani verimli alanların yaklaşık onda birine yaklaşmıştır (TEMA).

2.9.1. Türkiye’de Erozyon Sorununun Nedenleri

Erozyona neden olan faktörler birbirine bağlı üç ana grupta toplanabilir.

- Doğal etkenler,
- Arazi kullanımı ve planlama etkenleri,
- Sosyo-ekonomik etkenler (Taysun vd, 1995; Altınbaş vd, 2004).

2.9.1.1. Doğal Etkenler

- a) **İklim Özellikleri:** Su ve rüzgar erozyonunun oluşmasında etken olan en önemli faktör iklimdir. Toprak erozyonunda yağış yoğunluğu ve süresinin etkili olmasının yanı sıra yağışların yıl içindeki dağılımlarının da büyük önemi vardır. Yıl boyunca dağılmış olan yağışlar, yılın bir bölümüne toplanmış olan yağışlardan daha az erozyon oluşmasına neden olur (Altınbaş vd., 2004). Ülkemiz kurak ve yarı-kurak iklim kuşağında yer almaktadır. Bu nedenle yıllık yağış rejimi düzensizdir.
- b) **Topoğrafik Yapı:** Erozyon hızı ile arazilerin eğim derecesi doğru orantılıdır. Türkiye arazilerinin eğim derecesi Çizelge 2.4.’de yer almaktadır.

Çizelge 2.4’de de görüldüğü gibi %12’den fazla eğimli araziler Türkiye genel alanının %60,57’ni oluşturmaktadır. Bu durum Türkiye’nin eğimli bir ülke olduğunun göstergesidir.

Çizelge 2.4. Türkiye eğim derecesi (Altınbaş vd., 2004)

Eğim Sınıfı	Eğim Derecesi	Kapladığı Alan (ha)	%
Düz	0	5 358 952	6,88
Düze yakın	0 – 2	4 346 145	5,59
Hafif	2 – 6	8 476 067	10,89
Orta	6 – 12	10 514 253	13,51
Dik	12 – 20	10 747 597	13,81
Çok dik	20 – 30	13 368 866	17,18
Sarp	30+	23 015 669	29,58

- c) **Toprak özellikleri:** Toprakların sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikler, onların erozyondan farklı derecede etkilenmelerine neden olmaktadır. Bu özelliklerden % organik madde erozyon açısından önemlidir. Türkiye topraklarının % 14'ünün organik madde içeriği % 2'nin üzerindeyken, % 64'ünde % 1'in altındadır (Altınbaş vd., 2004). Organik madde miktarının azalması toprakların aşınımına duyarlılığı artmaktadır. Bu nedenle Türkiye toprakları erozyona karşı hassas bir yapı göstermektedir (Doğan, 2002).

2.9.1.2. Arazi Kullanımı ve Planlama Etkenleri

Arazinin kullanım şekli ve herhangi bir kullanımda uygulanan planlama yöntemi, erozyonun seviyesini belirleyen en önemli faktördür. Bu bakımdan arazilerin herhangi bir kullanıma uygun olması gereklidir. Bunun yanında bitki ekim nöbeti uygulanması, gübreleme yapılması, meralarda

kontrollü otlatma yapılması, nadas alanlarında baklagil ya da buğdaygil yem bitkilerinin yetiştirilmesi ve yönetim planlamasında toprak ve su koruma yöntemlerine dikkat edilmesi gereklidir. Erozyona karşı en iyi koruma çayır ve orman örtüsü altında en az koruma ise çapa bitkisi tarımında olmaktadır (Altınbaş vd., 2004).

2.9.1.3. Sosyo-Ekonomik Etkenler

Ormanların ve meraların tahribi, miras yoluyla arazilerin çok küçük parçalara ayrılması ve dolayısıyla tarım işletmelerinin giderek küçülmesi, arazilerin kiracılık veya yarıcılık şeklinde işletilmesi, toprak ve su koruma önlemlerinin gereken ölçülerde alınamamasına dolayısıyla erozyonun artmasına yol açmaktadır (Doğan, 2002; Altınbaş vd., 2004).

2.10. Erozyon Hızı Tayininde Kullanılan Yöntemler

2.10.1. Üniversal Toprak Kaybı Denklemi (Universal Soil Loss Equation: USLE)

Erozyon hızı tayinlerinde erozif yağışlar sonucunda oluşabilecek toprak kayıplarına karşı alınacak önlemlerin saptanmasında Wischmeier'in Üniversal Toprak Kaybı Denklemi (USLE)'nin kullanıldığı geleneksel yöntem, en eski ve yaygın olarak kullanılan bir metottur. Toprak kayıplarının saptanmasında kullanılan bu denklem yağış faktörü, toprak faktörü, eğim uzunluğu ve dikliği gibi önemli parametrelerden oluşmaktadır.

Wischmeier'in Üniversal Toprak Kaybı Denklemi aşağıdaki formül ile tayin edilmektedir:

$$A=R.(K.L.S.C.P) \quad (1)$$

Burada;

A: Erozyon sonucu yıllık ortalama toprak kaybı ($t\ ha^{-1}\ y^{-1}$)

R: Yağmur erozivite indeksi (yani 30 dakikalık en şiddetli yağışın oluşturduğu toplam enerji)

K: Toprağın erozyona uğrayabilme faktörü

L: Yamaç uzunluğu faktörü

S: Eğim faktörü

C: Bitkisel ürün ve işletme (amenajman) faktörü

P: Toprak koruma tedbirleri faktörü (Günay, 1997)

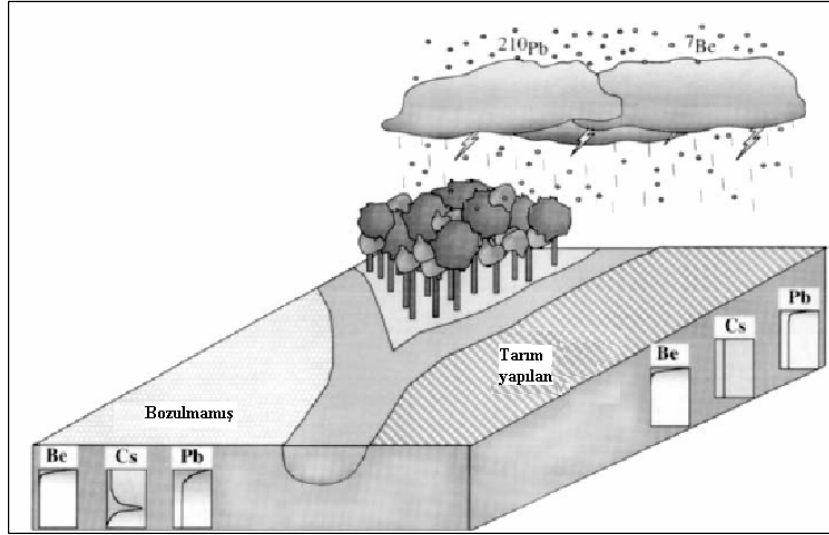
USLE denklemi tepelik yamaçlarda tarımın neden olduğu toprak hareketlerini ve rüzgar erozyonunu içermediği için düşük erozyon hızlarında gerçek değeri vermediği belirtilmiştir (Taşkın, 1993). Ayrıca, bu teknikle sınırlı sayıda erozyon parsellerinde erozyon hızı doğal ya da yapay yağmurlama sistemi ile tayin edilmektedir. Bu işlemin maliyeti yüksek olduğu gibi yöntemlerin uygulanması zaman kaybına neden olmaktadır.

2.10.2. Nükleer Yöntemler

Radyoaktif izleyiciler ile erozyon hızınının tayin edilmesi diğer toprak kaybı belirleme yöntemlerine göre ekonomik, hızlı, daha hassas sonuç veren ve incelenen alanın tamamına uygulanan bir tekniktir (Collins et al., 2001; Bujan et al., 2003; Nourira et al., 2003; Zapata, 2003; Huh & Su, 2004; Walling, 2004; Belyaev et al., 2005; Doering et al., 2006).

Nükleer tekniklerin erozyon çalışmalarında ilk kullanımı 1960'lı yıllarda başlamıştır. Menzel (1960), Georgia ve Wisconsin'de erozyon çalışması için kullanılan arazideki ^{90}Sr kaybının ölçülen toprak kaybı ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca ^{90}Sr 'ın (Frere ve Roberts, 1963) ve ^{85}S ile ^{131}I 'in (Graham, 1963) kullanıldığı araştırmalar bu tekniğin uygulandığı ilk örneklerdir (Ritchie & McHenry, 1990).

Son yıllarda, dünyanın çeşitli bölgelerinde toprak kaybı hızının ve birikiminin saptanmasında, radyonüklidler (^{137}Cs , ^{210}Pb ve ^7Be) yaygın olarak kullanılmaktadır. (Wallbrink and Murray, 1996; Owens & Walling, 1998; Bouhlassa et al., 2000; Porto et al., 2001; He and Walling, 1997; Walling and He, 1999; Walling, et al., 2000; Walling et al., 2003; Zapata, 2003; Huh and Su, 2004; Walling, 2004; Belyaev et al., 2005; Mabit et al., 2008a; Manav, 2008; Mabit et al., 2009). Bu teknik, erozyona uğrayan ve uğramayan bölgelerin belirlenmesinde, bu bölgeler arasında karşılaştırmalar yapılmasında ve erozyon hızının tayininde kullanılmaktadır.



Şekil 2.18. Farklı topraklardaki ^7Be , ^{210}Pb ve ^{137}Cs dağılımları (Matisoff et al., 2002)

Şekil 2.18.'de görüldüğü gibi her bir radyonüklid yarı ömürlerindeki farklılığa ve toprağın kullanım şekline bağlı olarak toprakta farklı şekilde dağılmaktadırlar. ^{210}Pb 'a göre ^7Be 'un yarı ömrü

daha kısa olduğu için ^7Be 'un yüzeyden derinliğe doğru inmesi daha azdır. Bu nedenle, ^7Be sadece yüzey topraklarında bulunur. Tarım yapılan arazilerde ^{137}Cs ve ^{210}Pb pulluk tabakası boyunca homojen halde tayin edilmektedir ancak sabit giriş ve kısa yarı ömründen dolayı ^7Be aktivitesi yüzeyde en yüksektir.

2.10.2.1. ^7Be Tekniğı

2.10.2.1.1. ^7Be 'nin Genel Özellikleri

Berilyum periyodik cetvelin II A toprak alkali grubunda yer alan radyoaktif bir elementtir. Berilyumun atom numarası 4, atom ağırlığı 9, kaynama noktası 2970 °C, erime noktası 1278 °C, yoğunluğu 1,848 g/cm³'tür (www.biltek.tubitak.gov.tr).

Dünya atmosferinin kozmik ışınlar tarafından bombardıman edilmesiyle oluşturulur ve yıllık serpinti miktarı genel olarak zamanla sabit kalır.

2.10.2.1.2. ^7Be 'nin Erozyon Hızı Tayininde Kullanılması

Atmosferin üst katmanlarında nitrojen ve oksijenin kozmik ışın bombardımanı sonucu oluşan yarı ömrü gün mertebesinde olan ^7Be ($t_{1/2}$ = 53 gün), kısa süreli toprak hareketlerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Yarı ömrü kısa olduğu için toprağın 5 mm'lik üst

kısmında konsantre olur ve en yüksek aktivite 1-2 mm’de görülür (Blake et al., 1999; Walling et al., 1999; Caillet et al., 2001; Zapata, 2002).

^7Be , üç önemli bakımdan ^{210}Pb ve ^{137}Cs ’den farklılık göstermektedir.

- ^{137}Cs ’un tersine, ^{210}Pb gibi doğal orjinlidir.
- 1950’nin sonundan 1970’lerin başına kadar yapılan nükleer silah denemeleri sonucu önemli ^{137}Cs girişi olmuşken, ^7Be ’un girişinin sürekli olduğu görülmektedir.
- Kısa yarıömründen dolayı ^7Be hızlı bir şekilde bozunmaktadır ve topraktaki ^7Be envanteri son serpinti değerini yansıtmaktadır. Bununla birlikte; ^7Be , ^{137}Cs ve ^{210}Pb gibi çabuk ve hızlı bir şekilde yüzey toprağına tutunur ve toprağın yerdeğıştirmesini belirlemek için iyi bir izleyici radyonükliddir (Zapata, 2002).

Walling ve diğerleri (2000) ile Blake ve diğerleri (1999) tarım yapılan alanlarda toprağın kısa süreli yeniden dağılım hızını tayin etmek için ^7Be ölçümlerini kullanmışlardır (Zapata, 2002).

2.10.2.2. ^{137}Cs Tekniğı

2.10.2.2.1. ^{137}Cs ’nin Genel Özellikleri

Periyodik cetvelin IA grubunda yer almaktadır. Sezyumun atom sayısı 55, atom ağırlığı 137, kaynama noktası 678,4 °C ve erime noktası 28,4 °C’dir. Yarı ömrü 30,17 yıl olan yapay bir radyonükliddir. ^{137}Cs ($\gamma=662$ keV) en önemli fisyon ürünlerindendir, beta yayımlar, uyarılmış

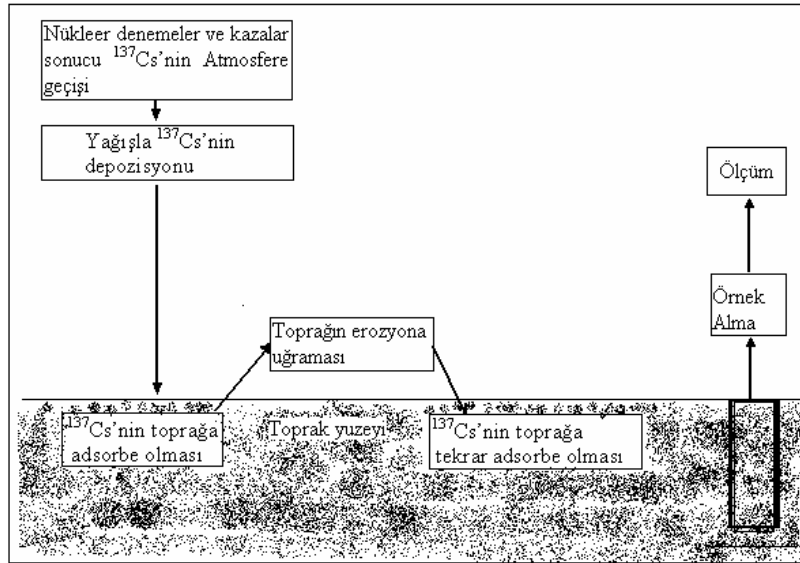
seviyelerden gama yayınlayarak taban düzeylere döner. Yapay bir radyonüklid olan ^{137}Cs atmosfere nükleer silah denemeleri ve reaktör kazaları sonucu yayılmıştır. İlk ^{137}Cs 1954 yılında toprakta dedekte edilmiştir. Nükleer silah denemeleri ile atmosfere yayılan ^{137}Cs , 1986 yılında Rusya'da meydana gelen Çernobil nükleer reaktör kazası ile önemli miktarda girişi olmuştur (Saç, 2003; Öztürk, 2005).

2.10.2.2.2. ^{137}Cs 'nin Erozyon Hızı Tayininde Kullanılması

^{137}Cs 'nin erozyon hızı araştırmalarında kullanılması 1950 ve 1960'lı yıllarda atmosferde yapılan termonükleer silah denemeleri sonucu ^{137}Cs 'nin serpinti olarak tüm dünyaya yayılması temeline dayanır. Su ile meydana gelen toprak erozyonunu belirlemek amacıyla 1965 yılında Rogowski ve Tamura tarafından ilk kez ^{137}Cs tekniği kullanılmıştır. Bu teknik, dünyadaki bir çok bölgede toprak erozyonu ve dağılımını araştırmak için kullanılmaktadır (Ritchie & McHenry, 1990; Walling et al., 1995; He and Walling, 1997; Walling and He, 1999; Walling, et al., 2000; Collins et al., 2001; Theocharopoulos et al., 2002; Walling et al., 2003; Zapata, 2003; Soto and Navas, 2004).

Serpintiyle ya da yağmurla toprak yüzeyine ulaşan ^{137}Cs kildeki mineraller tarafından çabuk ve güçlü bir şekilde tutulur. Böylece ^{137}Cs 'nin toprağın yüzeyinde ve profilinde dağılımı söz konusu olur. Toprağa tutunmuş olan ^{137}Cs , toprak tanecikleri ile bulunduğu yerden, başka yerlere taşınmaktadır (Walling and He, 1999). ^{137}Cs 'nin yatay ve dikey yöndeki dağılımının incelenmesi toprak hareketleri ve yeniden

dağılımı konusunda önemli bilgiler vermektedir. Bu tekniğin temeli, erozyon ve depozisyon noktalarındaki ^{137}Cs envanterinin erozyondan korunmuş (referans) noktalardaki ^{137}Cs envanteri ile karşılaştırılmasına dayanır. Referans bölgelerinde ^{137}Cs konsantrasyonu derinlikle azalmaktadır. ^{137}Cs tekniğinin uygulandığı deneme alanlarında, toprak kaybı ile ^{137}Cs kaybı arasında logaritmik bir ilişki olduğunu gözlenmiştir (Theocharopoulos et al., 2002). Bu teknik ile yapılan erozyon/depozisyon hızı çalışmalarında, bölgedeki toprak kayıpları/kazançlarının, ^{137}Cs kayıpları/kazançlarıyla doğru orantılı olduğu varsayılmaktadır. Erozyon ve depozisyon hızının belirlenmesinde radyoaktif izleyici olarak kullanılan ^{137}Cs 'un atmosfere dağıldıktan sonra topraktaki ölçümüne kadar izlediği yol Şekil 2.19.'da gösterilmektedir (Boardman et.al., 1996).



Şekil 2.19. ^{137}Cs 'un atmosfere dağıldıktan sonra topraktaki ölçümüne kadar izlediği yol (Boardman et.al., 1996).

Erozyon çalışmalarında kullanılan ^{137}Cs tekniğinin avantajları;

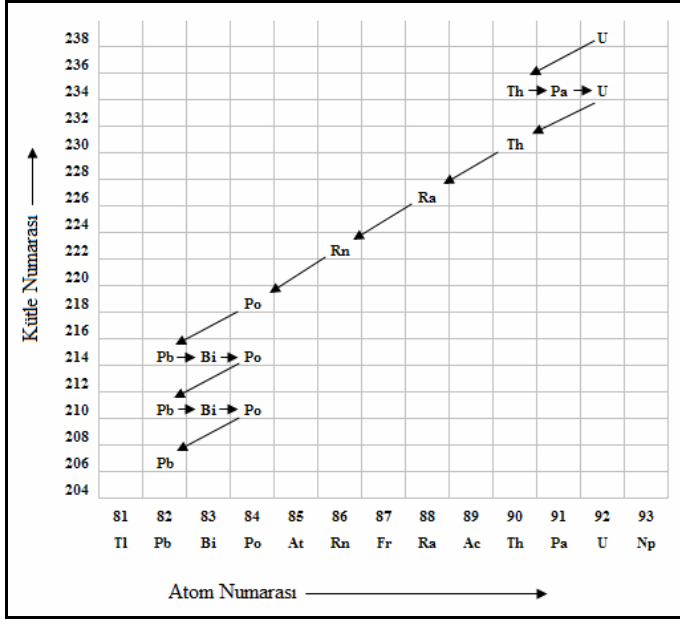
1. Bu yöntem, toprağın tekrar dağılımı sonucunda oluşan tüm erozyon süreçlerini (örneğin; su, rüzgar erozyonu toprağı sürme etkinliklerini) içermektedir (Porto et al.,2001).
2. Hesaplamalardan sonra bulunan toprak dağılımları ^{137}Cs 'un ilk dedekte edildiğı tarihten bu yana geçmiş olan 40 yıl ile ilişkilidir. Dolayısıyla erozyonun ve depozisyonun uzun vadeli ortalama oranları kolaylıkla elde edilebilir (Porto et al.,2001).
3. Örnekleme bölgeleri; birkaç m^2 'den, küçük drenaj havzalarına kadar değişebilmektedir. Yani büyüklük açısından alan, bölge ve havza sınırlamaları yoktur (Porto et al.,2001).
4. ^{137}Cs tekniğinin uygulanması sırasında çalışma alanının doğal yapısı bozulmaz. Bölgede herhangi bir tesis inşa edilmesine gerek yoktur (Porto et al.,2001).
5. Klasik olarak kullanılan toprak kaybı yöntemlerinde, doğal ya da yapay yağmurlama sistemi ile erozyon hızı belirlemek için kullanılan erozyon parsellerinin hem maliyeti yüksek hem de uygulanması oldukça fazla zaman almaktadır. Oysa ^{137}Cs ile erozyon hızını belirleme tekniğı diğer toprak kaybı yöntemlerine göre daha ekonomik, hızlı ve hassas sonuç veren bir tekniktir (Saç, 2003).
6. Birkaç noktadan örnek alınarak geniş bir alanın erozyon hızı tahmin edilebilir (Saç, 2003).
7. ^{137}Cs tekniğı kullanılırken doğal erozyona ek olarak toprağın işlenmesi sonucu oluşan erozyon da belirlenebilir (Saç, 2003).

2.10.2.3. ^{210}Pb Tekniği

2.10.2.3.1. ^{210}Pb 'un Genel Özellikleri

Periyodik cetvelin IVA grubunda yer alan radyoaktif bir elementtir. Kurşunun atom sayısı 82, kaynama noktası 1740°C ve erime noktası $327,5^{\circ}\text{C}$ 'dir. ^{210}Pb ($t_{1/2}=22,3$ yıl), kurşunun izotopları içinde doğal olarak bulunan, dakika ve saatten daha uzun süre kararlı kalabilen tek radyoaktif izotopudur. ^{210}Pb , ^{222}Rn 'un bozunması sonucu meydana gelmektedir ve zayıf bir beta ($E_{\text{max}}=0,018$ Mev) ve gama ($E_{\gamma}=0,047$ MeV) yayımlayıcıdır.

Doğal bir radyonüklid olan ^{210}Pb ; ^{238}U bozunum serisinin ürünü olarak doğada bulunur (Şekil 2.20.). Uzun yarı ömürlü ^{238}U izotopunun bozunumu sonucunda oluşan ^{226}Ra ($t_{1/2}= 1602$ yıl) sürekli olarak doğada bulunur. ^{226}Ra , toprak ve kayalarda doğal olarak bulunmaktadır. ^{226}Ra 'un radyoaktif bozunumu ile oluşan topraklardaki ^{210}Pb 'a “*dengedeki ^{210}Pb (supported ^{210}Pb)*” denilir ve ^{226}Ra ile aktiviteleri eşittir. Radyum'un bozunum ürünlerinden ^{222}Rn 'nin toprak ve kayalardan difüzyonu ile ^{210}Pb atmosferde serbest kalmakta ve daha sonra kuru ve yaş depozisyon ile yüzey topraklarına geri dönmektedir. Yağışlarla ortamda biriken ^{210}Pb 'u, ^{226}Ra 'nın bozunumu ile meydana gelen ^{210}Pb 'dan ayırt edebilmek için “*denge üstü ^{210}Pb (excess ^{210}Pb ya da unsupported ^{210}Pb)*” ifadesi kullanılmaktadır (Robbins, 1978).



Şekil 2.20. ^{238}U bozunum serisi

2.10.2.3.2. ^{210}Pb 'un Erozyon Hızı Tayininde Kullanılması

Dünyada pek çok alanda toprak erozyonu araştırmalarında kullanılan ^{137}Cs tekniğinin aşağıdaki nedenlerle yetersiz kalmasından dolayı araştırmalarda doğal bir radyonüklidin kullanımına gerek duyulmaktadır:

- ^{137}Cs doğal bir radyonüklid değildir. Nükleer silah denemeleri veya nükleer kazalar (Çernobil gibi) sonucunda atmosfere yayılır. Nükleer silah denemeleri ile meydana gelen depozisyon 1950 ve 1960'lı yıllarda olduğu için envanter radyoaktif yarı ömre bağlı olarak gittikçe azalmaktadır.
- Düşük ^{137}Cs envanter ölçümleri önemli problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle sayım süresinin uzun tutulması gerekir.

- Bu teknik ^{137}Cs 'nin yarı ömrüne bağlı olarak ($t_{1/2}=30,17$ yıl) arazilerdeki orta dönem değişimleri hakkında bilgi verir. ^{137}Cs ile kısa süreli (yıllık, aylık) toprak hareketleri hakkında bilgi edinilemez.
- 1986 yılında Çernobil kazası sonrası açığa çıkan ^{137}Cs akısı ile kontaminasyon söz konusu olmuş ve ^{137}Cs envanteri ile erozyon ve depozisyon hızları arasındaki ilişki karmaşık bir hale gelmiştir. Toplam ^{137}Cs girişini Çernobil sonrası meydana gelen birikim bileşeninden ayırt etmek oldukça güçtür.

Bu nedenle, son yıllarda toprak hareketlerinde izleyici olarak doğal bir radyonüklid olan ^{210}Pb 'un kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

^{210}Pb tekniği ile erozyon hızı tayinleri hem bozulmamış topraklardan hem de tarım yapılan arazilerden örnekler alınarak, bunlar arasında karşılaştırma yapılmasına dayanır.

^{210}Pb 'un atmosferik akısı sabittir, hızla toprak yüzeyine adsorblanır. Bozulmamış toprak örneklerindeki denge üstü ^{210}Pb konsantrasyonu en yüksektir, artan derinlikle birlikte konsantrasyon eksponansiyel olarak azalmaktadır. Bu durum, atmosferden toprak yüzeyine sürekli olarak atmosferik ^{210}Pb akısı olduğunu gösterir. Bu nedenle, her coğrafyada özellikle de ^{137}Cs envanterinin düşük ya da ^{137}Cs 'nin Çernobil kazasında etkilenmiş olduğu alanlarda, izleyici olarak ^{210}Pb ölçümlerinin kullanılması daha uygundur.

^{210}Pb ile toprak erozyonu hızını tayin etmek için kütleli denge modeli olarak adlandırılan bir model kullanılmaktadır. Bu model ^{210}Pb

envanteri, yıllık ^{210}Pb depozisyon akısı, ortalama pulluk derinliğini gösteren kümülatif kütle derinliği ve relaksasyon kütle derinliği gibi bazı parametreleri içermektedir.

Kütlesel denge modeli, referans noktasındaki ^{210}Pb envanterine göre topraktaki ^{210}Pb envanterinin artması ya da azalmasının ölçümünden yararlanarak geliştirilmiştir. Erozyon noktasında ^{210}Pb envanteri düşerken, birikim noktasında artacaktır. Bu durumu tespit edebilmek için çalışma bölgesinde erozyona uğrayan alanlar ile erozyondan korunmuş ve referans olabilecek alanlar belirlenir.

Referans noktasında tayin edilen envantere göre, erozyon noktasında daha düşük, birikim noktasında daha yüksek envanter görülecektir (Zhang, et al., 2006).

2.11. ^{210}Po 'un Genel Özellikleri

Periyodik cetvelin VIA grubunda yer alan radyoaktif bir elementtir. 1868 yılında Marie ve Pierre Curie tarafından bulunmuştur. Polonyumun atom sayısı 84, atom ağırlığı 210, kaynama noktası $962\text{ }^{\circ}\text{C}$, erime noktası $254\text{ }^{\circ}\text{C}$, atom yoğunluğu $9,4\text{ g cm}^{-3}$ tür.

Polonyumun, kütle numarası 197 ile 218 arasında değişen 27 izotopu vardır. Bu izotoplardan biri olan ^{210}Po doğal bir radyonükliddir ve ^{238}U 'in bozunum serisi ürünlerindendir. Polonyum-210, polonyumun diğer izotoplarına göre çok daha kolay elde edilebilir. Yarı ömrü 138,4

gün olan ^{210}Po ; 5,3 MeV enerjili α - tanecikleri yayımlar. Yarı ömrünün kısa olmasına rağmen, uzun yarı ömürlü ana radyonüklidlerden dolayı (^{210}Pb , ^{226}Ra) atmosferde uzun bir süre kalmaktadır. Böylece doğadaki ^{210}Po miktarı büyük ölçüde ^{210}Pb 'un miktarına bağlı olmaktadır. ^{210}Po , radyotoksitesi yüksek olan bir radyoizotoptur ve bu nedenle biyolojik etkileri ^{210}Pb 'a göre daha fazladır (Uğur, 1998). ^{210}Po 'un tek bir bozunumundan açığa çıkan eşdeğer doz oranı ^{210}Pb 'un bozunumundan açığa çıkan dozdan daha fazladır. Atmosferik araştırmalarda ve sualtı jeolojisinde iz element olarak çok sık kullanılmaktadır.

2.12. ^{210}Po 'un Kaynakları

^{210}Po 'un ana kaynağı, dünya kabuğunun yüzey katmanlarından atmosfere radon gazının yayımıdır. ^{238}U ile başlayan uranyum serisindeki radyoizotopların alfa ve beta yayımlayarak bozunumları sonucunda ^{226}Ra ($t_{1/2}=1600$ yıl) oluşur. ^{226}Ra , alfa parçacıkları yayımlayarak asal gaz olan ^{222}Rn 'ye bozunur. ^{222}Rn 'nin ($t_{1/2}=3,82$ gün) atmosferdeki bozunumu ile ^{210}Pb ($t_{1/2}=22,3$ yıl) ve ^{210}Bi ($t_{1/2}=5,01$ gün) meydana gelir. Bu radyonüklidler kısa sürede gaz formundan kurtularak havadaki partiküllere tutunurlar. Atmosferin troposfer katmanında 20-45 gün kalan bu partiküllerin dünya yüzeyine geri dönmesi söz konusudur. Bu durum sadece atmosferin alt katmanlarındaki seviyeler için bu kadar hızlıdır. Doğal ^{210}Po 'un doğadaki bolluğu, atmosferden kara parçalarına veya denizlere geri dönen ^{210}Pb 'un çökmesine bağlıdır. Dünya yüzeyindeki ^{210}Pb 'un ortalama yıllık depozisyonu, doğaya ulaşan ^{210}Po için ortalama bir fikir verebilir (Parfenov, 1974).

Kömür, doğadaki ^{210}Po 'un kaynaklarından bir diğeridir. Kömürün yanmasıyla atmosferde büyük oranda ^{210}Po serbest kalmaktadır. Dolayısıyla, kömür ile işletilen termik santrallere yakın alanlarda doğal radyoaktivite düzeyinin giderek arttığı gözlenmektedir.

^{210}Po 'un diğer doğal kaynaklarından biri uranyum madenleridir. Atmosferde tungsten, molibden, demir ve fosfatlı kayaların bulunduğu alanlarda ^{210}Po düzeyinin yüksek olduğu bulunmuştur.

Petrol kuyularına yakın alanlardaki su rezervlerinde dengedeki ^{210}Po , ^{210}Bi , ^{210}Pb ve ^{226}Ra konsantrasyonu yüksek bulunmuştur.

Sularda bulunan radon, ^{210}Po 'un kaynaklarından biridir.

Havadaki ^{210}Po konsantrasyonu meteorolojik olaylara bağlıdır. Şehirlerdeki ^{210}Po konsantrasyonu yapay kaynakların artmasına bağlı olarak şehir dışındaki alanlardan 1,5-2 kat fazladır (Parfenov, 1974).

2.13. Coğrafi Bilgi Sistemi

Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographical Information Systems), coğrafi konuma dayalı gözlemlerle elde edilen, grafik veya grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Altınbaş vd., 2003).

- Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Desing),
- Bilgisayar Destekli Kartoğrafya (Computer Aided Cartography),

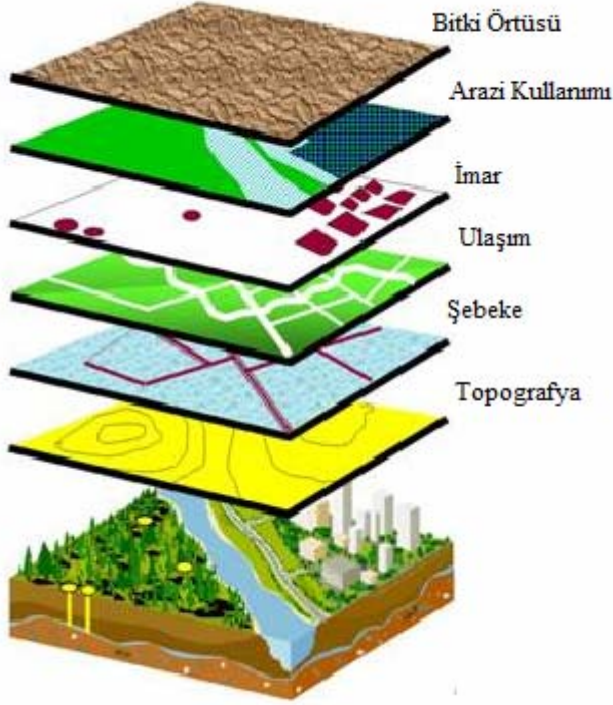
- Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (Data Base Management Systems) ve
- Uzaktan Algılama (Remote Sensing) sistemlerinin bazı özellikleri CBS(Coğrafi Bilgi Sistemi)'nin bünyesinde toplanmıştır.

Ancak CBS'de mevcut olan Coğrafi Analiz bu sistemlerin hiçbirinde yoktur. Özellikle grafik ve grafik-olmayan veri tabanlarının birbiriyle olan etkileşimi kullanıcıya çok yönlü çözümler sunarak CBS'yi diğer klasik sistemlerden farklı kılmaktadır (Yomralıoğlu, 2002).

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), beş temel bileşenden oluşmaktadır.

- ✓ Bilgi sisteminde kullanılan formatlarda ve özelliklerdeki **veriler**,
- ✓ Bilgilerin girilip analiz edileceği ve yazılımın kullanılacağı **donanım**,
- ✓ Coğrafi bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek için gerekli **yazılım**,
- ✓ Karar verme ve sistemi kullanacak uzman **insan kaynağı**,
- ✓ Kullanıcının CBS uygulamalarında aşamaları gerçekleştireceği bir **yöntem** (Altınbaş vd., 2003).

Coğrafi Bilgi Sistemi yeryüzüne ait verileri coğrafi anlamda birbirleriyle ilişkilendirmiş tematik harita katmanları gibi saklar. Ayrıca CBS veritabanında depolanmış veriler kullanılarak, harita üzerindeki detaylara ilişkin yeni bilgiler hesaplanmaktadır (Altınbaş vd., 2003; Yomralıoğlu, 2002).



Şekil 2.21. Gerçek dünya ve harita katman örnekleri (Yomralıoğlu, 2002)

2.13.1. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Toprak Erozyonu ile İlgili Çalışmalar

Nükleer yöntemlerle erozyon hızının belirlenmesi konusunda literatürde birçok çalışma olmasına rağmen, bu çalışmaların çok azında coğrafi bilgi sistemleri kullanılmıştır. Geleneksel yöntemle erozyon miktarının belirlenmesi ve erozyon risk alanlarının saptanmasında ise CBS ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bir kısmı aşağıda yer almaktadır.

