

Ankara Bölgesi Pliyosen-Pleyistosen Paleosollerinin Paleoiklim Modellemesi

Proje No: 106Y172

Prof.Dr. Asuman G. TÜRKMENOĞLU
Prof.Dr. Selim Kapur
Doç.Dr. İsmail Ömer YILMAZ
Yrd.Doç. Erhan AKÇA
Jeoloji Yük. Müh. Ceren KÜÇÜKUYSAL

Aralık 2010
ANKARA

ÖNSÖZ

“Ankara Bölgesi Pliyosen-Pleyistosen Paleosollerinin Paleoiklim Modellemesi” başlıklı projemiz TÜBİTAK ÇAYDAG tarafından 106Y172 proje kodu ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK ÇAYDAG’a ve projenin yürütülmesini kolaylaştıran ÇAYDAG çalışanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca proje çalışması sırasında polen analizlerinin değerlendirilmesinde katkıda bulunan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Yrd.Doç.Dr. Nurdan Yavuz Işık ile TPAO çalışanlarından Sayın Dr. Zühtü Batı’ya; aynı zamanda projenin bel kemiği olan mineraloji ve izotop analizlerinin yapımında büyük kolaylıklar sağlayan ve katkı veren Western Ontario Üniversitesi (Kanada), Jeoloji Bölümü öğretim üyesi Prof.Dr. Fred Longstaffe ve Duraylı İzotop Laboratuvarı koordinatörü Kim Law ile multiprep uzmanı Li Huang’a teşekkür ederim.

Aralık 2010

Proje Yürütücüsü

Prof.Dr. Asuman Günel TÜRK MENOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	2
İÇİNDEKİLER	3
TABLO VE ŞEKİL LİSTELERİ	4
ÖZET	7
ABSTRACT	9
1. GİRİŞ	10
1.1 Çalışmanın Amacı	10
1.2. Çalışmanın İçeriği	10
1.3. Çalışma Alanı	11
1.3.1. Konum	11
1.3.2. İklim	16
1.3.3 Literatür Özeti	17
2. METODOLOJİ	20
2.1. Arazi Uygulamaları	20
2.2. Analitik Yöntemler	35
2.2.1. Kalsiyum Karbonat, pH, Organik Madde, Tuz ve Tekstür Analizleri	35
2.2.2 Toprak Kimyası Analizleri	35
2.2.3. Parçacık Boyutu Analizi –Tekstür Analizi	36
2.2.4. Mineraloji Analizleri	36
2.2.4.1.Tüm Kaya Analizleri	36
2.2.4.2. Detay Kil Analizi	36
2.2.4.3. Duraylı İzotop Analizleri	41
2.2.5. Jeokimyasal Analizler	42
2.2.6. Jeokronolojik Analizler	42
3. MİNERALOGİ	46
3.1. XRD Analizleri	46
3.2. Dolomit Stokiyometresi	54
3.3. Taramalı Elektron Mikroskobu Çalışması (SEM)	55
4. PETROGRAFI	76
4.1. Karahamzalı İstifi	76
4.2. İncek, Dodurga, Çiğdem, ODTÜ Örnekleri	88
4.3. Bala Örnekleri	94
5. SEDİMENTOLOJİK ANALİZLER	96
6. JEOKİMYA	102
6.1. Karahamzalı İstifi'nin Jeokimyası	102
6.2. Bala İstifinin Jeokimyası	113
6.3. Diğer Örneklerin Jeokimyası	118
6.4. Duraylı İzotop Sonuçları	123
7. JEOKRONOLOJİ	126
8. TARTIŞMA ve SONUÇLAR	131
REFERANSLAR	136

ŞEKİL VE TABLO LİSTELERİ

1.1. Çalışma alanlarını gösteren lokasyon haritası (www.kgm.gov.tr)	12
1.2. MTA F-15 Paftası Ankara'nın jeoloji haritası (Akyürek et., 1997).	13
1.3. Dodurga, ODTÜ, Çiğdem örnekleme alanlarını içine alan Ankara Jeoloji haritası (1:100 000 ölçekli MTA F-15 paftası)	14
1.4. Karahamzalı istifinin yer aldığı Kırşehir J30 paftasından bir bölüm (MTA; Akçay ve diğ., 2008).	15
1.5. Bala istifinin yer aldığı Kırşehir I30 paftasından bir bölüm (MTA; Dönmez ve diğ., 2008).	16
2.1. İlk çalışma alanından Karahamzalı kesitinin görüntüsü.	21
2.2. Karahamzalı kolon kesitinde kumtaşı-kaliş ve kanal kongloması ar dalanması.	21
2.3. Karahamzalı istifinin genelleştirilmiş-ölçüsüz-stratigrafik kesiti.	22
2.4. İncek lokasyonunda kırmızı toprak ve kaliş ar dalanması	25
2.5. İncek lokasyonunda düzgün olmayan taban ve tavan geometrisi.	25
2.6. Dodurga'da ilk örneklenen lokasyonun 1 ve 2 no'lu seviyeleri.	26
2.7. Dodurga'da ilk örneklenen alanın dik kesiti.	27
2.8. Dodurga mevkiinde ikinci örneklenen kolonun görüntüsü.	28
2.9. Dodurga mevkiinde ikinci örnekleme alanı dik kesiti.	28
2.10. Türk-konut mevkiinde kaliş-breş-kaliş ar dalanması.	29
2.11. Türk-Konut mevki örnekleme yapılan alanın dik kesiti.	30
2.12. Bala çalışma alanında seçilen kesit.	31
2.13. Bala çalışma alanında sondaj çalışması.	31
2.14. Bala sondaj sandıkları	32
2.15. Karahamzalı'da sondaj çalışması.	33
2.16. Karahamzalı sondaj sandıkları.	34
2.17. University of Western Ontario' da Jeoloji Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında kil fraksiyonunu kil dışı malzemeden ayırma işlemi.	37
2.18. Araştırmada kullanılan Freeze dryer ve hızlı santrifüj resimleri	40
2.19. Araştırmada kullanılan Thermo Finnigan Delta Plus XL multiprep'in resmi.	42
2.20. Bruker ELEXSYS E580 marka ESR cihazı	44
3.1. Tüm kaya mineral içeriklerinin derinliğe göre değişimleri.	48
3.2. Karahamzalı istifinde kil mineral içeriklerinin derinliğe göre değişimleri.	49
3.3. Bala istifinde tüm kaya mineral içeriğinin derinliğe göre değişimi.	51
3.4. Bala istifinde kil minerallerinin derinliğe göre değişimleri.	52
3.5. ODTÜ Merkezi Laboratuvarı'nda bulunan SEM-ESD sistemi	56
3.6. Kalsit çimento dokanağı	57
3.7. Dokanağın yakın görüntüsü	57
3.8. Kil minerallerinin SEM görüntüsü ve EDX analizi.	58
3.9. Paleosollerdeki killerin SEM görüntüsü	59
3.10. Rombohedral kalsit kristalleri ve EDX analizleri	60
3.11. Kalsit üzerinde kil mineral kırıntıları	61
3.12. Detritik kuvars kristali ve EDX analizi	62
3.13. Paligorskit dokusunun SEM görüntüsü ve EDX analizi.	63
3.14. Dolomit ve çimento dokanağı	64
3.15. Dokanağın yakından görünümü.	64
3.16. Dalgalı-yapraksı morfolojiye sahip kil mineralleri ile üzerlerini çevreleyen paligorskitler çimentoda gözlenmiştir.	65
3.17. İllit liflerinin SEM görünümü	65
3.18. Paligorskitinde bulunduğu bu örnekte illit ve paligorskit fiberleri birlikte gözlenmiştir.	66

3.19. İllit lifleri arasında kalan gözenekli yapı ve paligorskitin illit ile birlikte bulunduğu görülmüştür.	66
3.20. Klorit yapraksı morfolojisiyle gözlenmiştir.	67
3.21. Kalın ve kısa illit lifleri ve ergime boşlukları gösteren feldspat minerali gözlenmiştir.	68
3.22. Paligorskitler illitlerin üzerlerini kaplayacak formda yayılım göstermişlerdir.	68
3.23. U-2 kalış örneğinin genel görüntüsü	69
3.24. Dolomitlerin üzer65i paligorskit lifleri ile çevrelenmiştir. U- seviyesi, A seviyesindeki örneklerle benzerlik göstermektedir.	69
3.25. Mikritik çimento ve dolomit dolgusu.	70
3.26. Kil mineralleri ve paligorskit oluşumları birlikte gözlenmiş, ergime yapıları belirlenmiştir.	70
3.27. Paligorskit lifleri çimento boşluklarını doldurarak köprü oluşturmuştur.	71
3.28. U-10 örneğinin genel görüntüsü. Dolomit yüzeyinde bozulma görülmemiştir.	71
3.29. Dolomit yüzeyleri ve dilinim yapıları net bir şekilde gözlenmiştir.	72
3.30. Kil boyutunda gözlenen lif yapıların EDX ile illit oldukları saptanmıştır.	73
3.31. Paligorskitin kil mineralleri üzerinde feldspat minerali ile Bala paleosol içerisindeki görünümü.	73
3.32. Paleosol içerisinde bakteriyel yapı.	74
3.33. Paleosol içerisinde paligorskit lifleri ve hematit nodul oluşumları.	74
3.34. Bala kalışında kalsit üzerinde gelişen paligorskit lifleri.	75
4.1. Şekil 4.1. İstifin alt seviyelerinde, yarı-köşeli feldspat kırıntısı ile yarı-yuvarlak kenarlara sahip olan andezit kırıntısının demir oksit ve mangan oksit ile birlikte kalış içerisindeki görüntüsü (PPL, X4).	77
4.2. Mikrospatik çimento a) boşlukları, b) kırıntıları, c) çatlakları, d) faunal boşlukları, e) mineral kırıntıları ve kalış genelinde boşlukları zarf şeklinde çevrelerken.	78
4.3. a) MnO ₂ boyamalarının boşluk etrafında yoğun bir zarf oluşturmuş hali, b) boşluk içerisinde ara boşluklu parçalı MnO ₂ oluşumu.	79
4.4. a ve b) İri taneli karbonat minerallerinin faunal aktiviteden oluşmuş boşlukları doldurması ve daha ince taneli çimento malzemesinin duvarlarını kaplaması ile oluşmuş yapı.	80
4.5. Spar karbonat minerallerinin (a) karbonat nodulu etrafında ve (b) faunal boşluğun duvarlarını çevrelemesi ile oluşmuş köpek dişi çimento modeli.	81
4.6. Erime boşluk yapıları.	82
4.7. Subangular blocky microstructure and well accomodated ped structure of the paleosols within the Kulu succession. The photographs belong to the samples from the A-5 levels.	83
4.8 . The primary partially accomodated subangular blocky PEDS (a) and granular to subangular smaller partially accomodated peds (b) of the paleosols within the Kulu succession.	83
4.9. Paleosoller içerisinde bulunan düzlemsel boşluklar.	84
4.10. Kil kutanı.	84
4.11. a) Feldspat kırıntısının matriks içerisinde görüntüsü, b) feldspat, kuvars, andezit kırıntılarının matriks içerisindeki görüntüsü.	85
4.12. Karahamzalı istifinde a) bitki kökünün paleosol içerisinde bozulmuş halinin görüntüsü, b) kök yapısının korunmuş hali ile paleosol içerisindeki görüntüsü.	86
4.13. Kulu istifi paleosollerinde kil şişme özelliği ile dom yapısının oluşması.	87
4.14. Kulu istifi paleosollerinde siferik yapı görüntüsü.	88
4.15. Dodurga alanına kalışların genel görünümü.	89
4.16. Dodurga kalışlarında polikristalen kuvars ve kaya fragmanı arasında oluşan kil kutanı.	90
4.17. İnce-uzun boşluk içerisinde organik kalıntı ve kil kutanı ile dış çeperde MnO ₂ dendritik yapılanması.	90

4.18. Boşluk içerisinde gelişmiş ikincil kalsedon oluşumu.	91
4.19. Silt taşı içerisinde vermiform kaolinit oluşumu.	91
4.20. Silt taşında kil kutanı gelişimi.	92
4.21. Silt taşı içerisinde yer alan mineral ve kaya parçaları, matriks ve çimento ilişkisi.	92
4.22. a) Mikritik kalsit çimentosu b) matriks içerisinde yüzen taneler.	93
4.23. Kaya fragmanlarını çevreleyen kalsit zarflarının iğnemsiz uzun prizmatik yapısı.	93
4.24. Kalışın genel görüntüsü.	94
4.25. Kalış içerisinde kalsit zarfları, faunal boşluklar, fragmanlar ve çimento görüntüsü.	95
5.1. Toprak sınıflandırma grafiği (USDA).	97
6.1. Karahamzalı istifinde majör oksitlerin derinliğe göre değişimi.	104
6.2. Karahamzalı istifinde kimyasal bozunma değerlerinin derinliğe göre değişimleri.	105
6.3. Karahamzalı istifinde moleküler aşınma değerlerinin derinliğe göre değişimleri.	106
6.4. Karahamzalı istifi nadir toprak elementlerinin derinliğe göre değişimleri.	107
6.5. Nadir toprak elementlerinin normalize grafikleri ve A-CN-K üçgen grafiği.	112
6.6. Bala istifinde majör ve iz elementlerin derinliğe göre değişimleri.	114
6.7. Bala istifinde kimyasal aşınma indeksi ve moleküler bozunma indekslerinin derinliğe göre değişimleri	116
6.8. Bala istifi boyunca nadir toprak elementlerinin üst kabuğa ve şeyl Avrupa ya göre normalize edilmiş çizimleri ve A-CN-K üçgen diyagramı.	117
6.9. Diğer örneklerin jeokimyasal analiz sonuçları.	117
6.10. Karahamzalı istifinde duraylı izotop analiz sonuçlarının derinliğe göre değişimleri.	124
6.11. 13C ve 18O değerlerinin birbirlerine göre değişimleri.	124
6.12. Bala istifinde duraylı izotop değerlerinin derinliğe göre değişimleri.	125
6.13. 13C ve 18O değerlerinin birbirlerine göre değişimleri.	125
Tablo 1.1. Ankara Bölgesi ile ilgili literatür çalışmasının özeti.	18
Tablo 3.1. Karahamzalı istifinde tüm kaya mineral içeriği (XRD).	47
Tablo 3.2. Bala istifinde tüm kaya mineral içerikleri	50
Tablo 3.3. Bala istifinin kil mineral dağılımı	50
Tablo 3.4. Diğer örneklerin tüm kaya mineral içerikleri.	53
Tablo 3.5. Diğer örneklerin kil mineral içerikleri.	53
Tablo 3.6. Ca:Mg oranının hesaplanmasını gösteren ve örneklerin Ca:Mg oranlarını listeleyen tablo	54
Tablo 3.7. Dolomitlerin d104 ve NcaCO3 hesaplamalarını gösteren tablo	55
Tablo 5.1. Örnek miktarı uygun olan örneklerde yapılan parçacık boyutu dağılımı	96
Tablo 5.2. Karahamzalı istifinde toprak analizleri sonuçları.	98
Tablo 5.3. Bala istifinde toprak analizleri sonuçları.	101
Tablo 7.1. Bala istifi kalış örnekleri majör ve iz element analiz sonuçları (Küçükuysal et al., 2010)	127
Tablo 7.2. C1 ve C2 üzerinde yapılan radyoaktivite ölçümleri ve yaş tayini sonuçları (Küçükuysal et al., 2010)	128
Tablo 7.3. Karahamzalı örneklerinde polen analiz sonuçları	130

ÖZET

Bu projede, Ankara bölgesinde yer alan Pliyosen-Pleyistosen yaşlı paleo-toprakların arazi, mineralojik, petrografik, morfolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar yardımı ile paleoklim özelliklerinin açığa çıkarılması amaçlanmıştır.

Çalışma alanı Ankara F-15 (İ29), Kırşehir İ30 ve Kırşehir J30 paftalarında yer almaktadır. Alanda Pliyosen olarak yaşlandırılmış Gölbaşı Formasyonu ve İç Anadolu Grubu formasyonları kırmızı renkli karasal çökeltileri içermektedir. Bölgede en iyi örnek alınabilecek noktalar olan Karahamzalı, Bala, İncek, Dodurga, ODTÜ ve Çiğdem Mahallesi alanlarından örnekleme yapılmıştır. Kırmızımsı kahverengi renkli paleosoller (paleotopraklar) ile içerdikleri kalışlar iklimsel veri taşıdıkları için çalışılmıştır.

Bu alanda bulunan kalışlar genellikle masif, yumru (nodüler), tüp şeklinde ve toz (powder) halinde bulunmaktadır. Yarı olgun safhayı temsil eden yumru ve tüp şeklindeki kalışların ilk oluşum evreleri ise toz halinde görülmektedir. XRD, ICP-MS ve SEM çalışmaları kalışların içeriklerini ortaya çıkarmıştır. Karahamzalı dışında kalan diğer örnekleme alanlarında bulunan kalışlar kalsit içerirken, Karahamzalı istifinde temel kayaya yakın olan seviyelerde var olan kalsitler yüzeye yaklaştıkça yerini dolomitlere bırakmıştır. Alizarin boyama testleri ve XRD analizleri ile dolomitin varlığı teyid edilmiştir. Petrografik ve SEM çalışmaları ile kalışların hem alfa hem de beta doku özelliklerini içerdikleri tesbit edilmiştir.

Çalışılan kalışların $\delta^{18}O$ değerleri -3.97‰ to -5.02‰ VPDB, arasında değişerek meteorik su etkisi ile oluştukları gösterirken; $\delta^{13}C$ değerleri ise 7.11‰ and -7.8‰ VPDB değerleri arasında seyretmiştir. Paleosollerin kil mineral analizleri simektit, illit, kaolinit ve klorit içerdiklerini göstermiş, paligorskitin ise otijenik mineral olarak bulunduğunu işaret etmiştir. Paligorskitin varlığı çalışılan zaman diliminde, alanda buharlaşmanın yüksek olduğunu ve ortamın alkali karakterde olduğunu vurgulamaktadır.

Elektron Spin Rezonans yöntemi ile gerçekleştirilen yaşlandırma analizleri sonucunda, Bala kalışlarının Orta Pleyistosen yaşlı olduğu ve İyonyan döneminde oluştukları ortaya çıkmıştır. Karahamzalı istifi örnekleri diğer analizlere uygunluk göstermediklerinden, polen içerikleri bakımından analiz edilmiş ve Genç Miyosenden daha genç olarak yaşlandırılmıştır. Stratigrafik konumu ve paleosollerin temelinde görülen Bozdağ Bazalt kütlelerinin varlığı ile bu istif Pliyosen ve daha genç olarak tanımlanmıştır.

Elde edilen tüm veriler bölgedeki paleosollerin varlığını, içerdikleri kalışların süzülme ve kapilarite sonucunda oluştuklarını, izotop içerikleri ile mineral içerikleri karşılaştırıldığında ise nemli ve kurak iklimsel dönemlerin Pliyosen-Pleistosen döneminde etkili olduğunu göstermiştir. Yarı kurak dönemler kalış oluşumlarını desteklerken, nemli dönemlerde paleosollerde görülen doku özellikleri bölgenin lokal iklimsel değişimlerini yansıtmaktadır. Zachos et al., (2001) ile karşılaştırıldığında izotop verilerinin Genç Pliyosen-Pleyistosen verileri ile karşılık geldiği görülmüştür.

ABSTRACT

In this project, the major aims are to define the paleoclimatic characteristics of Pliocene-Pleistocene paleosols in Ankara region with the help of field, mineralogical, petrographical, morphological, geochemical and geochronological studies.

Studied regions fall in 1:100 000 scaled_MTA Ankara F-15 (İ29), Kırşehir İ30 ve Kırşehir J30 geological maps. In the region, Gölbaşı Formation and Central Anatolian Group formations have red colored continental deposits. The best exposed areas to be samples in the region are Karahamzalı, Bala, İncek, Dodurga, ODTÜ ve Çiğdem Mahallesi. Paleosols and their caliches are studied since they preserve paleoclimatic signals.

The caliches studied are in nodular, tubular, massive and powdery forms. The powdery forms are the early stages of nodular and tubular forms. XRD, ICP-MS and SEM studies revealed the mineralogical and geochemical compositions of them. Caliches of Karahamzalı section includes calcite at the bottom but have dolomite at the top. Staining with alizarin and XRD analysis reveal the existence of dolomites. The caliches are classified as both alpha and beta characteristic in terms of their petrographical and SEM properties.

The $\delta^{18}\text{O}$ values of the caliches studied are between -3.97‰ to -5.02‰ VPDB, and $\delta^{13}\text{C}$ values range from -7.11‰ to -7.8‰ VPDB. Clay minerals of the paleosols studied are smectite, kaolinite, illite, chlorite. The authigenic clay mineral found in the region is palygorskite. The existence of palygorskite indicates the evaporation and the alkaline environmental condition.

By ESR analysis, the Bala caliches are dated and found as Middle Pleistocene in age which falls in Ionian stage. The paleosols of Karahamzalı section are not suitable for ESR dating and for other techniques that is why only pollen analysis could be done. This reveals Late Miocene and/or younger age. The stratigraphic position and the base rock of Bozdağ Basalt (Pliocene in age) lead us to give Pliocene-Pleistocene age to Karahamzalı section.

All data gathered in this study shows that the caliches are formed by per descensum and per ascensum processes. The isotope contents and the mineralogical compositions reveal that wet and dry cycles happened within a dominant semi-arid climatic condition of Pliocene-Pleistocene in the region. The comparison of the isotope results with the Zachos et al., (2001), it is clear that the studied samples fall in Upper Pliocene-Pleistocene age interval.

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu projede, Ankara bölgesinde yer alan Pliyosen-Pleyistosen yaşlı, kırmızı renkli fasiyesleri de içeren, paleo-toprakların (paleosollerin) arazi, mineralojik, petrografik, morfolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar yardımı ile paleo-iklim özelliklerinin açığa çıkarılması ve eş-yaşlı paleo-topraklar ile korelasyonu için veri tabanı oluşturulması amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın İçeriği

Proje üç ana çalışma ile tanımlanabilir. Literatür taraması hem proje önerisi aşamasında hem de proje kabulünden sonra güncel çalışmaların takibi için sürdürülmüştür. Arazi çalışmaları, proje önerisi döneminde gerçekleştirildikten sonra öneri sunulmuş, proje kabulünden sonra seçilen alanlarda farklı zamanlarda saha çalışmaları yapılmıştır. Örneklemeler arazide mostralardan yapılmış, ancak topoğrafik koşulların örn

Çalışmanın son kısmı analitik yöntemlerden oluşmaktadır. Alınan örnekler mineralojik, petrografik, mikro-morfolojik, jeokimyasal, izotop ve yaşlandırma analizleri için seçilmiş ve hazırlanmıştır.

Mineralojik analizler XRD tekniği ile gerçekleştirilmiş ve çalışılan örnekler mineral içerikleri belirlenmiştir. Tüm kaya üzerinde gerçekleştirilen analizler dışında, detay kil analizleri için tüm kayadan kil fraksiyonu ayrılmış ve daha XRD tekniği ile incelenmiştir.

Petrografik kesitler optik mikroskobu ile incelenerek dokusal özellikler irdelenmiş, mineral birliktelikleri tanımlanmıştır. Mikro-morfolojik çalışmalar için toprak kesitleri hazırlanmış, bu kesitler üzerinde toprak dokusunun özellikleri incelenmiştir. Aynı zamanda Taramalı Elektron Mikroskobu ile dokusal özellikler, mineral formları, mineral ilişkileri çalışılmıştır.

Jeokimyasal analizler tüm kaya üzerinde gerçekleştirilmiştir. Major oksit ve iz element içerikleri listelenmiş, gerekli grafikler ve tablolar ile yorumlanmıştır. Duraylı izotop analizleri karbonat mineralleri üzerinde gerçekleştirilmiş ve izotop oranları paleo-iklimsel yaklaşımla yorumlanmıştır.

Çalışılan paleo-toprakların ve kalışlerin yaşlandırılması için farklı teknikler araştırılmıştır. Ancak örneklerin genç olması ve mineral içeriklerinin tasarlanan yaşlandırma analiz

yöntemlerine uygun olmaması nedeni ile ancak Elektron Spin Rezonans yöntemi ve polen analizleri ile yaş verisine ulaşılmıştır.

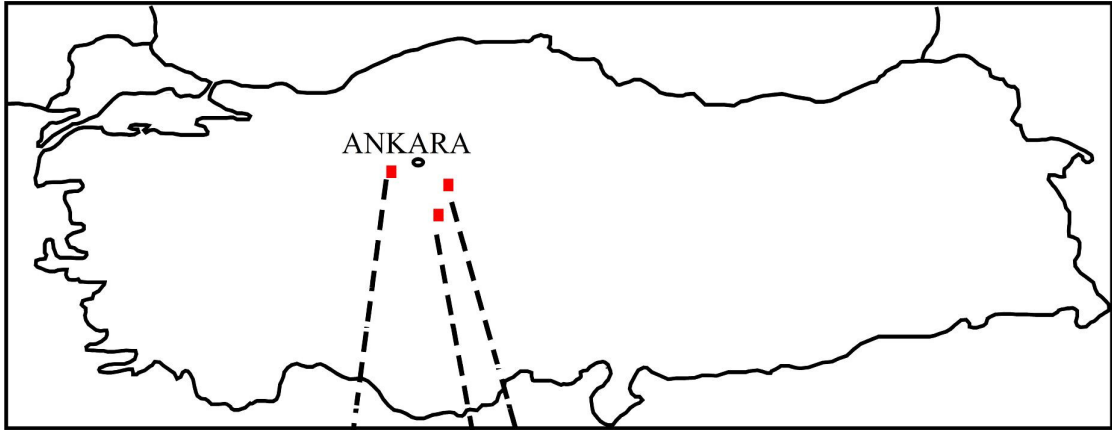
1.3. Çalışma Alanı

1.3.1. Konum

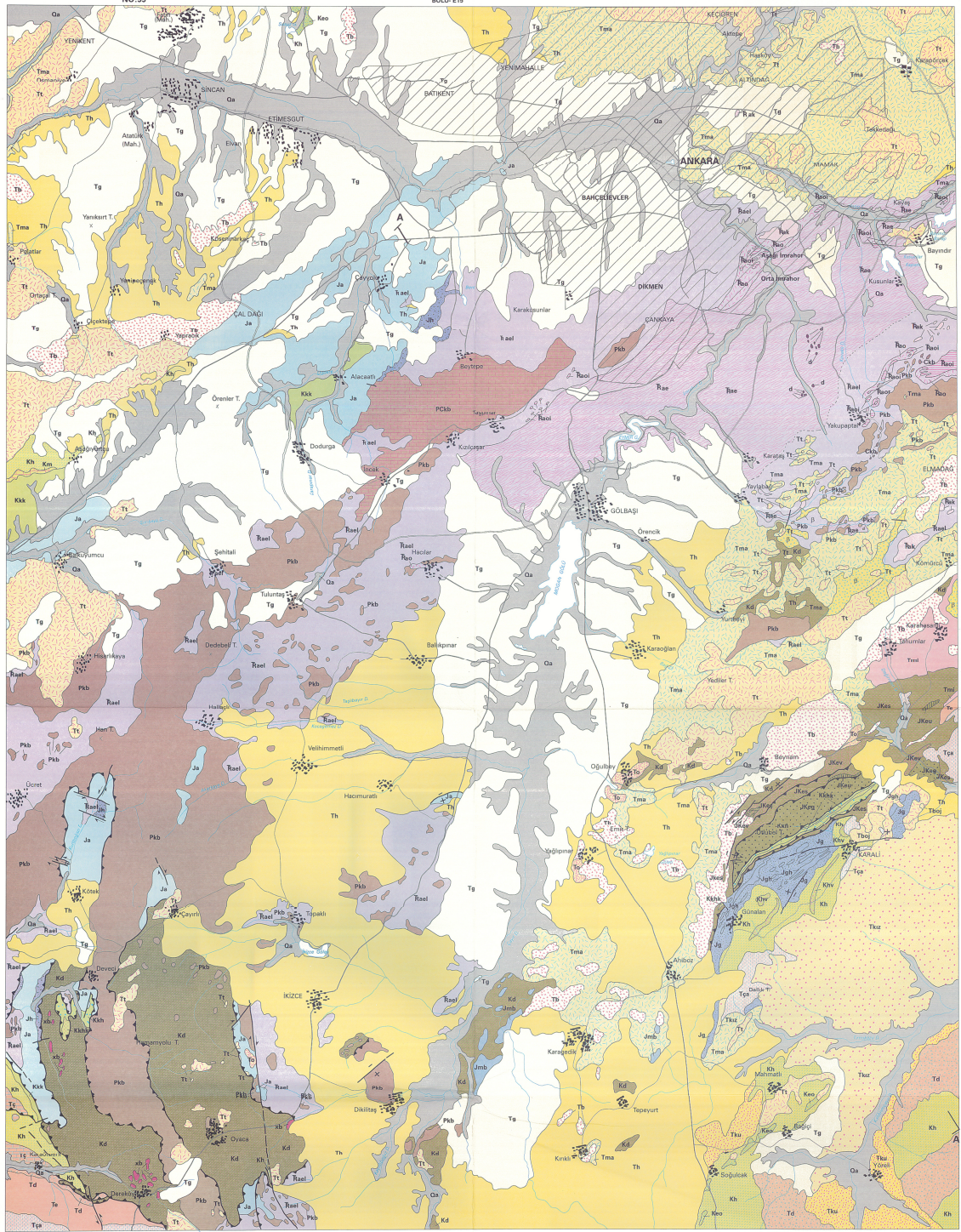
İnceleme alanı Ankara bölgesi içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Ankara'nın batısında, güneydoğusunda ve güneyinde yer alan üç farklı çalışma sahası, 1/100 000 ölçekli Ankara İ29, Kırşehir İ30, Kırşehir J30 paftalarında yer almaktadır. Bu alan içerisinde örnekleme noktaları Karahamzalı, Bala, Dodurga, İncek, ODTÜ ve Çiğdem Mahallesi olarak tanımlanabilir (Şekil 1.1).

Ankara ilinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları Projesi kapsamında MTA Genel Müdürlüğü bölgenin jeolojisini detaylı bir şekilde çalışmıştır. Bölgenin jeolojisi için bu yayınlar dikkate alınmıştır. Çalışılan alanların jeoloji haritaları MTA Genel Müdürlüğü'nden hizmet alımı ile temin edilmiştir. Şekil 1.2 Ankara jeoloji haritası olarak tanımlanmıştır ve Gölbaşı ve çevresinde örneklenen alanları içine almaktadır. Şekil 1.3 Çiğdem, ODTÜ, İncek ve Dodurga'da çalışılan alanları içeren jeoloji haritasıdır ve bu noktalar Pliyosen olarak haritada belirtilmiştir. Şekil 1.4 Karahamzalı istifini içine alan Kırşehir J30 paftasının bir bölümüdür. Bu alanda çalışılan istif Pliyosen olarak yaşlandırılmıştır. Şekil 3.5'de Bala çalışma alanını kapsayan Kırşehir İ30 paftasından bir bölüm yer almaktadır. Bu haritada çalışılan istif Genç Miyosen-Pliyosen olarak yaşlandırılmıştır.

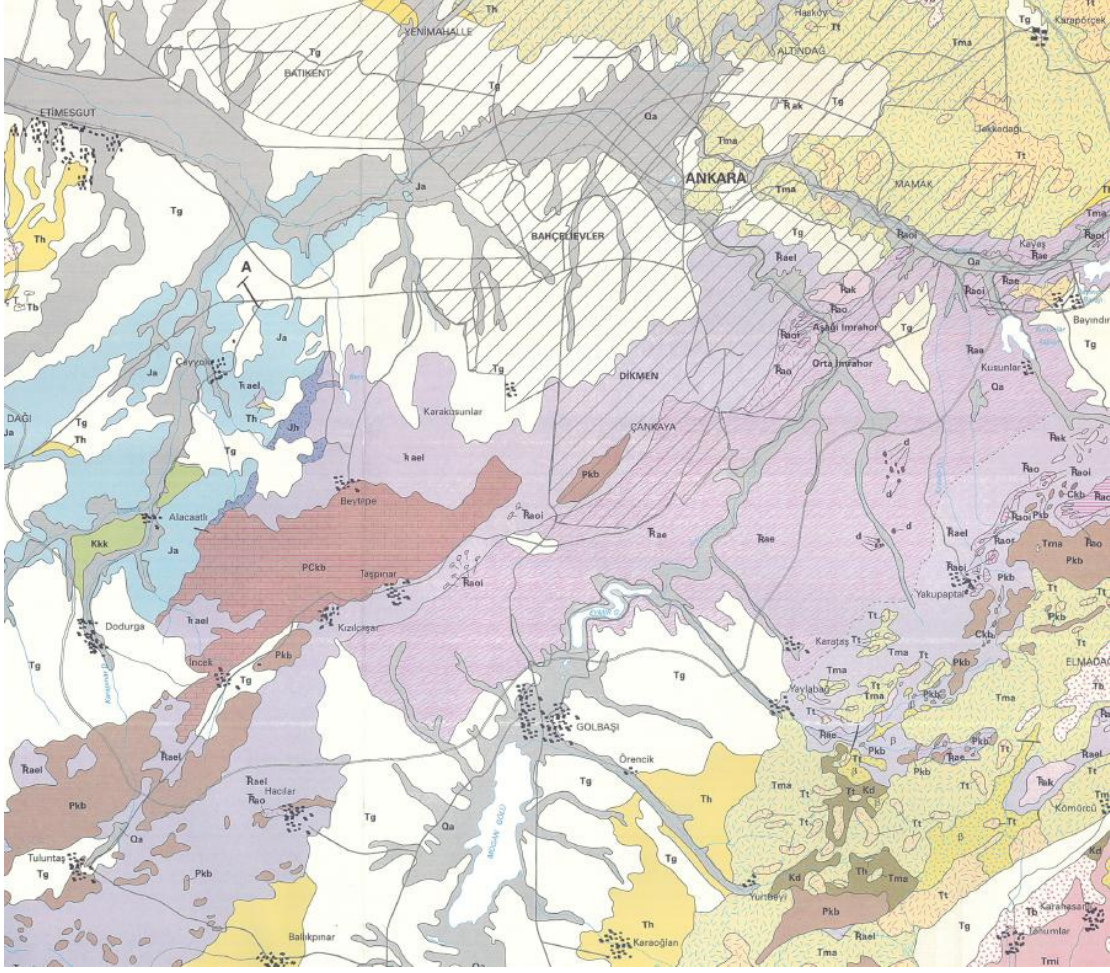
Çalışılan birimler Gölbaşı Formasyonu (Tg) olarak Akyürek ve diğ., 1997 de verilmiştir. Bu formasyon gri, boz, kırmızı renkli tutturulmamış veya az tutturulmuş değişik boyda farklı kökenli konglomera, kumtaşı, çamurtaşından oluşur. Çoğunlukla tabakalanmasızdır. Kumtaşı ve konglomeranın çakıllarını kuvarsit, bazalt, kireçtaşları, diyabaz, metamorfik kaya parçaları, radyolarit, çört, serpantin ve gabro oluşturur. Çimento kalsit ve kilden oluşmaktadır. Bozdağ bazaltı uyumsuz olarak üzerlemektedir. Birimin yaşı Akyürek ve diğ., 1997 çalışmasında, stratigrafideki yeri ve konu ile eski çalışmalar göz önüne alınarak Pliyosen olarak kabul edilmiştir. Alüvyon yelpazesi ve akarsu çökellerinden oluşmuştur.



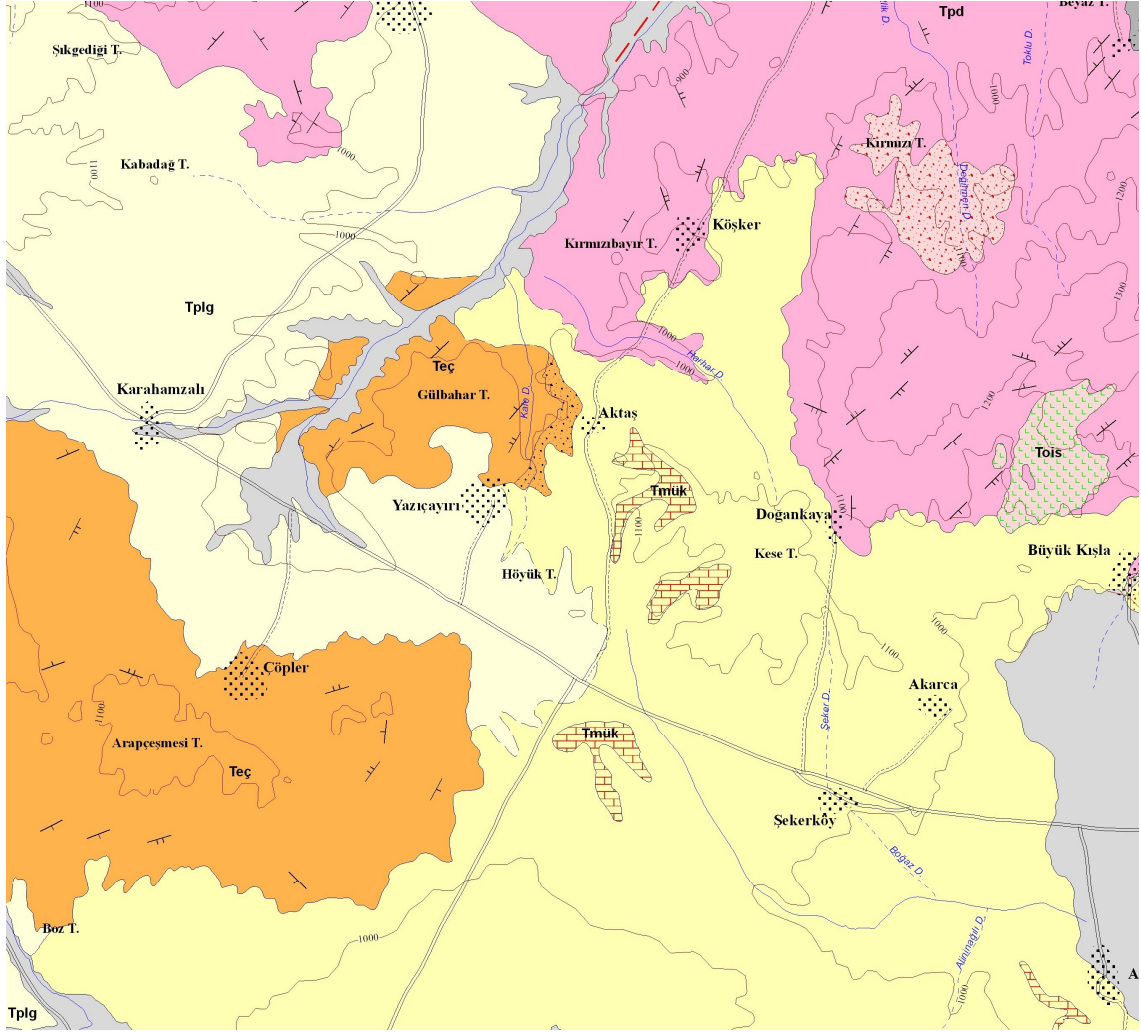
Şekil 1.1. Çalışma alanlarını gösteren lokasyon haritası (www.kgm.gov.tr).



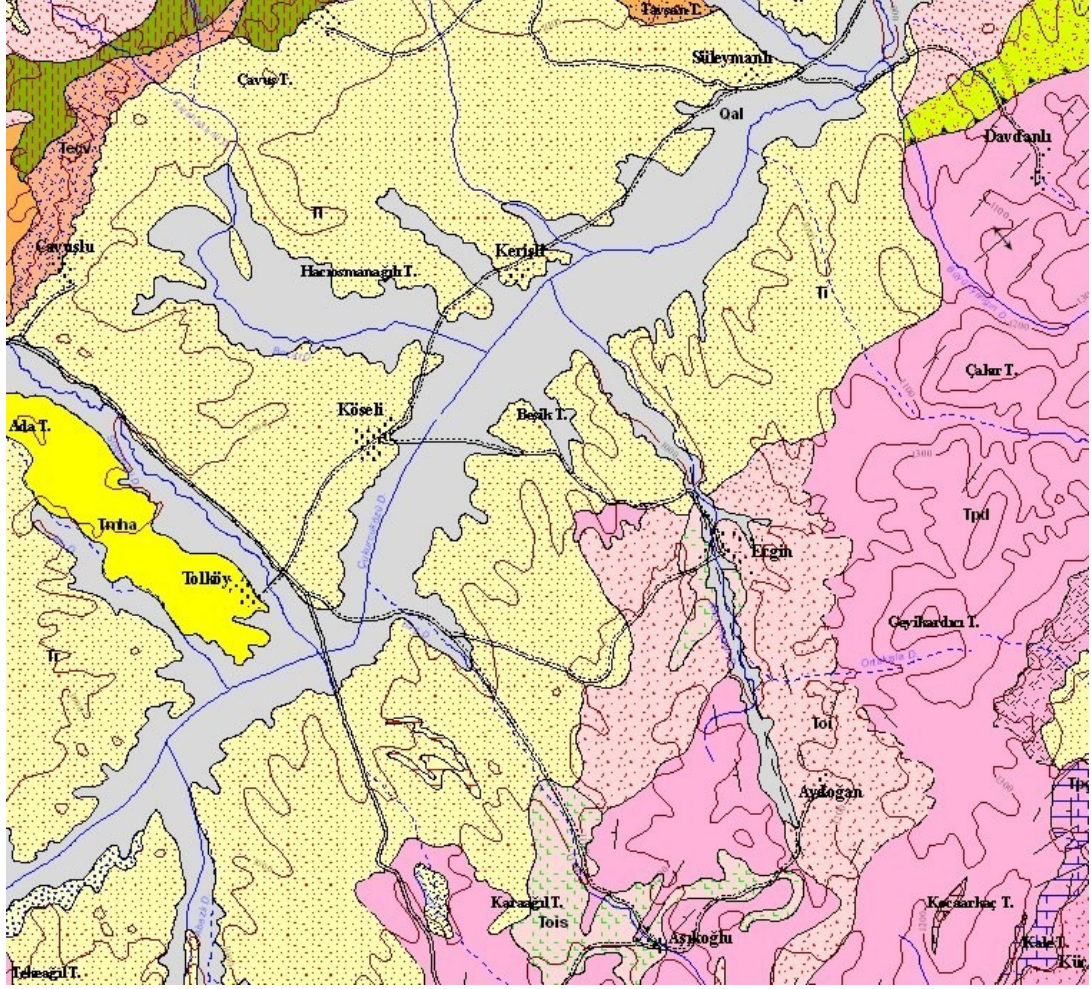
Şekil 1.2. MTA F-15 Paftası Ankara'nın jeoloji haritası (Akyürek et., 1997).



Şekil 1.3. Dodurga, ODTÜ, Çiğdem örnekleme alanlarını içine alan Ankara Jeoloji haritası (1:100 000 ölçekli MTA F-15 paftası, Akyürek et al., 1995).



Şekil 1.4. Karahamzalı istifinin yer aldığı Kırşehir J30 paftasından bir bölüm (MTA; Akçay ve diğ., 2008).



Şekil 1.5. Bala istifinin yer aldığı Kırşehir 1:30 paftasından bir bölüm (MTA; Dönmez ve diğ., 2008).

1.3.2. İklim

Genel olarak karasal iklimin hüküm sürdüğü Ankara'da, kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlar ise sıcak ve kuraktır. Yağışlar en çok ilkbahar mevsimindedir. Karın yerde kalma süresi ortalama 62 gündür. Gece ile gündüz, yaz ile kış mevsimi arasında önemli sıcaklık farkları bulunur. En sıcak aylar Temmuz (ortalama 23,4 °C) ve Ağustos (ortalama 23,9 °C), en soğuk aylar ise Ocak (ortalama 0,6 °C) ve Şubat (ortalama 1 °C) olarak belirlenmiştir (www.meteor.gov.tr).

1.3.3 Literatür Özeti

Bölge ile ilgili yapılan jeoloji çalışmaları derlenerek bir tablo halinde listelenmiştir (Tablo 1.1). Bu tabloda iklimsel kayıtları sergileyen çalışmalarda yer almıştır. Süregelen çalışmalar içerisinde paleosollerin ve kalışların özellikle iklimsel veri olarak kullanıldığı bir çalışma gözlenememektedir. Bu durum Ankara Bölgesi için böyle bir çalışmanın gerekliliğini bir kez daha ortaya çıkarmıştır.

Bölge dışında paleosol ve kalış çalışmaları genellikle güney kesimlerde (Adana ve Mersin yörelerinde) gerçekleştirilmiş, bölgenin hakim sıcak ve kurak iklim koşullarına bağlı gelişen kalışlar iklimsel yorumlarda kullanılmıştır (Eren et al., 2008; Kapur et al., 2000; Atalay, 1996; Kapur et al., 1990; Kapur et al., 1987).

Paleosoller (paleotopraklar) bir başka deyişle eski topraklar geçmişte oluşmuş topraklardır. İsminden de anlaşıldığı üzere, bu topraklar oluştukları dönem koşullarını yansıtan özellikte olup, güncel koşullarla ilgili veri taşımazlar. Bu nedenle paleotopraklar paleoiklim, paleoçevre ve paleocoğrafya çalışmalarında kullanılmaktadır. Paleosoller birçok karasal ve denizel ortama geçiş alanlarında oluşabilmektedirler. Literatür çalışmalarından anlaşıldığı üzere paleosoller en çok alüvyal kayıtlarda yer almaktadır. Paleosol sınıflandırmalarında, toprak sınıflandırma sistemi kullanılmaktadır. Çoğunlukla Birleşik Devletler Toprak Sınıflama Sistemi (United States Soil Taxonomy) ve Gıda ve Tarım Kurumu'nun (FAO) hazırladıkları sistemler kullanılmaktadır. Paleosollerin oluşumları zaman, sediman gelişi, depolanma hızı ve iklimsel faktörlere bağlı gelişmektedir. Toprak oluşum hızı, depolanma hızından daha yüksek olduğu zamanlarda dikey olarak gelişen toprak profilleri kompozit paleosollerin oluşmasını sağlar (Kraus, 1999).

