

**ESKİŞEHİR-ALPU YÖRESİNDEKİ SEDİMANTER
BİRİMLERİN MİNERALojİK VE JEOKİMYASAL
İNCELENMESİ**

**MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION
OF THE SEDIMENTARY UNITS AROUND ESKİŞEHİR-
ALPU**

BURCU SARPHELLİ

PROF. DR. ABİDİN TEMEL
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ Olarak Hazırlanmıştır.

2018

BURCU SARBELLİ' nin hazırladığı "**Eskişehir-Alpu Yöresindeki Sedimanter Birimlerin Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi**" isimli çalışma jüri tarafından **JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'** nda "**YÜKSEK LİSANS TEZİ**" olarak kabul edilmiştir.

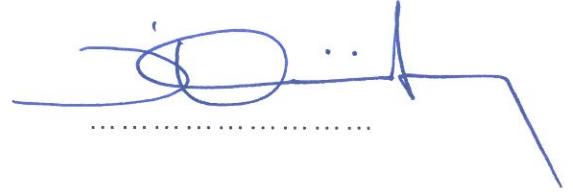
Doç. Dr. Zehra Semra KARAKAŞ
Başkan



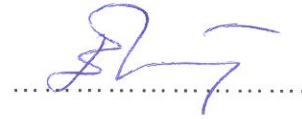
Prof. Dr. Abidin TEMEL
Danışman



Prof. Dr. Ali İhsan KARAYİĞİT
Üye



Doç. Dr. Elif VAROL MURATÇAY
Üye



Doç. Dr. H. Evren ÇUBUKÇU
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- ☐ **Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- ☒ **Tezimin/Raporumun 26.07.2021 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- ☐ **Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

- ☐ **Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

19/07/2018

Burcu SARPHELLİ

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

Tez içeriğinde bulunan bütün bilgi ve dökümanları akademik kurallar içerisinde temin ettiğimi,

Yazılı, görsel ve işitsel tüm bilgi ve sonuçları bilimsel kurallara uygun olarak verdiğimi,

Başkalarına ait tez ve makalelerden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu,

Tüm Atıfta bulunduğum eserleri, kaynak olarak gösterdiğimi,

Tezimin herhangi bir bölümünü başka bir üniversitede veya bu üniversitede başka bir çalışma olarak sunmadığımı

Beyan ederim.

19.07.2018

BURCU SARPBELLİ

ÖZET

ESKİŞEHİR-ALPU YÖRESİNDEKİ SEDİMANTER BİRİMLERİN MİNERALOGİK VE JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

Burcu SARBELLİ

Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abidin TEMEL

Haziran 2018, 62 sayfa

Bu tez çalışmasında, Eskişehir-Alpu bölgesinde gözlenen Miyosen yaşlı sedimanter birimlerin mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ile neoformasyon minerallerinin oluşum koşullarının ortaya konulması amaçlanmıştır. İnceleme alanında, metamorfikler ve ofiyolitlerden oluşan temel kayalar ile Neojen yaşlı sedimanter birimler gözlenmektedir. Temel kayalar üzerine uyumsuz olarak gelen sedimanter birimler, yaşlıdan gence doğru sırasıyla; M1 birimi, M2 birimi ve M3 biriminden oluşmaktadır. Tüm birimleri Kuvaterner yaşlı alüvyon uyumsuz olarak örtmektedir.

Örneklerin mineralojik bileşimi X-Işını Kırınımı yöntemiyle belirlenmiştir. Örneklerde; dolomit, kalsit, feldispat, mika, Opal-CT, manyezit, kuvars, siderit ve kil mineralleri tespit edilmiştir. Dolomitlerin Na, Mg ve Ca içeriği, tuzlu ve alkalin bir ortamda çökdiklerini göstermektedir. En yaygın kil minerallerinden simektitlerin kırıntılı malzemenin transformasyonu sonucu oluştuğu düşünülmektedir. İllit minerallerinin kristalinitesinin iyi gelişmiş olması, detritik kökenli olduğu ve metamorfiklerden türediğini göstermektedir. Jeokimyasal analiz sonuçları, inceleme alanındaki sedimentlerin, felsik magmatik kayalardan türediğini işaret etmektedir. Çalışma alanındaki sedimentlerin kıtasal koşulların hâkim olduğu, aktif kıta kenarı ve kıtasal ada yayı bölgesinde yer aldıkları ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Eskişehir, Alpu, Jeokimya, Mineraloji, Karbonat, Kil.

ABSTRACT

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF THE SEDIMENTARY UNITS AROUND ESKİŞEHİR- ALPU

Burcu SARPBELLİ

Master of Science, Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Abidin TEMEL

June 2018, 62 Page

The aim of this study is to determine the mineralogical and geochemical characteristics of Miocene aged sedimentary units in Eskişehir- Alpu region and to determine the formation conditions of neoformation minerals. In the study area, basement rocks consisting of metamorphics and ophiolites with Neogene aged sedimentary units are observed. Neogene age sedimentary units rests upon the basement rocks unconformably composed of, from older to younger, M1 unit, M2 unit and M3 Unit. All units unconformably overlain by the Quaternary alluvium.

Mineralogical composition of the samples were detected by X-Ray Diffraction method. Analyses show that there are dolomite, calcite, feldspar, mica, Opal-CT, magnesite, quartz, siderite and clay minerals in the samples. The Na, Mg, Ca contents of dolomites indicate that they are precipitated in a saline and alkaline environment. Smectites which are the most common clay minerals are thought to be formed as the result of the transformation of detrital materials. The well-developed crystallinity of the illite minerals suggest that it is of detrital origin and is derived from the metamorphic rocks. The results of geochemical analysis indicate that the sediments in the study area are derived from felsic magmatic rocks. Sediments are located in the active continental margin and continental island arc region which have the continental conditions.

Keywords: Eskişehir, Alpu, Geochemistry, Mineralogy, Carbonate, Clay.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde, Yüksek Lisans Tezi olarak, 2017 -2018 yılları arasında gerçekleştirilmiştir.

Tezimin oluşturulması esnasında, bilimsel bilgi ve deneyimini paylaşan, çalışmalarına eşlik eden, eleştirileriyle beni yönlendiren danışman hocam sayın Prof. Dr. Abidin TEMEL'e (H.Ü),

Tezimde kullanılan sondaj örneklerini temin eden, Prof. Dr. Ali İhsan KARAYİT'e ve Prof. Dr. Cemal TUNOĞLU'na (H.Ü),

Çok değerli danışman hocam ile yollarımı birleştiren bana her zaman güvenip sonsuz destek sağlayan çok kıymetli hocam Prof. Dr. Z. Fulya TEMEL'e (G.Ü),

Analiz ve laboratuvar çalışmalarında bilimsel bilgi ve deneyimleriyle bana yardımcı olan Doç. Dr. H. Evren ÇUBUKÇU'ya (H.Ü),

Tez çalışmamın çeşitli aşamalarında sorularıma cevap vererek tezimin oluşmasında katkı ve destekte bulunan değerli hocam Doç. Dr. Elif VAROL'a (H.Ü),

Laboratuvar çalışmalarını gerçekleştiren Jeoloji Mühendisliği Bölümünün teknisyen ve laborantlarına (H.Ü),

Her zaman bana inandıkları, hep yanımda oldukları ve saymakla bitmeyecek yardımları için Eşim ve Oğluma,

En içten dileklerimle teşekkür ederim.

Burcu SARPBELLİ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
EKLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı ve Coğrafik Özellikleri	1
1.3. Önceki Çalışmalar	3
2. MATERYAL VE METOD	8
2.1. Örneklem Çalışmaları	8
2.2. Laboratuvar Çalışmaları	10
2.2.1. X-RD Çözümleme Yöntemi	10
2.2.1.1.Tüm Kayaç Çözümlemeleri	10
2.2.1.2. Kil Fraksiyonu Çözümlemeleri	10
2.2.2. Elektron Mikroskop ve Mikroanaliz (SEM – EDS) Yöntemi.....	11
2.2.3. Jeokimyasal Analizler	11
3. BÖLGESEL JEOLJİ.....	12
3.1. Stratigrafi	12
3.1.1 Temel Kayaçlar	12
3.1.2. Miyosen Yaşlı Birimler	12
3.1.2.1. M1 Birimi	12
3.1.2.2. M2 Birimi	13
3.1.2.3. M3 Birimi	13

3.1.3. Pliyosen Yaşlı Birimler.....	13
3.1.4. Kuvaterner Yaşlı Birimler.....	14
3.2. Yapısal Jeoloji ve Tektonik.....	16
4. MİNERALOGİK İNCELEMELER	17
4.1. Giriş.....	17
4.2. Tüm Kayaç Çözümlemeleri	17
4.2.1. M2 Birimi	20
4.2.2. M3 Birimi	21
4.2.1. Kil Fraksiyonu Çözümlemeleri	22
4.2.1.1. M2 Birimi	24
4.2.1.2. M3 birimi.....	24
4.3 Elektron Mikroskop ve Mikroanaliz	25
5. JEOKİMYA	31
5.1 Giriş.....	31
5.2 Jeokimyasal Analizler	31
6. NEOFORMASYON MİNERALLERİNİN OLUŞUMU.....	44
6.1. Giriş.....	44
6.2. Karbonat Mineralleri	44
6.3. Kil Mineralleri.....	46
7. SONUÇLAR	48
KAYNAKLAR.....	50
EKLER	58
ÖZ GEÇMİŞ	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1: AK- A ve AK-B numaralı sondajdan alınan örneklerin derinlikleri	9
Çizelge 4.1: Alınan örneklerin sondaj numaraları ve birim adlarına göre dağılım..	17
Çizelge 4.2: AK-A numaralı sondajdan alınan örneklerin yarı kanittaif mineral yüzde dağılımları	18
Çizelge 4.3: AK-B numaralı sondajdan alınan örneklerin mineral yüzde dağılımları	19
Çizelge 4.4: M2 birimine ait örneklerin istatistiksel değerlendirmeleri	20
Çizelge 4.5: M3 birimine ait örneklerin istatistiksel değerlendirmeleri	21
Çizelge 4.6: AK-A numaralı sondajdan alınan örneklerin kil mineral yarı kantitatif yüzde dağılımları	23
Çizelge 4.7: AK-B numaralı sondajdan alınan örneklerin kil mineral yarı kantitatif yüzde dağılımları	23
Çizelge 4.8: Kil fraksiyonu için seçilen, M2 birimine ait örneklerin kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmeleri	24
Çizelge 4.9: M3 biriminde belirlenen kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmeleri	25
Çizelge 5.1: M2 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin ana oksit analiz sonuçları (%).....	32
Çizelge 5.2: M3 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin ana oksit analiz sonuçları (%).....	32
Çizelge 5.3: M2 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin iz element analiz sonuçları.	33
Çizelge 5.3: (Devam) M2 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin iz element analiz sonuçları.	33
Çizelge 5.3: (Devam) M2 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin iz element analiz sonuçları.	34
Çizelge 5.4: M3 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin iz element analiz sonuçları.	34
Çizelge 5.4: (Devam) M3 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin iz element analiz sonuçları.	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tez çalışmasının yapıldığı alanın yer bulduru haritası.....	2
Şekil 3.1: Çalışma alanının jeolojik haritası (Şengüler vd. [10] değiştirilerek alınmıştır)	14
Şekil 3.2 Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Şengüler vd. [10] değiştirilerek alınmıştır)	15
Şekil 4.1: M2 birimine ait AK-A-1 numaralı örnek küresel Opal-CT ve gözlenen bal peteği dokulu simektitler ve illitler.....	26
Şekil 4.2: M2 birimine ait AK-A-5 numaralı örnek karışık katmanlı illit ve simektit .	26
Şekil 4.3: M2 birimine ait AK-A-8 numaralı örnek bal peteği dokulu simektit.....	27
Şekil 4.4: M2 birimine ait AK-A-12 numaralı örnek, tipik hegzagonal katmanlı akordion dokulu kaolin, yapraksı klorit ve simektit.....	27
Şekil 4.5: M2 birimine ait AK-A-19 numaralı örnek tipik hegzagonal kaolin, yapraksı simektit.....	28
Şekil 4.6: M2 birirmine ait AK-A-25 numaralı örnek, yarı öz şekilli feldispat, feldispat ve karışık katmanlı illit, simektit. Feldispat kristallerinin yer yer simektite dönüştüğü gözlenmektedir.	28
Şekil 4.7: M2 birirmine ait AK-B-5 numaralı örnek, yarı öz şekilli feldispat ve bal peteği dokulu simektit. Feldispat kristallerinin yer yer simektite dönüştüğü gözlenmektedir.	29
Şekil 4.8: AK-B-21 numaralı örnek, yarı öz şekilli rombohedral manyezit	29
Şekil 4.9: M2 birirmine ait AK-B-1 numaralı örnek, yarı öz şekilli feldispat ve karışık katmanlı illit, simektit. Feldispat kristallerinin yer yer simektite dönüştüğü gözlenir.	30
Şekil 4.10: AK-B-17 numaralı örnek yarı öz şekilli siderit nodülleri ve yapraksı klorit.....	30
Şekil 5.1: M3 birimindeki dolomit örneklerinin Na/Ca-Mg/Ca grafiği	37
Şekil 5.2: M3 birimindeki dolomit örneklerinin Mg/Ca – Sr/Ca grafiği	37
Şekil 5.3: M2 birimine ait sondajlara göre gruplandırılmış Th/Co – La/Sc grafiği A: Bazik Kayç B: Felsik Kayaç (Cullers [36]; Okunlola and Idowu [37]).....	38
Şekil 5.4: M3 birimine ait sondajlara göre gruplandırılmış Th/Co – La/Sc grafiği A: Bazik Kayaç, B: Felsik Kayaç (Cullers, [36]; Okunlola and Idowu [37]).....	38

Şekil 5.5: M2 birimine ait örneklerinkondrite göre normalize edilmiş nadir toprak (NTE) değişim diyagramı (NTE içerikleri kondrite göre Boynton [30]'a göre normalize edilmiştir)	39
Şekil 5.6: M3 birimine ait örneklerinkondrite göre normalize edilmiş nadir toprak (NTE) değişim diyagramı (NTE içerikleri kondritegöre Boynton [30]'a göre normalize edilmiştir)	39
Şekil 5.7: M2 birimine ait örneklerin üst kabuğa (upper crust) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramı (NTE değişimleri Taylor ve McLennan [31]'e göre normalize edilmiştir)	40
Şekil 5.8: M3 birimine ait örneklerin üst kabuğa (upper crust) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramı (NTE değişimleri Taylor ve McLennan [31]'e göre normalize edilmiştir)	40
Şekil 5.9: M2 birimine ait örneklerin PASS (Post Archean Australian Shale)'a göre normalize edilmiş nadir toprak element değişim diyagramı (NTE değişimleri Taylor ve McLennan [32]'e göre normalize edilmiştir)	41
Şekil 5.10: M3 birimine ait örneklerin PASS (Post Archean Australian Shale)'a göre normalize edilmiş nadir toprak element değişim diyagramı (NTE değişimleri Taylor ve McLennan [32]'e göre normalize edilmiştir)	41
Şekil 5.11: M2 birimine ait örneklerin NASC (North American Shale)'a göre normalize edilmiş nadir toprak element değişim diyagramı (NTE değişimleri Haskin vd. [33]'e göre normalize edilmiştir)	42
Şekil 5.12: M3 birimine ait örneklerin NASC (North American Shale)'a göre normalize edilmiş nadir toprak element değişim diyagramı (NTE değişimleri Haskin vd. [33]'e göre normalize edilmiştir)	42
Şekil 5.13: Th-Sc-Zr/10 tektonik ortam ayırtman diyagramı (Bhatia ve Crook [38])	43

EKLER DİZİNİ

Ek 1: AK-A-5 numaralı örneğin X-ışınları Difraktogramı	58
Ek 2: AK-A-34 numaralı örneğin X-ışınları Difraktogramı	59
Ek 3: AK-A-1 numaralı örneğin X-ışınları Difraktogramı kil çekimi.....	60
Ek 4: AK-A-20 numaralı örneğin X-ışınları Difraktogramı kil çekimi.....	61
Ek 5: AK-A Sondajının Düşey Dğılımı	
Ek 6: AK-B Sondajının Düşey Dağılımı	



KISALTMALAR DİZİNİ

Dol: Dolomit

EDS: Enerji Dağılım Spektrometresi

Fds: Feldispat

İl: İllit

Kao: Kaolinit

Klo: Klorit

LREE/HREE: Hafif Nadir Toprak Element/ Ağır Nadir Toprak Element

Mgs: Manyezit

Opal-CT: Opal Kristobalit - Tridimit

Q: Kuvars

SEM: Taramalı Elektron Mikroskobu

Sid: Siderit

Sm: Simektit

X-RD: X-Işını Kırınımı

1.GİRİŞ

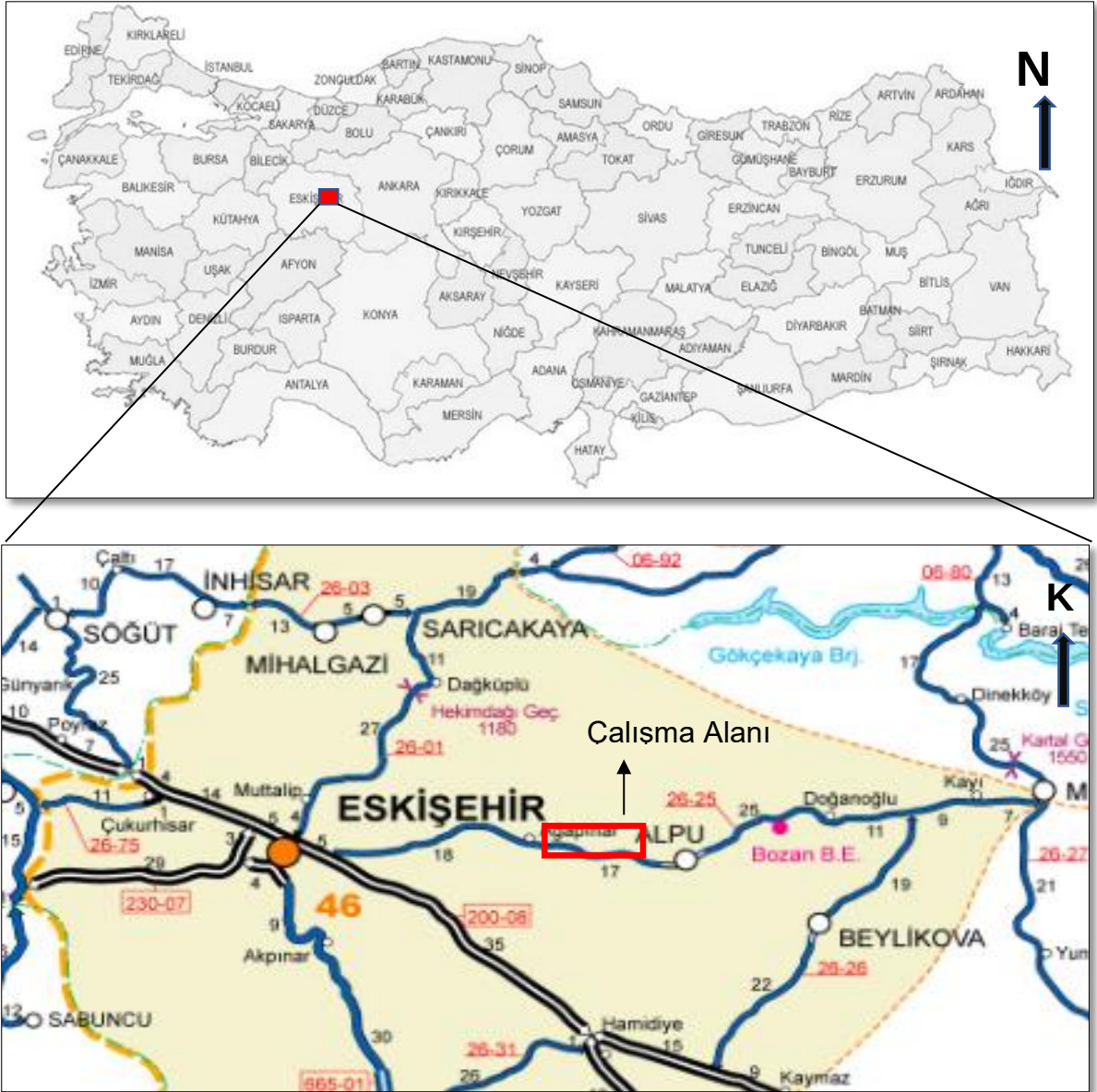
1.1. Amaç ve Kapsam

Bu tez çalışmasında, Eskişehir ilinin yaklaşık 49 km doğusundaki Alpu bölgesinde gözlenen Miyosen yaşlı sedimanter birimlerin sondaj verilerinden itibaren mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve neoformasyon minerallerinin oluşum koşullarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

Sondajlardan alınan örnekler üzerinde X-ışını kırınımı analizleri yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen tüm kayaç difraktogramları A.S.T.M [1] kartotekslerinden yararlanılarak örneklerin mineralojik bileşimleri belirlenmiş ve bu minerallerin yarı nicel yüzdeleri Gündoğdu [2] tarafından geliştirilen yöntemle göre hesaplanmıştır. X-ışını tüm kayaç analizlerinin sonuçlarına göre, kil minerali içeren 24 adet örnekte X-ışını difraktometre kil fraksiyonu analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre kil minerali bileşimleri ve yüzdelik oranları belirlenmiştir. Tüm kayaç ve kil fraksiyonu analiz sonuçlarına göre, karakteristik özelliklere sahip olan ve bölgede gözlenen sedimanların oluşumu hakkında fikir verebilecek örneklerden 17 adedi üzerinde, Kanada'da ACME-Laboratuvarlarında jeokimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen tüm bu analiz verileri ile inceleme alanının mineralojik özellikleri belirlenmiş ve bölgede gözlenen sedimanter kayaçların kökenlerine yönelik görüşler ileri sürülmüştür.