Çalışmalarda genellikle iki yaklaşım tercih edilmektedir. Bu yaklaşımlardan ilki USLE, LEAM, MOSES, GLEAMS vb. gibi toprak erozyon miktarı ve riskini belirlemede kullanılan standart yöntemlerin CBS'ye uyarlanmış hali, ikincisi ise CORINE, ICONA gibi doğrudan doğruya coğrafi bilgi sistemleri mantığıyla tasarlanan yöntemlere dayanmaktadır. Ayrıca her iki yöntemin bileşimi olarak karma yöntemleri tercih edenler de bulunmaktadır.

Molnar ve Julien (1998), Mississippi'deki iki ayrı havzada USLE modeli ile raster tabanlı bir CBS kullanarak yüksek alanlardaki erozyonu tahmin etmeye çalışmışlardır. Deneysel bir model çalışması olan bu araştırmaya göre geliştirilen modelin geniş ölçekteki havzalara da uygulanabileceği sonucuna varmışlardır.

Mati ve diğerleri (2000), Kenya'nın yukarı Ewaso Ng'iro havzasında USLE modeli ile CBS kullanarak erozyon hızını değerlendirmişlerdir. USLE modelinde kullanılan yamaç-eğim parametrelerini Araziye Ait Sayısal Yükseklik Modelinden, erozyona yol açan yağış şiddeti bilgilerini enterpolasyonla ve toprakların erozyona uğrayabilme derecelerini ise araziden aldıkları 83 ayrı örneğin laboratuvar analizleri ile elde etmişlerdir.

Jain ve diğerleri (2001), Himalayalarda yaptıkları bir çalışmada, USLE ve Morgan modellerini CBS aracılığıyla karşılaştırmışlar ve USLE'nin Morgan modeline göre daha yüksek değerler verdiğini ancak Morgan modelinin kullanımının daha doğru sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Feoli ve diğerleri (2002), Kuzey Etiyopya'daki çevresel degradasyonun değerlendirilmesi için vejetasyon, jeomorfoloji, toprak ve sosyo-ekonomik faktörleri birleştiren bir CBS yaklaşımını kullanmışlardır.

Bayramin ve diğerleri (2003), Beypazarı'nda ICONA yöntemini kullanarak erozyon riskini belirleyen bir çalışma yürütmüşlerdir. Uygulanan model eğim, jeoloji, arazi kullanımı ve arazi örtüsüne dayanan yedi aşamayı içermektedir. İlk iki aşamada, sayısal yükselti modeli ve sayısal jeoloji haritasından eğim ve kayaçların aşınmaya karşı dirençlilik haritasının karşılaştırılması ile üçüncü aşama olan potansiyel erozyon durum haritasına ulaşılmıştır. Landsat uydu görüntüsünün sınıflandırılması ile elde edilen arazi kullanımı (aşama 4) ve arazi örtüsü (aşama 5) haritaları toprak koruma haritasını (aşama 6) elde etmek için birleştirilmiştir. Çalışmanın son aşamasında toprak koruma haritası ile potansiyel erozyon durum haritası birleştirilerek ICONA erozyon risk haritası oluşturulmuştur.

Lufafa ve diğerleri (2003), Victoria Gölü havzasında CBS tabanlı USLE modelini kullanarak toprak erozyon miktarının tahminine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar çalışma alanındaki erozyon alanının parçalı ve heterojen olması nedeniyle USLE modelindeki parametreleri mikro-havza ölçeğinde tahmin etmeye çalışmışlardır.

Diodato ve Ceccarelli (2004), İtalya'nın güneyinde tipik Akdeniz tarım alanlarında toprak degradasyonunu CBS ve Multivariate indicator Kriging kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda

oluşturulan jeoistatistiksel tahmin haritaları yardımıyla bölgede yapılacak tarımsal faaliyetlerin planlanmasına katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Lu ve diğerleri (2004), Brezilya'da Rondonia bölgesinde RUSLE modeli temelli CBS ve uzaktan algılama tekniklerini kullanarak erozyon haritalamasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, ormanlık alanların tarım alanlarına göre daha az erozyon riskine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Fu ve diğerleri (2005), Çin'deki Loess platosunda RUSLE ve CBS kullanarak erozyon risk analizi yapmışlardır. Bu çalışmada, kullanılan havzanın çok geniş olması önerilen modelin her ölçekte kullanılabileceğini göstermektedir.

Kim ve diğerleri (2005), Orta Amerika'daki Rio Lempa havzasında USLE ve CBS entegrasyonuna dayalı bir erozyon değerlendirmesi yapmışlardır. Toplam erozyon tahmini çok dik yamaçlarda yapılan tarım topraklarında, daha az eğime sahip tarımsal alanlara göre daha düşük değerde çıkmıştır.

Navas ve diğerleri (2005), İspanya Aragon'da ^{137}Cs ve CBS kullanarak toprak erozyonunu değerlendirmişlerdir. Buna göre yoğun bitki örtüsü ile kaplı olan alanlarda erozyon miktarı düşük, vadi alt kesimlerinde ise yüksek bulunmuştur.

Fu ve diğerleri (2006), Pataha havzasında CBS yardımıyla RUSLE ve SEDD yöntemlerini kullanarak erozyon miktarını belirlemeye

çalışmışlardır. Çalışma sonucuna göre tarımsal alanlarda gözlenen erozyon miktarının, havzanın diğer kesimlerine göre daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır.

Tangestani (2006), İran'daki Fars ilinde CBS yardımıyla EPM ve PSIAC modellerini toprak erozyon miktarını belirlemeye yönelik olarak karşılaştırmıştır. Yarı kurak iklim koşullarının egemen olduğu çalışma alanında EPM modelinin PSIAC modeline göre daha az güvenilir sonuçlar verdiğini saptamıştır.

Baigorria ve Romero (2007), ise Peru And dağlarında erozyon riski yüksek noktaların tespitinde CBS yardımıyla WEPP modelini kullanmışlardır.

İrvem ve diğerleri (2007), Seyhan havzasında toprak erozyonun mekansal dağılımının tahminine yönelik olarak USLE yöntemini kullanmışlardır. USLE modelinden elde ettikleri parametreleri CBS yardımıyla haritalamışlardır. Çalışma sonucunda havzanın %96'sının yüksek derecede erozyon riski taşıdığını ve yıllık ortalama toprak kaybı miktarının $16,38 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ olduğunu belirtmişlerdir.

Mabit ve diğerleri (2007), Kanada Boyer nehri havzasında ^{137}Cs yardımıyla erozyon miktarının belirlenmesi ile ilgili yürüttükleri çalışmada CBS'yi örnek yeri belirleme amaçlı olarak kullanmışlardır. Buna göre havzayı her biri kendine özgü toprak tipi/yamaç kombinasyonuna sahip altı sektöre ayırmışlar ve her sektörden ^{137}Cs örneği almışlardır.

Tombuş ve Uzulu (2007), Çorum’da uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak erozyon riskini belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmada CORINE ve ICONA yöntemlerinin yanı sıra AHP (analytic hierarchical process) yeni bir yaklaşım olarak denenmiştir. Buna göre çalışma alanının %7’sinde çok az, %13’ünde az, %20’sinde orta, %27’sinde yüksek, %33’ünde çok yüksek düzeyde erozyon riski belirlenmiştir.

Özcan ve diğerleri (2007), Çankırı İndağında farklı arazi kullanım tipleri üzerinde CBS tabanlı USLE modeli ile jeoistatistiksel teknikleri birleştiren bir erozyon tahmin çalışması yapmışlardır. Çalışmada, en düşük erozyon riski ormanlık alanlarda, en yüksek erozyon riski ise tarım alanlarında gözlenmiştir.

Shamshad ve diğerleri (2008), şiddetli yağış ve yağışın süresini esas alan RUSLE EI₃₀ yöntemi kullanarak Malezya’da Pulau Penang’da erozyon risk haritası oluşturmuşlardır. İndeksleri hesapladıktan sonra sonuçları ArcView CBS yazılımı ile haritalamışlar ve çalışma alanında 9000 ile 14000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ yıl⁻¹ gibi bir değer bulmuşlardır.

2.14. ²¹⁰Pb Tekniği İle Toprak Erozyonu Hızını Belirlemek İçin Kullanılacak Matematiksel Model

²¹⁰Pb ile toprak erozyonu hızını tayin etmek için Walling ve arkadaşları tarafından geliştirilen kütleli denge modeli olarak adlandırılan bir model kullanılmaktadır. Bu model ²¹⁰Pb envanteri, yıllık

^{210}Pb depozisyon akısı, ortalama pulluk derinliğini gösteren kümülatif kütle derinliği ve relaksasyon kütle derinliği gibi bazı parametreleri içermektedir. Kütlesel denge modeli, referans noktasındaki ^{210}Pb envanterine göre topraktaki ^{210}Pb envanterinin artması ya da azalmasının ölçümünden yararlanarak geliştirilmiştir. Erozyon noktasında ^{210}Pb envanteri düşerken, birikim noktasında artacaktır. Bu durumu tespit edebilmek için çalışma bölgesinde erozyona uğrayan alanlar ile erozyondan korunmuş ve referans olabilecek alanlar belirlenir.

$$\frac{dA(t)}{dt} = (1 - \Gamma)I(t) - \left(\lambda + P \frac{R}{D} \right) A(t) \quad (1)$$

Denklemin sağ tarafındaki ilk terim atmosferik ^{210}Pb serpintisinin birikimini, ikinci terim ise su erozyonu ve radyoaktif bozunum ile ilgili kaybı göstermektedir (Walling and He, 1999; Walling et al., 2003).

Denklemden yer alan parametreler;

- $A(t) = ^{210}\text{Pb}$ envanteri (Bq m^{-2})
- $I(t) =$ Serpinti ^{210}Pb 'un yıllık depozisyon akısı ($\text{Bq m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$)
- $\lambda = ^{210}\text{Pb}$ 'un bozunum sabiti (yıl^{-1})
- $P =$ Tanecik boyutu düzeltme faktörü
- $R =$ Erozyon hızı ($\text{kg m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$)
- $D =$ Ortalama pulluk derinliğini gösteren kümülatif kütle derinliği (kg m^{-2})
- $\Gamma =$ Pulluk tabakası içine karışmadan önce erozyon yoluyla uzaklaşan yeni depoze olmuş ^{210}Pb serpintisinin kesri

Γ ile ifade edilen pulluk tabakası içine karışmadan önce erozyon yoluyla uzaklaşan yeni depoze olmuş ^{210}Pb serpintisi kesri, aşağıda belirtilen bağıntı ile hesaplanır.

$$\Gamma = P \cdot \gamma \left(I - e^{-\Delta t \cdot R / H} \right) \quad (2)$$

- P = Tanecik boyutu düzeltme faktörü
- γ = Tarım zamanına ve yerel yağış rejimine bağlı parametre
- $I(t)$ = Serpinti ^{210}Pb 'un yıllık depozisyon akısı ($\text{Bq m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$)
- Δt = Geçen zaman (yıl)
- R = Erozyon hızı ($\text{kg m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$)
- H = Relaksasyon kütle derinliği (kg m^{-2})

R erozyon hızı (1) ve (2) nolu denklemlerin çözümünden,

$$R = \frac{I - \lambda A}{AH + \gamma ID} \frac{DH}{P \Delta t} \quad (3)$$

denklemleri ile hesaplanır.

♦ ^{210}Pb 'un bozunum sabiti (λ):

Radyoaktif nüklidler belli bir oranda parçalanır veya bozunurlar. Bu olay atom sayısı ve bozunum sabiti (λ) ile bağlantılıdır.

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \quad (4)$$

(4) eşitliğinin her iki tarafının $t=0$ anından belli bir t zamanına kadar integralinin alınması ile aşağıdaki denklem

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t} \quad (5)$$

elde edilir.

Burada

N_0 = t_0 anındaki atom sayısı

N_t = t anındaki atom sayısıdır.

Bu eşitlikten yararlanarak orijinal atom sayısının yarısının bozulduğu varsayıldığında, λ bozunum sabiti

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{T_{1/2}} \quad (6)$$

Radyonüklid yarı ömrüne bağlı olarak denklem (6) daki gibi bulunur.

◆ ^{210}Pb 'un yıllık depozisyon akısı (I):

^{210}Pb 'un yıllık akısı referans bölgesinde yapılan ölçümlerden elde edilecek olan ^{210}Pb envanteri ve ^{210}Pb 'un yıllık bozunum sabiti değerlerinin aşağıdaki denklemde yerine konulması ile hesaplanır.

$$I (\text{Bq m}^{-2} \text{y}^{-1}) = A_{\text{ref}} (\text{Bq m}^{-2}) \times \lambda (\text{y}^{-1}) \quad (7)$$

◆ *Relaksasyon kütle derinliği (H):*

Referans olarak seçilen alandan alınan toprak profilinde ^{210}Pb envanteri derinliğe bağlı olarak üstel olarak azalım gösterecektir. Bu değişim relaksasyon kütle derinliği olarak ifade edilir. Bu dağılım ^{210}Pb 'un toprak partikülleri ile etkileşimine, bölgenin yağış rejimine ve

toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak şekillenir. Walling bu dağılım için,

$$A(x) = A(0)e^{-\frac{x}{h_0}} \quad (8)$$

denklemini geliştirmiştir.

Logaritması alındığında ise denklem,

$$\ln A(x) = \ln A(0) - \frac{x}{h_0} \quad (9)$$

şeklini almaktadır. Burada;

A: Aktivite konsantrasyonunu

x: Kütle derinliğini ifade etmektedir.

(9) denklemini doğru denklemi olarak ifade etmek gerekirse denklem

$$y=ax+b \quad (10)$$

ifadesini alır.

$\ln A(x)$ ile kütle derinliği grafiğinden relaksasyon kütle derinliği,

$$h=-(1/a) \quad (11)$$

olarak, A_0 ise

$$A_0=e^b \quad (12)$$

olarak tanımlanır.

♦ *Radyoaktif Madde Envanteri (A):*

^{210}Pb envanteri, ^{210}Pb konsantrasyonuna, toprağın özgül ağırlığına ve alınan toprak örneklerinin derinliğine bağlıdır. Aşağıdaki denklem ile ifade edilir.

$$A = \sum \rho q d \quad (13)$$

Burada;

$$A = {}^{210}\text{Pb} \text{ envanteri (Bq m}^{-2}\text{)}$$

$$\rho = \text{Birim hacimdeki toprak ağırlığı (kg m}^{-3}\text{)}$$

$$q = {}^{210}\text{Pb} \text{ Konsantrasyonu (Bq kg}^{-1}\text{)}$$

$$d = \text{Derinlik (m)'dir.}$$

♦ *Ortalama Pulluk Derinliğini Gösteren Kümülatif Kütle Derinliği (D):*

Kümülatif kütle derinliği birim aralıkta bulunan toprak miktarlarının toplanması ile elde edilir. Yoğunluğu bulunan toprak örneklerinin alındığı aralıklar ile çarpımından çıkan yüzey alandaki kütle miktarları (kg m^{-2}) toplamıdır. Toprak koru boyunca kümülatif kütle derinliği, ${}^{226}\text{Ra}$ ile ${}^{210}\text{Pb}$ aktivitelerinin eşit olduğu derinliğe kadar olan birim yüzeye düşen kütle miktarlarının toplamıdır.

♦ *Tanecik boyutu düzeltme faktörü (P):*

Hareket eden toprağın yüzey alanın, toprağın yüzey alanına oranıdır. Dolayısı ile P faktörü genel olarak birden büyüktür. P değerinin bulunması için toprak örneğinin yüzey alanının yani toprak partiküllerinin boyutlarının bulunması gerekmektedir.

He ve Walling tarafından 1996 yılında yapılan bir çalışmada yüzey alanı ile radyoaktivite absorpsiyonu arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan çalışmaya göre yüzey alanın artımı ile radyoaktivite

absorpsiyonunun da arttığı saptanmıştır ve denge üstü ^{210}Pb konsantrasyonu;

$$C_n(S_{sp}) = \mu_n S_{sp} \quad (6)$$

denklemleri ile ifade edilmiştir.

Bu denklemde,

$C_n = ^{210}\text{Pb}$ konsantrasyonu

S_{sp} = Toprağın spesifik yüzey alanı

μ_n = sabit'tir.

Tanecik boyutu düzeltme faktörü değeri (P), hareket eden toprak örneğinde tayin edilen ^{210}Pb aktivite konsantrasyonunun, orijinal toprağın aktivite konsantrasyonuna oranından hesaplanmaktadır.

♦ *Tarım zamanına ve yerel yağış rejimine bağlı parametre (γ):*

γ parametresi lokal yağış rejimi ve tarım zamanına bağlıdır. Genel olarak örnek toplama zamanına kadar yağın yağış miktarının yıllık yağış miktarına oranından hesaplanmaktadır (Walling, 1999). Eğer yılda bir seferlik yoğun yağmur oluyor ve bu yağmurdan önce tarım yapılıyor ise toprak üstünde bulunan denge üstü ^{210}Pb envanteri yağmur ile hareket edeceği için γ parametresi 1 olarak alınabilir (Walling, 1999).

2.15. Literatür Listesi

Ritchie ve diğerleri tarafından 1974 yılında yapılan bir çalışmada, ^{137}Cs yüzde kaybı ve USLE'den elde edilen toprak kaybı arasında pozitif bir korelasyon olduğu saptanmıştır (Ritchie & McHenry, 1990).

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)'nın ve FAO'nun 17-21 Ekim 1994 tarihleri arasında, Viyana'da düzenlediği “Nuclear Techniques in Soil-Plant Studies for Sustainable Agriculture and Environmental Preservation” konulu sempozyumda toprak erozyonu araştırmalarına yönelik yapılan çalışmalara geniş yer verilmiştir. Walling ve Quine yaptıkları çalışmalarda “*Toprak Erozyonunun Araştırılmasında Fallout (atmosferik yağış) Radyonüklidlerin Ölçümlerinin Kullanılabilirliğini*” incelemişlerdir (IAEA-SM-1999).

Walling ve Quine (1990), He ve Walling (1997), Collins ve diğerleri (2001)'de toprak erozyonunu ve birikimini tahmin etmek için ^{137}Cs ölçümlerinin kullanıldığı teorik modeller ile bir çok deneysel ilişkileri tartışmış ve anlatmışlardır.

Chappell ve diğerleri (1998), çalışmalarında güneydoğu Niger bölgesinde, Bouhlassa ve diğerleri (2000) Fas'ın kuzeyinde, Collins ve diğerleri (2001) güney Zambia'da, Noura ve diğerleri (2003) Casablanca'da toprak erozyonunu hızını belirlemek için ^{137}Cs tekniğini kullanmışlardır.

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)'nın ve FAO'nun 4-8 Ekim 1999 tarihleri arasında Barcelona (İspanya)'da düzenlediği “Assessment of Soil Erosion Through the Use of ^{137}Cs and Related Techniques as a Basis for Soil Conservation, Sustainable Agricultural Production and Environmental Protection” ve “Sediment Assessment Studies by Environmental Radionuclides and Their Application to Soil Conservation Measures” konulu 3. araştırma kordinasyon toplantısı ile ilgili raporda Bujan vd. Arjantin’de, Theocharopoulos vd. Yunanistan’da toprak erozyonu hızını ^{137}Cs tekniği ile tayin etmişlerdir.

Amerika’da yapılan bir başka çalışmada ise toprak erozyon hızının tayininin, toprak verimliliğini etkileyen topraktaki organik karbon değişiminin değerlendirilmesi açısından önemli bir faktör olduğu sonucuna varılmıştır (Ritchie et al., 1999).

Uğur ve diğerleri tarafından 2003 yılında Muğla Yatağan Havzası’nda uygulanan TÜBİTAK Projesi kapsamında Yatağan ve Ürnez tepelerinde toprak erozyon hızları USLE yöntemi ile sırasıyla 28,6 ve 45,6 t ha⁻¹ y⁻¹ olarak bulunurken ^{137}Cs yöntemi ile 36,37 ve 47,44 t ha⁻¹ y⁻¹ olarak hesaplamışlardır. USLE ve ^{137}Cs tekniği ile bulunan erozyon hızları arasında pozitif bir korelasyon saptanmıştır (Uğur vd., 2003; 2004).

18-21 Ekim 2004 tarihleri arasında, Çin’de düzenlenen “The Ninth International Symposium on River Sedimentation” konulu sempozyum kapsamında, Walling, İngiltere’deki tarım topraklarında ^{137}Cs , denge üstü ^{210}Pb ve ^7Be aktivitelerini tayin etmiş ve envanterleri sırasıyla 2470 Bq

m^{-2} , 4930 Bq m^{-2} ve 291 Bq m^{-2} olarak hesaplamıştır (Walling, D.E., 2004).

Yumurtacı (2004), Gediz havzası tarım alanlarından alınan toprak örneklerinde ^{137}Cs konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimlerini incelemiştir. Seçilen alanlardaki toprak kayıpları Orantılı Model ve Basitleştirilmiş Kütlesel Denge Modeli kullanılarak belirlenmiştir. Her iki model ile elde edilen sonuçların birbiri ile uyum içinde olduğu gözlenmiştir.

Belyaev ve diğerleri (2005), yaptıkları bir çalışmada Rusya’da tarıma elverişli geniş alanlarda toprağın yeniden dağılımını değerlendirmek amacıyla uyguladıkları yöntemlerde üç farklı yaklaşım kullanmışlardır; (i) direk gözlem, (ii) ^{137}Cs tekniği, (iii) Rusya koşullarına göre değiştirilen USLE modelinin uygulaması. Çalışmada elde edilen sonuçlardan, ^{137}Cs tekniğinin uygulanan diğer yöntemlere göre daha hassas olduğu görülmüştür.

Erozyon çalışmalarında ^{137}Cs kullanımı 1960’larda başladığı için literatürde bu konuda çok sayıda rapor bulunmaktadır. Buna karşın ^{210}Pb kullanımı 1990’lardan sonra gerçekleştiği için yayın sayısı daha kısıtlıdır.

Walling ve diğerleri 1995 yılında İngiltere’de, toprak erozyon hızı tayinlerinde ^{137}Cs ile birlikte ^{210}Pb kullanmışlardır. Ortalama toprak erozyon hızı ^{137}Cs ile $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ bulunurken, ^{210}Pb ile $15 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ olarak tayin edilmiştir.

Wallbrink ve Murray tarafından 1996 yılında St. Helen, Tasmania'da (Avustralya) dört bölgede yapılan ölçümlerde denge üstü ^{210}Pb envanterinin $520 \pm 110 \text{ Bq m}^{-2}$ – $1820 \pm 240 \text{ Bq m}^{-2}$ arasında değiştiği bulunmuştur. 1. ve 4. bölge, referans alanları olmak üzere; 2. ve 3. bölgedeki toprak kayıpları sırasıyla $440 \pm 55 \text{ t ha}^{-1}$ ve $190 \pm 55 \text{ t ha}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Li ve diğerleri Çin'de yaptıkları bir çalışmada toprak erozyonunu hesaplamak için ^{137}Cs ile birlikte ^{210}Pb 'u kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlardan, tarım yapılan alanlardaki ^{137}Cs aktivitelerinin seviyelerinin orman, funda ve çimle kaplı tarım yapılmayan alanlara göre çok daha az bulunduğu ve ^{210}Pb envanteri ile $^{210}\text{Pb}/^{137}\text{Cs}$ oranlarının eğim boyunca azaldığı görülmektedir (Report on the first research co-ordination meeting of the co-ordinated research programmes, IAEA, 11-15 November 1996).

He ve Walling tarafından 1997 yılında İngiltere'de River Start ve Jackmoor'da yapılan çalışmada bozunmamış tarım topraklardaki denge üstü ^{210}Pb envanteri sırasıyla 5200 Bq m^{-2} - 3050 Bq m^{-2} , tarım yapılan alanlarda ise 4500 Bq m^{-2} - 2950 Bq m^{-2} olarak bulunmuştur. Toprak korlarındaki ^{210}Pb konsantrasyonu, yüzeyde en yüksek bulunurken; derinliğin artması ile konsantrasyonun azaldığı görülmüştür. Çalışmada, toprak erozyon hızı ^{137}Cs verileri ile $0,04 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olarak bulunurken; ^{210}Pb verileri ile $0,03 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

Walling ve He 1999 yılında yaptıkları bir çalışmada tarım yapılan topraklarda suyla oluşan erozyon hızını hesaplamak için ^{210}Pb

kullanımını araştırmışlardır. Toprak korları İngiltere Devon'da dağılmamış ve tarım yapılan topraklardan alınmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar erozyon araştırmalarında ^{210}Pb 'un kullanılabileceğini göstermiştir. Erozyona uğramış alanlar için ortalama erozyon hızı $19,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ ve birikim alanları için ortalama birikim hızı $22,1 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Tüm alanlardaki net erozyon hızı $4,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ olarak tayin edilmiştir.

Graustein ve Turekian (1986), Cornett ve diğerleri (1984) ve Evans ve diğerleri (1984) Kanada'da yaptıkları çalışmalarda ortalama ^{210}Pb envanterini sırasıyla 4330 Bq m^{-2} , 4376 Bq m^{-2} ve 5258 Bq m^{-2} olarak hesaplamışlardır (Milton et al., 2001).

Milton ve diğerleri tarafından 2001 yılında Güney Ontario (Kanada) bölgesinde üç ayrı alanda yapılan çalışmada denge üstü ^{210}Pb envanterleri sırasıyla 3350 Bq m^{-2} , 3380 Bq m^{-2} ve 4370 Bq m^{-2} olarak tayin edilmiştir.

Walling ve diğerleri (2003), Afrika çevresinde erozyon ve birikim hızlarını belirlemek için ^{210}Pb 'u kullanmışlardır. Örneklerdeki toplam ^{210}Pb ve ^{226}Ra konsantrasyonları n-tipi HPGe dedektörünün kullanıldığı gama spektrometresi ile ^{210}Pb 'un $46,5 \text{ keV}$ 'lik ve ^{226}Ra 'nın kısa yarı ömürlü ürünü ^{214}Pb 'ün $351,9 \text{ keV}$ 'lik gama ışını kullanılarak ölçülmüştür. Çalışma alanı için denge üstü ^{210}Pb referans envanteri $2670 \pm 402 \text{ Bq m}^{-2}$ olarak bulunmuştur. Bu referans envanteri yıllık atmosferik ^{210}Pb birikim hızının yaklaşık $83 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olduğunu göstermektedir. Bu

değer, denge üstü ^{210}Pb 'un yıllık birikim akısı için Appleby ve Oldfield (1992) tarafından bildirilen $50\text{-}150\text{ Bq m}^{-2}\text{ y}^{-1}$ değerleri ile tutarlıdır.

Ülkemizde erozyon hızı tayininde ^{210}Pb 'un kullanılabilirliğinin araştırıldığı ilk çalışma, Öztürk (2005) tarafından yapılmıştır. Denge üstü ^{210}Pb envanteri referans bölgesinde 3525 Bq m^{-2} , depozisyon bölgesinde 4874 Bq m^{-2} ve erozyon bölgesinde 2732 Bq m^{-2} olarak hesaplanmıştır.

Likuku ve diğerleri (2006), İngiltere'de bozkır ve ormanlık alanlardaki topraklarda ^{210}Pb ve ^{137}Cs envanterlerini incelemiştir. Ortalama ^{137}Cs envanteri, bozkır alanlardan alınan topraklarda $1580\pm 310\text{ Bq m}^{-2}$, ormanlık alanlarda ise $2510\pm 510\text{ Bq m}^{-2}$ olarak tayin etmişlerdir. Ortalama ^{210}Pb envanterini ise, bozkır alanlarda $2520\pm 270\text{ Bq m}^{-2}$; ormanlık alanlarda $3630\pm 380\text{ Bq m}^{-2}$ olarak bulmuşlardır. Ormanlık alanlardaki topraklarda tayin edilen ^{210}Pb ve ^{137}Cs envanterlerindeki artışın; sürüklenme, yerçekimine bağlı çökme ve dökülen yaprakların altında toplanan aerosollerden kaynaklandığını göstermişlerdir.

Porto ve diğerleri (2006), İtalya'nın güneyinde yer alan üç havzada toprak erozyonunu tayin etmek için ^{210}Pb ölçümlerinden yararlanmışlardır. Çalışma alanında, ^{210}Pb ve ^{137}Cs ölçümleri kullanılarak elde edilen net erozyon hızı sonuçları karşılaştırılmış ve sonuçların biribiri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Mabit ve diğerleri (2008b), tarım yapılan alanlarda toprak erozyonunu tayin etmek için kullanılan ^{137}Cs , ^{210}Pb ve ^7Be

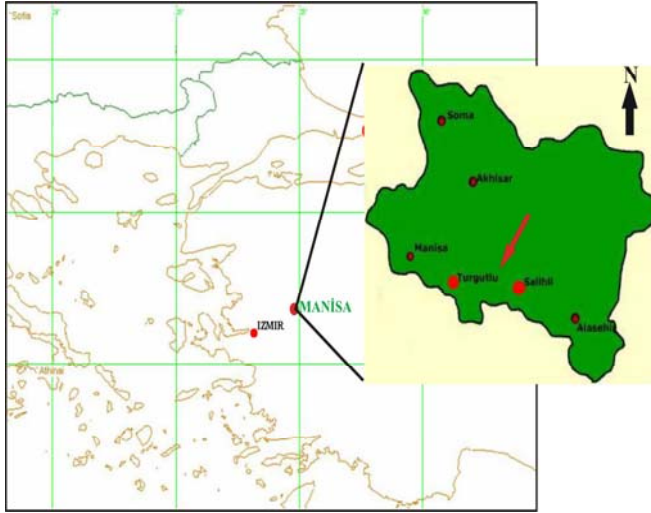
radyonüklidlerinin avantajları ve sınırlamaları hakkında bilgi vermişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Gediz Havzası'nın Coğrafi Konumu

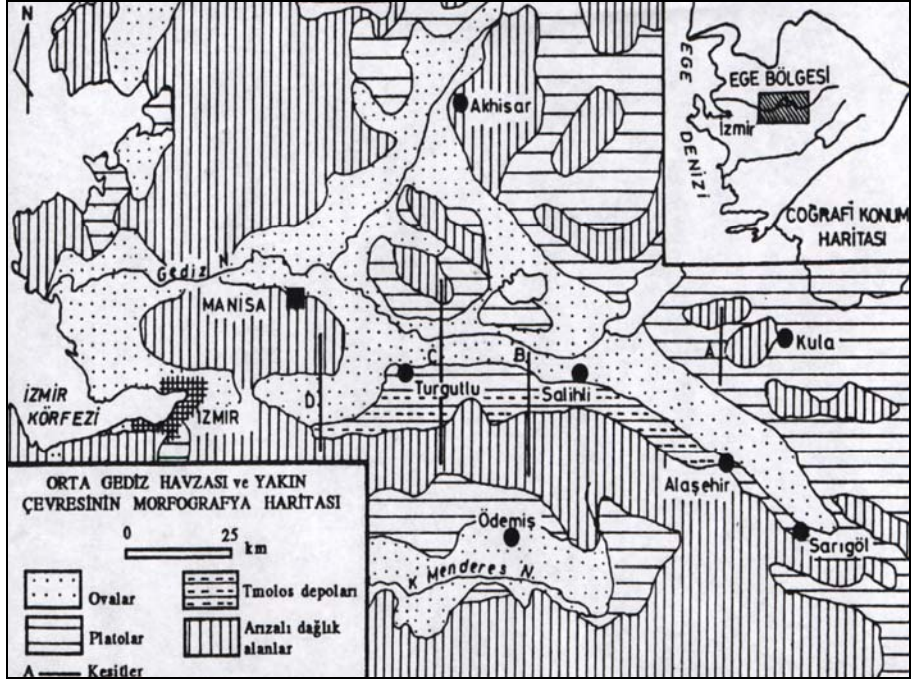
Gediz Havzası, Türkiye'nin batısında bulunan 4 adet büyük nehir havzasından biridir. 1 721 895 ha ile Türkiye yüzölçümünün % 2,2' sini oluşturur. Havza coğrafi bakımdan 38° 04' – 39° 13' kuzey enlemleri ile 26° 42' – 29° 45' doğu boylamları arasında yer alır. Havzanın batısında Ege Denizi, kuzeyinde Bakırçay Havzası ile Susurluk Havzası, doğusunda Sakarya Havzası ile Büyük Menderes Havzası, güneyinde ise Küçük Menderes ve Büyük Menderes Havzaları bulunmaktadır (Topraksu Genel Müdürlüğü, 1974).

Araştırmada Orta Gediz Havzası'nda 38° 15'- 38° 40' kuzey enlemleri ile 27° 30' – 28° 45' doğu boylamları arasında kalan 99 981 hektarlık bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Çalışma bölgesi

Çalışma alanı güneyde yüksek platoludur. Eğimli yamaçlarla Turgutlu ve Salihli yerleşmelerinin de üzerinde bulunduğu az eğimli ve alçak Tmolos depolarına inmekte ve oradan da Gediz aluviyal ovasına ulaşmaktadır. Çalışmanın yapıldığı Orta Gediz Havzası'nın ve yakın çevresinin morfografya haritası Şekil 3.2.' de verilmiştir (Mutluer, 1997).



Şekil 3.2. Orta Gediz Havzası ve yakın çevresinin morfografiya haritası

Gediz Havzası, ülkemizin en verimli ve önemli tarım alanlarından biridir. Ancak bölgede eğim dağılımı incelendiğinde havza oldukça engebeli olduğundan su erozyonu etkisi fazladır. Havzada % 12'ye kadar eğime sahip arazilerin oranı % 36,52; % 12'den fazla eğime sahip olan arazilerin oranı % 63,48; düz ve düze yakın arazilerin oranı ise % 16,25'tir.

Çizelge 3.1. Gediz Havzası eğim derecesi ve topraklara oranı
(www.khgm.gov.tr)

Eğim Derecesi	Topraklara oranı (%)
Düz, düze yakın (%0-2)	16,25
Hafif eğimli (%2-6)	5,55
Orta eğimli (%6-12)	14,72
Dik eğimli (%12-20)	23,29
Çok dik eğimli (%20-30)	30,80
Sarp – çok sarp (>%30)	7,42

Çalışma alanı Akdeniz iklim koşullarının etkisi altındadır. Doğu-batı yönündeki dağlar nedeniyle hava kütleleri iç kısımları yeteri kadar etki altında tutamadığı için havzada yer yer önemli bölgesel farklılıklar gösteren iklimlere rastlanmaktadır. Havzadaki meteoroloji istasyonlarının gözlemlerine göre yıllık toplam yağış 450-1060 mm arasında değişmektedir. Havzanın yıllık yağış ortalaması 603 mm'dir.