Paleosoller paleoiklim koşullarının yorumlanmasında olduğu gibi ortalama yıllık yağış ve ortalama yıllık ısı miktarlarında göstergesi olarak kullanılabilir (Kraus, 1999). Paleosollerde gerçekleşen mineralojik, jeokimyasal ve izotopik analizler paleoiklim Proxy verilerinin elde edilmesini sağlar. Paleotoprak kurak ve yarı-kurak iklim koşullarında oluşan kalış/kalkrit oluşumları için temel teşkil ederler. Bu tip iklimsel koşullar, farklı formlarda kalışların gelişmesini sağlar ve iklimsel kayıtlar olarak kullanılabilirler. Kalış genel anlamda yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde vadoz zonda çakıl, kum, silt ve toprak gibi gevşek çökeller, tortul kayalar ve topraklar içerisinde gelişen ikincil karbonat oluşumu olarak tanımlanmıştır (Aristarain, 1970; Goudie, 1973; Watts, 1980; Wright and Tucker, 1991). Kalış oluşumu için buharlaşmanın yağıştan fazla olması gerekmektedir (Tucker, 1991).

Tablo 1.1. Ankara Bölgesi ile ilgili literatür çalışmasının özeti.

Çalışma	Lokasyon	Veri	Yaş	İklim	Depolanma Ortamı	Formasyon
Cangir&Kapur,1983	Ankara-Dikmen	Mineraloji&XRD	Pliyosen	Akdeniz Tipi	Flüviyal Taraça (River deposits)	Ankara Kili, kırmızı paleosol, kireç konkresyonları
Koçyiğit&Türkmenoğlu, 1991	Ankara-Yalıncağ	Fil dişi fosili	Üst Pliyosen(Erol, MTA report 2491)	Mevsimsel Yağışlı, Çoğunlukla kurak	Duraysız Flüviyal Ortam	Yalıncağ Formasyonu
Gümüş, 1995 Msc Thesis	Ankara-Gölbaşı	Mineraloji-Tüm kayaç jeokimyası	Pliyosen(Arıgün, 1994)	Yarı-kurak	Flüviyal?Gölsel?	Gölbaşı Formasyonu
Aras, 1989 (Advanced graduate seminar)	Ankara	Mineraloji	Üst Pliyosen (Erol, 80)	Yarı-kurak, Kurak	Gölsel&Flüviyal.	Kırmızı Akdeniz Toprağı
Aras et al., 1991	Ankara Ovası& Mogan Çukuru	Arazi ve lab verileri	Üst Pliyosen (Erol, 54; Çalgın, 73; Akyürek, 84)	Yarı-kurak	Taşkın alanı (Orta ve Kuzey Ankara); Alüvyal Fan&Braided Stream	Ankara Kili
Erol, 1961	Ankara	Memeli Fosilleri (Şenyürek et al., 1957; Şenyürek, 60)	Pliyosen		Gölsel (Miyosen) Flüviyal (Pliyosen)	Flüviyal Materyal
Tekkaya, 74	Ankara-Ayaş-Kızılcahamam	Omurgalı-Balık Fosilleri	Üst Pliyosen-Ponsiyen-Miyosen (Orta-Üst)			Kalkerli Marn, Killi materyal, Kalsit
Salomon-Calvi&Kleinsorge, 1940	Ankara	Arazi ve mastodon fosili	Üst Pliyosen			

Tablo 1.1'in devamı.

Çalışma	Lokasyon	Veri	Yaş	İklim	Depolanma Ortamı	Formasyon
Yılmaz, 1991	Ankara ve Çevresi	Arazi ve Lab verisi	Pliyosen		Gösel. Dağlar-arası	Ankara Kili
Akyürek et al., 2003	Ankara-Elmadağ-Kalecik	(Fosil)Mastodon (Salomon-Calvi&Kleinsroge, 1940)	Pliyosen	Miyosen sonunda kurak	Gösel&Flüviyal&Alüvyal Fan	Kumtaşı, Miltası, Çakıllar
Salomon-Calvi, 1940	Ankara	Arazi	Neojen			Açık renkli kalker, marn, kong., çakıl
Kiper, 1984	Etimesgut-Batıkent	Stratigrafi	Pliyosen		Karasal (Flüviyal&Gösel)	Çakıllı, kumlu, siltli ve killi çökeller
Ozansoy, 57	Ankara	Fosil	Pliyosen-Pleyistosen		Gösel	Çeşitli
Erol, 1973	Ankara	Jeomorfoloji	Orta-Üst Pliyosen-Villafrankiyen			Kırmızı flüviyal toprak ve kalış
Ordemir et al., 1977	Ankara	Topraklar	Üst Pliyosen-Pleyistosen		Taşkın alanı	Ankara Kili
Akyürek et al., 1997	Ankara F-15 Paftası	Stratigrafi	Pliyosen			Gölbaşı Formasyonu
Kasapoğlu, 1982	Ankara	Arazi ve Stratigrafi.	Üst Pliyosen		Gösel&Flüviyal	Konglomera ve kumlu-siltli-killi-bir seri
Şen et al., 1974	Ankara-Çalta	Fosil	Üst Pliyosen	Nemli olmayan, ancak küçük su birikintilerini olduğu iklim	Gösel	Kalker çimentolu ince kum
Şen, 1978	Ankara-Çalta	Fosil	Pliyosen (Üst Rusciniyen)	Nemli olmayan, step iklimi	Step Ortamı	
Şen&Rage, 1979	Çalta	Fosil	Pliyosen		Gösel	Göl Tortulları
Bilgütay, 1960	Ankara Hasanoğlan	Stratigrafi	Pliyosen		Gösel	Çakıl&Kırmızı Toprak Örtüsü
Koçyiğit, 1991	Ankara	Stratigrafi	Pliyosen		Karasal (Terrestrial)	Yuva Grup

2. METODOLOJİ

Çalışmanın amacına uygun olarak kullanılan yöntemlerin uygulama metotları, laboratuvar koşulları ve örnek hazırlama süreçleri bu kısımda özetlenmiştir.

2.1. Arazi Uygulamaları

Çalışma alanı içerisinde seçilen noktalarda arazi çalışmaları çalışma takvimine uygun olarak yürütülmüştür. Arazi çalışmaları sırasında örnekleme için uygun olarak seçilen noktalarda iki tip örnekleme yapılmıştır. İlki, mostra üzerinde temiz yüzeyler açılarak Soil Survey Staff tarafından belirtilen toprak örnekleme yöntemleri ile kırmızı renkli paleosoller ve kalışler örneklenmiştir. Ancak bazı kesitler yükseklikleri ve topoğrafik durumları nedeni ile mostradan örneklenmeye uygun olmadıklarından bu alanlarda sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

İlk çalışma alanı Karahamzalı kesitinin bulunduğu, Ankara'nın yaklaşık 80 km güneybatısında, 39 16 30.56''K enleminde ve 32 57 30.70''D boylamında yer almaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanında seçilen profil boyunca örnekleme yapılmıştır. Kesit yaklaşık 20m uzunluğunda olup, kumtaşı-kalış ve kanal konglomerası ardalanmasından oluşmuştur (Şekil 2.2, 2.3 ve 2.4).

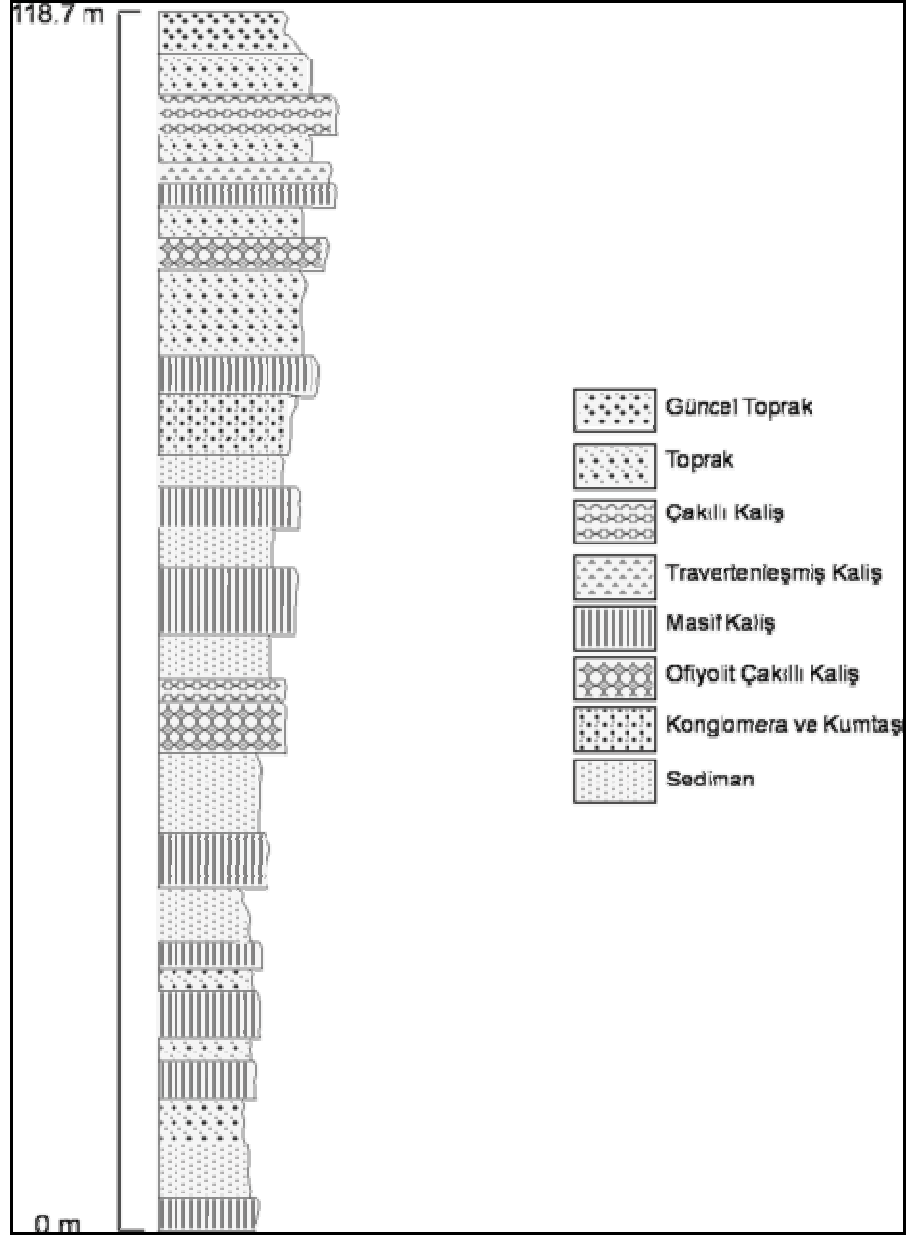
Bölge ile ilgili literatür taraması sonucunda Erol (1973) tarafından jeomorfolojik ve Akyürek ve diğ., (1997)' nin Ankara ve civarının jeolojik özelliklerini açıklayan çalışmalar örnek alınan profilin Pliyosen yaşlı olan Gölbaşı Formasyona dahil olduğunu göstermiştir.



Şekil 2.1. İlk çalışma alanından Karahamzalı kesitinin görüntüsü.



Şekil 2.2. Karahamzalı kolon kesitinde kumtaşı-kaliş ve kanal konglamerası ardalanması.



Şekil 2.3. Karahamzalı istifinin genelleştirilmiş-ölçüsüz-stratigrafik kesiti.

İkinci çalışma sahası olarak birbirinden farklı noktalarda paleo-toprak ve kalış içeren litolojiler seçilmiştir. Bu sahalardan ilki Ankara'nın güneybatısında yer alan İncek mevkiidir. Örnekleme noktası bir bina temeli olarak açılmıştır. GPS koordinatları 36 474 024E- 44 058 51N olan ve yüksekliği 1150 m olarak ölçülen mevkiide kırmızı renkli çamur ve kalış (kalkrit) ar dalanması görülmüştür (Şekil 2.5).

Arazide yapılan HCl testi ile kalışların yüksek oranda tepki vermeleri CaCO_3 miktarının yüksek olabileceği ihtimalini göstermiştir. Kalış tabakasının kalınlığı yaklaşık 1m olup kırmızı çamur içine nüfuz ettiği gözlenmiştir. Bu nedenle kalış tabakasının düzgün olmayan taban ve tavan geometrisi görülmüştür (Şekil 2.6). Bunun nedeni aşınma ve kapiler etki olabilir. İncek bölgesinde yerleşimin yayılması nedeni ile görülebilen mostralarda da kapanmıştır bu nedenle kırmızı çamur ve kalış ar dalanmasına sık rastlanılmamıştır.

İkinci çalışma bölgesinde bir diğer örnekleme alanı Dodurga'dır. Dodurga'da ilk olarak koordinatları 36 470 754 E - 44 080 86N olan ve yüksekliği 1059 m olarak GPS ile tespit edilen alanda örnekleme yapılmıştır (Şekil 1.1).

Çapraz tabakalanma gösteren çakıllı kumtaşı seviyeleri ile kırmızımsı-kahverengimsi yumuşak çamurtaşı ar dalanması (Şekil 2.8) içerisinde kalınlığı 10cm-1m aralığında değişen kalış seviyeleri gözlenmiştir (Şekil 2.7). Örnekleme kalış seviyelerinden, siltli çamurtaşı seviyesinden ve de kumlu kalış seviyesinden yapılmıştır.



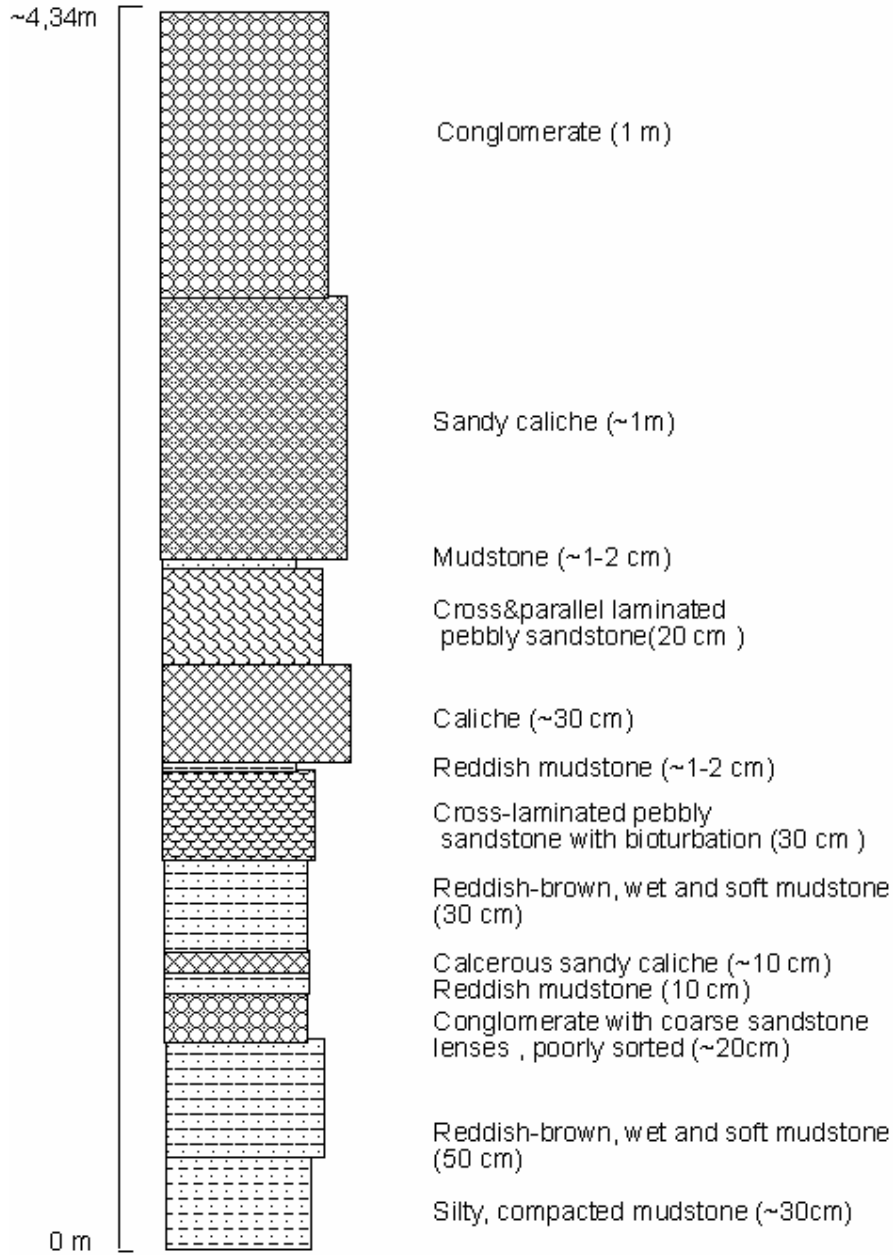
Şekil 2.4. İncek lokasyonunda kırmızı toprak ve kaliş ardalanması.



Şekil 2.5. İncek lokasyonunda düzgün olmayan taban ve tavan geometrisi.



Şekil 2.6. Dodurga'da ilk örneklenen lokasyonun 1 ve 2 no'lu seviyeleri.

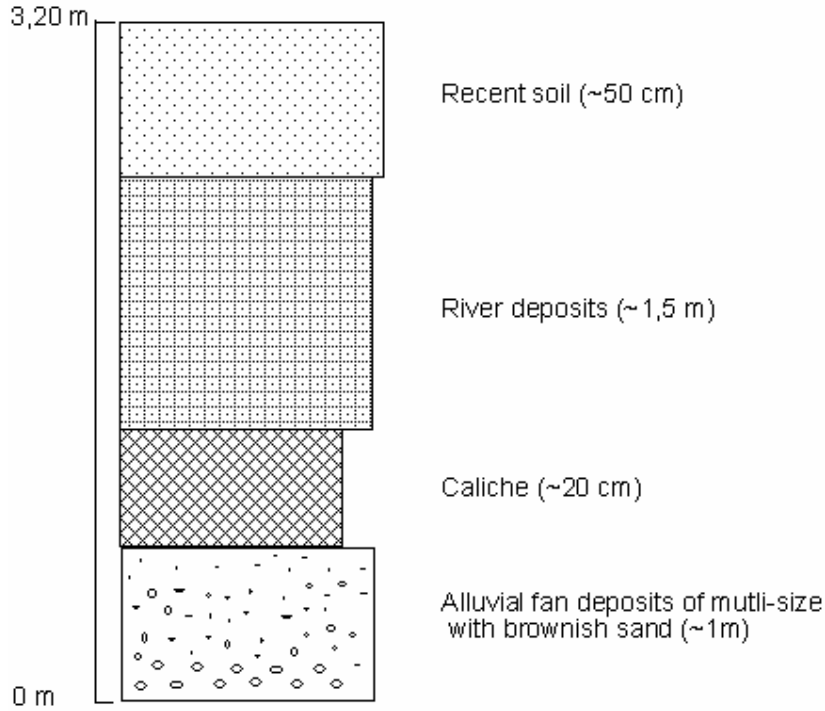


Şekil 2.7. Dodurga'da ilk örneklenen alanın dik kesiti.

Dodurga mevkiinde diğer örnekleme yapılan alanın koordinatları 36 471 056E - 44 086 36N olarak ölçölmüş yüksekliği ise 1071 m olarak verilmiştir (Şekil 2.9). Bu alanda alluviyal fan ve kanal sedimanlarının ardalanması gözlenmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.8. Dodurga mevkiinde ikinci örneklene kolonun görüntüsü.



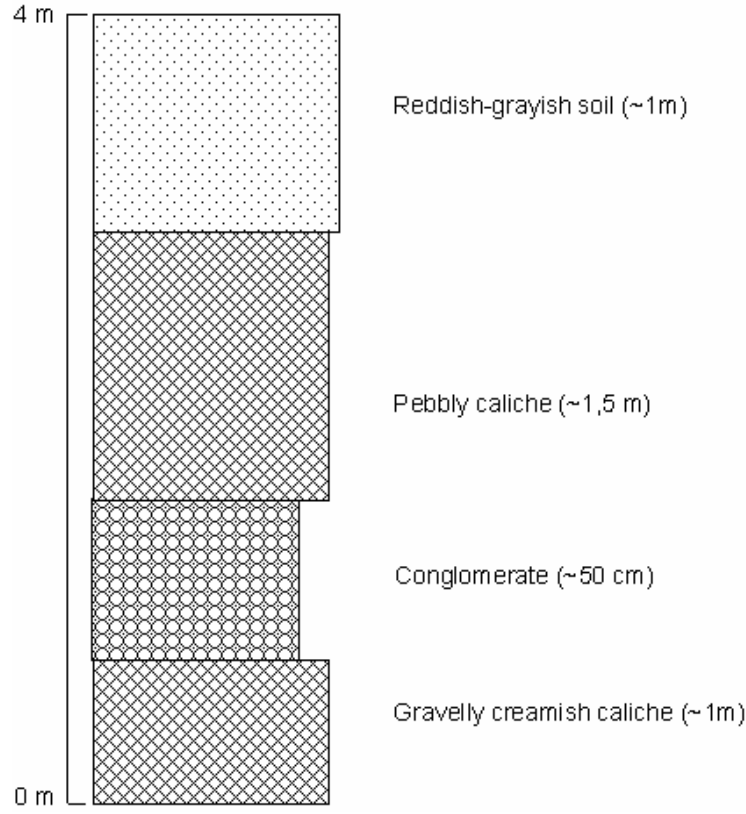
Şekil 2.9. Dodurga mevkii ikinci örnekleme alanı dik kesiti.

Bu bölgede en son olarak Çayyolu-Türk Konut park alanı yol yarmasından örnekler alınmıştır. Alanın koordinatları 36 471 243E - 44 088 30N olarak, yüksekliği ise 1068 m olarak belirlenmiştir (Şekil 2.11). Bu alanda gözlenen kaliş seviyeleri diğer lokasyonlarda görülenlere göre daha deforme olmuştur (Şekil 2.12) .



Şekil 2.10. Türk-konut mevkiinde kaliş-breş-kaliş ardalanması.

İkinci çalışma sahası içerisinde üçüncü profil ODTÜ'den ve Çiğdem Mahallesi'nden seçilmiştir. Bu alanlarda, Dodurga ve Türk-Konut alanlarından daha farklı fakat Karahamzalı ve Bala kolonlarına çok benzer özelliklere sahip kırmızımsı topraklar içerisinde kaliş oluşumları gözlenmiştir.



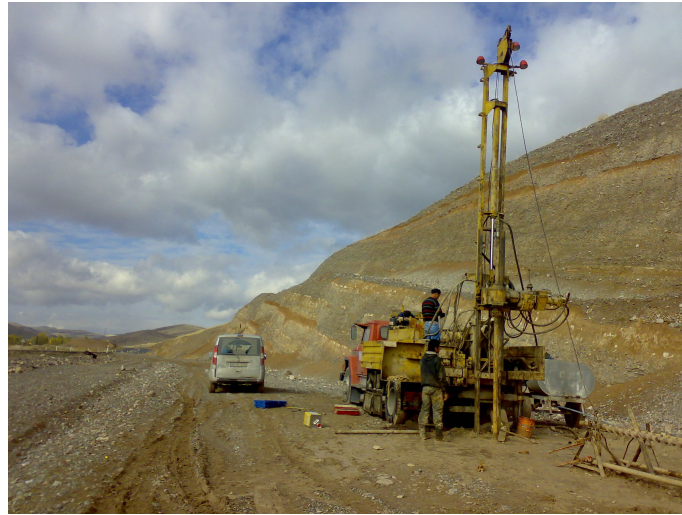
Şekil 2.11. Türk-Konut mevkii örnekleme yapılan alanın dik kesiti.

Son örnekleme alanı olarak fizibilite arazilerinde belirlenen bir lokasyon seçilmiştir. Bu alan Bala Çavuşlu Köy mevkii'dir. GPS koordinatları 39 6703 81- 33 0275 74 olarak belirlenmiştir (Şekil 1.1). Bu kesit, Karahamzalı kolon kesiti ile fiziksel benzerlikler sergilemektedir. Kırmızı renkli paleosollerini oluşturan çamurtaşları keskin dokanıkları ile görülmektedir. Bu paleosoller yumrulu, kolon ve toz formlarında kalışlar içermektedir (Şekil 2.13). Kalışlar yoğun olarak paleosollerin üst tabakalarında görülmektedir. Bala kesitinde bulunan kalışlar ve paleosoller Karahamzalı kesitindekilerden farklı olarak çok daha az çakıl içermektedir. Çamurtaşları flüvyal malzemeler ile ardalanma göstermektedir. Bu çakıllı seviyelerin içersinde de aynı zamanda kalış oluşumları görülmektedir. Bu oluşumlar sediman gelişinin durduğu ve toprak oluşum mekanizmalarının devreye girdiği dönemde meydana gelmişlerdir.



Şekil 2.12. Bala çalışma alanında seçilen kesit.

Bu alanda kanal konglameralarının Karahamzalı kolunda yer alanlardan daha kalın olduğu, kırmızı paleo-toprak seviyelerinin ise kalınlıklarının hemen hemen aynı olduğu belirlenmiştir. Bala çalışma alanı sistematik örneklemenin hassas yapılmasına engel nitelikte fiziksel yapıya sahip olduğundan, sondaj çalışması gerçekleştirilerek 25 m derinlikli karotlar elde edilmiştir (Şekil 2.14). Bu çalışma neticesinde paleo-sollerin ve kalışlerin de derinliği hakkında fikir sahibi olunmuştur. Sondaj kutuları ve içerisindeki malzemeler de Şekil 2.15 görülmektedir. Çakıllı seviyelerde sondaj çalışması zor ilerlese de tamamlanmıştır. Kırmızı-kahverengi ve yer yer yeşilimsi ince taneli seviyeler polen analizi için potansiyel teşkil etmektedir. Bu seviyelerden 15 adet örnek polen analizi için seçilmiştir. Yrd. Doç.Dr. Nurdan Yavuz Işık tarafından polen içeriği incelenen örneklerde iyi korunmuş polen gözlenememiştir.



Şekil 2.13. Bala çalışma alanında sondaj çalışması.



Şekil 2.14. Bala sondaj sandıkları

Tüm alanlarda örnekleme çalışmaları tamamlandıktan sonra, Karahamzalı kolonunda kalış devamlılığını dikey yönde takip etmek üzere bir sondaj çalışması gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.16). Bu çalışma ile kalışların yüzeyde sıklıkla görüldüğü, derinlerde ise nadirleştiği, killi seviyelerin de azalım gösterdiği belirlenmiş ve taban kayasına inilmiştir (Şekil 2.17). Tabanda andezitik bazalt olduğu petrografik ve jeokimyasal verilerle desteklenen bir seviye sondaj ile örneklenmiştir. Bu bazaltın Evciler Bazaltı olduğu düşünülmektedir. Evciler bazaltı, literatürde jeokronolojik yaş tayini metodları ile

yaşlandırılmış ve Orta Miyosen yaşı elde edilmiştir (Dönmez ve diğ., 2008). Bu da çalışılan seviyelerin Pliyosen ve veya daha genç olduğu belirlenmiştir. Daha sonraki kısımlarda da belirtileceği üzere yapılan diğer çalışmalar ile birimin yaşı Pliyo-Pleyistosen olarak söylenmiştir.



Şekil 2.15. Karahamzalı'da sondaj çalışması.



Şekil 2.16. Karahamzalı sondaj sandıkları.

2.2. Analitik Yöntemler

Arazilerden elde edilen örnekler çeşitli yöntemler ile analiz edilerek sonuç elde edilmiş ve bu sonuçlarda projenin amacı çerçevesinde yorumlanmıştır. Bu kısımda örnekler üzerinde uygulanan analitik yöntemler, örnek hazırlama metodları ve gerekli ön bilgiler yer almaktadır.

2.2.1. Kalsiyum Karbonat, pH, Organik Madde, Tuz ve Tekstür Analizleri

Arazi çalışması sırasında farklı katmanlardan alınan örneklerde fiziksel ve kimyasal analizler yapmak amacıyla bozulmuş örnekler alınmıştır. Alınan örnekler Çukurova Üniversitesi Toprak Bölümü Mineraloji laboratuvarına getirilmiştir. Örnekler hava kurusuna ulaşmaya değin bir hafta kurutma raflarında bekletilmiştir. Örnekler hava kurusuna ulaşınca analize hazırlanması amacıyla plastik çekiçle ufak parçalara ayrılmış daha sonra 2mm'lik eleklerden geçirilmiştir (Soil Survey Laboratory Methods, 2004).

2.2.2 Toprak Kimyası Analizleri

Elektriksel İletkenlik: Örneklerin çözünür tuz içeriğini saptamak amacıyla 2mm'lik eleklerden geçirilen hava kurusu örneklerden 100gr tartıldıktan sonra saf suyla karıştırılarak bir gece bekletilmiştir. Suyla doymun biçime gelen doymun çamurda EC okumaları Horiba D-54 pH/EC metre aygıtıyla 25 °C'de cam elektrot ile okunmuştur (Soil Survey Laboratory Methods, 2004).

pH: Örneklerin pH içeriğini saptamak amacıyla 2mm'lik eleklerden geçirilen hava kurusu örneklerden 100gr tartıldıktan sonra saf suyla karıştırılarak bir gece bekletilmiştir. Suyla doymun biçime gelen doymun çamurda pH okumaları Horiba D-54 pH/EC metre aygıtıyla 25 °C'de cam elektrot ile okunmuştur (Soil Survey Laboratory Methods, 2004).

Kalsiyum Karbonat: Örneklerin kalsiyum karbonat içeriğini saptamak amacıyla 2mm'lik eleklerden geçirilen hava kurusu örneklerden 0.5gr tartıldıktan sonra Scheibler kalsimetresinde %10'luk HCl çözeltisi kullanılarak açığa çıkan CO₂'nin hacimsel ölçümüyle hesaplanmıştır (Soil Survey Laboratory Methods, 2004).

Organik Madde: Organik madde analizi modifiye edilmiş yaş yakma yöntemiyle saptanmıştır (Walkey & Black, 1934).

2.2.3. Parçacık Boyutu Analizi –Tekstür Analizi

Materyaldeki kum, silt ve kil boyutlarının oranını saptamak için kullanılan yöntemde hava kurusu ve 2mm'lik eleklerden geçmiş örneklerden 100gr tartılarak 1000ml'lik cam silindirlere konulan örnekler kalgon (sodyum heksametafosfat) ile yayılmış ve örneklerin parçacık boyutu çözeltideki askıda kil ve silt düzeyini ölçen hidrometre yöntemiyle saptanmıştır (Day, 1965)

2.2.4. Mineraloji Analizleri

Mineral içerikleri tüm kaya ve kil boyutunda olmak üzere iki ayrı grup halinde çalışılmıştır.

2.2.4.1. Tüm Kaya Analizleri

Örneklerin XRD analizleri öncelikle University of Western Ontario, Kanada'da XRD laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü XRD laboratuvarlarında da mineraloji analizi yapılmıştır. Örneklerin mineral içeriklerini belirlemek amacı ile tüm kayadan toz haline getirilmiş örnekler XRD tekniği ile incelenmiştir. Analiz sonucunda diyagramlarda minerallerin kendilerine özel şiddetleri görülmüş ve bunlar temel alınarak tüm kaya mineral içerikleri belirlenmiştir.

Tüm kaya analizi için örnekler öncelikle bozulmuş dış yüzeylerinden temizlenmiştir. Daha sonra agat havanda tane boyu küçültülmüştür. Toz haline gelen örnekler 2θ 2° - 82° arasında XRD yöntemi ile incelenmiştir.

2.2.4.2. Detay Kil Analizi

Örneklerin detay kil analizine hazırlanması aşamasında Moore ve Reynolds (1989) ve Jackson (1979) yöntemleri kullanılmıştır. Detay kil analizini gerçekleştirmek için öncelikle kili, kil dışı olan malzemeden ayırmak gerekmektedir. 100 gramlık örnekler metal havan tutacağı ile orijinal tane boyutuna zarar vermeyecek şekilde öğütülür. Çalışılan örneğin türüne göre kullanılan miktar değişebilir. Örnekler 8'erli 3 grup halinde ayrılır. Kil fraksiyonunu kil dışı malzemeden ayırmak ve üzerinde kimyasal bazı işlemler (iyonlarla doyurulan örneklerde meydana gelen yapısal değişimler XRD analizlerinde mineral tayin etmede kolaylık sağlamaktadır) yapmak zamanlama ile doğrudan ilişkili olduğundan her grubun işlemi tamamlandığında diğer grubun işlemine başlamak hem zamanı hem de malzeme kaybını en aza indirir.

Öğütülen örnekler 250 ml'lik beherlere yerleştirip 200 ml'lik saf su eklenir. Her örnek için 5 kere olmak üzere "Ultrasonic Probe" ile örnekler 3'er dakikalık periyotlarla homojenize edilir. Bu işlem killeri taşınmış malzemeden ayırmaya ve boyutu <math><10 \mu\text{m}</math> olan kısmı süspansiyonda bırakmaya yaramaktadır. Bu işlem sayesinde kil süspansiyona kolaylıkla geçerek boyutu yüksek olan malzemeden kolaylıkla ayrılır. Ultrasonic Probe ile her yıkama işlemi sonunda süspansiyonda kalan kısım 1 litrelik çökeltim beherlerine boşaltılır. Bu şekilde 5 kez yıkanan örnekler tüm çökeltim beherlerini doldurulur, 250 ml'lik beherlerde çok yüksek boyutlu kil dışı malzemeler kalır (Şekil 2.18).



Şekil 2.17. University of Western Ontario' da Jeoloji Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında kil fraksiyonunu kil dışı malzemeden ayırma işlemi.

Hazırlanan çökeltim beherlerinin ağızları kauçuk kapaklarla sıkıca kapatıldıktan sonra çalkalanarak bırakılır (Şekil 2.18). Çökeltim zamanları Stoke kuralına göre hesaplanmıştır.

$$v = (g(sp-sl) D^2) \div 18 n \text{ veya } t = (18nh) \div (g(sp-sl) D^2)$$

Bu kurala göre, örnek hazırlama süresince laboratuvar sıcaklığı 22 C° olduğundan çökeltim için 22 s 11 dakika beklenmiştir. İlk 10 gün örneklerde istenilen miktarda kil ayrıştırılamamıştır, bu nedenle örneklere 10 günün sonunda 0.5 gram Na-hexametafosfat eklenmiştir. Daha sonra kilin süspansiyona çok rahat bir şekilde geçtiği gözlemlenmiştir. Bu süre sonunda >2µm olan kısım çökelmiş, <2µm olanlar ise süspansiyonda kalmıştır.

Sıcaklık	<2µm	<5µm	<20µm	<45µm
16	25 s 44 dk	4 s 7 dk	15 dk 26 sn	3 dk 3 sn
18	24 s 28 dk	3 s 54 dk	14 dk 40 sn	2 dk 54 sn
20	23 s 16 dk	3 s 43 dk	13 dk 58 sn	2 dk 45 sn
→ 22	22 s 11 dk	3 s 33 dk	13 dk 18 sn	2 dk 18 sn
24	21 s 9 dk	3 s 23 dk	12 dk 41 sn	2 dk 30 sn
26	20 s 13 dk	3 s 14 dk	12 dk 8 sn	2 dk 24 sn
28	19 s 20 dk	3 s 5 dk	11 dk 36 sn	2 dk 17 sn
30	18 s 31 dk	2 s 57 dk	11 dk 6 sn	2 dk 12 sn

22 saat 11 dakika sonunda çökeltim beherlerinde yaklaşık 30 cm'lik kısmı oluşturan süspansiyon cam bir boru yardımıyla sifonlama yöntemi kullanılarak 2 litrelik beherlere aktarıldı. Örneklere Na-hexametafosfat eklendiğinden, 2 litrelik beherlere alınmış killi süspansiyonda, killerin çökmesi ve saf suyu boşaltmak amacı ile her gün 10 ml olmak üzere toplamda 100 ml 6%lık sodyum hypoklorit eklendi. Bu işlem çökeltim beherindeki süspansiyonda kil kalmayınca kadar yani suyun berraklaştığı güne kadar devam ettirilir. İşlem sonunda çökeltim beherinde kalan kısım >2µm olan kısımdır, diğerleri yani <2µm olan kısım ise sifonlanarak 2litrelik beherlerde toplanmış olur.

Daha sonra 2 litrelik beherlere 50 ml'lik 6% sodyum hypoklorit eklendi ve beherler sıcak su banyosunda su sıcaklığı 65°C geçmemek koşulu ile bir gece bekletildi. Bu işlem beherlerdeki organik maddeyi uzaklaştırmak amacı ile gerçekleştirildi.

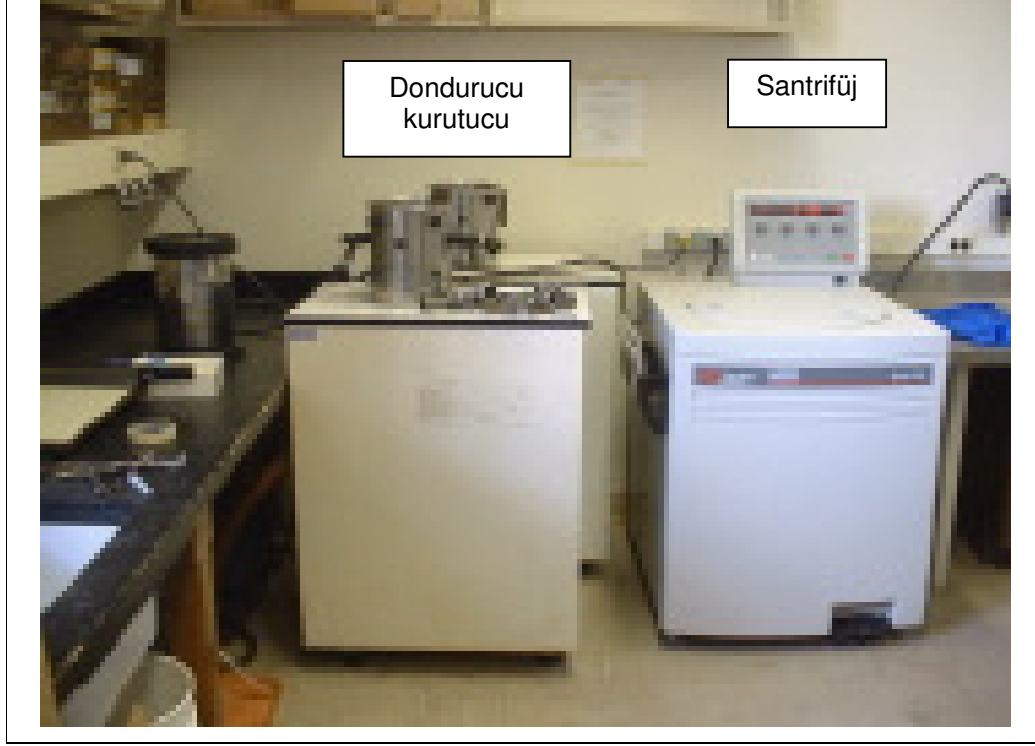
Örneklere 6% sodyum hypoklorit eklendiğinden, diğer analizlere geçmeden önce örnekleri yıkamak gerekir. Bu nedenle yüksek hızlı santrifüj tüplerine boşatılan örnekler 15 dakika 12000 rpm hızında ayrıştırıldı. Bu yıkama işlemi örnekten 6% sodyum hypoklorit uzaklaştırılınca kadar devam etti. Bu yaklaşık 5 yıkama kadar sürdü. En son santrifüjden sonra tüplerdeki süspansiyon küçük bir behere boşaltılarak üzerine bir kaç

damla 1% gümüş nitrat damlatılmasıyla test edilir. Eğer 6% sodyum hypoklorit yıkanmışsa suyun rengi bulanıklaşmaz, eğer hala içeriyorsa su bulanıklaşır. Bu durumda örneği yıkamaya devam etmek gerekir.

Yıkama işlemi tamamlanmış örnekler 4 adet yüksek hız santrifüj tüplerine eşit miktarlarda homojen bir şekilde paylaştırıldı. K-doyurulmuş, Ca-doyurulmuş, Mg-doyurulmuş ve Na-doyurulmuş olmak üzere 4 tüp hazırlandı.

K-doyurulmuş olarak hazırlanan örnek tübüne 15 ml 2M KCl eklendi. Ca- olana ise, 15 ml 2M CaCl₂ eklendi. Mg- olana, yine 15ml 2M MgCl₂ eklendi. Dördüncü tüp Na-doyurulmuş olarak hazırlandı ve 15 ml saf su eklendi.

Saf su eklenen Na ile doyurulmuş tüpler ağızları laboratuvar mendilleri (Kim Wipe) ile kapatılarak "dondurarak kurutucu-freeze-dryer" a kondu. Diğerleri ince uçlu karıştırıcı ile homojenize edilerek bir gece bekletildi. Bu işlem K, Ca ve Mg'un kil minerallerinin yapısındaki değişebilen katyon bölgesinde yerleşmesine yardımcı olur ve böylelikle detay kil analizi yapılması kolaylaşır. Bir gece örnekleri beklettikten sonra, süspansiyon dikkatli bir şekilde malzeme kaybı olmadan dökülerek, tüpler saf su ile dolduruldu ve yüksek hızlı santrifüj ile yıkama işlemi başlatıldı (Şekil 22). 15 dakika 12000 rpm hız ile en az 5 kez yıkanan örneklerin iyi yıkanıp yıkanmadığı 1%lik gümüş nitrat damlatılması yöntemiyle test edildi. Bu yıkama işlemleri de bittikten sonra tüplere 15 ml saf su eklendi ve ince uçlu karıştırıcı ile karıştırıldı ve hemen laboratuvar mendilleri ile ağızları kapatılarak dondurucuya yerleştirildi. Bir gece dondurucuda bırakıldıktan sonra tamamen donup donmadıkları kontrol edildi. Tüm örnekler donduktan sonra "freeze dryer" içerisine yerleştirilerek kurumaya bırakıldı (Şekil 2.19).



Şekil 2.18. Araştırmada kullanılan Freeze dryer ve hızlı santrifüj resimleri.

Freeze-dryer içerisinde ne kadar az örnek konulursa o kadar hızlı kuruma olduğundan örnekler yine gruplar halinde “dondurarak kurutucu-freeze-dryer” a yerleştirildi. $2\mu\text{m}$ 'den küçük olan fraksiyonların XRD çalışmaları için seramik disk kullanımı uygun olduğundan öncelikle seramik disk hazırlamaya çalışıldı. Ancak örneklerin seramik disk yüzeyine tutunamamaları nedeniyle cam üzerine hazırlanmasına karar verildi.

K, Ca ve Mg ile doyurulmuş ve daha sonra freeze-dryer ile kurutulmuş örneklerden 30 mg tartılarak santrifüj tüplerine yerleştirdi ve 2 ml saf su eklenerek microtip ultrasonic probe ile 2 dakika karıştırıldı. Homojen hale gelen örnek, dondurulmuş cam yüzeye pipet metodu ile sürüldü. Kuruması için bir gece beklendi. Böylelikle örnekler X-ışını difraktometresi ile detay kil analizine hazırlanmış oldu.

K ile doyurulmuş örneklerin analizlerine 0% göreceli nemlilik (relative humidity) ile başlandı. 0%'lık nemi sağlamak için örnekler $107\text{ }^{\circ}\text{C}$ ayarlanmış fırın içerisinde 2 saat bekletildi. 2 saatin sonunda örnek hemen X-ışını difraktometresi ile analiz edildi ($2\text{-theta } 2^{\circ} -42^{\circ}$). 0% göreceli nemlilik XRD analizinden sonra, K ile doyurulmuş örnekler 54% göreceli nemliliği sağlamak amacı ile Mg-nitrat ile dolu desikatörlere yerleştirilerek bir gece bırakıldı. Ardından tekrar aynı derecelerde XRD analizi gerçekleştirildi. Aynı örnek,

bu işlem tamamlandıktan sonra 300°C'lik fırında 2 saat ısıtılarak XRD analizi yapıldı. Son olarak K ile doyurulmuş örnekler 550 °C'lik fırında 2 saat bekletilip x-ray ile analiz edildi. Böylece K ile doyurulmuş örneklerin analizleri tamamlanmış oldu.

Ca ile doyurulmuş örnekler için öncelikle 54% göreceli nemlilik sağlamak amacı ile bir gece Mg-nitrat ile dolu desikatörde bekletildikten sonra örneklerin XRD analizi yapıldı. Daha sonra aynı örnekler etilen glikol ile dolu desikatöre yerleştirilip vakumlanıp bir gece 65 °C ayarlanmış fırında bekletildi. Daha sonra desikatörün kapağı açılmadan bir gece de dışarıda oda sıcaklığında bekletilen örnekler 2-theta 2° -82° olacak şekilde analiz edildi.

Mg ile doyurulmuş örnekler sadece etilen gliserol ile dolu desikatöre yerleştirilerek bir gece 65 °C ayarlanmış fırında bekletilip bir gece de oda sıcaklığında bekletildikten sonra 2-theta 2° -82° olacak şekilde analiz edildi.