1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı ve Coğrafik Özellikleri

Çalışma alanı, Eskişehir Grabeni içinde olup (Şengüler [3]), Alpu İlçesine bağlı Ağapınar Mahallesi de içrisine almaktadır (Şekil 1.1). Eskişehir İl merkezine 49 km uzaklıkta olup, 1/25000 ölçekli İ25-b4, İ25-a3 paftalarında yer almaktadır. Bölgenin doğusunda Beylikova, güneyinde Mahmudiye, kuzeybatısında Sarıcakaya, kuzeydoğusunda Mihalıççık ilçelerinin bulunduğu, Alpu ovasında yer almaktadır. Bölge yer yer yükseltilere sahip olmakla birlikte, genel olarak yumuşak bir topografya sergilemektedir. Bölgedeki önemli yükseltiler; Bakacak Tepe (1127 m), Yokuşbaşı Tepe (1072 m) ve Otlukkaya Tepe (1107 m)'dir. İlçe, İç Anadolu Bölgesine özgü karasal iklime sahiptir.



Şekil 1.1. Tez çalışmasının yapıldığı alanın yer bulduru haritası

1.3. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı ve civarında çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar:

Sarız [6], Karatepe (Eskişehir) civarındaki manyezit oluşumlarının kökeni konusunu çalışmıştır. Araştırmacı, yöre manyezitlerinin iki Şekilde oluştuğunu, bunlardan birincisinin hidrotermal, diğerinin ise jel manyezit kökenli olduğunu ileri sürmüştür.

Altunel ve Barka [7]; Eskişehir fay zone ile ilgili çalışmalarda bulunmuşlardır. Bu çalışmaya göre inceleme alanındaki neotektonik yapıların üst kabuğun 1-2 km derinliklerinde yer aldığı ileri sürülmüştür. Ayrıca, Ege ve Batı Anadolu bloğunu, Kuzeyde Orta Anadolu bloğundan ayıran Eskişehir fayının, İnönü ile Sultandere doğusu arasındaki aktivitesi, geometrisi ve kinematik özellikleri belirlenmiştir. Araştırmacılar, Eskişehir fayı BKB-DGD (Batı-Kuzeybatı, Doğu-Güneydoğu) doğrultulu, normal bileşenli ve sağ-doğrultu atımlı bir fay zone olduğunu ve Sultandere ile İnönü bölgeleri arasında birbirini takip eden segmentler halinde uzandığını ortaya koymuştur. Fay zone, Holosen yaşlı birimleri kesmesi ve bu birimler içindeki yapıların depolanma sırasında oluştuğunu, bu sebeplede faydaki hareketliliğin devam ettiğinin altını çizmiştir. Eskişehir ile İnönü havzalarının oluşumunda Eskişehir fay zoneunun önemli rol oynaması ve fayın Sultandere ile İnönü havzaları arasında deprem riski en çok olanının, Oklubal-Turgutlar arasındaki segment olduğu ileri sürülmüştür.

Selçuk [8]; tez çalışmasında Kaymaz bölgesinde yer alan Eskişehir fay zoneunun oluşturduğu gerilme alanı içerisinde kalan; Mahmudiye, Çifteler ve Emirdağ havzalarının Neotektonik evrimini belirlemeyi ve bu verilere dayanarak sismisite ilişkilerini yorumlamayı amaçlamıştır. Araştırmacı, çalışmasında Neojen birimlerini detaylı olarak inceleyerek, ilk kez Çifteler Formasyonu ve Ilıcabaşı Formasyonlarını tanımlamıştır. Çalışma alanındaki fayları, Eskişehir Fay Zoneu, Orhaniye Fay Zoneu ve Alpu Fay Zoneu olarak incelemiştir. Eskişehir Fay Zoneunun, çalışma alanı içerisinde üç farklı segmentten oluştuğunu ileri sürmüş olup, bu segmentleri, Yörükkaracaören, Barkaçı-Kaymaz ve Pasakadın segmentleri şeklinde adlandırmıştır. Diğer taraftan, Çifteler - Mahmudiye - Emirdağ havzasının

iki farklı kökene sahip havza dolgusu olduğu ortaya konulmuştur. İnceleme alanındaki fay düzlemi üzerinde yapılan ölçümler ile kinematik analiz çalışmaları yapılmış ve farklı deformasyon alanlarının etkili olduğunu saptanmıştır. Çalışmada 16 istasyondan 77 adet fay düzlemi, üzerinde sapma açısı ölçümü ve fay çizliği belirlemiş olup, elde edilen sonuçlara dayanarak Alpu Fay Zonunda D-B yönünde bir genişleme ve K-G yönünde bir sıkışma olduğu ileri sürülmüştür.

Şengüler [3]; Eskişehir havzanın batısında bulunan İnönü-Oklubalı bölgesinde yapılan sondajdan elde edilen verileri değerlendirerek kömürleşmeye ilişkin ve kömür damarlarının yönelimlerine ilişkin yorumlar yapmıştır. Kuzeyde bulunan Seyitömer havzasında linyitli çökellerin üzerini, uyumsuz olarak örten Miyosen-Pliyosen yaşlı çökeller ve arasında da düşük kalitede linyit düzeylerini gözlemlemiştir. Bu genç çökellerin kumtaşı-silttaşı-marn-kireçtaşı aralanmasından oluştuğunu, kimi yerlerde kömürlü seviyelerin yok olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacı, İnönü Oklubalı bölgesinde yapılan sondajlarda kesilmiş olan kömürün, ana grabenleri oluşturan faylardan daha genç ve düşey atımlı faylar ile gömülmüş olan bir alanda olduğunu belirtmiştir. İnönü- Oklubalı sondajında gözlenen çökellerin stratigrafik özelliklerinin Seyitömer havzasına benzediğini, kömürlerin ultimate ve proximate analizlerinin, Eskişehir havzasının güneybatısındaki kömürler ile benzerlik göstermesi nedeniyle Seyitömer havzasındaki kömürlerin eş değeri olduğu görüşünü de desteklemiştir.

Emre vd. [9] tarafından, bölgenin 1:250000 Ölçekli Diri Fay Haritası hazırlanmıştır.

Şengüler vd. [10]; Alpu bölgesinde yaptıkları çalışmada, sondaj verilerine göre Eskişehir-Alpu sahasındaki kömürlerin 250-450 m arasında değişen derinliklerde olduğunu saptamışlardır. Üst damar kalınlığının 0.55–30.3 metre arasında, alt damar kalınlığının ise 5.85–31.6 metre arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar; “üst damarın ortalama ısı değeri 2000 kcal/kg, alt damarın ortalama ısı değeri 2500 kcal/kg civarında olduğunu ve iki damar arasındaki gri yeşil kilit taşı düzeyleri içinde 20-30 m arasında değişen kalınlıklarda bitümlü şeyl seviyelerinin yer aldığını” vurgulamışlardır. Alt damar üzerindeki ve 2 ile 5 metre arasında gri renkli, ince taneli kumtaşı düzeyinin ayırtman özelliği olduğunu da

ortaya çıkarmışlardır. Bu değerlendirmelerin yanı sıra havzada rezerv belirleme çalışmalarının ön değerlendirmelerini yapmışlardır.

Şengüler vd. [11]; çalışma sahasındaki kömür damarlarının, özellikleri bakımından çevredeki diğer birimlerden önemli farklılıklar göstermesinden dolayı sismik yansıma yöntemi sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Havzadaki arazi şartları ve yapılan sondajlara göre birbirini kesen iki hat üzerinde sık sismik yansıma verisi toplanmış ve bu verilerle sismik yansıma son kesitleri elde etmişlerdir. Sondaj verileri ile yapılan korelasyon neticesinde ise, bu seviyelerin ofiyolitlere denk geldiğini saptamışlardır. Araştırmacıların yorumladıkları kesitlere göre, sismik temelin, süreksizlik yüzeyleri ve derinleştiği alanlarda izlenen ve yansıma yüzeyleri, kil-kömür ve giriş-çıkış zonu olarak belirlenmiş ve sondaj çalışmalarının devam ettiği yerlerden temin edilen veriler ile sismik kesitlerden yapılan jeofiziksel yorumların örtüştüğünü ortaya koymuşlardır.

Usta [12], yaptığı tez çalışmasında Alpu havzasındaki yeni linyit oluşumlarının değerlendirmesini yapmış ve bu amaçla linyit oluşumlarının jeolojisini, palinolojisini, fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiştir. Çalışmanın yapıldığı dönemde Eskişehir-Alpu linyitleri henüz yeni çalışılan bir bölge olduğu için, yakın çevredeki benzer yaşlarda çökelen linyitlerle karşılaştırmalar yapılmıştır. Araştırmacı, Eskişehir-Alpu linyitlerinin palinomorf ve organik madde topluluklarını tanımlamış ve fasiyeslere ayırmıştır. Tanımlama ve ayırma çalışmalarından elde ettiği bulgularını Ankara-Çayırhan, Bursa-Keles ve Konya-İlgın linyitlerinin palinomorf ve organik madde toplulukları ile karşılaştırmıştır. Bu çalışmadan elde edilen palinolojik bulgular ve daha önceki yaş tayini çalışmalarına göre Eskişehir-Alpu, Ankara-Çayırhan, Bursa-Keles ve Konya-İlgın linyitlerinin Miyosen zaman aralığında çökeldiğinin altını çizmiştir. Bunun yanı sıra Eskişehir-Alpu ve Ankara-Çayırhan palinomorf toplulukları bölgede o dönemde dağlar arasında meydana gelen bataklık ortamlarında biriktiğini vurgulamıştır.

Yapıcı [4], yaptığı tez çalışmasında Eskişehir-Alpu yöresindeki kömürlerin element analizlerini yapmış ve element jeokimyası üzerine çalışmıştır. Çalışma alanında yapılan 5 adet sondajda alt ve üst damar halinde kesilen kömürlerden alınan örneklerin ana ve iz element analizleri tez kapsamında değerlendirilmiştir.

Sondajlardan elde edilen kömür örneklerinin; havada kuru bazda ortalama kül içeriği, ortalama bağlı karbon içeriği ve ortalama alt ısı değerlerini hesaplamıştır. Araştırmacı, Eskişehir – Alpu yöresinde Miyosen yaşlı kömürlerde ana elementleri olarak Na, Ca Mg, Fe, Si, P, K, Al, Ti, Mn, ve S tespit etmiştir. Sondaj verilerine dayanarak bu yöreye ait kömürlerin ana element içerikleri, dünya kömürleri ana element ortalamasına göre oldukça zenginleşmiş olduğunu vurgulamıştır. Çalışma konusunu oluşturan kömürlerin zenginleşme faktör değerleri Mn, P, K ve Ca için <1 olarak hesaplanmış ve buna bağlı olarak üst kıtasal kabuğa göre tükenmiş olduğu, diğer ana elementlerde ise zenginleşme olduğunu belirtmiştir. Bütün bu verilere dayanarak araştırmacı, Alpu havzası Miyosen yaşlı kömürlerin düşük kömürleşme derecesine sahip olduğunu vurgulamıştır.

Şengüler vd. [13], çalışmalarında Eskişehir fay zonunun kuzeyindeki, Neojen yaşlı linyitli çökellerin paleoekolojisini ve palinolojisini araştırmışlardır. Palinolojik topluluklar M2 birimi olarak adlandırdıkları birimin, alttan üste doğru çakıltaş, kiltaş, alt seviyeye ait linyit seviyesi, bitümlü marn, kumtaş, kiltaş ile üst seviyeye ait linyit seviyeleri, kumtaş, kiltaş ve ince taneli çakıl taşlarından oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Palinolojik topluluklardaki formların bollukları ve biyostratigrafik önemlerine göre, tortullaşmanın geç Erken Miyosen - Orta Miyosen süresince gerçekleşmiş olabileceğini yorumlamışlardır. Palinolojik veriler, Eskişehir havzasındaki linyit içerikli seviyelerin sıcak ve nemli iklim şartları altında çökelediğini, açık alan bitkileri ise kuraklık dönemlerin varlığını gösterdiğini ileri sürmüşlerdir. Palinolojik verilere göre, Eskişehir Havzasındaki kömürlü seviyelerin çökelişini araştırmış ve bu çökellerin sıcak ve nemli iklim koşulları altında gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır.

Taşkıran [14] tarafından yapılan tez çalışmasında, Mahmudiye-Alpu (Eskişehir) ilçeleri arasındaki alanın, jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri ortaya konularak, elde edilen veriler ile bölgenin jeotermal enerji potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Sahadan alınan su örneklerinin kimyasal ve izotop analiz sonuçlarına göre, sular genellikle aynı kökenli, kalsiyum bikarbonatlı meteorik sulardan beslenmekte olduğu kanısına varılmıştır. Silisyum jeotermometresi sonuçlarına göre, çalışma sahasındaki sıcak suların rezervuar sıcaklıklarının 73-100°C arasında değişebileceği belirtilmiştir. Ayrıca 10 adet

örnekte asal gazlar ve helyum izotop analizleri yapılmış, karbondioksit ve metan-azot, baskın gazlar ile kabuksal helyum katkısının fazla olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma alanı önemli bir jeotermal potansiyele sahip olduğu vurgulanmış, sahada yapılacak ayrıntılı araştırmalarla çevre önlemlerini de dikkate alarak geliştirilmesi gerektiğinin altını çizmiştir.

Usta ve Kutluk [15]; Alpu linyitlerinin sondaj verilerine göre, ortalama kalınlık, bağlı karbon değeri, kükürt değeri, ısı değeri ve rezerv gibi özellikleri incelemiş olup, ayrıca Türkiye’de ki diğer linyit oluşumları ile de karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucu ise Alpu linyitlerinin önemli ekonomik değere sahip olduğunun altını çizmişlerdir.

Seyitoğlu vd. [16], Eskişehir Fay Zonunun, İnegöl'den (Bursa) Cihanbeyli'ye kadar uzanan Türkiye'nin en önemli neotektonik yapılarından biri olduğunu, söz konusu bu fayın Eskişehir şehri için önemli bir sismik risk oluşturduğunu ileri sürmüşlerdir. Saha çalışmalarından elde edilen yapısal veriler, sağ yanal doğrultu atımlı Eskişehir Fay zonunun, yaklaşık olarak K60B eğilimindeki bir ana diziyi gösterdiğini belirlemişler ve Bahçehisar ve Çukurhisar-Sultandere segmentlerinin konumları sismik verilerle kontrol etmişlerdir. Çukurhisar-Sultandere segmentinin 1956 olayının kırılma kaynağı olabileceği ve olası bir potansiyel sismik kaynak olduğu düşünülmüş ve Eskişehir yerleşimini ciddi Şekilde etkileyebilecek deprem potansiyeline sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Toprak vd. [17]; Eskişehir-Alpu Havzasında MTA tarafından yapılan sondajdan alınan kömür numuneleri ile havzadaki kömürleşme derecesinin belirlenmesi için petrografi ve X-RD analizleri yapmıştır. Kömürlerin kömürleşme derecesinin düşük ve bitümlü olduğunu ortaya konmuştur. Yapılan palinolojik analizlerin sonucu, çökeltme ortamının bataklık ve klastik bataklık olduğu şeklinde yorumlanmış ve buna dayanarak kömür oluşumu sırasında yeraltı su tablasının değişken olduğu kanısına varmıştır.

Tün vd. [18], Eskişehir’de 17.01.2015 tarihinde meydana gelen depremin, basen boyunca hareketleri ölçülerek ve alansal değişim haritası oluşturulmuştur. Araştırmacılar, ANA03 olarak adlandırdıkları istasyonu yakın istasyon ve diğer

istasyonları uzak istasyon olarak almışlardır. Kent merkezinde, ölçülen kayıtlar kullanılarak Eskişehir baseni için soğrulma etkisini tartışmışlardır.

Erkoyun [19], yaptığı çalışma kapsamında, Alpu kömür sahasındaki killeri ile ara seviyeli kömürlerin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini belirlemek amacı ile sondajlardan alınan örneklerin türlerini belirleyerek, oluşum ortamlarını araştırmıştır. Bu kapsamda jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal analizler, sahada yapılan sondaj loglarından alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bölgede genel olarak smektit, feldispat, kaolinit, dolomit, illit, siderit, kuvars, aksesuar olarak, jips, amfibol pirit ve alunit gözlemlenmiştir. Ana kayalarda klorit, muskovit, serpantin, feldispat mineralleri ve matriksleri kısmen killeşmiş, feldispat kalıntıları üzerinde simektit parçaları ve plakamsı illit kristallerinin diyajenez koşullarında, alkali koşullar altında çözülme ve yığılma mekanizmasıyla oluştuğunun desteklediğini ortaya koymuştur.

2. MATERYAL VE METOD

Bu tez çalışması; örnekleme çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları olarak iki aşamadan oluşmaktadır.

2.1. Örnekleme Çalışmaları

Tez kapsamında, çalışma alanında daha önce yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve literatür taraması yapılmıştır. Çalışma alanı genel hatları ile kömür havzasını kapsadığı için geçmişten günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından kömüre yönelik oldukça fazla çalışma yapmıştır. Bu çalışmalar başta kömür araştırması olmak üzere inceleme alanının genel jeolojisi ve yapısal özelliklerini aydınlatır niteliktedir.

Bu tez çalışmasında, daha önce yapılmış olan sondajlardan alınan örnekler AK-A ve AK-B serileri olarak adlandırılmıştır. AK-A sondajından 34, AK-B sondajından ise 22 adet örnek alınmıştır. Çalışma alanındaki iki sondajdan alınan örnekler stratigrafiye uygun olarak ayırtlanmıştır. Çizelge 2.1 de sondajlardan alınan örneklerin derinlikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1: AK- A ve AK-B numaralı sondajdan alınan örneklerin derinlikleri

Alpu AK-A nolu sondaj			Alpu AK-B nolu sondaj		
Sondaj	Örnek No	Derinlik (m)	Sondaj	Örnek No	Derinlik (m)
AK-A	34	2,00-2,05	AK-B	22	9,21-9,33
AK-A	33	13,25-13,30	AK-B	21	50,70-50,90
AK-A	32	19,45-19,50	AK-B	20	99,25-99,30
AK-A	31	26,30-26,35	AK-B	19	242,62-242,70
AK-A	30	36,50-36,55	AK-B	18	275,95-276,00
AK-A	29	38,95-39,00	AK-B	1	280,84-280,96
AK-A	28	49,40-49,46	AK-B	2	293,82-293,93
AK-A	27	52,25-52,29	AK-B	3	304,51-304,58
AK-A	26	53,40-53,45	AK-B	4	318,55-318,60
AK-A	25	62,15-62,20	AK-B	5	331,07-331,16
AK-A	24	70,94-71,00	AK-B	6	340,31-340,37
AK-A	23	71,33-71,38	AK-B	7	361,69-361,76
AK-A	22	81,40-81,44	AK-B	8	370,28-370,37
AK-A	21	87,30-87,35	AK-B	9	377,40-377,50
AK-A	20	92,45-92,50	AK-B	10	392,47-392,54
AK-A	19	92,75-92,79	AK-B	11	411,90-412,00
AK-A	18	94,65-94,72	AK-B	12	417,57-417,65
AK-A	17	106,75-106,80	AK-B	13	434,83-434,97
AK-A	16	129,90-129,95	AK-B	14	444,56-444,68
AK-A	15	142,95-143,00	AK-B	15	466,95-467,00
AK-A	14	146,75-146,81	AK-B	16	468,35-468,42
AK-A	13	153,05-153,11	AK-B	17	490,40-490,45
AK-A	12	167,15-167,19			
AK-A	11	178,70-178,78			
AK-A	10	181,70-181,77			
AK-A	9	191,10-191,16			
AK-A	8	202,90-202,95			
AK-A	7	204,75-204,83			
AK-A	6	206,30-206,37			
AK-A	5	210,90-210,95			
AK-A	4	226,10-226,15			
AK-A	3	251,05-251,10			
AK-A	2	259,40-259,47			
AK-A	1	268,50-268,55			

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Sondajlardan alınan örnekler, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında öncelikle kırma ve öğütme yöntemi ile hazırlanarak, X-RD tüm kayaç ve kil fraksiyonu çözümlemeleri ve SEM incelemeleri ile ACME laboratuvarlarında (Bureau Veritas Commodities Canada Ltd.), jeokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. X-RD Çözümleme Yöntemi

X-RD çözümlemeleri, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde, Rigaku D/Max-2200/PC Marka X-ışını Difraktometre Cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem ile alınan örneklerdeki mineraller ve kil fraksiyonu oluşturabilecek diğer mineraller saptanarak yarı nicel olarak yüzdeleri hesaplanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında, Gündoğdu [2] tarafından geliştirilen yöntemle göre sideritin yanıt oranı $0.1614 \pm 0,01$ olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.1. Tüm Kayaç Çözümlemeleri

X-RD çözümleme yönteminin tüm kayaç uygulaması için gerekli olan toz difraktogramlar aşağıdaki koşullarda elde edilmiştir.

Anot: Cu (Cu K α , λ : 1,54056 Å)

Gerilim: 40 Kv

Akım: 40 mA

Gonyometre hızı: 2°/dak

Tüm kayaç çözümlemeleri için yapılan analizler sonucu elde edilen difraktogramlardan, A.S.T.M. [1] kartotekslerinden yararlanılarak mineraller saptanmıştır. Buna göre kalsit, dolomit, siderit, manyezit, kuvars, Opal C-T, kil, mika ve feldispat'ın yarı-nicel yüzdeleri hesaplanmıştır. Belirlenen minerallerin yarı nicel yüzdeleri Gündoğdu [2] tarafından verilen yöntemle göre hesaplanmıştır.

2.2.1.2. Kil Fraksiyonu Çözümlemeleri

Kil fraksiyonu yönteminde difraktogramlarının kaydı sırasında kullanılan aletsel koşullar X-RD tüm kayaç çözümlemelerindeki koşullarla aynıdır. Tüm kayaç analiz sonuçlarına göre kil içeren örnekler saptandıktan sonra, kayaç numunelerine kil ayırma yöntemi uygulanmıştır. Kil fraksiyonu ayırma ve tanımlama işlemi Gündoğdu ve Yılmaz [20]'da belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Bu yöntem, kimyasal çözme (karbonat, sülfat vb. mineraller ile organik maddenin uzaklaştırılması), yıkama, santrifüjleme ve sifonlama (sedimentasyon metodu ile

kil fraksiyonu ayrımı) aşamalarından oluşmaktadır. Ayırma işlemi gerçekleştirildikten sonra, elde edilen kil fraksiyonlarının (2 µm'dan küçük malzeme) mineralojik çözümlmeleri için normal, etilen, glikollü ve fırınlı olmak üzere üç farklı difraktogram kaydı yapılmıştır. Bu sonuçlara göre kil minerallerinin tanımlanması ve yarı nicel olarak yüzde hesaplamaları (001) yansımasına göre yapılmıştır.