Toprak derinliği eğimle birlikte işlemeli tarımı kısıtlayan en önemli etkidir. Orta ve daha derin topraklar her türlü tarıma elverişlidir. Sığ (20-50 cm) topraklar ise bazı tür bitkilerin yetiştirilmesinde kullanılabilir. Çok sığ topraklar ise işlemeli tarımda kullanılamaz. Gediz havzası topraklarında görülen diğer bir problem yetersiz toprak derinliğidir. Havza topraklarının %14,21'i derin, %4,29'u orta derin, %13,67'si sığ, %20,76'sı çok sığ ve %1,23'ünün ise lithozolik olduğu tespit edilmiştir.

Gediz Havzası'nda yapılan toprak etüdleri sırasında tespit edilmiş 14 büyük toprak grubu vardır (Çizelge 3.2.). Havzada en geniş alanı kaplayan kireçsiz kahverengi orman toprakları havzanın %28,27'sini kaplamaktadır. Kireçsiz kahverengi orman topraklarının profilinde serbest CaCO_3 'a hiç rastlanmaz ya da çok az görülür. Bu nedenle kireçsiz topraklardır.

Çizelge 3.2. Gediz Havzası büyük toprak grupları

Büyük Toprak Grubu	Alan (ha)	%
Alüvyal	177230,655	10,33
Kestanerengi	33170,809	1,93
Kırmızımsı Kestanerengi	1876,179	0,11
Kırmızı Kahverengi Akdeniz	46992,736	2,74
Kolüvyal	100598,385	5,87
Regosol	54037,472	3,15
Kahverengi Orman	301332,384	17,57
Kireçsiz Kahverengi Orman	484972,184	28,27
Rendzina	165219,783	9,63
Alüvyal Sahil Bataklıkları	2244,307	0,13
Kırmızı Akdeniz	69577,891	4,06
Kireçsiz Kahverengi	221770,434	12,93
Vertisol	51,142	0,00
Yüksek Dağ-Çayır	1954,256	0,11
Diğer	54175,443	3,16
TOPLAM	1715204,060	100,00

Çalışma alanını, kireçsiz kahverengi orman toprakları (N), rendzina toprakları (R) ve regosol topraklar (L) oluşturmaktadır. Bu toprak gruplarına ait genel özellikler aşağıda belirtilmiştir.

Kargın ve Beştepeler örnek alanlarındaki topraklar; rendzina topraklarını, Caferbey ve Kabazlı tarım yapılmayan örnek alanlarındaki topraklar ise kireçsiz kahverengi orman topraklarını oluşturmaktadır. Caferbey tarım yapılan alandan alınan toprak örnekleri regosol özellik göstermektedir.

Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları (N)

A (B) C profiline sahip topraklardır. A horizonu iyi gelişmiş gözenekli yapı gösterir. A horizonundaki organik madde genellikle asit karakterine sahip olup mineral kısımdan ayrı veya çok az bir karışma gösterir. Bu büyük toprak grubunun oluşumunda rol oynayan olaylar zayıf podsollaşma ve kalsifikasyondur.

(B) horizonu zayıf gelişmiş olup kahverengi veya koyu kahverenginde granüller veya yuvarlak köşeli blok yapılarıdır. (B) horizonunda kil birikmesi yok veya çok azdır. (B) horizonun baz saturasyonu ortadan yavaşa kadar değişir (%60'dan az). Profilin aşağılarına doğru gidildikçe pH 6,0'dan daha düşüktür. Silikat killeri Kaolin veya İllit grubundandır. Horizon sınırları geçişlidir. Derinlikleri normal olarak 40-70 cm arasındadır.

Doğal bitki örtüsü esas olarak yaprağını döken orman ağaçlarıdır. Bu topraklar ılıman yağışlıdan ılıman az yağışlıya kadar değişen iklim kuşaklarından oluşabilirler. Yıllık ortalama yağış 500–750 mm'dir. Ana madde Miosen ve Pliyosen'e ait kumlu kil taşı, kireçli, kumlu, killi veya çakıllı depozitlerden ibarettir.

Rendzina Toprakları (R)

İntrazonal topraklar sırasının kalsimorfik topraklar alt sırasına dahil olması nedeniyle bütün özelliklerini yüksek derecede kirece sahip ana maddeden alır. Etrafındaki zonal topraklara nazaran horizonlar çok zayıftır ve AC profilli olup rendzina'lar siyah veya esmer renkli olabilirler. Podsol kuşağından çöle kadar değişen iklim koşulları altında oluşan rendzinaların yayıldıkları bölgelerde iklim soğuktan sıcağa nemliden yarı kurak iklime kadar değişiklik gösterebilir. Yıllık ortalama yağış 500-750 mm'dir.

A horizonu ince olup granüller yapıda, koyu renkte ve bazik reaksiyondadır. Bazik olmadığında nötrdür. Organik madde zengin kalker sebebiyle mineral madde ile iyice karışmıştır. Organik madde miktarı ve toprak derinliği, kalkerli materyal üzerinde teşekkül etmiştir ve litosol ve regosol'lerden fazladır. CaCO_3 bütün profile dağılmış durumdadır. Baz saturasyonu bütün profilde yüksektir. Doğal bitki örtüsü ot, çayır ve çalı-fundadır. Ana madde kalker, dolomit, marn ve tebeşirdir.

Regosol Topraklar (L)

Bütün karakterlerini diğer oluşum faktörlerinden ziyade esas olarak ana materyalden alır. Azonal toprak sırasına dahil olup (A) C profillidirler. Renkleri kahverengi, gri-kahverengi arasında değişir.

Bu topraklar kalkerli veya kalkersiz kumullardan oluşan kaba bünyeli veya yumuşak sedimentlerden ya da bağımsız sertleşmiş

depozitlerden ibarettir. A horizonu esas olarak mineraldir. Zayıf gelişmiş sığ veya derin olup C horizonuna açıkça bir geçiş yapmaz ve aynı zamanda taşlılık göstermez.

Regosoller bütün iklimlerde oluşabilir. Genel olarak bu topraklar yüksek geçirgenlik ve düşük su tutma kapasitelerinden dolayı çevrenin iklimi ne olursa olsun fizyografik kurudurlar. Daha çok kum yığınlarında lözler, volkanik kül ve meyilli buzul birikintileri üzerinde görülürler. Regosol topraklar; rüzgar, su ve diğer çevresel faktörlerin etkisiyle taşınan, taş içermeyen, genellikle derin, sert olmayan yumuşak mineral yığıntılar üzerinde oluşurlar.

3.2. Referans Bölge Seçimi

^{210}Pb ile erozyon hızını başarılı bir şekilde tayin etmek için çalışma bölgesini temsil eden referans noktalarının seçimi çok önemlidir. Çünkü, referans noktasından tayin edilecek olan envanter ile ^{210}Pb akısı belirlenmektedir. Ayrıca, referans noktasından elde edilen envanter değeri ile aşınım ve birikim noktalarındaki envanter değerleri karşılaştırılmaktadır.

Referans bölge seçimi aşağıdaki prensiplere uygun olarak yapılmalıdır:

✓ İdeal referans alanı, ne toprak kaybı ne de toprak birikimine sahip olmalıdır,

- ✓ Referans bölge mümkün olduğunca örneklerin toplanacağı araziye yakın olmalıdır,
- ✓ Tarım yapılmayan ve eğimi en az olan bir alan tercih edilmelidir,
- ✓ Ağaç köklerinden uzakta bir bölgede olmalıdır,
- ✓ Her türlü tarım etkinliğinden uzak bozulmamış bir bölge olmasına dikkat edilmelidir.

Dünyanın bazı bölgelerinde bu kriterlere uyan referans noktaları bulunmayabilir. Bu durumda, mevcut önerilere uyan en iyi noktalar seçilmelidir.

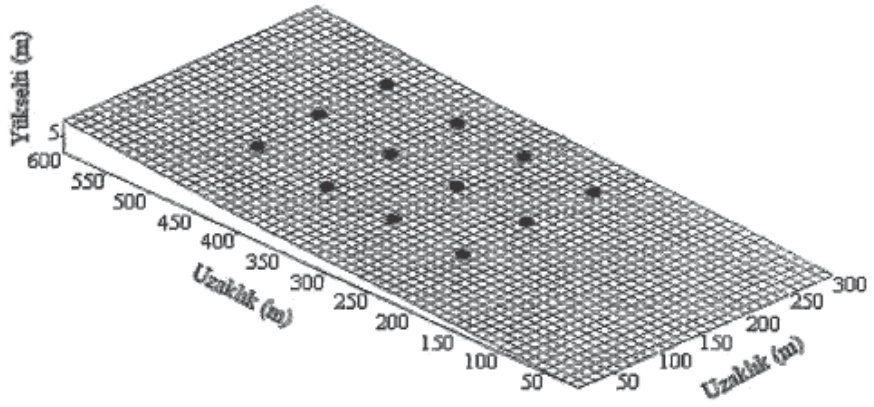
3.3. Arazi Örneklenmesi

Radyonüklid ölçümüne dayanan çalışmalarda, tüm arazide ölçüm yapmak mümkün değildir. Bunun yerine seçilen küçük bir alanda çalışılır ve sonuçların tüm dağılımı nasıl kapsayacağı belirlenir. Örneklem tasarımı, arazide örneklenen özel noktaların seçimine ve bu noktaların diğer noktalarla ilişkisine dayanır. Gilbert (1987) örneklem tasarımı, olasılığa dayalı olmayan (non-probability-based) örneklem ve olasılığa dayalı (probability-based) örneklem olarak sınıflandırmıştır. Rastgele (haphazard) ve tahmini (judgement) örneklemeler olasılığa dayalı olmayan örneklem tasarımı başlıca türleridir.

Tahmine dayalı örneklemde, araştırmacılar örneklemenin nereden yapılacağını seçmek için sistemi anlamaya çalışır. Örneğin, bölgedeki eğim ve toprağın yeniden dağılımı arasındaki ilişkiyi iyi bilen bir

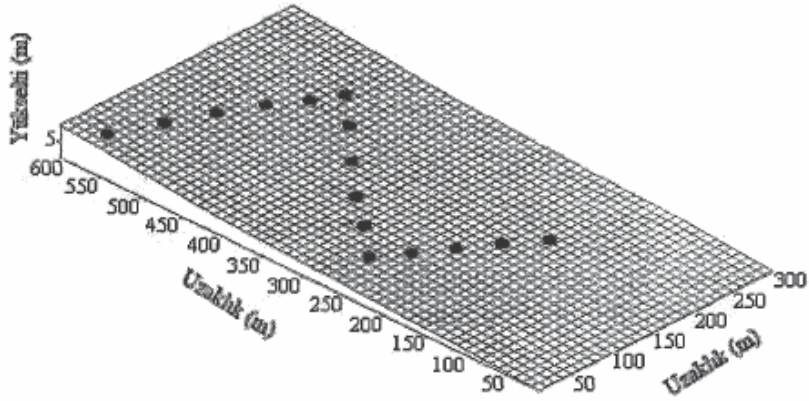
araştırmacı farklı alanlardaki erozyonu tayin etmek için sadece eğime göre örnekleme yapmayı seçebilir.

Birçok örnekleme tasarımı olmasına rağmen sadece iki çeşidi (rastgele ve sistematik) dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Radyonüklid çalışmalarında her iki örnekleme tasarımı da kullanılmaktadır. Ancak, rastgele örnekleme tasarımı tüm alanı değerlendirmek için yetersiz bir yoldur. Wolcott ve Church 1991 yılında yaptıkları bir çalışmada 100 sistematik grid örneği ile aynı istatistikî bilgiyi sağlamak için 500'den fazla rastgele seçilen örnekleme noktası gerektiğini bulmuşlardır (Zapata, 2002). Bu nedenle, radyonüklid çalışmaları için en yaygın kullanılan örnekleme tasarımı sistematiktir. Bu tasarım ya gridler (karelaj) ya da birbirini takip eden bir yol şeklinde yapılmaktadır. Örnekleme tasarımı seçilirken arazi yapısına bağlı olarak karar verilmektedir. Şekil 3.3.'te düzgün bir yüzey üzerindeki dört paralel kesitten oluşan grid örnekleme tasarımının örneği görülmektedir.



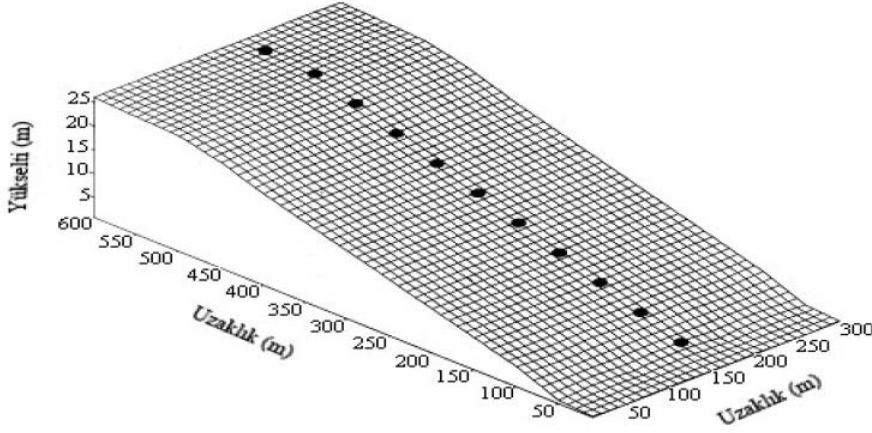
Şekil 3.3. Düzgün bir yüzey üzerindeki dört paralel kesitten oluşan grid örnekleme tasarımının örneği (Zapata, 2002)

Şekil 3.4.'te düzgün bir yüzey üzerinde zikzak örnekleme tasarımı için örnek gösterim yer almaktadır.



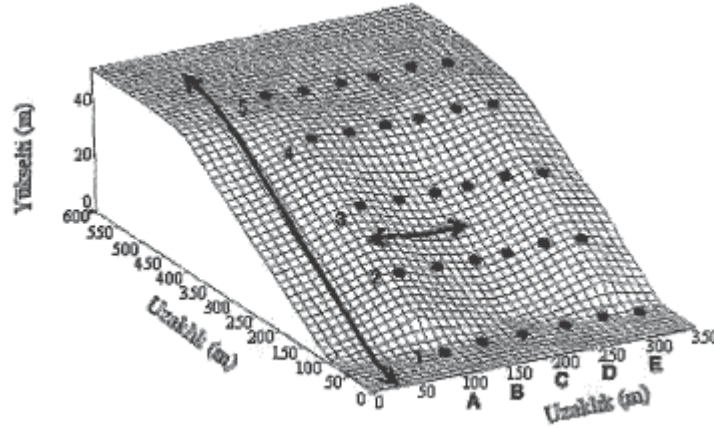
Şekil 3.4. Düzgün bir yüzey üzerindeki zikzak örnekleme tasarımının örneği (Zapata, 2002)

Şekil 3.5.'te eğimli bir yüzeydeki tekli-transekt örnekleme tasarımına bir örnek gösterim yer almaktadır.



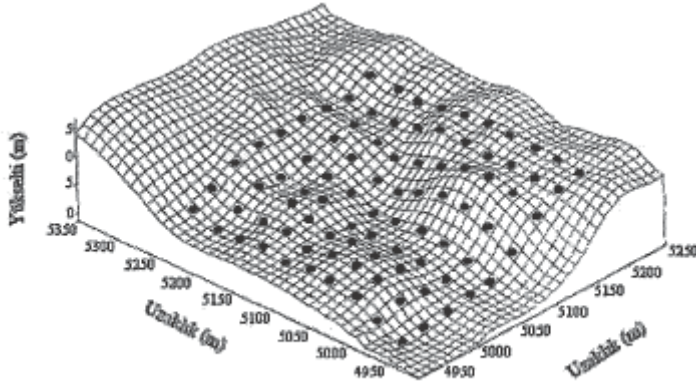
Şekil 3.5. Eğimli bir yüzey üzerindeki tekli-transekt örnekleme tasarım örneği (Zapata, 2002)

Eğer eğim açısı belirgin bir değişiklik gösteriyorsa tekli-transekt örnekleme tasarımı yeterli olmayacaktır. Zikzak, çoklu ya da tesadüfen seçilmiş örnekleme tasarımları kullanılabilir. Ancak, genel olarak eşit uzaklıkta, paralel transekt şekillerinde oluşan ızgara tasarımı kullanılmaktadır. Önemli olan tüm eğim gruplarının ızgara tasarımında yer almasıdır. Şekil 3.6.'da dalgalı yüzey şekli için ızgara örnekleme tasarımına bir örnek gösterim görülmektedir.



Şekil 3.6. Dalgalı bir yüzey üzerindeki ızgara örnekleme tasarımına örnek gösterim (Zapata, 2002)

Tümseklerden oluşan arazide havzanın büyüklüğü ve eğimi, ızgara örnekleme yapılmasını gerektirmektedir. Gridlerin genişliği örnekleme alanının topoğrafik yapısına bağlı olmaktadır. Ancak, literatürde yer alan çalışmalarda grid genişliğinin genel olarak 10-25 m. arasında değiştiği görülmektedir. Şekil 3.7.'de tümseklerden oluşan bir yüzeyde ızgara örnekleme gösterimi görülmektedir.



Şekil 3.7. Tümseklerden oluşan bir yüzey üzerindeki ızgara örnekleme tasarımına örnek gösterim (Zapata, 2002)

3.3.1. Örnekleme Tasarımı Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Prensipler

- ✓ Homojen eğimli ve belirgin eğim değişikliği olmayan alanlarda *tekli-transekt* örnekleme tasarımı uygulanmalıdır. Örnekleme, eğimin en üst noktasından en alta kadar uzanmalıdır.
- ✓ Eğimde belirgin bir değişikliğin olduğu alanlarda ise *ızgara* örnekleme tasarımı kullanılmalıdır.
- ✓ Karışık eğimlerde *sistemik ızgara* örnekleme tasarımı kullanılmalıdır. Örnekleme noktaları arasındaki uzaklık 10-25 m arasında değişmektedir.
- ✓ Jeoistatistik analizler, uygulanan tasarımda iki ya da daha fazla grid (karelaj) kullanımını gerektirmektedir (Zapata, 2002).

3.4. Arazi Çalışmaları

Orta Gediz Havzası içinde tarım yapılan ve yapılmayan alanlardan dört ayrı örnekleme istasyonu seçilmiştir. Bu istasyonlarda arazi etüd çalışmaları yapılarak belirlenen, erozyona uğramış alanlar ile erozyondan korunmuş ve referans olabilecek alanlar belirlenmiştir. Bu alanlarda, aşınma-taşınma-birikme sürecini tespit edebilmek için arazinin topoğrafik yapısına bağlı olarak farklı uzunlukta gridlerden (karelaj) örnekler alınmıştır. Havza içinde seçilen alanlarda *ızgara örnekleme tasarımı* kullanılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.8. Kargın köyü tarım yapılan (a) ve yapılmayan (b) alan



(c)



(d)

Şekil 3.9. Caferbey köyü tarım yapılan (c) ve yapılmayan (d) alan



Şekil 3.10. Kabazlı köyü tarım yapılmayan alan



Şekil 3.11. Beştepeler tarım yapılan alan

- Kargın Köyü tarım yapılan alandan 20 x 30 m'lik karelaj yapılarak
35,

- Kargın Köyü tarım yapılmayan alandan 20 x 20 m’lik karelaj yapılarak 25,
- Caferbey Köyü tarım yapılmayan alandan 10 x 15 m’lik karelaj yapılarak 15,
- Caferbey Köyü tarım yapılan alandan 21 x 21 m’lik karelaj yapılarak 30,
- Kabazlı Köyü tarım yapılmayan alandan 15 x 16 m’lik karelaj yapılarak 15,
- Beştepeler tarım yapılan alandan 20 x 20 m’lik karelaj yapılarak 24 toprak örneği alınmıştır.

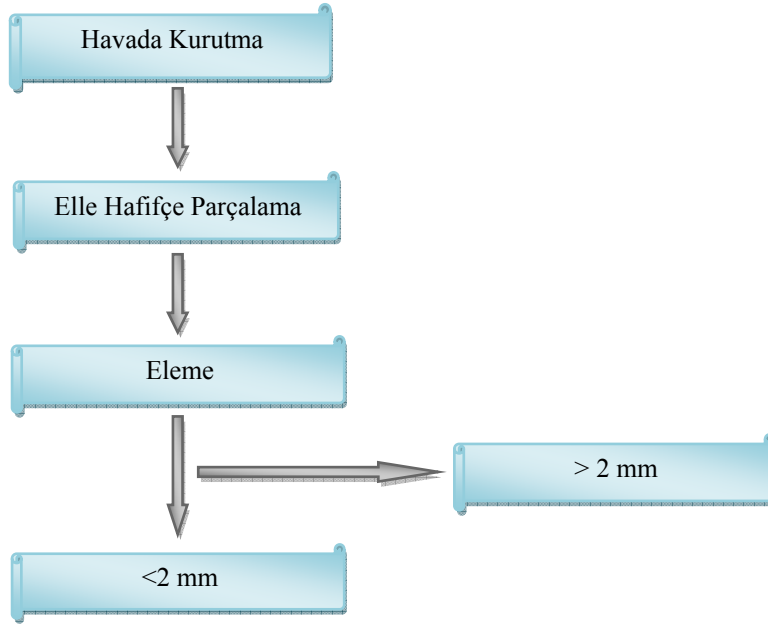
Çalışma alanlarında belirlenen *erozyon*, *birikim* ve *referans* noktalarından derinliğe bağlı olarak toprak örnekleri alınmıştır. Bu örnekler laboratuvar koşullarında 2 cm aralıklarla kesilerek, yaş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Özellikle referans noktasında üstel dağılımı daha net görebilmek için korun 2 cm aralıklarla değerlendirilmesi uygun görülmüştür.



Şekil 3.12. Kor örneklerinin alımı

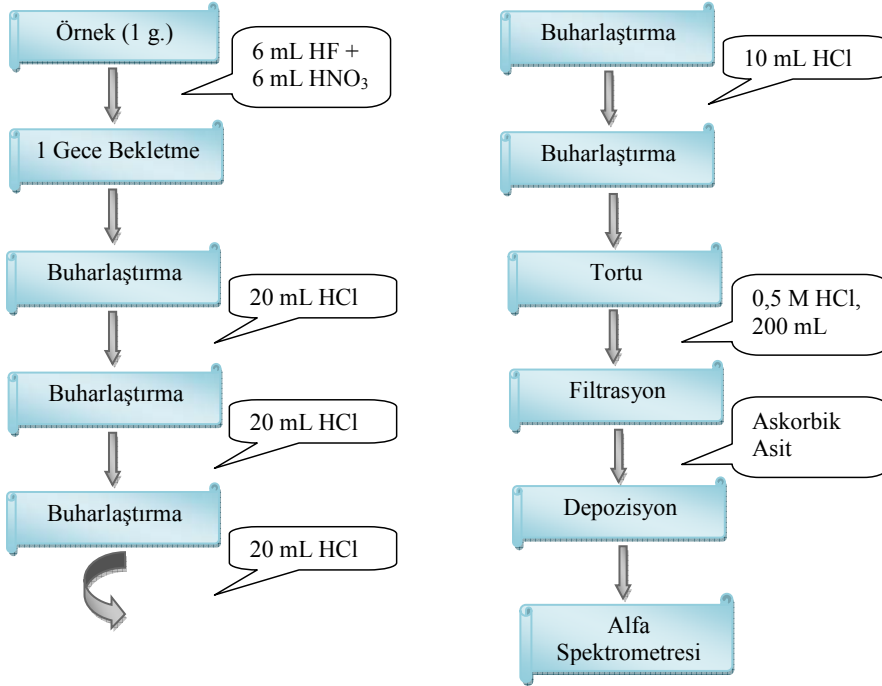
3.5. Örnek Hazırlanması

Arazi çalışmaları sonucu alınan toprak örneklerinin yaş ağırlıkları belirlendikten sonra havada kurutma işlemi yapılmış ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Örnek hazırlama sürecindeki temel basamaklar Şekil 3.13.'teki akış diagramında görülmektedir.



Şekil 3.13. Örnek hazırlama sürecindeki temel basamakların akış diagramı

^{210}Po tayini için; kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten geçirilen toprak örneklerinden 1g. alınarak teflon beherde uygun asitler (HNO_3 , HF ve HCl) kullanılarak çözme işlemi gerçekleştirilmiştir (Flynn, 1968; Uğur, 1998; Uğur ve Yener, 2001; Uğur vd., 2004).



Şekil 3.14. Uygulanan kimyasal yöntem

Çözelti tam kurumadan önce ısıtıcı tabla üzerinden alınmış, elde kalan tortu 0,5 M HCl asit ile tekrar çözülerek, katı ve sıvı fazlar filtrasyonla ayrılmıştır. 250 mL'lik bir behere süzülen çözeltinin içine askorbik asit ve taşıyıcıya yerleştirilmiş bakır disk konularak, üzeri saat camı ile kapatılmıştır. Manyetik karıştırıcılı ısıtıcıda 70 °C'de depozisyon işlemi tüm örnekler için uygulanmıştır (Şekil 3.15). Bakır disk üzerine toplanan ^{210}Po konsantrasyonları alfa spektrometresi ile sayılmış ve örneklerdeki aktivite konsantrasyonları hesaplanmıştır.



Şekil 3.15. Depozisyon işlemi

İlk depozisyondan sonra çözelti ikinci depozisyon için yaklaşık 1 yıl süre ile ^{210}Pb tayinlerini yapmak üzere bekletilmiştir. Bu şekilde ^{210}Pb 'un bozunumu ile meydana gelen ^{210}Po 'un ortamda ^{210}Pb ile dengeye gelmesi sağlanmıştır. Dolayısıyla, örneklerdeki ^{210}Pb konsantrasyonları, ^{210}Pb ve ^{210}Po arasındaki radyoaktif denge sağlandıktan sonra ölçülen ^{210}Po aktivitesinden tayin edilmiştir. Böylece ^{210}Po aktivitesinin tayini ile ^{210}Pb , dolaylı olarak ölçülmüştür.

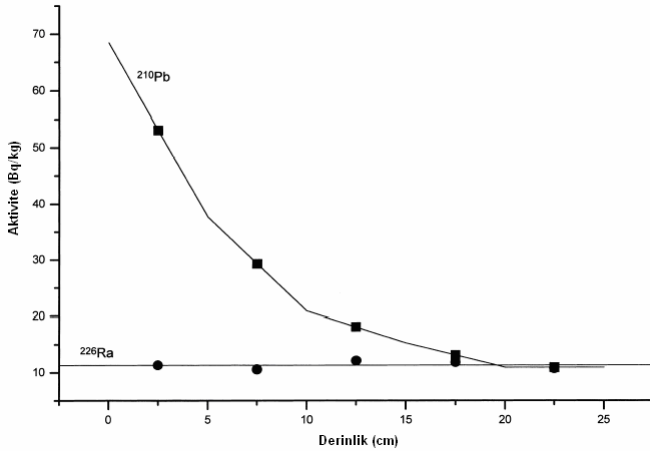
3.6. ^{209}Po Standardının Hazırlanması

Çalışmada kullanılan sıvı ^{209}Po (National Institute of Standards and Technology, SRM 4326 Polonium-209 Radioactivity Standard) ($0,1 \text{ Bq mL}^{-1}$) standardı, Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Laboratuvarında hazırlanmıştır. Kullanılan stok standardın aktivitesi 500 Bq ve ağırlığı $5,160 \pm 0,003 \text{ g}$ 'dır. Stok çözeltinin bulunduğu ampül 2 M

HCl ile seyreltilmiş ve 100 mL'deki konsantrasyonu 10 Bq olan ^{209}Po sıvı kaynağı hazırlanmıştır.

3.7. Örneklerde ^{226}Ra Ölçümleri

^{226}Ra , toprak ve kayalarda doğal olarak bulunmaktadır. Toprak örneğindeki denge üstü ya da atmosferik ^{210}Pb 'un miktarı ^{210}Pb ve ^{226}Ra aktivitelerinin her ikisinin ölçümü ve profil boyunca toplam ^{210}Pb aktivitesinden ^{226}Ra aktivitesinin çıkarılması ile hesaplanabilir (Uğur, 1998; Zapata, 2003; Uğur et al., 2004). Şekil 3.16.'da Bem ve arkadaşlarının 1998 yılında yaptıkları bir çalışmada, toprak örneğinde derinliğe bağlı olarak ^{226}Ra ve ^{210}Pb konsantrasyonlarının değişimi görülmektedir. Derinliğe bağlı olarak ^{226}Ra konsantrasyonu hemen hemen sabit kalırken, ^{210}Pb konsantrasyonu azalmaktadır. Atmosferden gelen ^{210}Pb , toprağın üst 20 cm'sinde birikmiştir.



Şekil 3.16. ^{210}Pb konsantrasyonu ile ^{226}Ra elementinin toprak boyunca konsantrasyonun değişimi (Bem et al., 1998)

Çalışma kapsamında alınan toprak örnekleri kurutulduktan sonra homojen hale getirilmiş ve sayım kaplarına (Marinelli beakers) alınmıştır. ^{226}Ra ve ^{222}Rn arasındaki radyoaktif dengenin oluşması için örnekler 1 ay süre ile kapatılmıştır. Örneklerdeki ^{226}Ra aktiviteleri, Enstitümüzde bulunan Tennelec model 184 cm^3 'lük p-tipi koaksiyal HPGe dedektör (1,33 MeV'de FWHM: 1,85 keV), Ortec 7010 Model 4096 kanal puls yüksekliği analizörü, Ortec 671 Model spektroskopi amplifikatörü, Ortec 659 Model yüksek voltaj kaynağı ve Ortec-4001M mini bir modülden oluşan gama spektrometre sistemi ile yapılmaktadır. Toprak örneklerindeki aktivite; 186 keV, 352 keV, 609 keV ve 1764 keV enerjili gamalardan bulunan aktivitelerin ağırlıklı ortalaması alınarak saptanmıştır.

3.8. Kıl Tipi Analizi

Toprak bünyesi içerisinde yer alan killerin element tutunumu söz konusudur. Bu nedenle çalışma kapsamında alınan toprak örneklerinde kıl tipi analizi yapılarak belirlenen kıl tipleri ile radyonüklid tutunumu arasındaki korelasyon incelenmiştir. Bu amaçla, toprak örneklerinde kıl tipini tayin etmek için bünye ve %OM (organik madde) miktarına bağlı olarak 39 örnek seçilmiştir.

Örneklerdeki kıl minerallerinin tayininde, toprak katı fazının (kireç ve organik madde), değişebilir katyonların, çözünebilir tuzların, serbest demir ve alüminyum oksitlerin topraklardan kimyasal olarak parçalanıp uzaklaştırılması gerekmektedir. 2 mm'lik eleklerden geçirilen toprak

örneklerinden kumlu killi tın ile tın bünyeli topraklardan 20 g, kumlu tın bünyeli topraklardan ise 30 g alınarak analizler gerçekleştirilmiştir.

1. *Karbonatların Parçalanması ve İki Değerli Değişebilir Katyonların Uzaklaştırılması*

%20'den fazla CaCO_3 içeren kireçli topraklar 600 mL'lik cam behere konulmuş ve 1 N HCl'den damlatarak pH 5'e ayarlanmıştır. Parçalanmayı çabuklaştırmak için örnek sıcak su banyosuna konularak karıştırılmış ve pH indikatör kağıdı ile kontrol edilmiştir. Santrifüj tüpüne alınan örneğe pH'si 5 olan 1 N CH_3COONa 'dan 50 mL ilave edilerek kaynamaya yakın sıcaklıkta bulunan su banyosu üzerine yerleştirilmiştir. Cam baget yardımıyla parçalanmayı kolaylaştırmak için 30 dakika boyunca zaman zaman karıştırılmıştır. Süspansiyon 10 dakika santrifüj aletinde santrifüjlenmiştir. Elde edilen berrak sıvı atılarak aynı işlem iki kez, kireçli topraklarda ise dört kez tekrarlanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.17. Karbonatların parçalanma işlemi (a) ve santrifüj aleti (b)

2. Organik Maddenin H_2O_2 ile Parçalanması

Santrifüj tüpünde bulunan toprak örneği 600 mL'lik cam behere en az miktarda saf su ile toplanmıştır. İlk 10mL'lik H_2O_2 ilavesiyle oluşan tepkimenin sakinleşmesinden sonra beherin kenarları ikinci 5 mL'lik H_2O_2 ile yıkanmıştır. Beher sıcak su banyosunun üzerine yerleştirilerek cam baget yardımıyla karıştırılmıştır. Beherin kenarları tekrar 10 mL H_2O_2 ile yıkanmış ve saat camı ile kapatılarak 2-4 saat kendi haline bırakılmıştır. 600 mL'lik beherde bulunan toprak örneği santrifüj tüpüne alınmış ve üzerine bir defa %95'lik, bir defa da %100'lük metil alkolden 50 mL ilave edilerek iki defa 10 dakika santrifüjlenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.18. Organik maddenin H_2O_2 ile parçalanması (a) ve örneklerin santrifüjlenmesi (b)

3. Serbest Demir Oksitlerinin Topraktan Uzaklaştırılması

Organik maddesi parçalanan ve santrifüj tüplerinde bulunan toprak örnekleri üzerine 0,3 M sodyum sitrat çözeltisinden 40 mL, 1M

NaHCO_3 'dan 5 mL ilave edilmiştir. Bu karışımın sıcaklığı su banyosu üzerinde $80\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye çıkarıldıktan sonra katı haldeki $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 'dan 1g. ilave edilerek cam baget yardımıyla karıştırılmıştır. 15 dakika sonunda çökmeyi sağlamak için doygun NaCl çözeltisinden 10 mL ilave edilmiştir. Süspansiyon karıştırılarak soğutulmuş ve sonra 10 dakika santrifüjlenmiştir. Bu işlem iki kere tekrar edilmiş ve son tekrarda yalnız sodyum sitrat kullanılmıştır.



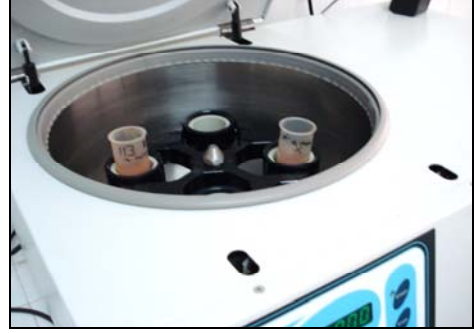
Şekil 3.19. Serbest demir oksitlerinin topraktan uzaklaştırılması

4. *Serbest Silisyum ve Alüminyum Oksitlerinin Ayrılması*

Santrifüj tüpündeki toprak örneği %2'lik Na_2CO_3 (pH:10,5)'dan 200 mL alınarak 600 mL'lik cam behere boşaltılmıştır. Beher saat camı ile kapatılarak 5 dakika kaynamaya bırakılmış ve süspansiyon, santrifüj tüplerine aktararak 10 dakika santrifüjlenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.20. Serbest silisyum ve alüminyum oksitlerinin ayrılması (a) ve örneklerin santirfüjlenmesi (b)

5. *Toprak Örneklerinin Kum, Mil ve Kil Kümelerine Ayrılması*

Santrifüj tüplerindeki toprak örneklerinin kum, mil ve kil kümelerine ayrılması için Atterberg yöntemi kullanılmaktadır. 50 mL'lik saf su ile süspansiyon haline getirilen örnekler 20 cm'lik çizgiyi içeren Atterberg şişesine aktarılmıştır. 10 cm'e kadar doldurulduğunda 8 saat, 20 cm'e kadar doldurulduğunda ise 16 saat bekletilmiştir. Daha sonra alttaki musluk açılarak süspansiyon şeklinde bulunan kil behere aktararak kum ve milden ayrılmıştır. Bu işleme cihazdaki su berraklaşınca kadar devam edilmiştir. Süspansiyon şeklinde behere aktarılan kil ısıtıcı tabla üzerinde buharlaştırılmıştır. Bu işlem gerçekleştirildikten sonra beherden kil örnekleri alınmış ve havan yardımıyla homojen hale getirilmiştir.