2.2.4.3. Duraylı İzotop Analizleri

Kalişler üzerinde yapılan duraylı oksijen ve karbon izotop analizleri oldukça hassas paleo-iklim göstergeleri olarak literatürde yer etmiştir (Mack ve diğ., 1991). Güncel topraklarda, karbonatların oksijen izotop kompozisyonu, meteorik suyun oksijen izotop kompozisyonu ile doğru orantılıdır ve meteorik suyun $\delta^{18}\text{O}$ kompozisyonu sıcaklığa bağlıdır. (Cerling, 1964). Eğer toprak karbonatlarının izotop kompozisyonları diyajenetik alterasyondan etkilenmeden korunmuşsa, meteorik suyun izotop kompozisyonunu yansıtmalıdır (Mack ve diğ., 1991). Karbon izotoplarının çalışılması karbonun kökenini ve de denizel, organik ya da metan-ilişkili karbon cinslerinden hangisi olduğunun belirlenmesinde yardımcı olur. Karbonatlarda oksijen izotopunun çalışılması ise, karbonatlarla denge içinde olan oluşum sıvısının kökenini bulmaya ve de karbonat oluşumunun sıcaklığını tahmin etmeye yardımcı olur (Rollinson, 1993).

Dolomit içeren örneklerin ince kesit ve tüm kaya xrd analiz sonuçlarından sonra bu örnekler 45µm den küçük ve büyük fraksiyonlara elek metodu ile ayrılarak tekrar xrd çalışması yapılmış, 45 µm den küçük olan fraksiyonlarda dolomit piklerinin daha güçlü olduğu görülmüştür. İnce kesitlerde de sergiledikleri siferik yapıları, boşlukları ve tanelerin çevrelerindeki çatlakları doldurmaları ve xrd grafiklerinde gösterdikleri keskin piklerle bu dolomitlerin pedojenik olduğunu söyleyebiliriz ve bu nedenle de dolomit içeren bu örneklerde $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleri yapılması uygun görülmüştür. Dolomit içeren

örnekler Thermo Finnigan Delta plus XL tipi multiprep ile $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ açısından analize edilmek üzere hazırlanmışlar ve Li Huang'ın koordinatörlüğünde yapılmıştır.



Şekil 2.19. Araştırmada kullanılan Thermo Finnigan Delta Plus XL multiprep'in resmi.

2.2.5. Jeokimyasal Analizler

Arazi çalışmalarından elde edilen örnekler tüm kaya jeokimyasal incelemelerde analiz edilmek üzere ACME Kanada laboratuvarları'na gönderilmiştir. Örnekler belirli bir sistematiğe göre seçilmiştir. Tüm lokasyonlarda belirleyici ve temsili örnekler seçilerek öğütülmüştür. Öğütülen örnekler homojen hale getirildikten sonra her biri 20 g olacak şekilde paketlenerek ACME Laboratuvarı'na gönderilmiştir. Örnekler, ICP-MS, ICP-AES yöntemleri ile analiz edilerek tüm kaya içerisinde major ve eser element miktarları belirlenmiştir. Major oksit miktarları % olarak, eser element içerikleri ise ppm olarak ifade edilmiştir.

2.2.6. Jeokronolojik Analizler

Çalışma alanlarında örneklenen kesit yerleri hakkında jeoloji literatürü tarandığında yaş verisi olarak stratigrafik konumun göz önüne alındığı ancak hiçbir radyometrik yaş tayini

yönteminin çalışılan seviyeler üzerinde uygulanmadığı fark edilmiştir. Bu seviyelerin stratigrafik konumları muhtemel yaşlarının Pliyosen-Pleyistosen olduğunu göstermiştir. Örneklerin yapıları, içerikleri ve muhtemel yaşları itibarıyla bu örneklerde uygulanabilecek radyometrik yaş analizi bulmak ve bunun doğruluğundan emin olmak zor bir aşama olarak kaydedilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, kırmızı-kahverenkli ince taneli paleosol seviyelerinde polen analizi ile kalış seviyelerinden alınan örneklerde Elektron Spin Rezonans tekniği ile yaşlandırma yapılmasına karar verilmiştir.

Polen analizleri için örnekler analizi gerçekleştirecek uzmanlar tarafından seçilmiş ve hazırlama aşamaları da uzmanları tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden bir kısmı 19 Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyelerinden Yrd.Doç. Dr. Nurdan Yavuz Işık tarafından, bir kısmı ise TPAO Polen analizleri laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Diğer bir yaşlandırma tekniği olan ESR ise TAEK-SANAEM uzmanlarından Dr. Birol Engin tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile ilgili bir yayınlamamızda Applied Radiation and Isotopes adlı dergide 10.1016/j.apradiso.2010.10.005 DOI numarası ile yayınlanmıştır.

ESR analizi için örnek alma metodu Dr. Engin ve literatür araştırmaları ile öğrenilmiş ve arazide uygulanarak Bala istifinden iki ayrı seviye yaş tayini metoduna göre örneklenmiştir.

ESR ile ilgili genel bilgi vermek gerekirse; maddenin manyetik özellikleri, maddeyi oluşturan atomik birimlerin manyetizmasına ve bu atomik birimlerin kendi aralarındaki etkileşmeye bağlıdır. Manyetik momentleri sıfırdan farklı ve aralarındaki etkileşmenin zayıf olduğu yapı taşlarının meydana getirdiği maddelere paramanyetik madde denir. Atoma sürekli manyetik momenti, çekirdek ve elektronlar kazandırır. O halde atomun toplam manyetik momenti elektron ve çekirdek manyetik momentlerinin toplamıdır. Manyetik rezonans, statik manyetik alan uygulayarak bu manyetik momentlerle bağlantılı enerji düzeyleri yaratıp bunlar arasında geçişler oluşturma esasına dayanır. ESR, elektronik manyetik momentlere ilişkin enerji düzeyleri arasındaki geçişleri inceler.

Numunelerin ESR tekniği ile yaşının tayininde “eklemeli doz metodu” kullanılmaktadır. Bu metotta; numuneye verilen her bir ışınlama dozu için ESR spektrumu alınır ve şiddet değeri okunur. Sonra diğer adımda başka bir doz uygulanır ve aynı işlem tekrar edilir. Bu doz-cevap ölçümü 5-6 adım için tekrarlanır. Sonuçta verilen doz değerlerine karşı elde edilen ESR sinyal şiddet grafiği elde edilir.

Elektron Spin Rezonans spektrometresinde ölçülen nicelik; değişen manyetik alana göre elde edilen spin yoğunluğu ya da çiftlenmemiş elektronların sayısının, elde edilen ESR dozimetrik sinyalin tepe-tepe (T-T) değeridir. Değişen manyetik alana göre elde edilen spin yoğunluğu (çiftlenmemiş elektronlar) şiddeti, numuneye verilen doz ile artar. Numune için “eklemeli doz metodu” uygulanarak elde edilen doz-cevap eğrisi sayesinde “eşdeğer doz” belirlenir. Değişik metotlarla belirlenen “yıllık doz” da kullanılarak; eşdeğer dozun belirlenen yıllık doza bölünmesiyle numunenin ESR tekniği ile belirlenen “yaşı” bulunur. Elde edilen bir ESR spektrumundan; spektroskopik yarıma çarpanı veya diğer adı ile g-değeri, spektrumun çizgi genişliği, aşırı ince yapı sabiti, rezonansa geldiği manyetik alan değeri deneysel olarak hesaplanabilir (www.taek.gov.tr;science.mcmaster.ca/geo/research/age/home.htm).

ESR spektrometresi 10" magnet,X ve Q bantlarında çalışır. Standart X-bant kavitesi ile birlikte kullanılan sıvı helyum kryostatları da mevcuttur (Şekil 2.21) (Bu kryostatlar sayesinde 4K ile oda sıcaklığı arasındaki değerlerde ölçümler yapılabilir). Düşük sıcaklık deneylerinde kullanılabilirler. (<http://www.kuark.org/bilim>)



Şekil 2.20. Bruker ELEXSYS E580 marka ESR cihazı.

Elektron spin rezonans spektroskopisi aşağıdaki uygulama alanlarında kullanılmaktadır:

- * Radikalik reaksiyonların kinetiğinde,
- * Tek kristallerde kristal alanları ve farmasotiklerin incelenmesinde,
- * Düşük sıcaklıklarda yeniden birleşimde,

- * Canlı dokularda ve akışkanlardaki serbest radikallerde,
- * Polimer özelliklerinin belirlenmesinde,
- * Serbest radikallerin korozyon sırasındaki davranışlarında,
- **Pleyistosen ve daha genç çökellerin yaş tayininde,
- * Arkeolojik yaş tayininde,
- * Kaza dozimetresinde,
- *Işınlanmış gıdaların tespitinde,
- * Radyasyonun etkileri ve zararları araştırmalarında.

Dr. Birol Engin (TAEK_ESR Birimi) ile yapılan görüşmeler neticesinde, arazide seçilen kalış seviyesini ESR için örnekleme amacı ile öncelikle örnekleme yapılacak seviye kazılarak bozulmamış yüzeyde kalışden numune aldıktan sonra alınan noktanın 30 cm çevresindeki örnek yaklaşık 3 kg kadar alarak numunelendi. ESR yöntemine göre yaş tayini yapılacak seviyenin çevresindeki örneklere de doz yüklenmesi gerektiğinden bu yöntem kullanılmıştır. Kalışlerde bulunan kalsit minerali ESR ile ölçüleceğinden, örnekler gündüz normal hava koşullarında alınmıştır. Örnekler alındıktan sonra nem oranlarını ölçmek için 105°C derecede kuruyana kadar etüvde tutulmuş, daha sonra analiz için teslim edilmiştir. ESR ile elde edilen yaş verisi literatürde Ankara bölgesinde yer alan muhtemel Pliyosen veya daha genç yaşlı kırmızı çamurtaşlarında yapılan ilk yaş tayinini olarak yayınlanmıştır. Tüm bu yöntemler uygulanarak elde edilen veriler çalışmanın amacına yönelik yorumlanmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

3. MİNERALOJİ

Çalışma takvimine uygun olarak örneklenen temsil materyaller üzerinde mineraloji analizleri gerçekleştirilmiştir. Öncelikle örneklerin tüm kaya ve detay kil mineralojileri çalışılmıştır. Bu incelemeler X-ray toz diffraktometresi ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra seçilen örnekler üzerinde taramalı elektron mikroskopu ile incelemeler yapılmıştır. Aynı zamanda dolomit içeren örnekler üzerinde dolomit stoichiometresi hesaplamaları yapılmıştır.

3.1. XRD Analizleri

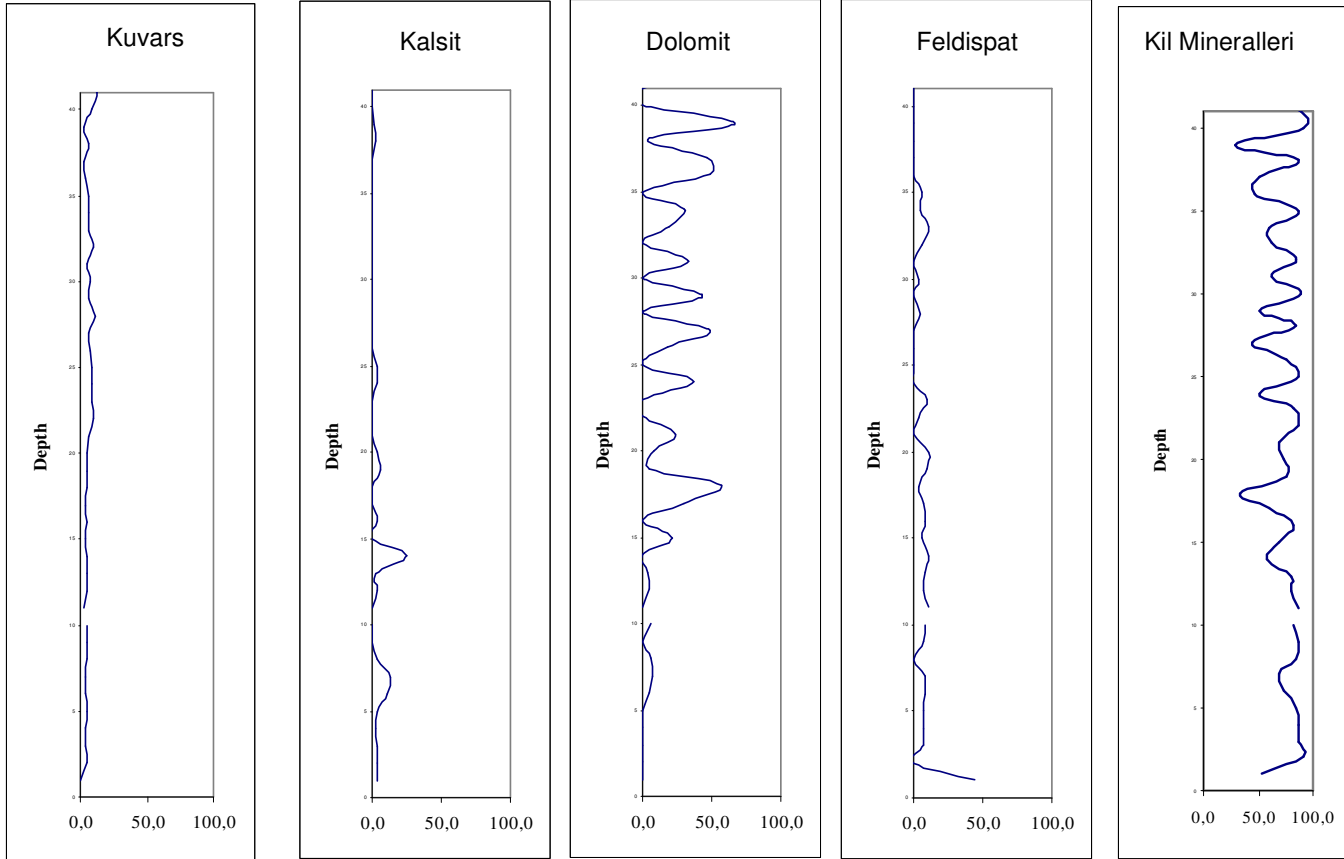
Karahamzalı istifi boyunca alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen tüm kaya analiz sonuçları Tablo 3.1’de verilmiştir. Tabandan başlayarak mineral içeriğine bakıldığında kuvarz ve kil mineral içeriklerinin istif boyunca var olduğu görülmüştür. Feldispatlar ise miktarca az olduklarından ve/veya bazı seviyelerde görülmediklerinden XRD analizlerinde nadir olarak görülmüştür. Bunun yanında istifin temel kayaya yakın yerlerinde kalsitin karbonat minerali olarak bulunduğu, ancak istifin ortalarında kalsit miktarında önemli bir azalış gerçekleşerek, dolomitin görülmeye başladığı fark edilmiştir. Dolomit ile kil mineral yüzdelerinin derinliğe göre değişimleri incelendiğinde dolomitin kalış seviyelerinde yüksek olduğu, kil minerallerinin ise palesol seviyelerinde artış gösterdiği gözlenmiştir. Dolomit miktarının istifin ist kısımlarına doğru miktarda artışı kalışların yüzeye yakın seviyelerde miktarlarının artması ile deneştirilebilir.

Karahamzalı istifinde kil mineralleri simektit, klorit, kaolinit, illit ile paligorskit olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.2). Minerallerin derinliğe göre değişimleri incelendiğinde, simektitin paligorskit ile tam olarak ters eğilimler gösterdikleri, simektitin yüzeye doğru azaldığı, paligorskitin ise arttığı gözlenmiştir. Bunun yanında klorit, kaolinit ve illit gibi detritik minerallerin hemen hemen sabit değerlerde kaldıkları gözlenmiştir. Paligorskitin artış gösterdiği noktalarda simektitin azaldığı fark edilmiştir. Kil mineral değişimleri kil dışı minerallerle karşılaştırıldığında ise paligorskitin arttığı seviyelerde simektit ve dolomitin azalış gösterdiği fark edilmiştir.

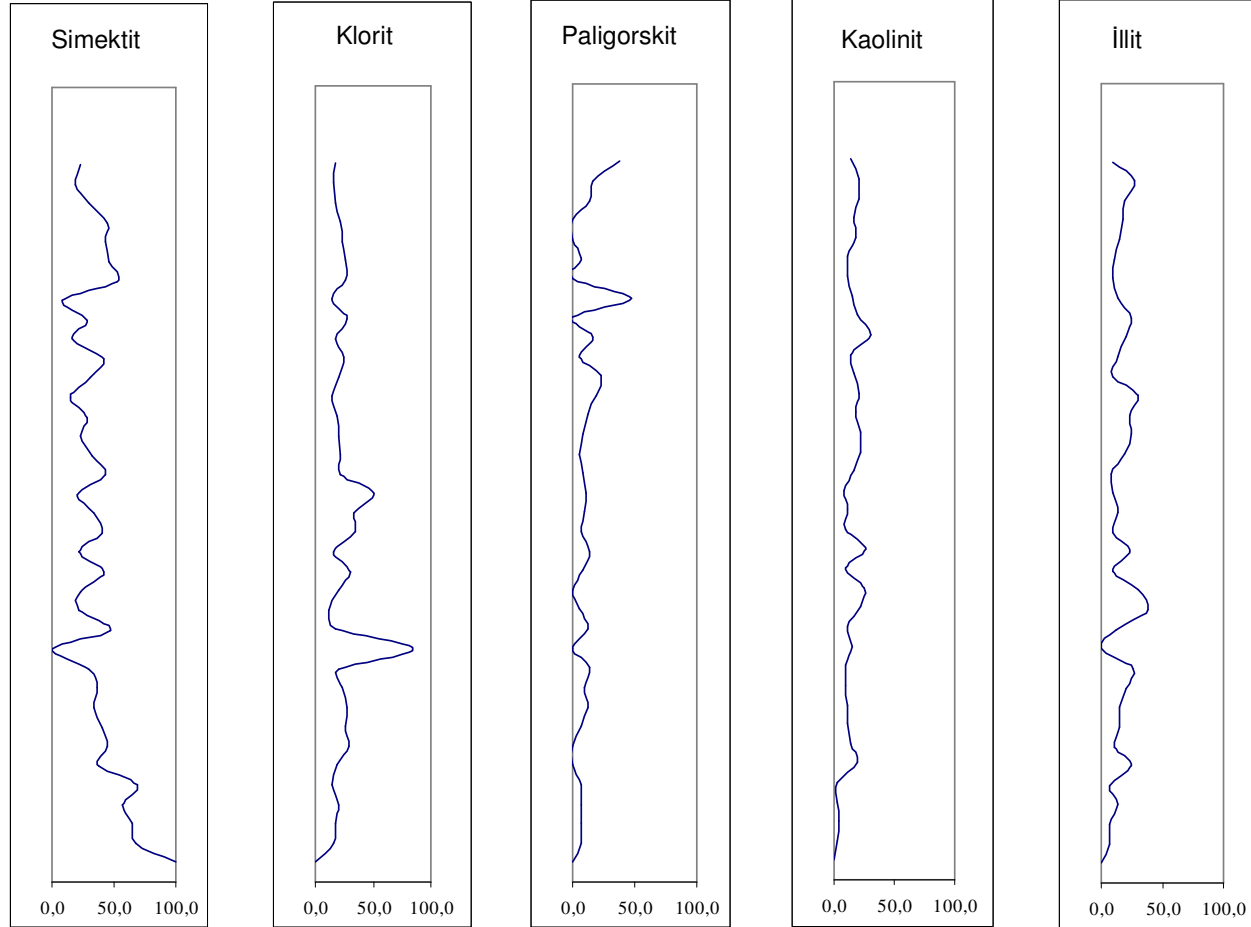
Tablo 3.1. Karahamzalı istifinde tüm kaya mineral içeriği (XRD).

Kuars	Kalsit	Feldispat	Dolomit	Kil	Toplam	
4,1	0,0	0,0	52,3	43,6	100,00	U13
11,9	0,0	0,0	0,0	88,1	100,00	U12
8,5	0,0	0,0	0,0	91,5	100,00	U11
2,6	1,7	0,0	66,3	29,4	100,00	U10
6,4	2,2	0,0	4,1	87,3	100,00	U8
3,0	0,0	0,0	46,9	50,1	100,00	U7
3,9	0,0	0,0	49,1	47,0	100,00	U6C
6,6	0,0	5,8	0,0	87,6	100,00	U6S
6,1	0,0	5,2	29,8	59,0	100,00	U5
6,2	0,0	11,2	19,5	63,0	100,00	U4
9,5	0,0	5,5	0,0	85,0	100,00	U3
5,2	0,0	0,0	33,2	61,5	100,00	U2
7,1	0,0	3,6	0,0	89,2	100,00	U1
6,3	0,0	0,0	43,1	50,6	100,00	A1
11,2	0,0	4,2	0,0	84,6	100,00	A2
6,6	0,0	0,0	49,3	44,0	100,00	A3
7,4	0,0	0,0	17,6	75,0	100,00	A4
8,8	3,4	0,0	0,0	87,7	100,00	A5
8,7	3,7	0,0	37,0	50,6	100,00	A6
8,1	0,0	9,9	0,0	82,0	100,00	A7
9,8	0,0	3,4	0,0	86,8	100,00	A14
6,4	0,0	0,0	23,7	69,9	100,00	A15
4,4	3,5	11,2	8,3	72,6	100,00	K-1
4,3	6,4	9,0	4,6	75,6	100,00	K-2
4,8	0,0	3,7	57,7	33,7	100,00	K-4
3,3	0,0	6,7	29,3	60,7	100,00	K-5
5,0	3,5	8,4	0,0	83,1	100,00	K-6
3,3	0,0	6,5	21,6	68,5	100,00	K-9
5,0	25,5	10,7	0,0	58,8	100,00	K-12
4,9	3,0	8,1	3,9	80,1	100,00	K-13
4,5	3,7	7,7	4,6	79,5	100,00	K-15
2,8	0,0	10,7	0,0	86,4	100,00	K-16
5,6	0,0	0,0	0,0	94,4	100,00	K-19
4,6	0,0	7,9	5,4	82,1	100,00	K-21
5,5	0,0	7,5	0,0	87,0	100,00	K-24
5,5	3,4	0,0	5,7	85,3	100,00	K-27
3,9	12,8	8,1	6,9	68,2	100,00	K-30
4,2	11,3	7,9	4,2	72,4	100,00	K-33
5,0	3,3	7,7	0,0	84,1	100,00	K-35
4,3	2,9	6,9	0,0	85,9	100,00	K-37
4,1	3,2	7,1	0,0	85,6	100,00	K-39
4,5	4,0	0,0	0,0	91,5	100,00	K-40
0,0	3,1	43,9	0,0	53,0	100,00	K-41

Şekil 3.1. Tüm kaya mineral içeriklerinin derinliğe göre değişimleri.



Şekil 3.2. Karahamzalı istifinde kil mineral içeriklerinin derinliğe göre değişimleri.



Bala istifinde de XRD analizleri tüm kaya ve kil mineral analizi olarak gerçekleştirilmiştir. Kuvarz, kalsit, feldispat ve kil mineralleri XRD analizi ile bulunmuş ve miktarları Tablo 3.2'de verilmiştir. Kalsitin yüzeye doğru artış gösterdiği, kil mineral içeriğinin ise istif boyunca sabit olduğu görülmüştür.

Tablo 3.2. Bala istifinde tüm kaya mineral içerikleri.

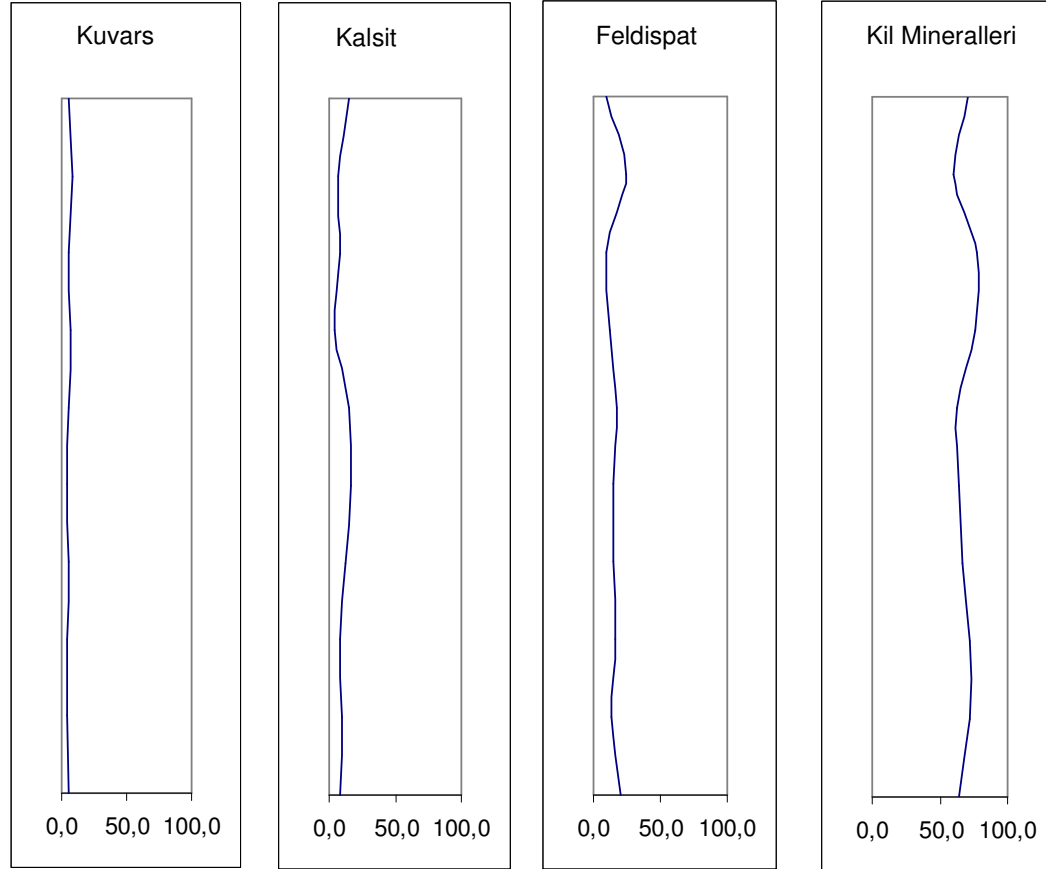
	Kuvars	Kalsit	Felds	Kil	
B-1	5,2	14,6	9,7	70,6	100,00
B-2	8,6	7,4	24,1	60,0	100,00
B-4	5,3	8,1	8,9	77,7	100,00
B-5	7,0	4,5	12,1	76,5	100,00
B-10	5,1	14,6	17,8	62,6	100,00
BC	4,8	16,7	14,6	63,9	100,00
B-14	5,9	11,7	15,2	67,3	100,00
B-15	4,7	7,5	16,0	71,7	100,00
B-16	4,7	9,5	14,1	71,7	100,00
B-17	6,2	8,8	20,5	64,5	100,00

Tablo 3.3. Bala istifinin kil mineral dağılımı.

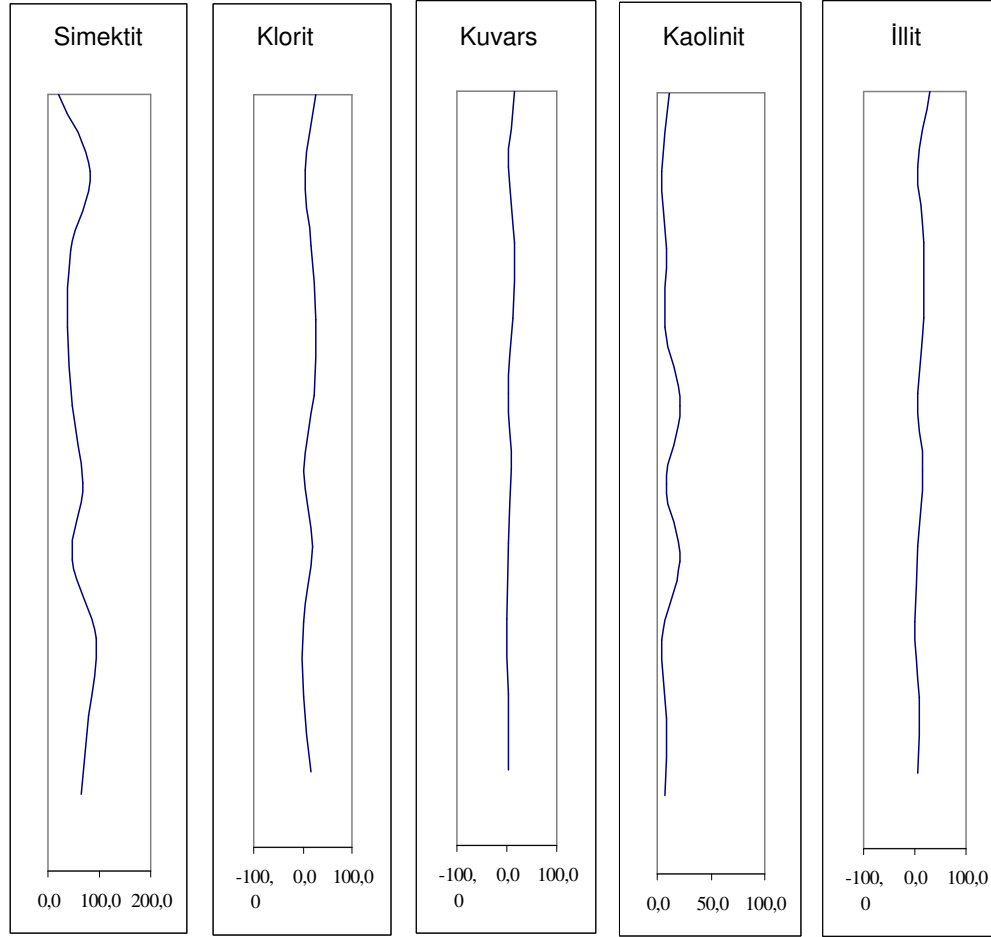
	Sm	Klo	Pali	Kao	Illit	Toplam
B1	21,4	25,0	14,3	10,7	28,6	100,0
B2	81,8	3,6	3,6	3,6	7,3	100,0
B4	44,4	16,7	13,9	8,3	16,7	100,0
B5	37,2	25,6	11,6	7,0	18,6	100,0
B10	47,1	23,5	2,9	20,6	5,9	100,0
BC	68,0	0,0	8,0	8,0	16,0	100,0
B14	48,5	21,2	3,0	21,2	6,1	100,0
B15	95,2	0,0	0,0	4,8	0,0	100,0
B16	79,6	0,0	4,1	8,2	8,2	100,0
B17	64,3	17,9	3,6	7,1	7,1	100,0

Karahamzalı istifine benzer olarak Bala istifinde de detritik mineral olan klorit, illit ve kaolinit miktarlarında istif boyunca önemli bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 3.4). Ancak simektit miktarının yüzeye doğru azaldığı, buna karşılık paligorskit miktarında artış olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.4).

Şekil 3.3. Bala istifinde tüm kaya mineral içeriğinin derinliğe göre değişimi.



Şekil 3.4. Bala istifinde kil minerallerinin derinliğe göre değişimleri.



Profil özelliği göstermeyen diğer çalışma alanlarından alınan örneklerin de mineral içerikleri belirlenmiştir. Buna göre tüm kaya mineral içerikleri Tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.4. Diğer örneklerin tüm kaya mineral içerikleri.

Kuvars	Kalsit	Felds	Gypsum	Kil	Toplam	
9,2	70,2	20,5	0,0	0,0	100,00	14
1,6	98,4	0,0	0,0	0,0	100,00	I4
2,6	97,4	0,0	0,0	0,0	100,00	I3
2,7	97,3	0,0	0,0	0,0	100,00	I2
6,6	0,0	8,6	0,0	84,7	100,00	I1
12,5	63,0	24,5	0,0	0,0	100,00	S2
14,5	59,5	26,0	0,0	0,0	100,00	S1
3,6	23,2	7,9	4,9	65,3	104,87	K1
12,9	72,1	15,1	0,0	0,0	100,00	D-DC
15,5	57,4	27,2	0,0	0,0	100,00	D-1DOD
6,5	8,5	11,4	0,0	73,7	100,00	D-1b
6,1	7,6	12,4	0,0	73,9	100,00	D-1a
6,9	82,7	10,4	0,0	0,0	100,00	D-T1
5,9	86,6	7,6	0,0	0,0	100,00	D-T2
5,6	86,6	7,8	0,0	0,0	100,00	DT-1
6,2	77,7	16,1	0,0	0,0	100,00	370-1
11,4	62,3	26,2	0,0	0,0	100,00	370-2
17,3	56,1	26,5	0,0	0,1	100,00	D-2
14,1	60,6	25,2	0,0	0,0	100,00	D-2asagi
24,1	53,9	21,9	0,0	0,1	100,00	D-D

Tablo 3.5. Diğer örneklerin kil mineral içerikleri.

	S	CHL	P	K	I	SUM %
D-1b	38,5			20,5	41,0	100,0
D-1a	30,6			20,4	49,0	100,0
D-T1	57,1			14,3	28,6	100,0
D-T2	33,3			22,2	44,4	100,0
D-D	61,1			5,6	33,3	100,0
I-4	36,4		18,2	9,1	36,4	100,0
I-3	50,0			16,7	33,3	100,0
I-2	42,9			28,6	28,6	100,0
I-1	65,2			0,0	34,8	100,0
D-Dca	71,4			9,5	19,0	100,0
D-						
1Dodurga	25,0			25,0	50,0	100,0
DT-1 Trk	100,0					100,0
D-						
2Dodurga	25,0			25,0	50,0	100,0
D-2asagi	20,0				80,0	100,0

Buna göre diğer örneklerin mineral içerikleri kuvars, kalsit ve feldspattır. Kil mineral içerikleri incelendiğinde ise simektit başta olmak üzere kaolinit ve illit bulunmuştur. Ancak bu alanlarda paligorskit varlığı XRD ile tesbit edilememiştir.

3.2. Dolomit Stokiyometresi

Dolomitlerin kökenini bulmak amacı ile dolomit stokiyometresi çalışması gerçekleştirilmiştir. Dolomit bilindiği gibi basit bir mineral değildir. Yapısal olarak dolomit rombohedraldir ve ideal dolomit stokiyometriktir. Ancak doğada bu formda bulmak zordur. Gölbaşı-Karahamzalı kolon kesitinden alınan kalış örneklerinde bulunan dolomitler üzerinde gerçekleştirilen stokiyometri çalışmaları sonuçları bu raporda verilmiştir. Ca:Mg oranı hesaplanmıştır ve Tablo 3.6'da listelenmiştir. Buna göre örnekler Ca^{+2} fazlasına sahiptir.

Tablo 3.6. Ca:Mg oranının hesaplanmasını gösteren ve örneklerin Ca:Mg oranlarını listeleyen tablo

	MgO	CaO	Atomik Ağırlık Ca	Atomik Ağırlık Mg	Ca+Mg	Ca %	Mg %	Ca:Mg
U13	16,72	20,84	8,350588	4,0128	12,3	67,5	32,4	67-32
U10	17,91	22,16	8,879512	4,2984	13,1	67,3	32,6	67-32
U7	20,34	16,88	6,763816	4,8816	11,6	58,0	41,9	58-42
U6	18,29	16,9	6,77183	4,3896	11,1	60,6	39,3	61-39
A1	16,12	13,53	5,421471	3,8688	9,2	58,3	41,6	58-42
A3	14,97	16,42	6,579494	3,5928	10,1	64,6	35,3	65-35
A6	16,8	16,39	6,567473	4,032	10,5	61,9	38,0	62-38
A15	15,18	13,6	5,44952	3,6432	9,0	59,9	40,0	60-40

Lumsden (1979)'un metoduna göre aşağıda verilen formülle %CaCO₃ hesaplanmıştır.

$$N_{CaCO_3} = Md + B$$

Burada N mol %CaCO₃, M 333,33, B -911,99 ve d ise d104 lere karşılık gelmektedir. Buna göre çalışılan örneklerin değerlikleri 51,3% ve 54,7% arasında değişmektedir (Tablo 3.7). Tucker (1988) de belirttiği gibi dolomitler %CaCO₃ değerlerine göre 3 tip sınıflandırılmaktadır. Tip I dolomitler iri taneli, hemen hemen stokiyometrik olan ve % CaCO₃ değerleri 50–51% arasında değişen dolomitlerdir. Tip II dolomitler daha küçük kristalli olan ve genellikle evaporasyon mineralleri ile ilişkilendirilen ve % CaCO₃ değerleri 51–52% arasında olan dolomitlerdir. Tip III dolomitleri ise küçük kristalli, Ca içeriğince zengin ve % CaCO₃ değerleri 54–56% arasında değişen dolomitlerdir. Bu sınıflandırmaya

göre çalışılan dolomitler tip II ve tip III olarak sınıflandırılabilir ancak diğer parametrelerin de hesaplanması gerekmektedir.

Tablo 3.7. Dolomitlerin d_{104} ve $NCaCO_3$ hesaplamalarını gösteren tablo.

Örnek	d_{104}	$NCaCO_3$
U13	2,9	54,7
U10	2,9	54,7
U7	2,89	51,3
U6	2,89	51,3
A1	2,89	51,3
A6	2,89	51,3
A15	2,9	54,7

XRD çalışması da aynı zamanda dolomitlerin incelenmesinde çok önemlidir. Dolomitlerin kristallenme dereceleri de dolomit kökeni için önem taşımaktadır. d_{015} pik yüksekliğinin d_{110} pik yüksekliğine (ya da şiddetleri de olabilir) oranı dolomitlerin kristal derecesini verir. Ve bu oran ne kadar yüksek çıkarsa o kadar düzenli olduğu söylenebilir. Çalışılan dolomitlerin değerleri düşük-orta derece olduğundan dolomitlerin stokiyometrik olmadığını söyleyebiliriz.

Petrografik çalışmalar dolomit sınıflandırılmasında önemlidir. İki farklı tip dolomitin varlığı aynı zamanda petrografik çalışmalar ile de belirlenmiştir. Bunlardan ilki ara boşlukları dolduran ya da tane veya boşluğunu çevreleyen ince taneli çimentodur. İkinci tip ise biraz daha büyük taneli, boşlukları dolduran ve kristal yapısı gözlenebilen boyutta olan dolomitlerdir. Bu tip dolomitler çoğunlukla kurak ve nemli hava döngüsünde buharlaşmanın yüksek olduğu dönemlerde oluşmaktadır.

3.3. Taramalı Elektron Mikroskobu Çalışması (SEM)

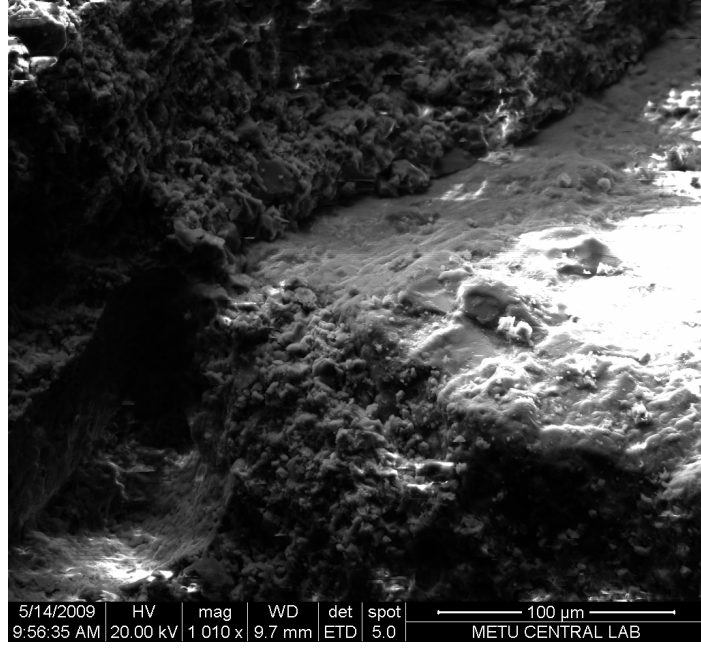
Taramalı elektron mikroskobu ile yapılan çalışmalar ODTÜ Merkezi Labında QUANTA 400F Field Emission SEM (EDS sistemli) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). Yüksek çözünürlüklü taramalı elektron mikroskobu, 1.2 nm çözünürlüktedir. Kalış (kalkrit) ve paleosol örneklerinde SEM çalışması gerçekleştirilmiş, gerekli görülen örneklerde ise EDS analizleri de yapılmıştır.



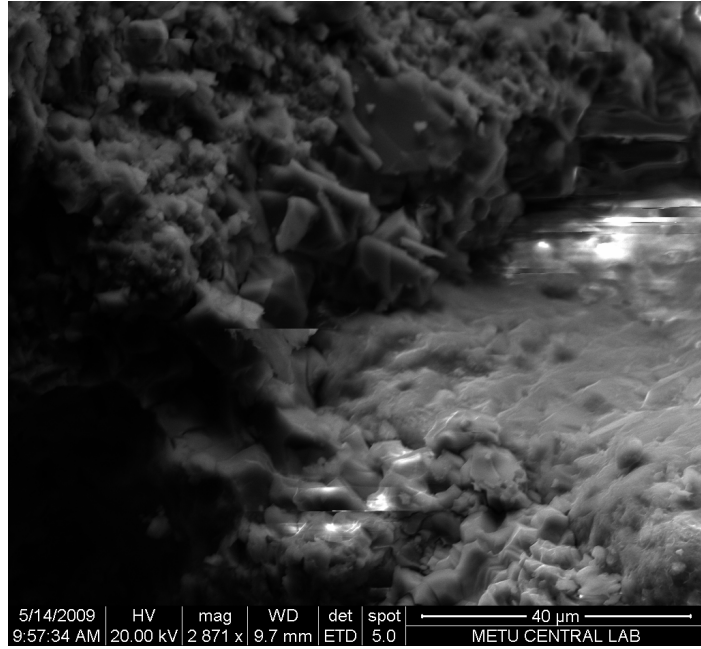
3.5. ODTÜ Merkezi Laboratuvarı'nda bulunan SEM-EDS sistemi

İlk olarak Dodurga istifinin örnekleri SEM ile incelenmiştir. Bu incelemeler neticesinde kalsit karbonat minerali olarak belirlenmiştir. Kil mineralleri kalsit çimento içerisinde detritik tanelerin tutturulmasında rol oynamıştır.

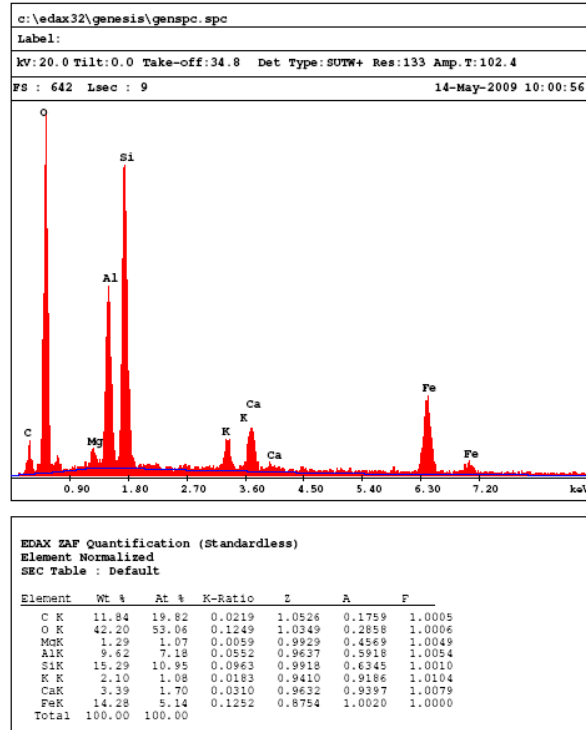
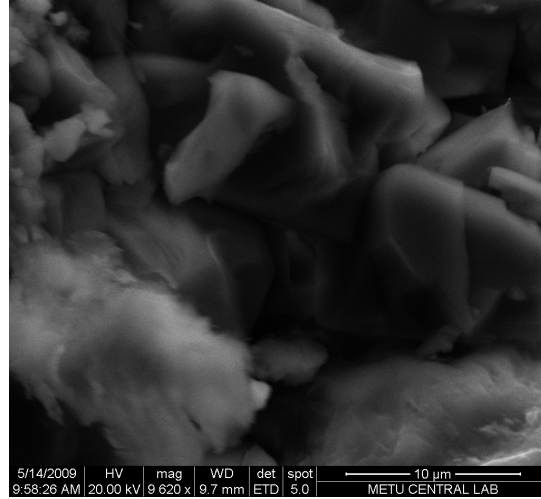
Tane-çimento kontağına bakıldığında çimentoyu oluşturan kalsit kristallerinin yarı özşekilli formları gözlenmiştir (Şekil 3.6). Tane-çimento kontağına yakın bakış açısı veren bu görüntüde yarı özşekilli kalsit kristalleri daha net görülmüştür (Şekil 3.7). Çimentoyu oluşturan kalsit kristalleri ve kil oluşumu birlikte gözlenmiştir, ayrıca EDS sonuçları da kil oluşumunu desteklemektedir(Şekil 3.8). Çimentoda kil oluşumu net bir şekilde görülmüştür (Şekil 3.9). Çimentonun genelini oluşturan mikritik kalsitlerin arasında gelişen iri taneli kalsitler düzgün ve özşekilli formları ile gözlenmiştir (Şekil 3.10). Bu örneğin EDS analizi örnekte baskın olarak Ca, C ve O olduğunu yani saf kalsit olduğunu doğrulamıştır (Şekil 3.10). Düzgün ve özşekilli spar kalsitin yakından görünüşüdür. Kristalin yüzeyindeki tozun EDS analizi Ca-Al silikat olduğunu bir diğer deyişle kil minerali olduğunu göstermiştir (Şekil 3.11). Kalsit çimentonun içerisinde bulunan detritik bir fragman gözlenmiş, EDS analizi ile bu fragmanın kuvars olduğu anlaşılmıştır (Şekil 3.12).