2.2.2. Elektron Mikroskop ve Mikroanaliz (SEM – EDS) Yöntemi

SEM-EDS (Elektron mikroskop ve mikroanaliz) çalışmaları, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde, Zeiss Evo 50 Ep taramalı elektron mikroskop ve cihaza tümleşik Bruker Xflash 3001 SDD-EDS (Silicon Drift Detector – Energy Dispersive Spectrometer) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Görüntüleme sırasında ivmelendirici gerilim 15 kV, demet akımı 10-30 pA ve çalışma mesafesi 10 mm şeklinde tutulmuştur. Analizler sırasında demet akımı 3-5 nA seviyesine artırılmış, sayma süresi ise 60 saniye olarak sabitlenmiştir.

2.2.3. Jeokimyasal Analizler

Jeokimyasal analizler mineralojik değerlendirmelere göre 17 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Analizler ACME laboratuvarlarında (Bureau Veritas Commodities Canada Ltd.), gerçekleştirilmiştir. Bu laboratuvara gönderilen örneklerle ait tüm kayaç ana ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin ICP-OES ve MS yöntemi ile iz element ve ana oksit, LOI ile ateşte kayıp, Leco ile de C ve S analizleri yapılmıştır.

3. BÖLGESEL JEOLojİ

3.1. Stratigrafi

Çalışma sahası, Eskişehir il merkezinin doğusunda ve Eskişehir grabeni içerisinde yer almaktadır (Şengüler [3]). Bölgede Neojen yaşlı çökeller hâkim olup, stratigrafik istif MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan sondajlar ve araştırmalar ile belirlenmiştir (Şengüler, [11]) (Şekil 3.1). Çalışma alanında temel kayaçları metamorfikler ile ofiyolitler oluşturmaktadır. Temel kayaçlar üzerine uyumsuz olarak Miyosen yaşlı M1, M2 ve M3 birimi olarak adlandırılan çökeller gelmektedir (Şekil 3.2). Miyosen yaşlı birimlerin üzerinde ise Pliyosen yaşlı gevşek çakıltaşı, kıltaşı seviyelerinden oluşan çökeller yer almaktadır. Bütün birimleri, Kuvaterner yaşlı alüvyon uyumsuz olarak örtmektedir (Şengüler vd. [10], [11]) (Şekil 3.2).

3.1.1 Temel Kayaçlar

Paleozoyik yaşlı metamorfikler ve Mesozoyik yaşlı ofiyolitler temel kayaçları oluşturmaktadır.

Metamorfik kayaçlar, eklojit lensleri granatlı amfibolit, glokofan-lavsonit şist, piyemontitli kuvarsit, mermer ve epidot-albit şist aralanması şeklindedir (Usta [12]). Metamorfik kayaçlar, Sivrihisar kuzeyinden itibaren Eskişehir kuzeyine doğru devam etmekte olup, genelde mavi, açık yeşil, koyu sarı renkli kıvrımlı ve kırıklı bir yapı sunar. Metamorfik kayaçlar inceleme bölgesinin birçok yerinde ofiyolitik kayaçlarla tektonik olarak dokanak sunmaktadırlar. Düzenli istif sunmayan ofiyolitli melanji, serpantin, radyolaritler, diyabaz, radyolaryalı kireçtaşları, çamurtaşları, şist blokları ve kireçtaşı ile yer yer serpantinleşmiş peridotit ve yer yer metamorfizma geçirmiş gabro ve diyabazlardan oluşmaktadır (Gözler vd., [21]).

3.1.2. Miyosen Yaşlı Birimler

Eskişehir Havzasının temelinde yer alan Mesozoyik yaşlı kayalar üzerine diskordans olarak Miyosen yaşlı birimler gelmektedir. Bu çökellerin tabanında gevşek tutturulmuş kumtaşı, çakıltaşı ve kıltaşıdan oluşan m1 birimi ve üzerine uyumsuz olarak yerleşen M2 ve M3 birimleri yer almaktadır.

3.1.2.1. M1 Birimi

Bu birim Miyosen yaşlı kayaçların tabanını oluşturmakta olup, kalın tabakalı, gri ve çoğunlukla kahverengi-kırmızı rengi ile ayırt edilir. Bu birimin başlangıcı tabana ait çakıltaşı ve iri konglomeralardan oluşur (Siyako vd. [22]). Bu çakıllar genelde şist,

diyabaz, radyolarit, gabro çört, serpantinit, granadiyorit ve kireçtaşlarından meydana gelir. Lisvenitleşmenin yoğun görüldüğü yerlerdeki konglomeralarda çimento, limonit ve kalsedon olup, metamorfiklerin ve karbonatların olduğu yerlerde ise CaCO_3 çimentoları görülmektedir (Gözler vd. [21]).

Bu birim çalışma sahasında 20-40 metre arasında değişken kalınlıklar sunar.

3.1.2.2. M2 Birimi

M1 üstüne gelen M2 birimi alttan üste doğru kimi yerler çakıllı, yeşil kıltaşı, linyit damarları, bantlı gri kumtaşları, koyu yeşil renkli silttaşı, kahve renkli bitümlü marn, yeşil kıltaşı, tekrarlayan linyit damarları ve yeşil renkli kıltaşı, sarımsı kumtaşı ve ince taneli çakıltaşıdan oluşan bir istif sunmaktadır. İstif çoğunlukla yeşil ve sarı renkli olup yer yer alacalı renkler göstermektedir (Gözler vd. [21]). Bu birimde çok ince tabakalar halinde gözlenen kıltaşı ve marnların alt seviyeleri kırmızımsı renkte olup, üste doğru yeşil renge geçmektedir. Birimde kıltaşı ve marnların üst seviyeleri sarı renklidir. Marn seviyeleri arasında kimi yerlerde ince kumlu kireçtaşı bantları gözlenir. Sarımsı kireçtaşları içerisinde yer yer kuvarsit, ofiyolit, mermer, radyolarit ve granadiyorit çakılları görülmektedir. Marn ve kıltaşı seviyeleri içinde ise konglomera ile geçişli ince kumtaşı seviyeleri bulunmaktadır. Marn ve killi killer genellikle havzanın en derin kesimlerinde görülmektedir (Şengüler vd. [10]). M2 birimi içinde havzanın güneyinde tuf ve tufite rastlanmaktadır. Bu birimler pembemsi, beyaz ve koyu kırmızı renklerde ince piroklastiklerden oluşmaktadır.

Bu biriminin kalınlığı çalışma bölgesinde 350-600 metre arasında değişkenlik göstermektedir.

3.1.2.3. M3 Birimi

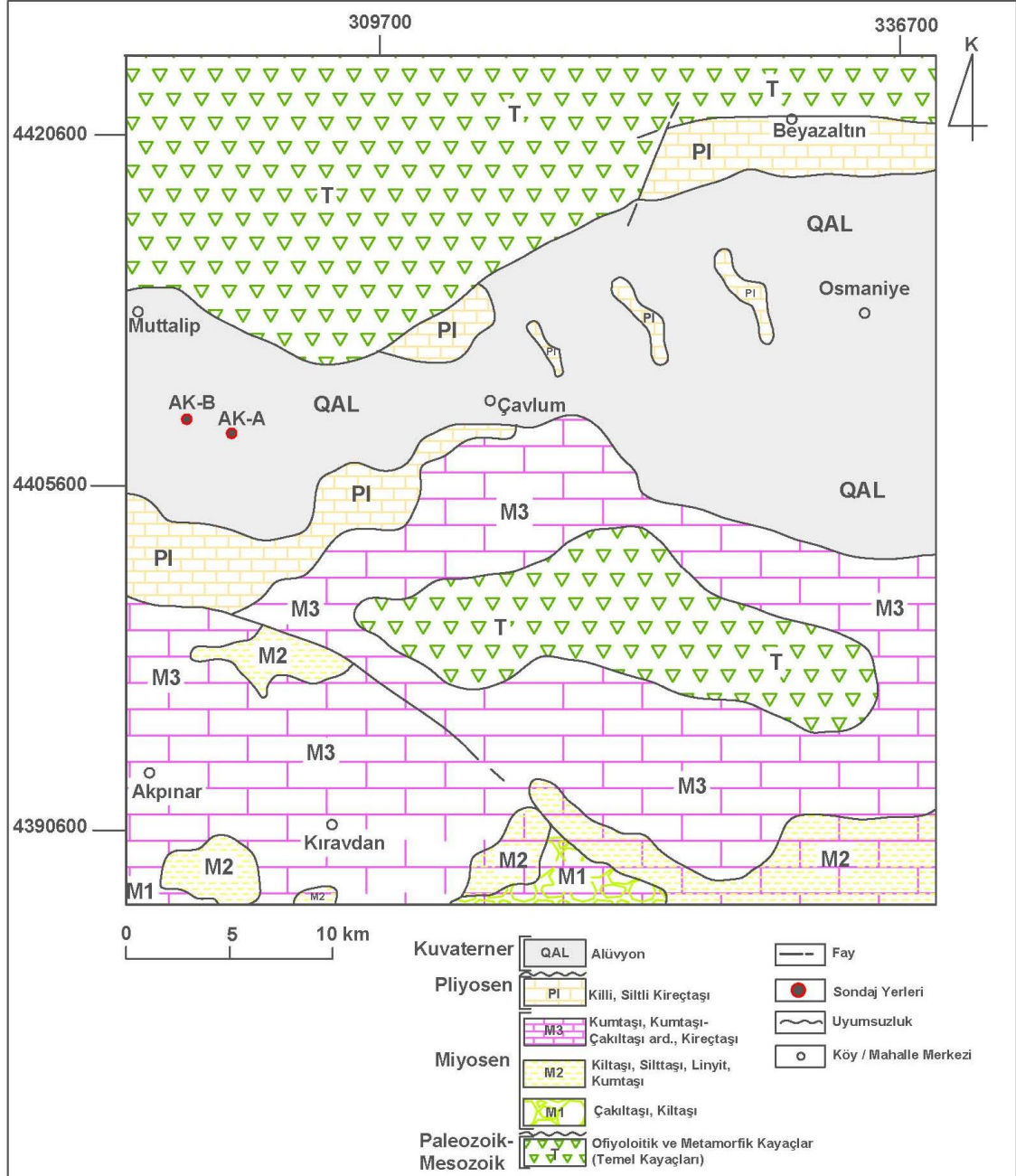
M2 birimini üzerleyen M3 biriminde ise yer yer gözlenen yanal geçişli kireçtaşı, kumtaşı ve çakıltaşı ardalanması gözükmemektedir. Kireçtaşları beyaz, krem ve gri renklerde olup, genellikle dağılımı mercekler şeklindedir (Toprak vd. [17]). Çalışma alanında M3 biriminin kalınlığı ortalama 30-40 m arasındadır.

3.1.3. Pliyosen Yaşlı Birimler

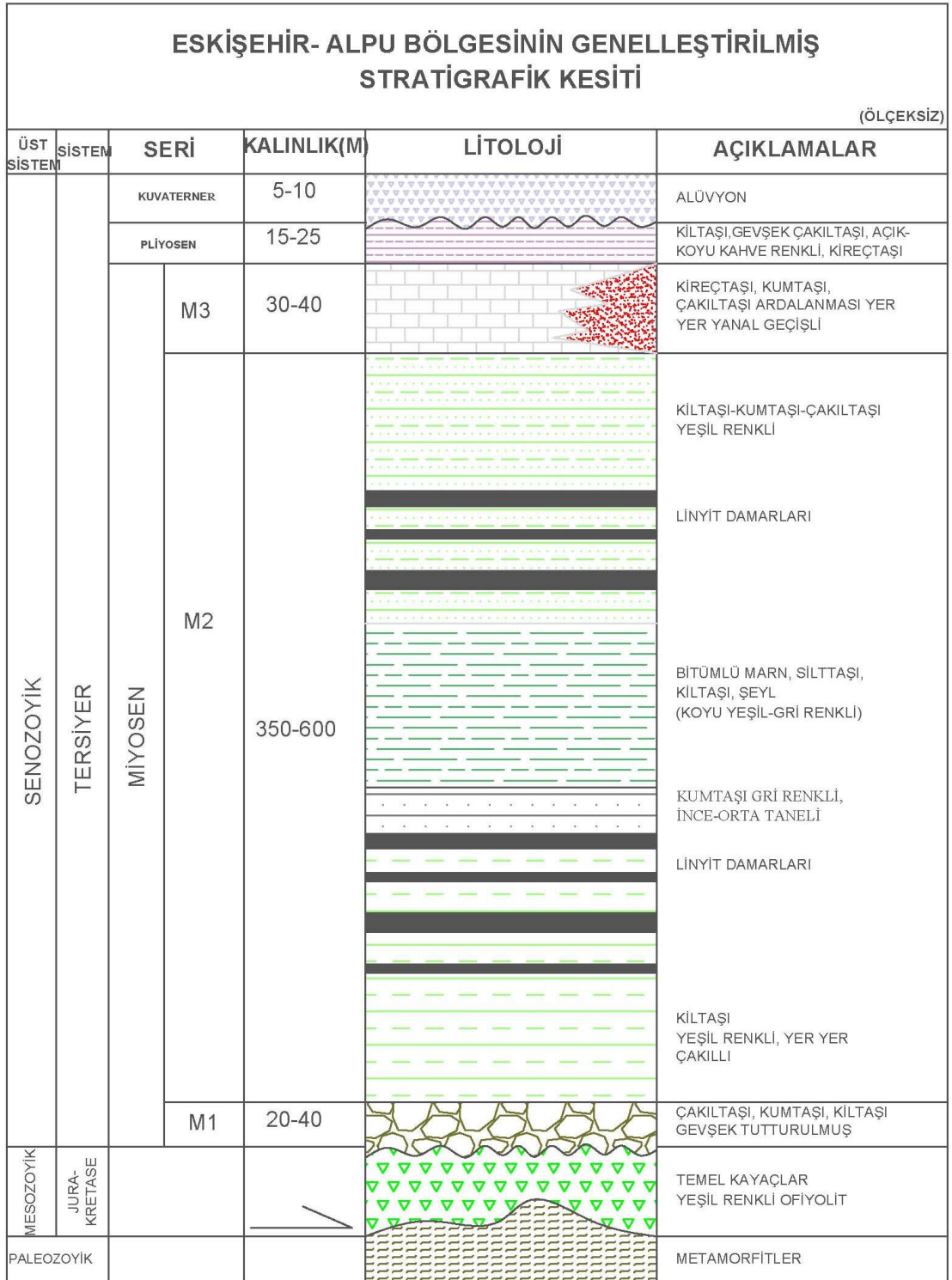
M3 birimi üzerine gelmiş olan pliyosen çökelleri gevşek tutturulmuş çakıltaşı, krem-kahve kıltaşı ve killi kireçtaşı ile temsil edilir. Bu birimde yer alan çakıltaşı seviyeleri, daha önceki birimlere ait çakılları içermektedir. Çakılların boyutları 1-10 cm arasında olup, bu birimin kalınlığı 15-25 m arasında değişim göstermektedir.

3.1.4. Kuvaterner Yaşlı Birimler

En genç birim ise kuvaterner yaşı, gevşek tutturulmuş kum, silt, kil, çakıl, içeren alüvyon, yamaç molozu ve güncel çökeller uyumsuz olarak tüm birimleri örter. Ortalama kalınlık çalışma alanında 5-10 m arasındadır.



Şekil 3.1: Çalışma alanının jeolojik haritası (Şengüler vd. [10] değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 3.2 Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Şengüler vd. [10] değiştirilerek alınmıştır)

3.2. Yapısal Jeoloji ve Tektonik

İnceleme alanı, geç Kretase-Eosen zaman aralığında K-G yönlü sıkışma rejimi etkisi altında gelişen faylanmalar ve kıvrımlanmalar ile plütonik ve volkanik faaliyetlerden etkilenmiştir (Usta [12]). Orta Sakarya'daki söz konusu havzaların oluşumundan sonra Erken ve Orta Miyosen'de linyit oluşumuna uygun küresel iklim koşullarının sağlanmasıyla linyit birikimleri gerçekleşmiştir. Bu çalışmanın konusunu oluşturan havzalar linyit oluşumlarının tamamlanmasından sonra neotektonik dönemdeki hareketlerden de etkilenmişlerdir. Usta [12] Orta Sakarya'da geniş bir bölgeyi kapsayan yükselilerin neden olduğu graben ve yarı grabenlerin, Miyosen'de linyit birikimleriyle sonuçlanan Alpu, Mihallıçcık, Çifteler, Nallıhan, Çayırhan, Beypazarı gibi havzaların oluşmasına temel teşkil ettiği görüşüne varmıştır.

Eskişehir civarındaki Alpu ve İnönü ovalarının oluşumunda Eskişehir fay zone önemli rol oynamıştır. Eskişehir fay zone, Batı ve Orta Anadolu neotektonik rejimlerini ayıran bir zone niteliğinde olup kuzeybatıda İnegöl ilçesi ile güneydoğuda Sultanhanı arasında uzanan yaklaşık 400 km uzunluğunda, 10-20 km genişliğinde, sağ yönlü doğrultu atımlı, normal bileşenli olarak tanımlanan fay zoneudur (Altunel ve Barka [7]).

Eskişehir fay zoneunun doğrultusu BKB-DGD olup, fay zone İnegöl'den Tuz Gölü'ne kadar uzanmaktadır ve birbirini takip eden basamak düzeninden oluşmaktadır (Koçyiğit [23]; Bozkurt [24]) (Şekil 1). Şaroğlu ve diğerleri [25], Eskişehir fayını ilk önce Eskişehir-Bursa fay zoneu olarak adlandırmış, batıda Uludağ'dan doğuda Kaymaz'a kadar uzandığı belirtilerek, İnönü-Dodurga fay zoneu, Eskişehir fay zoneu ve Kaymaz fay zoneu olarak alt bölümlere ayrılmıştır. Şaroğlu ve diğerleri, [25] tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay haritasında da gösterilen bu alt bölümler Altunel ve Barka [7] tarafından ise Eskişehir fay zoneu olarak adlandırılmıştır.

4. MİNERALojİK İNCELEMELER

4.1. Giriş

Eskişehir-Alpu bölgesinde yapılan sondajlardan alınan örnekler üzerinde öncelikle X-RD tüm kayaç analizleri yapılarak mineral bileşimleri belirlenmiştir. Daha sonra seçilen 24 örnek için kil fraksiyonu analizi yapılmış ve kil minerallerinin türleri saptanmıştır. 16 örnek üzerinde ise, SEM–EDS tekniği kullanılarak minerallerin dokusal özellikleri belirlenmiştir. Örneklerin sayısı ve birimlere göre dağılımı Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1: Alınan örneklerin sondaj numaraları ve birim adlarına göre dağılım

BİRİM ADI:	SONDAJ NO:		TOPLAM
	AK-A	AK-B	
M2	31	20	51
M3	3	2	5

4.2. Tüm Kayaç Çözümlemeleri

Çalışma alanında yapılan, Çizelge 4.1’de sunulduğu üzere 2 farklı sondajdan toplam 56 örnek alınmıştır. X-ışınları çekimleri sonucunda minerallerin karakteristik pikleri kullanılmıştır. Kil minerali için karakteristik pik noktası 4.45 A°, kalsit minerali için 3.04 A°, kuvars minerali için 3.34 A°, mika minerali için 9.92 A°, feldispat minerali için 3.18-3.20 A°, Dolomit minerali için 2.89 A° pikleri belirlenmiş ve kullanılmıştır. Sahada daha az gözlenen Opal C-T minerali için 4.04 A°, manyezit minerali için 2.74 A°, siderit minerali için 2.79 A°, karakteristik pik noktaları seçilerek kullanılmıştır. Bazı karakteristik X-ışınları difraktogramları Ek 1 ve 2’de verilmiştir. Tüm kayaç çözümlemeleri analiz sonucu elde edilen difraktogramlara göre AK-A sondajından alınan örneklerin mineral yüzde dağılımları Çizelge 4.2’de, AK-B numaralı sondajdan alınan örneklerin mineral yüzde dağılımları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Bu tez çalışmasında saptanan minerallerin sondajlara göre düşey dağılımları ve derinlikleri AK-A numaralı sondaja ait olan, Ek 5’ de, AK-B numaralı sondaja ait olan, Ek 6’da verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda örneklerde; kil, kuvars, feldispat, Opal-CT, dolomit, manyezit, siderit, kalsit ve mika mineralleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.2: AK-A numaralı sondajdan alınan örneklerin yarı kanittaif mineral yüzde dağılımları

BİRİM	SONDAJ NO	KİL (%)	DOLOM İT (%)	FELDİS PAT (%)	MİKA (%)	OPAL-CT (%)	KUVAR S (%)	KALSİ T (%)	MANYE ZİT (%)	SİDERİT (%)
M2	AK-A-1	80	2	4	-	7	2	-	5	
	AK-A-2	65	-	6	16	-	5	-	4	3
	AK-A-3	60	-	4	15	14	4	-	-	3
	AK-A-4	89	2	-	-	-	9	-	-	-
	AK-A-5	97	-	-	-	-	1	2	-	-
	AK-A-6	84	-	3	-	-	11	-	-	2
	AK-A-7	64	-	12	-	10	14	-	-	-
	AK-A-8	97	-	-	-	-	3	-	-	-
	AK-A-9	95	-	-	-	-	2	3	-	-
	AK-A-10	52	3	10	8	-	15	12	-	-
	AK-A-11	56	1	7	31	-	2	3	-	-
	AK-A-12	53	1	5	28	-		12	-	-
	AK-A-13	44	7	6	30	4	8	1	-	-
	AK-A-14	48	2	12	20	-	14	1	-	-
	AK-A-15	89	3	2	-	-	6	-	-	-
	AK-A-16	91	1	4	-	-	4	-	-	-
	AK-A-17	62	-	8	18	-	10	2	-	-
	AK-A-18	36	27	7	16	7	6	1	-	-
	AK-A-19	72	-	4	15	4	5	1	-	-
	AK-A-20	56	7	5	21	6	5		-	-
	AK-A-21	32	4	10	36	7	11	-	-	-
	AK-A-22	87	2	5	-	-	4	2	-	-
	AK-A-23	69	5	6	14	-	5	-	-	-
	AK-A-24	76	-	4	12	-	6	2	-	-
	AK-A-25	18	-	42	37	-	3	-	-	-
	AK-A-26	73	4	4	13	3	4	-	-	-
	AK-A-27	64	15	13	-	-	8	-	-	-
	AK-A-28	49	36	4	-	6	5	-	-	-
	AK-A-29	44	35	3	8	5	5	-	-	-
	AK-A-30	51	6	1	44	-	2	-	1	-
	AK-A-31	44	55	-	-	-	1	-	-	-
M3	AK-A-32	14	82	-	-	4	-	-	-	-
	AK-A-33	47	38	-	12	-	-	1	-	-
	AK-A-34	-	95	-	-	5	-	-	-	-

Çizelge 4.3: AK-B numaralı sondajdan alınan örneklerin mineral yüzde dağılımları

BİRİ M	SONDAJ NO	KİL (%)	DOLOM İT (%)	FELDİS PAT(%)	MİKA (%)	OPAL- CT(%)	KUVAR S(%)	KALSI T (%)	MANYE ZİT (%)	SİDERİT (%)
M2	AK-B-1	63	1	3	21	-	5	3	2	-
	AK-B-2	23	-	19	39	-	18	11	-	-
	AK-B-3	42	-	21	21	-	17	-	1	-
	AK-B-4	-	-	16	65	-	19	-	-	-
	AK-B-5	95	-	2	0,39	-	0,61	2	-	-
	AK-B-6	22	-	-	-	-	-	77	-	1
	AK-B-7	81	12	-	7	-	10	-	-	-
	AK-B-8	86	-	-	8	-	5	-	-	1
	AK-B-9	83	1	2	9	-	5	-	-	-
	AK-B-10	72	-	-	17	-	11	-	-	-
	AK-B-11	70	-	5	17	-	8	-	-	-
	AK-B-12	67	2	6	19	-	4	2	-	-
	AK-B-13	-	-	34	36	14	14	2	-	-
	AK-B-14	-	-	55	40	-	5	-	-	-
	AK-B-15	52	-	13	12	5	7	2	9	-
	AK-B-16	49	-	20	15	6	10	-	-	-
	AK-B-17	50	-	15	25	-	5	3	-	2
	AK-B-18	59	3	6	24	-	8	-	-	-
	AK-B-19	46	-	4	41	-	7	2	-	-
	AK-B-20	77	-	4	13	-	6	-	-	-
M3	AK-B-21	23	6	-	-	-	-	-	71	-
	AK-B-22	98	-	-	-	-	-	2	-	-

4.2.1. M2 Birimi

Çalışma kapsamında daha önce yapılan stratigrafik ayırtlamalara göre M2 biriminde, 2 sondajda toplamda 51 adet örnek bulunmaktadır. Yapılan analizler sonucunda bu örneklerde; kil, kuvars, feldispat, Opal-CT, dolomit, manyezit, siderit, kalsit ve mika mineralleri belirlenmiştir. Örneklerin tüm kayaç çözümüleme sonuçlarına göre M2 birimine ait örneklerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. İstatistiksel verilere göre bu birimde kil mineralleri hâkim olup siderit mineralleri seyrek görülmektedir.