Şekil 3.21. Toprak örneklerinin kum, mil ve kil kümelerine ayrılması

Toprak örneklerinde kil tipi analizi, her örnek için aşağıda belirtilen 3 XRD (X-Ray Diffraction—X-Işınları Kırınımı) analizi ile gerçekleştirilmektedir:

1. Hiçbir işleme tabi tutulmadan,
2. 550 °C’de fırınlanarak,
3. Birinci işlemde sonraki örnekler etilen glükolün buharında 60 °C’de 1 gece bekletilerek.

Kil tipi analizleri İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) Malzeme Araştırma Merkezi’nde yapılmıştır.



Şekil 3.22. Lam üzerine yerleştirilmiş kil örnekleri

Oda şartlarında, glikollü ve 550 °C’de ısıtılmak üzere üç farklı şekilde analize hazırlanan kil örneklerinde XRD çekimi yapılarak elde edilen üç diagram karşılaştırılmış, simektit ve simektit olmayan killerin oranları tespit edilmiştir.

3.9. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Çalışma kapsamında alınan toprak örneklerinde; toprak dokusu, organik madde, pH, volüm ağırlık, özgül ağırlık, kireç, tuz ve % nem değerleri belirlenmiştir. Araştırma alanında belirlenen noktalarından 0–30 cm derinlikten alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamında kurutulup hava kurusu haline getirildikten sonra 2 mm’lik eleklerden geçirilmiş ve analize hazır hale getirilmiştir (Soil Survey Staff, 1951; Jackson, 1958).

3.9.1. Toprak Dokusu

Toprakta bulunan farklı büyüklükteki tanelerin gruplara göre (kum, mil, kil) yüzde oranı bünye terimi ile ifade edilir. Toprak dokusu tayini, toprakların %kum, %mil ve %kil nicelikleri Bouyoucos (1962) tarafından verilen hidrometre yöntemi kullanılarak saptanmıştır ve elde edilen % verilerden Black’ın (1965) geliştirdiği doku analiz üçgenine uyarlanarak toprak dokusu belirlenmiştir.

3.9.2. Organik madde tayini:

Toprak içindeki ve üzerindeki ölmüş tüm bitkisel ve hayvansal artıklar toprağın organik maddesinin temelini oluştururlar. Kuru yakma, gaz-analitik ve yaş yakma olmak üzere üç farklı tayin yöntemi vardır. Çalışma kapsamında topraktaki organik madde tayini yaş yakma yöntemi ile belirlenmiştir.

Toprak örneklerinin $K_2Cr_2O_7$ ve H_2SO_4 kullanılarak yaş yakma yöntemiyle belirlenen % organik karbon içeriği, organik maddenin %58'nin organik karbon olmasından kaynaklanan sabit 1,724 sayısı ile çarpılmasıyla % olarak bulunmuştur (Black, 1965).

3.9.3. pH Tayini:

Toprak tepkimesi (pH) tayini, saf su ile doygün şekle getirilen örneklerde cam elektrotlu Beckman pH metresi kullanılarak yapılmıştır.

3.9.4. Kireç Tayini

Scheibler kalsimetresi kullanılarak $CaCO_3$ içeriği % olarak Schlichting ve Blume (1966) tarafından kullanılan yöntemle hesaplanmıştır.

3.9.5. Tuz Tayini

Suda çözünebilir toplam tuzu tayin etmek için (%); saf su ile doymun hale getirilen toprak örneklerinin geçirgenlikleri, Beckman geçirgenlik köprüsü aleti ile bulunmuş ve elde edilen direnç verileriyle doymun toprak ısısı (Fahrenhayt) ve doymunluk (%)’a göre hazırlanmış çizelge kullanılarak saptanmıştır (Soil Survey Staff, 1951).

3.9.6. Özgöl Ağırılık Tayini

İçerisinde suyu ve havası atılmış 1 cm³ hacmindeki katı toprağın gram olarak ağırlığına “özüöl ağırlık” denir. Toprağın özüöl ağırlığı genellikle toprakta bulunan minerallere ve organik madde miktarına bağılıdır (Saatçı vd., 1983). Mineral toprakların ortalama özüöl ağırlıkları 2,50 – 2,75 g cm⁻³ arasındadır.

Özüöl ağırlık, hacmi belli (50 cm³) piknometre şişeleri içerisinde toprak örneklerinin su varlığında kaynatılması ve tartımların piknometre şişelerinin saf su ile dolu ağırlığına oranlanması ile saptanmıştır.



Şekil 3.23. Piknometre şişeleri

3.9.7. *Volüm Ağırlık ve %Nem Tayini*

Birim hacimdeki toprak ağırlığı (volüm ağırlık), arazi çalışmalarında hacmi belli (100 cm^3) çelik silindirlerle (Şekil 3.24.) alınan yapısı bozulmamış toprak örneklerinde doğal şekliyle ve etüv kurusunda tartılarak belirlenmiştir. Yapısı bozulmamış toprak dolu silindirler etüve yerleştirilmeden önce nemliyen tartılarak % nem tayini, volüm ağırlık tayini ile birlikte yürütülmüştür.

Volüm ağırlık, boşlukları ile beraber bütün toprak hacmini ifade eden bir ağırlık ölçüsü olduğundan özgül ağırlıktan farklı ve değer olarak ondan daha küçüktür. Ayrıca özgül ağırlığın aksine toprak tanelerinin dizilişi ve sıklığının etkisi altındadır. Volüm ağırlık toprak bünyesi ile

ilgilidir ve killi topraklarda volüm ağırlık değeri $1,1 - 1,3 \text{ g/cm}^3$, kumlu topraklarda ise bu değer $1,6 \text{ g/cm}^3$ 'e kadar değişmektedir.



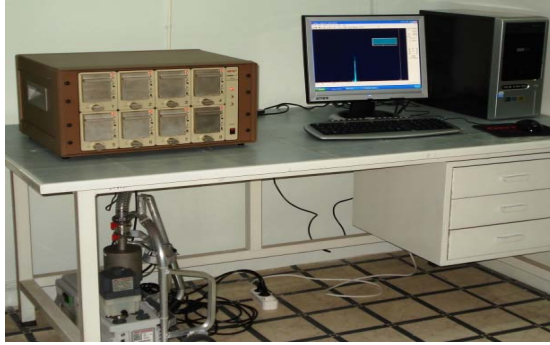
Şekil 3.24. 100 cm^3 hacimli çelik silindirler

3.10. Alfa Spektrometre Sistemi

Çalışmada kullanılan alfa spektrometre sistemi Şekil 3.25.'te görülmektedir. Spektrometrenin genel özellikleri;

- 1 - 51 mm çaplı örnekler 4 mm'den 44 mm uzaklığa kadar analiz edilebilir.
- 450 mm^2 yüzey alanına sahip iyon implantasyon dedektörleri çok düşük art ortama sahiptir ve temizlenebilir.
- Her dedektörün enerji aralığı 0'dan 10 MeV'e kadar ayrı ayrı ayarlanabilir.
- Vakum odasının basıncı 10 mTorr'dan 30 Torr'a kadar gözlemlenebilir.

- Her oda korozyon korunumu ve dekontaminasyonun kolay olması için nikel ile kaplanmıştır.
- Gerekğinde her vakum odası diğerlerinden bağımsız olarak izole edilebilir ve çıkarılabilir.



Şekil 3.25. Alfa spektrometre sisteminin görünümü

3.11. Gama Spektrometre Sistemi

Toprak örneklerinin ^{226}Ra aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılan sayım sisteminin görünümü Şekil 3.26.'da verilmektedir. Kullanılan dedektör Tennelec model 184 cm^3 'lük p-tipi koaksiyal HPGe (122 keV'de FWHM: 850 eV, 1,33 MeV'de FWHM: 1,85 keV, relatif verim %25 ve pik/compton=57/1'dir) kristalidir. Germanyum kristali 59,4 mm, uzunluğu 67,7mm, dedektör-pencere uzaklığı 5 mm'dir ve pencere alüminyum olup 1 mm kalınlığındadır.



Şekil 3.26. HPGe spektrometre sisteminin görünümü

3.12. X-Işınları Difraksiyonu (XRD)

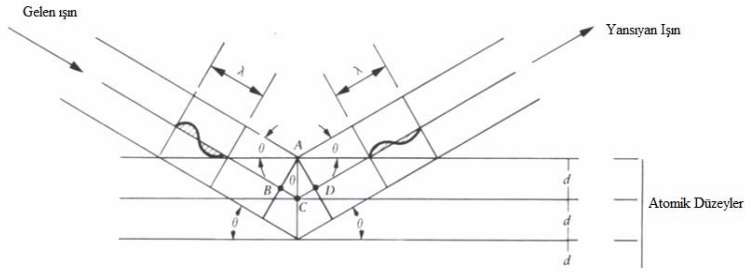
X-ışınları kırınımı, bilinmeyen kristal malzemelerini belirlemek ve karakterize etmek için kullanılan bir tekniktir. Bu teknikte, üzerine belli bir Θ açısında gönderilen X-ışınları demetinin numuneden yansıyan (ya da geçen) şiddeti ölçülür.

$$\lambda = 2d \sin \Theta$$

Θ : demetin numune üzerine gönderilme açısı

λ : X-ışınlarının dalgaboyu

d : katman kalınlığı



Şekil 3.27. Bragg yansıması

Her kil mineralinin kendine özgü pikleri vardır. Bu piklere göre numunenin hangi kil minerallerinden oluştuğu tespit edilmektedir.



Şekil 3.28. X-Işınları Difraksiyonu (XRD) sisteminin görünümü

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çalışma Alanlarının Toprak Özellikleri

Çalışılan alanlardaki toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri erozyonu etkileyen faktörlerden birisidir. Buna bağlı olarak, alınan toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal analizler (toprak dokusu, organik madde, pH, volüm ağırlık, özgül ağırlık, kireç, tuz ve % nem) yapılmıştır. Çizelge 4.1.'de çalışma alanları için tayin edilen bünye dağılımları yer almaktadır.

- Kargın köyü tarım yapılan alandan alınan 35 toprak örneğinden 18'nin; tarım yapılmayan alandan alınan 25 örnekten ise 22'sinin bünyesi *kumlu tın* olarak bulunmuştur.
- Caferbey köyü tarım yapılmayan alandan alınan 17 örnekten 13'ünün bünyesi *kumlu tın* olarak bulunurken; tarım yapılan alandan alınan 30 örnekten 16'sı *tın* bünyeli olarak tayin edilmiştir.
- Kabazlı köyü tarım yapılmayan alandan alınan 15 örnekten 14'ü *kumlu tın* bünyeli olarak saptanmıştır.
- Beştepeler tarım yapılan alandan alınan 24 örnekten 14'ü *tın* bünyeli olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Çalışma alanlarındaki bünye dağılımı

Çalışma Alanı	Kumlu Tın (%)	Tın (%)	Kumlu Killi Tın (%)	Killi Tın (%)	Tınlı Kum (%)	Milli Tın (%)
Kargın Köyü Tarım Alanı	51	17	29	3		
Kargın Köyü Tarım Yapılmayan Alanı	88	4	8			
Caferbey Köyü Tarım Yapılmayan Alan	87				13	
Caferbey Köyü Tarım Alanı	43	53	4			
Kabazlı Köyü Tarım Yapılmayan Alan	93		7			
Beştepeler Tarım Alanı	34	58	4			4

Çalışma alanlarından toplanan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4.2.'den 4.7.'ye kadar verilmektedir.

Çizelge 4.2. Kargın köyü tarım yapılan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Volüm Ağırlık (g/cm ³)	%Nem
111	Kumlu Tın	14,24	Kireçli	7,51	Hafif Alkali	0,020	İz miktarda	2,24	Az	2,52	1,16	8,62
112	Kumlu Killi Tın	19,09	Kireçli	7,57	Hafif Alkali	0,033	İz miktarda	1,09	Çok az	2,51	1,25	4,80
113	Kumlu Killi Tın	19,10	Kireçli	7,45	Hafif Alkali	0,058	İz miktarda	1,79	Çok az	2,47	1,46	6,84
114	Kumlu Killi Tın	24,14	Çok Kireçli	7,61	Hafif Alkali	0,052	İz miktarda	2,26	Az	2,49	1,15	8,69
115	Tınlı	25,76	Çok Kireçli	7,47	Nötr	0,069	İz miktarda	2,54	Az	2,49	1,51	6,62
121	Kumlu Tın	9,31	Kireçli	7,62	Hafif Alkali	0,058	İz miktarda	1,42	Çok az	2,50	1,36	5,88
122	Kumlu Killi Tın	12,98	Kireçli	7,66	Hafif Alkali	0,056	İz miktarda	2,40	Az	2,50	1,24	4,03
123	Kumlu Tın	15,38	Kireçli	7,63	Hafif Alkali	0,050	İz miktarda	2,24	Az	2,53	1,45	8,27
124	Kumlu Tın	18,65	Kireçli	7,70	Hafif Alkali	0,054	İz miktarda	1,03	Çok az	2,49	1,22	8,19
125	Tın	9,52	Kireçli	7,69	Hafif Alkali	0,048	İz miktarda	1,70	Çok az	2,57	1,55	8,38
131	Kumlu Tın	6,35	Kireçli	7,77	Hafif Alkali	0,048	İz miktarda	1,55	Çok az	2,51	1,30	7,69
132	Kumlu Killi Tın	9,58	Kireçli	7,76	Hafif Alkali	0,045	İz miktarda	1,21	Çok az	2,53	1,32	3,78
133	Tın	17,85	Kireçli	7,70	Hafif Alkali	0,049	İz miktarda	1,17	Çok az	2,54	1,55	8,38

Kargın Köyü Tarım Alanı (Devamı)

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Volüm Ağırlık (g/cm ³)	%Nem
134	Tın	7,33	Kireçli	7,59	Hafif Alkali	0,042	İz miktarda	1,33	Çok az	2,56	1,22	8,19
135	Kumlu Killi Tın	13,36	Kireçli	7,41	Hafif Alkali	0,050	İz miktarda	2,05	Az	2,50	1,53	7,84
141	Kumlu Killi Tın	10,21	Kireçli	7,59	Hafif Alkali	0,045	İz miktarda	1,39	Çok az	2,50	1,23	13,00
142	Kill Tın	8,31	Kireçli	7,63	Hafif Alkali	0,048	İz miktarda	1,34	Çok az	2,55	1,30	8,46
143	Tın	9,52	Kireçli	7,56	Hafif Alkali	0,033	İz miktarda	2,32	Az	2,50	1,13	13,27
144	Kumlu Tın	10,05	Kireçli	7,70	Hafif Alkali	0,048	İz miktarda	1,60	Çok az	2,61	1,30	11,53
145	Kumlu Killi Tın	10,10	Kireçli	7,34	Nötr	0,043	İz miktarda	0,56	Çok az	2,58	1,37	7,29
151	Tın	15,09	Kireçli	7,64	Hafif Alkali	0,072	İz miktarda	1,74	Çok az	2,57	1,50	6,66
152	Kumlu Tın	11,55	Kireçli	7,39	Nötr	0,055	İz miktarda	3,27	Az	2,55	1,25	12,00
153	Kumlu Killi Tın	5,18	Kireçli	7,53	Hafif Alkali	0,050	İz miktarda	2,42	Az	2,56	1,38	7,24
154	Kumlu Killi Tın	9,62	Kireçli	7,54	Hafif Alkali	0,050	İz miktarda	3,39	Az	2,52	1,20	12,50
155	Kumlu Tın	12,26	Kireçli	7,73	Hafif Alkali	0,041	İz miktarda	1,88	Çok az	2,55	1,41	7,09

Kargın Köyü Tarım Alanı (Devamı)

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Volüm Ağırlık (g/cm ³)	%Nem
161	Kumlu Tın	12,66	Kireçli	7,70	Hafif Alkali	0,049	İz miktarda	1,74	Çok az	2,56	1,40	9,28
162	Kumlu Tın	9,26	Kireçli	7,85	Hafif Alkali	0,040	İz miktarda	1,22	Çok az	2,48	1,39	7,91
163	Kumlu Tın	8,63	Kireçli	7,84	Hafif Alkali	0,044	İz miktarda	1,39	Çok az	2,76	1,28	9,37
164	Kumlu Tın	11,34	Kireçli	7,52	Hafif Alkali	0,041	İz miktarda	1,32	Çok az	2,50	1,42	9,15
165	Kumlu Tın	9,11	Kireçli	7,54	Hafif Alkali	0,043	İz miktarda	1,00	Çok az	2,52	1,40	7,14
171	Kumlu Tın	7,20	Kireçli	7,79	Hafif Alkali	0,048	İz miktarda	1,88	Çok az	2,44	1,43	8,39
172	Kumlu Tın	5,63	Kireçli	7,63	Hafif Alkali	0,042	İz miktarda	1,39	Çok az	2,54	1,20	12,50
173	Kumlu Tın	6,20	Kireçli	7,46	Hafif Alkali	0,060	İz miktarda	0,88	Çok az	2,53	1,25	8,00
174	Kumlu Tın	6,73	Kireçli	7,88	Hafif Alkali	0,041	İz miktarda	1,24	Çok az	2,53	1,30	15,38
175	Kumlu Tın	7,10	Kireçli	7,59	Hafif Alkali	0,035	İz miktarda	1,42	Çok az	2,62	1,35	13,33

Çizelge 4.3. Kargın köyü tarım yapılmayan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Volüm Ağırlık (g/cm ³)	%Nem
K111	Kumlu Tın	49,45	Çok Kireçli	7,67	Hafif Alkali	0,042	İz miktarda	4,65	Az	2,62	1,30	7,69
K112	Kumlu Tın	14,70	Kireçli	7,79	Hafif Alkali	0,048	İz miktarda	3,31	Az	2,56	1,05	14,28
K113	Kumlu Tın	44,72	Çok Kireçli	7,61	Hafif Alkali	0,035	İz miktarda	6,23	Orta	2,43	1,35	7,40
K114	Kumlu Tın	36,25	Çok Kireçli	7,54	Hafif Alkali	0,025	İz miktarda	4,40	Az	2,54	1,50	6,66
K115	Kumlu Tın	32,49	Çok Kireçli	7,59	Hafif Alkali	<0.02	İz miktarda	3,37	Az	2,44	1,13	8,84
K121	Kumlu Killi Tın	27,15	Çok Kireçli	7,58	Hafif Alkali	0,039	İz miktarda	3,34	Az	2,39	1,39	7,19
K122	Kumlu Tın	24,70	Çok Kireçli	7,68	Hafif Alkali	0,041	İz miktarda	2,44	Az	2,57	1,40	16,42
K123	Kumlu Killi Tın	29,55	Çok Kireçli	7,59	Hafif Alkali	0,043	İz miktarda	3,95	Az	2,56	1,21	19,83
K124	Kumlu Tın	33,58	Çok Kireçli	7,70	Hafif Alkali	0,040	İz miktarda	4,32	Az	2,52	1,20	12,50
K125	Kumlu Tın	34,10	Çok Kireçli	7,53	Hafif Alkali	<0.02	İz miktarda	3,66	Az	2,66	1,43	6,99
K131	Kumlu Tın	25,63	Çok Kireçli	7,61	Hafif Alkali	0,038	İz miktarda	2,24	Az	2,59	1,37	13,13
K132	Kumlu Tın	31,38	Çok Kireçli	7,53	Hafif Alkali	0,032	İz miktarda	3,00	Az	2,57	1,40	7,14
K133	Kumlu Tın	28,69	Çok Kireçli	7,54	Hafif Alkali	0,033	İz miktarda	3,02	Az	2,59	1,40	5,71
K134	Kumlu Tın	35,34	Çok Kireçli	7,38	Nötr	0,027	İz miktarda	4,02	Az	2,41	1,57	8,28
K135	Tın	53,01	Çok Kireçli	7,45	Hafif Alkali	0,035	İz miktarda	3,04	Az	2,52	1,20	12,50

Kargın Köyü Tarım Yapılmayan Alan (Devamı)

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Volüm Ağırlık (g/cm ³)	%Nem
K141	Kumlu Tın	30,35	Çok Kireçli	7,52	Hafif Alkali	0,032	İz miktarda	2,14	Az	2,56	1,43	6,99
K142	Kumlu Tın	28,79	Çok Kireçli	7,52	Hafif Alkali	0,041	İz miktarda	2,04	Az	2,61	1,50	10,00
K143	Kumlu Tın	24,54	Çok Kireçli	7,56	Hafif Alkali	0,041	İz miktarda	3,81	Az	2,40	1,49	7,38
K144	Kumlu Tın	33,58	Çok Kireçli	7,46	Hafif Alkali	0,041	İz miktarda	3,15	Az	2,55	1,19	12,60
K145	Kumlu Tın	32,35	Çok Kireçli	7,48	Hafif Alkali	0,034	İz miktarda	3,83	Az	2,51	1,35	9,62
K151	Kumlu Tın	22,41	Çok Kireçli	7,51	Hafif Alkali	0,047	İz miktarda	4,94	Az	2,48	1,42	9,15
K152	Kumlu Tın	23,13	Çok Kireçli	7,46	Hafif Alkali	0,046	İz miktarda	4,56	Az	2,51	1,38	7,24
K153	Kumlu Tın	20,99	Çok Kireçli	8,01	Hafif Alkali	0,049	İz miktarda	4,12	Az	2,44	1,40	7,14
K154	Kumlu Tın	30,35	Çok Kireçli	7,36	Nötr	0,040	İz miktarda	3,93	Az	2,55	1,15	13,04
K155	Kumlu Tın	26,37	Çok Kireçli	7,60	Hafif Alkali	0,036	İz miktarda	1,43	Çok az	2,53	1,40	7,14

Çizelge 4.4. Caferbey köyü tarım yapılmayan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Volüm Ağırlık (g/cm ³)	%Nem
2K11	Kumlu Tın	1,90	Az Kireçli	6,88	Nötr	0,025	İz miktarda	4,60	Az	2,55	1,43	22,37
2K12	Kumlu Tın	1,59	Az Kireçli	6,61	Nötr	0,030	İz miktarda	3,15	Az	2,60	1,48	22,29
2K13	Kumlu Tın	1,63	Az Kireçli	5,76	Orta Asit	<0.02	İz miktarda	3,05	Az	2,59	1,04	25,00
2K14	Kumlu Tın	1,55	Az Kireçli	6,19	Hafif Asit	<0.02	İz miktarda	2,64	Az	2,64	1,31	8,39
2K21	Tınlı kum	2,60	Orta Kireçli	5,68	Orta Asit	<0.02	İz miktarda	1,91	Çok az	2,61	1,29	11,62
2K22	Kumlu Tın	0,78	Az Kireçli	6,19	Hafif Asit	<0.02	İz miktarda	2,28	Az	2,40	1,18	5,93
2K23	Kumlu Tın	0,58	Az Kireçli	5,73	Orta Asit	<0.02	İz miktarda	2,90	Az	2,70	1,12	8,92
2K24	Kumlu Tın	2,40	Orta Kireçli	5,70	Orta Asit	<0.02	İz miktarda	2,64	Az	1,69	1,25	16,00
2K31	Kumlu Tın	1,05	Az Kireçli	5,35	Kuvvetli Asit	<0.02	İz miktarda	3,36	Az	2,65	1,20	15,00
2K32	Tınlı Kum	1,55	Az Kireçli	6,29	Hafif Asit	<0.02	İz miktarda	4,09	Az	2,38	1,35	11,11
2K33	Kumlu Tın	1,55	Az Kireçli	5,62	Orta Asit	<0.02	İz miktarda	3,15	Az	2,58	1,35	8,88
2K34	Kumlu Tın	1,51	Az Kireçli	5,24	Kuvvetli Asit	<0.02	İz miktarda	3,83	Az	2,40	1,47	6,80
2K42	Kumlu Tın	2,29	Orta Kireçli	5,79	Orta Asit	<0.02	İz miktarda	3,31	Az	2,43	0,93	9,67
2K43	Kumlu Tın	1,98	Az Kireçli	7,61	Hafif Alkali	0,19	Az tuzlu	2,02	Az	2,28	1,41	16,31
2K44	Kumlu Tın	1,51	Az Kireçli	6,35	Hafif Asit	0,022	İz miktarda	3,72	Az	2,28	1,17	9,40

Çizelge 4.5. Caferbey köyü tarım yapılan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Volüm Ağırlık (g/cm ³)	%Nem
211	Tın	2,70	Orta Kireçli	7,50	Hafif Alkali	0,14	İz miktarda	2,00	Çok az	2,73	1,69	3,55
212	Tın	2,40	Az Kireçli	7,47	Hafif Alkali	0,07	İz miktarda	1,90	Çok az	2,55	1,25	4,00
213	Tın	2,00	Az Kireçli	7,03	Nötr	0,14	İz miktarda	1,80	Çok az	2,67	1,48	3,38
214	Kumlu Tın	1,80	Az Kireçli	7,25	Nötr	0,06	İz miktarda	1,70	Çok az	2,49	1,53	3,27
215	Kumlu Killi Tın	1,80	Az Kireçli	7,17	Nötr	0,24	Az tuzlu	1,30	Çok az	2,54	1,55	3,22
221	Kumlu Tın	2,20	Az Kireçli	7,41	Hafif Alkali	0,09	İz miktarda	1,70	Çok az	2,48	1,15	4,35
222	Tın	3,10	Orta Kireçli	7,42	Hafif Alkali	0,11	İz miktarda	2,60	Az	2,52	1,40	3,57
223	Tın	3,70	Orta Kireçli	7,61	Hafif Alkali	0,08	İz miktarda	1,60	Çok az	2,49	1,40	3,57
224	Tın	2,70	Orta Kireçli	7,47	Hafif Alkali	0,09	İz miktarda	1,00	Çok az	2,58	1,43	3,50
225	Tın	2,40	Az Kireçli	7,20	Nötr	0,10	İz miktarda	1,90	Çok az	2,52	1,45	3,45
231	Tın	2,60	Orta Kireçli	7,37	Nötr	0,14	İz miktarda	2,00	Çok az	2,65	1,50	3,33
232	Tın	2,40	Az Kireçli	7,76	Hafif Alkali	0,10	İz miktarda	1,10	Çok az	2,48	1,57	3,18
233	Tın	3,10	Orta Kireçli	7,76	Hafif Alkali	0,10	İz miktarda	0,90	Çok az	2,56	1,65	6,06
234	Tın	2,60	Orta Kireçli	7,67	Hafif Alkali	0,12	İz miktarda	1,40	Çok az	2,08	1,55	5,16
235	Tın	3,00	Orta Kireçli	7,87	Hafif Alkali	0,06	İz miktarda	1,30	Çok az	2,88	1,42	5,63

Caferbey Köyü Tarım Alanı (Devam)

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Volüm Ağırlık (g/cm ³)	%Nem
241	Kumlu Tın	2,80	Orta Kireçli	7,42	Hafif Alkali	0,12	İz miktarda	2,30	Az	2,88	1,33	7,52
242	Kumlu Tın	2,80	Orta Kireçli	7,34	Nötr	0,14	İz miktarda	1,30	Çok az	1,86	1,25	4,00
243	Tın	2,40	Az Kireçli	7,33	Nötr	0,21	Az tuzlu	2,20	Az	2,66	1,37	2,19
244	Tın	1,80	Az Kireçli	7,20	Nötr	0,12	İz miktarda	2,10	Az	2,57	1,25	4,00
245	Tın	2,50	Az Kireçli	7,49	Hafif Alkali	0,21	Az tuzlu	1,20	Çok az	2,51	1,45	3,45
251	Kumlu Tın	1,50	Az Kireçli	7,28	Nötr	0,09	İz miktarda	2,20	Az	2,47	1,48	3,38
252	Kumlu Tın	1,90	Az Kireçli	7,34	Nötr	0,11	İz miktarda	2,30	Az	2,65	1,40	3,57
253	Kumlu Tın	1,60	Az Kireçli	7,16	Nötr	0,13	İz miktarda	1,60	Çok az	2,64	1,60	3,13
254	Kumlu Tın	4,10	Orta Kireçli	7,38	Nötr	0,17	Az tuzlu	2,30	Az	2,62	1,40	3,57
255	Tın	1,50	Az Kireçli	7,26	Nötr	0,10	İz miktarda	1,90	Çok az	2,57	1,40	3,57
261	Kumlu Tın	1,70	Az Kireçli	7,28	Nötr	0,13	İz miktarda	2,10	Az	2,55	1,51	5,96
262	Kumlu Tın	1,90	Az Kireçli	7,37	Nötr	0,09	İz miktarda	1,90	Çok az	2,60	1,55	3,23
263	Kumlu Tın	1,70	Az Kireçli	6,86	Nötr	0,09	İz miktarda	3,30	Az	2,57	1,42	5,63
264	Kumlu Tın	1,10	Az Kireçli	7,08	Nötr	0,10	İz miktarda	2,20	Az	2,64	1,55	1,94
265	Kumlu Tın	3,50	Orta Kireçli	7,46	Hafif Alkali	0,06	İz miktarda	2,40	Az	2,58	1,50	3,33

Çizelge 4.6. Kabazlı köyü tarım yapılmayan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Volüm Ağırlık (g/cm ³)	%Nem
3K11	Kumlu Tın	0,88	Az Kireçli	6,67	Nötr	<0.02	İz miktarda	2,69	Az	2,53	1,32	12,58
3K12	Kumlu Tın	0,80	Az Kireçli	6,32	Hafif Asit	<0.02	İz miktarda	1,50	Çok az	2,49	1,20	12,28
3K21	Kumlu Tın	0,84	Az Kireçli	6,48	Hafif Asit	<0.02	İz miktarda	2,12	Az	2,57	1,37	12,58
3K22	Kumlu Tın	0,55	Az Kireçli	6,23	Hafif Asit	<0.02	İz miktarda	1,34	Çok az	2,51	1,40	9,84
3K23	Kumlu Tın	1,07	Az Kireçli	6,99	Nötr	0,028	İz miktarda	1,45	Çok az	2,40	1,35	13,33
3K31	Kumlu Tın	1,55	Az Kireçli	7,21	Nötr	<0.02	İz miktarda	0,98	Çok az	2,43	1,50	9,52
3K32	Kumlu Tın	0,80	Az Kireçli	6,92	Nötr	<0.02	İz miktarda	2,69	Az	2,28	1,65	9,09
3K33	Kumlu Tın	0,80	Az Kireçli	6,31	Hafif Asit	<0.02	İz miktarda	0,98	Çok az	2,44	1,52	10,41
3K41	Kumlu Tın	0,92	Az Kireçli	6,79	Nötr	0,032	İz miktarda	1,34	Çok az	2,54	1,47	12,38
3K42	Kumlu Tın	0,84	Az Kireçli	6,61	Nötr	<0.02	İz miktarda	1,50	Çok az	2,53	1,40	10,34
3K43	Kumlu Killi Tın	0,96	Az Kireçli	7,15	Nötr	0,04	İz miktarda	1,91	Çok az	2,55	1,10	16,67
3K51	Kumlu Tın	1,85	Az Kireçli	7,31	Nötr	0,03	İz miktarda	1,14	Çok az	2,50	1,52	8,83
3K52	Kumlu Tın	2,64	Az Kireçli	7,33	Nötr	0,029	İz miktarda	2,43	Az	2,52	1,30	13,56
3K53	Kumlu Tın	0,84	Az Kireçli	6,96	Nötr	0,028	İz miktarda	3,31	Az	2,55	1,45	12,90
3K54	Kumlu Tın	0,92	Az Kireçli	6,75	Nötr	<0.02	İz miktarda	2,02	Az	2,56	1,55	11,11

Çizelge 4.7. Beştepeler tarım yapılan alana ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Volüm Ağırlık (g/cm ³)	%Nem
411	Tın	7,20	Kireçli	7,79	Hafif Alkali	0,04	İz miktarda	1,60	Çok az	2,71	1,65	15,15
412	Tın	7,20	Kireçli	7,74	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	1,60	Çok az	2,79	1,55	12,90
421	Tın	5,90	Kireçli	7,79	Hafif Alkali	0,06	İz miktarda	1,00	Çok az	2,72	1,58	20,25
422	Tın	9,90	Kireçli	7,69	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	3,00	Az	2,66	1,52	19,74
423	Tın	12,10	Kireçli	7,83	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	1,10	Çok az	2,60	1,43	22,38
431	Tın	3,40	Orta Kireçli	7,80	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	2,00	Çok az	2,64	1,54	21,43
432	Tın	13,30	Kireçli	7,70	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	1,10	Çok az	2,47	1,65	19,39
433	Tın	13,70	Kireçli	7,54	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	1,60	Çok az	2,48	1,56	19,87
434	Tın	11,50	Kireçli	7,85	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	1,70	Çok az	2,65	1,60	21,88
441	Tın	9,10	Kireçli	7,68	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	2,10	Az	2,57	1,48	23,65
442	Tın	1,20	Az Kireçli	7,80	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	2,10	Az	2,60	1,68	17,26
443	Kumlu Tın	7,50	Kireçli	7,71	Hafif Alkali	0,04	İz miktarda	1,90	Çok az	2,68	1,40	25,00
444	Tın	10,30	Kireçli	7,57	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	0,90	Çok az	2,66	1,55	18,06
445	Tın	9,90	Kireçli	7,54	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	1,60	Çok az	2,48	1,48	21,62
451	Kumlu Tın	5,10	Kireçli	7,68	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	0,40	Çok az	2,83	1,47	19,05
452	Kumlu Tın	5,80	Kireçli	7,55	Hafif Alkali	0,04	İz miktarda	2,40	Az	2,48	1,57	17,83

Beştepeler Tarım Alanı (Devamı)

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Volüm Ağırlık (g/cm ³)	%Nem
453	Kumlu Tın	7,80	Kireçli	7,74	Hafif Alkali	0,04	İz miktarda	0,70	Çok az	2,68	1,70	14,71
454	Kumlu Tın	8,20	Kireçli	7,88	Hafif Alkali	0,04	İz miktarda	2,00	Çok az	2,64	1,50	20,00
455	Tın	8,40	Kireçli	7,10	Nötr	0,04	İz miktarda	2,40	Az	2,68	1,49	18,79
461	Kumlu Killi Tın	5,40	Kireçli	7,76	Hafif Alkali	0,05	İz miktarda	0,80	Çok az	2,45	1,83	14,75
462	Kumlu Tın	2,20	Az Kireçli	7,55	Hafif Alkali	0,04	İz miktarda	0,90	Çok az	2,58	1,45	15,17
463	Kumlu Tın	4,40	Az Kireçli	7,34	Nötr	0,04	İz miktarda	1,60	Çok az	2,60	1,56	21,79
464	Milli Tın	4,90	Az Kireçli	7,72	Hafif Alkali	0,04	İz miktarda	2,10	Az	2,59	1,45	20,69
465	Kumlu Tın	5,70	Kireçli	7,59	Hafif Alkali	0,04	İz miktarda	2,50	Az	2,62	1,40	22,14

4.2. Kil Tipi Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamında alınan toprak örneklerinde kil tipi analizi yapılarak belirlenen kil tipleri ile ^{210}Pb tutunumu arasındaki korelasyonun incelenmesi amacıyla, 39 toprak örneği bünye ve organik madde (%OM) miktarına göre seçilmiştir. Bu örnekler Çizelge 4.8.'de yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Kil tipi tayini için seçilen toprak örnekleri

Örnek No	Örnekleme Alanı	Bünye	%OM
K121	Kargın Tarım Yapılmayan Alan	Kumlu Killi Tın	3,34
K123	Kargın Tarım Yapılmayan Alan	Kumlu Killi Tın	3,95
112	Kargın Tarım Alanı	Kumlu Killi Tın	1,09
113	Kargın Tarım Alanı	Kumlu Killi Tın	1,79
114	Kargın Tarım Alanı	Kumlu Killi Tın	2,26
122	Kargın Tarım Alanı	Kumlu Killi Tın	2,40
132	Kargın Tarım Alanı	Kumlu Killi Tın	1,21
135	Kargın Tarım Alanı	Kumlu Killi Tın	2,05
141	Kargın Tarım Alanı	Kumlu Killi Tın	1,39
145	Kargın Tarım Alanı	Kumlu Killi Tın	0,56
153	Kargın Tarım Alanı	Kumlu Killi Tın	2,42
154	Kargın Tarım Alanı	Kumlu Killi Tın	3,39
215	Caferbey Bağ Alanı	Kumlu Killi Tın	1,30
3K43	Kabazlı Tarım Yapılmayan	Kumlu Killi Tın	1,91
461	Beştepeler Tarım Alanı	Kumlu Killi Tın	0,80
K113	Kargın Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	6,23
K114	Kargın Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	4,40
K115	Kargın Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	3,37
K132	Kargın Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	3,00

Çizelge 4.8. Devamı

Örnek No	Örnekleme Alanı	Bünye	%OM
144	Kargın Tarım Alanı	Kumlu Tın	1,60
2K11	Caferbey Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	4,60
2K12	Caferbey Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	3,15
2K14	Caferbey Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	2,64
2K22	Caferbey Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	2,28
2K33	Caferbey Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	3,15
2K34	Caferbey Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	3,83
3K12	Kabazlı Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	1,50
3K22	Kabazlı Tarım Yapılmayan	Kumlu Tın	1,34
133	Kargın Tarım Alanı	Tın	1,17
222	Caferbey Bağ Alanı	Tın	2,60
223	Caferbey Bağ Alanı	Tın	1,60
224	Caferbey Bağ Alanı	Tın	1,00
225	Caferbey Bağ Alanı	Tın	1,90
422	Beştepeler Tarım Alanı	Tın	3,00
431	Beştepeler Tarım Alanı	Tın	2,00
434	Beştepeler Tarım Alanı	Tın	1,70
455	Beştepeler Tarım Alanı	Tın	2,40
444	Beştepeler Tarım Alanı	Tın	0,90
142	Kargın Tarım Alanı	Killi Tın	1,34

Seçilen bu örneklerde XRD (X-ışınları kırınımı) çekimi yapılarak simektit ve simektit olmayan killerin oranları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; ^{210}Pb ile Simektit, İllit ve Klorit+Kaolinit arasında bir regresyon denklemi bulunmuş ve aralarındaki ilişkiyi açıklamada önemli bir model elde edilmiştir ($p<0,001$).