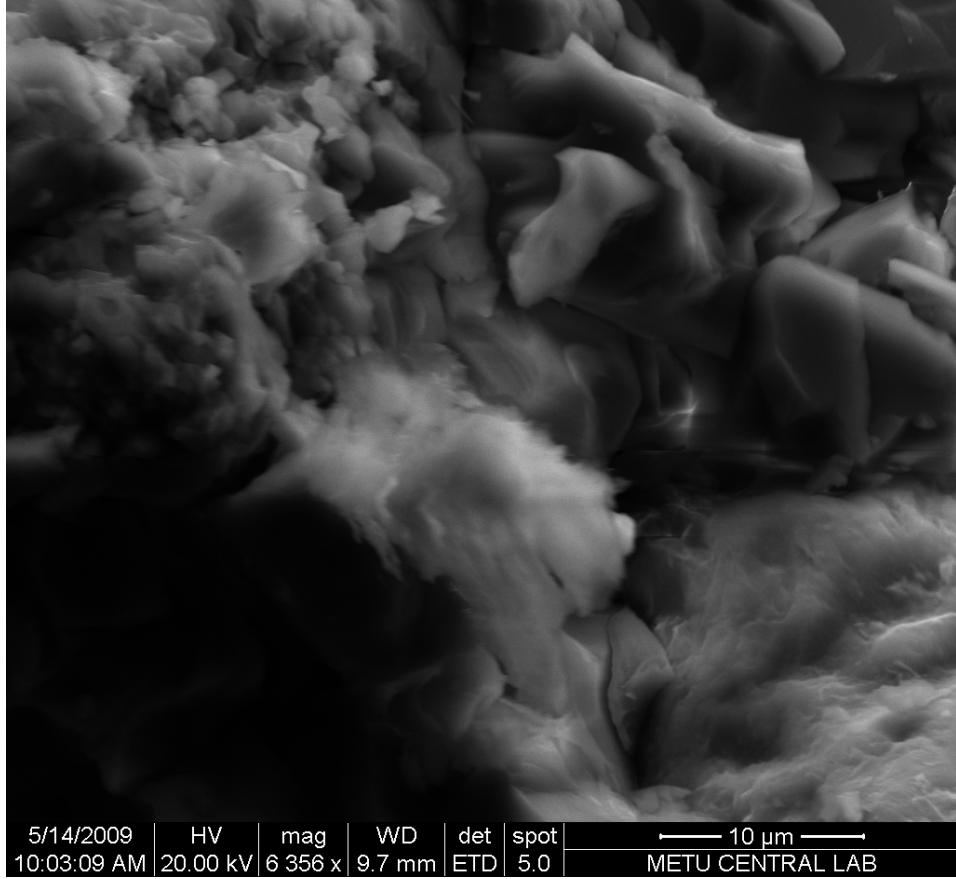
Şekil 3.6. Kalsit çimento dokanağı.



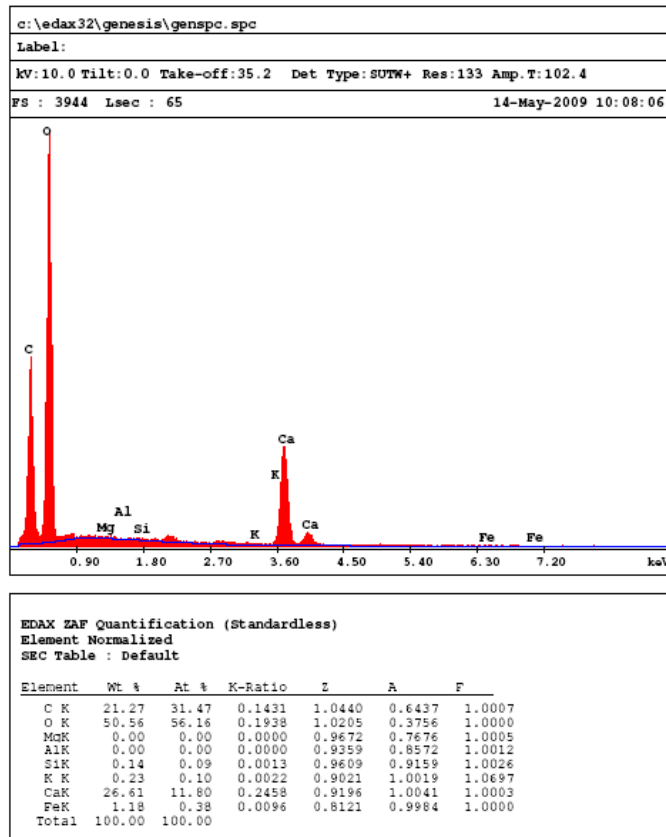
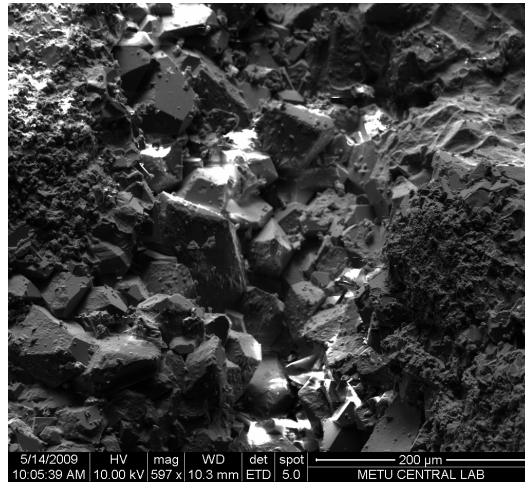
Şekil 3.7. Dokanağın yakın görüntüsü.



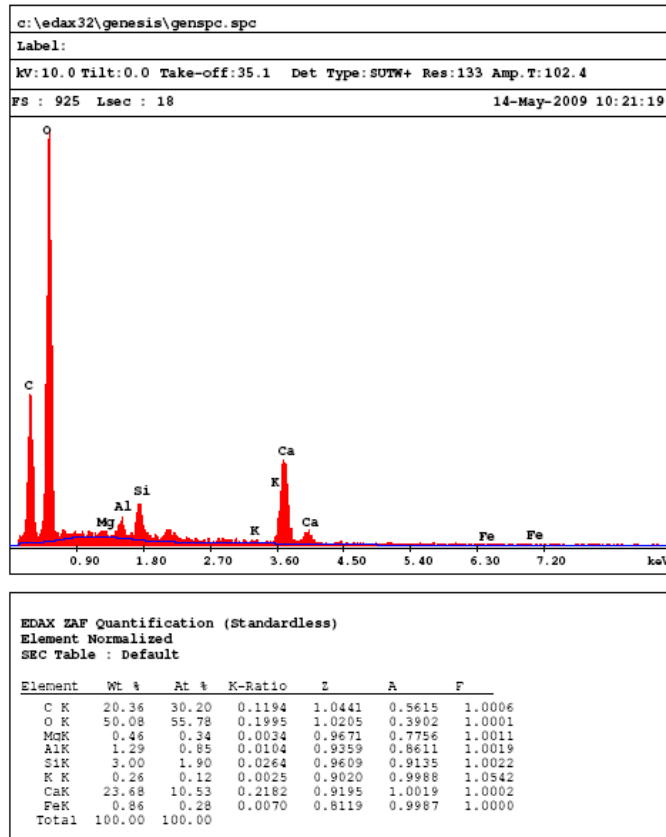
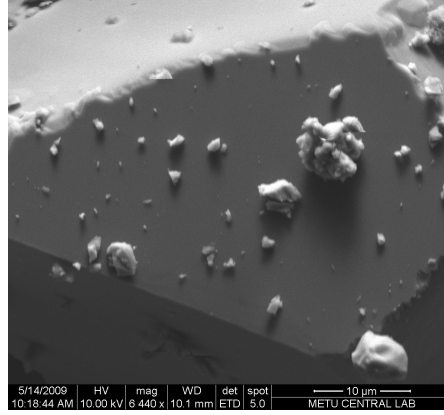
Şekil 3.8. Kil minerallerinin SEM görüntüsü ve EDX analizi.



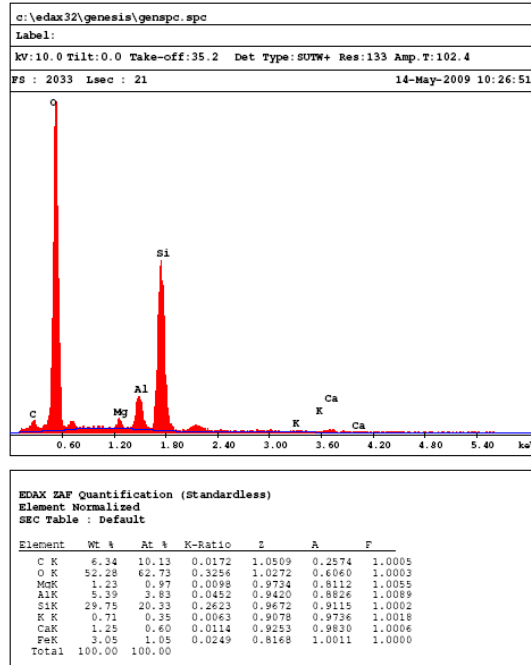
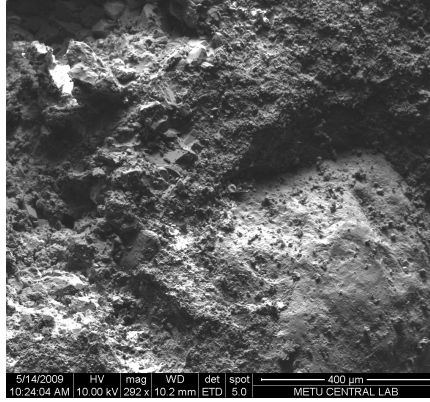
Şekil 3.9. Paleosollerdeki killerin SEM görüntüsü.



Şekil 3.10. Rombohedral kalsit kristalleri ve EDX analizleri.

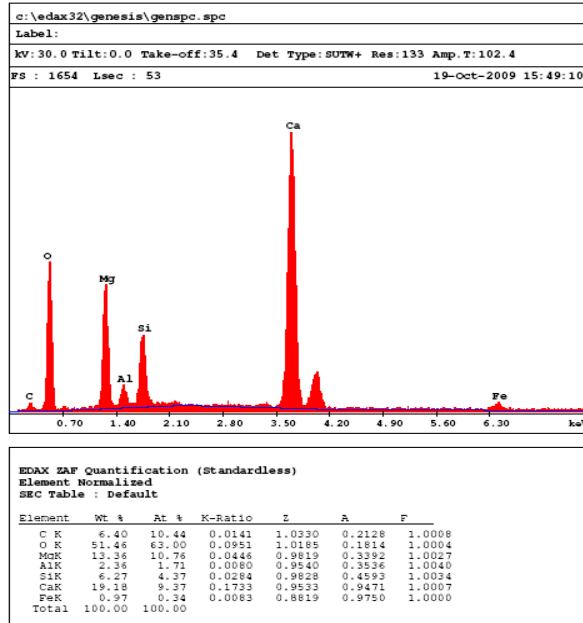
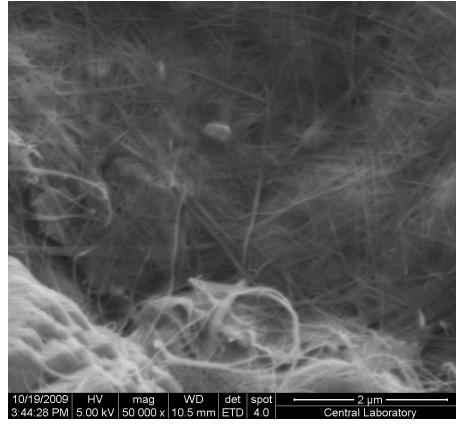


Şekil 3.11. Kalsit üzerinde kil mineral kırıntıları.



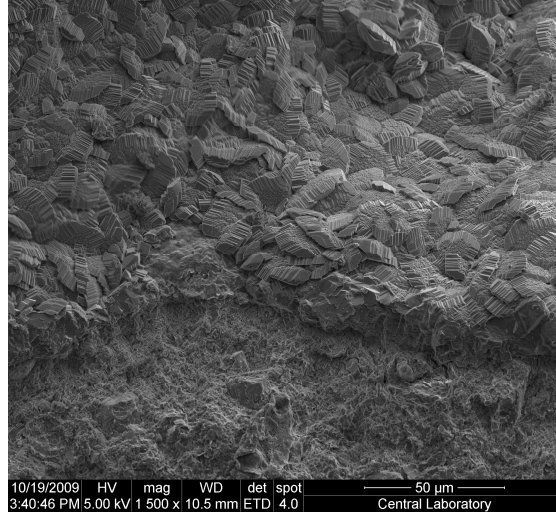
Şekil 3.12. Detritik kuvars kristali ve EDX analizi.

Karahamzalı istifinde dolomit baskın karbonat minerali olarak bulunmuştur. A-1 kalış örneğinin SEM-EDX verileri, örnek içerisinde XRD ile tayin edilememiş paligorskit mineralinin varlığını göstermiştir. İnce ve uzun fiber dokuları net bir şekilde gözlemlenen paligorskit minerali, daha önce Aras ve Türkmenoğlu (1991) çalışmasında da SEM analizi ile tesbit edilmişti. Paligorskitin dolomitleri çevrelediği ve üzerlerini yer yer kapladığı görülmüştür (Şekil 3.13).

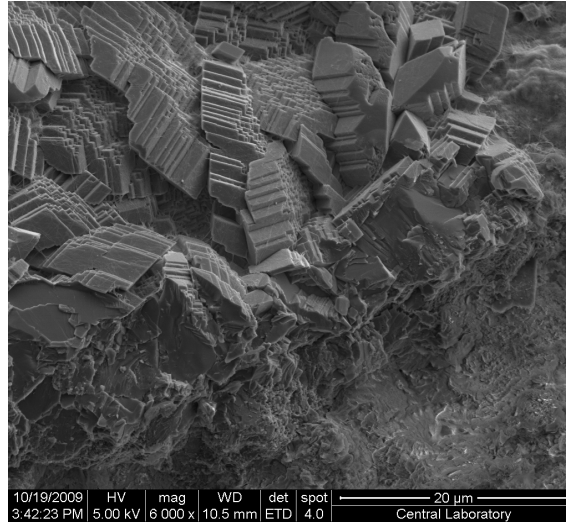


Şekil 3.13. Paligorskit dokusunun SEM görüntüsü ve EDX analizi.

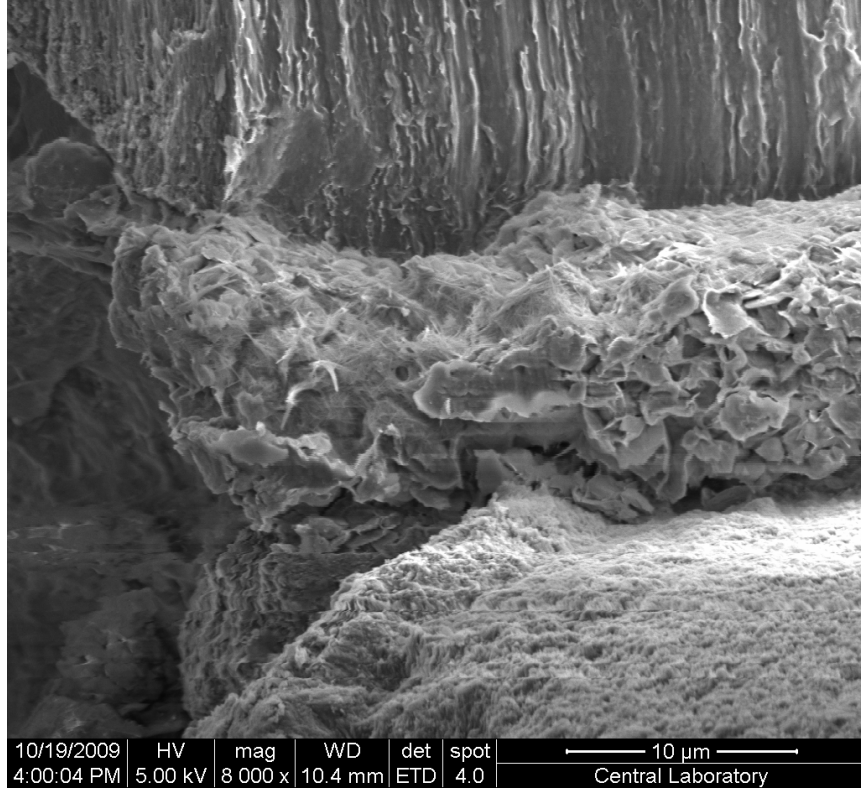
A-1 örneği Kulu istifindeki diğer kaliş örnekleri gibi karbonat minerali olarak dolomit içermektedir. Dolomit kristalleri ve mikritik çimento ile yaptıkları kontak SEM ile görüntülenmiştir (Şekil 3.14 ve 3.15). Paligorskit liflerinin yer yer dolomitlerin ve kil minerallerinin üzerini ince bir zar şeklinde kapladığı gözlenmiştir (Şekil 3.16).



Şekil 3.14. Dolomit ve çimento dokanağı.

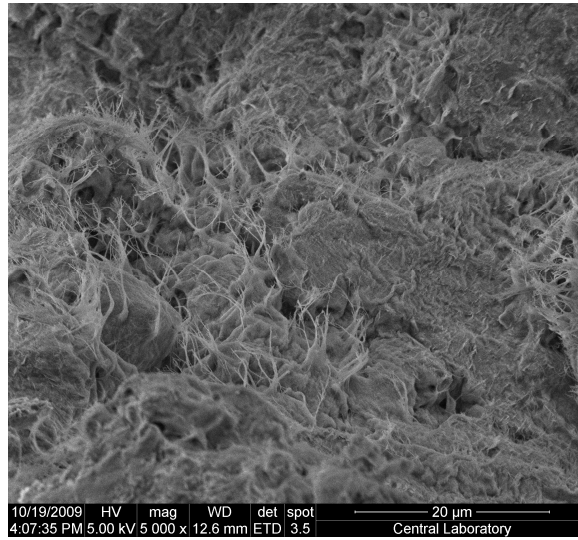


Şekil 3.15. Dokanağın yakından görünümü.

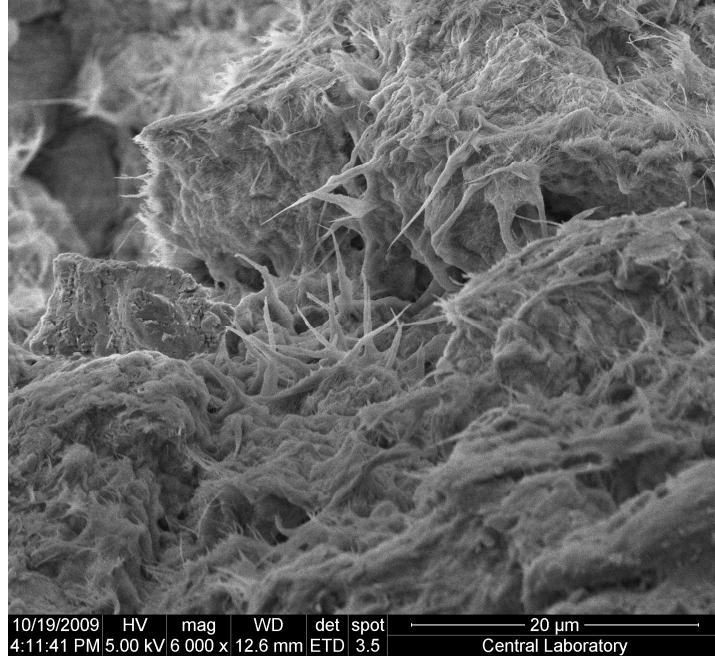


Şekil 3.16. Dalgalı-yapraksı morfolojiye sahip kil mineralleri ile üzerlerini çevreleyen paligorskitler çimentoda gözlenmiştir.

A-2 örneği A-1 kalışinin toprağıdır. Kırmızı renkli çakıllı ve bol gözenekli yapıya sahip olan bu örnekte illit minerallerinin kısa-kalın lif dokusu gözlenmiştir (Şekil 3.17 ve 3.18).

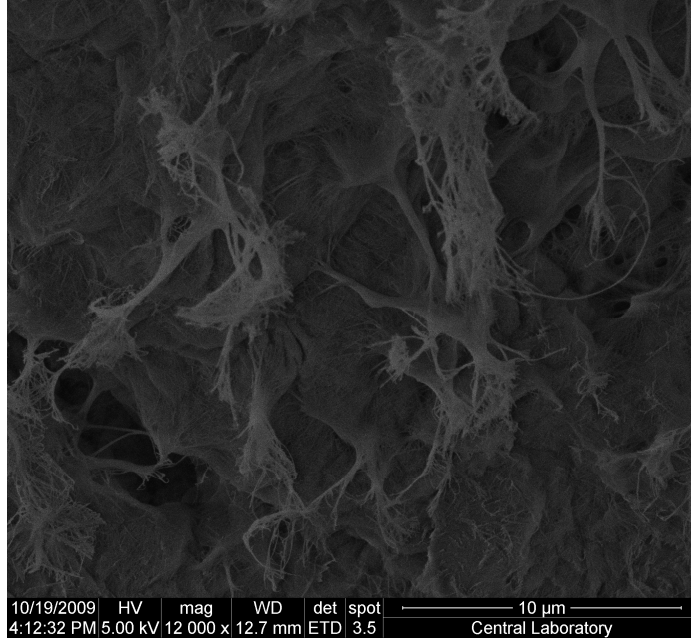


Şekil 3.17. İllit liflerinin SEM görünümü.

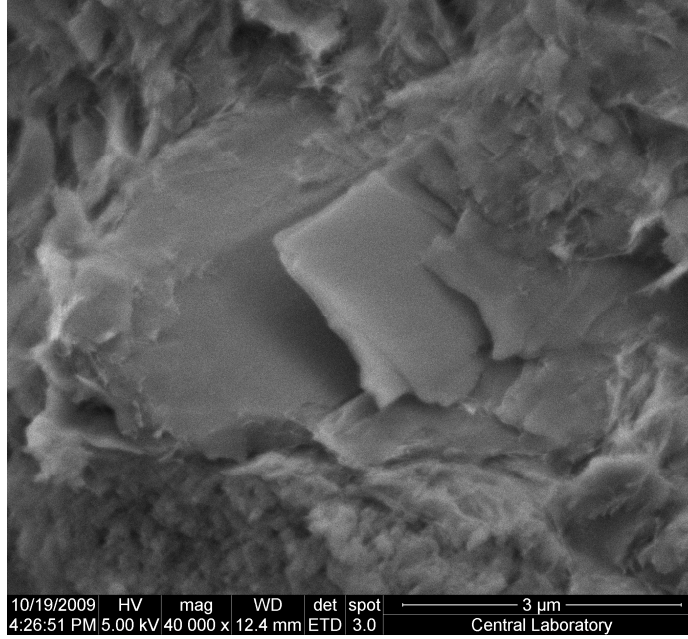


Şekil 3.18. Paligorskitinde bulunduğu bu örnekte illit ve paligorskit fiberleri birlikte gözlenmiştir.

Gözenekli yapıya sahip bu örnekte görülen paligorskit lifleri boşlukları doldurarak köprü kurmuştur (Şekil 3.19). Klorit yapraksı morfolojisiyle gözlenmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.19. İllit lifleri arasında kalan gözenekli yapı ve paligorskitin illit ile birlikte bulunduğu görülmüştür.

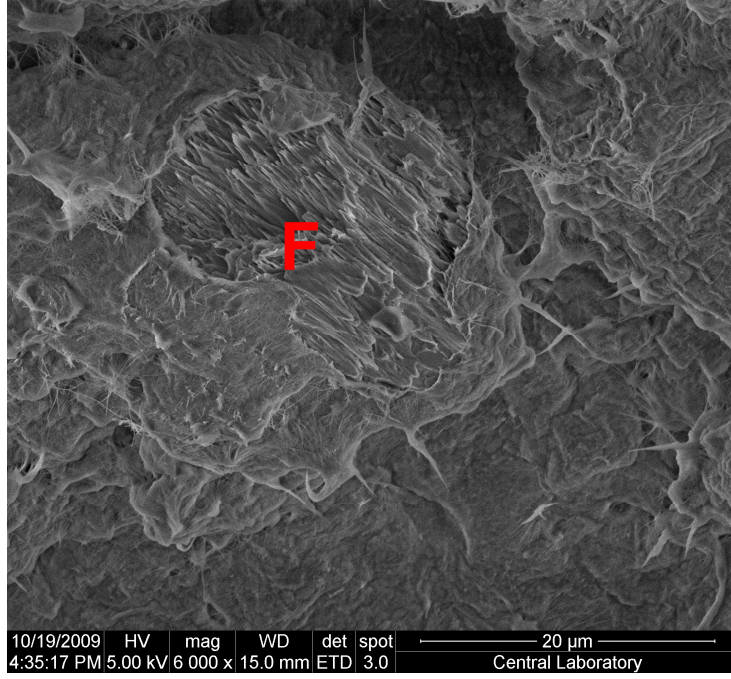


Şekil 3.20. Klorit yapraksı morfolojisiyle gözlenmiştir.

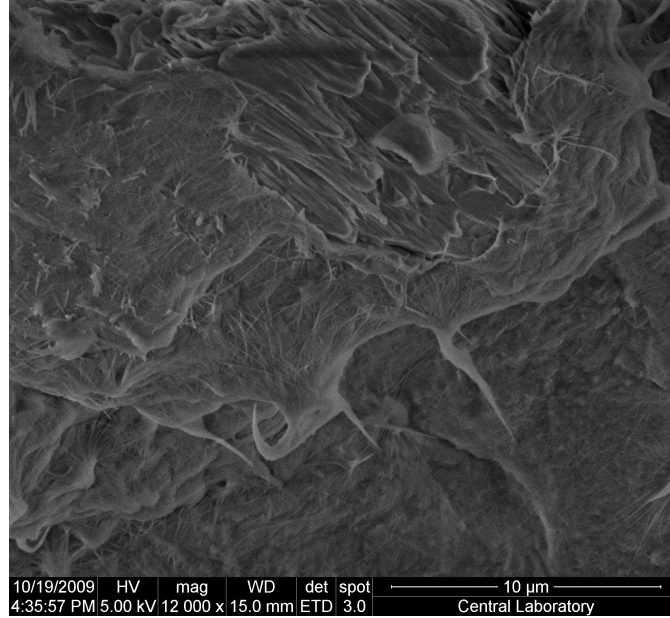
A-7 örneği Kulu masifinden alınmış kırmızı renkli bir diğer toprak örneğidir. A-2 ye benzer olarak paligorskit lifleri SEM ile belirlenmiştir. Aynı zamanda ergime nedeni ile feldspat mineralinin (F) yüzeyinde gözeneklilik oluşmuştur (Şekil 3.21 ve 3.22).

Kulu istifinin U seviyelerinde seçilen U-2 ve U-10 örneklerinde de SEM-EDX analizleri yapılmıştır. U-2 örneği gözenekli ve çakıllı bir kalış örneğidir. A seviyesine yakın seviyededir.

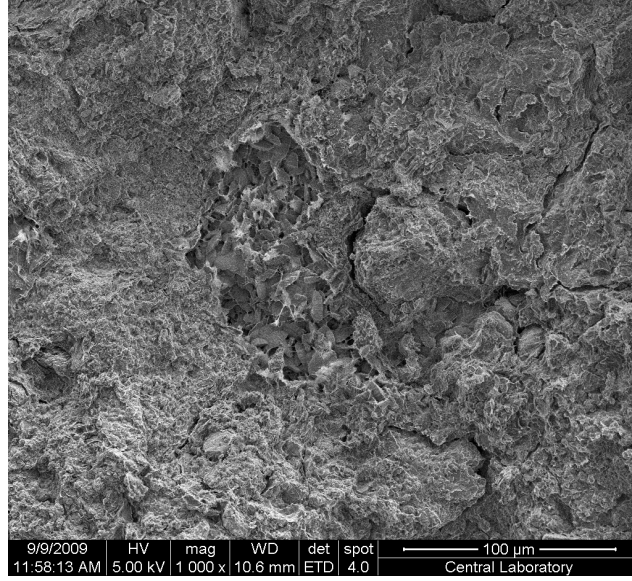
Yüzey boşluklarında dolomit gelişmiştir (Şekil 3.23). Dolomitler paligorskit lifleri ile çevrelenmiş (Şekil 3.24) ancak istifde yukarı seviyelere gidildikçe paligorskit oranı azalmıştır.



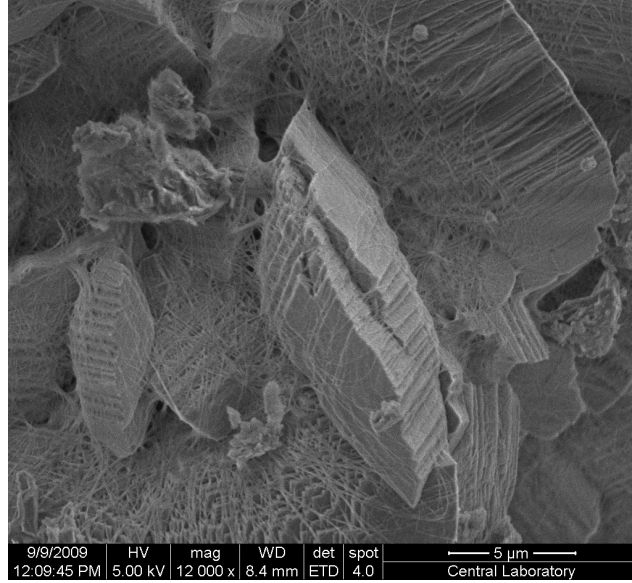
Şekil 3.21. Kalın ve kısa illit lifleri ve ergime boşlukları gösteren feldspat minerali gözlenmiştir.



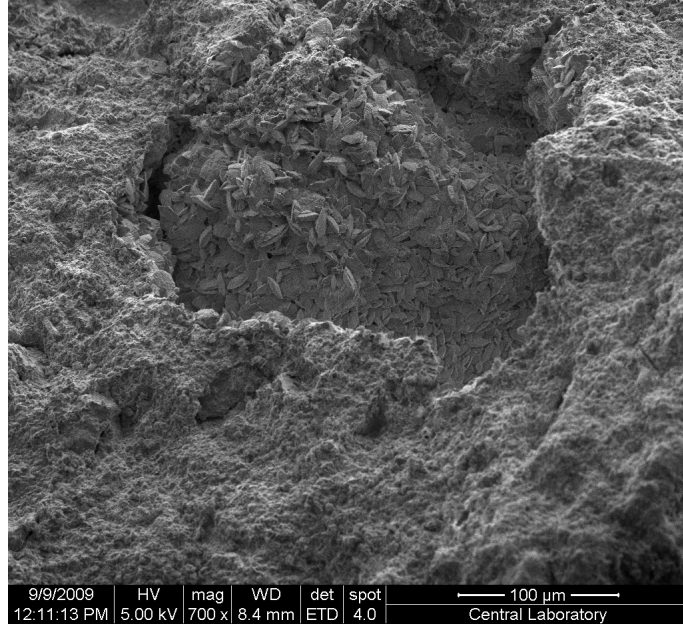
Şekil 3.22. Paligorskitler illitlerin üzerlerini kaplayacak formda yayılım göstermişlerdir.



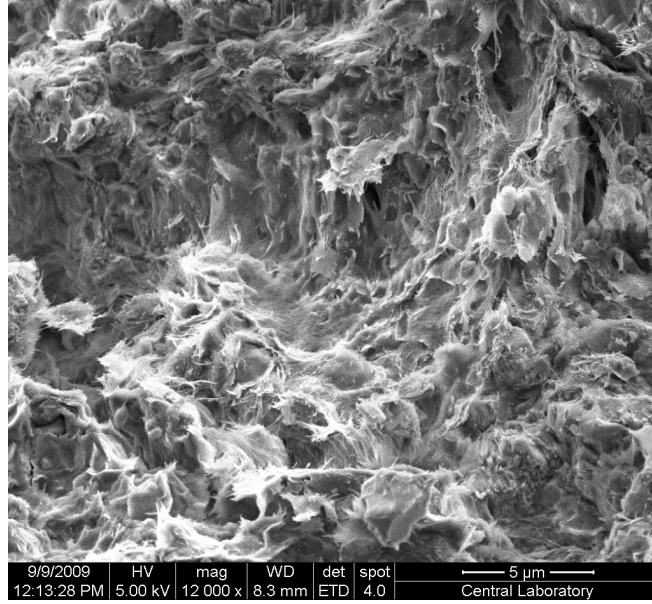
Şekil 3.23. U-2 kalış örneğinin genel görüntüsü. Kalış yüzey boşluklarında dolomit oluşumları gözlenmiştir.



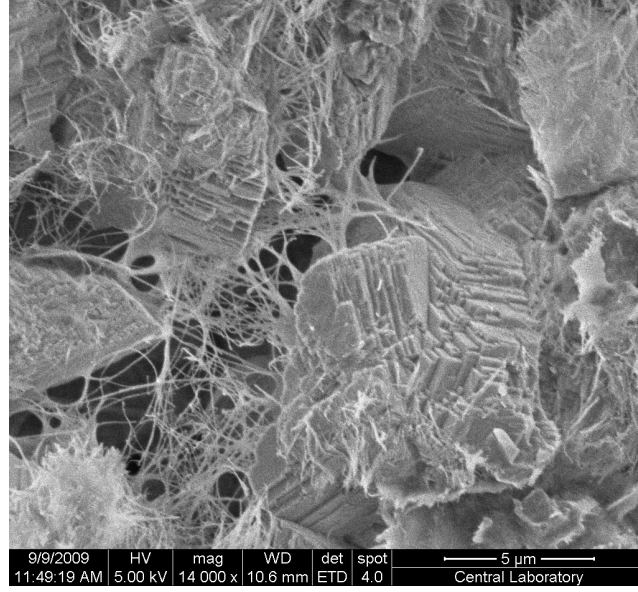
Şekil 3.24. Dolomitlerin üzeri palıgorskit lifleri ile çevrelenmiştir. U- seviyesi, A seviyesindeki örneklerle benzerlik göstermektedir.



Şekil 3.25. Mikritik çimento ve dolomit dolgusu.

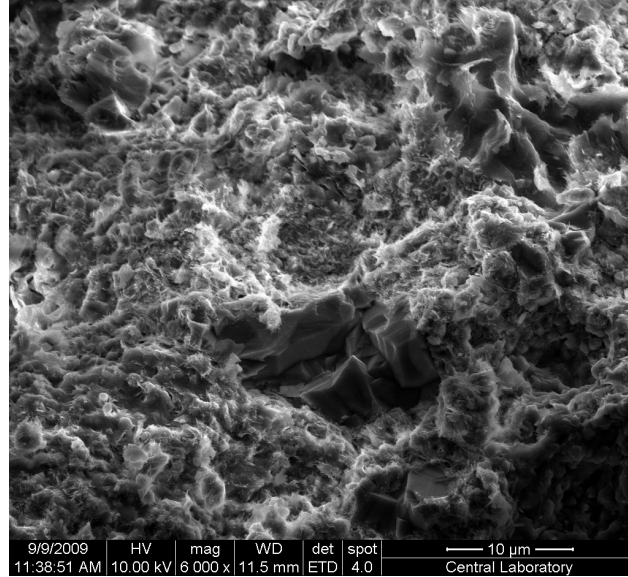


Şekil 3.26. Kil mineralleri ve paligorskite oluşumları birlikte gözlenmiş, ergime yapıları belirlenmiştir.

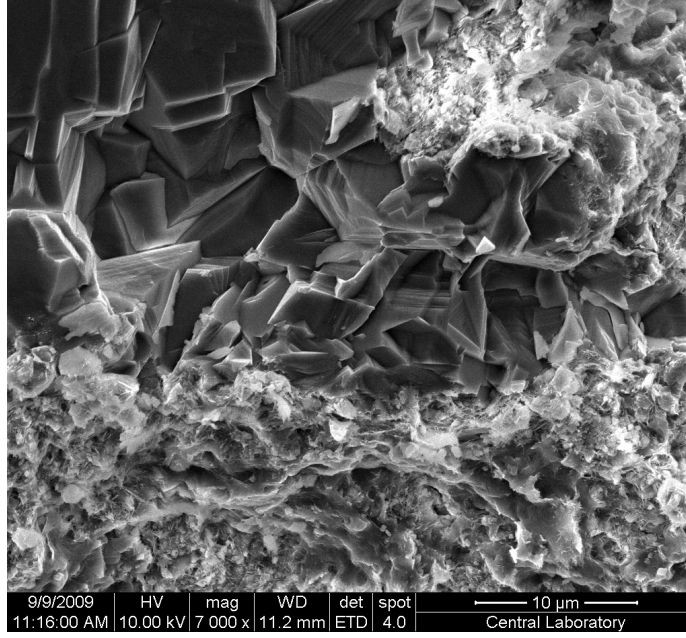


Şekil 3.27. Paligorskit lifleri çimento boşluklarını doldurarak köprü oluşturmuştur.

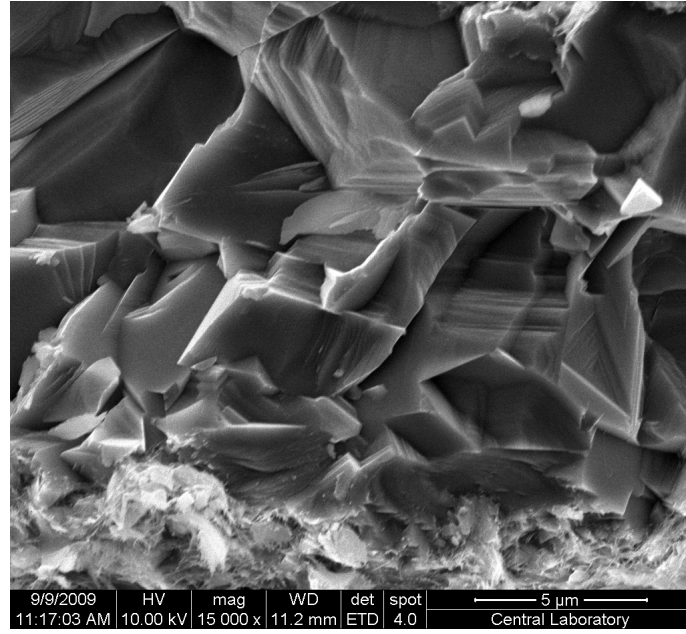
U-10 örneği istifinde yüzeye yakın olan seviyelerinden olup diğer örneklere göre daha az paligorskit içerdiği, dolomit yüzeylerinin temiz olup paligorskit ile henüz çevrelenmediği gözlenmiştir.



Şekil 3.28. U-10 örneğinin genel görüntüsü. Dolomit yüzeyinde bozulma görülmemiştir.

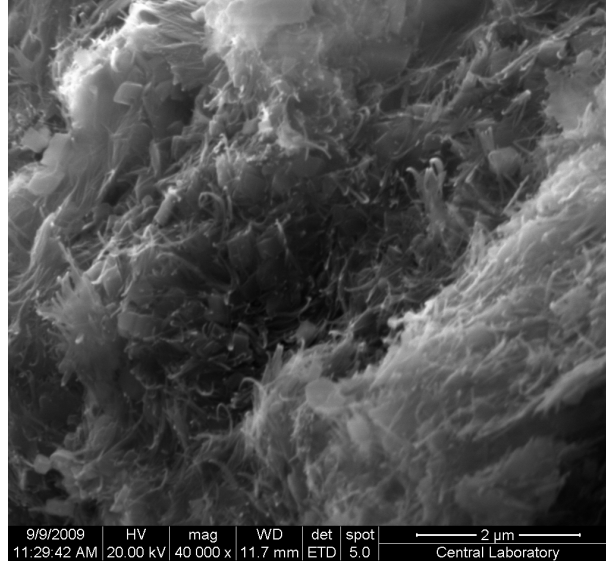


A



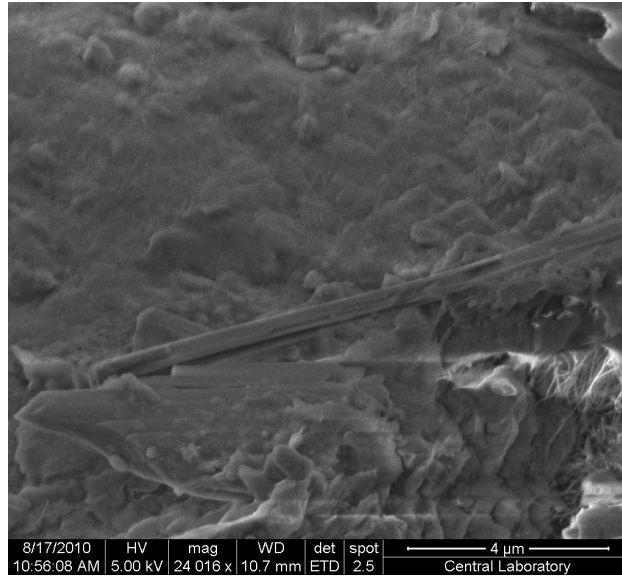
B

Şekil 3.29. Dolomit yüzeyleri ve dilinim yapıları net bir şekilde gözlenmiştir.

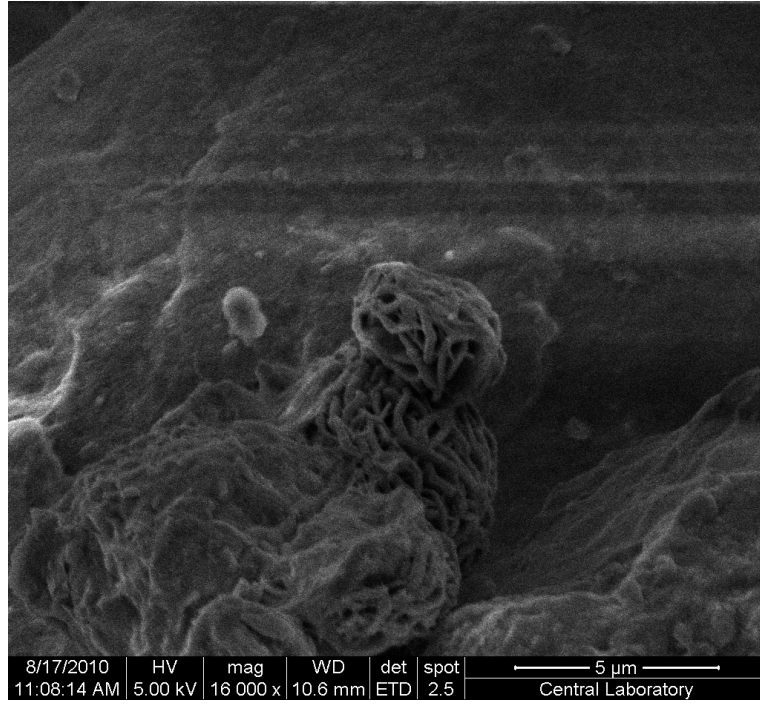


Şekil 3.30. Kil boyutunda gözlenen lif yapıların EDX ile illit oldukları saptanmıştır.

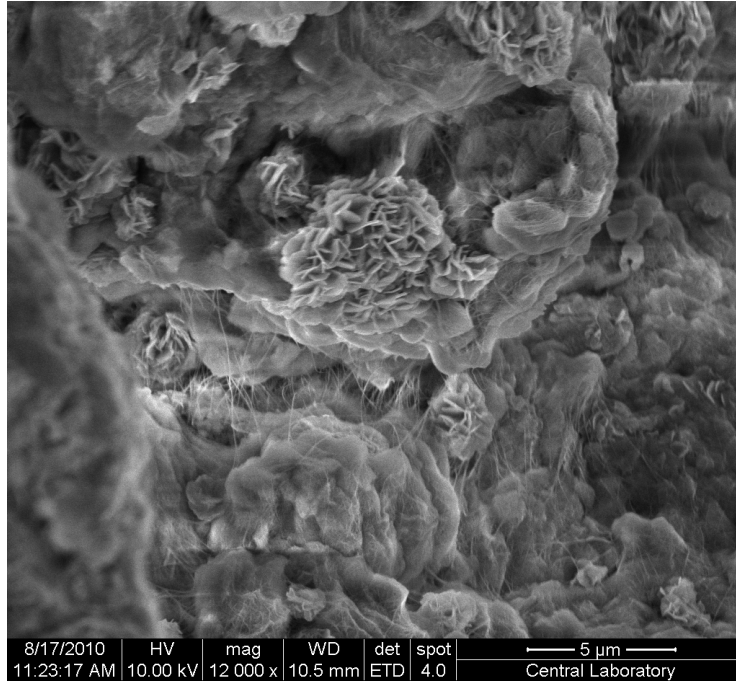
Bala örneklerinde gerçekleştirilen SEM analizleri sonucunda paligorskitin varlığı teyid edilmiştir (Şekil 3.31). Paleosoller içerisindeki bakteriyel yapılarda SEM ile gözlenmiştir (Şekil 3.32). Aynı zamanda hematit mineralinin yumru formunda görünümü SEM ile tesbit edilmiştir (Şekil 3.33).



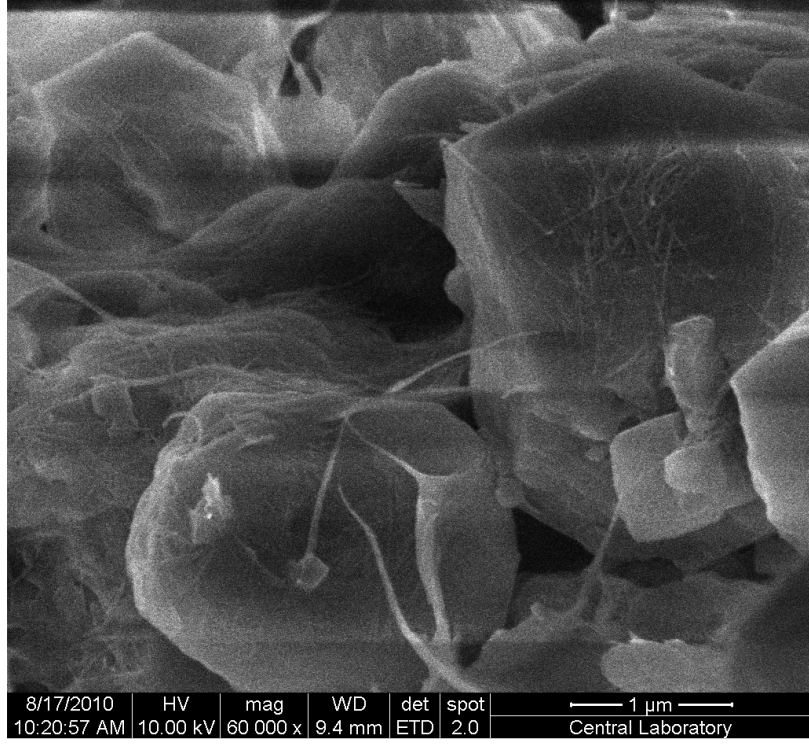
Şekil 3.31. Paligorskitin kil mineralleri üzerinde feldispat minerali ile Bala paleosolu içerisindeki görünümü.