Tüm kayaç analiz sonuçlarına göre, birime hâkim, kil mineralleridir. %94,11 bulunuş frekansı olup ortalama yüzdesi 61,92 civarındadır. Karbonat minerallerinden, sideritin bulunuş frekansı %11,76 olup, istifin alt seviyelerinde M2 biriminde altı örnekte gözlenirken, yedi örnekte gözlenen manyezit %19,35 bulunuş frekansı ile M2 biriminde düşük oranlarda tespit edilmiştir. Kalsitin bulunuş frekansı her birimde %40 civarındadır. En yaygın olarak gözlenen karbonat minerali olan dolomitin bulunuş frekansı M2 biriminde ise %49’dur. Ayrıca, dolomitin artış gösterdiği seviyelerde Opal-CT’nin de artış gösterdiği, feldispatın ise azaldığı hatta hiç gözlenmediği tespit edilmiştir. Kuvarsın bulunuş frekansı %96 olmasına rağmen yüzdelik olarak düşük oranlarda gözlenmektedir. Sideritin hem bulunuş frekansı olarak hem de yüzdelik olarak en düşük orana sahip mineral olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.4: M2 birimine ait örneklerin istatistiksel değerlendirmeleri

Mineral Adı	Bulunuş Frekansı (%)	En Az (%)	En Fazla (%)	Aritmetik Ortalama (%)
Kil	94,11	18	97	61,92
Mika	72,54	7	65	21,93
Feldispat	82,35	1	55	9,67
Dolomit	49,02	1	55	9,48
Opal – CT	27,45	3	14	7
Kuvars	96,08	0,61	19	5,64
Kalsit	41,18	1	77	5,14
Manyezit	19,35	1	9	3,66
Siderit	11,76	1	3	2

4.2.2. M3 Birimi

Daha önce yapılan stratigrafik ayırtlamalara göre M3 biriminde, 2 sondajda toplamda 5 adet örnek bulunmaktadır. Yapılan analizler sonucunda; kil, dolomit, mika, Opal-ct, kalsit ve manyezit mineralleri saptanmıştır. Örneklerin tüm kayaç çözümüleme sonuçlarına göre M3 birimine ait örneklerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. İstatistiksel verilere göre birimde dolomit mineralleri hâkim olup, Opal-CT ve kalsit mineralleri daha seyrektr. Manyezit minerali birime ait bir örnekte olup, oldukça yüksek miktarlarda gözlenmektedir.

Tüm kayaç analiz sonuçlarına göre, karbonat minerallerinden, manyezit %20 bulunuş frekansı ile M3 biriminde yüksek oranda tespit edilmiştir. Kalsitin bulunuş frekansı her iki birimde de %40 civarındadır. En yaygın olarak gözlenen karbonat minerali olan dolomitin bulunuş frekansı %80’dir. Orta seviyelerde yoğunlaşan, kil minerallerinin bulunuş frekansı %80 civarında olup, üst seviyelerde doğru oldukça azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.5: M3 birimine ait örneklerin istatistiksel değerlendirmeleri

Mineral Adı	Bulunuş Frekansı (%)	En Az (%)	En Fazla (%)	Aritmetik Ortalama (%)
Dolomit	80	6	95	55,25
Kil	80	14	98	45,5
Opal – CT	40	4	5	4,5
Kalsit	40	1	2	1,5
Manyezit	20	0	71	71
Mika	20	0	12	12

4.2.1. Kil Fraksiyonu Çözümlemeleri

Tüm kayaç çözümlemeleri gerçekleştirilen 56 örnekten kil içeren 24 numune üzerinde X-RD-kil fraksiyonu çözümlemeleri yapılmıştır. X-ışınları çekimleri sonucunda minerallerin karakteristik pikleri kullanılmıştır. Analizleri yapılan örneklerde simektit, illit, kaolinit ve klorit mineralleri saptanmıştır. Simektit minerali, tüm örneklerde gözlenmekte olup, ortalama bulunuş yüzdesi diğer minerallere göre daha fazladır.

Simektit türü kil mineralinin karakteristik pik noktası yaklaşık olarak 18.42, 18.04, 17.22 A°'a kadar genişler. Klorit mineralinin karakteristik pikleri 14.78, 14.61, 14.56 ve 14.18 A°'dur. İllit mineralinin karakteristik pikleri ~10 A°'dır.

Kil fraksiyonu çözümlemesi sonucu elde edilen difraktogramlara göre AK-A numaralı sondajdan alınan örneklerin kil mineral yüzde dağılımları Çizelge 4.6'da AK-B numaralı sondajdan alınan örneklerin kil mineral yüzde dağılımları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Yapılan kil fraksiyonu sonucu elde edilen difraktogramlar Ek 3 ve 4'de verilmiştir.

Sonuç olarak inceleme alanında, kil minerallerinden genel olarak simektitin hâkim olmasına rağmen, illit, klorit ve kaolinit mineralleri de gözlenmektedir.

Çizelge 4.6: AK-A numaralı sondajdan alınan örneklerin kil mineral yarı kantitatif yüzde dağılımları

BİRİM	SONDAJ NO	SİMEKTİT (%)	KLORİT (%)	İLLİT (%)	KAOLİNİT (%)
M2	AK-A-1	83	5	7	5
	AK-A-3	66	22	11	1
	AK-A-5	68	11	-	21
	AK-A-8	81	5	2	11
	AK-A-10	60	14	9	17
	AK-A-12	38	15	8	39
	AK-A-14	60	9	17	14
	AK-A-16	48	13	9	30
	AK-A-19	68	13	9	10
	AK-A-20	67	12	11	10
	AK-A-23	74	13	9	4
	AK-A-26	71	17	9	3
	AK-A-30	33	7	13	7
M3	AK-A-32	27	18	35	20

Çizelge 4.7: AK-B numaralı sondajdan alınan örneklerin kil mineral yarı kantitatif yüzde dağılımları

BİRİM	SONDAJ NO	SİMEKTİT (%)	KLORİT (%)	İLLİT (%)	KAOLİNİT (%)
M2	AK-B-1	34	22	14	30
	AK-B-3	12	20	14	54
	AK-B-5	97	-	3	-
	AK-B-8	24	4	16	56
	AK-B-10	11	4	31	54
	AK-B-12	44	18	20	18
	AK-B-15	73	12	7	8
	AK-B-17	49	14	9	28
	AK-B-20	33	19	45	3
M3	AK-B-22	91	-	9	-

4.2.1.1. M2 Birimi

Daha önce yapılan tüm kayaç analizlerinin değerlendirilmesi sonucuna göre, M2 biriminden 2 sondajda toplam 22 adet örnek üzerinde kil fraksiyonu analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda; simektit, illit, klorit ve kaolinit mineralleri saptanmıştır. Örneklerin kil fraksiyonu sonuçlarına göre M2 birimine ait örneklerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. İstatistiksel verilere göre, birimde simektit mineralleri hâkim olup, diğer mineraller daha az ve aynı oranlarda gözlenmektedir.

Yapılan çalışmalara göre simektit tüm örneklerde tanımlanmıştır. Kloritin bulunuş frekansı %95 civarında olup istifin daha çok orta seviyelerinde gözlenirken, %95 bulunuş frekansı ile illit istifin üst seviyelerinde gözlenmektedir. Aynı oranlardaki kaolinit minerallerinin yüzdesi arttıkça simektitin yüzdelik olarak azaldığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.8: Kil fraksiyonu için seçilen, M2 birimine ait örneklerin kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmeleri

Mineral Adı	Bulunuş Frekansı (%)	En Az (%)	En Fazla (%)	Aritmetik Ortalama (%)
Simektit	100	11	97	52,54
Kaolinit	95,4	1	56	19,45
Klorit	95,4	4	31	13,09
İllit	95,4	2	45	13,04

4.2.1.2. M3 birimi

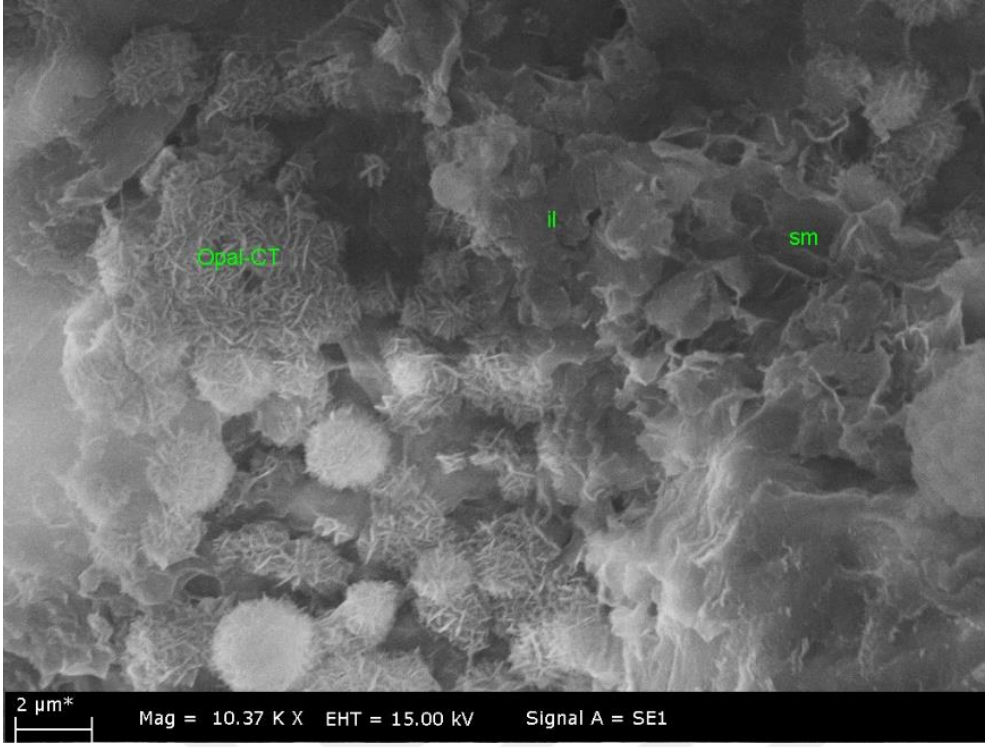
Çalışma kapsamında daha önce yapılan tüm kayaç analizlerinin değerlendirilmesi sonucunda yapılan kil fraksiyonu analizi, M3 biriminde, 2 sondajda toplamda 2 adet örnek üzerinde yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda simektit, illit, kaolinit ve klorit mineralleri saptanmıştır. Örneklerin kil fraksiyonu sonuçlarına göre M3 birimine ait örneklerin istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. İstatistiksel verilere göre bu birimde, simektit mineralleri hâkim olup, diğer mineraller daha seyrek klorit mineralleri ise en az gözlenmektedir.

Çizelge 4.9: M3 biriminde belirlenen kil minerallerinin istatistiksel değerlendirmeleri

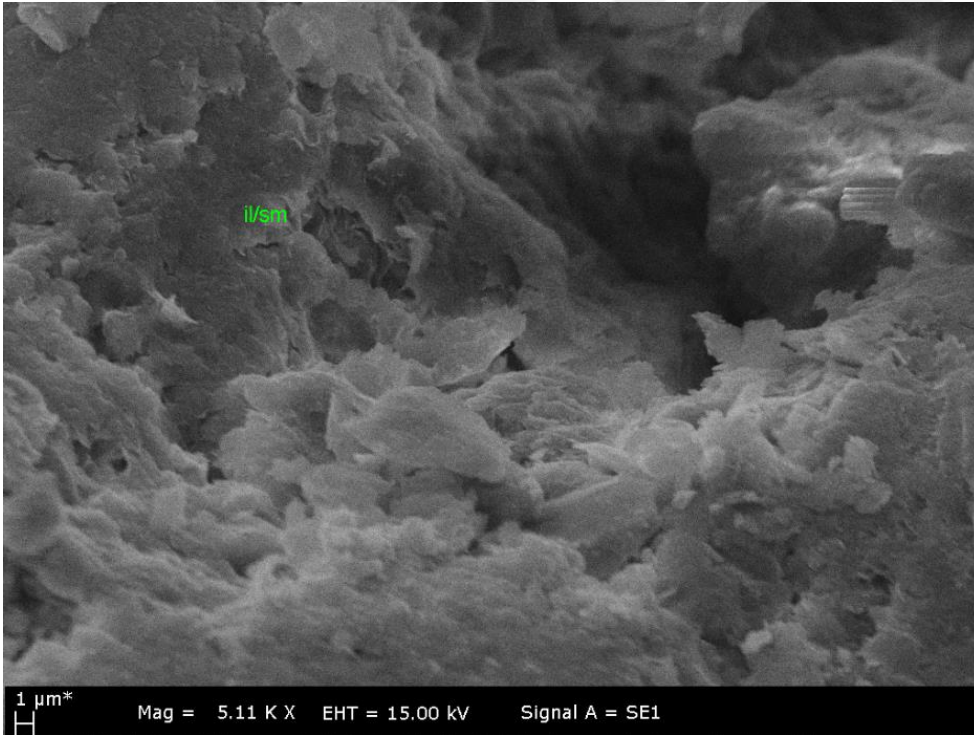
Mineral Adı	Bulunuş Frekansı (%)	En Az (%)	En Fazla (%)	Aritmetik Ortalama (%)
Simektit	100	27	91	72,5
İllit	100	9	35	22
Kaolinit	50	0	20	10
Klorit	50	0	18	9

4.3 Elektron Mikroskop ve Mikroanaliz

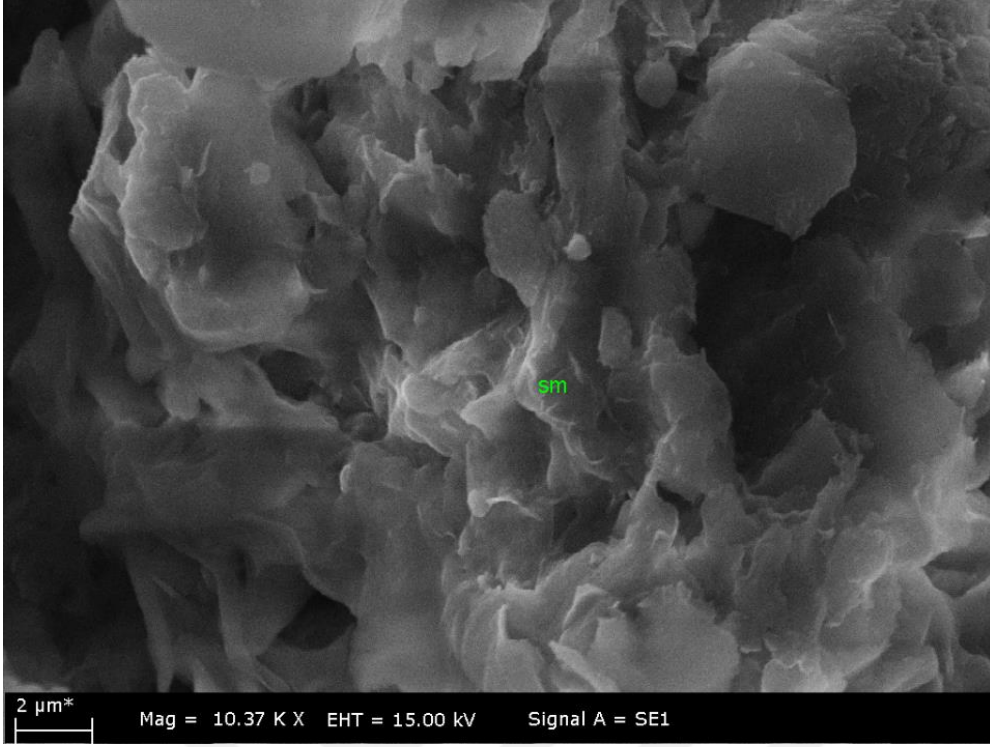
Tüm kayaç X-RD çözümlmeleri gerçekleştirilen 56 örnekten seçilen 16 adedi üzerinde elektron mikroskop görüntülemesi yapılmıştır. Görüntü incelemeleri mineralojik analiz sonuçlarına göre kil mineral içeriği fazla olan örneklerde yoğunlaştırılmıştır. İncelemelerde Bal peteği dokulu simektitlerin, küremsi Opal-CT yığınları üzerinde büyüdüğü gözlenir (Şekil 4.1). Yer yer illit ve simektit minerallerinin birlikte büyüdüğü gözlenmiştir (Şekil 4.2). M2 birimindeki yeksek oranda simektit içeren AK-A-8 numaralı örneğin X-RD sonuçlarına bakıldığında %81 simektit, %11 kaolinit, %5 klorit, %2 illit içermekte olup, Şekil 4.3’de görüldüğü gibi bal peteği dokusu sunan morfolojisi ile ayırtlanmıştır. Klorit grubu minerallerin simektitler ile ara katkılı, tipik yapraksı Şekilde büyüdüğü gözlenmiştir (Şekil 4.4). M2 biriminde gözlenen kaolinler tipik hegzagonal kristalli ve simektitler ile birlikte büyüdüğü gözlenir (Şekil 4.5). Bazı örneklerde özellikle Şekil 4.6 ve 4.7’de gözlendiği gibi simektit mineralinin, feldispat minerali üzerinde ve kenarında geliştiği gözlenmiştir. Bu durum, simektitlerin oluşumunda feldispat minerallerinden itibaren oluştuğunu göstermektedir. Manyezit minerallerinin en yoğun gözlendiği M3 birimini temsil eden AK-B-21 numaralı örneğin X-RD sonuçlarına göre içeriği; %23 kil, %6 dolomit, %71 manyezittir. Şekil 4.8’de manyezit mineralleri özşekilli, yarı özşekilli, merceksi ve ince çubuksu kristaller şeklinde gözlenmiştir. Simektit mineralleri ile birlikte gözlenen dolomit, özşekilli ve yarı özşekilli prizmatik kristaller ve yer yer özşekilsiz kristaller şeklinde oluşmuştur (Şekil 4.9). Siderit az miktarda bulunsa da özellikle klorit ve simektit ile bir arada ve nodüler bir yapı sunmaktadır (Şekil 4.10).