Çizelge 4.9. Regresyon analizi tablosu

ANOVA ^b					
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Derecesi
Regresyon	2106,488	3	702,163	7,635	,000 ^a
Kalan	3218,948	35	91,970		
Toplam	5325,436	38			

a:Klokao, İllit, Simektit

b Bağımlı değişken:Pb

Elde edilen regresyon denklemine göre; ^{210}Pb 'un değişimini açıklamada Klorit+Kaolinit değişkeninin katkısının yaklaşık %38 olduğu görülmektedir (Çizelge 4.10.).

Çizelge 4.10. Regresyon analiz sonuçları

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Standart Hata
1	,615 ^a	,378	,361	9,46123

a:Klokao

Çizelge 4.11. ²¹⁰Pb ile Klorit+Kaolinit için regresyon analiz tablosuANOVA^b

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Derecesi
Regresyon	2013,387	1	2013,387	22,492	,000 ^a
Kalan	3312,049	37	89,515		
Toplam	5325,436	38			

^a:Klokao^bBağımlı Değişken:PbKatsayılar^a

	Katsayılar		Standartlaşmış Katsayılar	t	Önem Derecesi
	B	Standart Hata	Beta		
Klokao	7,857	4,760	,615	1,651	,107
	1,128	,238		4,743	,000

^aBağımlı Değişken:Pb

Çizelge 4.12. Aşamalı regresyon sonuçları

Değişkenler^b

	Beta	t	Önem Derecesi
Simektit	-,104 ^a	-,764	,450
İllit	,100 ^a	,750	,458

^a:Klokao^bBağımlı Değişken:Pb

Çizelge 4.11. ve 4.12.'de görüldüğü gibi elde edilen bu modelde, Klorit+Kaolinit değişkeninin önemli ($p < 0,001$), diğer kil minerallerinin ikisinin de (Simektit ve İllit) önemsiz olduğu bulunmuştur ($p > 0,05$).

Toprak örneklerinde tayin edilen ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları ile kil mineralleri (İllit, Smektit ve Klorit+Kaolinit) arasındaki korelasyon incelenmiş ve belirlenen korelasyon katsayıları Çizelge 4.13.'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları ile kil mineralleri arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

	^{210}Pb	İllit	Smektit	Klorit+Kaolinit
^{210}Pb	1			
İllit	0,039	1		
Smektit	-0,318*	-0,895**	1	
Klorit+Kaolinit	0,605**	-0,246	-0,213	1

*: Korelasyon 0,05 seviyesinde önemlidir.

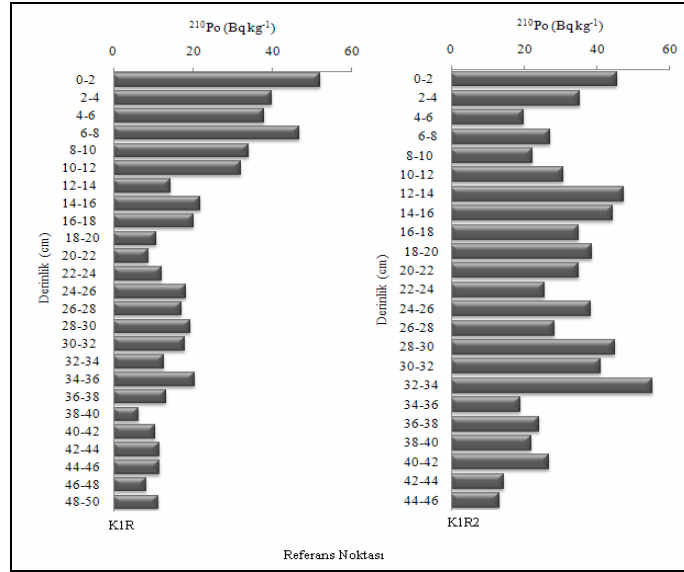
** : Korelasyon 0,01 seviyesinde önemlidir.

^{210}Pb aktivite konsantrasyonları ile Klorit+Kaolinit kil minerali arasında pozitif yönde önemli bir ilişki elde edilmiştir ($r=0,605$).

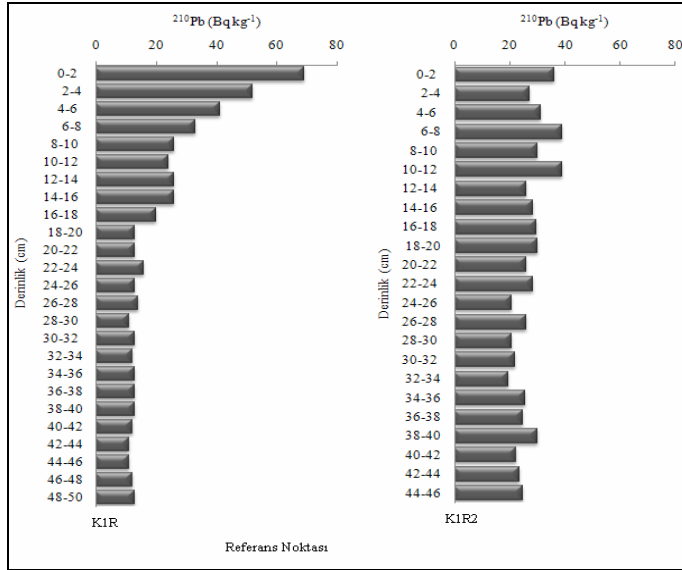
4.3. Kargın Köyü Tarım Yapılan ve Yapılmayan Alana Ait Sonuçlar

Kargın köyü için belirlenen referans noktalarından (K1R ve K1R2) alınan toprak örneklerinde ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimi Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de görülmektedir. Örnekleme alanında $38^\circ 34' 29''$ K, $27^\circ 53' 30''$ D koordinatlı noktadan alınmış K1R no'lu toprak korunda derinliğe bağlı olarak ^{210}Po ve ^{210}Pb 'un aktivite konsantrasyonları yüzeyde en yüksektir ve eksponansiyel bir dağılım

elde edilmiştir (Şekil 4.1. ve 4.2.). Bu durum mevcut bitki örtüsü ve alanın topoğrafik yapısına bağlı olarak, örneklemenin yapıldığı noktada toprağın aşınmamış olduğunu göstermektedir. K1R2 no'lu referans korunda ise derinliğe bağlı olarak eksponansiyel bir dağılım elde edilememiştir. Bu nedenle, erozyon hızını tayin etmek için belirlenmesi gereken referans noktasına göre denge üstü ^{210}Pb envanteri, ^{210}Pb akısı ve relaksasyon kütle derinliği K1R no'lu referans koru kullanılarak hesaplanmıştır.

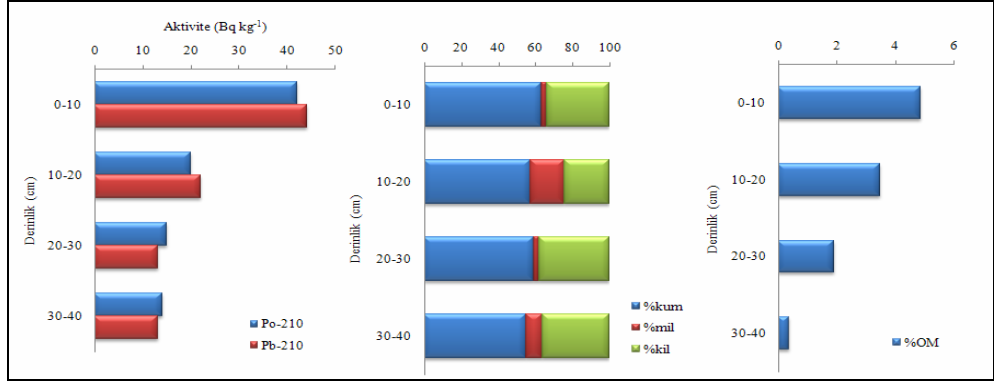


Şekil 4.1. Kargın istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ^{210}Po (Bq kg^{-1}) değişimi



Şekil 4.2. Kargın istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ^{210}Pb (Bq kg^{-1}) değişimi

Şekil 4.3'te Kargın istasyonundan alınan K1R no'lu referans korunda derinliğe bağlı olarak tayin edilen ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonları ile bünye ve organik madde (%OM) dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.3. K1R no'lu referans korunda derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı

Çizelge 4.14. K1R no'lu referans kuru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

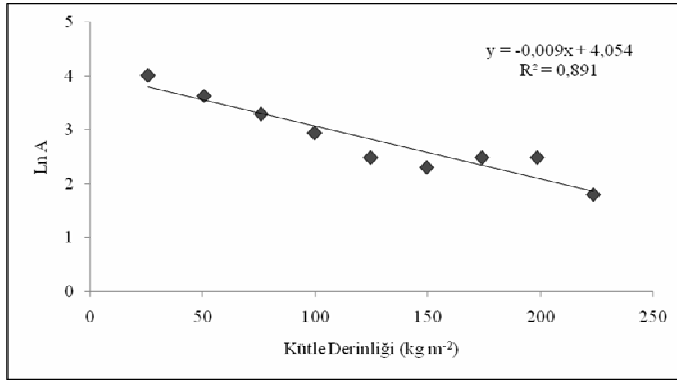
	^{210}Po	^{210}Pb	OM (%)	Kum (%)	Mil (%)	Kil (%)
^{210}Po	1					
^{210}Pb	0,995	1				
OM (%)	0,864	0,889	1			
Kum (%)	0,875	0,841	0,821	1		
Mil (%)	-0,325	-0,229	-0,014	-0,582	1	
Kil (%)	-0,086	-0,183	-0,434	0,157	-0,895	1

Çizelge 4.14.'te K1R no'lu referans korunda tayin edilen ^{210}Po , ^{210}Pb , %OM ve toprak bünye özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları yer almaktadır. ^{210}Po ve ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları ile toprak bünyesindeki kum yüzdesi arasında bulunan pozitif korelasyon, kumlu toprakların daha az aşınabileceğinin bir göstergesi olabilir. Bu radyonüklidler ile mil ve kil yüzdeleri arasında elde edilen negatif

korelasyon ise toprak aşınmasında tane boyutunun etkili olduğunu göstermektedir.

Kargın İstasyonu için;

Referans noktasına göre denge üstü ^{210}Pb envanteri 4829 Bq m^{-2} ; ^{210}Pb akısı ise $150 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Relaksasyon kütle derinliği, referans korunda tayin edilen ^{210}Pb konsantrasyonunun $\ln A$ 'sı ile kütle derinliği arasındaki grafiğin eğiminden hesaplanmış ve $H = 111 \text{ kg m}^{-2}$ olarak bulunmuştur.

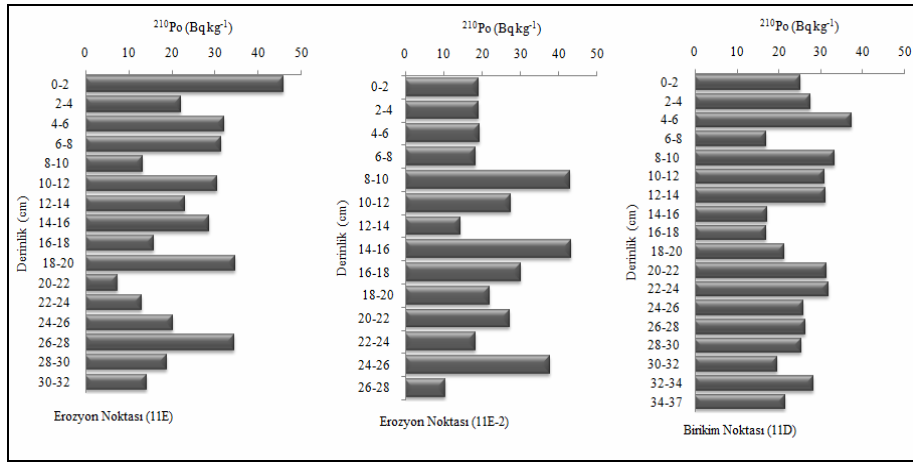


Şekil 4.4. K1R no'lu referans noktasının ^{210}Pb konsantrasyonlarının kütle derinliğine göre dağılım grafiği

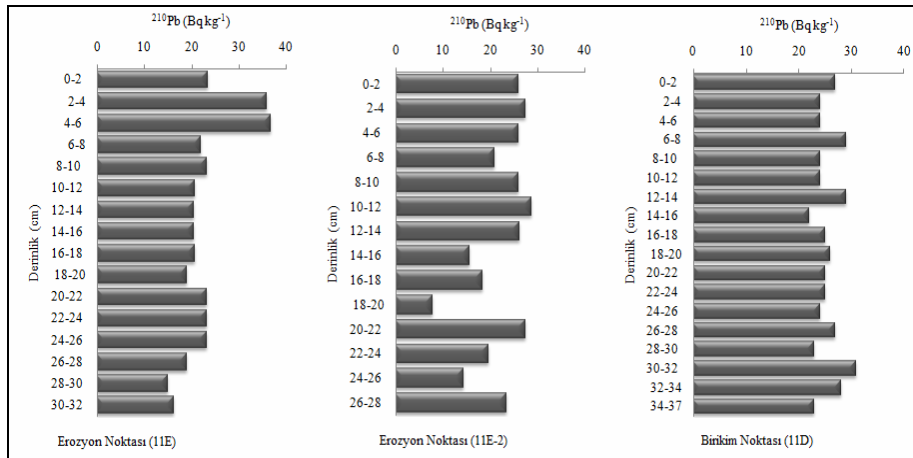
4.3.1. Kargın Köyü Tarım Yapılan Alan

Gediz havzasında bulunan Kargın Köyü'nün kuzeyindeki tarım yapılan bir alan ($38^{\circ} 34' 36'' \text{ K}$, $27^{\circ} 53' 33'' \text{ D}$) ilk örnekleme sahası olarak seçilmiştir. Bu alandan alınan toprak örneklerinde tayin edilen ^{210}Po ve ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları sırasıyla 12 ± 3 - $86 \pm 4 \text{ Bq kg}^{-1}$ ve

17±3 - 32±3 Bq kg⁻¹ arasında tayin edilmiştir. Şekil 4.5. ve 4.6.'da Kargın köyü tarım yapılan alanda belirlenen erozyon ve birikim noktalarındaki ²¹⁰Po ve ²¹⁰Pb aktivite konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimi görülmektedir.

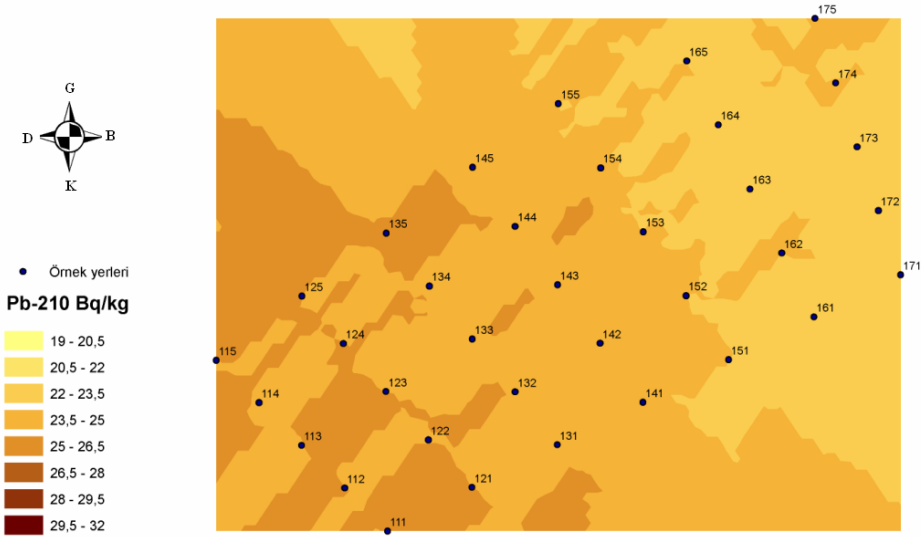


Şekil 4.5. Kargın köyü tarım yapılan alana ait erozyon ve birikim noktalarında ²¹⁰Po'un derinliğe bağlı değişimi



Şekil 4.6. Kargın köyü tarım yapılan alana ait erozyon ve birikim noktalarında ²¹⁰Pb'un derinliğe bağlı değişimi

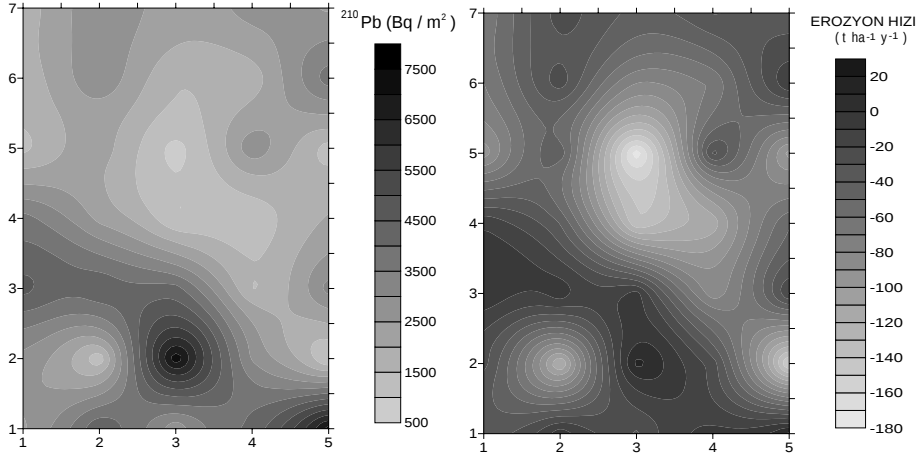
Alınan toprak örneklerinde tayin edilen ^{210}Pb konsantrasyonları kriging yöntemi ile haritalanmıştır. Bakısı doğu yönlü olan bu istasyonda, örnekleme yapıldığı tarihte alan sürülmüş olarak bırakılmıştır. Şekil 4.7.'de görüldüğü gibi alanda güney-batı kuzey-doğu yönündeki eğime bağlı olarak 35 toprak örneği alınmıştır. Alanın topoğrafik yapısına bağlı olarak ^{210}Pb dağılımında artma ve azalmalar elde edilmiştir.



Şekil 4.7. Kargın köyü tarım yapılan alanda ^{210}Pb konsantrasyonunun dağılımı

Bu alan için, denge üstü ^{210}Pb envanteri erozyon noktasında 2619 Bq m^{-2} ; depozisyon noktasında ise 5354 Bq m^{-2} olarak tayin edilmiştir. Yerel yağış rejimine bağlı olan parametre, Devlet Meteoroloji Müdürlüğü Salihli İstasyonu'ndan alınan yağış değerlerine göre hesaplanmış ve Kargın istasyonu için 0,14 olarak bulunmuştur. P parametresi, referans ve erozyon korlarından tayin edilen konsantrasyonların oranından 1,80

olarak elde edilmiştir. Bu parametreler kullanılarak belirlenen ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı Şekil 4.8.'de yer almaktadır.



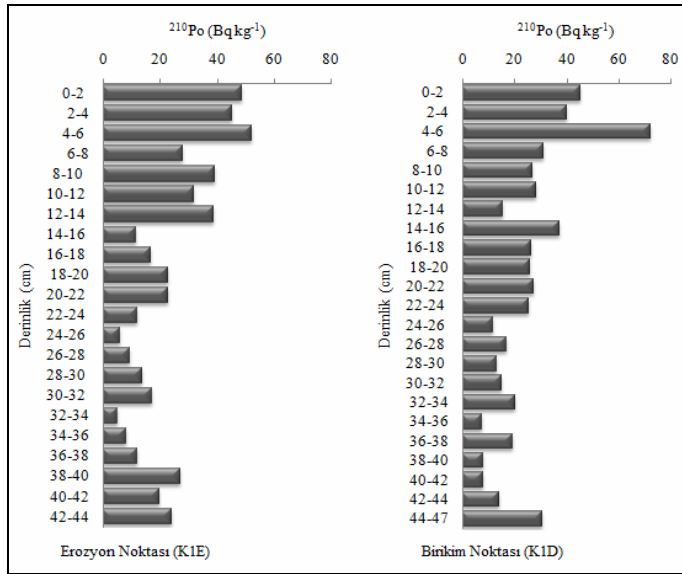
Şekil 4.8. Kargın köyü tarım yapılan alana ait ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı

Kargın köyü tarım yapılan alanda ^{210}Pb envanterinin 828-7395 Bq m⁻² arasında değiştiği, ortalama envanterin ise 2759 Bq m⁻² olduğu hesaplanmıştır. Bu alanda tayin edilen toprak kayıplarının 1,16 ile 176,89 t ha⁻¹y⁻¹ arasında değiştiği ve ortalama toprak kaybının 54,05 t ha⁻¹y⁻¹ olduğu saptanmıştır. Depozisyon miktarı ise 12,81 ile 13,32 t ha⁻¹y⁻¹ arasındadır ve ortalama depozisyon miktarı 13,07 t ha⁻¹y⁻¹'dir.

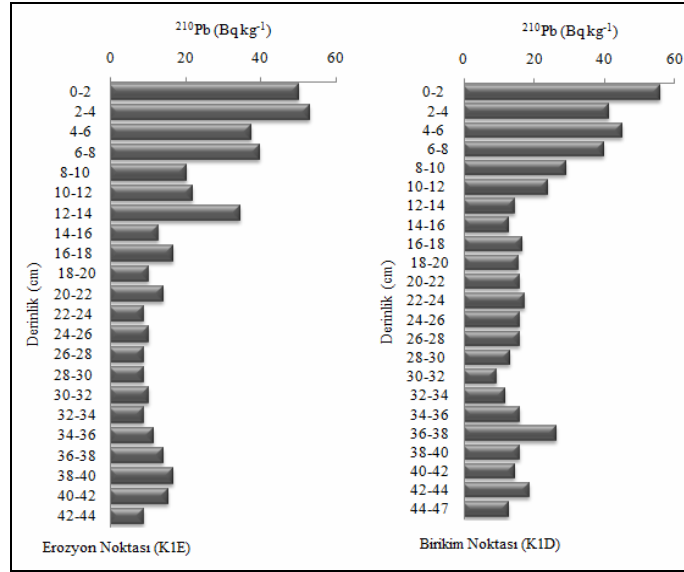
4.3.2. Kargın Köyü Tarım Yapılmayan Alan

Kargın Köyü'nün kuzeyindeki tarım yapılmayan bir alan (38° 57' 54" K, 27° 89' 15" D) ikinci örnekleme sahası olarak seçilmiştir. Bu alandan alınan toprak örneklerinde tayin edilen ^{210}Po ve ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları sırasıyla 19±5 - 134±21 Bq kg⁻¹ ve 23±3 - 78±5 Bq kg⁻¹

¹ arasında tayin edilmiştir. Şekil 4.9. ve 4.10.'da Kargın köyü tarım yapılmayan alanda belirlenen erozyon ve birikim noktalarındaki ²¹⁰Po ve ²¹⁰Pb aktivite konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimi yer almaktadır.

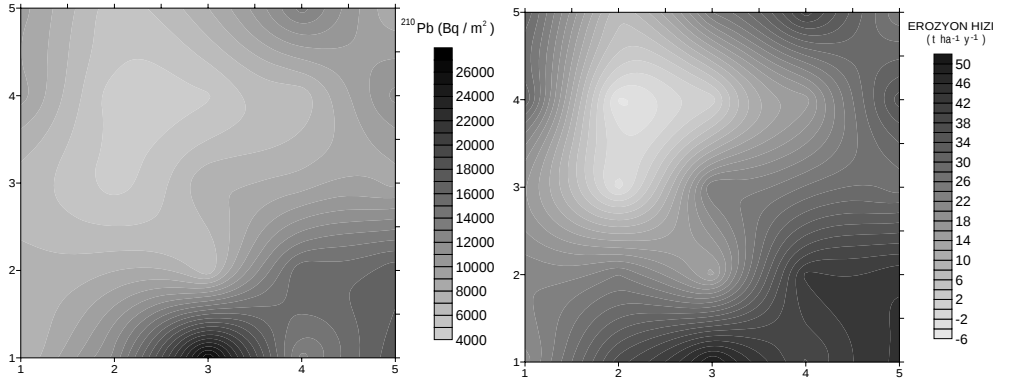


Şekil 4.9. Kargın köyü tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ²¹⁰Po (Bq kg⁻¹) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi



Şekil 4.10. Kargın köyü tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Pb (Bq kg $^{-1}$) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi

Yoğun mera bitki örtüsü (otsu bitkiler) ile kaplı olan bu alanın bakışı doğu yönlüdür. Ölçülen ^{210}Pb aktivite konsantrasyonlarının, yüksek kesimden (K115-38° 57' 57" K, 27° 89' 07" D) alçak kesimlere (K155-38° 57' 60" K, 27° 89' 14" D) doğru, eğime bağlı olarak kademeli bir azalma gösterdiği Şekil 4.11.'de görülmektedir.



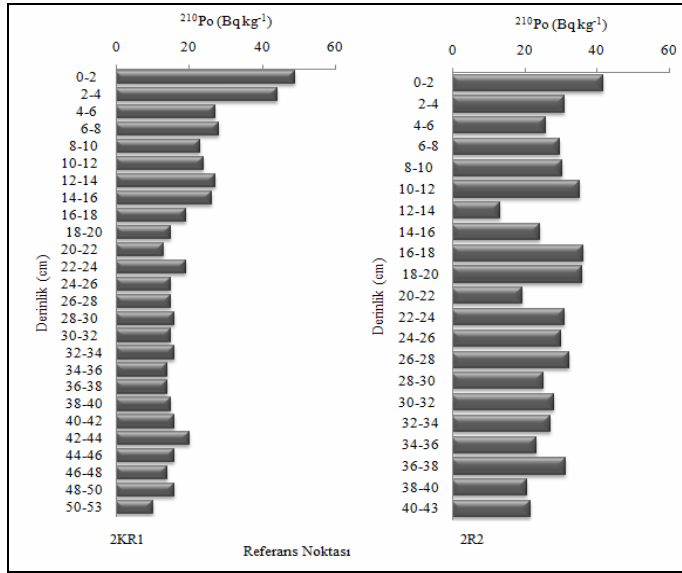
Şekil 4.12. Kargın köyü tarım yapılmayan alana ait ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı

Kargın köyü tarım yapılmayan alanda ^{210}Pb envanterinin 4500-27135 Bq m^{-2} arasında değiştiği, ortalama envanterin ise 9919 Bq m^{-2} olduğu hesaplanmıştır. Bu alanda tayin edilen toprak kayıplarının 2,66 ile 4,35 $\text{t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ arasında değiştiği ve ortalama toprak kaybının 3,51 $\text{t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ olduğu saptanmıştır. Bu alan için, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü 1/25000 ölçekli toprak haritaları temel alınarak belirlenen eğim grubu %2-6'dır. Yoğun bitki örtüsü ve eğime bağlı olarak Kargın tarım yapılan alanda hesaplanan erozyon hızına göre, bu alandaki hız değeri oldukça düşüktür. Depozisyon miktarı ise 1,15 ile 50,36 $\text{t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ arasındadır ve ortalama depozisyon miktarı 27,48 $\text{t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ 'dir.

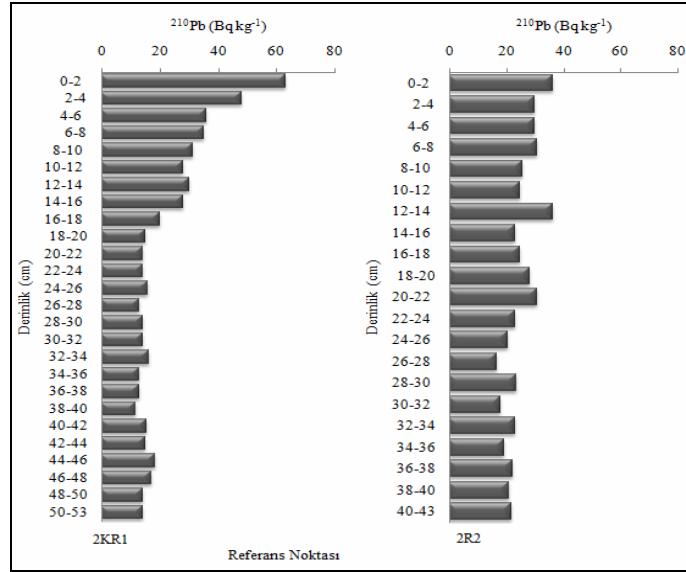
4.4. Caferbey Köyü Tarım Yapılan ve Yapılmayan Alana Ait Sonuçlar

Caferbey köyü için belirlenen referans noktalarından (2KR1 ve 2R2) alınan toprak örneklerinde ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimi Şekil 4.13. ve 4.14'te görülmektedir. 2KR1 no'lu

referans korunda tayin edilen konsantrasyonlar, yüzeyde en yüksektir ve derinlik arttıkça eksponansiyel olarak bir azalma görülmektedir. 2R2 no'lu referans korunda ise derinliğe bağlı olarak eksponansiyel bir dağılım elde edilememiştir. Bu nedenle, erozyon hızını tayin etmek için yapılan hesaplamalarda 2KR1 no'lu referans kuru kullanılmıştır.

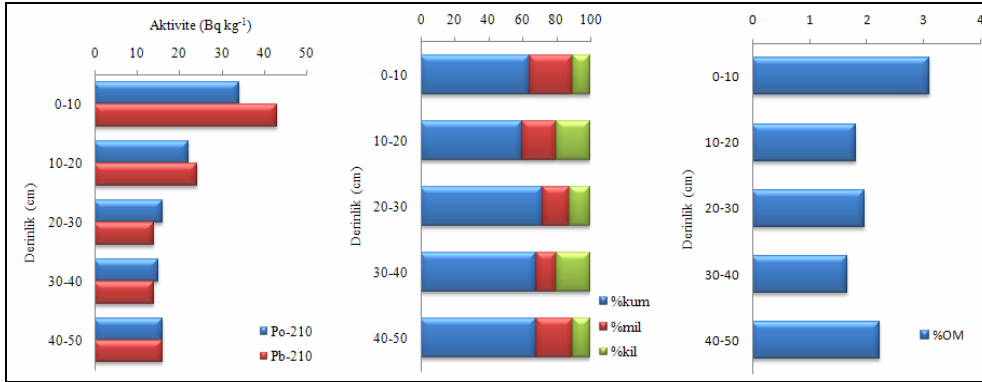


Şekil 4.13. Caferbey istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ^{210}Po (Bq kg^{-1}) değişimi



Şekil 4.14. Caferbey istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ^{210}Pb (Bq kg^{-1}) değişimi

Şekil 4.15'te Caferbey istasyonundan alınan 2KR1 no'lu referans korunda derinliğe bağlı olarak tayin edilen ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonları ile bünye ve organik madde (%OM) dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.15. 2KR1 (Caferbey istasyonu) no'lu referans korunda derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı

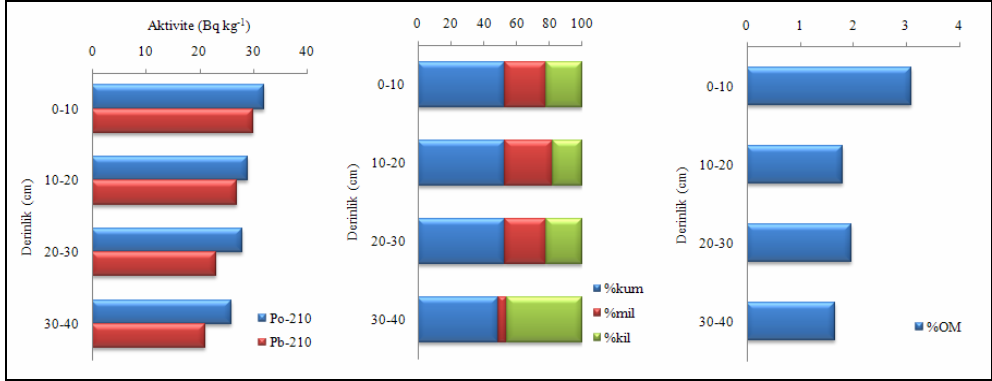
Çizelge 4.15. 2KR1 no'lu referans koru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları

	^{210}Po	^{210}Pb	OM (%)	Kum (%)	Mil (%)	Kil (%)
^{210}Po	1					
^{210}Pb	0,998	1				
OM (%)	0,853	0,862	1			
Kum (%)	-0,571	-0,579	-0,172	1		
Mil (%)	0,778	0,791	0,853	-0,471	1	
Kil (%)	-0,310	-0,315	-0,739	-0,390	-0,629	1

Çizelge 4.15.'te Caferbey istasyonu için; ^{210}Po , ^{210}Pb , organik madde (OM) ve toprak bünye özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları yer almaktadır.