Şekil 3.32. Paleosol içerisinde bakteriyel yapı.



Şekil 3.33. Paleosol içerisinde paligorskit lifleri ve hematit nodul oluşumları.



Şekil 3.34. Bala kalışinde kalsit üzerinde gelişen paligorskit lifleri.

4. PETROGRAFI

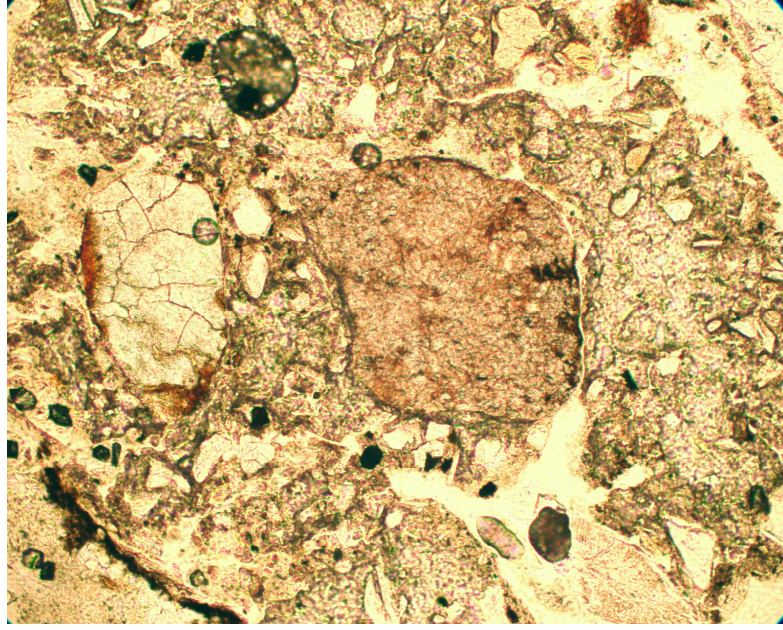
Petrografi çalışmaları örneklerin içeriklerini belirlemek ve dokusal özelliklerini irdelemek amacı ile ince kesitlerin polarize araştırma mikroskobu altında incelenmesi ile yapılmıştır. Petrografi ünitesi, arazi lokasyonlarına göre kısım kısım anlatılacak daha sonra korelasyonu tartışılacaktır.

4.1. Karahamzalı İstifi

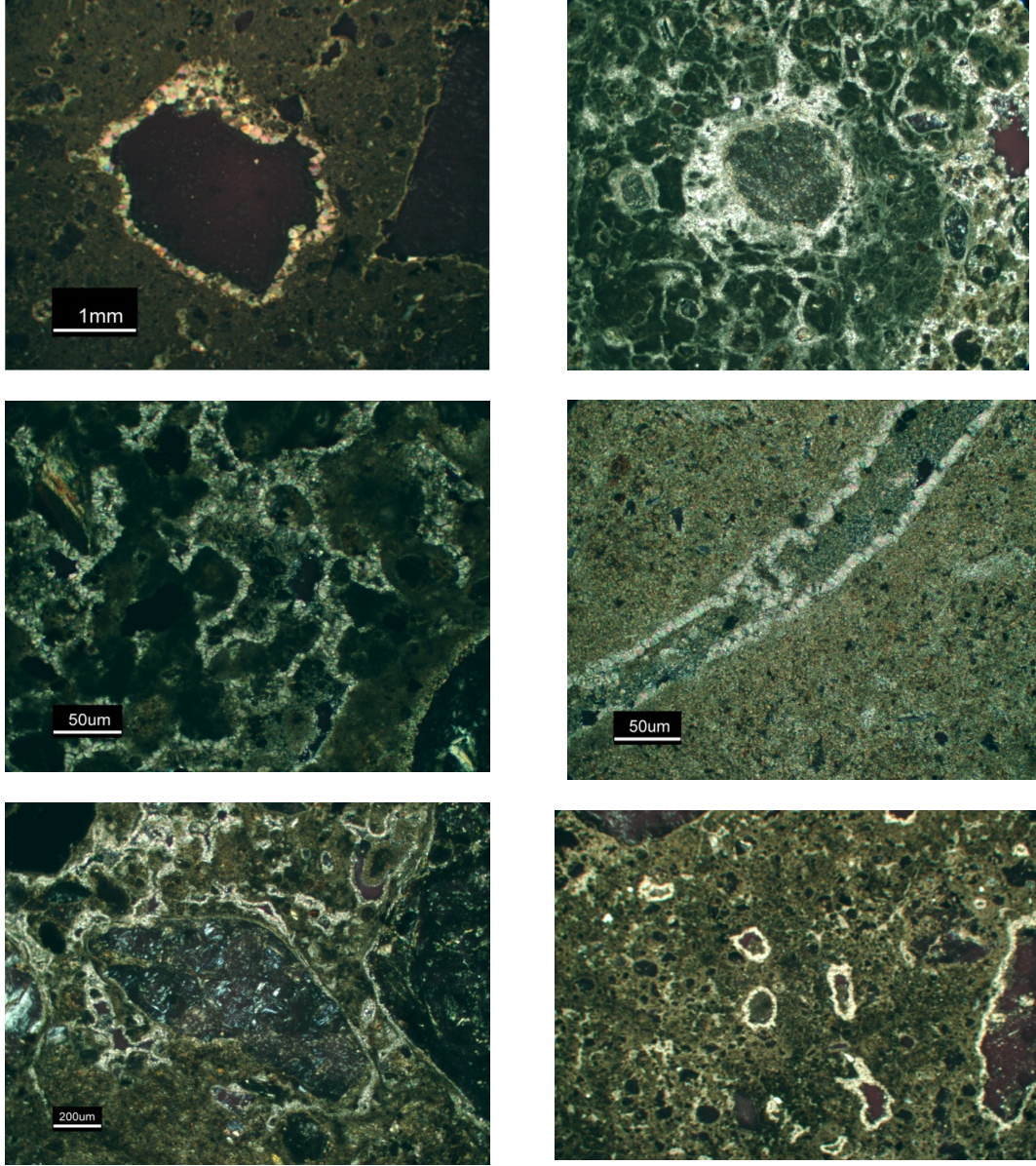
Karahamzalı istifinde yer alan paleosol ve kalış seviyelerinden alınan örneklerden hazırlanan ince kesit incelemeleri sonucunda içerik ve doku özellikleri irdelenmiştir. İstif boyunca üst seviyelere doğru kalış oluşumları daha sık görülmüştür. Feldispat, kuvarz, opak mineralleri mineral fragmanları olarak gözlenmiş, kaya kırıntıları olarak ise baskın olarak volkanik, sedimanter ve metamorfik kaya parçaları bulunmuştur (Şekil 4.1). Yarı-köşeli ve yarı-yuvarlak kenarlara sahip olan kırıntılar kaynak kayanın uzaklığı konusunda fikir vermektedirler. Buna göre kaynağın depolanma alanına çok uzak olmadığı düşünülmektedir.

Kalış oluşumlarında matriks mikritik dolomitten, çimento ise mikrosparitten oluşmaktadır (Şekil 4.2f). Çimento ince taneli dolomit kristallerinden oluşmuş, boşlukları (Şekil 4.2a), fragmanları (Şekil 4.2.b), çatlakları (Şekil 4.2c), faunal boşlukları (Şekil 4.2d), mineral kırıntılarını (Şekil 4.2e) zarf şeklinde çevrelemiştir. Bu dolomit zarfları ince kesitte yakından incelendiğinde prizmatik kristal yapısı sergilemektedirler. Kalış içerisinde bulunan ve daha sonra anlatılacak olan diğer özelliklerle beraber dolomit zarfları vadoz ortamdaki oluşumu simgelemektedir (Tucker, 1991).

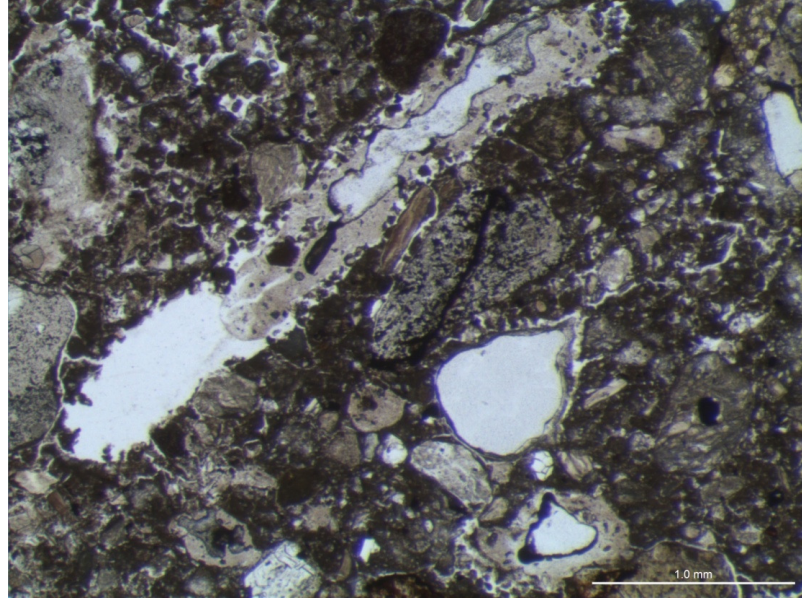
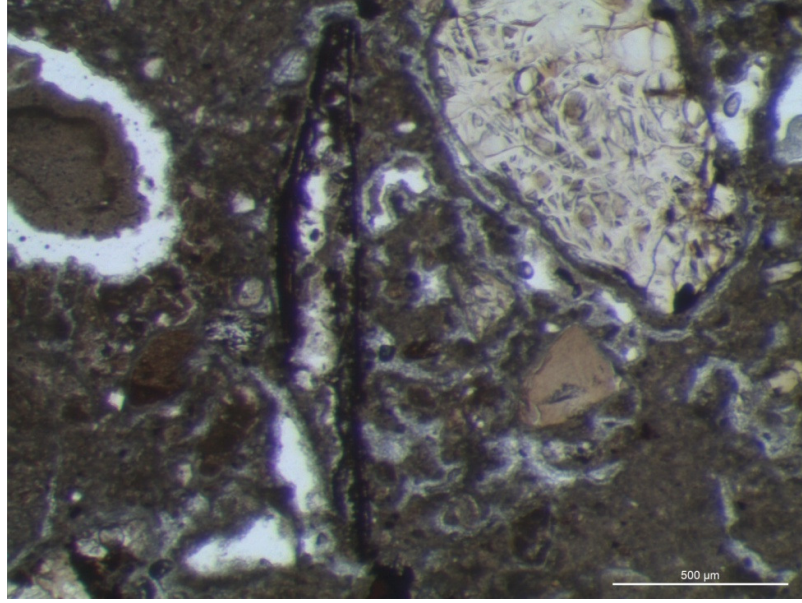
Kalış ve paleosollerde mangan dioksit boyamaları görülmektedir (Şekil 4.3). İklim çalışmalarında önemli parametreler olarak kullanılan mangan dioksit oluşumları Karahamzalı istifinde yer alan kalışlarda sıklıkla farkedilmiştir. Nemli ve ılıman iklim dönemlerini yansıtan MnO₂ boyamaları kurak ve susuz dönemde oluşmuş kalışlar içerisinde görüldüğünden nemli-kurak iklimlerin döngülü bir şekilde etkili olduğunu göstermektedir. MnO₂ yoğun olarak görüldüğü gibi (Şekil 4.3a) aynı zamanda ara boşluklu, parçalı hallerde de görülebilir (Şekil 4.3b).



Şekil 4.1. İstifin alt seviyelerinde, yarı-köşeli feldspat kırıntısı ile yarı-yuvarlak kenarlara sahip olan andezit kırıntısının demir oksit ve mangan oksit ile birlikte kalış içerisindeki görüntüsü (PPL, X4).

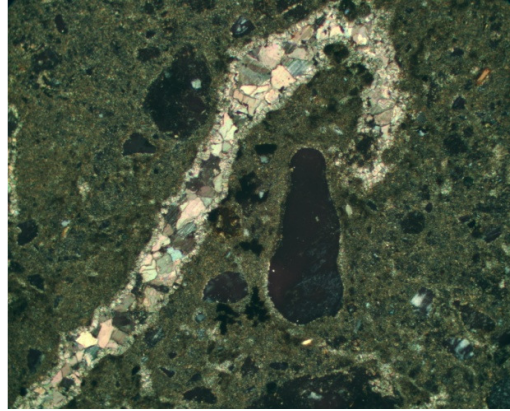
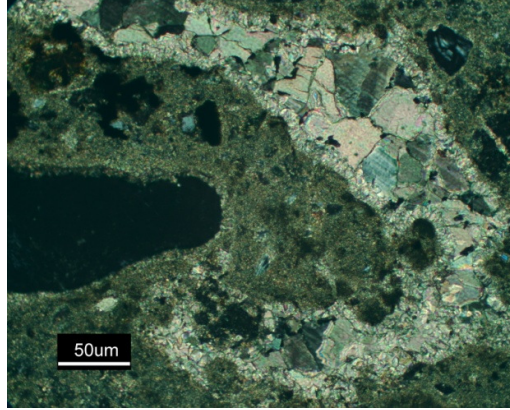


Şekil 4.2. Mikrospartik çimento a) boşlukları, b) kırıntıları, c) çatlakları, d) faunal boşlukları, e) mineral kırıntıları ve kalış genelinde boşlukları zarf şeklinde çevrelerken.



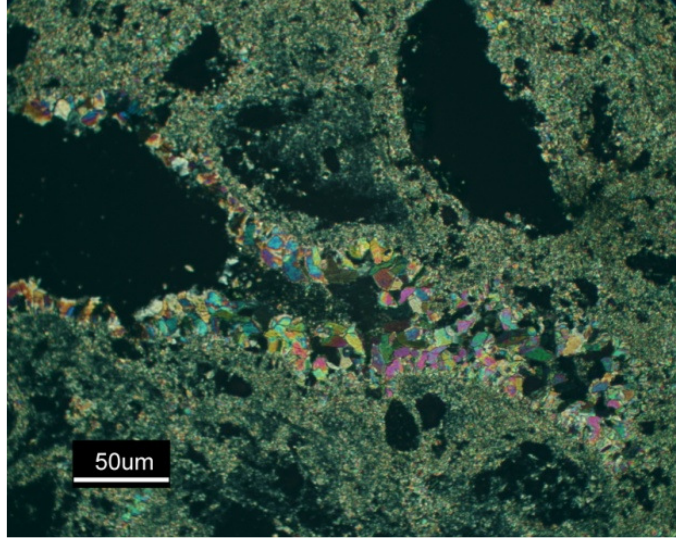
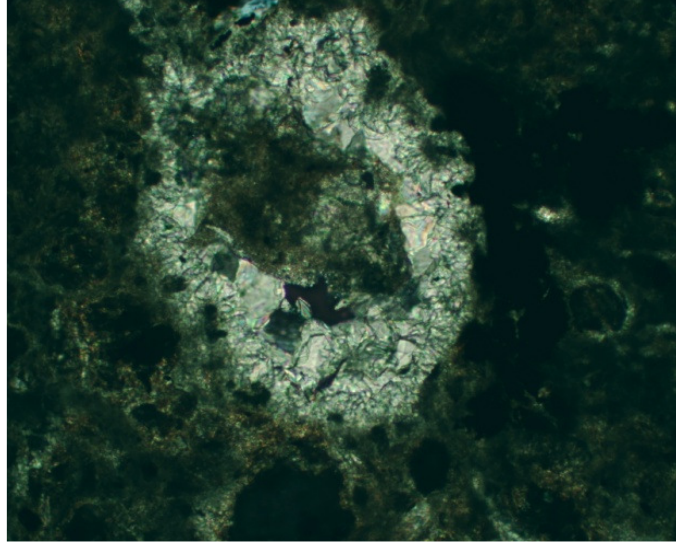
Şekil 4.3. a) MnO₂ boyamalarının boşluk etrafında yoğun bir zarf oluşturmuş hali, b) boşluk içerisinde ara boşluklu parçalı MnO₂ oluşumu.

Kalişler içerisinde oluşmuş çatlaklar ve faunal boşluklar iri taneli karbonat mineralleri ile dolmuştur (Şekil 4.4). U-şeklinde, düzgün açıklıkların faunal aktiviteden kalan boşluklar olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.4a,b).



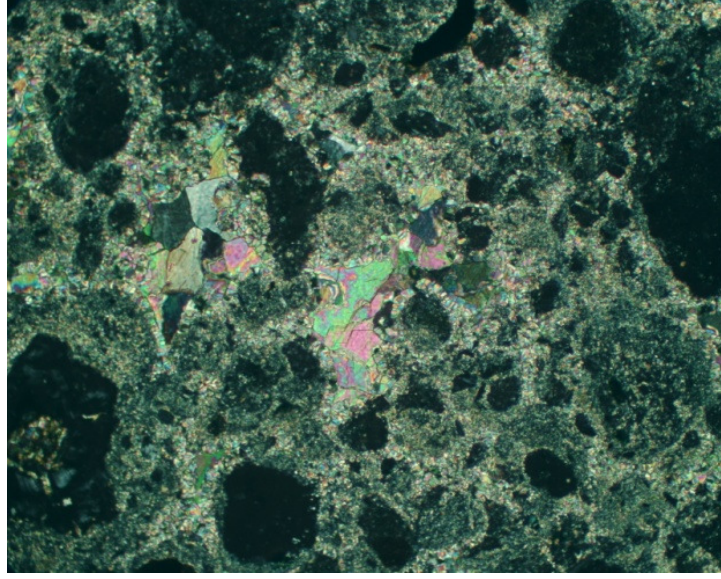
Şekil 4.4. a ve b) İri taneli karbonat minerallerinin faunal aktiviteden oluşmuş boşlukları doldurması ve daha ince taneli çimento malzemesinin duvarlarını kaplaması ile oluşmuş yapı.

Paleosollerin tanımlanmasında kullanılan belirleyici parametrelerden biri olan kalışlar içerisinde yer alan boşlukların duvarlarının çoğu yoğun çimento ile kaplanmış haldedir. Çimentoda bulunan karbonat minerallerinin uzun prizmatik yapıları köpek dişi çimento tanımlamasına uymaktadır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Spari karbonat minerallerinin (a) karbonat nodulu etrafında ve (b) faunal boşluğun duvarlarını çevrelemesi ile oluşmuş köpek dişi çimento modeli.

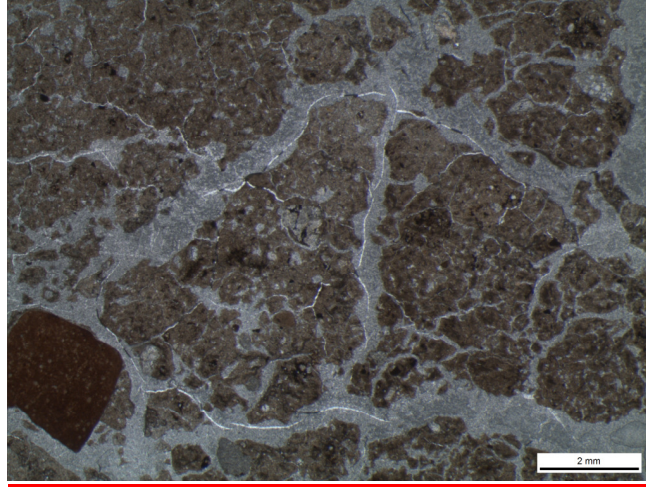
Toprak oluşum süreçlerine bağlı gelişen erime-süzülme olayları nedeniyle oluşan boşlukların bazıları karbonat mineralleri ile doldurulurken bazıları da süregelen süzülme erime olayları nedeni ile boş kalmışlardır (Şekil 4.6).



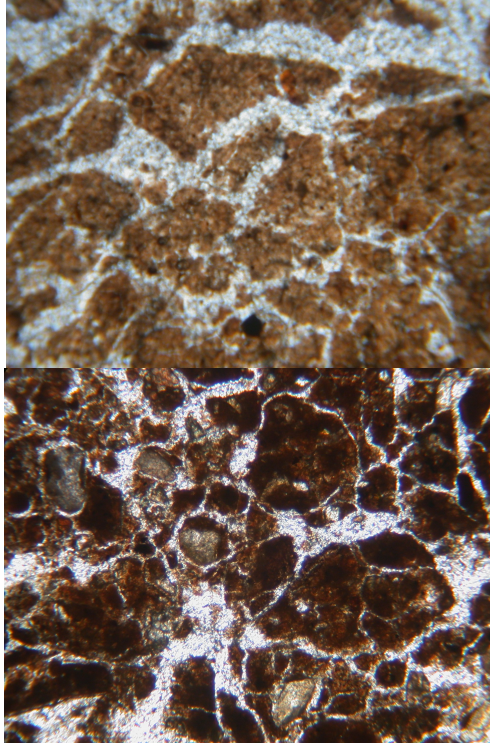
Şekil 4.6. Erime boşluk yapıları.

Kalişlerin içinde geliştiği kırmızımsı paleosollerin mikromorfolojik yapıları incelenmiştir. Paleosoller ped yapıları, pedlerin aranjmanları ve mikroyapı bakımından irdelenmiştir. Mikroyapı olarak yarı-köşekli blok ve blok yapıları sıklıkla gözlenmiştir (Şekil 4.7). Pedler birbirlerine açısız ve yarı yuvarlak kenarlarla ilintilenmiştir. İlk pedler hemen hemen aynı boyanmalar gösterirken daha küçük oluşturmaya gözlenen pedler ise ikincil olarak kabul edilmiştir (Şekil 4.8). Bu ikincil pedler daha şiddetli fiziksel toprak oluşum koşullarını yansıtmaktadır (Şekil 4.8). pedlerin birbirleri ile ilişkileri ped-yerleşimi olarak adlandırılmakta ve Karahamzalı istifinde genellikle bu ölçüt iyi olarak fark edilmiştir (Şekil 4.7 ve 4.8).

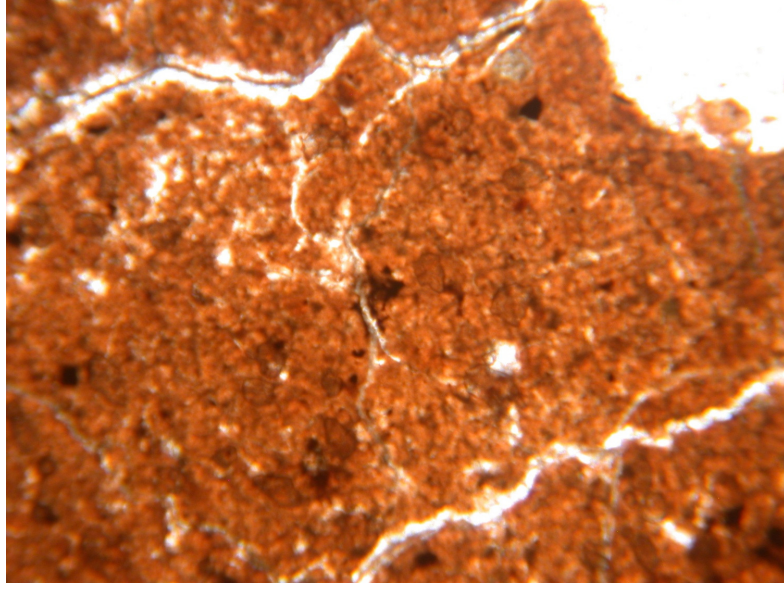
Bullock ve diğ. (1985) boşlukları tanımlamıştır. Bu tanımlamaya göre çalışılan alanda bulunan paleosollerde yer alan boşluklar düzlemsel boşluk olarak adlandırılmış ve kanallar ve kanal kolları ile fark edilmiştir (Şekil 4. 9).



Şekil 4.7. Kulu istifinde paleosollerde gözlenen yarıköşeli blok mikroyapısı ve tam-yerleşimli pedyapısı (A-5 örneği).

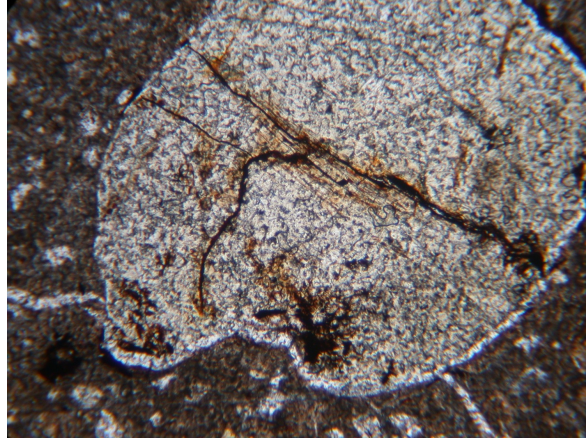


Şekil 4.8. Kulu istifinde a) kısmi-yerleşimli yarıköşeli blok yapıları pedler ve b) granüler-yarı-granüler yapıları pedler.



Şekil 4.9. Paleosoller içerisinde bulunan düzlemsel boşluklar.

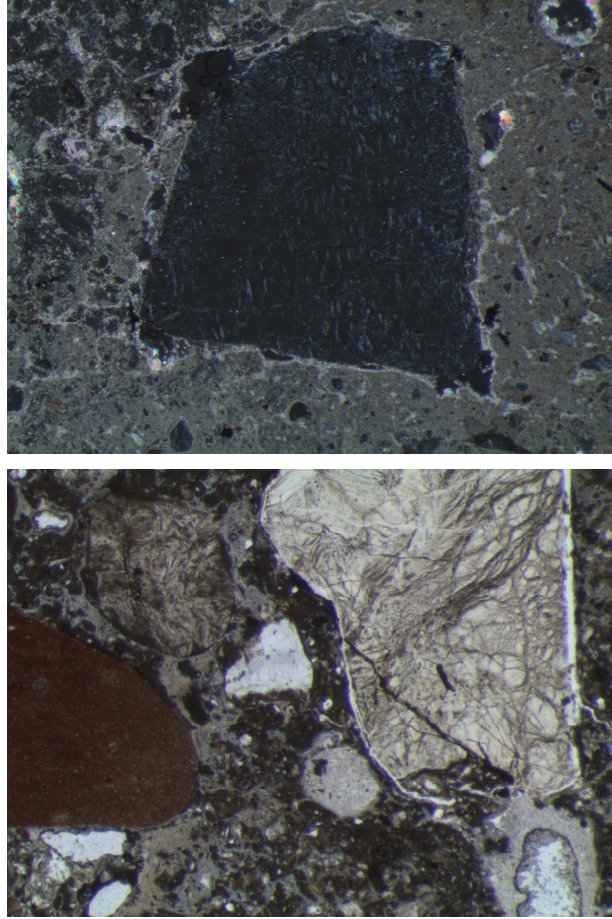
Toprak/paleotoprak oluşumlarında gelişen yapılara pedo-yapılar (toprak yapıları) denir ve toprak oluşumu ile ilgili bilgiler taşır. Bunlardan en önemlisi mikroyapıdır. Bir diğer ped-yapısı ise kil boyaması, kil topağı ya da kutan olarak adlandırılan yapılardır. Karahamzalı istifinde kutanlar kil toplulukları olarak fark edilmiştir (Şekil 5.10).



Şekil 4.10. Kil kutanı.

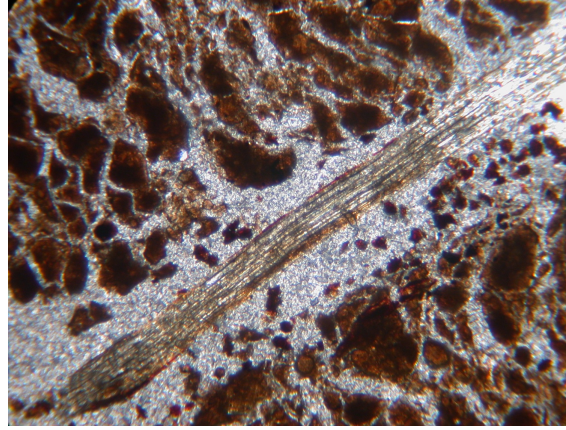
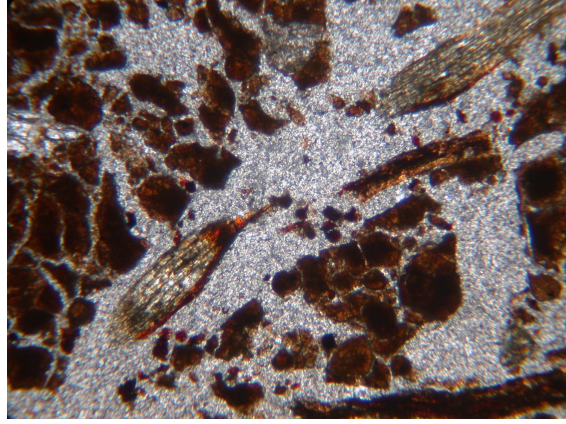
Diğer bir pedo-yapı ise matriks içerisinde yüzen tanelerdir (Tucker, 1991). Bunlar flüviyal kaynaktan taşınan mineral ve kaya parçalarıdır (Şekil 4.11). Bu taneler genellikle kuvars ve

feldspat mineralleri ile volkanik orijine sahip kaya parçaları, çörtler, klastik sedimentler parçalar, bazalt ve metamorfik kaya kırıntılarından oluşmaktadır.



Şekil 4.11. a) Feldspat kırıntısının matriks içerisinde görüntüsü, b) feldspat, kuvars, andezit kırıntılarının matriks içerisindeki görüntüsü.

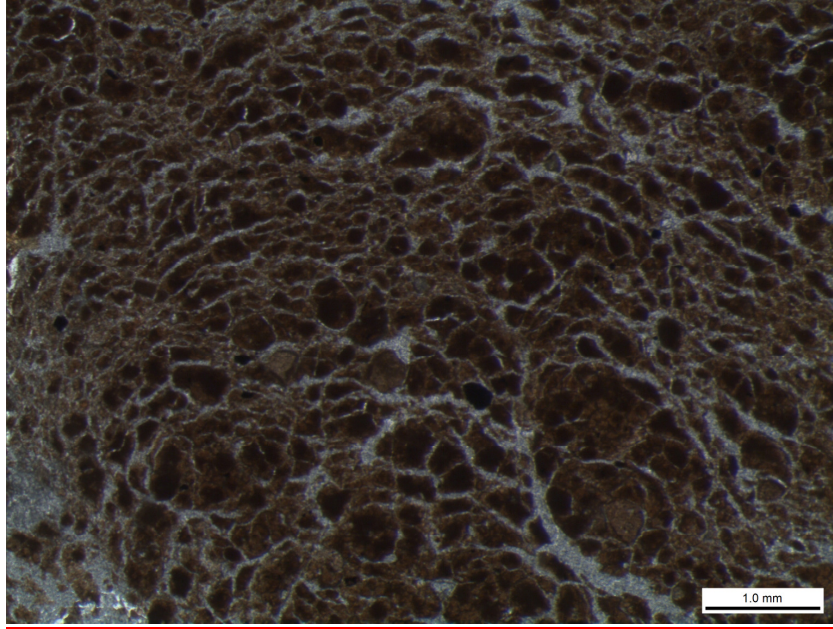
Paleosollerin tanımlanmasında kolaylık sağlayan bir diğer parametre ise kök kalıntılarının bulunmasıdır. Kökler, faunal boşluklar içerisinde bulunabilen kalıntıları ile fark edilirler. Karahamzalı paleosollerinde de kök kalıntıları bulunmuştur (Şekil 4.12). Ancak bulunan bu kalıntıların el örneklerinden çıkartılması mümkün olmadığından yaşlandırma için kullanılmaya elverişli değildir.



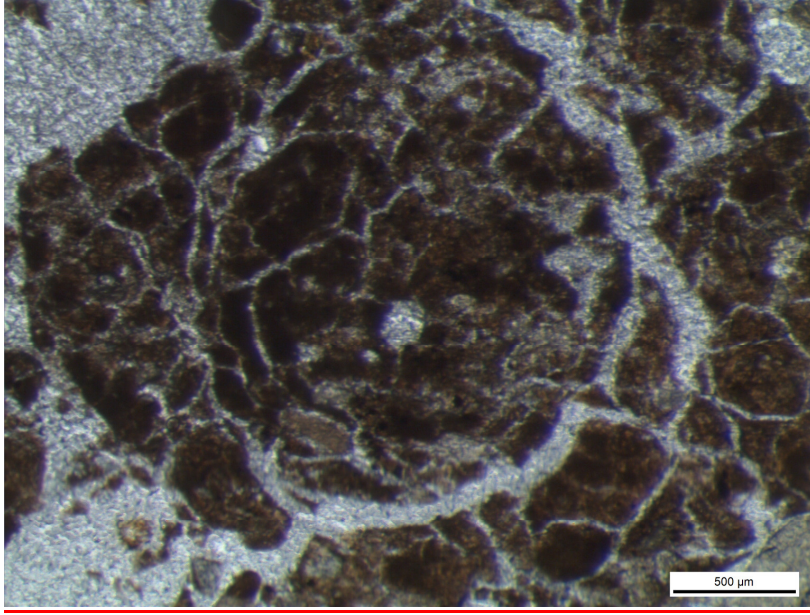
Şekil 4.12. Karahamzalı istifinde a) bitki kökünün paleosol içerisinde bozulmuş halinin görüntüsü, b) kök yapısının korunmuş hali ile paleosol içerisindeki görüntüsü.

Paleosoller ve kalışler için önemli bir diğer bulgu ise karbonat uzanımları ve boyamalarıdır. Bunların Karahamzalı istifinde bulunması kalışlerin pedojenik kökene sahip olduğu bulgusunu güçlendirmektedir. Matriks içerisinde yüzen kırıntıların, boşlukların ve nodüllerin etrafını çevreleyen ikincil karbonat oluşumları pedojenez ile oluştuklarını gösteren diğer bir kanıttır. Ayrıca U-şekilli faunal boşlukların varlığı eski biyolojik varlıkları işaret etmektedir. Tucker (1991) sınıflandırmasında bu bulgular kalışlerin beta-kaliş olarak tanımlanmasını sağlamaktadır.

Şişen killerin paleosoller içerisindeki varlıkları ise paleosol yapısında dom-şeklindeki tahribatlar ile fark edilmiştir (Şekil 4.13). Yarı-köşeli pedlerin arasında sferik yapılar görülmüştür (Şekil 4.14). Bu yapılar paleosollerin olgunluğunu yansıtmaktadır.



Şekil 4.13. Kil şişme özelliği ile dom yapısının oluşması.



Şekil 4.14. Paleosollerde sferik yapı görüntüsü.

4.2. İncek, Dodurga, Çiğdem, ODTÜ Örnekleri

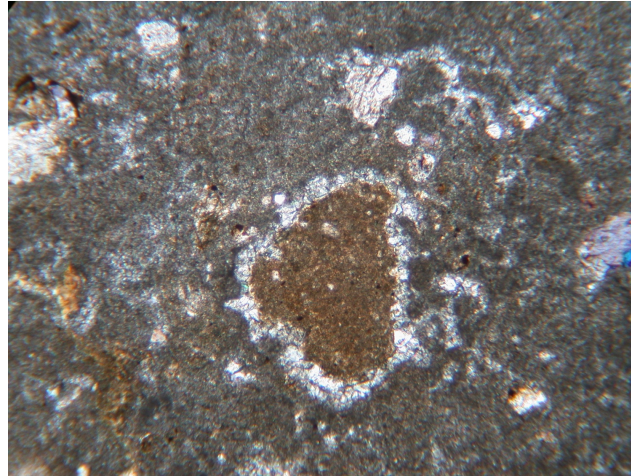
Bu örnekler farklı alanlardan alınmıştır. Çoğunlukla arazi koşulları ve oluşumları nedeni ile profil gelişimi gösterememiş örnekler olduklarından çoğunlukla kalış seviyeleri örneklenmiştir. Bu alanlarda örnekleme yapmaktaki ilk amaç diğer istiflerle karşılaştırmak, referans materyal bulmak ve farklılıkları irdelemektir.

Bu alanlar içerisinde ilk örneklenen İncek alanıdır. Çok ince paleosol ve olgunlaşmamış-pekişmemiş kalış gelişimi gösteren İncek sahasında örnekler ince kesit çalışmasına uygun olmadıklarından el örneklerinde yorum yapılmaya çalışılmıştır. Paleosoller yarı-köşeli ve köşeli bloklar halinde bulunup, kalışler karbonatça zengin ve çakılsız formda bulunmuşlardır. Kalışlerin üst sınırları geçişli olduğundan kapılar etkisinin kuvvetli olduğu düşünülmüştür.

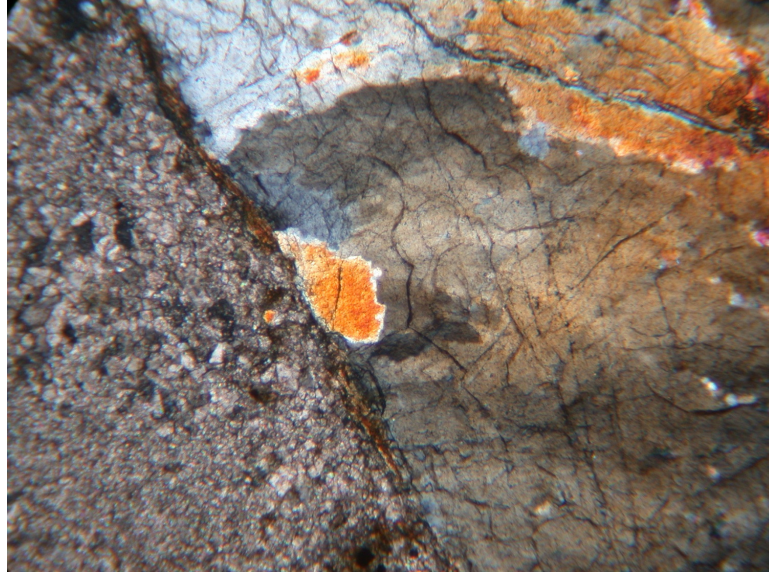
İkinci alan Dodurga'dır. Dodurga alanındaki kalışler Bala bölgesinde yer alan kalışlerle benzerlik göstermektedir. Çakıl içeriği nerdeyse hiç olmayan kalışlerde mikrosparitik çimento kırıntılarının ve boşlukların etrafını zarf halinde çevrelemiştir (Şekil 4.15). Matriks içerisinde yüzen mineral ve kaya parçaları da alfa-kalış tanımlamasına uymaktadır. Bu kaya parçaları genellikle şeyl, çörtü, silt taşı ve metamorfik kökenli parçalardır. Kaya parçalarının yarı köşeli şekillerde bulunması kaynaklarının çok da uzak olmadığını göstermektedir. Ancak mineral fragmanları

köşeli yapıları ile kaynaklarının depolanma alanlarına yakın olduğunu işaret etmektedir. Çimento malzemesi prizmatik ve sivri köşeli yapısı ile köpek dişi çimentoyu anımsatmakta ve vadoz ortamda depolanma ihtimalini kuvvetlendirmektedir.

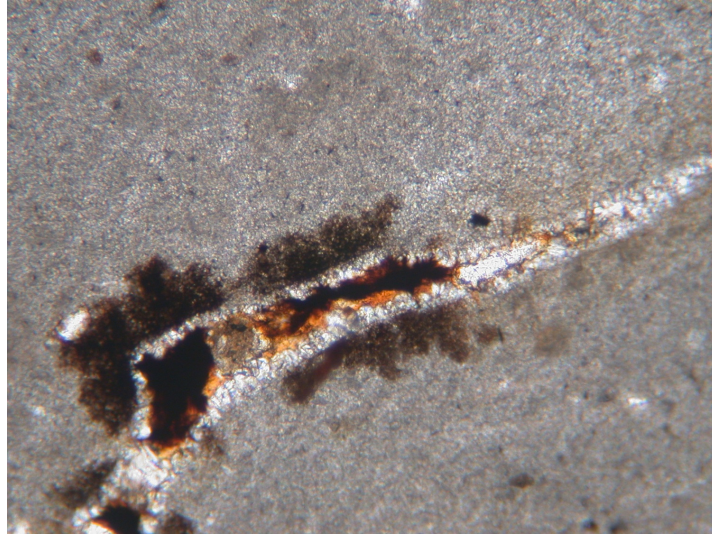
Kil topaklanması ya da kutanlar Dodurga alanında bulunan kalışlerde fark edilmiştir. Pedojenik kalışler için ayırt edici parametre olarak kullanılan kutanlar Dodurga da bulunan kalışlerde sıklıkla gözlenmiştir (Şekil 4.16). Elongated boşlukların çeperleri spar kalsitlerle ve yer yer organik kalıntılarla çevrelenmiştir (Şekil 4.17). MnO₂ boyamaları boşlukların dış yüzeylerinde çevreleme yaparken ıslak-nemli bir toprak oluşum sürecini yansıtmaktadırlar. Bu oluşum boşluk-içi süregelen kil-kutanı oluşumu ile devam etmiştir. Buna bağlı olarak öncelikle kalsit zarfının oluşması, arkasından organik materyal üzerinde kil kutanının oluşması ve de MnO₂ dendritik formda yapılanması nemli-kurak iklimsel döngülerin toprak oluşum sürecinde süregeldiğini yansıtmaktadır. Bazı boşluklarda ikincil silikaların oluşması (kalsedon) (Şekil 4.18) yarı-kurak iklimsel koşulların hüküm sürdüğünü göstermiştir (FitzPatrick, 1993).



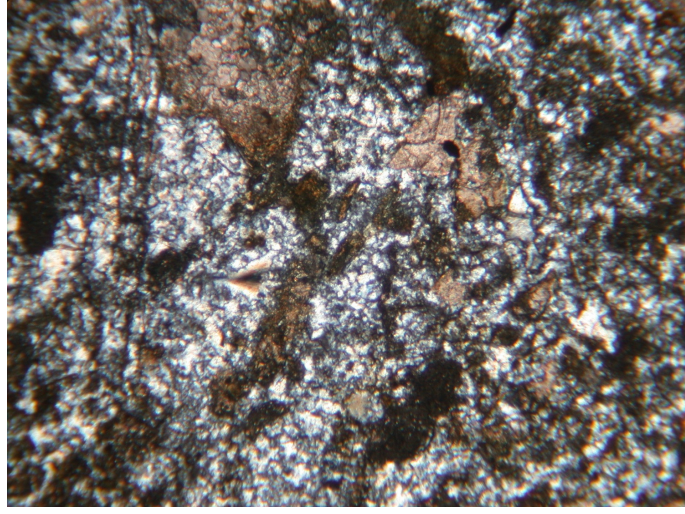
Şekil 4.15. Dodurga alanına kalışlerin genel görünümü.



Şekil 4.16. Dodurga kalışlerinde polikristalen kuvars ve kaya fragmanı arasında oluşan kil kutanı.

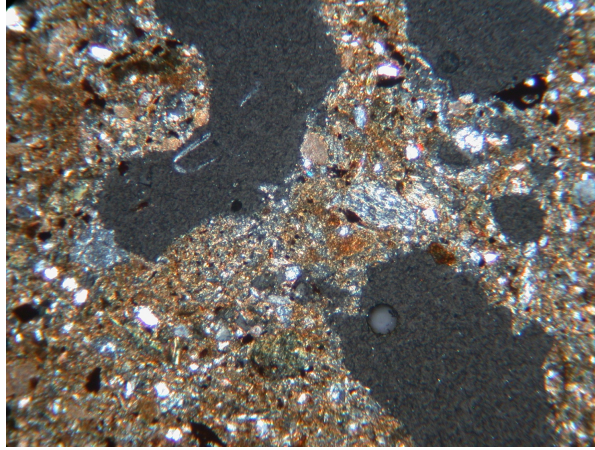


Şekil 4.17. İnce-uzun boşluk içerisinde organik kalıntı ve kil kutanı ile dış çeverde MnO₂ dendritik yapılanması.

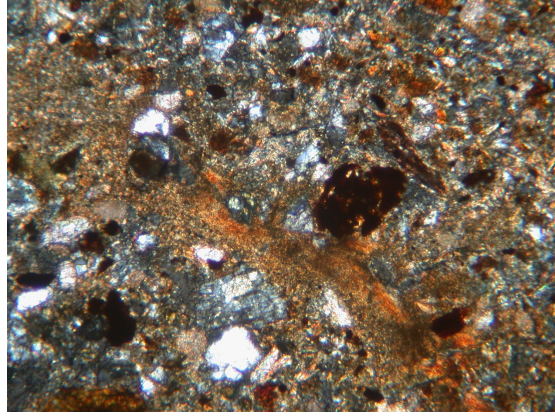


Şekil 4.18. Boşluk içerisinde gelişmiş ikincil kalsedon oluşumu.