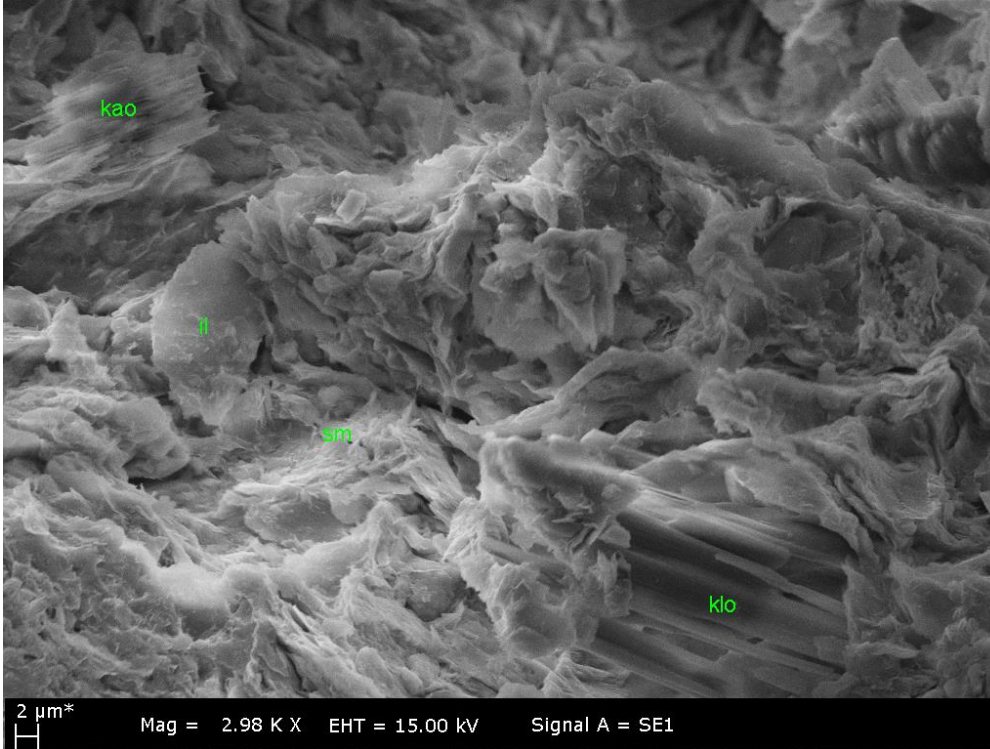
Şekil 4.1: M2 birimine ait AK-A-1 numaralı örnek küresel Opal-CT ve gözlenen bal peteği dokulu simektitler ve illitler.



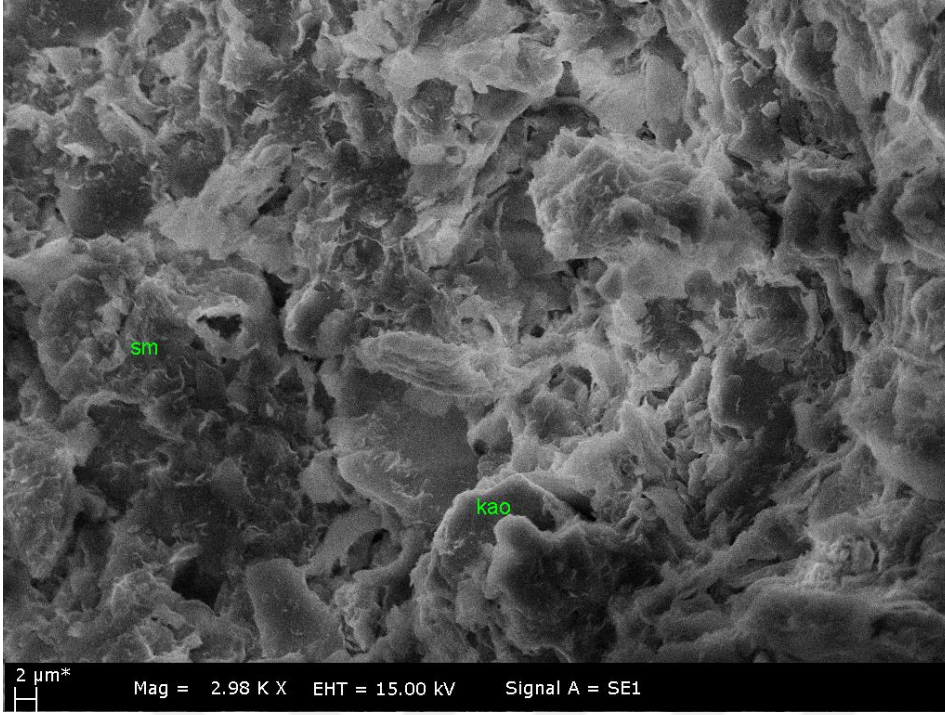
Şekil 4.2: M2 birimine ait AK-A-5 numaralı örnek karışık katmanlı illit ve simektit



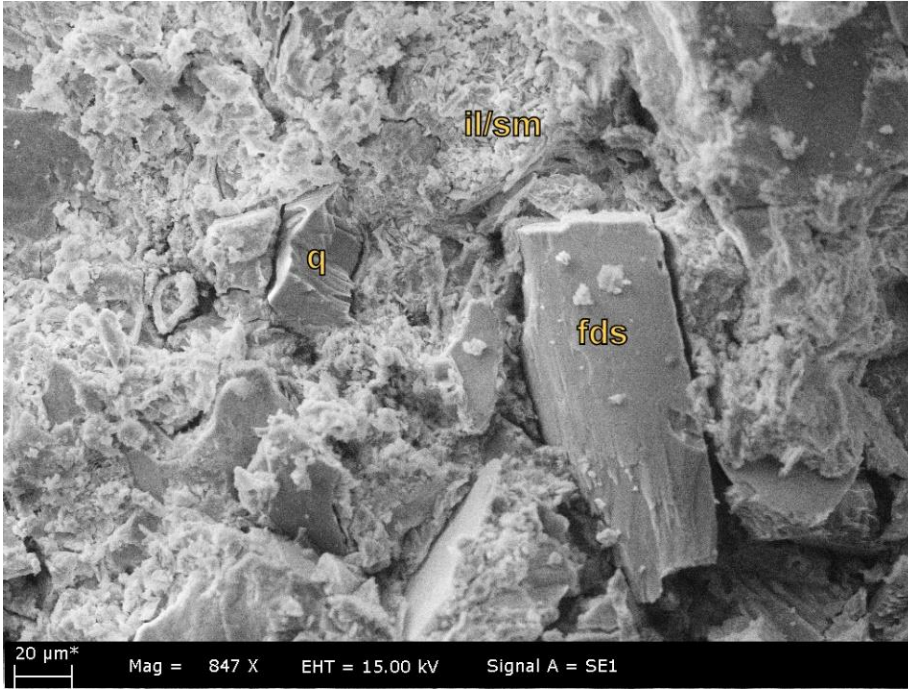
Şekil 4.3: M2 birimine ait AK-A-8 numaralı örnek bal peteği dokulu simenit



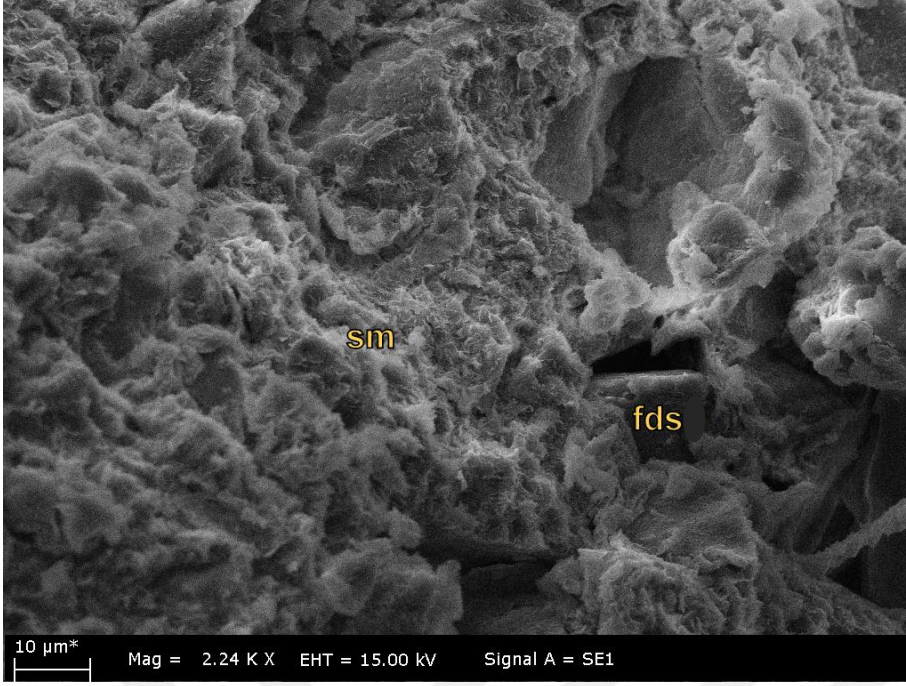
Şekil 4.4: M2 birimine ait AK-A-12 numaralı örnek, tipik hegzagonal katmanlı akordion dokulu kaolin, yapraksı klorit ve simenit



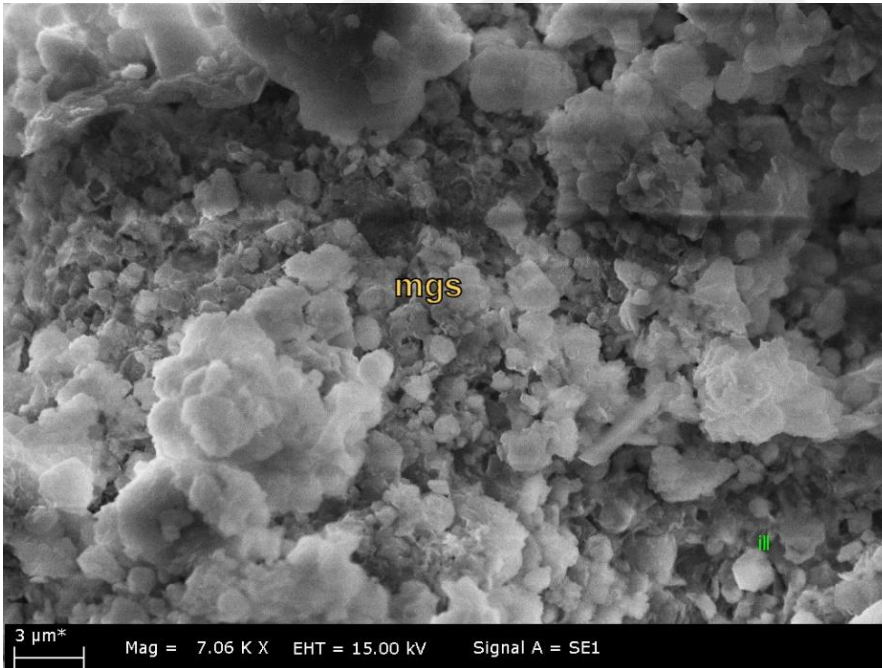
Şekil 4.5: M2 birimine ait AK-A-19 numaralı örnek tipik hegzagonal kaolin, yapraksı simektit



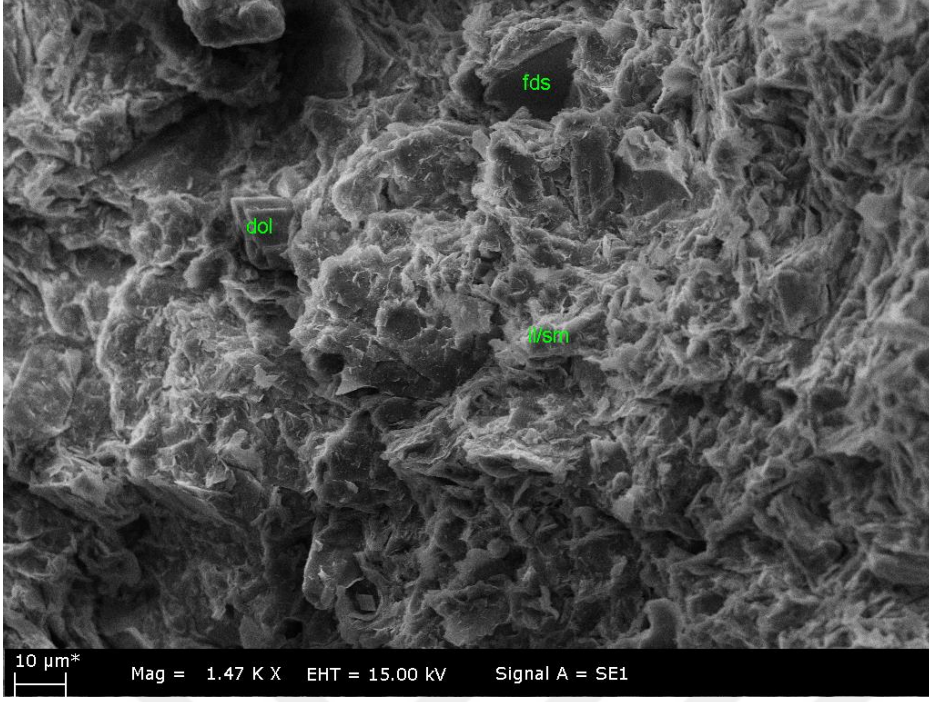
Şekil 4.6: M2 birimine ait AK-A-25 numaralı örnek, yarı öz şekilli feldispat, feldispat ve karışık katmanlı illit, simektit. Feldispat kristallerinin yer yer simektite dönüştüğü gözlenmektedir.



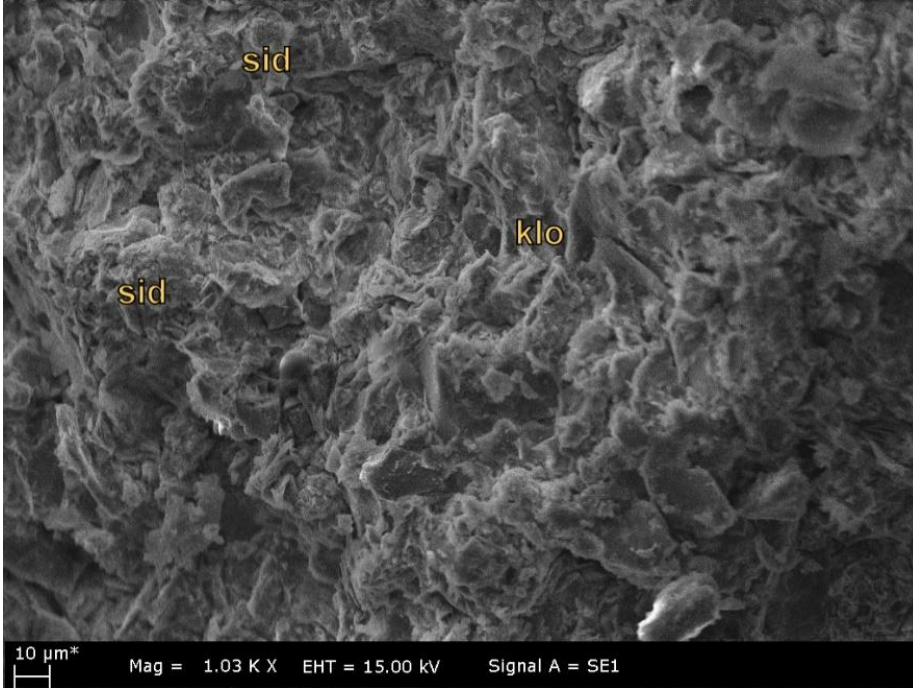
Şekil 4.7: M2 birimine ait AK-B-5 numaralı örnek, yarı öz şekilli feldispat ve bal peteği dokulu simektit. Feldispat kristallerinin yer yer simektite dönüştüğü gözlenmektedir.



Şekil 4.8: AK-B-21 numaralı örnek, yarı öz şekilli rombohedral manyezit



Şekil 4.9: M2 birirmine ait AK-B-1 numaralı örnek, yarı öz şekilli feldispat ve karışık katmanlı illit, simektit. Feldispat kristallerinin yer yer simektite dönüştüğü gözlenir.



Şekil 4.10: AK-B-17 numaralı örnek yarı öz şekilli siderit nodülleri ve yapraksı klorit.

5. JEOKİMYA

5.1 Giriş

Mineralojik analiz sonuçlarına göre seçilen 17 adet örneğin kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Seçilen örneklerin 14 tanesi M2 birimini, 3 tanesi de M3 birimini temsil etmektedir. Jeokimyasal analizler ACME laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

5.2 Jeokimyasal Analizler

Jeokimyasal analiz sonuçları Çizelge 5.1, 5.2, 5.3 ve 5.4 'de verilmiştir. Ayrıca M2 ve M3 birimlerinin bazı ana ve iz elementlerin ölçülü stratigrafik kesitlerindeki düşey dağılımları Ek-5 ve Ek-6' da verilmiştir.

Çizelge 5.1: M2 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin ana oksit analiz sonuçları (%).

Analyte%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI	Sum	TOT/C	TOT/S
AK-A-2	47,96	7,32	12,08	1,6	1,37	0,42	0,64	0,6	0,13	0,4	0,035	27,3	99,89	12,1	1,66
AK-A-8	49,13	17,75	9,97	2,57	1,38	0,16	1,13	1,62	0,05	0,02	0,087	15,9	99,81	0,25	<0.02
AK-A-11	53,11	15,5	8,04	3,37	2,45	1,04	2,47	1,64	0,11	0,06	0,084	11,8	99,79	2,01	0,73
AK-A-12	49,42	16,53	9,99	4,71	3,57	0,42	3,05	1,63	0,08	0,08	0,068	10,2	99,77	0,47	<0.02
AK-A-16	56,9	16,21	6,46	3,16	3,04	2,67	1,88	2,15	0,13	0,05	0,063	7	99,8	0,47	0,02
AK-A-20	45,28	14,74	8,8	5,92	4,25	0,64	1,75	1,4	0,09	0,11	0,049	16,6	99,76	1,17	<0.02
AK-A-25	55,2	15,04	6,97	4,27	2,69	1,77	2,08	0,57	0,26	0,05	0,018	10,7	99,79	0,02	<0.02
AK-B-1	46,46	16,92	12,35	5,46	1,76	0,33	3,3	1,77	0,13	0,09	0,063	10,9	99,74	0,4	0,03
AK-B-5	52,44	18,02	3,83	3,76	3,43	0,5	0,39	0,37	0,15	0,02	0,003	16,9	99,84	0,52	0,05
AK-B-6	15,19	7,55	15,77	1,17	28,25	0,19	0,38	0,17	0,56	0,25	0,005	30,4	99,9	8,22	1,15
AK-B-8	46,49	25,08	7,81	1,21	1,18	0,35	1,52	0,82	0,06	0,08	0,032	15,2	99,84	1,37	0,52
AK-B-10	53,68	24,59	2,82	1,24	0,45	0,42	2,43	0,95	0,07	0,01	0,026	13,1	99,85	1,94	0,04
AK-B-14	62,48	15,28	3,57	2,94	3,2	3,1	2,88	0,68	0,17	0,07	0,027	5,4	99,84	0,89	0,23
AK-B-20	55,93	13,27	6,97	5,4	1,42	0,74	3,68	0,83	0,03	0,05	0,063	11,3	99,75	0,13	<0.02

Çizelge 5.2: M3 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin ana oksit analiz sonuçları (%).

Analyte	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI	Sum	TOT/C	TOT/S
AK-A-32	5,1	1,43	1,08	19,12	28,27	0,04	0,33	0,08	0,04	0,08	0,009	44	99,62	12,26	<0.02
AK-A-34	4,21	0,79	0,38	20,22	28,43	0,07	0,09	0,03	0,03	0,01	0,003	45,3	99,57	12,72	<0.02
AK-B-21	20,15	3,08	1,57	33,87	2,07	0,07	0,25	0,24	0,06	0,03	0,01	36,6	98,04	8,66	0,57

Çizelge 5.3: M2 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin iz element analiz sonuçları.

	Ba	Ni	Sc	Be	Co	Cs	Ga	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn
AK-A-2	181	411	15	5	31,7	6,4	8,1	5	31,7	6,4	8,1	1,7	8,3	30,2	<1
AK-A-8	117	474	25	2	42,1	7,4	18,9	2	42,1	7,4	18,9	4,3	24	67,3	2
AK-A-11	219	361	24	2	55,6	9,5	18,3	2	55,6	9,5	18,3	4,8	23,3	80,7	2
AK-A-12	369	387	24	1	51,1	6,5	20,1	1	51,1	6,5	20,1	4,4	20,7	87	2
AK-A-16	215	155	22	<1	35,4	3,3	19,8	<1	35,4	3,3	19,8	4,8	25,6	52,3	2
AK-A-20	692	332	20	<1	43,8	8,4	16,6	<1	43,8	8,4	16,6	3,9	17,6	77,8	2
AK-A-25	1034	179	9	4	20,2	9,3	16,7	4	20,2	9,3	16,7	3,8	11,9	80,9	4
AK-B-1	954	352	25	3	56	7,9	20,9	3	56	7,9	20,9	4,5	22,2	114,4	2
AK-B-5	182	123	4	2	12,1	2,1	17,1	2	12,1	2,1	17,1	4,4	19,1	23,8	2
AK-B-6	242	51	6	3	5,9	2,8	7,2	3	5,9	2,8	7,2	2,1	5,6	21,1	1
AK-B-8	200	128	23	3	15	11,2	25,9	3	15	11,2	25,9	3,6	13,7	91,7	3
AK-B-10	331	123	18	3	17,7	14	26	3	17,7	14	26	3,7	14,6	155,4	3
AK-B-14	489	99	11	3	30,1	4	17,6	3	30,1	4	17,6	3,8	9,9	87	3
AK-B-20	216	246	19	2	24,3	44,4	12,9	2	24,3	44,4	12,9	3,6	14,3	228,7	2

Çizelge 5.3: (Devam) M2 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin iz element analiz sonuçları.

	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
AK-A-2	109,4	0,5	5,2	1,7	134	8,2	75	17,3	28,9	45,6	4,77	17,5	3,38	0,91
AK-A-8	191,3	1,5	11,8	19,7	198	6,9	181,7	18	29,9	56,1	5,79	22,8	4,12	1,08
AK-A-11	235,9	1,1	7,6	6,3	210	18	191,5	26,1	32,2	62,3	7,25	29	5,69	1,59
AK-A-12	191,8	1,4	8,5	1,4	218	7,4	170,7	18,9	27,6	54,6	6,03	23,8	4,62	1,18
AK-A-16	187,7	1,6	5,9	1,7	226	17,3	207,1	22,5	36,7	68	8,07	32,4	6,38	1,8
AK-A-20	316,5	1,2	9,7	2,3	156	9,7	152,2	22,5	27,6	50,8	5,84	22,4	4,55	1,19
AK-A-25	609,8	1,4	12,2	1,2	58	9,6	144,9	14,4	29	52,8	6,37	23,2	4,46	1,12
AK-B-1	152,5	1,4	8,3	2,1	238	3,5	185,6	25,1	30,3	60,7	6,64	27,8	5,27	1,41
AK-B-5	133,7	2,3	72,2	18,8	30	3,7	117,5	22,4	73,1	128	12,34	41,4	6,12	1,12
AK-B-6	146	0,3	12,9	2,4	54	1,8	120,4	15,2	33,6	43,5	5,18	18,3	3,2	0,71
AK-B-8	100,4	0,9	16,4	5,7	199	2,7	122	24,6	36,9	64,2	7,22	26,4	5,07	1,18
AK-B-10	146,4	1	16,1	6,6	135	4,3	136,2	25,4	43,7	85	8,67	33	5,85	1,35
AK-B-14	285,3	0,8	11,5	4	101	17,3	140,9	12,4	28,7	52,6	5,28	19,7	3,37	0,74
AK-B-20	617,7	1	11,9	1,1	105	7,7	132	17	31,8	64,1	6,47	23,7	4,51	0,99

Çizelge 5.3: (Devam) M2 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin iz element analiz sonuçları.