Şekil 4.16'da Caferbey istasyonundan alınan 2R2 no'lu referans korunda derinliğe bağlı olarak tayin edilen ^{210}Po ve ^{210}Pb

konsantrasyonları ile bünye ve organik madde (%OM) dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.16. 2R2 (Caferbey İstasyonu) no'lu referans korunda derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı

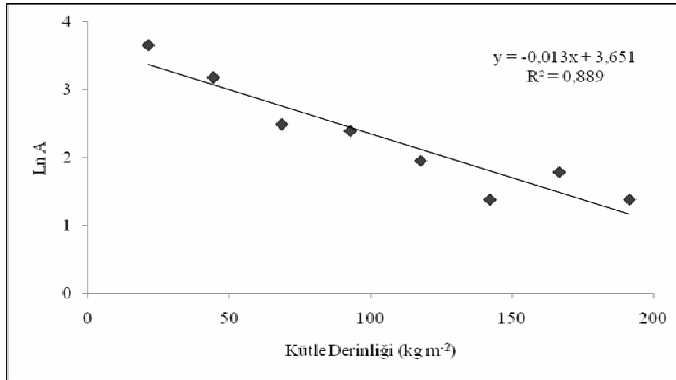
Şekil 4.16.'da görüldüğü gibi, derinliğe bağlı olarak toprak bünyesindeki kil miktarında artma; ^{210}Po ve ^{210}Pb aktivite konsantrasyonlarında ise azalma gözlenmektedir. Çizelge 4.16.'da ^{210}Po , ^{210}Pb , organik madde (OM) ve toprak bünye özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları yer almaktadır. ^{210}Po ve ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları ile kil miktarı arasında tayin edilen negatif korelasyon, toprak profil içeriğindeki kil miktarının radyonüklid tutunumunda önemli olmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.16. 2R2 referans koru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları

	^{210}Po	^{210}Pb	OM (%)	Kum (%)	Mil (%)	Kil (%)
^{210}Po	1					
^{210}Pb	0,967	1				
OM (%)	0,912	0,808	1			
Kum (%)	0,733	0,703	0,483	1		
Mil (%)	0,689	0,702	0,385	0,985	1	
Kil (%)	-0,698	-0,704	-0,401	-0,989	-1,000	1

Caferbey İstasyonu için,

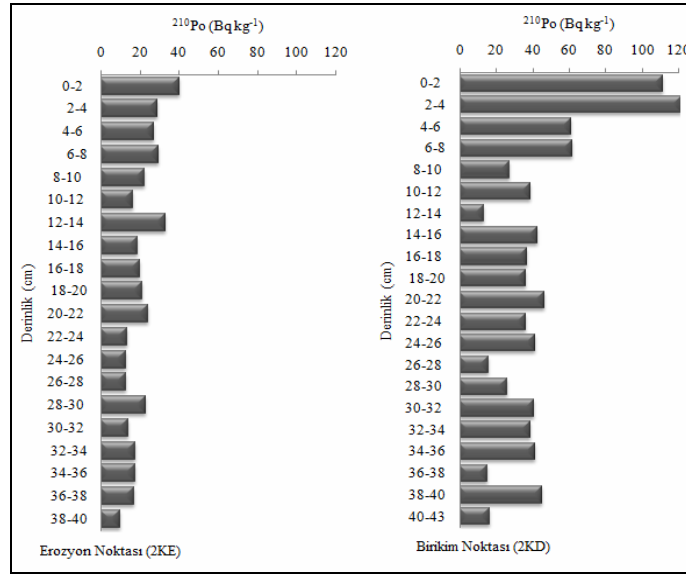
Referans noktasına göre denge üstü ^{210}Pb envanteri 2538 Bq m^{-2} , ^{210}Pb akısı ise $79 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Relaksasyon kütle derinliği, $H=1/0,013=77 \text{ kg m}^{-2}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.17.).



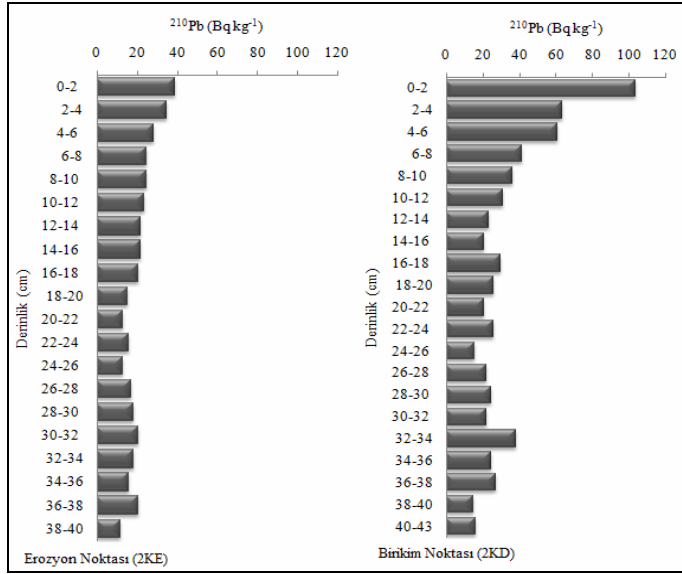
Şekil 4.17. 2KR1 no'lu referans noktasının ^{210}Pb konsantrasyonlarının kütle derinliğine göre dağılım grafiği

4.4.1. Caferbey Köyü Tarım Yapılmayan Alan

Caferbey köyü'ndeki tarım yapılmayan bir alan ($38^{\circ} 28' 05''$ K, $28^{\circ} 04' 41''$ D) üçüncü örnekleme sahası olarak seçilmiştir. Bu alandan alınan toprak örneklerinde tayin edilen ^{210}Po ve ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları sırasıyla 10 ± 4 - 68 ± 4 Bq kg^{-1} ve 25 ± 3 - 51 ± 4 Bq kg^{-1} arasında bulunmuştur. Şekil 4.18. ve 4.19.'da bu çalışma alanı için belirlenen erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Po ve ^{210}Pb aktivite konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimi görülmektedir.

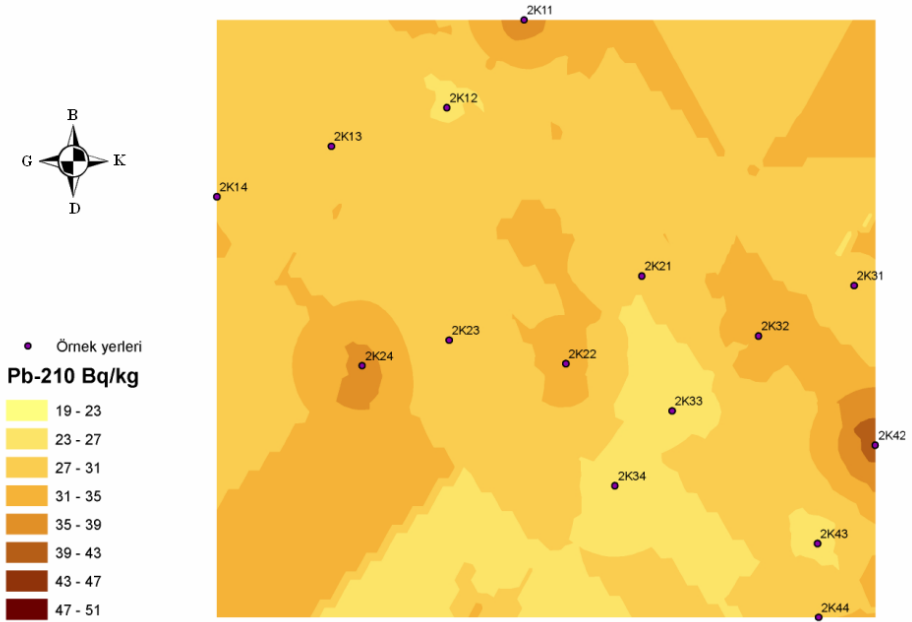


Şekil 4.18. Caferbey tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Po (Bq kg^{-1}) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi



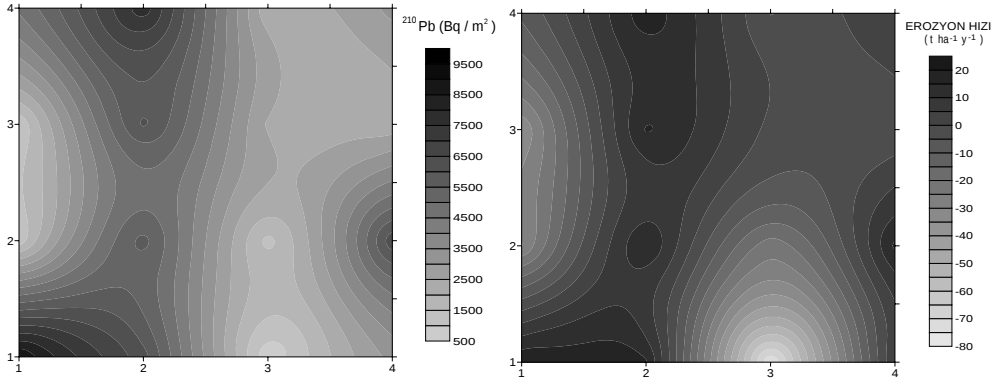
Şekil 4.19. Caferbey tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Pb (Bq kg $^{-1}$) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi

Yoğun otsu bitkilerle birlikte maki ve fundadan oluşan alanın bakışı kuzey yönlüdür. Bitki örtüsünden dolayı kuzey-doğu güney-batı doğrultusundaki eğim boyunca, toprakta bir aşınma gözlenmemiş ve bu durum ^{210}Pb 'un aktivite konsantrasyonlarındaki dağılımında da görülmüştür (Şekil 4.20.).



Şekil 4.20. Caferbey köyü tarım yapılmayan alanda ^{210}Pb konsantrasyonunun dağılımı

Denge üstü ^{210}Pb envanteri erozyon noktasında 2396 Bq m^{-2} ; depozisyon noktasında ise 5796 Bq m^{-2} olarak tayin edilmiştir. Bu alan için P parametresi referans ve erozyon korlarından tayin edilen konsantrasyonların oranından 2,23; yağış rejimine bağlı γ parametresi ise 0,33 olarak elde edilmiştir. Bu parametreler kullanılarak belirlenen ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı Şekil 4.21.'de yer almaktadır.

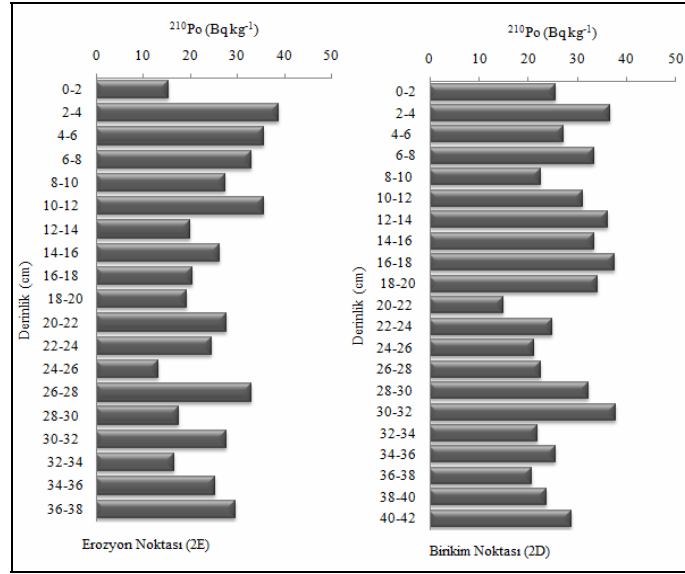


Şekil 4.21. Caferbey köyü tarım yapılmayan alana ait ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı

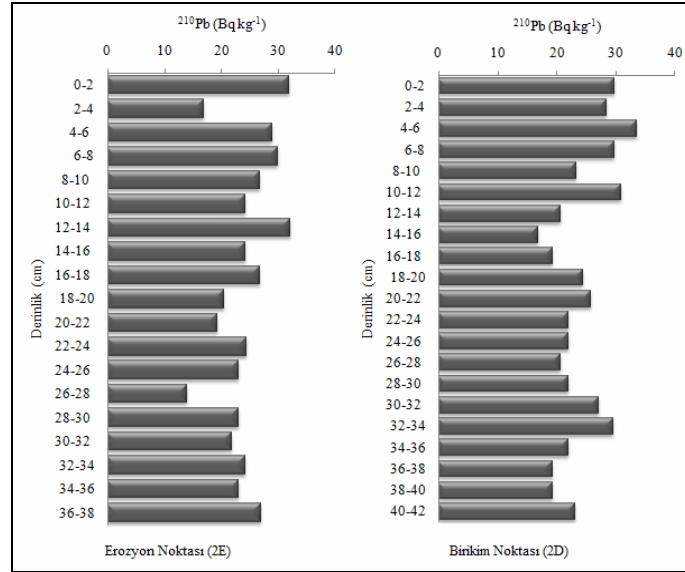
Caferbey köyü tarım yapılmayan alanda ^{210}Pb envanterinin 624-9009 Bq m^{-2} arasında değiştiği, ortalama envanterin ise 3894 Bq m^{-2} olduğu hesaplanmıştır. Bu alanda tayin edilen toprak kayıplarının 1,19 ile 75,17 $\text{t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ arasında değiştiği ve ortalama toprak kaybının 24,78 $\text{t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ olduğu saptanmıştır. Depozisyon miktarı ise 5,09 ile 19,28 $\text{t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ arasındadır ve ortalama depozisyon miktarı 13,74 $\text{t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ 'dir.

4.4.2. Caferbey Köyü Tarım Yapılan Alan

Caferbey köyündeki tarım yapılan bir alan ($38^{\circ} 46' 81'' \text{ K}$, $28^{\circ} 06' 66'' \text{ D}$) dördüncü örnekleme sahası olarak seçilmiştir. Çalışma alanı, eğime dik olarak sürülmüş bir bağ alanından oluşmaktadır. Genelde batı-doğu yönünde azalan bir eğim ile arazi yüzeyi doğrusal değildir. Hafif ondüle mikro rolyefle doğu bakı yönündeki yamaç fizyografik yapıya sahiptir. Bu alandan alınan toprak örneklerinde tayin edilen ^{210}Po ve ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları sırasıyla 18 ± 3 - $43 \pm 5 \text{ Bq kg}^{-1}$ ve 20 ± 1 - $31 \pm 3 \text{ Bq kg}^{-1}$ arasında bulunmuştur.

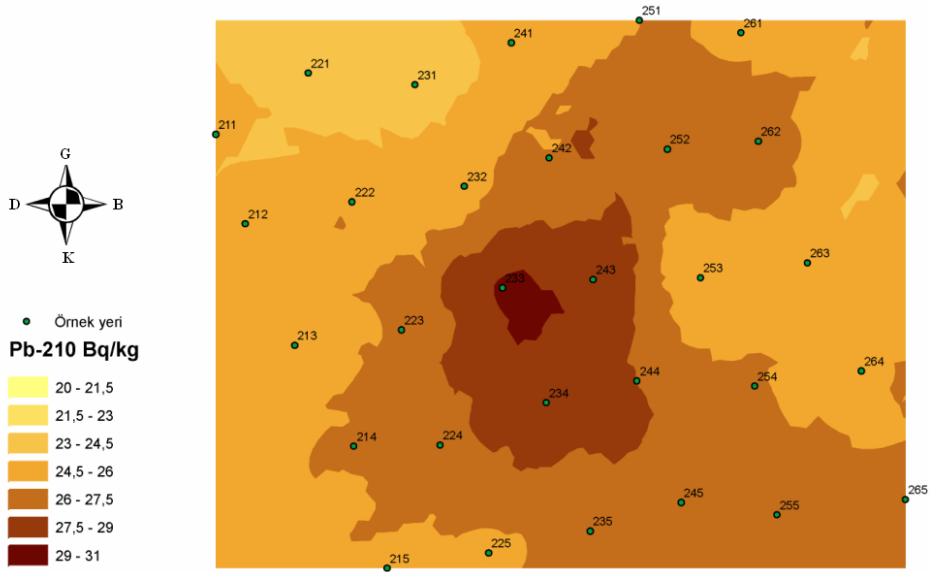


Şekil 4.22. Caferbey tarım yapılan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Po (Bq kg $^{-1}$) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi



Şekil 4.23. Caferbey tarım yapılan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Pb (Bq kg $^{-1}$) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi

Tüm örnekleme alanında eğim derecesi homojen değildir. Örnekleme alanının orta bölgelerinde ise eğim azalmakta ve toprak işleme şekline de bağlı olarak dar yüzeyli sekiler şeklinde yapılanmaların olduğu gözlenmiştir. Buna bağlı olarak ^{210}Pb akümüasyonu bu bölgelerde yoğunlaştığı yapılan jeostatistiksel haritada görülmüştür (Şekil 4.24.).

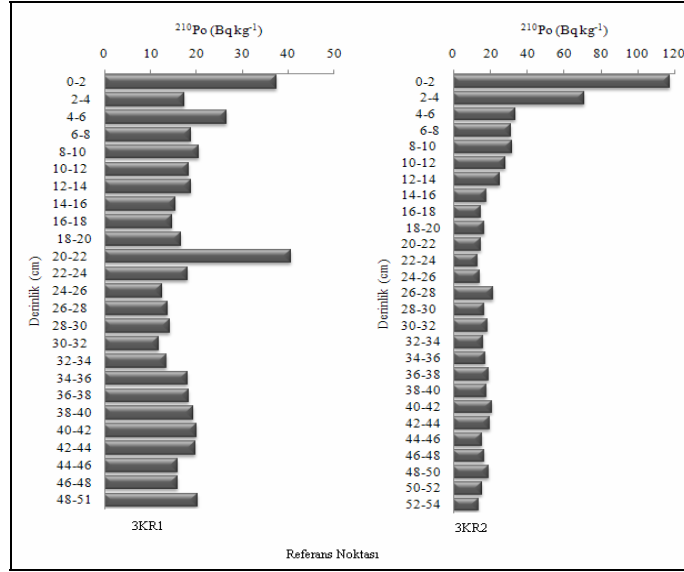


Şekil 4.24. Caferbey tarım yapılan alanda ^{210}Pb konsantrasyonunun dağılımı

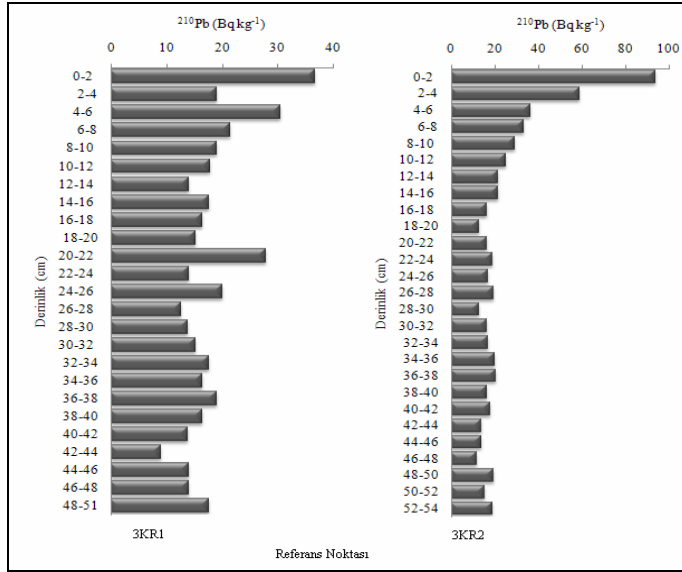
Denge üstü ^{210}Pb envanteri erozyon noktasında 1848 Bq m^{-2} ; depozisyon noktasında ise 3104 Bq m^{-2} olarak tayin edilmiştir. Bu alan için P parametresi referans ve erozyon korlarından tayin edilen konsantrasyonların oranından 1,41; yağış rejimine bağlı γ parametresi ise 0,41 olarak elde edilmiştir. ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları, ölçülen ^{226}Ra konsantrasyonlarından daha düşük olduğundan dolayı; bu örnekleme alanı için, denge üstü ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı hesaplanamamıştır.

4.5. Kabazlı Tarım Yapılmayan Alana Ait Sonuçlar

Kabazlı tarım yapılmayan alan için belirlenen referans noktalarından (3KR1 ve 3KR2) alınan toprak örneklerinde ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimi Şekil 4.25 ve 4.26’da görülmektedir. 3KR1 no’lu referans korunda derinliğe bağlı olarak eksponansiyel bir dağılım elde edilememiştir. 3KR2 no’lu referans korunda ise derinlik arttıkça eksponansiyel olarak bir azalma görülmektedir. Erozyon hızı tayininde 3KR2 no’lu referans kuru kullanılmıştır.

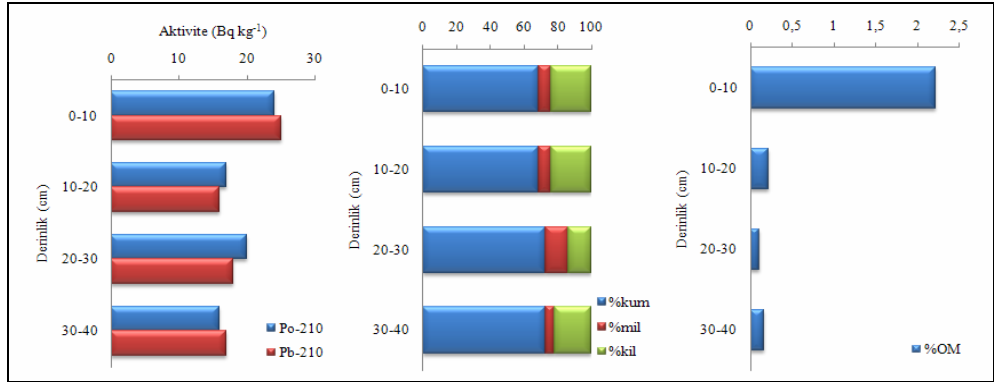


Şekil 4.25. Kabazlı istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ^{210}Po (Bq kg^{-1}) değişimi



Şekil 4.26. Kabazlı istasyonu için belirlenen referans noktalarının derinliğe bağlı ^{210}Pb (Bq kg $^{-1}$) değişimi

Şekil 4.27’de Kabazlı istasyonundan alınan 3KR1 no’lu referans korunda derinliğe bağlı olarak tayin edilen ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonları ile bünye ve organik madde (%OM) dağılımları görülmektedir.

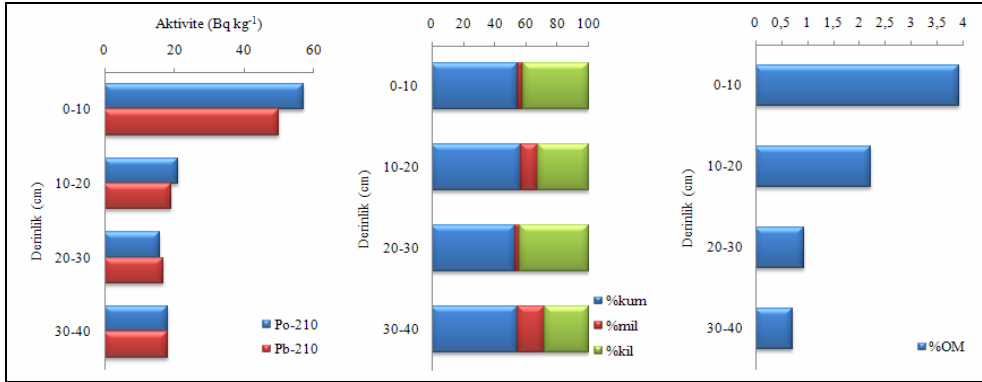


Şekil 4.27. 3KR1 (Kabazlı İstasyonu) no'lu referans korunda derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı

Çizelge 4.17. 3KR1 no'lu referans kuru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları

	^{210}Po	^{210}Pb	OM (%)	Kum (%)	Mil (%)	Kil (%)
^{210}Po	1					
^{210}Pb	0,931	1				
OM (%)	0,865	0,970	1			
Kum (%)	-0,402	-0,424	-0,607	1		
Mil (%)	0,295	-0,047	-0,225	0,333	1	
Kil (%)	-0,019	0,240	0,458	-0,728	-0,889	1

Şekil 4.28'de Kabazlı istasyonundan alınan 3KR2 no'lu referans korunda derinliğe bağlı olarak tayin edilen ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonları ile bünye ve organik madde (%OM) dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.28. 3KR2 (Kabazlı İstasyonu) no'lu referans korunda derinliğe bağlı ²¹⁰Po ve ²¹⁰Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı

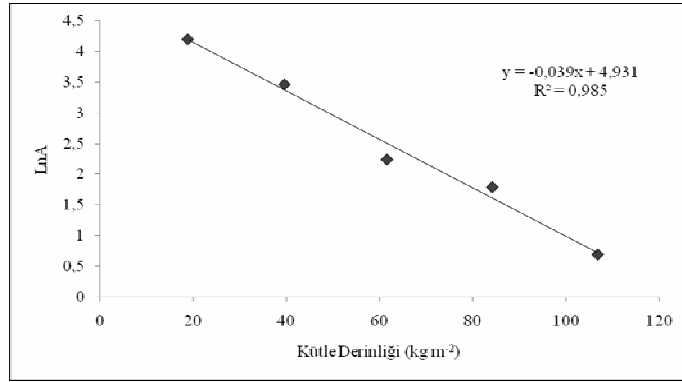
Çizelge 4.18. 3KR2 no'lu referans koru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları

	²¹⁰ Po	²¹⁰ Pb	OM (%)	Kum (%)	Mil (%)	Kil (%)
²¹⁰ Po	1					
²¹⁰ Pb	0,998	1				
OM (%)	0,929	0,911	1			
Kum (%)	0,105	0,051	0,357	1		
Mil (%)	-0,494	-0,514	-0,499	0,480	1	
Kil (%)	0,413	0,442	0,365	-0,634	-0,983	1

²¹⁰Po ve ²¹⁰Pb aktivite konsantrasyonları ile toprak bünyesindeki organik madde miktarı arasında her iki referans korunda da (3KR1 ve 3KR2) pozitif yönde önemli bir korelasyon elde edilmiştir.

Kabazlı İstasyonu için,

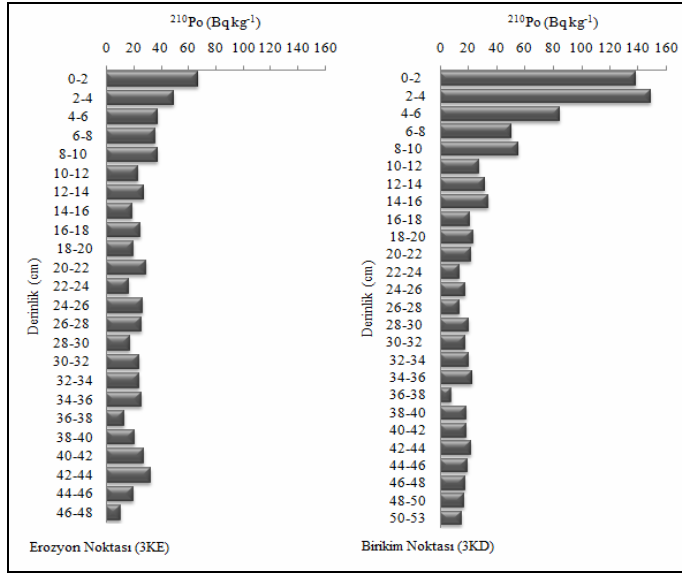
Referans noktasına göre denge üstü ^{210}Pb envanteri 2309 Bq m^{-2} ; ^{210}Pb akısı ise $72 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Relaksasyon kütle derinliği, $H = 1/0,039 = 26 \text{ kg m}^{-2}$ olarak bulunmuştur (Şekil 4.29.).



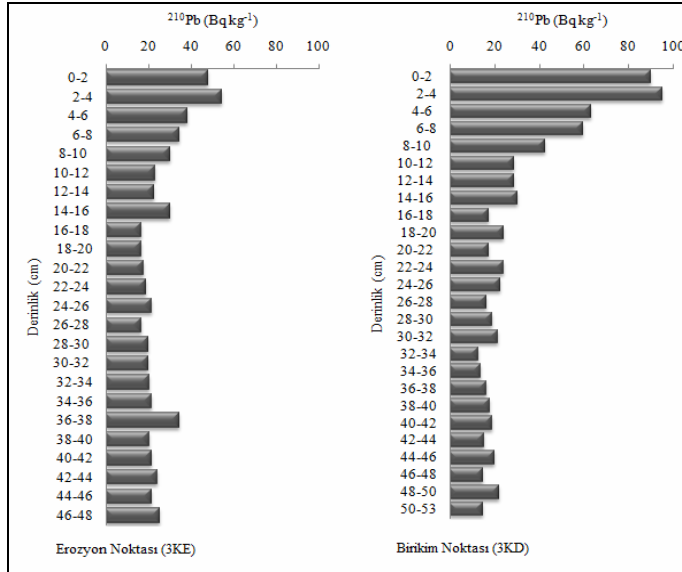
Şekil 4.29. Referans noktasının (3KR2) ^{210}Pb konsantrasyonlarının kütle derinliğine göre dağılım grafiği

4.5.1. Kabazlı Köyü Tarım Yapılmayan Alan

Kabazlı tarım yapılmayan alan ($38^{\circ} 46' 21'' \text{ K}$, $28^{\circ} 22' 24'' \text{ D}$) beşinci örnekleme sahası olarak seçilmiştir. Bu alandan alınan toprak örneklerinde tayin edilen ^{210}Po ve ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları sırasıyla $18 \pm 5 - 49 \pm 7 \text{ Bq kg}^{-1}$ ve $26 \pm 3 - 43 \pm 3 \text{ Bq kg}^{-1}$ arasında tayin edilmiştir. Şekil 4.30. ve 4.31.'de bu alanda belirlenen erozyon ve birikim noktalarına ait ^{210}Po ve ^{210}Pb aktivite konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimi yer almaktadır.

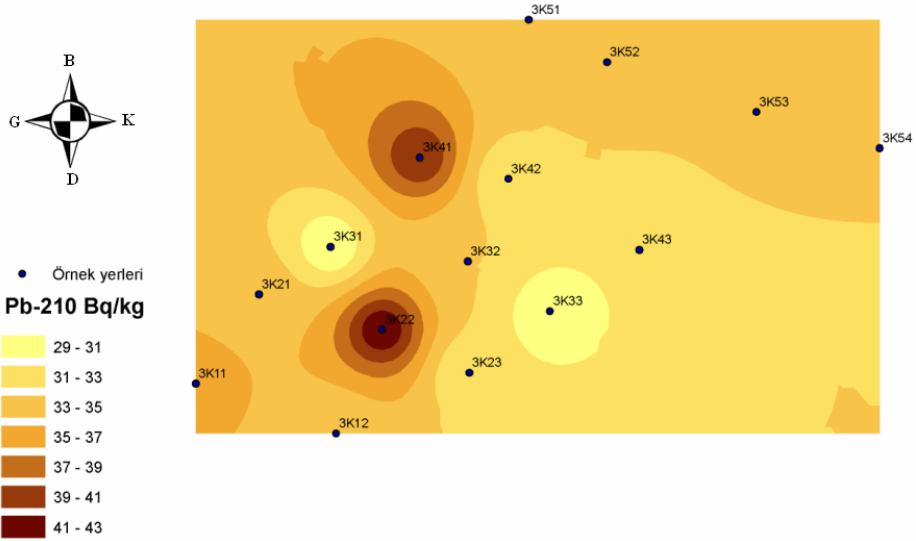


Şekil 4.30. Kabazlı köyü tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Po (Bq kg $^{-1}$) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi



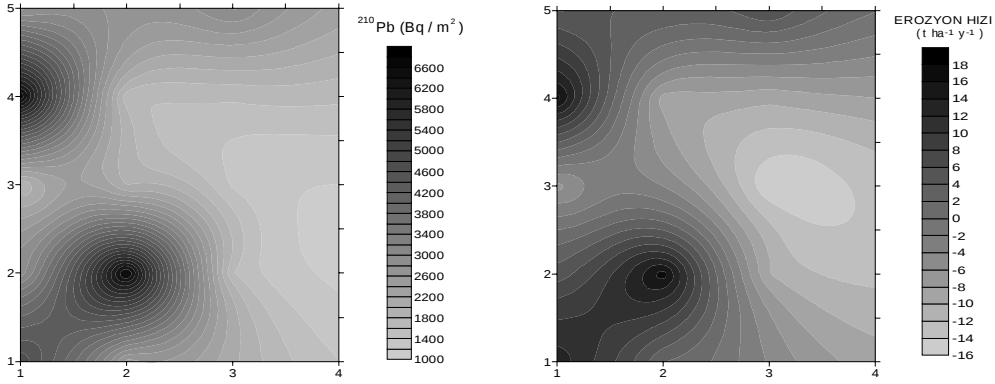
Şekil 4.31. Kabazlı köyü tarım yapılmayan alanda erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Pb (Bq kg $^{-1}$) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi

Yoğun mera bitki örtüsü ile kaplı olan bu alanda, eğim boyunca (3K11 no'lu örnekleme noktasından 3K51 no'lu noktaya doğru), toprakta bir aşınma gözlenmemiş ve bu durum ^{210}Pb 'un aktivite konsantrasyonlarındaki dağılımında da görülmüştür (Şekil 4.32.). Alanın topoğrafik yapısına bağlı olarak ^{210}Pb dağılımında artma ve azalmalar elde edilmiştir.