Dodurga alanında kalışlar genellikle silt taşları içerisinde bulunmaktadırlar. Kuvars, feldspat ve opak mineralleri silt taşları içerisinde yer alan kırıntılardır. Bu silttaşları içerisinde ikincil vermiform kaolinit oluşumları fark edilmiştir (Şekil 4.19). Bu oluşumlar toprak gelişim sürecinde nemli ve ıslak dönemlerin varlığını işaret etmektedir. Aynı zamanda silt taşı matrisi içerisinde mikritik kalsit ve demir oksit çimentoyu oluşturmuş aynı zamanda akil kutanı gelişimi görülmüştür (Şekil 4.20)

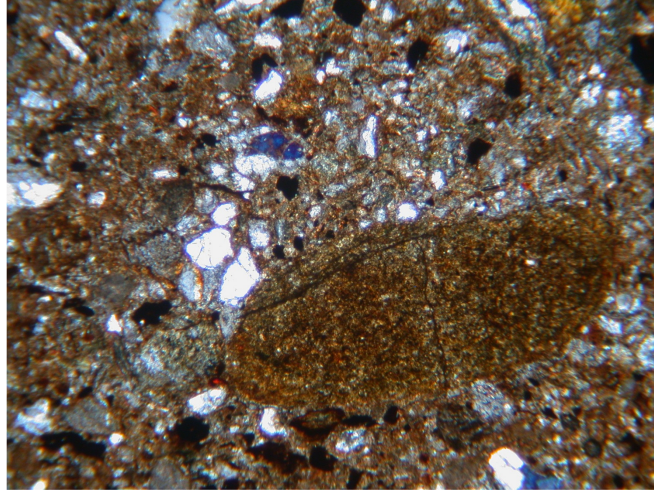


Şekil 4.19. Silt taşı içerisinde vermiform kaolinit oluşumu.



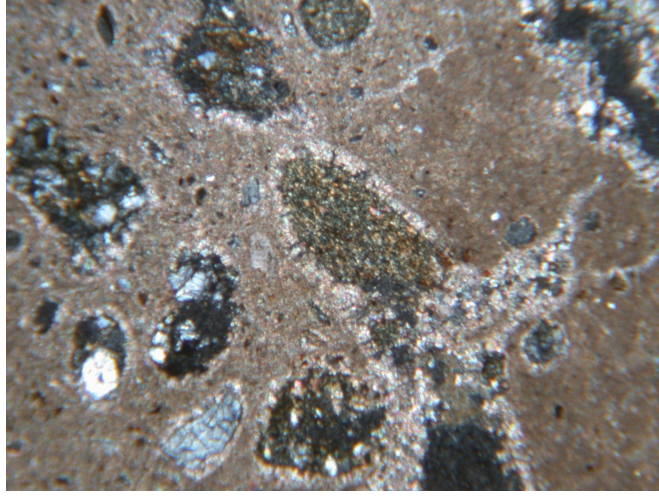
Şekil 4.20. Silt taşında kil kutanı gelişimi.

Silt taşlarında kaya parçaları da görülmüştür (Şekil 4.21). İnce taneli kırıntılı kaya parçaları yuvarlanmış köşeleri ile uzak kaynağı belirtirken, mineral fragmanları yarı köşeli ve köşeli yapıları ile kaynaklarının depolanma alanına yakın olduğunu göstermektedirler (Şekil 4.21).



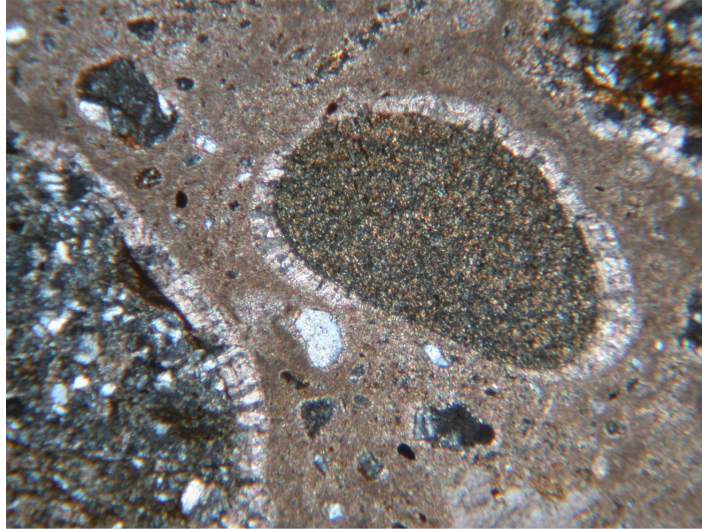
Şekil 4.21. Silt taşı içerisinde yer alan mineral ve kaya parçaları, matriks ve çimento ilişkisi.

Çiğdem, bir diğer örnekleme alanı olarak çalışılmıştır. Burada paleosoller kırmızımsı renkte olup kalış seviyeleri içermektedirler. Kalışlar homojen yapıda çakıl içeriği zayıf şekillerde bulunmuştur. Bu yapıları ile Bala ve Dodurga alanlarında bulunan kalışlarla benzerlik göstermektedirler. Mikritik kalsit ile yoğun olarak çimentolanmış olan kalışlar içerisinde yüzen taneler bulunmaktadır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. a) Mikritik kalsit çimentosu b) matriks içerisinde yüzen taneler.

Fragmanları ve boşlukları çevreleyen kalsit zarfları Çiğdem alanında farklı bir yapı sergilemiştir. Burada uzun, prizmatik, bıçağımsı ve fibrous yapılarda görülen kalsit kristalleri vadoz zonda oluşumu işaret etmektedir (Şekil 4.23).



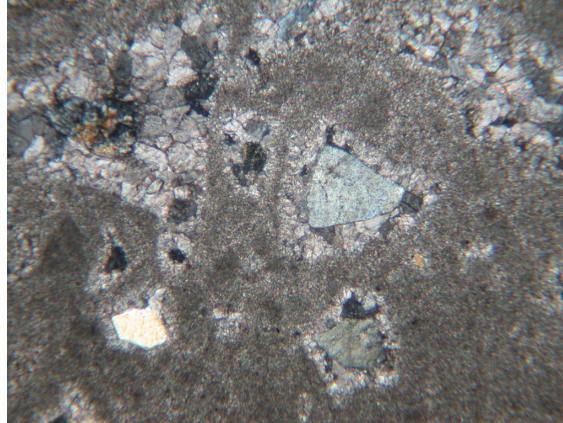
Şekil 4.23. Kaya fragmanlarını çevreleyen kalsit zarflarının iğnemsiz uzun prizmatik yapısı.

4.3. Bala Örnekleri

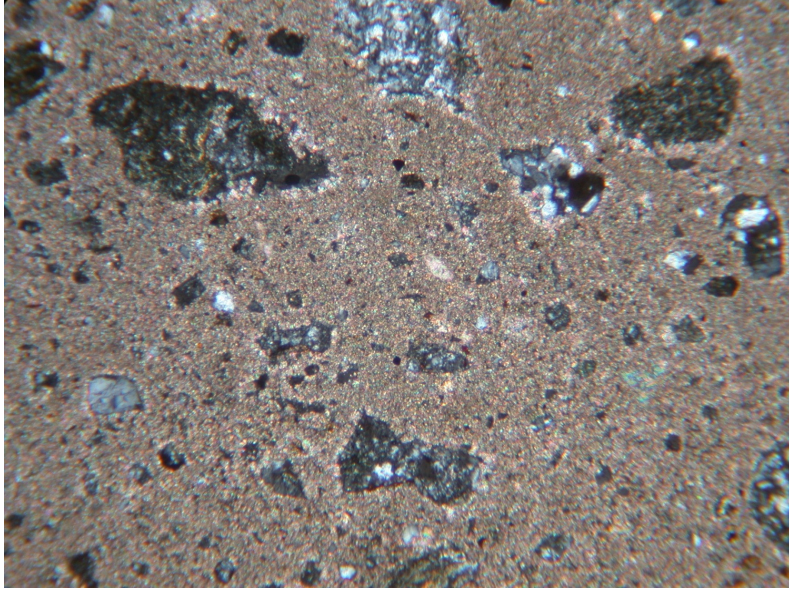
Bala istifinden alınan örnekler diğer örneklerle göre ince kesit hazırlama aşamasında dayanım gösterememiş bu nedenle az sayıda kesit ile çalışılmıştır. Bala istifinden alınan kalış örnekleri homojen yapıları ve az gözenekli dokuları ile Karahamzalı istifindeki kalışlardan farklıdır. Bala istifinde yer alan kalışların yumru formları Karahamzalı yumru kalışlarından daha büyük yapıdadır. Kalışların karbonat içerikleri kalsittir. Bala istifinde gerçekleştirilen sondaj çalışması neticesinde paleosol içerisinde bir tek kalış seviyesine rastlanmıştır. Yüzeyde görülen paleosoller içerisindeki kalışlar ise istifin üst kısımlarına doğru daha sık görülmüştür.

Bala istifinde paleosoller yarı-köşeli blok ve blok yapısı sergilemektedirler. Kalsitler fragmanlar çevresinde zarf halinde görülmekte, köpek dişi çimento niteliğinde vadoz zonda oluşumu simgelemektedir. Mikrospartik çimento ile bağlanmış fragmanlar yarı-köşeli ve köşeli yapıdadır. Faunal boşluklar, alveolar yapı, gözenekleri ve fragmanları çevreleyen ikincil kalsitler, matriks içerisinde yüzen taneler gibi özellikler ile Bala kalışları hem alfa hem de beta kalış olarak sınıflandırılabilir.

Mangan dioksitin varlığı hem petrografik hem de jeokimya analizleri ile tesbit edilmiştir. Manganın varlığı nemli iklim koşullarının varlığını işaret etmektedir. Demir oksit boyamaları ve kil kutanlarının varlığı ise ortamda yağışlı dönemlerin kurak dönemlerle aralanma gösterdiğini ifade etmektedir.



Şekil 4.24. Kalışın genel görüntüsü.



Şekil 4.25. Kalış içerisinde kalsit zarfları, faunal boşluklar, fragmanlar ve çimento görüntüsü.

5. SEDİMENTOLOJİK ANALİZLER

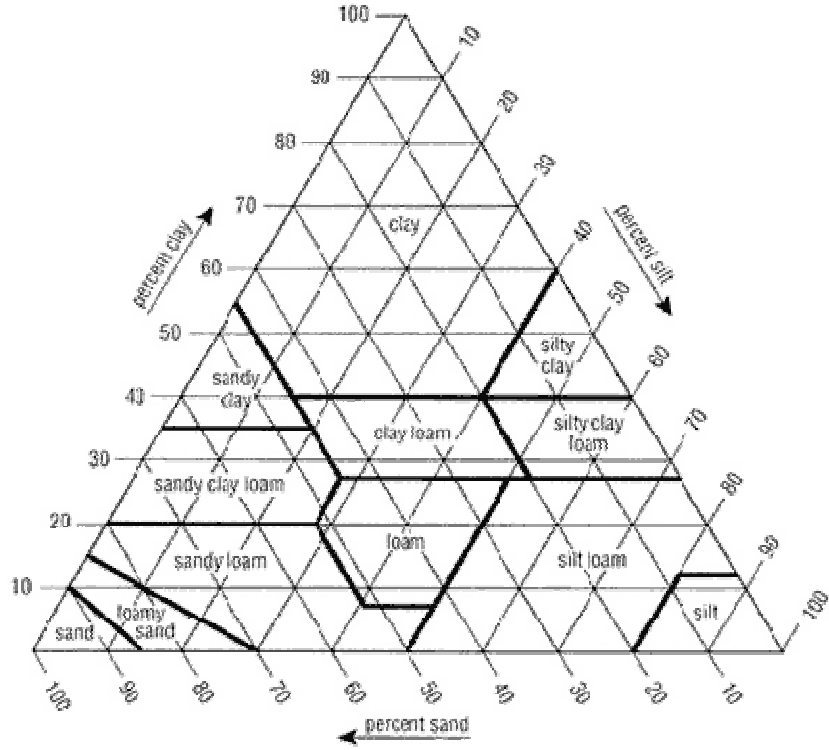
Sedimentolojik analizler proje önerisinde belirtilmiştir. Proje çalışma dönemleri içerisinde miktarlarına ve uygunluklarına bağlı olarak sedimentolojik analizler için örnekler seçilmiştir. Seçilen örneklerde gerçekleştirilen parçacık boyutu dağılımı analizleri sonucu Tablo 5.1’de verilmiştir.

Parçacık dağılımında kil-silt ve kum boyutu USDA’nın üçgen grafiğine çizilerek PDB sınıflandırması elde edilmiştir (Şekil 5.1). Karahamzalı istifinde tane dağılımı büyük taneden küçük taneye doğru istifin üst seviyelerine doğru değişim göstermektedir. İstifin alt seviyelerinde tın, siltli tın, istifin ortalarında siltli tın dan killi tına geçiş ve istifin üst seviyelerinde kil miktarındaki artış ile kil boyutundaki baskınlık artmıştır (Tablo 5.1).

Bala istifinde yapılan analizler Tablo 5.2’de verilmiştir. Buna göre Karahamzalı ve Bala istiflerinde gözlenen paleosol çeşitleri Paleo-Calcişol ve Paleo-Cambisol olarak verilebilir. Morfolojik özellikleri ve kil mineral içerikleri de tablolarda verilmiştir. Bu içerikler karşılaştırıldığında istiflerin aynı karakterlere sahip olduğu görülmüştür.

Tablo 5.1. Örnek miktarı uygun olan örneklerde yapılan parçacık boyutu dağılımı: PBD: L-loam-tın, C-clay-kil, SL-sandy loam-kumlu tın, CL-clayey loam-killi tın (Uluslar arası parçacık boyutu dağılımı).

Örnek	%Kil	%Silt	%Kum	Pbd Sınıfı
D1	19.7	30.4	49.9	L
D1-A	36.2	33.5	30.3	CL
D1-B	27.9	33.5	38.6	CL
D2	18.7	30.4	50.9	L
D-2A	17.6	23.2	59.2	SL
A5	19.7	17.0	63.3	SL
A7	25.9	36.6	37.5	L
A14	15.6	21.1	63.3	SL
U1	36.2	31.4	32.4	CL
U4	5.3	20.1	74.6	SL
U8	34.1	23.2	42.7	CL
U11	42.4	39.7	17.9	C



Şekil 5.1. Toprak sınıflandırma grafiği (USDA).

Tablo 5.2. Karahamzalı istifinde toprak analizleri sonuçları.

No	Örnek Çeşidi	Renk	Morfoloji	Kil Mineralleri	Palesol Çeşidi	% CaCO ₃ (Soğuk)			% CaCO ₃ (Sıcak)			% Org. Madde	pH	Tuz
A1	Kaliş +Toprak	7.5YR7/3 donuk portakal	iri prizmatik – yarı köşeli blok	S,K, P/I, C	Paleo-Calcisol/Cambisol toprağının Bw horizonu-üst toprak Erozyonla taşınmış	5,4	5,6	6	20,6	20,6	20,6	0,216	7,87	0,47
A2	Kaliş altındaki toprak	5YR4/3-donuk kırmızımsı kahverengi	Yapı: iri prizmatik-yarı köşeli blok	S, C, P/I, K	Paleo (eski)-Cambisol toprağının Bw horizonu-üst horizon Erozyonla taşınmış	1,1	1,1	1,1	4,1	4	4,2	0,095	7,86	0,38
A3	Ofiyolitsiz kaliş	5YR7/2-açık kahverengimsi gri		S, C, P, K		18,6	18,6	18,6	31,7	31,7	31	0,443	7,75	0,3
A4+ A5	ofiyolitli çakıllı kaliş ve toprak materyali	5YR8/2-açık gri ve 5YR7/2-açık kahverengi gri	Yapı: iri prizmatik - yarı köşeli blok PBD: SL	S, P, K (A4), S, K, P/I C (A5)	Paleo-Calcisol/Cambisol toprağının Bw horizonu-üst horizon Erozyonla taşınmış	15,9	15	15,2	37,3	37	37,6	0,428	7,91	0,48
A6	geçişli sınırlı olduğu için birlikte örneklendi, Kaliş* (ve toprak materyali-toprak profili)	5YR6/2-gri kahverengi	Yapı: iri prizmatik-yarı köşeli blok	S, K, C, I/P	Paleo-Calcisol/Cambisol toprağının Bw horizonu, üst toprak erozyonla taşınmış	34,9	34	34,2	46	46	46,3	0,616	8,1	0,3
A7	Kaliş ve toprak materyali	5YR6/3-donuk portakal	Yapı: iri prizmatik-yarı köşeli Blok PBD: L	S, C, I/P, K	Paleo-Cambisol toprağının Bw horizonu-üst horizon Erozyonla taşınmış	1,1	1,1	1,1	2,4	2,4	2,4	0,105	7,87	0,28
A14	Toprak	5YR6/3-donuk portakal	PBD: SL	S, C, P/I, K	Paleo-Cambisol, üst toprağı erozyonla taşınmış	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	0,115	7,64	0,28
A15	A14' ün Kalişi			S, C, P, K		17,5	17	17,5	29,4	29,6	29	0,346	8	0,33

No	Örnek Çeşidi	Renk	Morfoloji	Kil Mineralleri	Palesol Çeşidi	% CaCO ₃ (Soğuk)			% CaCO ₃ (Sıcak)			% Org. Madde	pH	Tuz
U1	Toprak materyali/toprak	2.5YR3/3-koyu kırmızımsı kahverengi; kireçsiz	Yapı: iri prizmatik-yarı köşeli blok PDB-CL	S, C, P, K, I	Paleo-Cambisol toprağının Bw horizonu, yüzey toprağı erozyonla taşınmış	1,6	1,6	1,3	3,2	3,2	3	0,385	7,49	0,31
U2	U1'in kalışı (Masif kalış)	5YR7/2-açık kahverengimsi gri	P, S, C, K, I			47,6	47	47,5	60,3	60,3	61	0,346	8,1	0,48
U3	Toprak materyali/toprak	2.5YR3/4-donuk kırmızımsı kahverengi	Yapı: yarı köşeli blok	P, C, K	Paleo-Cambisol toprağının Bw horizonu, yüzey horizonu erozyonla taşınmıştır	1,6	1,6	1,6	2,2	2,2	2	0,072	7,72	0,3
U4	Konglomera-Kumtaşı		PBD: SL	S, K, I		3,2	3,2	3	3,2	3,2	3,2	0,134	7,8	0,22
U5	Çakıllı ofiyolitli masif kalış	7.5YR8/2-açık gri		S, I/P, K		2,1	2,1	2,1	7,1	7	7,1	0,404	7,87	0,38
U6	U5'in kalışli toprağı (Masif kalış katmanlı toprak)	7.5YR8/2-açık gri	Yapı: yarı köşeli blok	S, C, I, K	Paleo-Calcisol/Cambisol toprağının Bw horizonu, yüzey horizonu erozyonla taşınmıştır	14,1	14	14,2	35,7	35	35,2	0,635	7,9	0,42
U7	Konglomeratik kalış ve altında yer alan toprağı	5YR6/3-donuk portakal	Yapı: Orta büyüklükte yarı köşeli blok	S, P/I, K	Paleo-Calcisol/Cambisol toprağının Bw horizonu, yüzeyi taşınmış	16,7	16	16	31,7	31	31,2	0,34	8	0,23
U8	U9'un toprağı	5YR6/3-donuk portakal	Yapı: iri prizmatik PBD: CL	S, P/I, K	Paleo-Calcisol/Cambisol toprağının Bw horizonu, yüzeyi taşınmış									

No	Örnek Çeşidi	Renk	Morfoloji	Kil Mineralleri	Palesol Çeşidi	% CaCO ₃ (Soğuk)			% CaCO ₃ (Sıcak)			% Org. Madde	pH	Tuz	
U9	U8'in üzerinde yer alan Masif kalış ve sığ toprağı, U8'in toprağıyla aynı özellikleri içeriyor	5YR6/3-donuk portakal		S, P/I, K											
U10 ve U11	travertenleşme gösteren kalış ve toprağı Üstte yer alan U11 toprak horizonu	2.5YR4/4-donuk kırmızımsı kahverengi ile 5YR4/4-donuk kırmızımsı kahverengi;	Yapı: yarı köşeli blok-granüler PBD: C	P, S, K (U10), S, P, K (U11)	Paleo-Cambisol toprağının A/Bw horizonu, üst toprağın bir bölümü taşınmış	4,8	4,8	4,8	2,2	2,2	2,1	0,39	7,84	0,25	
U12	Pekişmemiş konglomeratik Kalış ve toprağı	7.5YR7/3-donuk portakal	Yapı: zayıf-orta köşeli blok ve iri granüler	: C, S, I, K	(kalış arasındaki boşluklarda oluşan toprak materyali)	1,6	1,6	1,8	2,2	2,2	2,2	0,24	7,9	0,31	
U13	U12'nin üzerinde oluşmuş/yer alan toprak: developed/overlyin g soil on U13	5YR5/3-donuk kırmızımsı kahverengi	Yapı: orta-orta yarı köşeli blok ve iri granüler;	S, I, K	Paleo-Cambisol'ün A?/Bw-'Cambic B horizon' horizonu, taşınma orta düzeyde										
U14	Güncel yüzey toprağı	5YR4/3-5/3-donuk kırmızımsı kahverengi	Yapı: orta-orta yarı köşeli blok ve iri granüler		Paleo-Cambisol'ün A?/Bw horizonu, taşınma orta düzeyde	3,2	3,2	3,2	4,8	4	4,8	0,688	8,16	0,35	

Tablo 5.3. Bala istifinde toprak analizleri sonuçları.

No	Örnek Çeşidi	Renk	Morfoloji	Kil Mineralleri	Palesol Çeşidi
B1	Toprak	5YR6/3	yarı köşeli blok	S,C,P,K,I	Paleo-Cambisol
B2	Toprak	5YR5/3	yarı köşeli blok	S,C,P,K,I	Paleo-Calcisol-Cambisol
B4	Toprak		blok	S,C,P,K,I	Paleo-Calcisol-Cambisol
B5	Toprak	5YR7/2	yarı köşeli blok	S,C,P,K,I	Paleo-Calcisol-Cambisol
B10	Toprak	5YR6/3	yarı köşeli	S,C,P,K,I	Paleo-Cambisol
BC	Toprak+Kaliş	2.5YR 4/4	blok-granular	S,P,K,I	Paleo-Calcisol
B14	Toprak	7.5YR 7/3	blok	S,C,P,K,I	Paleo-Cambisol
B15	Çakıl+Toprak	5YR 6/6		S,K	Paleo-Cambisol
B16	Çakıllı seviye+Toprak			S,P,K,I	Paleo-Cambisol
B17	Çakıllı seviye			S,C,P,K,I	

6. JEOKİMYA

Arazi çalışmalarından elde edilen örneklerde seçilenler tüm kaya jeokimya analizine tabi tutulmak üzere hazırlanmıştır. Örnekler homojen hale getirilip analiz edilmiştir. Metodoloji kısmında da anlatıldığı gibi ICP-MS ve ICP-AES yöntemleri ile analiz edilen örneklerde major oksit miktarları % olarak, iz element miktarları ise ppm olarak ifade edilmiştir. Analizler ACME Kanada Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Paleosoller ve kalışlerin jeokimyasal özelliklerini tasvir etmek adına yapılan analizlerin sonuçları öncelikle derinliğe göre çizilmiş grafiklerle anlatılmış ve major ve iz element dağılımlarının derinliğe bağlı değişim çizelgeleri elde edilmiştir.

6.1. Karahamzalı İstifi'nin Jeokimyası

Majör elementlerin derinliğe göre değişimleri incelendiğinde kalış-paleosol araldanmasından kaynaklına zig-zag eğilim gözlenmiştir. Paleosol içerisinde artış gösteren elementin kalış içerisinde nadir olması ya da tersi durumlar söz konusu olduğundan derinliğe göre çizilen şekillerde zig-zag trend elde edilmiştir (Şekil 6.1).

Majör elementlerin derinliğe göre değişimleri dikkate alındığında Karahamzalı kesitinde paleosol-kalış örnek alımı nedeni ile zig zag davranış gözlenmiştir. Karahamzalı istifine genel bakıldığında SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , TiO_2 , MnO değerleri birbirlerine paralel davranış sergilemektedir. Kalış toprağında zenginleşen bu değerler kalışe gelindiğinde azalış göstermektedir. Diğer yandan MgO - CaO ve P_2O_5 değerleri de birbirlerine paralel diğer kation grubuna da zıt eğilim göstermektedir (Şekil 6.1).

Al bileşikleri normal pH ortamlarında çözünmez olduğundan ve alüminyumun büyük bir kısmı kil minerallerinin bünyesine girdiğinden, topraktaki Al_2O_3 miktarının göreceli olarak sabit kalması beklenmektedir (Birkeland, 1974). Karahamzalı istifinde Al_2O_3 değerlerinin 2.52%-10.96% arasında değiştiği, toprak örneklerinde zenginleşip kalış seviyelerinde azaldığı gözlenmiştir (Şekil 6.1).

SiO_2 kalış seviyelerinde azalma paleosol seviyelerinde artış göstermektedir. Düşük-orta dereceli süzülme-yıkanma ortamlarında SiO_2 toprakta korunabilmekte ancak güçlü süzülme-yıkanma ortamlarında ise topraktan uzaklaşmaktadır (Sposito, 1989). Karahamzalı istifinde SiO_2 değerleri 16.86% ile 51.55% arasında değişim göstermekte ve bu araldanmalı artış-azalış, ortamda düşük süzülme ile güçlü süzülme-yıkanma araldanmasını işaret etmektedir

(Şekil 6.1). CaO ise kalış olan seviyelerde MgO ile benzer davranış göstererek kalışların hem Ca hem de Mg içeriğinin olduğunu yansıtmıştır (Şekil 6.1). İstifin MgO değerlerine bakıldığında 6.33 - 20.34 arasında değiştiği gözlenmiştir ve bu değerlerin dolomit varlığını işaret ettiği söylenebilir. 2.48%-9.18% aralığında olan Fe₂O₃ değerlerindeki artış-azalış zig zagları da yine ortamdaki oksidasyon-reduksiyon ardalanmasını yansıtmaktadır .

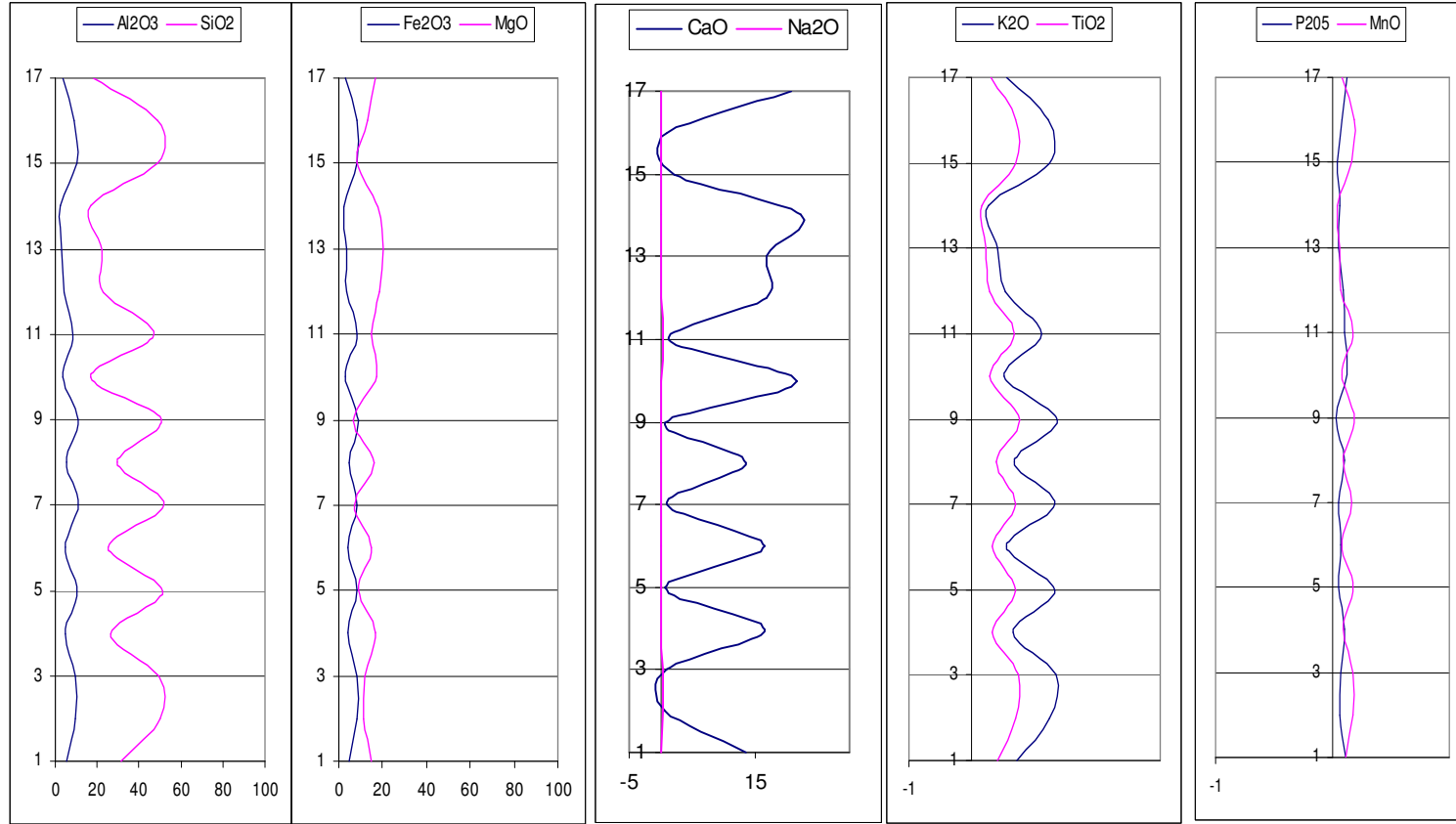
Gill ve Yemane (1996) da belirtildiği üzere, paleosol profillerinin jeokimyasal trendleri, kalsifikasyon ve tuzluluk sağlayan aşınma, süzülme-yıkanma, yer değiştirme ve kapılar süreçlerini yansıtır. Bu nedenle bu çalışmada paleosollerin jeokimyasal özellikleri çalışılmıştır.

Nesbitt ve Young (1982)'de kimyasal aşınmayı derecelendirmek için "kimyasal aşınma indeksi" (CIA) olarak verdikleri $Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O)*100$ oranının kullanılabilirliğini anlatmışlardır. Bu orana göre Karahamzalı istifinde kalış örneklerinin CIA değerleri 10.08-27.62 arasında değişirken toprak örneklerinin değerleri 73.42-82.97 arasındadır. (Şekil 6.2) Bu sonuçlara göre çizilen grafikten de anlaşıldığı üzere kalış ve toprak örneklerinin değerleri iki farklı alan oluşturmuş ve kimyasal aşınma değerlerinin toprakta yüksek olduğu, kalış de ise toprak örneklerine göre daha hafif olduğu gözlenmiştir. Şekil 6.2 de görüldüğü üzere CIA, CIA-K ve Mgl indeksleri birbirlerine paralel eğilim göstermişlerdir. Kalış seviyelerinde düşük olan aşınma/bozunma değerleri paleosol seviyelerinde artış göstermiştir.

Gill ve Yemane (1996) çalışmasında "göreceli killilik" tesbiti için Al_2O_3/SiO_2 oranının kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu oranlara bakılırsa istif boyunca killik 0.12-0.32 değerleri arasında değişim göstermektedir, bu da killiliğin profil boyunca sabit sayılabilecek derecede az değişim gösterdiğini vurgulamaktadır (Şekil 6.3). Kalsifikasyon ile karşılaştırıldığında, tuzluluk değerleri oldukça düşük bulunmuştur. Kalsifikasyon ise göreceli baz kaybı değerleri ile zıt trend çizmiştir. (Şekil 6.3).

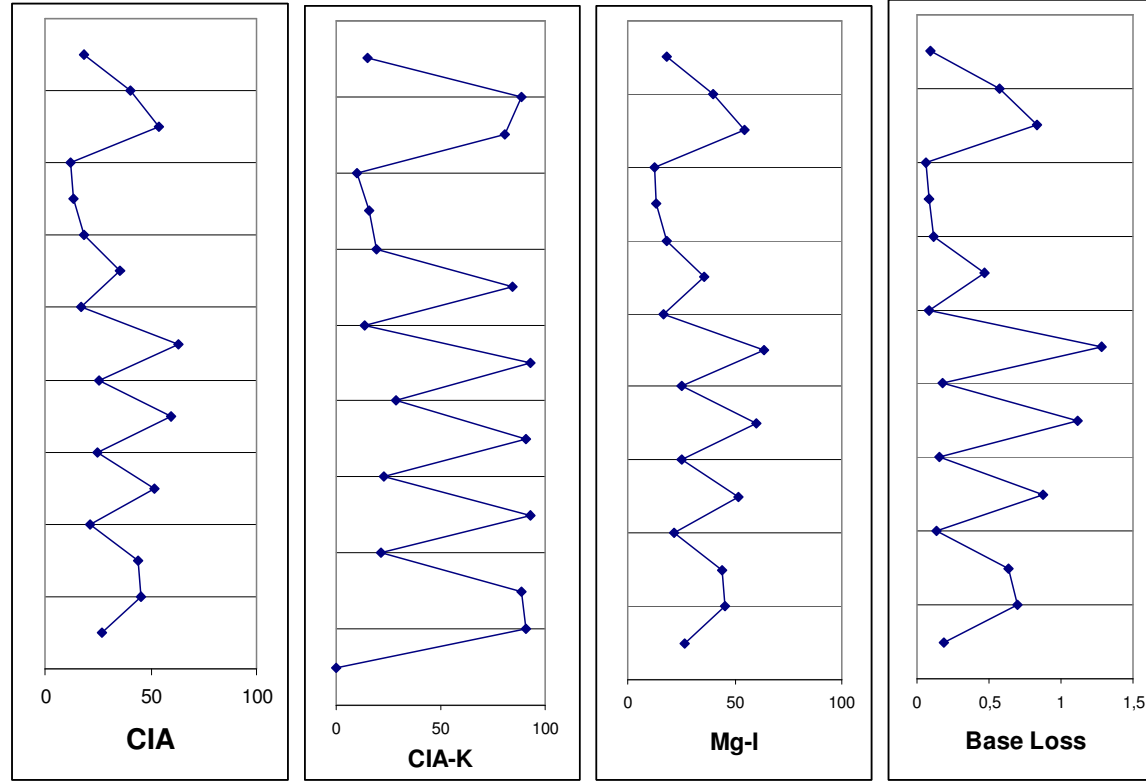
Kalsifikasyonun yüzeye doğru artışı kalış seviyelerinin sıklığı ile doğru orantılıdır. Tuzluluk değerinin yüzeye yakın yerlerde artış göstermesi ise evaporasyonun alanda etkili olduğunu tekrar işaret etmektedir.

İz elementlerin derinliğe göre istif boyunca gösterdikleri değişimler Şekil 6.4'te verilmiştir. Buna göre kalış ve paleosollerde gözlenen zig-zag eğilim iz elementlerde de görülmüştür.

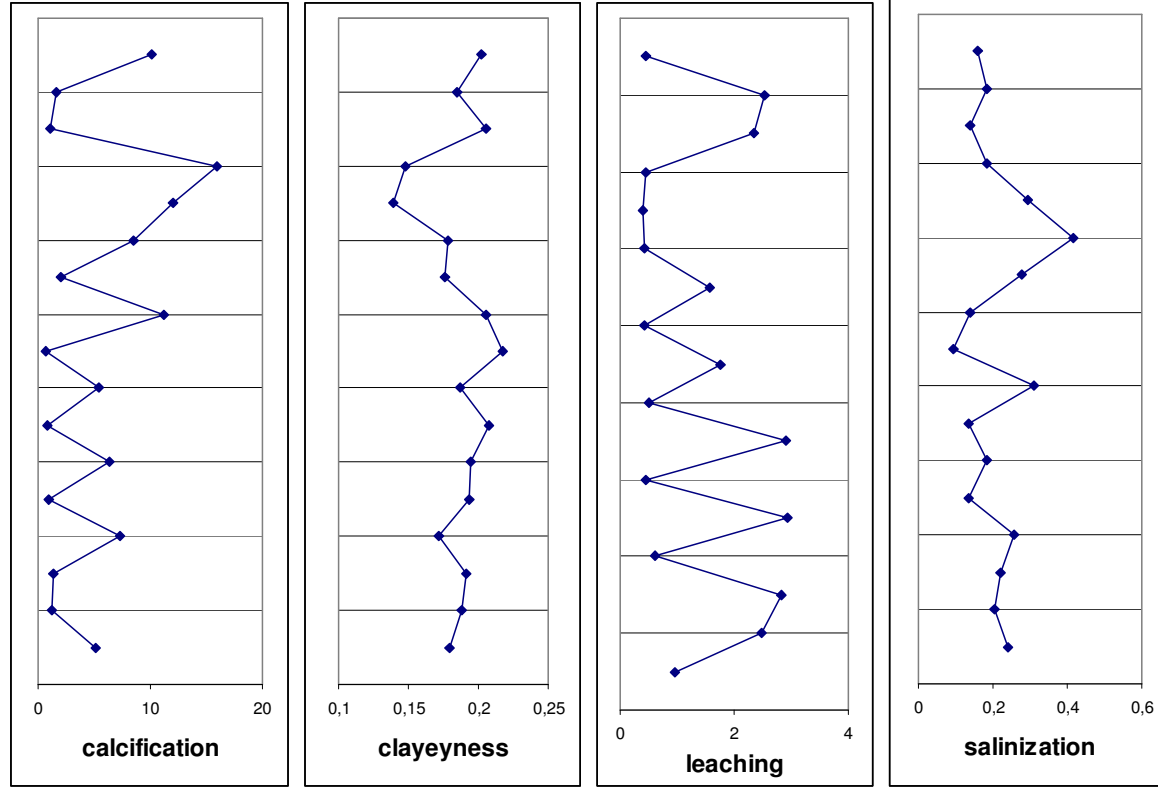


Şekil 6.1. Karahamzalı istifinde majör oksitlerin derinliğe göre değişimi.

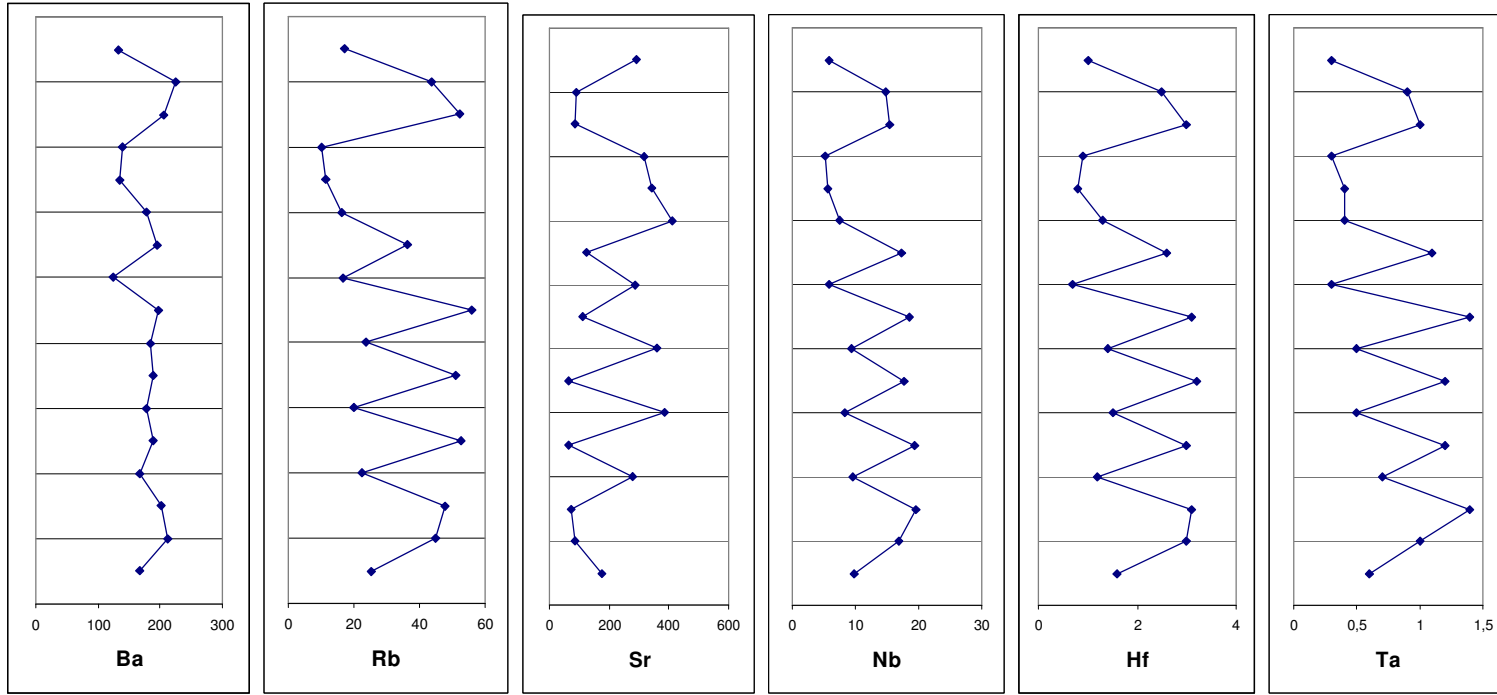
Şekil 6.2. Karahamzalı istifinde kimyasal bozunma değerlerinin derinliğe göre değişimleri.



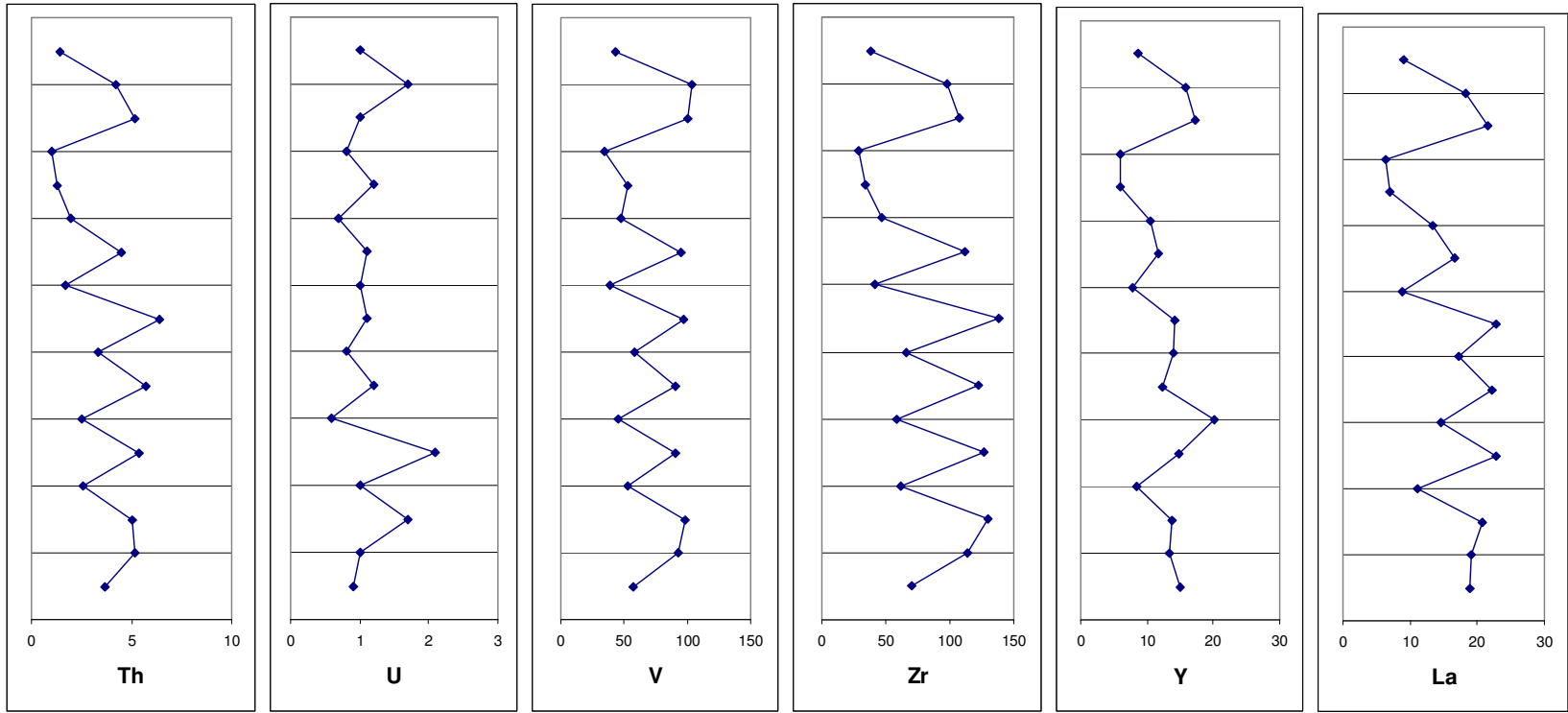
Şekil 6.3. Karahamzalı istifinde moleküler aşınma değerlerinin derinliğe göre değişimleri.