	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
AK-A-2	0,51	2,94	0,59	1,7	0,25	1,56	0,25
AK-A-8	0,59	3,51	0,68	1,95	0,29	1,86	0,29
AK-A-11	0,88	4,78	1	2,64	0,35	2,17	0,34
AK-A-12	0,62	3,84	0,78	2,29	0,3	2,03	0,3
AK-A-16	0,81	4,51	0,84	2,36	0,3	1,86	0,29
AK-A-20	0,67	4	0,8	2,3	0,33	2,25	0,34
AK-A-25	0,55	2,92	0,53	1,31	0,19	1,04	0,16
AK-B-1	0,8	4,96	0,88	2,65	0,39	2,49	0,36
AK-B-5	0,66	3,69	0,72	2,16	0,29	2	0,3
AK-B-6	0,4	2,22	0,48	1,4	0,2	1,24	0,19
AK-B-8	0,67	4,08	0,86	2,57	0,38	2,62	0,41
AK-B-10	0,77	4,4	0,88	2,6	0,36	2,44	0,37
AK-B-14	0,41	2,38	0,44	1,29	0,18	1,12	0,19
AK-B-20	0,59	3,4	0,66	1,85	0,24	1,49	0,24

Çizelge 5.4: M3 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin iz element analiz sonuçları.

	Ba	Ni	Sc	Be	Co	Cs	Ga	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th
AK-A-32	78	63	2	<1	9,6	3,9	1	<1	9,6	3,9	1	0,3	1,3	23,1	<1	435,9	<0,1	1,1
AK-A-34	40	<20	<1	<1	1,9	1,5	<0,5	<1	1,9	1,5	<0,5	0,2	0,8	6	<1	771,5	<0,1	0,9
AK-B-21	183	41	5	<1	7,1	25,5	2,6	<1	7,1	25,5	2,6	0,8	3,6	28,6	<1	11633,7	0,2	2

Çizelge 5.4: (Devam) M3 birimne ait AK-A ve AK-B numaralı sondajlardan alınan örneklerin iz element analiz sonuçları.

	U	Zr	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
AK-A-32	1,1	11,6	3,4	5,8	0,61	2,2	0,44	0,1	0,44	0,07	0,47	0,09	0,25	0,04	0,22	0,03
AK-A-34	7,9	7,8	2,8	4,7	0,49	1,7	0,31	0,06	0,29	0,04	0,28	0,05	0,15	0,02	0,13	0,02
AK-B-21	13	30,3	4,3	9,1	0,98	4,1	0,83	0,19	0,73	0,12	0,81	0,14	0,47	0,06	0,38	0,06

M2 biriminde, analizi yapılan örneklerden kil içerenlerin SiO_2 miktarı %46.49 – 56.90, Al_2O_3 miktarı %7.32 – 25.08, MgO miktarı %1.21 – 5.92 arasında değişim göstermektedir. Killi karbonatlı örneklerin SiO_2 miktarı %49.42 – 62.48, MgO içerikleri %3.37 – 5.40, CaO içerikleri 1.18-3.57, Sr içerikleri 133.7-191.3 ppm arasında değişmektedir. Kalsitli örneğin SiO_2 miktarı %15.19, MgO miktarı %1.17, CaO %28.25, Ba miktarı 242 ppm, Sr miktarı 146 ppm değerlerine sahiptir. Feldispat içeriği yüksek olan örneklerde SiO_2 miktarı %55.20 ve 62.48, MgO %4.27 ve 1.24, Al_2O_3 miktarı %15.04 ve 15.28, K_2O miktarı %2.08 ve 2.88, Ba miktarı 489 ve 1034 ppm, Sr 191.8 ve 285.3 ppm değerlerindedir. Mika oranı yüksek olan örneklerde ise SiO_2 miktarı %45.28-62.48, MgO %2.57 – 5.92, Al_2O_3 miktarı %13.27 – 18.02, K_2O miktarı % 1.75-3.68, Fe_2O_3 miktarı % 3.83 – 12.35 Ba miktarı 182 - 954 ppm, Sr 133.7 – 609.8 ppm arasında değişim göstermektedir. M3 biriminden seçilen dolomit örnekleri SiO_2 miktarı %4.21 ve 5.10, MgO miktarı %19.12 ve 20.12, Sr miktarı 435.9 ve 771.5 ppm, Na miktarı %0.03 ve 0.52 ve Ba miktarı 40 ve 78 ppm değerlerine sahiptir. Manyezit örneği ise SiO_2 miktarı %20.15, MgO miktarı %33.87, Sr değeri 11633,7 ppm ve Ba miktarı 183 ppm değerlerine sahiptir.

Karbonat minerallerinden safa yakın dolomit örneklerinin Na , Mg , Ca , miktarları hesaplanarak, deniz suyu ve tatlı su arasındaki ilişkiyi göstermek ve oluşumu hakkında fikir edinebilmek için $\text{Na/Ca} - \text{Mg/Ca}$ grafikleri çizilmiştir (Şekil 5.1 ve 5.2).

Çalışma alanına ait elementlerin, Th/Co ve La/Sc oranları, Cullers [26]; Cullers vd. [27] ve Taylor McLennan [28] verileri ile karşılaştırıldığında (Şekil 5.3 ve 5.4) M2 ve M3 biriminde felsik kökene daha yakın düştüğü gözlenmektedir.

Hayashi vd. [29], kayaçların bileşiminde ağırlıkça SiO_2 değerleri kaynak kaya kompozisyonlarının belirlenmesinde kullanıldığını ifade etmiştir. Buna göre kayacın, $\text{SiO}_2 = \% 45\text{-}52$ arasında ise mafik magmatik kayaçlar, $\text{SiO}_2 = \%53\text{-}66$ arasında ise ortaç magmatik kayaçlar, $\text{SiO}_2 = \%66\text{-}76$ arasında ise felsik magmatik kayaçlardan, türediğini işaret etmektedir.

Çalışma alanına ait sedimanter kayaç örneklerinin, $\text{Th/Co} - \text{La/Sc}$ grafiği ve SiO_2 içerikleri, felsik magmatik kayaçlardan türediğini, fakat verilere göre bir sapmanın olması, sedimanter kayaçların heterojen bir kökene sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

M2 ve M3 birimlerine ait örneklerin Şekil 5.5 ve 5.6'da kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak (NTE) değişim diyagramı (NTE içerikleri kondrite göre Boynton [30]'a göre normalize edilmiştir), Şekil 5.7 ve 5.8'de üst kıtasal kabuğa (upper crust) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramı (NTE değişimleri Taylor ve McLennan, [31]'e göre normalize edilmiştir), Şekil 5.9 ve 5.10'da PASS (Post Archean Australian Shale)'a göre normalize edilmiş nadir toprak element değişim diyagramı (NTE değişimleri Taylor ve McLennan, [32]'e göre normalize edilmiştir), Şekil 5.11 ve 5.12 NASC (North American Shale)'a göre normalize edilmiş nadir toprak element değişim diyagramı (NTE değişimleri Haskin vd. [33]'e göre normalize edilmiştir) çizilmiştir. Diyagramlardaki, nadir toprak element değişimlerini gösteren grafikler sedimanter kayalarda kaynak belirlenmesinde kullanılmaktadır (Taylor ve McLennan, [28]). Cullers [34]'e göre LREE/HREE yüksek olması ve Eu'da görülen negatif anomali, daha silisik bir ortama, LREE/HREE düşük olması ve Eu'da negatif anomali görülmemesi bazik ortama yakın olduğunu belirtmektedir.

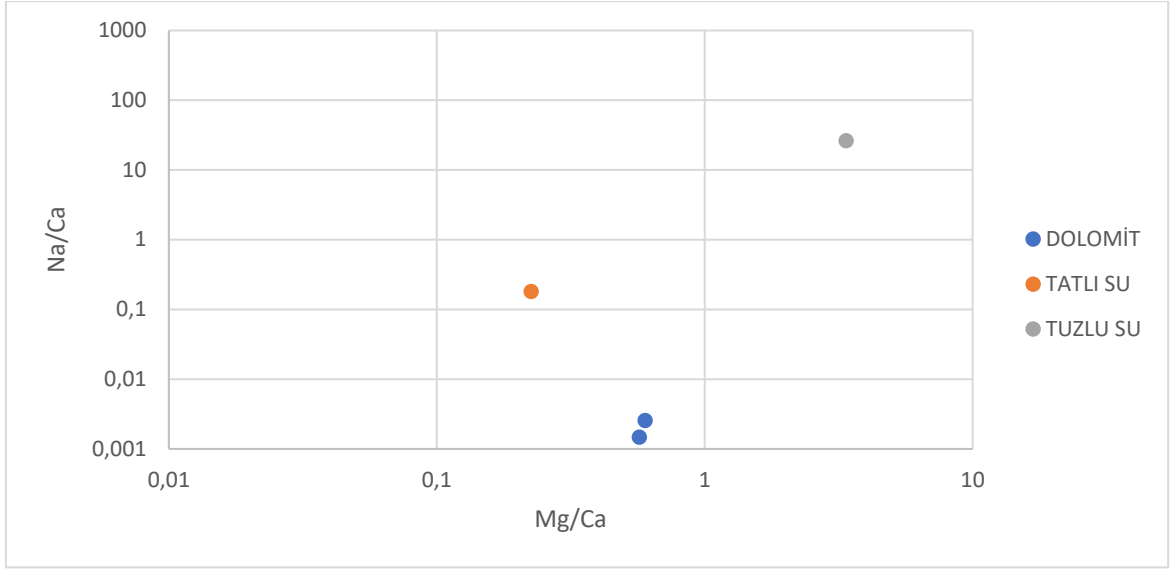
Sc, Te, Cr oranları düşük La/Sc oranı yüksek ise granitik kayalardan türediğini göstermektedir (Nyakairu [35]).

Çizilen diyagramlarda M2 biriminde hafif nadir toprak elementlerin zenginleştiği, ağır nadir toprak elementlerin ise kısmen fakirleşmiş olduğu gözlenmekte olup, Eu'da negatif anomalinin varlığı tespit edilmiştir. Sc, Te, Cr oranları düşük, La/Sc oranı yüksek olması inceleme alanındaki örneklerin, felsik magmatik kökenli olduğuna işaret etmektedir.

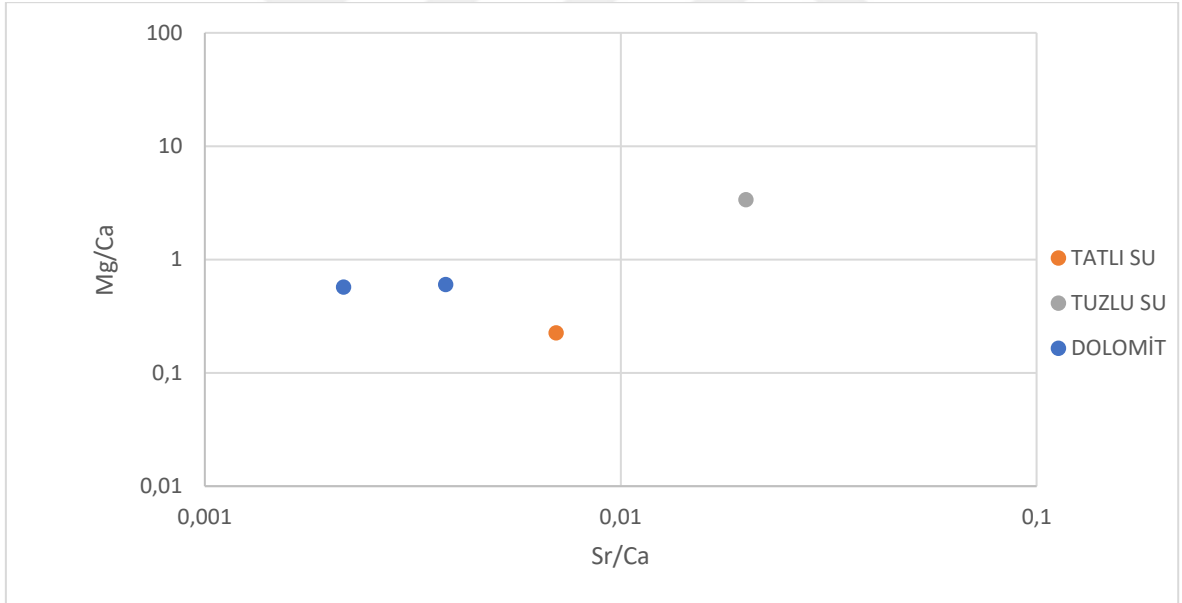
Hafif nadir toprak elementinin zenginleşmiş olması, U ve Th da pozitif anomali vermesi kabuksal katkıda artış olmaya başladığını göstermektedir (Nyakairu [35]).

M3 birimini temsil eden örnekler ile çizilen diyagramlarda U ve Th'da pozitif anomalinin oldukça yüksek olması, kabuksal katkının arttığını göstermektedir

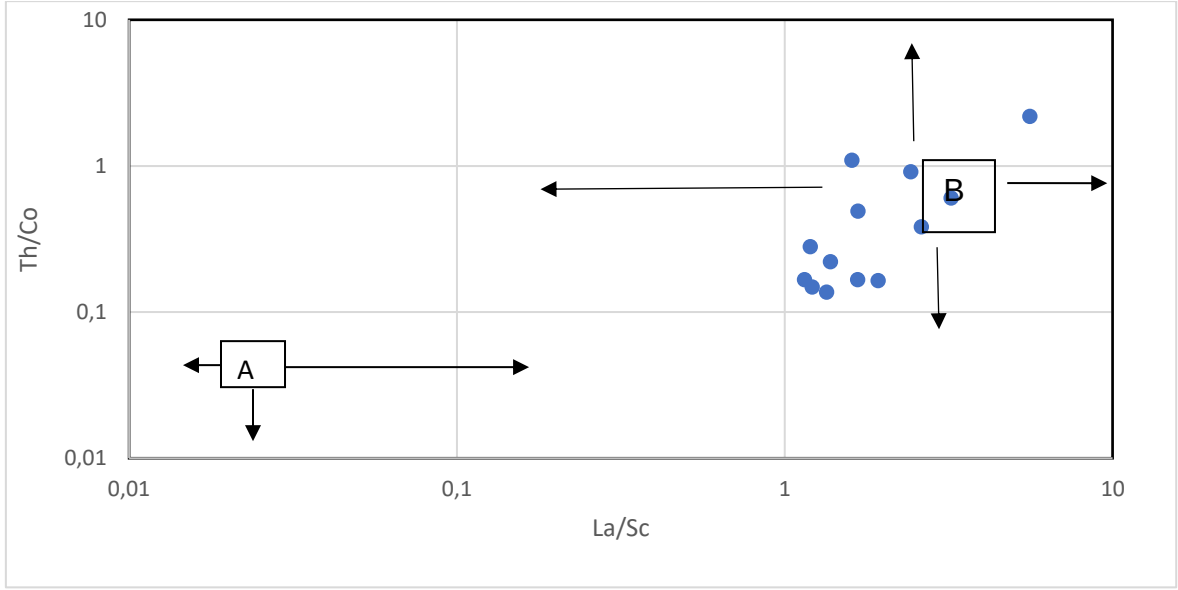
PASS'a göre normalize edilmiş olan diyagramda Pr (Praseodim) elementinin negatif anomali göstermesi dışında, benzer eğilimler göstermektedir.



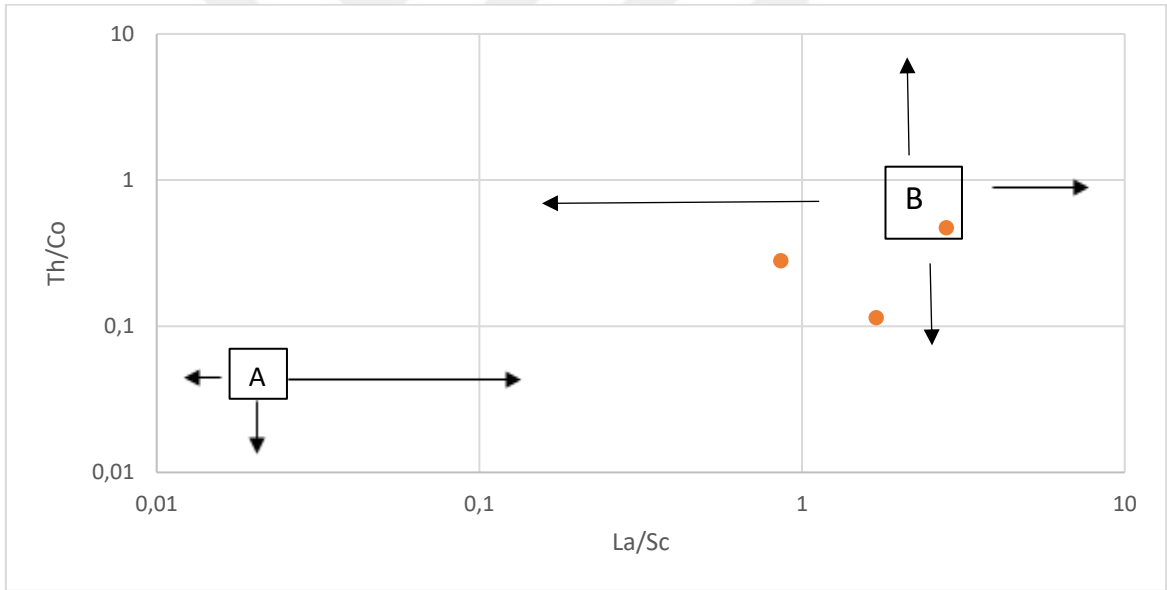
Şekil 5.1: M3 birimindeki dolomit örneklerinin Na/Ca-Mg/Ca grafiği



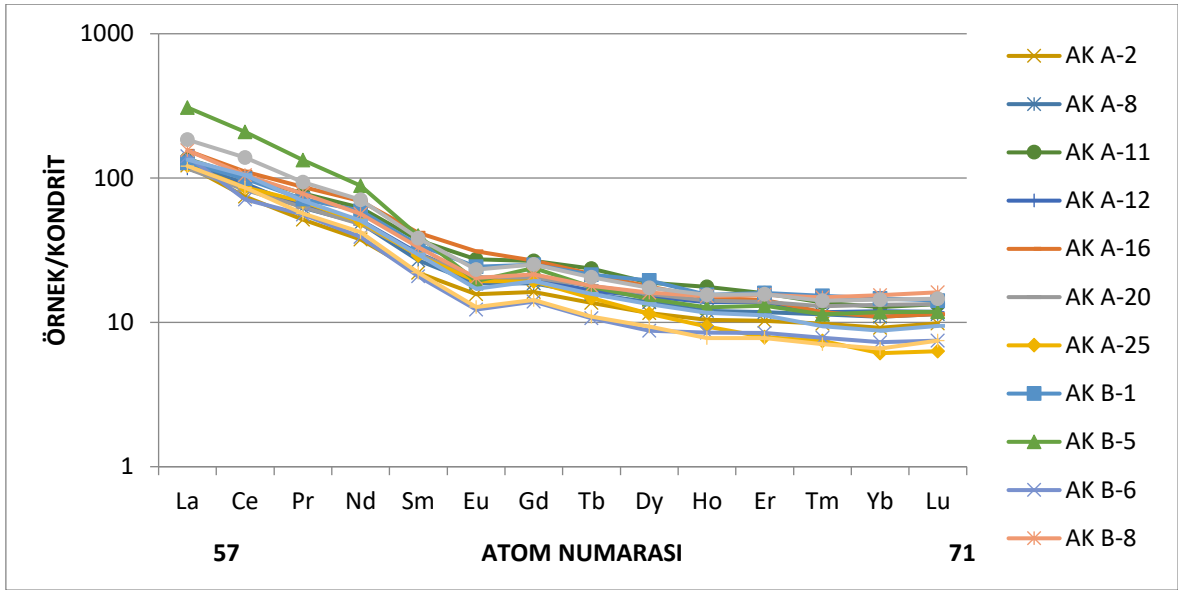
Şekil 5.2: M3 birimindeki dolomit örneklerinin Mg/Ca – Sr/Ca grafiği



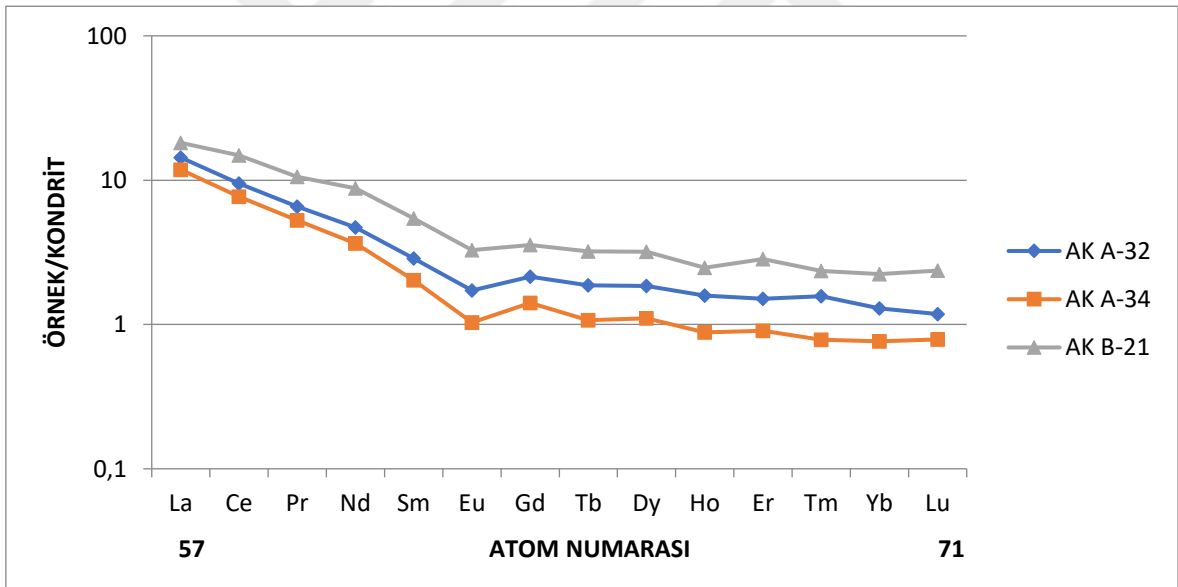
Şekil 5.3: M2 birimine ait sondajlara göre gruplandırılmış Th/Co – La/Sc grafiği
A: Bazik Kayaç B: Felsik Kayaç (Cullers [36]; Okunlola and Idowu [37])