Şekil 4.32. Kabazlı köyü tarım yapılmayan alanda ^{210}Pb konsantrasyonunun dağılımı

Denge üstü ^{210}Pb envanteri erozyon noktasında 2020 Bq m^{-2} ; depozisyon noktasında ise 4386 Bq m^{-2} olarak tayin edilmiştir. Bu alan için P parametresi referans ve erozyon korlarından tayin edilen konsantrasyonların oranından 1,23; yağış rejimine bağlı γ parametresi ise 0,91 olarak elde edilmiştir. Bu parametreler kullanılarak belirlenen ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı Şekil 4.33.'te yer almaktadır.

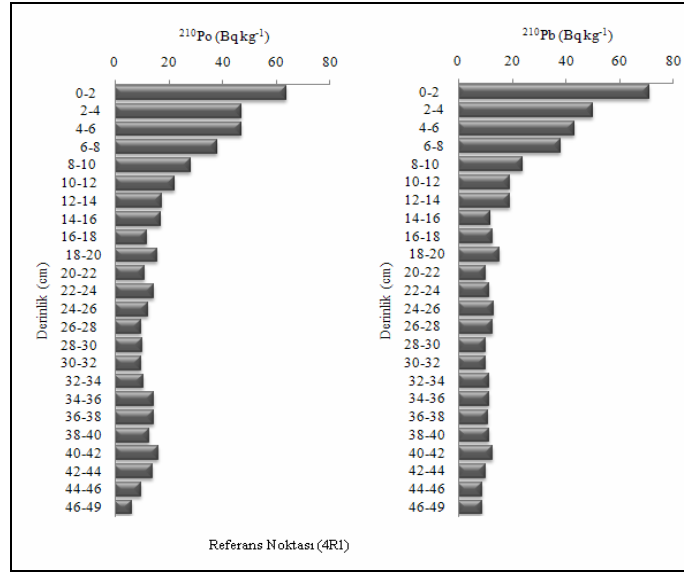


Şekil 4.33. Kabazlı tarım yapılmayan alana ait ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı

Kabazlı tarım yapılmayan alanda ^{210}Pb envanterinin 1368-6720 Bq m⁻² arasında değiştiği, ortalama envanterin ise 2961 Bq m⁻² olduğu hesaplanmıştır. Bu alanda tayin edilen toprak kayıplarının 4,03 ile 15,64 t ha⁻¹y⁻¹ arasında değiştiği ve ortalama toprak kaybının 9,09 t ha⁻¹y⁻¹ olduğu saptanmıştır. Depozisyon miktarı ise 0,10 ile 17,05 t ha⁻¹y⁻¹ arasındadır ve ortalama depozisyon miktarı 7,50 t ha⁻¹y⁻¹'dir.

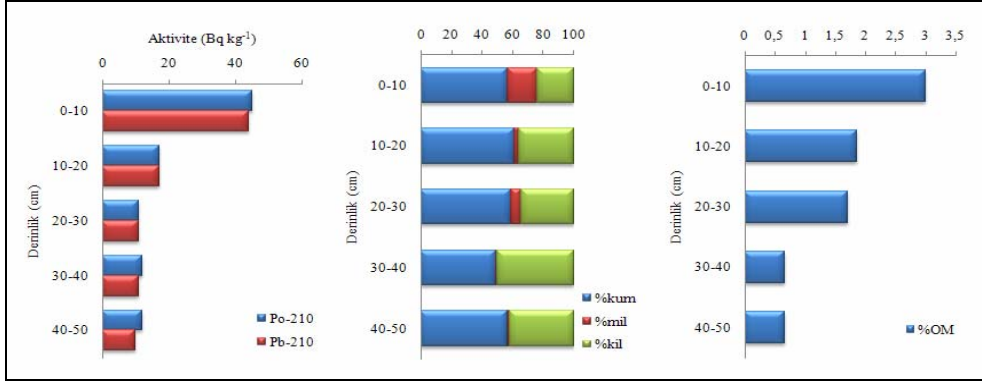
4.6. Beştepeler Tarım Yapılan Alana Ait Sonuçlar

Beştepeler tarım yapılan alan için belirlenen referans noktasından (4R1) alınan toprak örneklerinde ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimi Şekil 4.34'te görülmektedir. 4R1 no'lu referans korunda derinliğe bağlı olarak eksponansiyel bir dağılım elde edilmiştir.



Şekil 4.34. Beştepeler istasyonu için belirlenen referans noktasının derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb (Bq kg⁻¹) değişimi

Şekil 4.35'te Beştepeler istasyonundan alınan 4R1 no'lu referans korunda derinliğe bağlı olarak tayin edilen ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonları ile bünye ve organik madde (%OM) dağılımları görülmektedir.



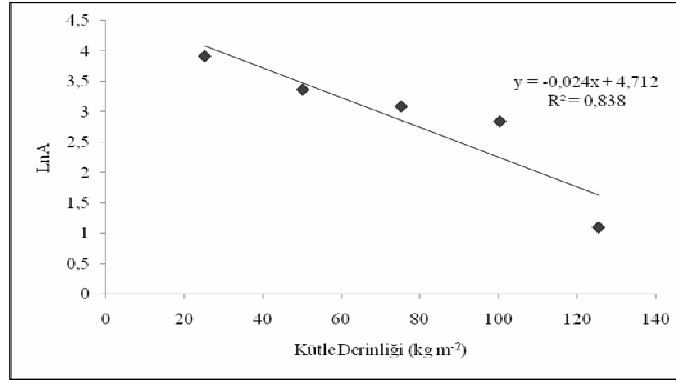
Şekil 4.35. 4R1 (Beştepeler İstasyonu) no'lu referans korunda derinliğe bağlı ^{210}Po ve ^{210}Pb konsantrasyonu ile bünye dağılımı

Çizelge 4.19. 4R1 no'lu referans kuru için ölçülen parametreler arasındaki Pearson Korelasyon Katsayıları

	^{210}Po	^{210}Pb	OM (%)	Kum (%)	Mil (%)	Kil (%)
^{210}Po	1					
^{210}Pb	0,998	1				
OM (%)	0,854	0,879	1			
Kum (%)	0,124	0,149	0,489	1		
Mil (%)	0,925	0,933	0,914	0,220	1	
Kil (%)	-0,783	-0,801	-0,948	-0,645	-0,888	1

Beştepeler İstasyonu için,

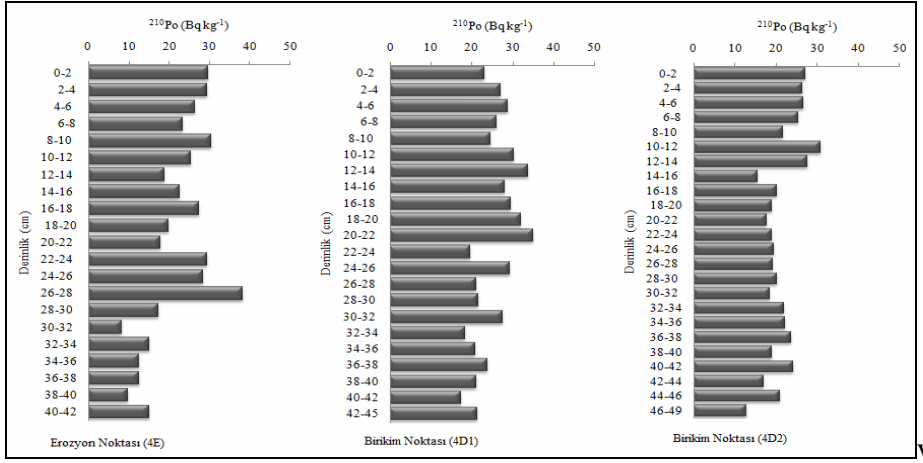
Referans noktasına göre denge üstü ^{210}Pb envanteri 3044 Bq m^{-2} ; ^{210}Pb akısı ise $95 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Relaksasyon kütle derinliği, $H = 1/0,024 = 42 \text{ kg m}^{-2}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.36).



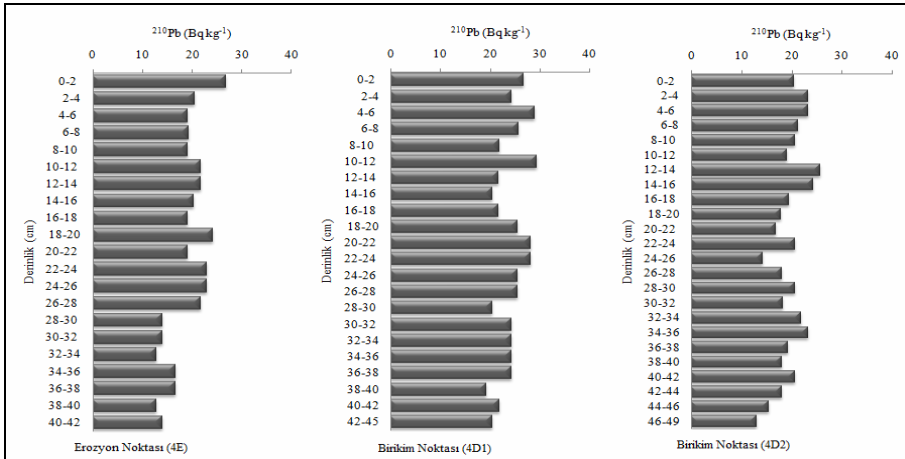
Şekil 4.36. Referans noktasının ²¹⁰Pb konsantrasyonlarının kütle derinliğine göre dağılım grafiği

4.6.1. Beştepeler Tarım Alanı

Beştepeler istasyonunda tarım yapılan bir alan (38° 56' 65" K, 27° 92' 22" D) altıncı örnekleme istasyonu olarak seçilmiştir. Bu alandan alınan toprak örneklerinde tayin edilen ²¹⁰Po ve ²¹⁰Pb aktivite konsantrasyonları sırasıyla 12±4 - 42±6 Bq kg⁻¹ ve 24±1 - 36±3 Bq kg⁻¹ arasında tayin edilmiştir. Şekil 4.37. ve 4.38.'de Beştepeler tarım alanında belirlenen erozyon ve birikim noktalarına ait ²¹⁰Po ve ²¹⁰Pb aktivite konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimi yer almaktadır.



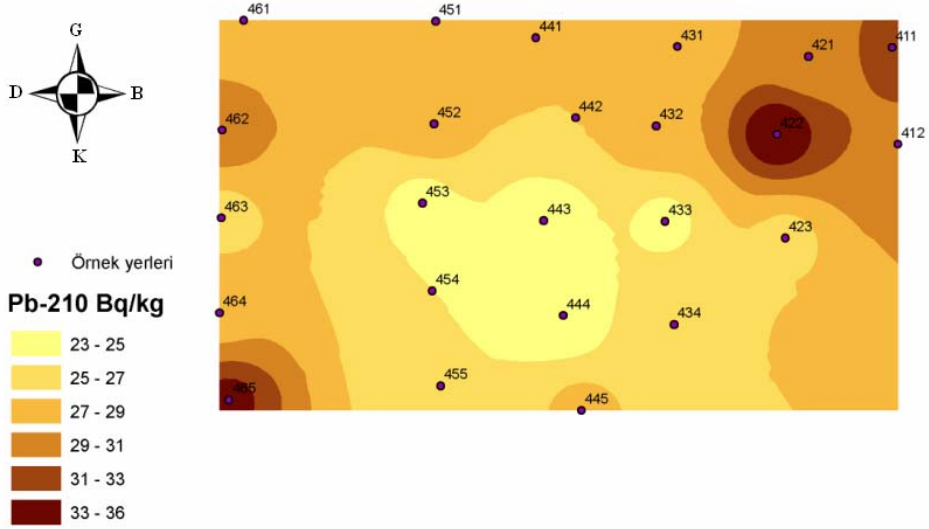
Şekil 4.37. Beştepeler tarım alanı erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Po (Bq kg⁻¹) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi



Şekil 4.38. Beştepeler tarım alanı erozyon ve birikim noktalarındaki ^{210}Pb (Bq kg⁻¹) konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişimi

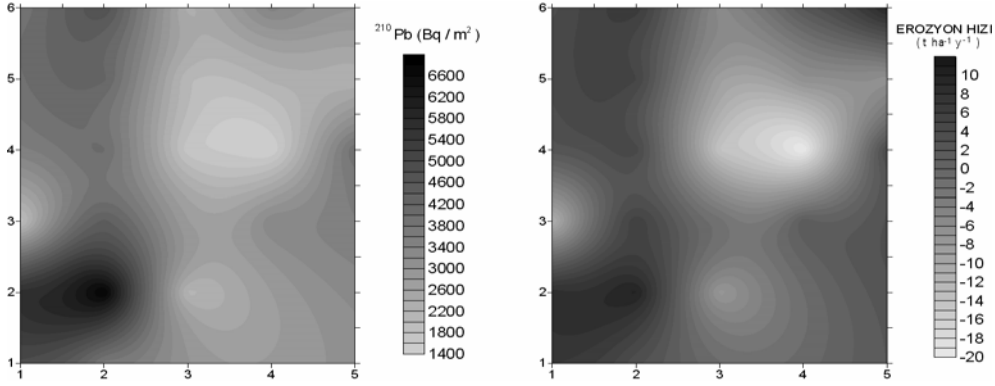
Beştepeler tarım yapılan alan, örnekleme yapıldığı tarihte eğim boyunca sürülmüş olarak bırakılmıştır. Bu alanda; eğim, 411 (38° 56' 65" K, 27° 92' 22" D) no'lu örnekleme noktasından 461 (38° 56' 66" K, 27° 92' 15" D) no'lu örnekleme noktasına doğru azalmaktadır. Şekil 4.39'da,

eğime bağlı olarak 423 (38° 56' 64" K, 27° 92' 21" D) no'lu örnekleme noktasından 465 (38° 56' 62" K, 27° 92' 15" D) no'lu örnekleme noktasına doğru ^{210}Pb konsantrasyonunda bir artış görülmektedir.



Şekil 4.39. Beştepeler tarım yapılan alanda ^{210}Pb konsantrasyonunun dağılımı

Denge üstü ^{210}Pb envanteri erozyon noktasında 1951 Bq m^{-2} ; depozisyon noktasında ise 4417 Bq m^{-2} olarak tayin edilmiştir. Bu alan için P parametresi referans ve erozyon korlarından tayin edilen konsantrasyonların oranından 2,05; yağış rejimine bağlı γ parametresi ise 0,58 olarak elde edilmiştir. Bu parametreler kullanılarak belirlenen ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı Şekil 4.40.'ta yer almaktadır.



Şekil 4.40. Beştepeler tarım yapılan alana ait ^{210}Pb envanteri ve erozyon hızı

Beştepeler tarım yapılan alanda ^{210}Pb envanterinin 1395-6840 Bq m^{-2} arasında değiştiği, ortalama envanterin ise 3581 Bq m^{-2} olduğu hesaplanmıştır. Bu alanda tayin edilen toprak kayıplarının 1,57 ile 20,18 t $\text{ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ arasında değiştiği ve ortalama toprak kaybının 9,07 t $\text{ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ olduğu saptanmıştır. Depozisyon miktarı ise 1,64 ile 10,25 t $\text{ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ arasındadır ve ortalama depozisyon miktarı 5,27 t $\text{ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ 'dir.

4.7. Topoğrafik ve Jeomorfolojik Analizler

Çalışma alanına ait sayısal topoğrafya haritaları (K19c3, c4, d3, d4, K20d3, d4, L19a1,a2,a3,a4,b1,b2, L20a1,a2,a3,a4,b3,b4, toplam 18 pafta) temin edilmiştir. Sayısal haritaların çalışma amacına uygun bir şekilde koordinat rektifikasyonları yapılmış ve ileri analizler için (sayısal arazi modeli üretme, eğim, bakı haritalarını hazırlama) hazır hale getirilmiştir. Ayrıca basılı haritalar üzerinde akarsular ve yerleşim yerleri sayısallaştırılarak tasarlanan coğrafi bilgi sistemi içine ayrı bir katman olarak ilave edilmiştir.

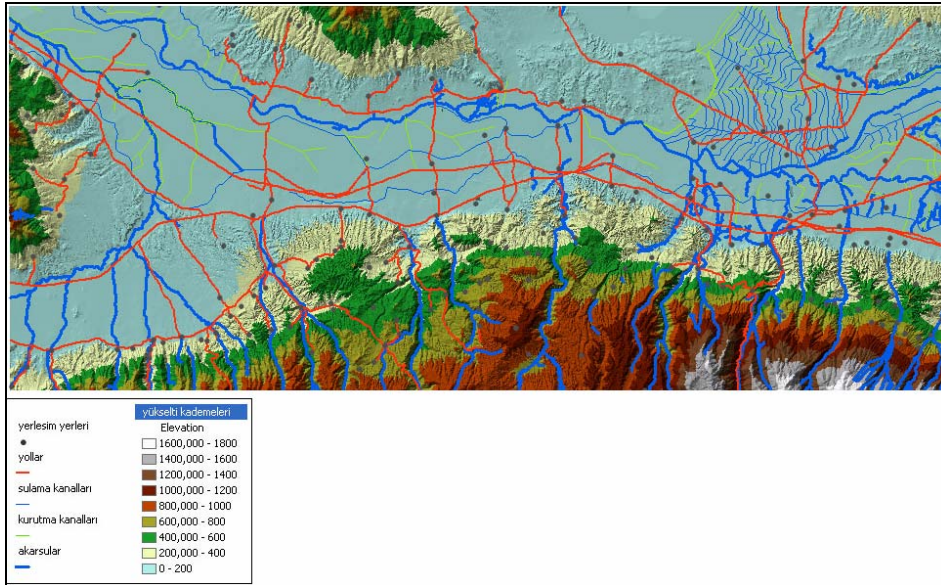
Bunların yanı sıra Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü'nden temin edilen toprak haritaları ile Orman Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen orman haritaları da sayısallaştırılarak CBS'nin (Coğrafi Bilgi Sistemi) içine katman olarak ilave edilmiştir. Sayısallaştırılan haritaların öznitelik bilgileri de veritabanına işlenmiştir. Böylece topoğrafya, hidroğrafya, yerleşim yerleri, toprak ve bitki örtüsü haritaları kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Ayrıca çalışma alanına ait hava fotoğrafları da temin edilmiş ve ön stereografik analizleri özellikle örnek yeri tespiti için yapılmıştır. Çalışma alanının jeomorfoloji haritasını hazırlamak için topoğrafya haritalarından morfometri haritası üretilmiştir. Böylece çalışma alanına ilişkin yükselti kademeleri belirlenmiştir. Hazırlanan yükselti haritası topoğrafya haritalarından TIN (Triangulated Irregular Network) modeli kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 4.41.). TIN'den ürettiğimiz DEM (Digital Elevation Model-Sayısal Yükseklik Modeli) yardımıyla kuzey-güney ve doğu-batı yönelimli bir dizi seri profil çıkarılmıştır.

Çalışma alanında yükselti 30 ile 1860 m arasında değişmektedir. Bu kadar kısa mesafelerde 1800 metreden daha fazla bir yüksekliğe çıkılması alanda rölyef enerjisinin de fazla olduğu anlamına gelmektedir. Bu nedenle çalışma alanında özellikle güney kesimde şiddetli bir erozyon bulunmaktadır. Yükseltinin genel dağılışına baktığımızda bölgeyi jeomorfografik olarak dört ana bölüme ayırabiliriz. Bunlar;

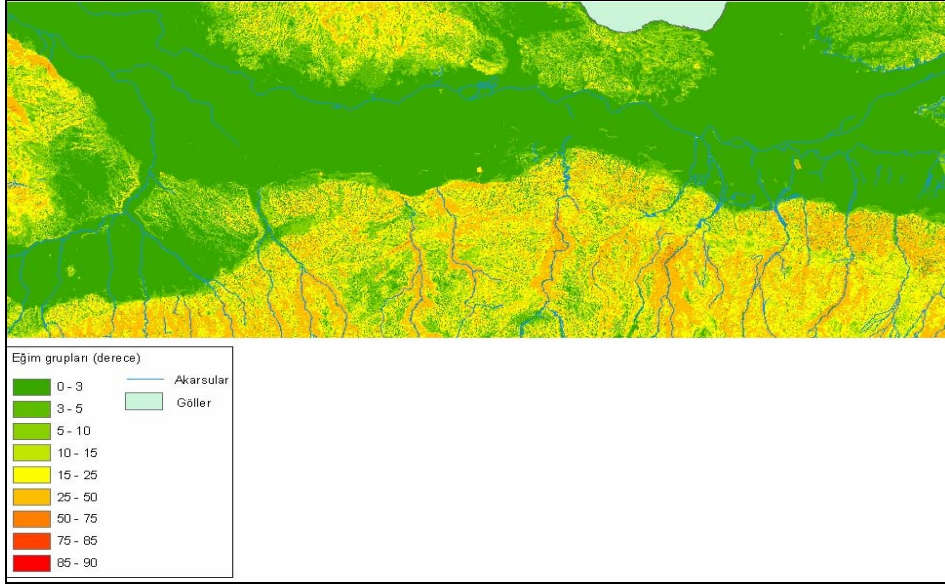
- ✓ Ova tabanı,
- ✓ Güneydeki yüksek dağlık kütle,
- ✓ Ova tabanı ile güneydeki dağlık kütle arasında yer alan tmos depoları olarak da adlandırılan alçak az eğimli ancak oldukça parçalanmış etek bölümü ve,
- ✓ Ovanın kuzey kesiminde yer alan az eğimli dalgalı bir görünüme sahip olan kesim (Şekil 4.41.).

Çalışma alanının hidrografik özelliklerine (Şekil 4.41.) baktığımızda, ovada yer alan ana akarsu olan Gediz dışında özellikle güney kesimdeki akarsuların paralel bir drenaj paterni gösteren, nispeten boyları kısa ancak eğimleri fazla mevsimsel akışa sahip olan güçlü akarsular olduklarını görmekteyiz.



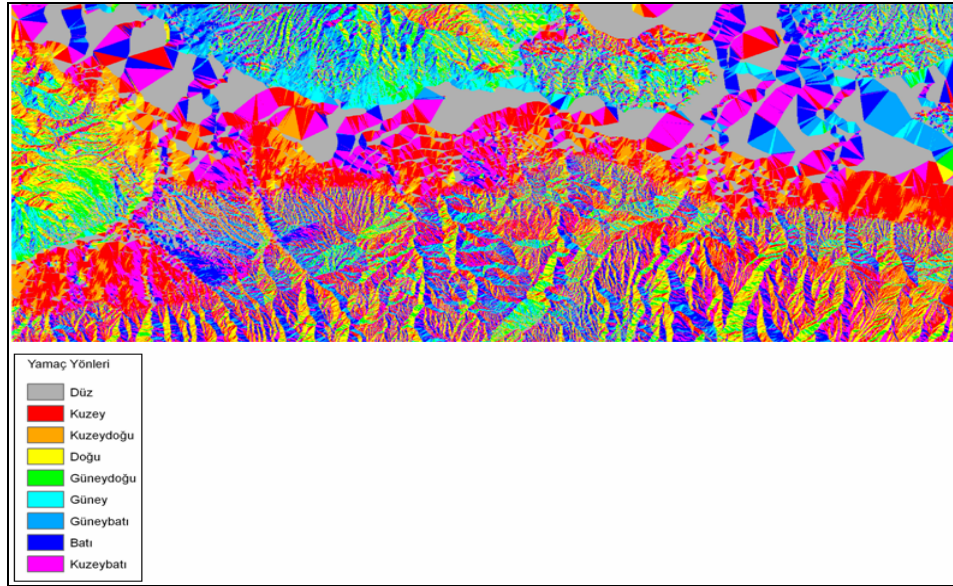
Şekil 4.41. Orta Gediz Havzasına ait yükselti haritası

Sayısal yükseklik modelinden ürettiğimiz eğim haritasına (Şekil 4.42.) baktığımızda, ova tabanında eğim değerlerinin $0-3^{\circ}$ arasında değiştiğini, ovadan uzaklaştıkça eğim derecesinin de arttığını söylemek mümkündür. Eğim özellikle güneydeki yüksek kesimde yer alan akarsuların vadilerinde 25° 'yi aşmaktadır. Bu durum akarsuların hidrolik gücünün fazla olduğunu ve vadileri yana doğru aşındırmak yerine derine doğru aşındırdığını göstermektedir. Erozyon şiddetinin bu kesimlerde oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum tektonik olarak yükselen bir alan olan güneydeki Bozdağ kütlelerinin yükselmesinin günümüzde de devam ettiğinin bir başka göstergesidir. Nitekim akarsular tarafından Bozdağ kütlelerinden aşındırılarak taşınan malzemenin ovaya ulaştığı yerde eğim şartların ani değişimine bağlı olarak etekte biriktiği gözlemlenmektedir. Böylece akarsuların ovaya açıldıkları yerlerde kolüviyal malzemedan oluşan birikinti konileri gelişmektedir.



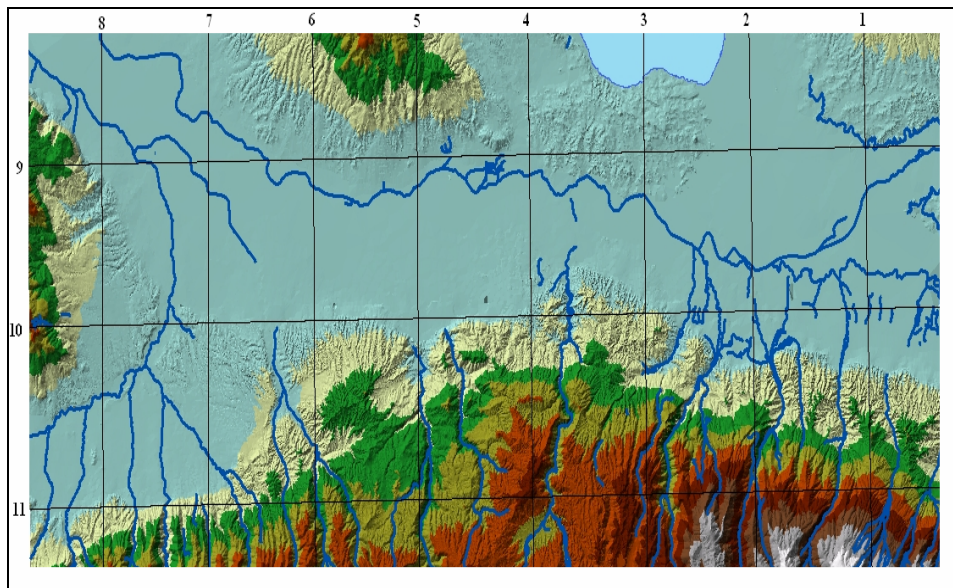
Şekil 4.42. Orta Gediz Havzasına ait eğim haritası

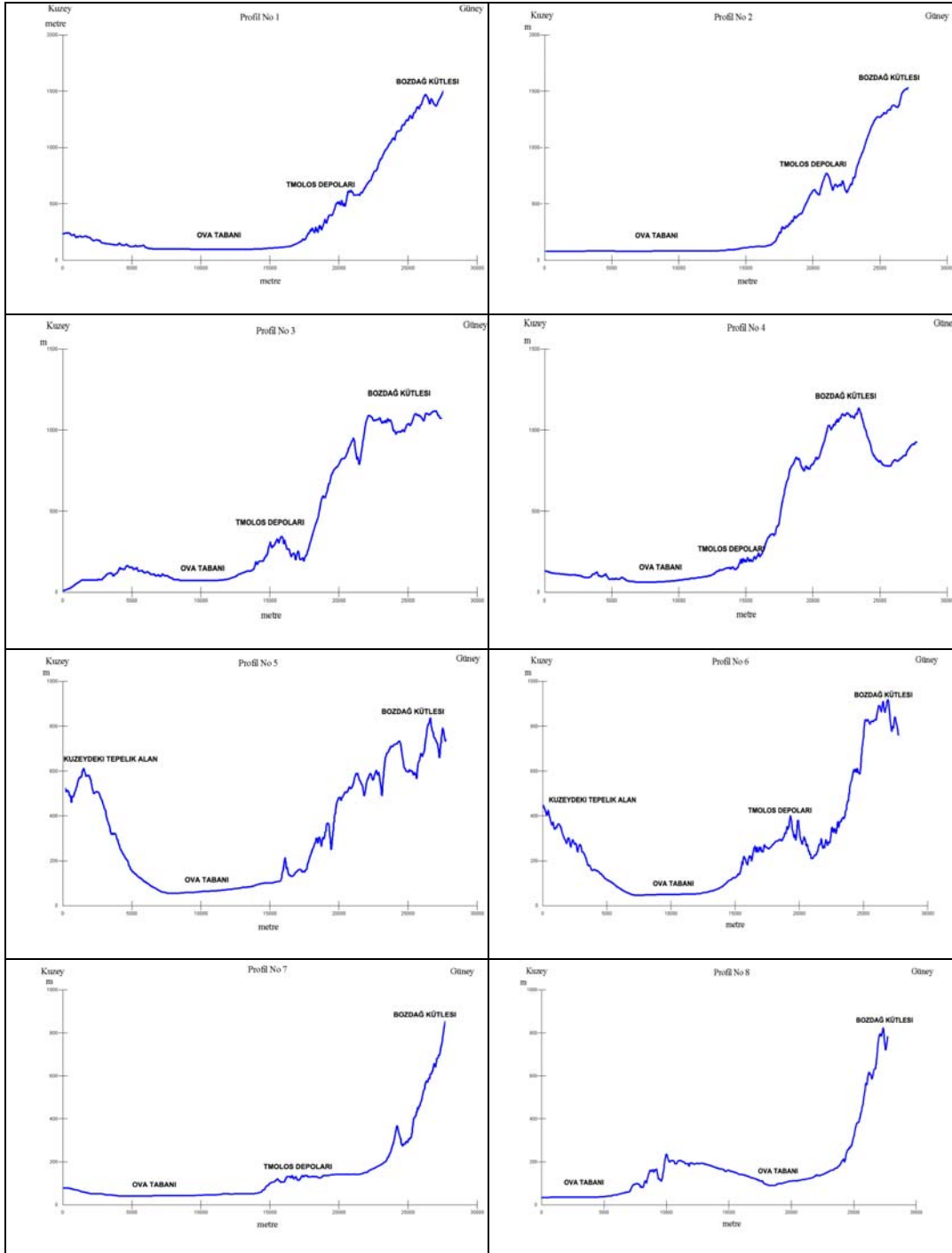
Bir diğer morfometrik analiz olan bakı analizi sonucunda çalışma alanındaki yamaçların genel olarak hangi yöne baktıkları belirlenmiştir (Şekil 4.43.). Böylece özellikle su erozyonu için önem arz eden yağışın yamaçlara göre değişkenliği anlaşılmaya çalışılmıştır. Nitekim kuzey ve kuzey sektörlü (kuzeydoğu, kuzeybatı) yamaçlar diğer yönlere bakan yamaçlara oranla daha fazla yağış almaktadır. Bu yamaçlarda şiddetli su erozyonu beklenmesine rağmen yoğun yağışla birlikte bitki örtüsünün gür olması sonucunda özellikle tarım yapılmayan kuzey ve kuzey sektörlü yamaçlarda erozyon miktarı ve hızının da düşük olması beklenmektedir.

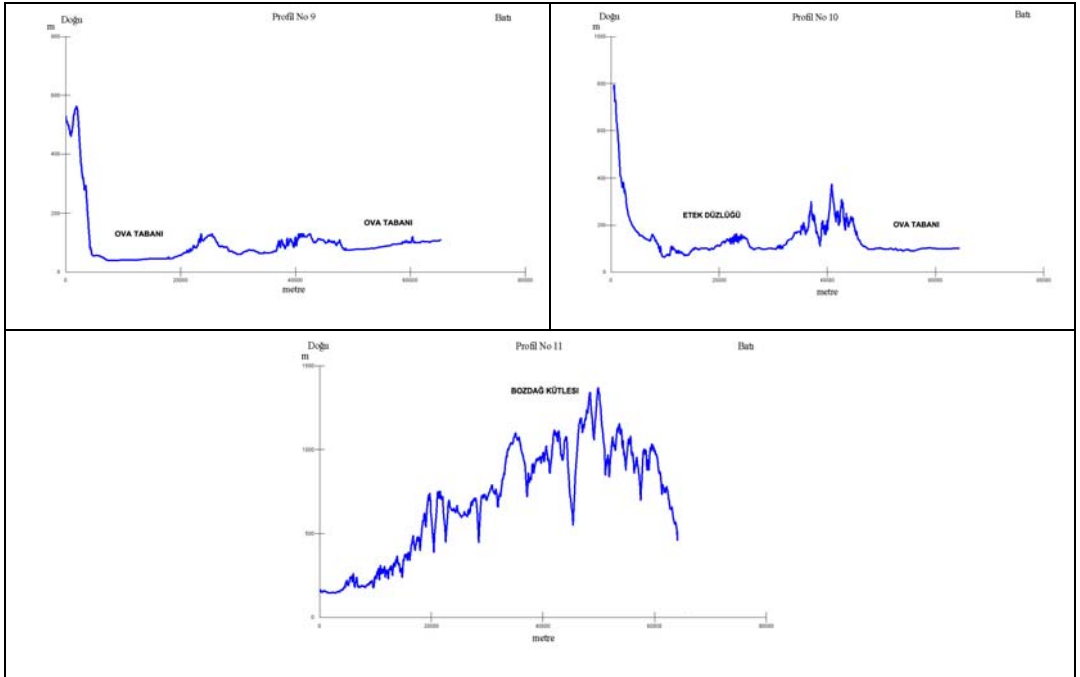


Şekil 4.43. Orta Gediz Havzasına ait bakı haritası

Havzanın geometrisini daha iyi kavrayabilmek için kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde bir dizi topoğrafik profil çıkarılmıştır (Şekil 4.44.).







Şekil 4.44. Orta Gediz Havzasına ait Profiller

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ulusal gelirimizin önemli bir kısmını tarım ve doğal bitki örtüsünden elde edilen gelir oluşturmaktadır. Bu açıdan tarımın dolayısıyla da en önemli doğal kaynağımız olan topraklarımızın ülkemiz için önemi oldukça büyüktür. Toprak erozyonu, ülke gelişmesini engelleyen ve ekonomiyi olumsuz yönde etkileyen önemli bir sorundur.

Toprak hareketlerinin; iklim koşullarındaki değişmelerden, topoğrafyadan, bitki örtüsünden, toprak özelliklerinden ve işleme sistemlerinden etkilendiği gözönünde bulundurulursa, her bir bölge farklı özelliklere sahip olacaktır. Bu nedenle ülkemizde, pek çok tarım alanı için bu konu ile ilgili olarak güvenilir bilgilere gereksinim duyulmaktadır.