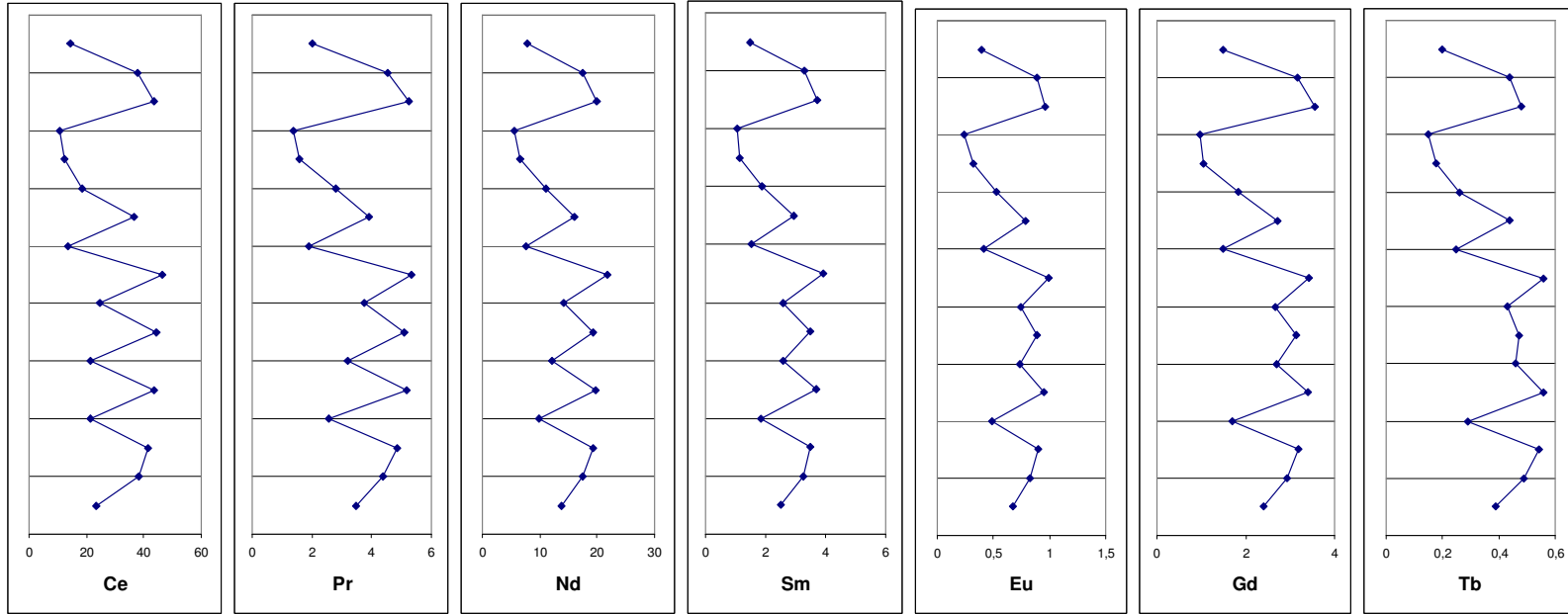
Şekil 6.4. Karahamzalı istifi nadir toprak elementlerinin derinliğe göre değişimleri.



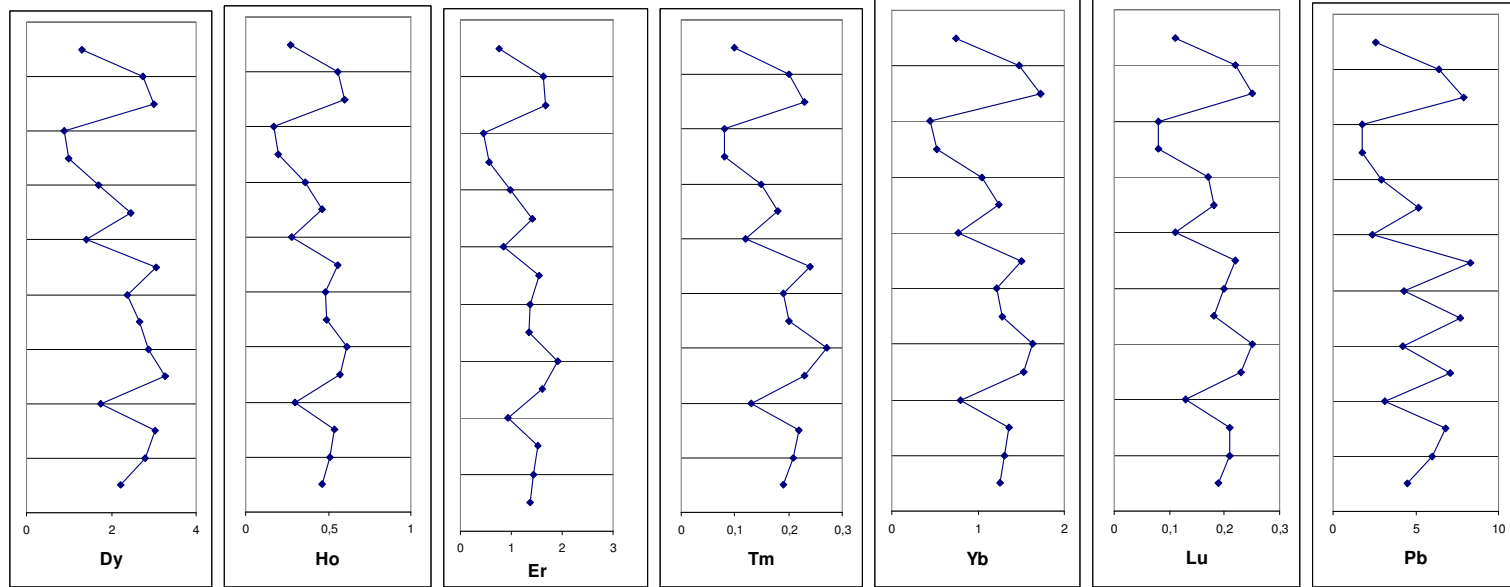
Şekil 6.4'ün devamı.



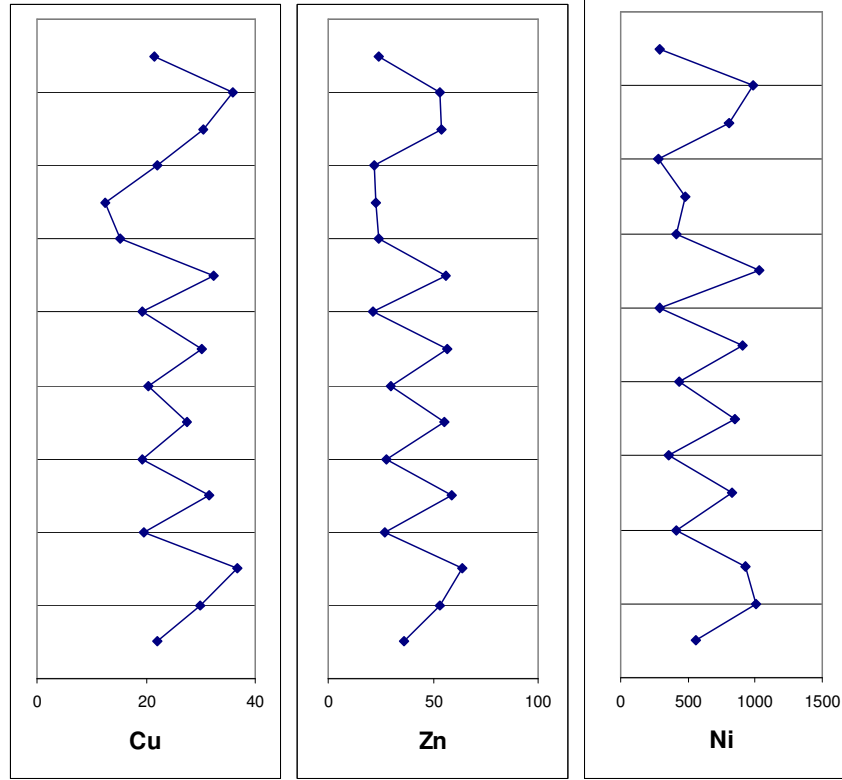
Şekil 6.4'ün devamı.



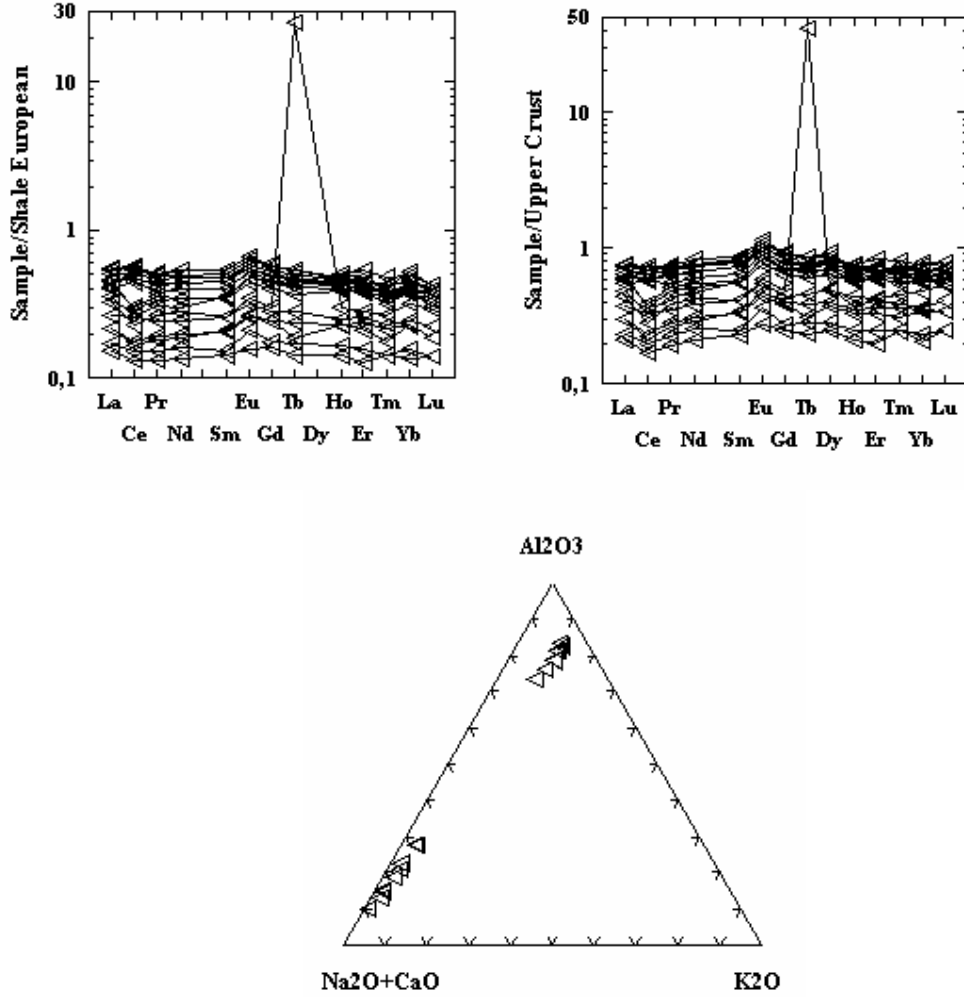
Şekil 6.4'ün devamı.



Şekil 6.4'ün devamı.



Nadir toprak elementleri şeyl Avrupa ve üst kabuğa göre normalize edildiğinde birbirinin hemen hemen aynısı olan grafikler ortaya çıkmıştır. Grafiklerde Dy elementinde pozitif anomali gösteren örneğin kontamine olduğu düşünülmektedir (Şekil 6.5). A-CN-K üçgen grafiğine bakıldığında ise aynı Bala örneklerinin sergilediği lineer davranış elde edilmiştir. Bu davranışlar iki istifinde benzer şekilde aşınma-bozuşma geçirdiğinin bir göstergesidir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Nadir toprak elementlerinin normalize grafikleri ve A-CN-K üçgen grafiği.

6.2. Bala İstifinin Jeokimyası

Bala kesitinden seçilen 18 adet örnek ACME laboratuvarlarından tüm kaya jeokimya analizlerinden geçmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

SiO₂ değerleri derinliğe göre çizildiğinde hemen hemen aynı değeri koruduğu görülmüş, sadece kalış seviyesinde SiO₂ değerinde bir azalma gözlenmiştir. SiO₂'nin sabit bir değere sahip olması kuvars ve kil minerallerinde yoğunlaştığını göstermektedir (Şekil 6.6).

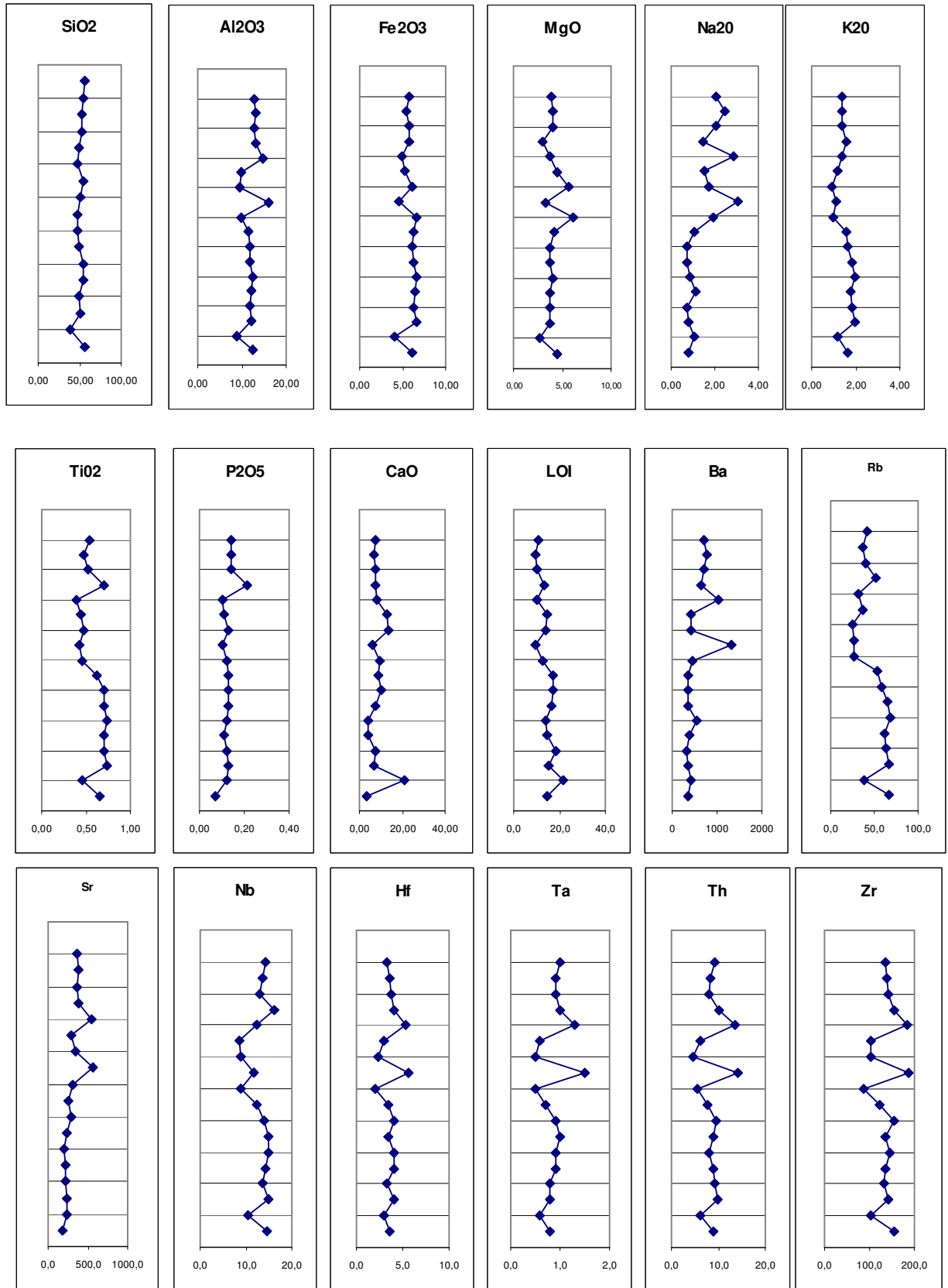
Aynı şekilde Al₂O₃ değerlikleri kolon boyunca hemen hemen sabit kalmıştır ve bu topraklarda tipik bir özelliktir. Al₂O₃ genellikle toprakta sabit değere sahip olur ve kil mineralleri içerisinde yoğunlaşır. MgO, MnO ve Fe₂O₃ değerleri birbirlerine paralel davranışlar çizerler. Bu örneklerde de bu özellik gözlenmiştir (Şekil 6.6).

Toprak profillerinde NaO ve K₂O değerleri aşınmanın etkisi ile değişim gösterebilirler. Çalışma kolonunda da özellikle NaO zigzag davranış gösterirken, K₂O değerleri ise yüzey seviyelerinde azalma göstermektedir. Rb değerleri K₂O değerlerine paralel davranışa sahiptir (Şekil 6.6).

P₂O₅ değeri kolon boyunca hemen hemen sabit kalırken, yüzeye yakın seviyelerden birinde artış göstermektedir. Bu seviyede organik madde olma ihtimalinin diğer seviyelere göre daha yüksek olduğunu göstermektedir (Şekil 6.6).

CaO değerleri kolon boyunca yüzeye doğru artış gösteren bir dağılım göstermektedir. Bu da arazide gözlenen kalışların yüzeye yakın seviyelerde daha yoğun olması özelliği ile ilişkilendirilebilir. En alt seviyelerden kalışın olduğu seviyede CaO değeri oldukça yüksek bir artış göstermiştir. Sr elementi CaO değerlerine paralel olarak gözlenmiştir (Şekil 6.6).

Zr, Hf, Th, V, ve Nb toprak profillerinde genellikle sabit değerlikli olarak gözlenir ve duraylı elementler olarak değerlendirilirler. Çalışma alanında da bu elementler diğer elementlerin aşınmaya karşı durumlarının anlaşılması konusunda çizilecek Harker diyagramlarında x-değeri olarak kullanılabilirler (Şekil 6.6).

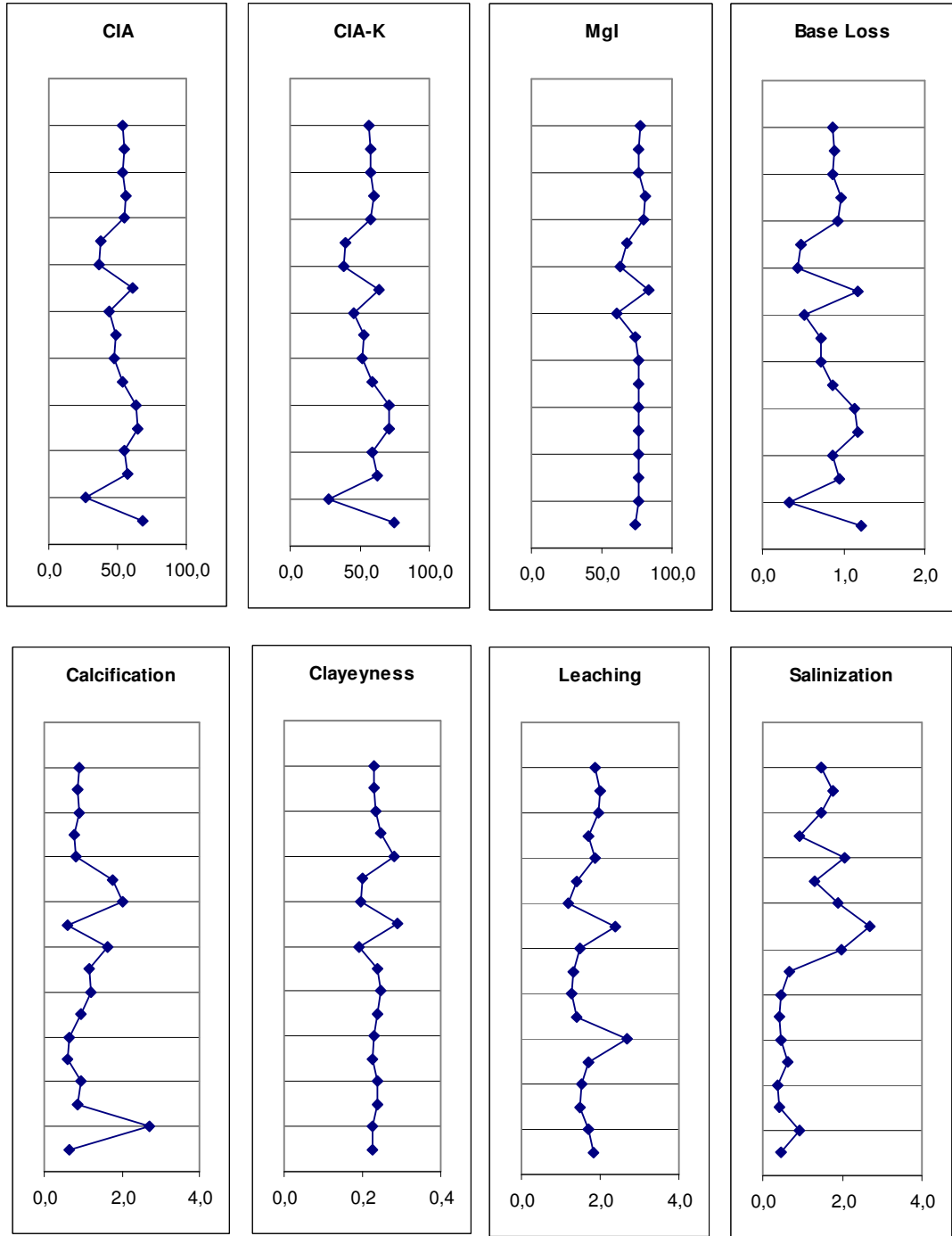


Şekil 6.6. Bala istifinde majör ve iz elementlerin derinliğe göre değişimleri.

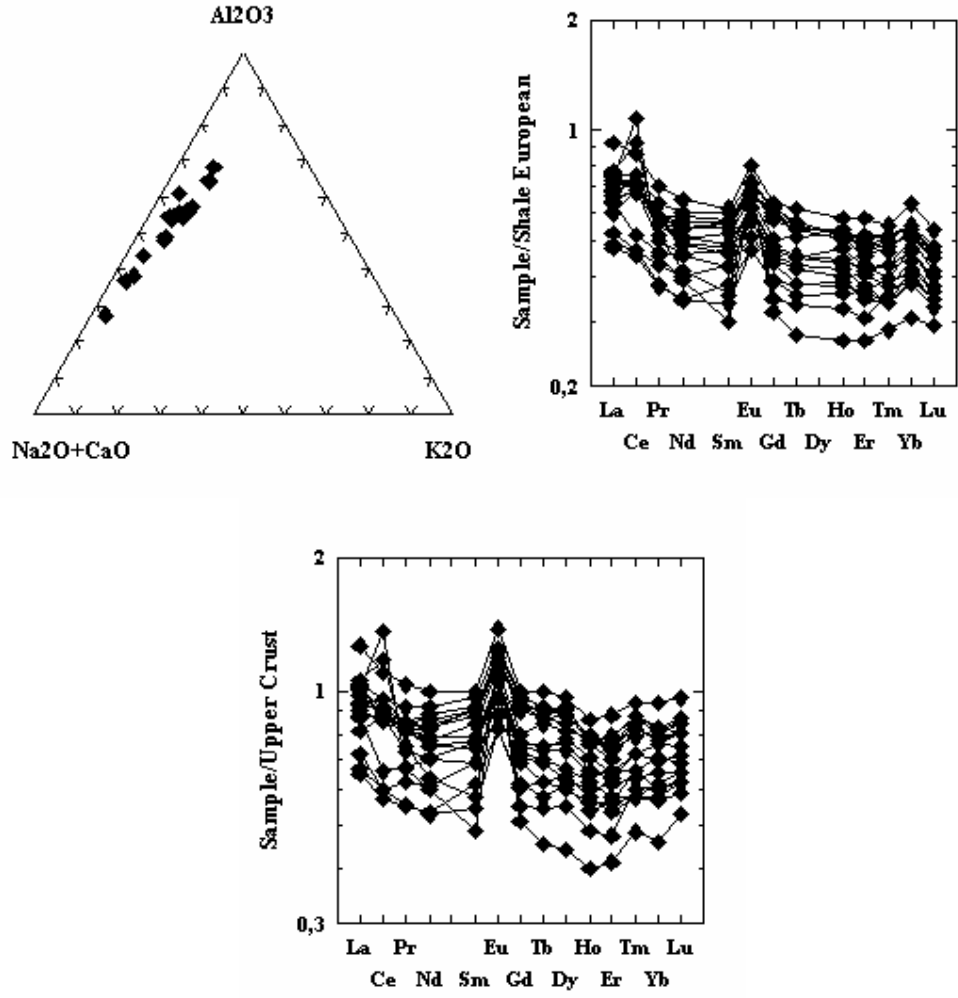
Toprak profillerinde aşınmanın derecelendirilmesi için kullanılan CIA (Kimyasal Bozuşma İndeksi), CIA-K (Kimyasal Bozuşma İndeksi-K) ve Mgl (Magnezyum İndeksi) parametreleri hesaplanmış ve derinliğe göre değişimleri çizilmiştir (Şekil 6.7). Bu üç parametre de birbirlerine paralel giden davranışlar çizmiştir ki bu da beklenen bir durumdur. Ancak alt seviyelerde yer alan kalış seviyesinde CIA ve CIA-K değerleri azalış gösterirken Mgl değeri sabit kalmıştır. CIA, CIA-K değerlerinin ortalaması hemen hemen %52 civarında olup bu değer orta dereceli aşınma durumunu ve yarı-olgun paleosol gelişimini vurgulamaktadır (Şekil 6.7).

“Baz Kaybı-Base Loss” olarak hesaplanan duraysız olan katyonların derinliğe göre değişimi grafiği Şekil 6.7’ de verilmiştir. Bu grafiğe göre en iyi çizgi çizildiğinde mobil katyonların yüzeye yakın seviyelerden süzülerek derin seviyelerde depolandığı ve değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Bu toprak profillerinde gözlenen tipik bir özelliktir.

Kalsifikasyon (Calcification) değerleri hesaplanarak derinliğe göre çizildiğinde Ca ve Mg elementlerinin Al elementine göreceli olarak değişimi gözlenmiş olmaktadır. Bu grafiğe göre kalış seviyesinde kalsifikasyon değeri hızlı bir artış göstermektedir (Şekil 6.7). Aynı zamanda yüzeye doğru kalsifikasyon değerinin artışı kalışların yüzeyde yoğunlaşması ile ilişkilendirilebilir. Killilik değerleri derinliğe göre çizildiğinde değerlerin hemen hemen sabit olduğu gözlenmektedir. Paleosollerde kil minerallerinin varlığı XRD çalışması ile detaylandırılacaktır. Süzülme değerleri de killilik gibi sabit kalmış bir iki seviyede değişim göstermiştir. Bu seviyelerde süzülmenin daha yüksek olduğunu görmekteyiz (Şekil 6.7).Tuzluluk değerleri yüzeye doğru artış göstermiştir. Bu durum çalışma alanında evaporasyonun yüzeye doğru daha etkili olduğunu ve tuz miktarının artış gösterdiğini belirtmektedir (Şekil 6.7). $Al_2O_3-CaO+Na_2O-K_2O$ (A-CN-K) üçgen diyagramında değerler çizildiğinde lineer bir davranış ortaya çıkmakta bununla A-CN çizgisine hemen hemen paralel olduğu gözlenmektedir (Şekil 6.7). Bu durum aşınmanın derecesinin K_2O ile bağlantısının oldukça az olduğunu, illitleşme ile tamamen bağlantılı olmadığını göstermektedir. Yarı kurak ve kurak iklim koşullarında olan aşınmalar sonucunda nadir toprak elementleri çok değişim göstermeden aynı değerlerini korurlar. Yüzey seviyelerinde süzülme ile değerleri daha düşük olup, derinlerde yeni oluşan mineraller bünyesinde depolandıkları için değerlerinde artış gözlenir. Bu durum mevsimsel yağış-kuraklık döngüsünden, pedojenik ve kalışleme olaylarından dolayı meydana gelmektedir. Nadir toprak elementlerinin üst kabuk ve şeyl Avrupa değerlerine normalize edilmiş çizimleri Resim 6’da verilmiştir. Buna göre şeyle göre normalize edilen çizimde LREE de fakirleşme gözlenirken üst kabuğa göre normalize edilen çizimde LREE fakirleşmesi yanında Eu da pozitif bir anomali gözlenmiştir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7. Bala istifinde kimyasal aşınma indeksi ve moleküler bozunma indekslerinin derinliğe göre değişimleri.



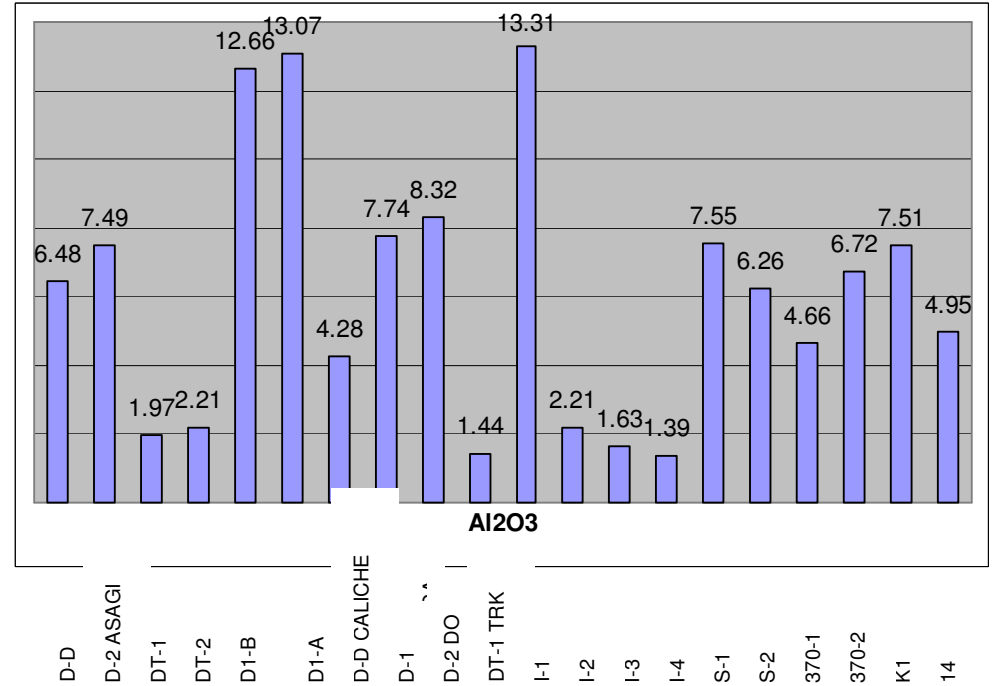
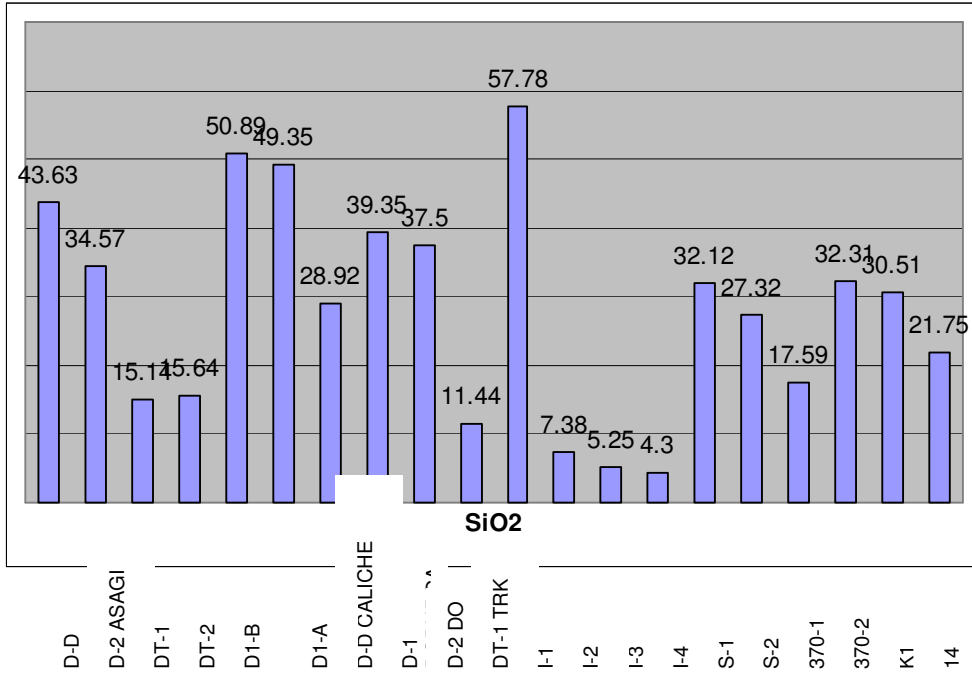
Şekil 6.8. Bala istifi boyunca nadir toprak elementlerinin üst kabuğa ve şeyl Avrupa ya göre normalize edilmiş çizimleri ve A-CN-K üçgen diyagramı.

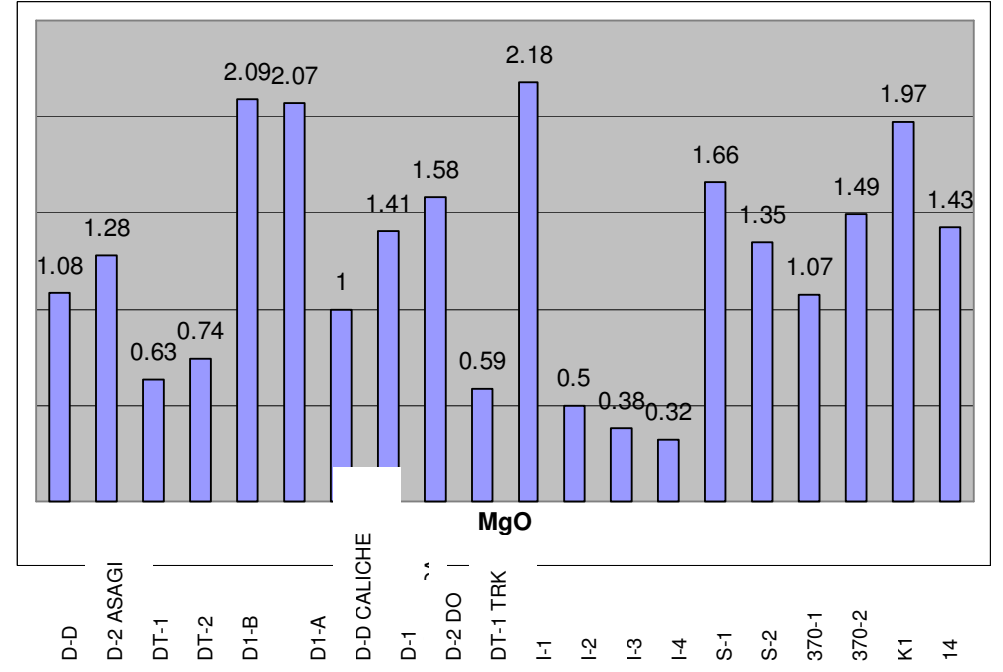
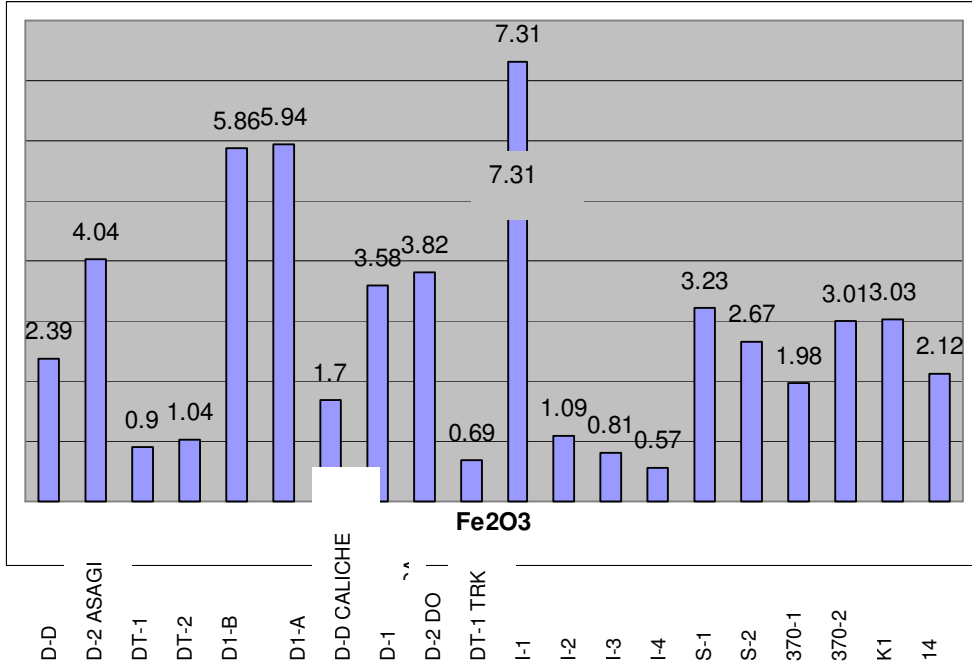
6.3. Diğer rneklerin Jeokimyası

Profil özelliği göstermeyen diğer örneklerin jeokimyasal analiz sonuçları da blok diyagram olarak çizilmiş ve alansal dağılımları incelenmiştir. Buna göre kalış örnekleri başta olmak üzere yüksek kalsiyum içeriğine sahiptirler (Şekil 6.9). K, Na ve P ise kalışların içerisinde bulunduğu siltli malzemede zenginleşmiştir.

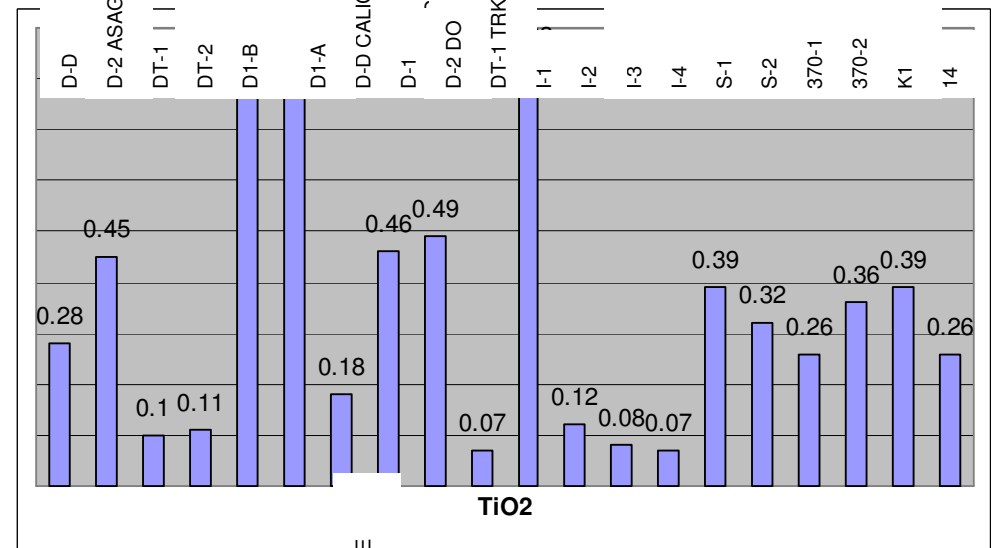
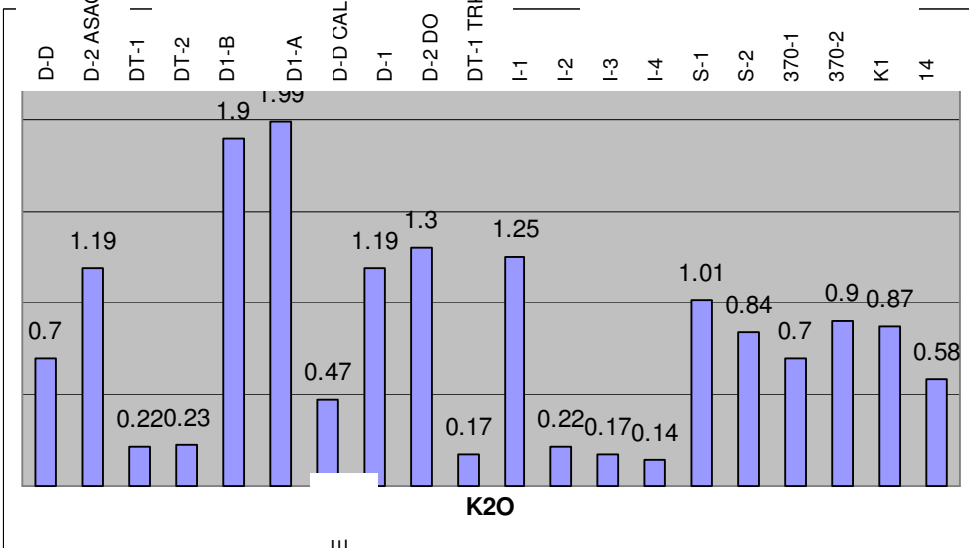
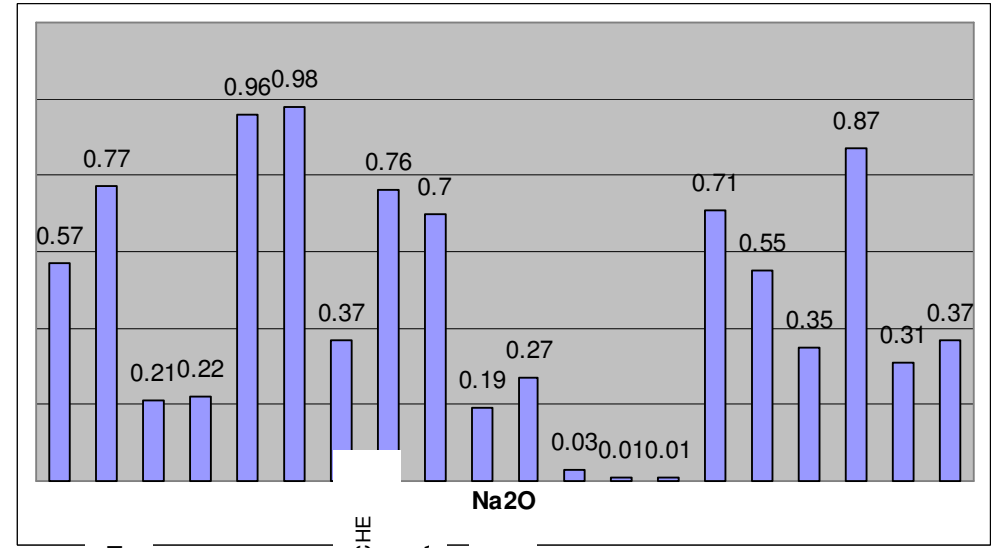
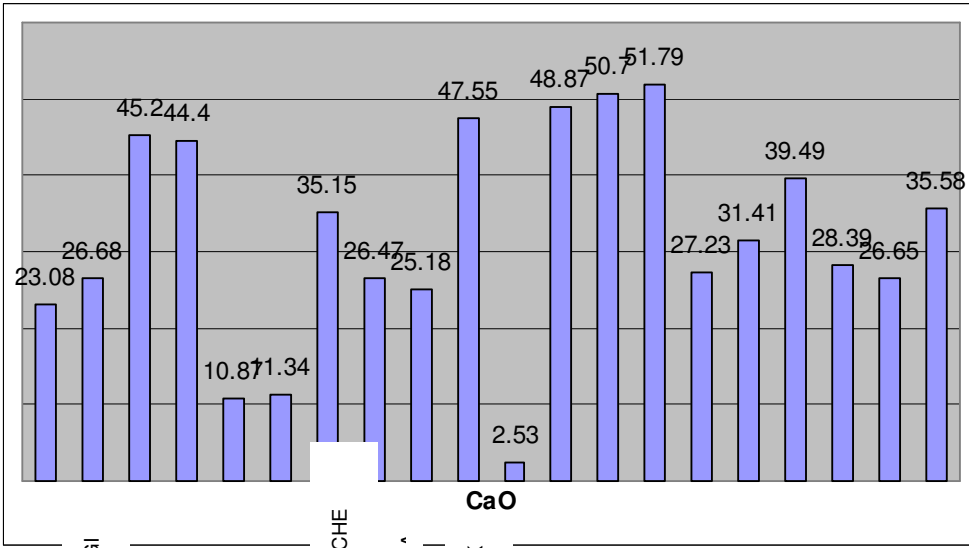
Bu örneklerin jeokimyasal verileri daha çok Bala örneklerine benzerlik göstermektedirler. Ancak alansal olarak irdelendiklerinde Karahamzalı, Bala ve diğer örneklerin hemen hemen aynı jeokimyasal eğilimleri işaret ettikleri gözlenmiştir.

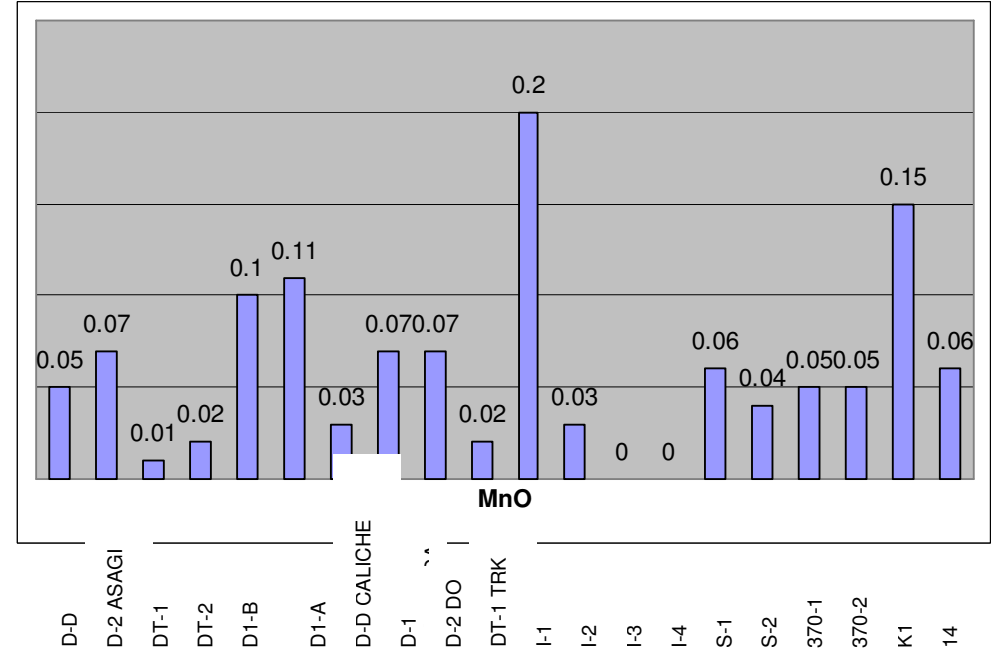
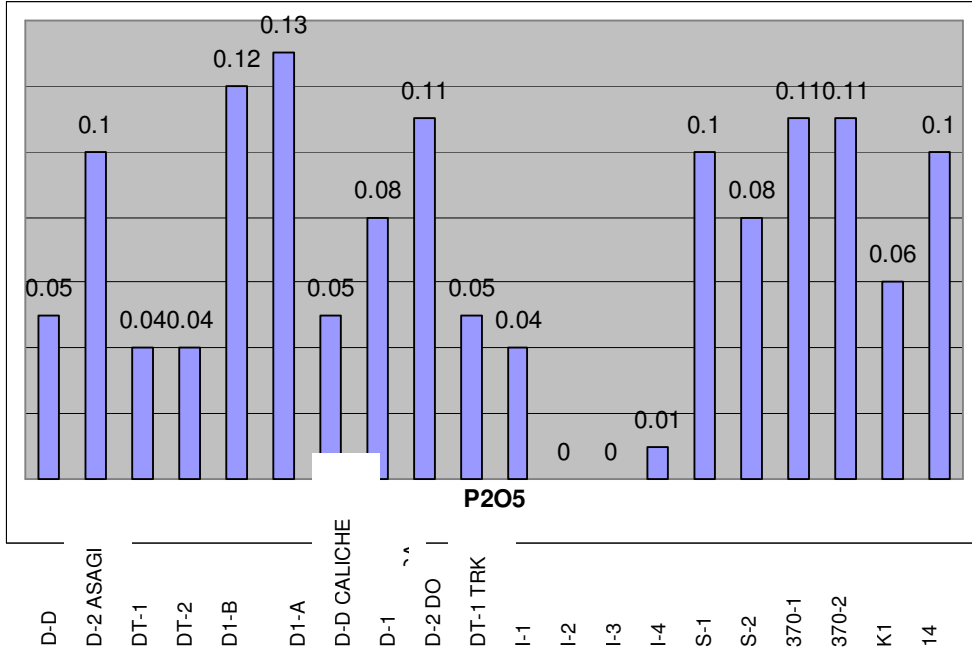
Şekil 6.9. Diğer örneklerin jeokimyasal analiz sonuçları.