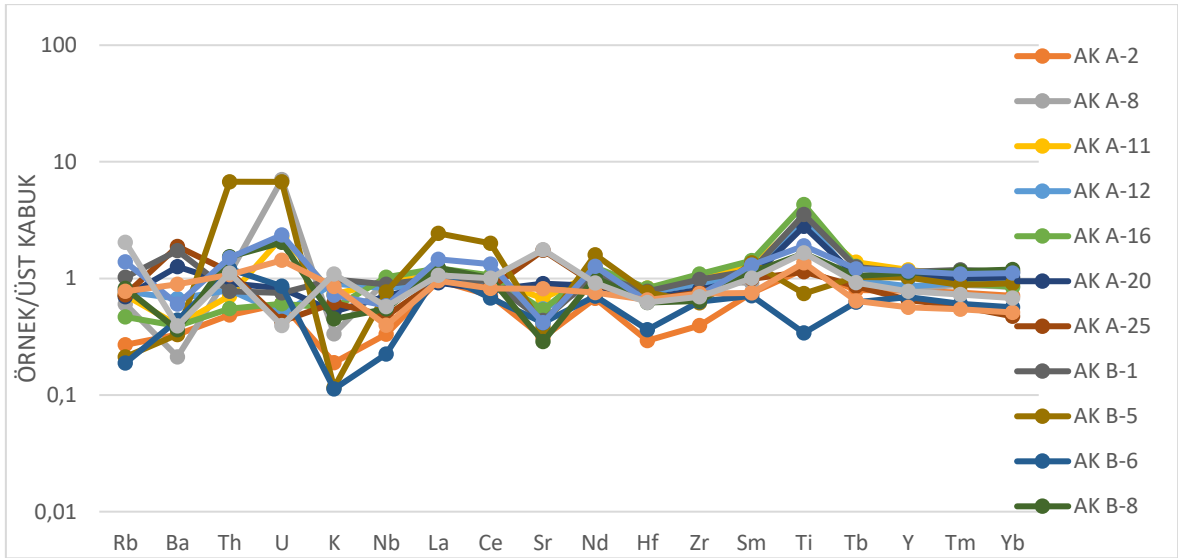
Şekil 5.4: M3 birimine ait sondajlara göre gruplandırılmış Th/Co – La/Sc grafiği
A: Bazik Kayaç, B: Felsik Kayaç (Cullers, [36]; Okunlola and Idowu [37])



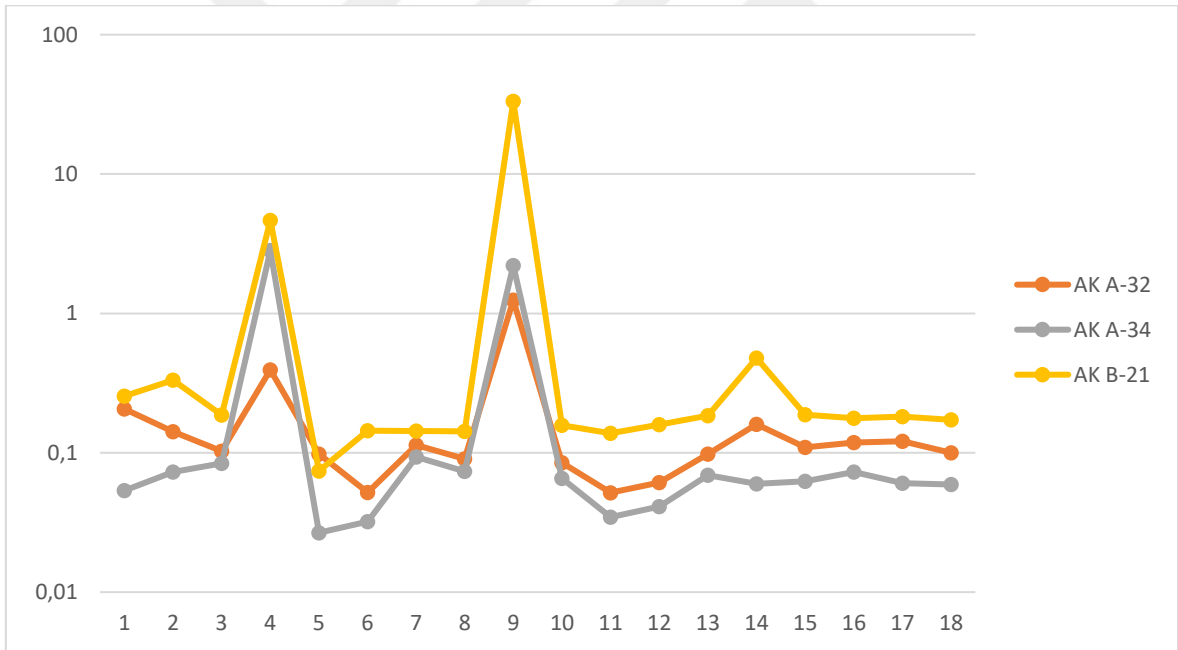
Şekil 5.5: M2 birimine ait örneklerin kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak (NTE) değişim diyagramı (NTE içerikleri kondrite göre Boynton [30]'a göre normalize edilmiştir)



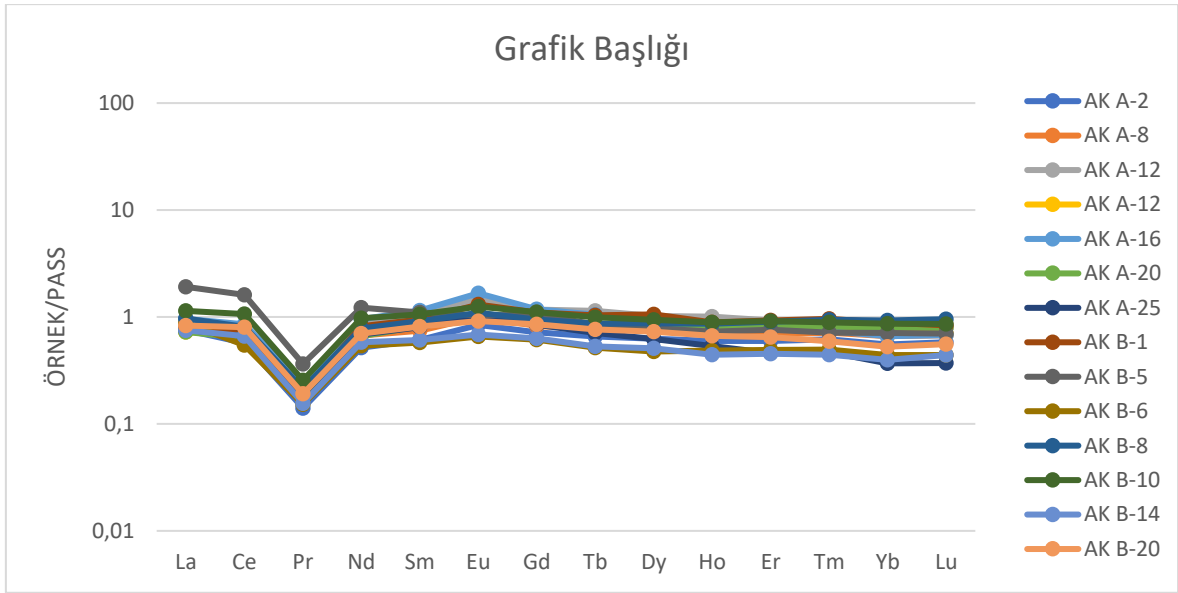
Şekil 5.6: M3 birimine ait örneklerin kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak (NTE) değişim diyagramı (NTE içerikleri kondrite göre Boynton [30]'a göre normalize edilmiştir)



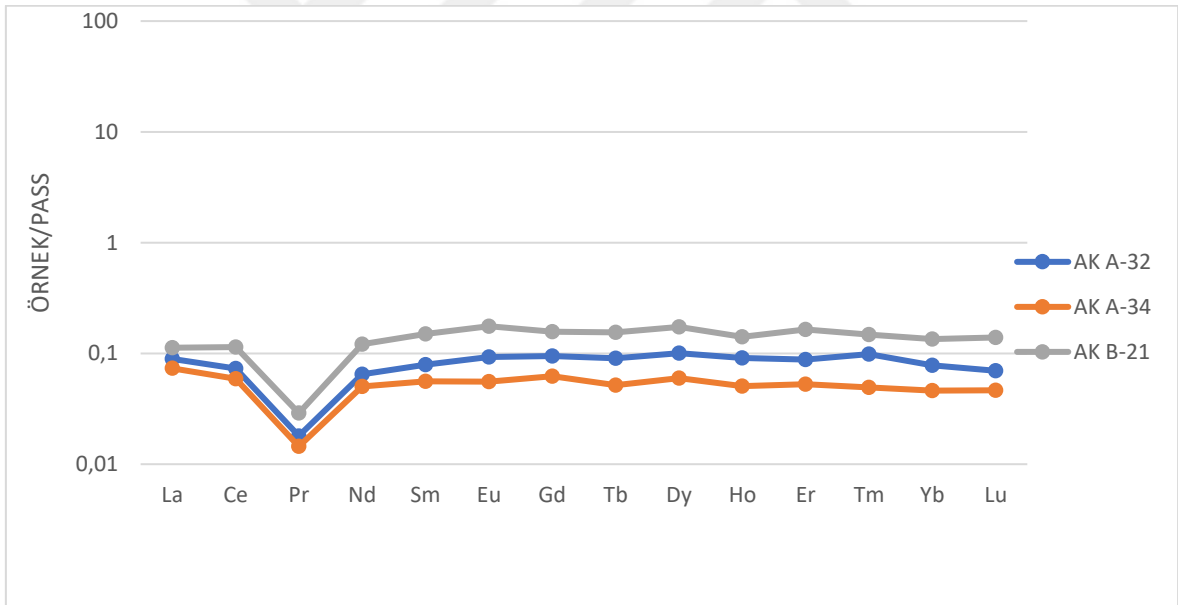
Şekil 5.7: M2 birimine ait örneklerin üst kabuğa (upper crust) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramı (NTE değişimleri Taylor ve McLennan [31]'e göre normalize edilmiştir)



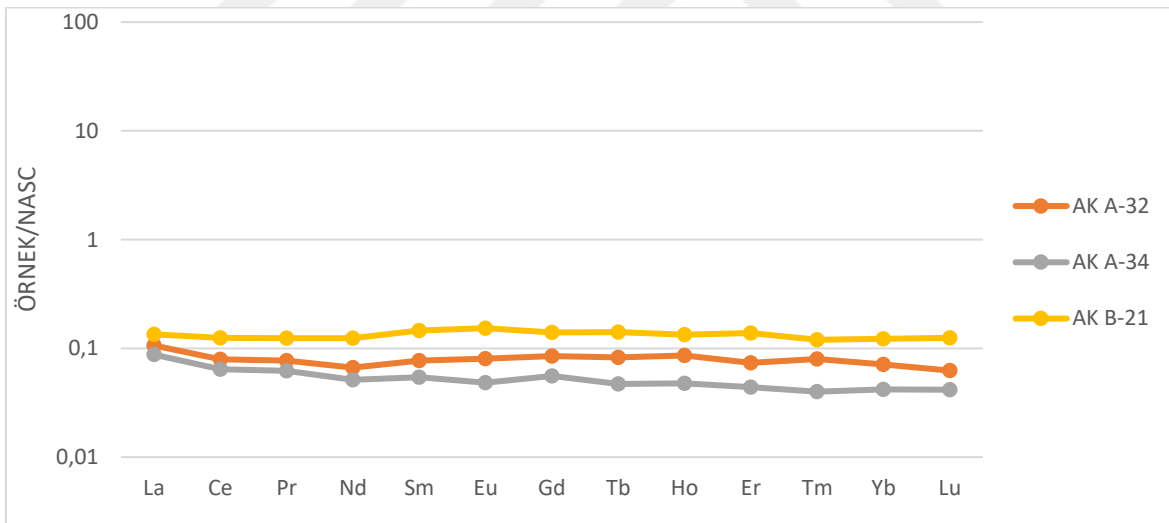
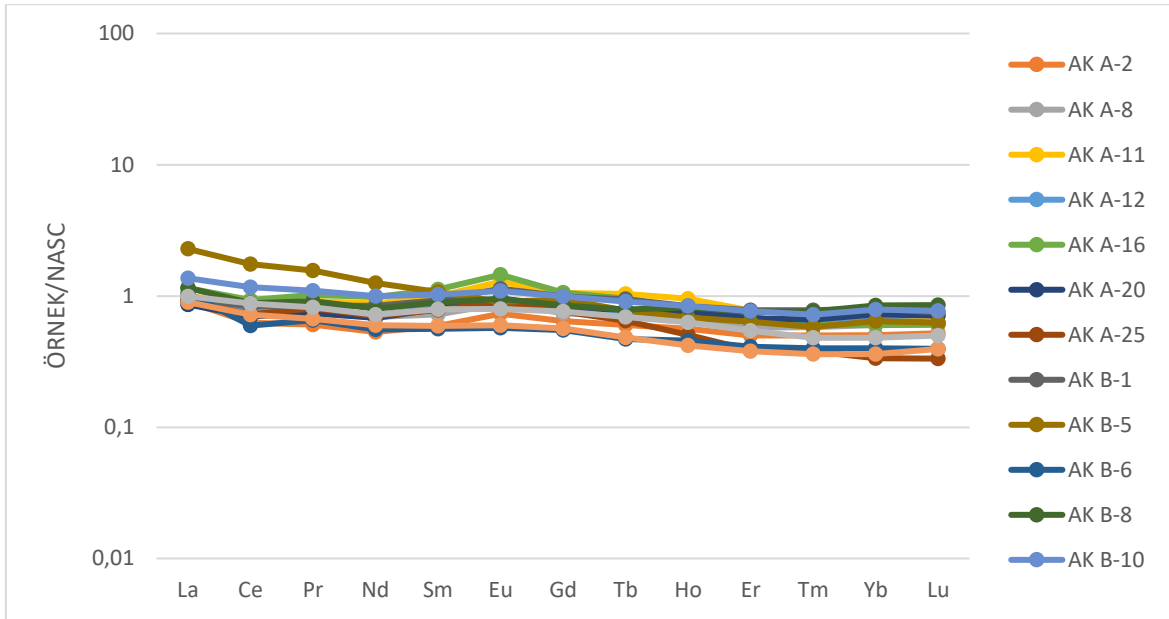
Şekil 5.8: M3 birimine ait örneklerin üst kabuğa (upper crust) göre normalize edilmiş iz element değişim diyagramı (NTE değişimleri Taylor ve McLennan [31]'e göre normalize edilmiştir)



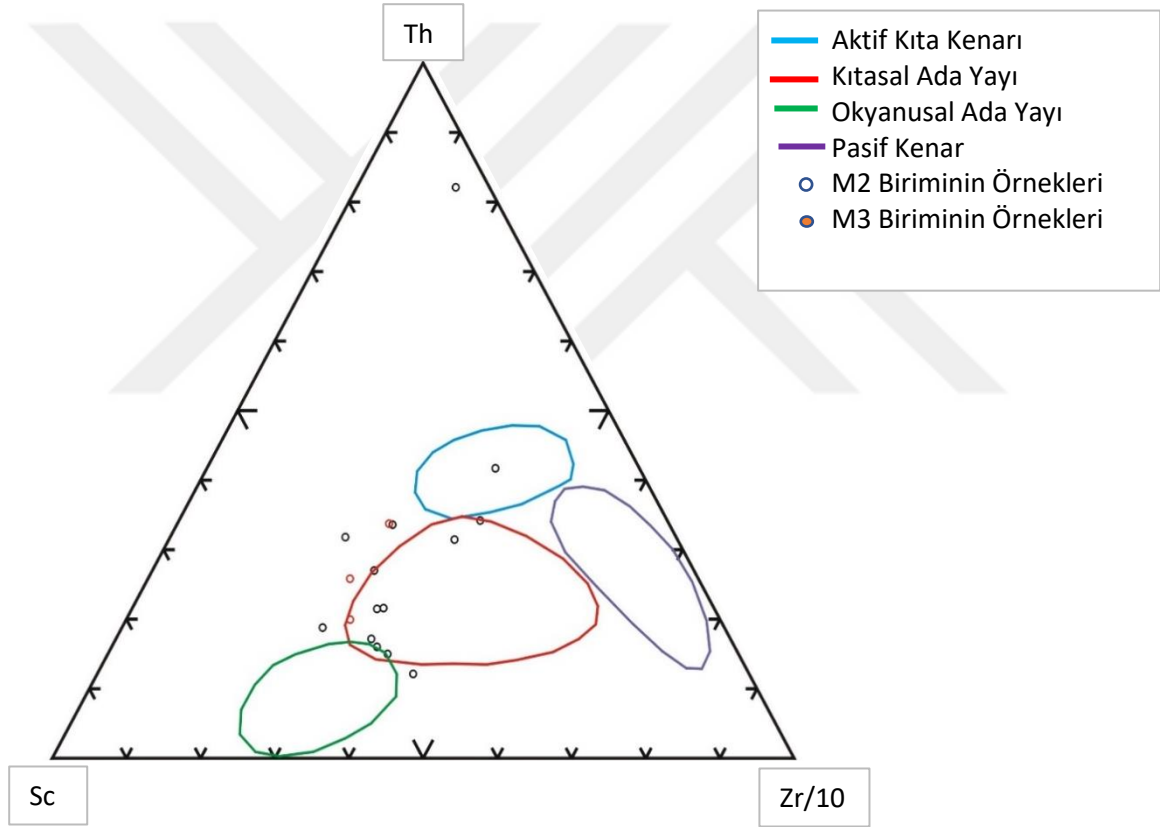
Şekil 5.9: M2 birimine ait örneklerin PASS (Post Archean Australian Shale)'a göre normalize edilmiş nadir toprak element değişim diygramı (NTE değişimleri Taylor ve McLennan [32]'e göre normalize edilmiştir)



Şekil 5.10: M3 birimine ait örneklerin PASS (Post Archean Australian Shale)'a göre normalize edilmiş nadir toprak element değişim diygramı (NTE değişimleri Taylor ve McLennan [32]'e göre normalize edilmiştir)



Tektonik ortam ayırtman diyagramı olarak çalışma alanına ait sondajlardan alınan örnekler ve birimlerine göre Bhatia ve Crook [38]'a ait Th-Sc-Zr/10 üçlü diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 5.13). Bu diyagramda temsil edilen ortamlar; okyanusal ada yayı, aktif kıta kenarı ve pasif kenardır. Diyagramda görüldüğü üzere kıtasal ada yayı bölgesine M2 biriminden, önemli ölçüde örnek denk gelmiştir. M3 biriminden ise daha az oranla denk gelmiştir. Bu durumda daha önceki verilerinde desteklediği gibi, çalışma alanında kıtasal koşulların hâkim olduğu ve tektonik ortamın kıtasal ada yayı bölgesi ile temsil edildiği kanısına varılmıştır.



Şekil 5.13: Th-Sc-Zr/10 tektonik ortam ayırtman diyagramı (Bhatia ve Crook [38])

6. NEOFORMASYON MİNERALLERİNİN OLUŞUMU

6.1. Giriş

Bu bölümde, çalışma alanında gözlenen neoformasyon minerallerinin (karbonat ve kil mineralleri) oluşum koşulları irdelenerek, bölgenin paleocoğrafik gelişimi ortaya konulacaktır.

6.2. Karbonat Mineralleri

Karbonat minerallerinin oluşumunu; çökelme ortamının derinliği, ortamın fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler etkilemektedir (Atabey [39]).

Çalışma alanında gözlenen karbonat mineralleri, kalsit, dolomit, manyezit ve siderittir. Karbonat minerallerinden kalsit, dolomit ve manyezit her iki birimde de gözlenirken, siderit sadece M2 biriminin alt seviyelerinde saptanmıştır. Kalsit, dolomit ve manyezit minerallerinin özellikle gölsel ortamlarda yaygın olarak oluştuğu, kimi zamanda sığ ve derin denizel ortamlarda oluştuğu da bilinmektedir (Ataman ve Gündoğdu [40]; Last and Schweyen [41]).

Saf kalsit mineralinin bileşimi %56 CaO ve %44 CO₂'den oluşmaktadır. Kalsitte, Mn⁺², Fe⁺² ve Mg⁺² iyonları Ca⁺² ile yer değiştirebilir. Nadir olarak da Sr⁺², Ca⁺²'un yerine geçebilir (Karakaya vd. [42]). Kalsitin çözünürlüğü, kısmi basıncının artmasıyla ve sıcaklığın azalmasıyla artmaktadır (Monroe, J. S. & Wicander, R., [43]).

Çalışma alanındaki M2 biriminde bulunan kalsit içeriği yüksek (%77) olan örneğin SiO₂ miktarı %15.19, MgO miktarı %1.17, CaO %28.25, Ba miktarı 242 ppm, Sr miktarı 146 ppm değerlerine sahiptir. Killi karbonatlı örneklerin SiO₂ miktarı %49.42 – 62.48, MgO içerikleri % 3.37 – 5.40, CaO içerikleri 3.57 - 1.18, Sr içerikleri 133.7-191.3 ppm arasında değişmektedir.

Bu jeokimya analiz değerlerine göre Na/Ca – Mg/Ca grafiklerinde (Lu and Meyers [44]) kalsit örneklerinin, her iki birimde de tatlı suya daha yakın oldukları gözlenmektedir. Th-Sc-Z/10 üçlü diyagramına göre de örneklerin kıtasal ada yayında toplanması, kıtasal koşulların hâkim olduğunu ve tatlı göl ortamında oluştuğunu düşündürmektedir.