Toprak kaybı ile iklim koşulları arasındaki ilişki incelendiğinde, toplam yağış 450 mm'nin altında olduğunda; yıllık yağışın artmasıyla erozyonun yükseldiği görülmüştür. Ancak, Walling ve Kleo tarafından 1979'da yapılan bir çalışmada, 450 ile 650 mm arasındaki yağış aralığında, toprak yüzeyi bitki örtüsüyle kaplanacağından daha iyi korunduğu için erozyonda bir azalma meydana geldiği bulunmuştur. 1700 mm'nin üzerinde ise yağmurun hacmi ve yoğunluğu bitki örtüsünün koruma etkisinden daha ağır gelmekte ve erozyonda yağışla birlikte yine bir artma gözlenmektedir (Morgan, 2005). Devlet Meteoroloji Müdürlüğü Salihli istasyonundan alınan toplam yıllık yağış miktarı, çalışma bölgemiz için 410,3 mm'dir.

Çalışma bölgemiz olan Orta Gediz Havzası (Turgutlu-Salihli arası), ülkemizin en verimli ve önemli tarım alanlarından biridir. Bölgedeki eğim dağılımı incelendiğinde, oldukça engebeli olan havza su erozyonu etkisi altındadır. Bu nedenle, havzanın erozyon açısından incelenmesi özel bir önem taşımaktadır.

Toprak örneklerinde ^{137}Cs , ^{210}Pb ve ^7Be aktivitelerinin ölçümünden yararlanarak toprak hareketlerinin izlenmesi, yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. ^{210}Pb , akısının sürekli ve topraktaki envanterinin yüksek olması nedeniyle toprak erozyon hızı tayininde çeşitli coğrafik alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmada, Orta Gediz Havzası'nda dört farklı örnekleme istasyonundaki tarım yapılan ve yapılmayan alanlarda toprak hareketlerinin ^{210}Pb envanteri ölçülerek belirlenmesinin yanı sıra havza topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Ayrıca, toprak örneklerinde belirlenen kil tipleri ile ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ^{210}Pb aktivite konsantrasyonları ile Klorit+Kaolinit kil minerali arasında pozitif yönde önemli bir ilişki elde edilmiştir ($p<0,01$). Yapılan analiz sonucunda tabaka kalınlığı ya da tabaka adedi ile ^{210}Pb tutunumu arasında bir ilişki olmadığı; ^{210}Pb moleküllerinin katmanlar arasında değil, yüzeyde tutulduğu anlaşılmıştır. Sonuç olarak ^{210}Pb tutunumunda elektrik yükünün önemli olduğu belirlenmiştir.

Çalışma bölgelerinde incelenen topraklardaki ^{210}Pb 'un düşey dağılım profilleri için referans envanterleri sırasıyla Kargın için 4829 Bq

m^{-2} , Caferbey için 2538 Bq m^{-2} , Kabazlı için 2309 Bq m^{-2} ve Beştepeler için 3044 Bq m^{-2} olarak belirlenmiştir. Bu değerlerden elde edilen ^{210}Pb akısı sırasıyla Kargın için $150 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$, Caferbey için $79 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$, Kabazlı için $72 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ve Beştepeler için $95 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Tayin edilen akı değerleri, erozyon hızını belirlemede kullanılan önemli parametrelerden birisidir. Çalışma bölgeleri için elde edilen akılar arasındaki farkın; örnekleme alanının aldığı yağış miktarına ve toprak yapısındaki gözenekliliğine bağlı olduğu düşünülmektedir (Turekian and Graustein, 2003; Pfitzner et al., 2004). Bu konuda dünyada yapılan çalışmalara baktığımızda; Turekian ve arkadaşları, (1977), Robbins (1978) ve Appleby ve Oldfield (1992) ^{210}Pb akısının global dağılımının $23 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ile $367 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ arasında değiştiğini bulmuşlardır (Walling and He, 1999). Winkler ve Rosner (2000) ^{210}Pb 'un birikim hızının Portekiz'de $56 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$, İtalya'da ise $224 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olduğunu göstermişlerdir.

Elde edilen sonuçlara göre, toprak kaybının Kargın tarım yapılan alan için $1,16 - 176,89 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$; Kargın tarım yapılmayan alan için ise; mevcut bitki örtüsü ve alanın topoğrafik yapısına bağlı olarak $2,66 - 4,35 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ arasında değiştiği bulunmuştur. Örneklemenin yapıldığı tarihte Kargın tarım yapılan alan, eğim boyunca sürülmüş olarak bırakılmıştır. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü 1/25000 ölçekli toprak haritalarındaki kriterler dikkate alındığında, bu alanın %12-20 eğim grubunda yer aldığı tespit edilmiştir. Kargın tarım yapılmayan alan ise %2-6 eğim grubunda yer almaktadır.

%12-20 eğim grubu içerisinde yer alan, Caferbey tarım yapılmayan alan için toprak kaybının $1,19 - 75,17 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ arasında değiştiği bulunmuştur.

Kabazlı tarım yapılmayan alan için toprak kaybı $4,03 - 15,64 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ arasında değişmektedir. Yoğun otsu bitkilerle kaplı Kabazlı tarım yapılmayan alan, %12-20 eğim grubunda yer almaktadır.

%2-6 eğim grubunda yer alan Beştepeler tarım yapılan alanda ise toprak kaybının $1,57 - 20,18 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ arasında değiştiği bulunmuştur. Örnekleminin yapıldığı tarihte alan sürülmüş olarak bırakılmıştır.

Ülkemizde yapılan bir başka çalışmada ise, Gediz havzası tarım yapılan alanlarda ^{137}Cs aktivite konsantrasyonlarının ölçümünden yararlanılarak elde edilen toprak kayıpları Kestelli için $5 - 59 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, Yartepe için $2 - 65 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, Karkıncıköy için $6 - 51 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ ve Kırtepe için $3 - 24 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ arasında bulunmuştur (Yumurtacı, 2004; Saç et al., 2008).

Normal koşullar altında, yıllık erozyon hızı orta engebeli alanlarda $0,0045 \text{ t ha}^{-1}$, aşırı engebeli alanlarda ise $0,45 \text{ t ha}^{-1}$ 'dir Tarım yapılan alanlardaki hız ise $45 - 450 \text{ t ha}^{-1}$ arasında değişmektedir (Morgan, 2005). Orta Gediz Havzası tarım yapılan ve yapılmayan alanlarda tayin edilen toprak kaybı sonuçlarına göre, bu alanlarda erozyona karşı önlemlerin alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlardan da görüldüğü gibi, alanların eğim derecesi ve özellikle tarım yapılan alanların eğim boyunca sürülmesi toprak kaybını arttıran önemli

bir faktördür. Topraklar, yüzeyden ana kayaya kadar farklı tabakalardan meydana gelmektedir. Organik madde ve mineraller toprağın yüzeyinde birikmektedir. Tarım ürünlerinin yetiştirilmesinde organik madde ve minerallerin önemi göz önünde bulundurulduğunda; tarıma elverişli topraklarda görülen erozyon, ürün veriminin düşmesine neden olacaktır. Buna bağlı olarak özellikle tarım alanlarındaki toprak kaybının ülke ekonomisi açısından da önemli olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Altınbaş, Ü., 1996, Toprak Etüt ve Haritalama. (Ders Kitabı) E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:521, Bornova-İzmir.

Altınbaş, Ü., Kurucu, Y., Bolca, M., Esetlili, M. T., Özden, N., Özen, F., Türk, T., 2003, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamalı Temel Kursu Ders Notları, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, 148 s.

Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y., Delibacak, S., 2004, Toprak Bilimi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:557, 355 s.

Akalan, İ., 1968, Toprak Oluşu, Yapısı ve Özellikleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:356, 556 sayfa.

Appleby, P.G., Oldfield, F., 1992, Application of Lead 210 to Sedimentation Studies. In: Ivanovich, M., Harman, R.S., eds. Uranium-series disequilibrium: Application to earth, marine and enviromental sciences. Oxford, UK: Clarendon Press: 731-738.

Atalay, İ., 1989, Toprak Coğrafyası, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No:8, 433 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Baigorria, G.A., Romero, C.C.,** 2007, Assessment of Erosion Hotspots in a Watershed: Integrating the WEPP Model and GIS in a Case Study in the Peruvian Andes, *Environmental Modelling & Software*, 22, 1175-1183.
- Bayramin, İ., Dengiz, O., Başkan, O., Parkal, M.,** 2003, Soil Erosion Risk Assessment with ICONA Model; Case Study: Beypazarı Area, *Turk J. Agric For*, 27, 105-116.
- Bates, T.F., Hildebrand, F.A. and Swineford, A.,** 1950, Morphology and Structure of Endellite and Halloysite, *Am. Mineralogist*, 35, 463-484.
- Belyaev, V.R., Wallbrink, P.J., Golosov, V.N., Murray, A.S., Sidorchuk, A.Yu.,** 2005, A Comparison of Methods for Evaluating Soil Redistribution in the Severely Eroded Stavropol Region, Southern European Russia, *Geomorphology* 65, 173-193.
- Bem, E. M., Bem, H., Wieczorkowski, P.,** 1998, Studies of Radionuclide Concentrations in Surface Soil in and Around Fly Ash Disposal Sites, *The Science of the Total Environment*, 220, 215-222.
- Black, C. A.,** 1965, *Methods of Soil Analysis, Part 2*, American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin USA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Blake, W.H., Walling, D.E., He, Q.,** 1999, Fallout Beryllium-7 as a Tracer in Soil Erosion Investigations, Applied Radiation and Isotopes, 51, 599-605.
- Boardman, J., Foster, I.D.L. and Dearing, J.A.,** 1996, Soil Erosion on Agricultural Land, British Geomorphological Research Group Symposia Series, New York, 35-56p.
- Bouyoucoucous, G.J.,** 1962. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils. Agronomy Journal.419-434.
- Bouhlassa, S., Moukhchane, M., Aiachi, A.,** 2000, Estimates of Soil Erosion and Deposition of Cultivated Soil of Nakhla Watershed, Morocco, Using ^{137}Cs Technique and Calibration Models, Acta Geologica Hispanica, 35, 239-249.
- Brigatti, M. F., Galan, E., Theng, B. K. G.,** 2006, Structures and Mineralogy of Clay Minerals, Handbook of Clay Science, 2(1), 19-86.
- Brindley, G.W. and Robinson, K.,** 1946, The Structure of Kaolinite, Mineral. Mag., 27, 242-253.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Brindley, G.W., Robinson, K. and Goodyear, J., 1948, X-ray Studies of Halloysite and Metahalloysite:III, Effect of Temperature and Pressure on the Transition from Halloysite to Metahalloysite, Mineral., Mag., 28, 423-428.

Brindley, G.W., 1951, The Kaolin Minerals, “X-ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals”, chap. II, pp. 32-75.

Bujan, A., Santanatoglia, O.J., Chagas, M., Massobrio, M., Castiglioni, M., Yanez, M.S., Ciallella, H., Fernandez, J., 1999, Preliminary study on the use of the ^{137}Cs method for soil erosion investigation, in the Pampean Region of Argentina, IAEA, Report on the third research co-ordination meeting of the co-ordinated research projects on assessment of soil erosion through the use of ^{137}Cs and related techniques as a basis for soil conservation, sustainable agricultural production and environmental protection and sediment assessment studies by environmental radionuclides and their application to soil conservation measures, 4-8 October, Barcelona, Spain.

Bujan, A., Santanatoglia, O.J., Chagas, M., Massobrio, M., Castiglioni, M., Yanez, M.S., Ciallella, H., Fernandez, J., 2003, Soil Erosion Evaluation in a Small Basin Through The Use of ^{137}Cs Technique, Soil & Tillage Research, 69, 127-137.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Cailet, S., Apragaus, P., Monna, F., Dominik, J.,** 2001. Factors Controlling ^7Be and ^{210}Pb Atmospheric Deposition as Revealed by Sampling Individual Rain Events in the Region of Geneva, Switzerland. *Journal of Environmental Radioactivity*; 53: 241- 256.
- Chappell, A., Warren, A., Oliver, M.A., Charlton, M.,** 1998, The Utility of ^{137}Cs for Measuring Soil Redistribution Rates in Southwest Niger, *Geoderma*, 81, 313-337.
- Collins, A.L., Walling, D.E., Sickingabula, H.M. and Leeks, G.J.L.,** 2001, Using ^{137}Cs Measurements to Quantify Soil Erosion and Redistribition Rates for Areas under Diferrent Land Use in the Upper Kaleya River Basin, Southern Zambia *Geoderma* 104, 299-323.
- Cornett, R.J.J., Chant, L., and Link, D.,** 1984, Sedimentation of Pb-210 in Laurentian Shield Lakes, *Water Pollution Research Journal of Canada*, 19, 97-106.
- Çalışkan, F.,** 2005, Çanakkale Kaolen Kil Mineralinin Teknoloji Seramiğine Dönüşüm Potansiyelinin İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 94 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Diodato, N., Ceccarelli, M.,** 2004, Multivariate Indicator Kriging Approach Using a GIS to Classify Soil Degradation for Mediterranean Agricultural Lands, *Ecological Indicators*, 4, 177-187.
- Doğan, O.,** 2002, Türkiye’de Erozyon Sorunu ve Çözüm Önerileri, Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya, 18-20 Eylül.
- Doering, C., Akber, R., Heijnis, H.,** 2006, Vertical Distributions of ^{210}Pb Excess, ^7Be and ^{137}Cs in Selected Grass Covered Soils in Southeast Queensland, Australia, *Journal of Environmental radioactivity*, 87(2), 135-147.
- Evans, W.E., Dillon, P.J., Smith, P.J., Evans, R.D.,** 1984, Atmospheric Deposition of Pb-210 in South Central Ontario, Canada, unpublished manuscript.
- Feoli, E., Vuerich, L.G., Zerihun, W.,** 2002, Evaluation of Environmental Degradation in Northern Ethiopia Using GIS to Integrate Vegetation, Geomorphological, Erosion and Socio-Economic Factors, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 91, 313-325.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Flynn, W. W.**, 1968, The Determination of Low Levels of Polonium-210 in Environmental Materials, *Anal Chim. Acta*, 43, 221-227.
- Frere, M.H. and Roberts, H.**, 1963, The Loss of Strontium-90 From Small Cultivated Watersheds, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 27, 82-83.
- Fu, B.J., Zhao, W. W., Chen, L. D., Zhang, Q. J., Lü, Y. H., Gulinck, H. and Poesen, J.**, 2005, Assessment of Soil Erosion at Large Watershed Scale Using RUSLE and GIS: a Case Study in the Loess Plateau of China, *Land Degradation & Development*, 16, 73-85.
- Fu, G., Chen, S., McCool, D.K.**, 2006, Modeling the Impacts of no-till Practice on Soil Erosion and Sediment Yield with RUSLE, SEDD, and ArcView GIS, *Soil & Tillage Research*, 85, 38-49.
- Gilbert, R.O.**, 1987, *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*, New York: Van Nostrand Reinhold.
- Graham, E.R.**, 1963, Factors Affecting Sr-85 and I-131 Removal by Runoff Water, *Water Sewage Works*, 110, 407-410.
- Graustein, W.C. and Turekian, K.K.**, 1986, ^{210}Pb and ^{137}Cs in Air and Soils Measure the Rate and Vertical Profile of Aerosol Scavenging, *Journal of Geophysical Research*, 91, 14355-14366.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Grim, R. E., 1962, Applied Clay Mineralogy, McGraw-Hill Book Company, Ing.

Gruner, J.W., 1932, The Crystal Structure of Kaolinite, Z. Krist., 83, 75-88.

Günay, T., 1997, Orman, Ormansızlaşma, Toprak, Erozyon., Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları No:1, İstanbul, 71 s.

Hacıyakupoğlu, S., Ertek, T.A., Çelebi, N., Karahan, G., Öztürk., Z.F., Erginal, A.E., Kaya, H., Saygı H., 2003, Büyükçekmece Gölü Havzası ile Riva Deresi Havzası Topraklarında ^{137}Cs Ölçümleriyle Erozyon Araştırmaları, VIII. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi Bildiri Özetleri, 15-17 Ekim 2003, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

He, Q., Walling, D.E., 1996, Interpreting Particle Size Effects in The Adsorption of ^{137}Cs and Unsupported ^{210}Pb by Mineral Soils and Sediments, Journal of Environmental Radioactivity, 30(2), 117-137.

He, Q. and Walling, D.E., 1997, The Distribution of Fallout ^{137}Cs and ^{210}Pb in Undisturbed and Cultivated Soils, Applied Radiation and Isotopes, Vol.48, No. 5, 677-690.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Hendricks, S.B., 1942, Lattice Structure of Clay Minerals and Some Properties of Clays, *Journal of Geology*, 50, 276-290.

Hofmann, U., Endell, K., and Wilm, D., 1933, Kristalstruktur und Quellung von Montmorillonit, *Z. Krist.*, 86, 340-348.

Huh, C.A., Su, C.C., 2004, Distribution of Fallout Radionuclides (^7Be , ^{137}Cs , ^{210}Pb and $^{239,240}\text{Pu}$) in Soils of Taiwan. *Journal of Environmental Radioactivity*, 77, 87-100.

International Atomic Energy Agency (IAEA), 1996, Report on the First Research Co-ordination Meeting of the Co-ordinated Research Programmes, 11-15 November.

International Atomic Energy Agency (IAEA), 1999, Report on the Third Research Co-ordination Meeting of the Co-ordinated Research Projects on Assessment of Soil Erosion Through the Use of ^{137}Cs and Related Techniques as a Basis for Soil Conservation, Sustainable Agricultural Production and Environmental Protection and Sediment Assessment Studies by Environmental Radionuclides and Their Application to Soil Conservation Measures, 4-8 October, Barcelona, Spain.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- İrvem, A., Topaloğlu F., Uygur, V.,** 2007, Estimating Spatial Distribution of Soil Loss over Seyhan River Basin in Turkey, Journal of Hydrology, 336, 30-37.
- Jackson, M. L.,** 1958, Soil Chemical Analysis Advanced Course, Department of Soils, University of Wisconsin, USA.
- Jain, S.K., Kumar, S. and Varghese, J.,** 2001, Estimation of Soil Erosion for a Himalayan Watershed Using GIS Technique, Water Resources Management, 15, 41-54.
- Kim, J.B., Saunders, P., Finn, J.T.,** 2005, Rapid Assessment of Soil Erosion in the Rio Lempa Basin, Central America, Using the Universal Soil Loss Equation and Geographic Information Systems, Environmental Management, 36, 872-885.
- Li, Y., Hua, L., Yang, J.C., Zhu, Y.Y. and Chen, J.J.,** 1996, Using ^{137}Cs and ^{210}Pb to Assess The Sediment Sources in a Dam Reservoir Catchment on The Loess Plateau, China, IAEA Report on the First Research Co-ordination Meeting of the Co-ordinated Research Programmes, 49.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Likuku, A. S., Branford, D., Fowler, D., Weston, K. J.,** 2006, Inventories of Fallout ^{210}Pb and ^{137}Cs Radionuclides in Moorland and Woodland Soils Around Edinburg Urban Area (UK), Journal of Environmental Radioactivity, 90, 37-47.
- Lu, D., Li, G., Valladares, G.S and Batistella, M.,** 2004, Mapping Soil Erosion Risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: Using RUSLE, Remote Sensing and GIS, Land Degradation & Development, 15, 499-512.
- Lufafa, A., Tenywa, M.M., Isabirye, M., Majaliwa, M.J.G., Woomer, P.L.,** 2003, Prediction of Soil Erosion in a Lake Victoria Basin Catchment Using a GIS-Based Universal Soil Loss Model, Agricultural Systems, 76, 883-894.
- Mabit, L., Bernard, C., Laverdière, M.R.,** 2007, Assessment of Erosion in the Boyer River Watershed (Canada) Using a GIS Oriented Sampling Strategy and ^{137}Cs Measurements, Catena, 71, 242-249.
- Mabit, L., Bernard, C., Makhoulf, M., Laverdière, M.R.,** 2008a, Spatial Variability of Erosion and Soil Organic Matter Content Estimated from ^{137}Cs Measurements and Geostatistics, Geoderma, 145, 245-251.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Mabit, L., Benmansour, M., Walling, D. E.,** 2008b, Comparative Advantages and Limitations of the Fallout Radionuclides ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ and ^7Be for Assessing Soil Erosion and Sedimentation, Journal of Environmental Radioactivity, 99, 1799-1807.
- Mabit, L., Klik, A., Benmansour, M., Toloza, A., Geisler, A., Gerstmann, U. C.,** 2009, Assessment of Erosion and Deposition Rates Within an Austrian Agricultural Watershed by Combining ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ and Conventional Measurements, Geoderma, 150, 231-239.
- Maegdefrau, E. and Hofmann, U.,** 1937, Die Kristalstruktur des Montmorillonit, Z. Krist., 98, 299-323.
- Malayoğlu, U., Akar, A.,** 1995, Killerin Sınıflandırmasında ve Kullanım Alanlarının Saptanmasında Aranan Kriterlerin İrdelenmesi, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 21-22 Nisan.
- Manav, R.,** 2008, Orta Gediz Havzası (Salihli - Kargın) Toprak Erozyonu Hızının ^{210}Pb Tekniği ile Belirlenmesi ve Sonuçların Değerlendirilmesi için Genel Bir Yazılımın Geliştirilmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 100 s.
- Marshall, C.E.,** 1935, Layer Lattices and Base-exchange Clays, Z. Krist., 91, 433-449.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Mati, B.M., Morgan, R.P.C., Gichuki, F.N., Quinton, J.N., Brewer, T.R. and Liniger, H.P., 2000, Assessment of Erosion Hazard with the USLE and GIS: A case study of the Upper Ewaso Ng'iro North basin of Kenya, JAG , 2, 78-86.

Matisoff, G., Bonniwell, E.C. and Whiting, P.J., 2002, Soil Erosion and Sediment Sources in an Ohio Watershed Using Beryllium-7, Cesium-137, and Lead-210, Journal of Environmental Quality, 31, 54-61.

Menzel, R.G., 1960, Transport of Strontium-90 in Runoff, Science (Washington, DC) 131, 499-500.

Milton, G.M., Kramer, S.J., Watson, W.L., Kotzer, T.G., 2001, Qualitative Estimates of Soil Disturbance in the Vicinity of CANDU Stations, Utilizing Measurements of ^{137}Cs and ^{210}Pb in Soil Cores, Journal of Environmental Radioactivity, 55, 195-205.

Molnar, D.K. and Julien, P.Y., 1998, Estimation of Upland Erosion Using GIS, Computers & Geosciences, 24, 183-192.

Morgan, R. P. C., 2005, Soil Erosion & Conservation, Blackwell Publishing, 304 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Mutluer, M.**, 1997, Orta Gediz Havzasında Yerçekilleri ve Toprak Anamateryalinin Tarım Faaliyetleri Üzerine Etkisi, Ege Coğrafya Dergisi, 9, 267-283.
- Navas, A., Machi'n, J., Soto, J.**, 2005, Assessing Soil Erosion in a Pyrenean Mountain Catchment Using GIS and Fallout ^{137}Cs , Agriculture, Ecosystems and Environment, 105, 493-506.
- Nouira A., Sayouty E.H., Benmansour M.**, 2003, Use of ^{137}Cs Technique for Soil Erosion Study in the Agricultural Region of Casablanca in Morocco, Journal of Environmental Radioactivity, 68, 11-26.
- Owens, P.N., Walling, D.E.**, 1998, The Use of a Numerical Mass-Balance Model to Estimate Rates of Soil Redistribution on Uncultivated Land from ^{137}Cs Measurements, Journal of Environmental Radioactivity, 40, 185-203.
- Özcan, A.U., Erpul, G., Başaran, M., Erdoğan, H.E.**, 2007, Use of USLE/GIS Technology Integrated with Geostatistics to Assess Soil Erosion Risk in Different Land Uses of Indagi Mountain Pass—Çankırı, Turkey, Environ. Geol.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Öztürk, T.**, 2005, Gediz Havzası Eğimli Tarım Alanlarında Erozyon Hızı Tayininde ^{210}Pb 'nin Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 88 s.
- Özgümüş, A.**, 1995, Tarla Bitkileri, Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim fakültesi, No.724.
- Pauling, L.**, 1930, The Structure of The Chlorites, Proc. Natl., Acad., Sci., 16, 123-129.
- Parfenov, Yu. D.**, 1974, Polonium-210 in The Environment and in The Human Organism, At. Energy Rev., 12(1), Institute of Biophysics of The USSR Ministry of Health, Moscow, Union of Soviet Socialist Republics, 75-143.
- Pfützner, J., Brunskill, G., Zagorskis, I.**, 2004, ^{137}Cs and Excess ^{210}Pb Deposition Patterns in Estuarine and Marine Sediment in the Central Region of the Great Barrier Reef Lagoon, North-Eastern Australia, Journal of Environmental Radioactivity, 76, 81-102.
- Porto, P., Walling, D.E. and Ferro, V.**, 2001, Validating the Use of Caesium-137 Measurements to Estimate Soil Erosion Rates in a Small Drainage Basin in Calabria, Southern Italy Journal of Hydrology, 248, 93-108p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Porto, P., Walling, D. E., Callegari, G. and Catona, F., 2006, Using Fallout Lead-210 Measurements to Estimate Soil Erosion in Three Small Catchments in Southern Italy, Water, Air and Soil Pollution, 6, 657-667.

Robbins, R. A., 1978, Geochemical and geophysical application of radioactive lead. In: Nriagu J. O., ed. The biogeochemistry of lead in the environment. Amsterdam: Elsevier, 286-383.

Ritchie, J.C., McHenry, J.R. and Gill, A.C., 1974, Fallout ^{137}Cs in The Soils and Sediments of Three Small Watersheds, Ecology, 55, 887-890.

Ritchie, J.C. and McHenry, J.R., 1990, Application of Radioactive Fallout Caesium-137 for Measuring Soil Erosion and Sediment Accumulation Rates and Patterns: A Review, J. Environ. Qual. 19, 215-233.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Ritchie, J.C., 1999, Combining ^{137}Cs and Topographic Surveys for Measuring Soil Erosion/Deposition Patterns in a Rapidly Accreting Area, IAEA, Report on the third research co-ordination meeting of the co-ordinated research projects on assessment of soil erosion through the use of ^{137}Cs and related techniques as a basis for soil conservation, sustainable agricultural production and environmental protection and sediment assessment studies by environmental radionuclides and their application to soil conservation measures, 4-8 October, Barcelona, Spain.

Saatçı, F., Altınbaş, Ü., Tuncay, H., Akıncı, C., 1983, Toprak ve Su Analiz Yöntemleri, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, No.18, 87 s.

Saç, M.M., 2003, Yatağan Havzası'nda Toprak Erozyonu Hızının Radyoaktif Sezyum Tekniği Kullanılarak Ölçülmesi, Doktora Tezi, 176s.

Saç, M.M., Yumurtacı, E., Yener, G., Camgöz, B., Uğur, A. and Özden, B., 2008, Soil erosion determinations by using ^{137}Cs technique in the agricultural regions of Gediz Basin, Western Turkey, Environmental Geology, 55, 477-483.

Schlichting, E. And Blume, H. P., 1966, Bodenkundliches Praktikum, Verlag, Paul Parey Hamburg und Berlin.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Shamshad, A., Azhari M.N., Isa M.H., Wan Hussin W.M.A., Parida B.P., 2008, Development of an Appropriate Procedure for Estimation of RUSLE EI₃₀ Index and Preparation of Erosivity Maps for Pulau Penang in Peninsular Malaysia, Catena, 72, 423-432.

Soil Survey Staff, 1951, Soil Survey Manual, U. S. Department Agriculture Handbook, No. 18, U. S. Government Print, Office Washington.

Soto, J., Navas, A., 2004, A Model of ¹³⁷Cs Activity Profile for Soil Erosion Studies in Uncultivated Soils of Mediterranean Environments, Journal of Arid Environments, 59, 719-730.

Tangestani, M.H., 2006, Comparison of EPM and PSIAC Models in GIS for Erosion and Sediment Yield Assessment in a semi-arid Environment: Afzar Catchment, Fars Province, Iran, Journal of Asian Earth Sciences, 27, 585-597.

Taşkın, Ö., 1993, Assessment of Erosion Rates and Patterns from Spatial Variability of Cesium-137, A Dissertation Presented to the Faculty of The Graduate College at the University of Nebraska in Partial Fulfilment of Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy Lincoln, Nebraska.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Taysun, A., Çanga, M. R., Uysal, H., Erpul, G., 1995, Toprak Erozyonu ve Koruma Önlemleri, Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, Ziraat Bankası Kültür Yayınları, No:26, Ankara.

Theocharopoloulos S.P., Florou H., Walling D.E., Kalantzakos H., Christou M., Tountas P., Nikolaou T., 2002, Soil Erosion and Deposition Rates in Cultivated Catchment Area in Central Greece, Estimated Using the ^{137}Cs Technique, Soil and Tillage Research 1758 1-10p.

Tombuş, F.E., Ozulu, İ.M., 2007, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Risk Belirlemesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, KTÜ, Trabzon.

Topraksu Genel Müdürlüğü, 1974, Gediz Havzası Toprakları, Havza No:5 Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları.

Turekian, K. K., Nozaki, Y., Benninger, L.K., 1977, Geochemistry of Atmospheric Radon and Radon Products, Ann. Rev. Earth Planet Sci., 5, 227-255.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Turekian, K. K. and Graustein, W. C.,** 2003, Natural Radionuclides in the Atmosphere, Elsevier Ltd., Treatise on Geochemistry, 4, 261-279.
- Uğur, A.,** 1998, Gökova körfezi deniz sediment korlarında radyoaktif Pb, Po, Ra, Cs, Am ve Pu izotoplarının dağılımının incelenmesi, sedimentasyon hızı ve tarihleme çalışmalarında kullanılması, Doktora tezi, Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, 231 s.
- Uğur (Tanbay) A., and Yener, G.,** 2001, Accumulation Rates and Sediment Deposition in the Gökova Bay in Aegean Sea Turkish Coast. Applied Radiation and Isotopes, 55, 581-588.
- Uğur, A., Yener, G., Saç, M. M., Altınbaş, U., Kurucu, Y., Bolca, M.,** 2003, Ayrımlı Yamaç Yüzeyleri ve % Eğimlerden Oluşmuş Yatağan Havzası Tarım Topraklarında Radyoaktif Kurşun ve Sezyum Profilleri Kullanılarak Toprak Hareketlerinin Belirlenmesi, TÜBİTAK Projesi, Proje No: YDABÇAG-100Y060, 104-106s, Ankara.
- Uğur, A., Saç, M. M., Yener, G., Altınbaş, U., Kurucu, Y., Bolca, M., Özden, B.,** 2004, Vertical Distribution of the Natural and Artificial Radionuclides in Various Soil Profiles to Investigate Soil Erosion, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 259, 265-270.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Uğur, F. A., 2005, Kil Minerallerinin Radyoaktif Maddeleri Tutma Özelliklerinin, Kilin Yapısına ve İşlem Koşullarına Bağlılığının İncelenmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 182 s.

Wallbrink, P.J., Murray, A.S., 1996, Determing Soil Loss Using the Inventory Ratio of Excess Lead-210 to Cesium-137, Soil Sci. Soc., 60, 1201-1208.

Walling, D.E., Quine, T.A., 1990, Calibration of Caesium-137 Measurements to Provide Quantitative Erosion Rate Data, Land Degradation and Rehabilitation, 2, 161-175.

Walling, D.E., He, Q. & Quine, T.A., 1995, Use of Caesium-137 and Lead-210 as Tracer in Soil Erosion Investigation, Tracer Technologies for Hydrological Systems (Proceedings of a Boulder Symposium) no. 229, 163-172.

Walling, D.E. and He, Q., 1999, Improved Models for Estimating Soil Erosion Rates from Cesium-137 Measurements, Journal of Environment Quality, Vol.28, pp. 611-622.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Walling, D.E., He, Q., Blake, W.,** 2000. Use of ^7Be and ^{137}Cs measurements to document short-and medium-term rates of water-induced soil erosion on agricultural land. *Water Resour. Res.*35, 3865-3874.
- Walling, D.E. Collins, A.L. Sickingabula, H.M.,** 2003, Using Unsupported Lead-210 Measurements to Investigate Soil Erosion and Sediment Delivery in a Small Zambian Catchment, *Geomorphology*, 52, 193-213.
- Walling, D.E.,** 2004, Using Environmental Radionuclides to Trace Sediment Mobilisation and Delivery in River Basins as an Aid to Catchment Management, *Proceeding of the Ninth International Symposium on River Sedimentation*, October 18-21, Yichang, China.
- Winkler, R., Rosner, G.,** 2000. Seasonal and long-term variation of ^{210}Po concentration in air, atmospheric deposition rate and total deposition velocity in south Germany. *The Science of the Total Environment* 263, 57-68.
- Wolcott, J. and Church, M.,** 1991, Strategies for Sampling Spatially Heterogeneous Phenomena: The example of River Gravels, *Journal of Sedimentary Petrology*, 61, 534-543.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Yariv, S., Michaelian, K. H., 2002, Structure and Surface Acidity of Clay Minerals, Organo-Clay Complexes and Interactions, 1, 1-38.

Yomralıoğlu, T., 2002, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Karedeniz Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 478 s.

Yumurtacı, E., 2004, Radyoaktif İzleyici Kullanarak Gediz Havzası Tarım Alanlarında Erozyon Hızının Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, 58 s.

Zapata, F., 2002, Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation Using Environmental Radionuclides, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Zapata, F., 2003, The use of environmental radionuclides as tracers in soil erosion and sedimentation investigations: recent advances and future developments, Soil&Tillage Research 69, 3-13.

Zhang, X., Qi, Y., Walling, D. E., He, X., Wen, A., Fu, J., 2006, A Preliminary assessment of the potential for using $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ measurement to estimate soil redistribution rates on cultivated slopes in the Sichuan Hilly Basin of China, Catena, 68, 1-9.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

www.agri.ankara.edu.tr/soil_sciences/1230_kil_mineralogy

www.aof.anadolu.edu.tr/kitap/IOLTP/1270/unite03.pdf

www.aof.anadolu.edu.tr/kitap/IOLTP/1270/unite05.pdf

www.biltek.tubitak.gov.tr

www.e-cografya.com

www.dpi.vic.gov.au

www.mta.gov.tr/mta_web/kutuphane/mtadergi/71_4

www.khgm.gov.tr

www.tema.org.tr/turkish/erozyon/turkiyede_erozyon.html

ÖZGEÇMİŞ

12 Mart 1978’de İzmir’de doğdu. İlköğrenimini 1989 yılında Aydoğdu İlkokulu’nda, ortaöğrenimini 1992 yılında İzmir Karşıyaka Ortaokulu’nda ve lise öğrenimini 1995 yılında İzmir Karşıyaka Gazi Lisesi’nde tamamladı. 1999’da Celal Bayar Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü’nden mezun oldu. Aynı yıl Ege Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı’nda lisansüstü eğitim yapmaya hak kazandı. 2003 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladıktan sonra, Ege Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı’nda doktora eğitimine başladı. 2001 yılından beri Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü’nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.