Şekil 6.9'un devamı.





Şekil 6.9'un devamı.

6.4. Duraylı İzotop Sonuçları

Karahamzalı istifinde gerçekleştirilen izotop analizleri sonuçlarına göre ^{13}C ve ^{18}O değerlerinin istif boyunca değişimleri Şekil 6.10'da verilmiştir. Buna göre istifin ortalarına kadar izotop eğrileri kuru ve ıslak ara dönemleri içine alan soğuma eğrisi çizerken, istifin üst kısımlarına doğru sıcaklığın arttığı ve ısınmanın olduğunu göstermiştir.

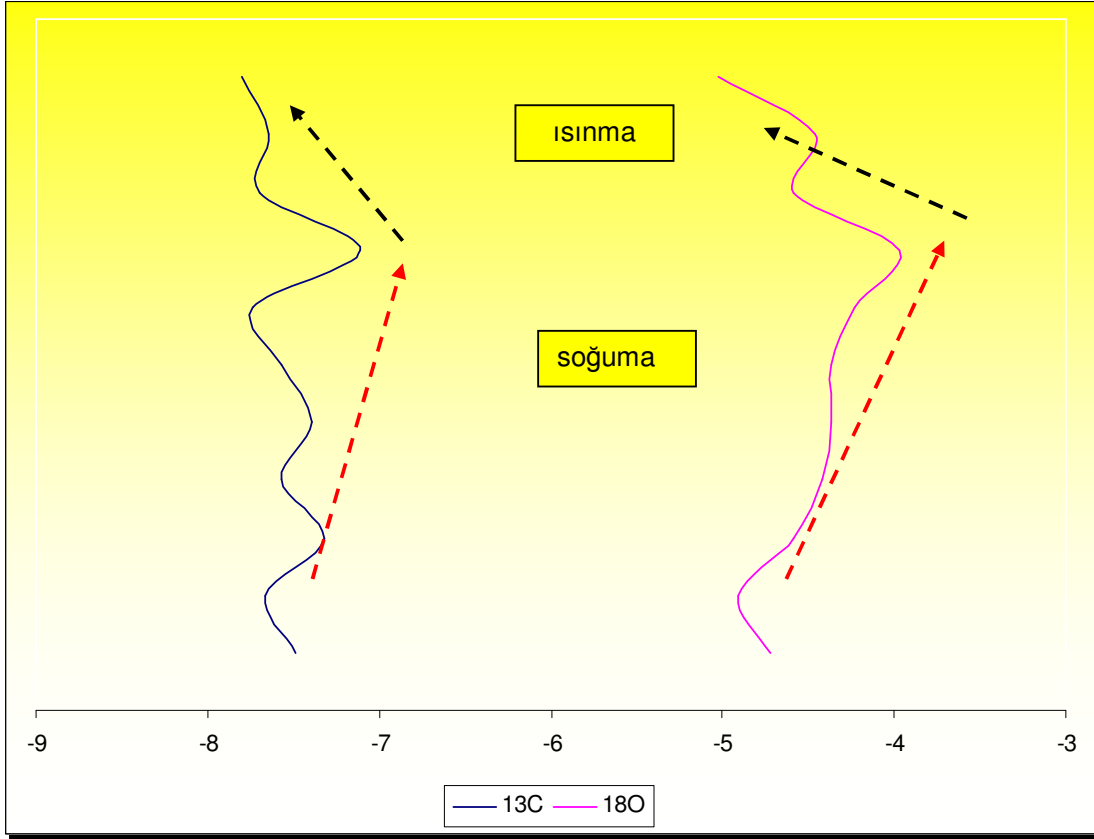
Bu bilgi istifin üst kısımlarına doğru sıkça görülen ve istifin tabanına doğru seyrek hale gelen kalışlerin varlığı ile ilişkilendirilebilir. Aynı zamanda üst seviyelerde paleosollerin daha kırmızı renk almaları sıcaklığın alt seviyelere göre daha etken olduğunu gösteren bir parametredir.

^{13}C ile ^{18}O 'nin birbirlerine göre değişimleri dikkate alındığında verilerin evaporasyonu doğruladığı görülmüştür (Şekil 6.11).

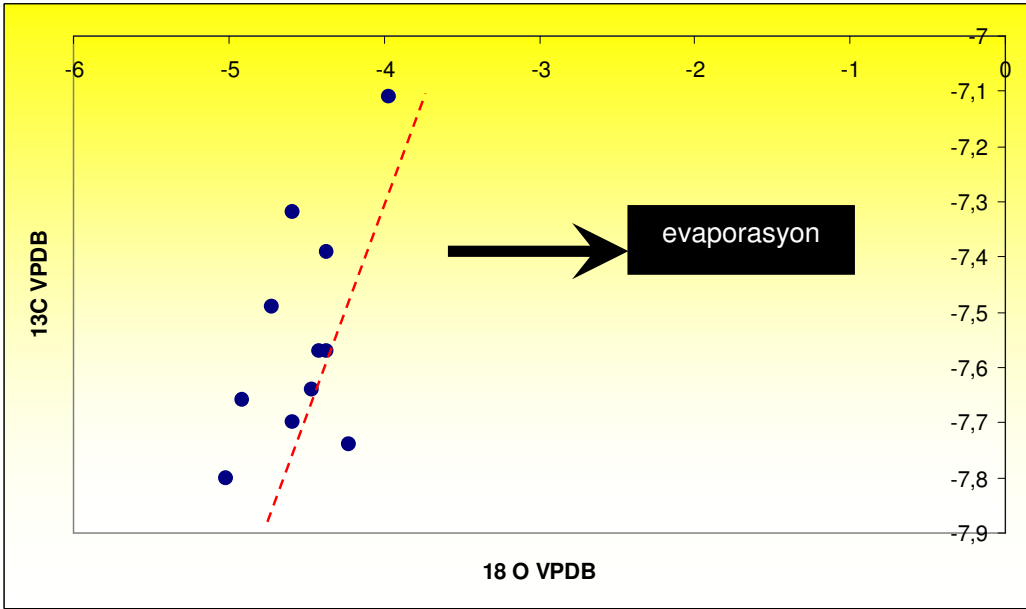
Bala istifinin izotop değerleri dikkate alındığında değerlerin Karahamzalı istifinin değerlerine yakın olduğu gözlenmiştir (Şekil 6.12). Ara dönem nemli ve kurak koşulların ardalanması kaydedilmiştir. Baskın olan yarı-kurak iklimin evaporasyon ile doğru orantılı olduğu da izotop değerlerinden ve eğrisinden anlaşılmıştır (Şekil 6.13). İzotop değerlerindeki üst seviyelerde görülen ısınma eğilimi yine kalışlerin varlığı ile deneşletirilebilir. Buna bağlı olarak izotop eğrisinde alt seviyelerin üst seviyelere oranlar daha soğuk koşulları yansıtması da yine kurak iklimin belirtisi kalışlerin nadirleşmesi ile ilişkilendirilebilir.

Alansal olarak bakıldığında Karahamzalı istifi ile Bala istifinin izotop eğrilerinin benzer olması aynı iklimsel koşullardan etkilendiklerini doğrulamıştır.

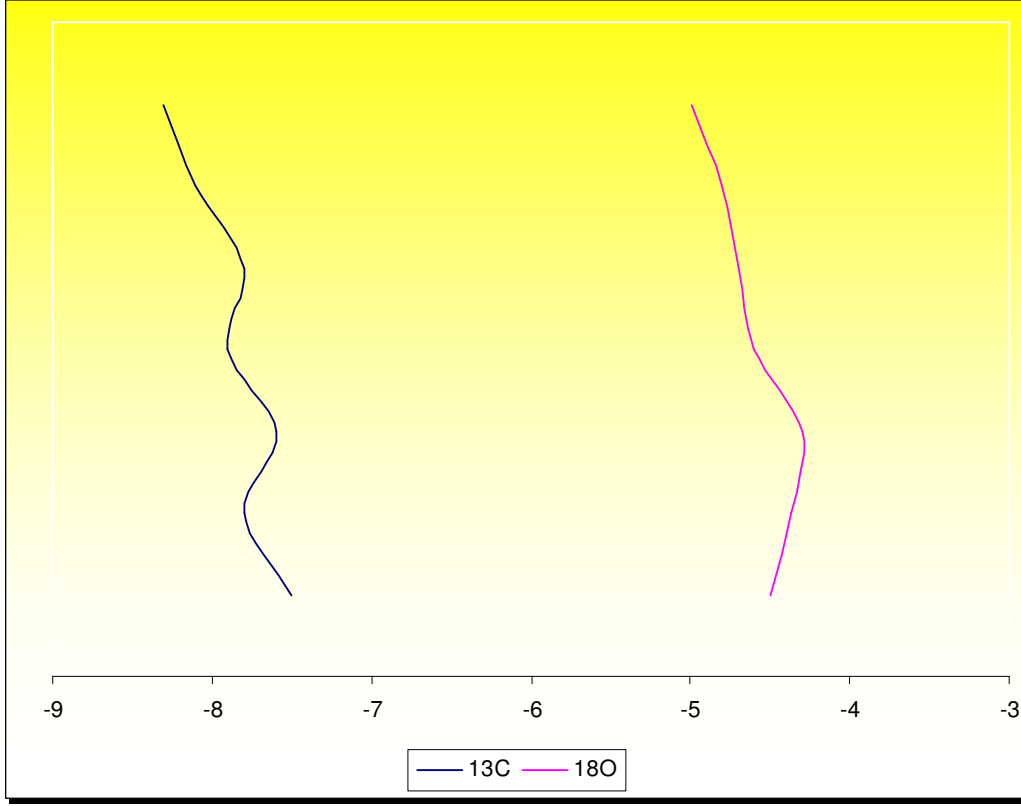
^{13}C değerinin -10 değerlerine kadar ulaşması ^{12}C değerinin yüksek olarak topraktan sağlandığını ve bitki türü olarak C_3 bitkilerinin baskın olduğunu göstermektedir. Evaporasyonun varlığı ^{13}C ile ^{18}O değerlerinin paralel eğilim göstermeleri ile açıklanabilir. Evaporasyon sonucunda toprak karbonatlarında C ve O değerlerinin ağır izotoplarında zenginleştiği istifin üst kısımlarına doğru görülmüştür.



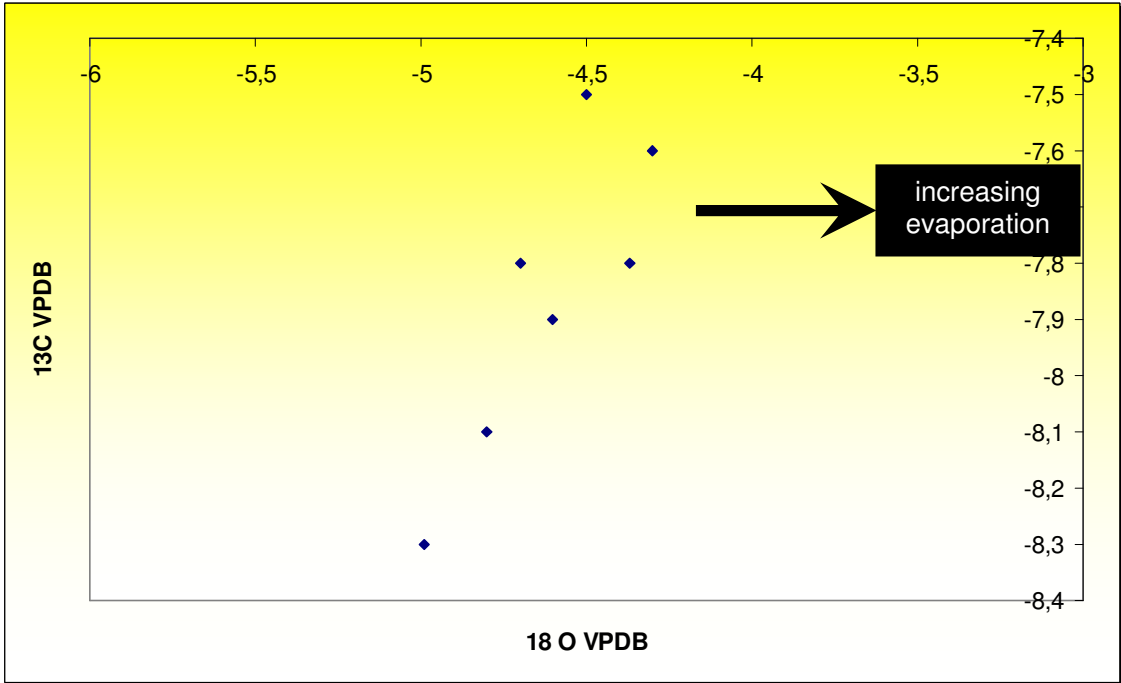
Şekil 6.10. Karahamzalı istifinde duraylı izotop analiz sonuçlarının derinliğe göre değişimleri.



Şekil 6.11. 13C ve 18O değerlerinin birbirlerine göre değişimleri.



Şekil 6.12. Bala istifinde duraylı izotop değerlerinin derinliğe göre değişimleri.



Şekil 6.13. 13C ve 18O değerlerinin birbirlerine göre değişimleri.

7. JEOKRONOLOJİ

Proje çalışma dönemi süresince çalışılan örnekler üzerinde yaş tayini yapmak üzere hangi yöntemlerin kullanılabilceği araştırılmıştır. Bugüne kadar çalışılan sahalarda stratigrafik durumları gereği yaşları göreceli olarak verilen kırmızı çamurtaşları (paleosoller) ve bunların kalış içeriklerinin yaşlandırma teknikleri kullanılarak yaşları bulunmamıştır. Materyal içerikleri bakımından uygun olabileceği düşünülen tüm teknikler detaylı bir şekilde araştırılmış, konusunda uzman laboratuvarlarla bağlantıya geçilmiş ve netice olarak Elektron Spin Rezonans tekniği ile kalışleri yaşlandırmanın en doğru sonucu vereceğine kanaat edilmiştir. Çamurtaşları için ise polen analizleri yapılmıştır. Bunun yanında memeli kalıntılarının önemli bulgular sağlayacağı düşünülmüştür.

Bu amaçla, ESR ile yaşlandırma konusunda uzman kişilerle görüşülmüş, örneklerin yoğunluğu incelenmiş ve Bala istifinde aralarında dikey yönde 7m mesafe bulunan 2 farklı kalış yumrusu ve çevre paleosolleri örneklenmiştir. Bu örnekler TAEK-SANAEM laboratuvarlarında analiz edilmiştir. Örneklerin ESR için uygunluğu aynı zamanda jeokimyasal içerikleri açısından da irdelenmiştir. Bu nedenle C1 ve C2 kalış yumrularından tüm kaya jeokimya analizleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 7.1).

C1 kalış yumrusu dikey yönde C2 ye göre 7m altta kalmaktadır. Kalış oluşum mekanizması düşünüldüğünde kalışlerin yüzeye yakın olan seviyelerde daha sık görüldüğü ve karbonat oranlarının ise alt seviyelere göre daha yüksek olması beklenmektedir. C1 ve C2 örnekleri stratigrafik durumları düşünüldüğünde bu beklentiyi doğrulamaktadırlar.

İki kalış yumrusunda gerçekleştirilen bir seri radyoaktivite deney sonuçları ise Tablo 7.2 de verilmiştir. Bu doğrultuda özetle C1 kalış yumrusunun yaşı 761 ± 120 , C2 nin ise 419 ± 64 ka olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar jeolojik zaman tablosunda irdelendiğinde Orta Pleyistosen dönmelerine denk geldiği görülmüştür.

Pleistosen, yaklaşık 2.5 milyon yıl önce başlayan ve yine yaklaşık 10-14 bin yıl önce bugün içinde bulunduğumuz ve Holosen olarak adlandırdığımız dönemin başlamasıyla biten buzul çağları dönemidir. Orta Pleyistosen de bu yaş aralığı lyonyan dönemine tekabül etmektedir.

Tablo 7.1. Bala istifi kalış örnekleri majör ve iz element analiz sonuçları (Küçükuysal et al., 2010).

Bileşen	C1 (wt %)	C2 (wt %)
CaCO ₃	60.70	84.98
SiO ₂	24.00	9.18
Al ₂ O ₃	6.91	2.65
MgO	2.36	0.98
Na ₂ O	0.23	0.22
P ₂ O ₅	0.08	0.07
SO ₃	0.01	0.01
TiO ₂	0.32	0.1
Fe ₂ O ₃	4.30	1.40

Element	C1 (ppm)	C2 (ppm)
Mn	547.7	166.0
Cr	221.3	57.9
Cu	20.1	6.4
Ni	127.6	63.2
V	48.3	17.4
Zn	38.2	19.0

XRF ile ölçülmüştür.

Tablo 7.2. C1 ve C2 üzerinde yapılan radyoaktivite ölçümleri ve yaş tayini sonuçları (Küçükuysal et al., 2010)

Örnek	Kaliş Yumrusu				Paleosol				External dose rate D_{Ext} (mGy/year)	Total annual dose rate $D=D_{Int}+D_{Ext}$ (mGy/year)	D_E (Gy)	ESR age (ka) D_E/D
	^{238}U (ppm)	^{232}Th (ppm)	K_2O (%)	Internal dose rate D_{Int} (mGy/year)	^{238}U (ppm)	^{232}Th (ppm)	K_2O (%)					
C1	1.8 ± 0.2	5.8 ± 0.7	0.77 ± 0.03	1.82 ± 0.93	2.8 ± 0.4	10.7 ± 1.3	1.58 ± 0.04	0.65	2.47 ± 0.36	1880 ± 207	761 ± 120	
C2	1.3 ± 0.2	2.7 ± 0.3	0.26 ± 0.03	0.93 ± 0.93	3.1 ± 0.4	11.4 ± 1.4	1.71 ± 0.05	0.67	1.60 ± 0.21	671 ± 67	419 ± 64	

ESR ile yapılan bu çalışma literatürde Türkiye’de kalışlerin ESR ile yaşlandırılması konusunda ilk olması nedeni ile önem taşımaktadır. Bu nedenle gerçekleştirilen bu çalışma “Applied Radiation and Isotopes” adlı dergide yayınlanmak üzere kabul almış ve DOI numarası 10.1016/j.apradiso.2010.10.005 ile yayınlanmaktadır.

Elde edilen bu yaşlar stratigrafik olarak düşünülen yaşlarla uyum göstermektedir. Öncül çalışmalarda kırmızı paleosollerin durumları bakımından Pliyosen-Pleyistosen oldukları düşünülmüştür. Bu sonuçlar ESR ile tekrarlanarak doğrulanmıştır.

Ancak aynı alanda uygunluğuna göre konusunda uzman kişi tarafından seçilen örneklerde polen içerikleri araştırılmıştır fakat korunumları kötü olduğundan polen analizi Bala alanında yaşlandırma ve ortamsal yorum için kullanılamamıştır.

Karahamzalı alanında ise durum biraz farklıdır. Karahamzalı istifinde yeralan kalışler Bala ve diğerlerinden farklı olarak dolomit içerdiklerinden ESR analizi için uygun olamadılar. Ancak bu alanda diğer başka metodların da başarılı olamayacağını uzmanları ile görüşmelerden öğrenince polen analizi ile yaş verisine ulaşmaya çalışılmıştır.

15 adet örnekten 4 tanesinde korunmuş polenler bulunmuş ve Dr. Zühtü Batı tarafından incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda polen içeriği bozulmuş veya steril görünen seviyeler dışında kalan ve korunmuş polen miktarı analiz için yeterli olan seviyelerde polen analizi gerçekleştirilmiştir. Karahamzalı istifinde gerçekleştirilen sondaj çalışması ile alınan örneklerin 2, 4, 9 ve 12 no’lu olanlarında polenler bulunmuştur. Bu örneklerde bulunan polenler Tablo 7.3’de verilmiştir. Bulunan polenler doğrultusunda istifin temel kayaya yakın yerlerinden alınmış örneklerin yaşı Genç Miyosen ve/veya daha genç olarak belirlenmiştir.

Velichko ve Nechaev (2005) ve Akgün ve diğ., 2007 araştırmalarına göre, polenlerin ortamsal değerlendirmeleri yapılacak olursa, Artemisia daha çok ılıman iklim kuşaklarında kurak ve yarı kurak dönemleri yansıtan polen olarak belirlenmiştir. “Compositae” güneş seven bitkilere özeldir ve genellikle yarı-tropik iklim koşullarına sahip bölgelerde kurak ve yarı kurak iklim durumlarında gelişim göstermektedir. Açık ve kurak ortamları yansıtan tipik polenlerdendir. “Quercus” ise çok bilinen palamut bitkisinin polenidir ve soğuk iklimleri işaret etmektedir.

Tablo 7.3. Karahamzalı örneklerinde polen analiz sonuçları.

ÖRNEK NO	POLENLER
2	<p>Compositae (tubuliflorae-tip) Compositae (tubuliflorae-tip), küçük 10 mikron civarı Compositae (liguliflorae-tip) Graminae Umbelliferae <i>Periporopollenites multiporatus</i> <i>Pityosporites</i> spp. <i>Quercus</i> spp. Sucul organizma</p>
4	<p>Compositae (tubuliflorae-tip) Compositae (tubuliflorae-tip), küçük 10 mikron civarı Compositae (liguliflorae-tip) <i>Laevigatosporites haardtii</i> <i>Periporopollenites multiporatus</i> <i>Pityosporites</i> spp. <i>Quercus</i> spp. Graminae Umbelliferae Dipsacaceae <i>Artemisia</i> tip polen</p>
9	<p>Compositae (tubuliflorae-tip) Compositae (tubuliflorae-tip), küçük 10 mikron civarı Compositae (liguliflorae-tip) <i>Laevigatosporites haardtii</i> <i>Periporopollenites multiporatus</i> <i>Pityosporites</i> spp. <i>Quercus</i> spp.</p>
12	<p>Compositae (tubuliflorae-tip), küçük 10 mikron civarı Compositae (liguliflorae-tip) <i>Laevigatosporites haardtii</i> <i>Periporopollenites multiporatus</i> <i>Pityosporites</i> spp.</p>

8. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Çalışılan birimler Ankara'nın güney ve güneybatı kesimlerinde yer alan kırmızımsı kahverengi paleotopaklar ile içerikleri kalış oluşumlarıdır. Literatür incelemeleri de gösterir ki paleosolleri ve kalışlar iyi bir iklim kayıtcısı olan litolojilerdir ve paleoiklim çalışmalarında önemli yere sahiptirler.

Bu alanda daha önce paleosolleri ve kalileri konu lara bir çalışma yapılmamış olması ve bu çalışmanın iklimsel kayıtları veri halinde sunabilmesi nedeni ile yapılan bu araştırma, daha sonra gerçekleştirilecek çalışmalara yardımcı olabilecek niteliktedir. Gerek iklimsel gerekse jeolojik tüm çalışmalarda mutlak yaş verisine ulaşmak günümüzde koşul haline gelmiştir. Ancak kimi zaman çalışılan birimler radyometrik yaşlandırma tekniklerine uygunluk göstermeyebilir. Bu tür durumlarda fosil arayışları ve polen ihtivası söz konusu olmaktadır. Çalışma alanları içerisinde yer alan Karahamzalı istifinde bu durum söz konusu olmuştur.

Karahamzalı da gerçekleştirilen sondaj çalışması ile temel kayaya ulaşılmıştır. Ara rapor döneminde bu kayadan Ar-Ar yaş tayini yapılması fikri daha sonraki çalışma döneminde önemini kaybetmiştir. Literatürde daha önce yaşlandırılan bu birim (Bozdağ Bazaltı) mineralojik ve petrografik olarak incelenmiştir.

Proje önerisinde yer alan kil minerallerinde izotop analizi çalışması, bu proje çalışması döneminde kil minerallerinin özelliklerinin yugun olmaması nedeni ile yapılamamıştır. Paligorskitin izotop analizi ile O ve D içeriklerinin belirlenmesi amacı ile Köln Üniversitesi'nden Prof.Dr. Anreas Mulch ile görüşülmüş ancak paligorskitin miktarının yetersiz olması nedeni ile analiz yapılamamıştır.

Elde edilen sonuçlarda tuz düzeylerinin çok düşük/tuzsuz (0.50 mmhos/cm) olarak saptanması nedeniyle , katmanların oluştuğu süreçte tuzlulukla (salinity) ilgili bir sorununun olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, tüm toprak örneklerinin nötr-hafif alkali düzeyinde (7.3-8.2) saptanan pH'ları, katmanların oluştukları geçmiş jeolojik süreçlerde – özellikle kurak dönemlerde- daha yüksek olabileceği ve günümüzdeki bitkilerin yetişebileceği bir ortamı simgelemedikleri düşünülebilir. Buna karşın, katman/horizonların çökeldiği (çamur akıntısı olarak çökme süreci) yağışlı dönemlerde ve izleyen kurak dönemlerde toprağın oluştuğu (toprak oluşum sürecinde) ortamın büyük olasılıkla kimi bitkilerin yetişebileceği düzeyde uygun olup, buharlaşmanın (evapotranspiration) optimal

olduğu bir dönemin de Holosenin ikinci yarısında (klimatik optimum, G 5000?) gerçekleşmiş olabileceği düşünülebilir (güncel ürün/bitki yetişme sınırı pH : 8.3). Bu ortamda, tuzluluk büyük olasılıkla iklim salınımları sürecinde artan yağışlarla yıkanabilecektir.

Örneklere Sıcak HCl sonuçlarının yüksek olması çökelme ortamının magnezyumca yüksek olduğunu belirtmektedir. Smektitin katmanlarda yaygın olarak saptanmış olması da, çalışılan alana taşınan flüviyal malzemenin geçmiş jeolojik süreçlerde magnezyumca zengin bir ortam olması konusunu güçlendirmektedir.

Seçilmiş toprak ve katmanlarda parçaçık tane boyunun çoğunluğunun özellikle tın, killi tın, siltli tın ve kil olarak saptanmış olmaları benzer kökenden materyalin farklı süreçlerde taşınmasıyla çökeldikleri savını açıklamaktadır. PBD'nin iri paraıklarca (kum: 2000-50 mikron ve silt: 50-2 mikron boyutu parçaçıklar) varsıl olması ise, çökelin uzak mesafeden çok çamur akıntısı olarak yakın bir mesafeden taşınmış olabileceği olgusunu vurgulamaktadır. Bunun yanında çalışılan seviyelerin kil minerallerinin nitel içeriklerinin (kalitatif) ve yarı nicel (semi kantitatif) düzeylerinin benzer/aynı olması da bu savı güçlendirmektedir.

Çalışılan katmanların, arazi (pedojenik-jeomorfolojik) tanımlamaları sonucunda, çamur akıntıları* (mud flows) biçiminde taşınarak çökelme olasılıklarının önemle vurgulanması gerekmektedir. Pleyistosen sürecinde Akdeniz Havzası ve yakın çevresinde oluştuğu kanıtlanan iklim dalgalanmaları (Pleistocene Climatic Fluctuations), sonucunda (Alp dağ sisteminin kuzeyinde buzul dönemlerine süreçsel olarak uyumlu olan) oluşan yüksek düzeyde yağmurlu(soğuk) / kurak(sıcak) dönemler (Plviyal-nemli:wet/interplüviyal-kurak:dry-desiccation period), bölge topoğrafyasını/jeomorfik birimlerini oluşturmuştur (Erol, 1973, 1983; Raghavan, H. ve Courty, M. A., 1987; Kapur et al, 1990; Nemeth ve ark., 2004). Toros kuşağının kuzey (Ankara ve Konya Havzaları) ve güney (Çukurova ve Güneydoğu Anadolu Havzaları) bölümlerinde benzer tektonizma ve flüviyal akıntılar (amur akıntıları) sonucunda oluşan söz konusu jeomorfik/jeomorfolojik birimleri (Plviyal-interplüviyal dönemler Pleyistosen amur akıntıları ve ırmak sekileri) ve bu birimlerin topraklarla olan ilişkileri avuşgil (1985), Gürel (1985), ve şenol (1989)'un Prof. Dr. Oğuz Erol ve Prof. Dr. Selim Kapur yönetimlerindeki tez çalışmaları (Çukurova ve GD Anadolu), ve Kapur ve ark.,'nın(1998) yapmış olduğu diğer çalışmalarla saptanmıştır (Dr. Nafiz Gürel, 2009, MTA-Ankara, zel görüşme).

Paligorskit oluşumları, Gürel'in (1992) Viranşehir-Şanlıurfa basalt kayaçları amigdüllerinde oluşan saf smektitin paligorskite dönüşmesi, idingzit mineralinin çatlaklarında paligorskit neoformasyonunun oluşumu ve Çukurovanın kalışli yüksek sekilerinde (SY1-Kapur ve ark., 1990; FitzPatrick, 1993), smektitçe varsıl ilüviyasyon kaplamalarının paligorskana (smektitten neoformasyonla dönüşen paligorskit kaplamaları) dönüştüğü saptanmıştır. Simektitten paligorskite olabilen bu değişim (simektitin ayrışarak paligorskitin yeniden oluşumu) ortam pH'ının çökelin oluşumu sürecinde 8,5-9 düzeyinde olmasıyla gerçekleşebileceği düşünülebilir. Nitekim katmanların/horizonların bugünkü pH'larına bakıldığında söz konusu düzeye yakın kimi değerler saptanmıştır. Bu değerler günümüz Çukurova, G.D. ve Orta Anadolu kalışli horizonlarının pH'ına yakın/benzerdir (Dinç, U. ve ark., 1985-2005).

Söz konusu bu birimler Vertisol toprak sınıfına giren ve Beğdeş (Şanlıurfa) ve Akko (İsrail) toprak serilerinde yaygın olarak saptanan görünümlere büyük benzerlik göstermektedirler (Kapur ve ark., 1997).

Her iki alanda gözlenen taşınmış-detrital/klastik kayaç parçacıklarının boylanma ve yuvarlaklaşma özelliklerinin olmaması da taşınarak toprak oluşturmuş materyalin bir çamur akıntısı olduğunun (yakın uzaklıklardan büyük toprak kütleleri olarak taşınma) bir kez daha kanıtıdır.

Örneklerin ince kesitlerinde, kayaç parçacıklarının çevresinde, faunal kanallarda (solucan kanallarında) ve diğer boşluklarda yaygın olarak kristallenme gösteren kalsitler de (ikincil sparitik kalsit), toprak oluşum sürecinde, toprak yüzeyinin sürekli, özellikle interplüviyal-kurak dönemlerde rüzgarla taşınan malzeme tarafından karbonatça zenginleştiğinin bir kanıtıdır (recalcification of the surface soil by wind-blown material-Saharan dust) (Kubilay ve ark., 1997).

Kurak Pleyistosen sürecinde toprak yüzeyine biriken karbonatça varsıl malzeme, yağışlı-Plüviyal- dönemlerde toprak profili boyunca çözünüp-yıkanarak alt katmanlarda, özellikle sparitik kalsit kristalleri, olarak birikmektedir. Bu süreçler kalış oluşumunun evrelerinin bir bölümünü oluşturmaktadırlar (Kapur ve ark., 1990). A15 toprağının örneğinde bir kayaç parçacığının çevresini kaplamış olarak saptanan 'kil kaplaması-kil kütanı' da (ilüviyasyon kütanı—üst toprak horizonlarından yıkanma-alt toprak horizonlarında birikme-FitzPatrick, 1993) (toprak oluşum sürecinin önemli bir kanıtı olup, çoğunlukla, yalnızca 2 mikrondan küçük ve özellikle smektit (en küçük boyutlu kil minerali) kil mineralinin toprak/sediman boyunca alt horizonlara yıkanması ve birikmesi sonucunda oluşmaktadır. Bu görünüm

de plüviyal-interplüviyal iklim salınımları sonucunda çözünen kil boyutu parçacıkların toprak profili boyunca yıkanıp alt bölümlerde birikmeleri ile oluşurlar. Kimi araştırmacılar (Kuvaterner dönemini çalışın sedimantologlar, jeomorfologlar ve pedologlar) bu görünümüleri Pleyistosen iklim salınımlarına bağlamalarına karşın, kimisi de bunların her jeolojik dönemin güçlü-yağışlı-ıslak bir sürecinde oluşabilen pedojenik bir olay-süreç olarak kabul etmişlerdir (12. Uluslararası Toprak Mikromorfolojisi Toplantısı, Arazi gezisi Tartışmaları-Adana 2004,Excursion book of the 12th IMSM, Mermut ve ark. 2004).

Mikroyapı oluşumu yönünden diğeri örneklere göre özgün olan A-5 ince kesiti, iyi oluşmuş (kenarları tamamlanmış ve sürekli olan), yuvarlaklaşmış-yarı yuvarlaklaşmış birimlere sahiptir. Yaşlı (ancient) biyotürbasyon (faunal aktivite sonucunda toprak anadokusunun değişimi-solucan peletlerinin oluşumu) izleri-görünümleri orta-seyrek yaygınlıktadırlar. İkincil karbonatlar toprak oluşum süreci olarak boşlukları yaygın olarak doldurmuşlardır. Ayrıca simektitin yaygın olduğu Vertisol topraklarında (çatlayan ve sürekli pedotürbasyonun-toprak devinimi- etkisinde olan topraklar) kayak parçacıkları çevresinde saptanan 'gerilim kaplamaları-kütanları (stress coatings/cutans/domains/aureoles/granostriated b-fabric)' da (Brewer, 1976; Bullock et al., 1985; FitzPatrick. 1993; Stoops, 2003) seyrek olarak gözlenmiştir. Bu görünüm, değişken ıslak-kurak dönemlerde toprak ana dokusunun şişip-büzülmesi/genişlemesi-çatlaması (shrinkage and swelling) sonucunda kil minerallerinin c-eksenleri boyunca kayaç ve/veya mineral yüzeylerinde ve anadoku farklılaşmaları boyunca dizilmeleriyle oluşurlar. Çalışılan bu örnekte gerilim kaplamalarının oluşumu da topraklaşmanın önemli bir belirteci olup Paleosol evrimini simgelemektedir. U11 toprak örneğinde ise, granüler yapıya entegrasyon gösteren yarı köşeli blok yapı birimleri yaygın olarak saptanmışlardır. İkincil karbonatların çatlak ve kayaç yüzeylerinde oluşumu, rekalsifikasyonun (rüzgar materyaliyle taşınma-birikme) güncel yüzey toprağında da etkili olduğunun kanıtıdır (diğeri örneklerde olduğu gibi). Bu horizontda, ayrıca, bitki kök kalıntılarının saptanması toprak oluşumunun günümüzde de biyojenik oluşum faktörüyle (özellikle mikroorganizmalarla) sürdüğünün kanıtıdır.

Dodurga ve Bala örneklerinde bulunan ilüviyal kil kaplaması/kütanı, ıslak/yağışlı bir dönemin kanıtı olup Karahamzalı alanındaki toprak oluşumuna benzerlik göstermektedir. Bu alandaki korona biçimli ikincil karbonat-kalsit oluşumu rekalsifikasyonun burada da geçerli olabileceğinin kanıtıdır. Pleyistosen koşullarının Toros kuşağının her iki tarafındaki alanlarda geçerli olabileceği varsayıldığında, benzer pedojenik olayların Paleosol oluşumuna katkılarının olabileceği sonucuna ulaşılabilir.

Netice olarak;

- 1) Bölgede kırmızı-kahverengi ile varolan paleosoller ile içerdikleri kaliş oluşumları çalışmanın ana litolojileridir.
- 2) Çalışılan kalişler toz, yumru, tüp ve masif yapılar sergilemektedir.
- 3) Paleosoller mineral içerikleri bakımından Vertisol olarak sınıflandırılabilir.
- 4) Karahamzalı kalişlerinin dolomitçe zengin oldukları ancak diğer alanlarda bulunan kalişlerin ise kalsit içerdikleri belirlenmiştir.
- 5) XRD analizleri ile kil mineral içerikleri belirleneniki istif boyunca yapılan çalışmalar kil mineral içeriklerinin hemen hemen aynı olduğunu göstermektedir. Yine çalışılan alanlarda simektit, illit, kaolinit ve klorit olarak tesbit edilen minerallere ek olarak paligorskitin otijenik varlığı da bulunmuştur.
- 6) Kalişlerin gösterdikleri tüm dokusal özellikler alfa ve beta kaliş olarak sınıflandırılmalarını sağlamıştır.
- 7) Duraylı izotop değerleri tatlı su ile dengede çökelim ortamını yansıtmaktadır. İzotop değerleri ODP Site çalışmaları ile karşılaştırılmış ve izotop yaşı olarak Genç Pliyosen-Pleistosen bulunmuştur. Bu da ortamda hakim kurak iklim ile ara dönem nemli ılık iklimsel geçişlerin varlığını ifade etmektedir.
- 8) Genel olarak çalışılan seviyeler karşılaştırıldıklarında mineralojik, petrografik ve jeokimyasal karakterlerinin benzer oldukları, arazide gözlenen fiziki özelliklerinin de hemen aynı oldukları söylenebilir. Duraylı izotop değerlerinin de benzer olması çalışılan örneklerin aynı iklimsel koşullar altında oluşum/değişim gösterdiklerini işaret etmektedir.

REFERANSLAR

Bullock, P. Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina, T. and Babel, U. 1985. Handbook of Soil Thin Section Description. Waine Research Publications, 150P.

Brewer, R. 1976. Fabric and Mineral Analysis of Soils. J&W Publication, 482P.

Çavuşgil.V. S. 1985. Adana-Kurttepe akarsu sekilerinde yer alan kalış ve Akdeniz Kırmızı Topraklarının oluşumları ve birbirleri ile olan ilişkileri üzerinde bir araştırma, Ç. Ü. Fen Bil. Ens., Toprak Anabilim dalı Doktora Tezi, Adana.

Dinç U. ve ark., 1985-2005. G.D, Güney ve Orta Anadolu Bölgeleri detaylı toprak etüt ve haritalama çalışmaları. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı-Çukurova Üniversitesi Projesi, Ankara.

Erol, O. 1973. Ankara şehri çevresinin jeomorfolojik ana birimleri. Dil, Tarih ve Coğrafya Fak. Yay. No. 240, 29 s, Ankara.

Erol, O. 1983. Türkiye'deki Neojen ve Kuvaterner yaşlı karasal formasyonların toprak oluşumu açısından özellikleri. I. Ulusal Kil Sempozyumu Bildirileri. Çukurova Üniversitesi, Adana.

FitzPatrick, E. A. 1993. Soil Microscopy and Micromorphology.J&W Publications, 304P.

Gürel, N. 1985. Çukurova Üniversitesi yerleşim alanında yer alan akarsu sekilerinde jeomorfoloji-toprak ilişkileri üzerine bir araştırma. Ç. Ü. Fen Bil. Ens., Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Gürel, N. 1992. Ceylanpınar Ovasında Bazalt Akıntıları Üzerinde Oluşan Toprakların Genesi".1992.Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.

Kapur, S., Saydam, C., Akça, E., Çavuşgil, V.S., Karaman, C., Atalay, İ. And Özsoy, T.1998. Carbonate Pools in Soils of The Mediterranean: A Case Study From Anatolia. In: Global Climate Change and Pedogenic Carbonates (Eds. R. Lal, J.M. Kimble, B.A. Stewart). Lewis Publishers. pp. 187-212.

Kapur, S. 1991. Neofomation of smectitic nodules in basaltic Vertisols. Turkish Journal of Engineering, TUBITAK, Ankara.

Kapur, S., Çavuşgil, V. S., Şenol, M., Gürel, N. and Fitzpatrick, E. A. 1990. Geomorphology and Pedogenic Evolution of Quaternary Calcretes in the northern Adana Basin of southern Turkey. Zeitschrift für Geomorphologie, No.34, S. 49-59.

Kapur, S., Çavuşgil, V. S. And FitzPatrick, E.A.. 1987, Soil-calcrete (caliche) relationship on a Quaternary surface of the Çukurova region, Adana (Turkey). Proceedings of the 7th Int. Meeting on Soil Micromorphology, Paris, 1985, pp. 597-605.

Kapur, S.,Yaman, S., Gökçen, S. L. And Yetiş, C. 1998. Soil stratigraphy and Quaternary caliche in the Misis area of the Adana Basin, Southern Turkey. CATENA, 20, 431-445.

Kubilay, N., N., Saydam, A. C., Yemenicioğlu, S., Kelling, G., Kapur, S., Karaman, C., and Akça, E. 1997. Seasonal chemical and mineralogical variability of atmospheric particles in the coastal region of the Northeastern Mediterranean. CATENA, 28 (3-4) 313-328, Elsevier.

Mermut, A.R., Montanarella, L., FitzPatrick, E.A., Eswaran, H., Wilson, M., Akca, E., Serdem, M., Kapur, B., Ozturk, A., Tamagnini, T., Çullu, M.A., Kapur, S., 2004. Excursion Book, 12th International Meeting on Soil Micromorphology, Adana, Turkey. Pub. of the European Commission, Joint Research Center-IES, The European Soil Bureau, Ispra, Italy.

Moore, D.M. ve Reynolds, R.C., 1989. X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Oxford Press, 332 p.

Nemeth, T., Zoltan, H. and Üveges, J. B. 2004. Quaternary clay deposition of the Marta Foothill areas: Visonta, Upper Panonian alluvial clays and Quaternary red clays, paleo-Sols. Field Guide, 2nd Mid-European Clay Conference, 20-24 Sept. 2004, Miskola, Hungary.

Raghavan, H. and Courty, M. A. 1987. Holocene and Pleistocene pedo-sedimentary environments in the Thar Desert (Didwana, India). In: Soil Micromorphology (Ed. N. Fedoroff, L. M. Bresson and M. A. Courty) Assoc. Française pour l' Etude du Sol, 639-646.

Stoops, G. 2003. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. Published by the Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Şenol, M. 1989. Adana-Balcalı/Çatalan Bölgesi Geç Tersiyer-Kuvaterner istifinin lito-pedolojik ve sedimantolojik incelenmesi. Fen Bil. Ens., Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana.

Thorez, J., 1976. Practical Identification of Clay Minerals, 89 p.

USDA. 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Natural Resources Conservation Service, Soil Survey Investigations Report No: 4.0, 700P.

**TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje No: 106Y172
Proje Başlığı: Ankara Bölgesi Pliyosen-Pleyistosen Paleosollerinin (Paleotopraklarının) Paleoklim Modellemesi
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Prof.Dr. Asuman G. Türkmenoğlu Prof.Dr. Selim Kapur Doç.Dr. İsmail Ömer Yılmaz Yrd.Doç.Dr. Erhan Akça Jeo. Yük. Müh. Ceren Küçükuysal
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnönü Bulvarı 06531 Ankara
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: Proje başka bir kurum tarafından desteklenmemiştir.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: Başlama Tarihi: 01.02.2007 Bitiş Tarihi: 01.12.2010
Öz (en çok 70 kelime) <p>Bu projede, Ankara bölgesinde yer alan Pliyosen-Pleyistosen yaşlı paleotoprakların arazi, mineralojik, petrografik, morfolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar yardımı ile paleoklim özelliklerinin açığa çıkarılması amaçlanmıştır. Çalışma alanı Ankara F-15 (İ29), Kırşehir İ30 ve Kırşehir J30 paftalarında yer almaktadır. Kırmızımsı kahverengi renkli paleosoller ile içerdikleri kalışler iklimsel veri taşıdıkları için çalışılmıştır. Elde edilen tüm veriler bölgedeki paleosollerin varlığını, içerdikleri kalışlerin süzülme ve kapillarite sonucunda oluştuklarını, izotop içerikleri ile mineral içerikleri karşılaştırıldığında ise nemli ve kırık iklimsel dönemlerin Pliyosen-Pleistosen döneminde etkili olduğunu göstermiştir.</p>

Anahtar Kelimeler: Paleoiklim, Paleosol, Kaliş, Ankara, Pliyosen-Pleyistosen

Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet Gerekli Değil

Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.

Projeden Yapılan Yayınlar:

Küçükuysal et al. ESR dating of calcrete nodules from Bala, Ankara (Turkey): Preliminary results. Appl. Radiat. Isotopes(2010),doi:10.1016/j.apradiso.2010.10.005