Çalışma alanında belirlenen bir diğer karbonat minerali ise dolomittir. Dolomitin kimyasal bileşimi %30,4 CaO, %21,7 MgO ve %40,8 CO₂ içerir. İdeal dolomitlerin 1:1 Ca/Mg oranına sahip oldukları düşünülmektedir. Kalsiyum bakımından daha

zengin olan prodolomitlerin ise düşük sıcaklıklarda diyajenez süreçleriyle dolomitlere dönüşebileceği de ileri sürülmüştür (Gündoğdu [2]; Temel [45]; Arenas et al., [46]). İkincil dolomitler, kireçtaşı birimlerindeki primer aragonit ve kalsit minerallerinden magnezyumca zengin çözeltilerden itibaren oluşabilirler (Deer et al., [47]). Dolomitlerin oluşumda Mg ve CO₂'ca zengin hidrotermal çözeltilerde kaynak olabilirler (Karakaya vd. [42]). Çeşitli araştırmacılar tarafından dolomitin oluşumu ile ilgili dört model önerilmiştir:

1. Alkalın sulardan doğrudan dolomitin kimyasal çökmesi (Deffeyes vd. [48]; Illing vd. [49]; Behrens ve Land [50]; Patterson ve Kinsman [51]),
2. Aşırı tuzlu (hypersaline) sıvılarla yer değiştirme (Land [52]),
3. Tatlı ve tuzlu su karışımıyla oluşturulan yer değiştirme (Hanshaw vd. [53]),
4. Geç gömülme diyajenezi anında yeraltı akışkanları yoluyla yer değiştirme (Illing vd. [49]).

Tüm bu araştırma verilerine göre çalışma alanındaki dolomit oluşumu ve buna bağlı olarak ortam tespiti için birtakım değerlendirmeler yapılmıştır. M3 birimindeki dolomitlerin oluşumu yukarıdaki verilere göre, alkalın sulardan doğrudan dolomitin kimyasal çökmesi (Deffeyes vd. [48]; Illing vd. [49]; Behrens ve Land [50]; Patterson ve Kinsman [51]) olarak düşünülmektedir. M3 birimine ait dolomitlerin SiO₂ miktarı %4.21 ve 5.10, MgO miktarı %19.12 ve 20.12, Sr miktarı 435.9 ve 771.5 ppm, Na miktarı %0.03 ve 0.52 ve Ba miktarı 40 ve 78 ppm değerlerine sahiptir. Dolomitli örneklerin Na/Ca – Mg/Ca grafiklerine (Şekil 5.1 ve 5.2) bakıldığında, bu durum dolomitin tuzlu ve alkalın bir ortamda oluştuğunu işaret etmektedir.

Diğer karbonat minerallerinden M3 biriminde yoğun olarak gözlenen manyezitin, SiO₂ miktarı %20.15, MgO miktarı %33.87, Sr değeri 11633,7 ppm ve Ba miktarı 183 ppm değerlerine sahiptir. M3 biriminde kalsit olmayışı ve manyezitin yoğun olarak gözlenmesi bu karbonat minerallerinin çökelişi sırasında evaporasyon/beslenme oranının yüksek olduğunu göstermektedir, bir başka ifade ile pH ve alkalitenin yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Diğer bir karbonat minerali olan sideritin kimyasal bileşimde %62,1 FeO, %37,9 CO₂ bulunur. Fe⁺² nin yerine diğer metalik iyonların süstitüsüyonu nedeniyle saf siderit oldukça nadirdir. Hem Mn hem de Mg Fe⁺² yerine süstitüsyon yapabilir. Sideritin çoğunluğu şamozitin karbonatlaşmasıyla oluşabileceği gibi kalsitin yerine

FeCO_3 yerleşmesiyle de oluşabilir. Siderit ayrıca metalik damarlarda Mn'lı türleriyle hidrotermal olarak oluşabilir (Karakaya vd. [42]).

Çalışma alanında siderit yalnızca M2 biriminin alt seviyelerinde düşük yüzdelerde (%1-3) gözlenmekte olup, sideritli örneklerin, SiO_2 miktarı %15.19 - 47.96 arasında, Fe_2O_3 miktarı % 7.81- 15.77 arasında Sr % 100.4-146 arasındadır. Sideritin yüzdesinin düşük olması nedeniyle, ortam yorumlamada bir sonuca gidilememiştir.

6.3. Kil Mineralleri

Çalışma alanında egemen olarak gözlenen kil minerali simektittir. Simektitlerin yanında illit, kaolinit ve klorit mineralleri de bulunmaktadır.

Simektit grubu mineraller sedimanter yataklarda diyajenetik ve hidrotermal olaylarla oluşur (Kadir vd. [54]). Ayrıca simektit mineralleri tuf ve volkan külü türü malzemelerin alterasyonu sonucu da oluşabilmektedir. Bu tür oluşum mekanizmasıyla gelişen simektit mineralleri, kuvars ve feldispat mineralleriyle birlikte gözlenmektedir (Şahin [55]). Simektit ayrıca feldispatın, alkalın göl ortamında alterasyonu ile oluştuğu da bilinmektedir (Yağmurlu vd. [56]).

Çalışma alanında M2 birimini temsil eden örneklerde simektit miktarı %33 ile %83 arasında değişim göstermektedir. Bu örnekler üzerinde yapılan jeokimyasal analiz sonuçlarına göre, SiO_2 içeriği %15.19 ile 62.48 arasında, TiO_2 içeriği %0.24 ile 2.15 arasında, Al_2O_3 içeriği %7.32 ile 25.08 arasında, Fe_2O_3 içeriği %2.82 ile 15.77 arasında değişmektedir. M3 birimini temsil eden örneklerin, SiO_2 içeriği %2.10 ve 20.15, TiO_2 içeriği %0.08 ve 0.25, Al_2O_3 içeriği %1.43 ve 3.08, Fe_2O_3 içeriği %1.08 ve 1.57 dir.

Yapılan analizlerin sonuçlarına ve minerallerin düşey dağılımına (Ek 5 ve 6) bakıldığında, çalışma alanındaki her iki birimde en yaygın görülen kil minerali simektittir. Elektron mikroskop görüntülerinde de görüldüğü gibi (Şekil 4.7 ve 4.10), feldispatlardan bozularak simektitte dönüştüğü gözlenmektedir. Simektitlerde Fe ve Al'un yüksek olması, sıcak iklim koşullarına işaret etmektedir (Jean [57]; Hasdigen [58]). Aynı zamanda Fe ve TiO_2 miktarlarının da yüksek olması, kırıntılı malzemenin transformasyonu veya neoformasyonu sonucu oluşabileceği de ifade edilmiştir (Ataman [59]; Bayhan vd. [60]; Jeans [57]). Simektitin en çok gözlemlendiği M2 birimindeki AK-A-8 ve AK-B-5 numaralı örneklerde TiO_2 , Fe ve Al miktarları diğer örneklerle kıyasla daha yüksek olması söz konusu bu simektitlerin kırıntılı

malzemenin transformasyonu veya neoformasyonu sonucu oluşabildiğini göstermektedir.

İllit mineralleri, simektit mineralleri ile beraber sedimanter kayalarda en çok gözlenen bir kil mineralidir (Çelik vd. [61]). İllitler, feldispat, kaolinit ve muskovit minerallerinden itibaren düşük sıcaklık metamorfizmasıyla da oluşabilirler (Karakaya vd. [42]). Ayrıca illitler, K'ca zengin göl suyunda simektitlerin düşük sıcaklıklarda alterasyonu sonucu oluşabilirler (Ece vd. [62]). İllit minerallerinin iyi kristalin bir yapısı olduğunda, difraktogramlarda, kristalinitesi yüksek pik vermesine sebep olur (Karakaya vd. [42]). M2 ve M3 birimindeki illitlerin kristalinitesi yüksek pikler vermesi nedeniyle, bu illitlerin temelde yer alan metamorfiklerden türediği düşünülmektedir.

Kaolinitler, feldispat ve muskovit gibi minerallerin düşük sıcaklıklarda hidrotermal alterasyonları sonucunda oluşan ikincil minerallerdir. Ayrıca bazı araştırmacılara göre kaolinitler lagün, delta, denizsel olmayan ortamlarda, alkalın olmayan şartlarda detritik malzemenin bozunması sonucu da oluşabilirler (Karakaya vd. [42]). Doğada yaygın olarak bulunurlar. Çalışma alanında M2 birimini temsil eden örneklerin kaolinit içeriği %30 ile 56 arasında değişmektedir. Yapılan jeokimya analizlerine göre kaolinitli örneklerin içerikleri şu şekildedir; SiO₂ içeriği %46.49 ile 56.90 arasında, TiO₂ içeriği %1 ile 2.15 arasında, Al₂O₃ içeriği %16.21 ile 25.08 arasında, Fe₂O₃ içeriği %2.82 ile 9.99 arasında değişmektedir. M3 birimini temsil eden örneklerin, SiO₂ içeriği %5.10, TiO₂ içeriği %0.08, Al₂O₃ içeriği 1.43 ve Fe₂O₃ içeriği %1.08'dir. Klorit mineralleri magmatik kayalarda hidrotermal bozunma ürünü olarak gözlenen ikincil bir kil mineralidir. Kloritler killi kayalarda yüzeysel bozunma ürünü olarak da bulunabilirler (Karakaya vd. [42]). Klorit mineralleri killi sedimanlarda hem detritik hem de otijenik olarak bulunabilirler.

Çalışma alanında M2 birimini ait örneklerde klorit içeriği %13 ile 22 arasında değişmektedir. Yapılan kimya analizlerine göre kloritli örneklerin içerikleri; SiO₂ içeriği %45.28 ile 56.90 arasında, TiO₂ içeriği % 0.03 ile 2.15 arasında, Al₂O₃ içeriği %13.27 ile 25.08 arasında, Fe₂O₃ içeriği %1.29 ile 9.9 arasında değişmektedir. M3 birimini temsil eden örneklerin, SiO₂ içeriği %5.10, TiO₂ içeriği %0.08, Al₂O₃ içeriği %1.43 ve Fe₂O₃ içeriği %1.08'dir. İnceleme alanındaki kaolinit ve klorit oluşumlarının detritik olduğu düşünülmektedir.

7. SONUÇLAR

Eskişehir – Alpu yöresindeki Miyosen yaşlı sedimanter birimlerin mineralojik ve jeokimyasal incelemelerine göre elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Çalışma alanında yapılan AK-A ve AK-B nolu sondajlardan alınan örnekler, Miyosen yaşlı, kömür ara katkılı seviyeler içeren killi karbonatlı M2 birimi ve Miyosen yaşlı, killi, karbonatlı litolojiden oluşan M3 birimini temsil etmektedir. Çalışma alanında yapılan 2 farklı sondajdan 56 adet örnek temin edilmiş ve X-RD tüm kayaç analizleri yapılmıştır. Analizleri yapılan örneklerde; kil, mika, kalsit, dolomit, kuvars, feldispat, Opal-CT, manyezit ve siderit mineralleri saptanmıştır. Seçilen 24 örnekte ise X-RD kil fraksiyonu çözümülemesi gerçekleştirilmiş ve simektit, illit, kaolinit ve klorit mineralleri belirlenmiştir. X-ışını tayini yapılan örneklerden seçilen 16 adedi üzerinde elektron mikroskop çalışması gerçekleştirilmiştir. 17 adet örnek üzerinde ise major, iz ve nadir toprak element analizleri gerçekleştirilmiştir.
2. Çalışma alanında egemen olarak gözlenen kil mineralleri simektittir. Simektitlerin yanında, illit, kaolinit ve klorit mineralleri de bulunmaktadır. Elektron mikroskop analiz görüntülerinde de görüldüğü gibi (Şekil 4.6 ve 4.7) feldispatlardan bozunarak oluşabilme olasılığı da yüksektir. Aynı zamanda Fe ve TiO₂ miktarlarının yüksek olması kırıntılı malzemenin transformasyonu sonucu oluşabileceği düşünülmektedir. illit minerallerinin kristalinitesi, bu minerallerin detritik kökenli olabileceğini, özellikle M2 birimindeki illitlerin temelde yer alan metamorfiklerden türediği düşünülmektedir.
3. Çalışma alanında gözlenen karbonat mineralleri, kalsit, dolomit, manyezit ve siderittir. Kalsit, dolomit ve manyezit her iki birimde de gözlenirken, siderit sadece M2 biriminin alt seviyelerinde saptanmıştır. Yapılan araştırmalara göre kalsitin yaygın olarak gözleendiği M2 biriminin evaporasyon/beslenme oranının düşük olduğu koşullarda çökeldiği düşünülmektedir. Çalışma alanındaki dolomitin en yoğun gözleendiği birim M3 birimi olup, M2 biriminde de az miktarda gözlenmektedir. Dolomitin tuzlu ve alkali bir ortamda oluştuğu düşünülmektedir. M3 biriminde kalsit olmayışı

ve manyezitin yoğun olarak gözlenmesi bu karbonat minerallerinin çökelişi sırasında evaporasyon/beslenme oranının yüksek olduğunu ortaya koymakta olup, bir başka ifade ile pH ve alkalitenin yüksek olduğuna işaret etmektedir.

4. Karbonat minerallerinin oluşumu hakkında fikir edinebilmek için ve Na/Ca – Mg/Ca grafikleri çizilmiştir. Bu grafiklerde, inceleme alanındaki örnekler tatlı su değerlerine daha yakın olduğundan, söz konusu bu karbonatların karasal bir ortamda çökdikleri düşünülmektedir.
5. Çalışma alanına ait örneklerin, Th/Sc, Th/Co ve La, Sc oranları, Cullers [26]; Cullers vd. [27]; Taylor ve McLennan [28] verileri ile karşılaştırıldığında, bu sedimanların felsik kökenli olduğunu ortaya koymuştur. Sc'ye karşı Th grafikleri de bu durumu desteklemektedir. SiO₂ değerleri, kaynak kaya kompozisyonlarının felsik magmatik kayalardan türemekle birlikte felsik kaynaktan çok az bir sapma göstermesi, sedimanter kayaların heterojen bir kökene sahip olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.
6. M2 ve M3 birimlerine ait örneklerin kondrite göre normalize edilmiş, M3 birimini temsil eden örnekler ile çizilen diyagramlarda LREE/HREE yüksek olması, U ve Th da pozitif anomalinin oldukça yüksek olması, kabuksal katkının arttığını göstermektedir (Nyakairu [35]). PASS'a göre çizilen diyagramlar Pr (Praseodim) elementinin PASS'a göre negatif anomali göstermesi dışında, birbirine benzer trendeler göstermektedir. Çizilen diyagramlarda M2 biriminde hafif nadir toprak elementlerin zenginleştiği, ağır nadir toprak elementleri ise kısmen fakirleşmiş olduğu gözlenmekte olup, Eu'da negatif anomalinin gerçekleşmesi ve Sc, Te, Cr oranları düşük La/Sc oranı yüksek olması granitik kayalardan türediğini göstermektedir.
7. Çalışma alanındaki sedimentlerin kıtasal koşulların hâkim olduğu, aktif kıta kenarı ve kıtasal ada yayı bölgesinde yer aldıklarını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] A.S.T.M., *Ingorganic Index to the powder diffraction file: Joint Committee on Powder Diffraction Standart*. Pennsylvania, Pages: 1432, **1972**.
- [2] Gündoğdu, M.N., *Neojen Yaşlı Bigadiç Sedimanter Baseninin Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Beytepe, Ankara, Sayfa: 386, **1982**.
- [3] Şengüler, İ., *Eskişehir Havzasındaki Kömürlerin Kökenine İlişkin Bir Değerlendirme*. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Sayfa: 342-343, Ankara **2009**.
- [4] Yapıcı, E., *Alpu (Eskişehir) Yöresi Miyosen Yaşlı Kömürlerin Element Jeokimyası*, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, **2013**.
- [5] Taşkiran, L., *Mahmudiye-Alpu (Eskişehir) Arasının Jeotermal Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, **2014**.
- [6] Sarıiz, K., *Türkmen Tokat-Karatepe (Eskişehir) Manyezit Yataklarının Oluşumu*, *MTA Dergisi* 110, Sayfa: 77-96, **1990**.
- [7] Altunel, E. ve Barka, A., *Eskişehir fay zonunun İnönü-Sultandere arasında neotektonik aktivitesi*. Türkiye Jeoloji Bülteni, cilt 41, No. 2, Sayfa: 41-52, **1998**.
- [8] Selçuk, S., A., *Mahmudiye – Çifteler - Emirdağ (Eskişehir Gd'su) Havzasının Neotektoniği*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2009**.

- [9] Emre, Ö., Duman T.Y., Özalp, S., *1:250 000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Eskişehir (NJ 36-1) Paftası*, Seri No:15, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara – Türkiye, **2011**.
- [10] Şengüler, İ., Bulut, Y., Usta, K., Sezgin, M., Kırman, E., Tosun, M., Yapıcı, E., Polat, S. ve Coşar, A., *Eskişehir-Alpu Sahasının Stratigrafik Özellikleri ve Kömür Potansiyeli*. 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Ankara. **2011**.
- [11] Şengüler, İ., ve İzladı E., *Eskişehir Grabeninin Neojen Stratigrafisi Ve Sismik Yansıma Etüdü İle Kömür Çökelim Alanının Araştırılması*, *MTA Dergisi* cilt146 Sayfa:105-116, Ankara **2013**.
- [12] Usta, K., *Alpu – Eskişehir Linyitlerinin Jeolojisi, Palinolojisi, Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ve Benzer Linyit Havzaları İle Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, **2013**.
- [13] Şengüler, İ. ve Akkiraz, M., S., *Eskişehir Havzasındaki Miyosen Yaşlı Çökellerin Palinolojisi ve Paleoeolojisi*, TPJD Bülteni, Cilt 26, Sayı1, Sayfa: 7-17, **2014**.
- [14] Taşkıran, L., *Mahmudiye-Alpu (Eskişehir) Arasının Jeotermal Enerji Potansiyelinin belirlenmesi*, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, **2014**.
- [15] Usta, K. ve Kutluk, H., *Eskişehir-Alpu Linyitlerinin Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri*, *Bilim ve Teknoloji Dergisi - A - Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik* Cilt: 15 Sayı: 1 Sayfa: 51-67., Eskişehir, **2014**.
- [16] Seyitoğlu, G., Ecevitoglu, G., B., Kaypak, B., Güney, Y., Tün, M., Esat, K., Avdan, U., Temel, A., Çabuk, A., Telsiz, S., Aldaş, G., U., *Determining the main strand of the Eskişehir strike-slip fault zone using subsidiary structures*

and seismicity: a hypothesis tested by seismic reflection studies. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **2015**.

- [17] Toprak, S., Cicioglu, S., E. ve Senguler, İ., A fault controlled, newly discovered Eskişehir Alpu coal basin in Turkey, its petrographical properties and depositional environment, *International Journal of Coal Geology* 138, Pages: 127–144, **2015**.
- [18] Tün, M., Pekkan, E., Mutlu, S. ve Ecevitoğlu B., *Eskişehir Baseni Sismik Kalite Faktörünün İrdelenmesi*, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği Ve Sismoloji Konferansı 14-16 Ekim 2015, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir **2015**.
- [19] Erkoyun, H., *Eskişehir Neojen Alpu Havzasındaki Kömürle Ara Katkılı Killi Kayaçların Mineralojisi ve Jeokimyası*, Türkiye Jeoloji Bülteni 60., Sayfa: 189-208, **2017**.
- [20] Gündoğdu, M., N. ve Yılmaz, O., Kil Mineralojisi Yöntemleri: I. Ulusal Kil Sempozyumu Bildirileri, Çukurova Üniversitesi Yayınları, 319-330, Adana. **1983**.
- [21] Gözler, Z. Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, J., *Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi*. MTA Rapor No. 9973, Ankara. **1996**.
- [22] Siyako, F., Coşar, N., Çokyaman, S. ve Coşar, Z., *Bozüyük - İnönü – Eskişehir - Alpu – Beylikova -Sakarya Çevresinin Tersiyer Jeolojisi ve Kömür Olanakları*. MTA Rapor No. 9281 (yayımlanmamış), **1991**.
- [23] Koçyiğit, A. *Güneybatı Türkiye'nin depremselliği*. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, 24-27 Mayıs 2000, izmir, 30-39. **2000**.
- [24] Bozkurt, E.. *Neotectonics of Turkey – a synthesis*. Geodinamica Acta, 14, 3-30. **2001**.

- [25] Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A. *Türkiye'nin aktif fayları ve depremsellikleri*. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 8174, Sayfa: 394, Ankara (yayımlanmamış), **1987**.
- [26] Cullers, R.L., *The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age*, Colorado, USA: implications for provenance and metamorphic studies. *Lithos* 51 (3), Pages: 181-203, **2000**.
- [27] Cullers, R.L., Basu, A. And SuttnerL., *Geochemical signature of provenance in sand-size material in soils and strea sediments near the Tobacco Root batholith*, Montana, U.S.A. *Chemical Geology* 70 Pages: 335-348, **1988**.
- [28] Taylor S.R., and McLennan S. M., *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*: Blackwell, Oxford, Pages: 312, **1985**.
- [29] Hayashi K., Fujisawa H, Holland HD, Ohmoto H., *Geochemistry of approximately 1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada*. *Geochim Cosmochim Acta*. 61(19):4115-37. **1997**.
- [30] Boynton, W.V., *Cosmochemistry of the rare earth elements; meteorite studies in: Rare earth element geochemistry*. Henderson, P. (Editors), *Elsesilver Science Publ. Co.*, Amsterdam, 63-114, **1984**.
- [31] Taylor S.R., and McLennan S. M., *The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 301(1461):398-399, **1981**.
- [32] Taylor S.R., and McLennan S. M., *Proterozoic Geology: selected paypers from an international protezoic symposium, Geological Society of American*, **1983**.

- [33] Haskin L. A., Wildeman T.R. and Haskin M. A., *An accurate procedure for the determination of the rare earths by neutron activation*, J. Radioanal. Chem. 1, Pages: 337-348, **1968**.
- [34] Cullers, R.L., *The controls on the major- and trace-element evolution of shales, siltstones and sandstones of Ordovician to Tertiary age in the Wet Mountains region, Colorado, U.S.A.* Chemical Geology, 123, Pages:107-131, **1995**.
- [35] Nyakairu G. W. A. and Koeberl C., *Mineralogical and chemical composition and distribution of rare earth elements in clay-rich sediments from central Uganda*, Geochemical Journal 35, Pages: 13-28, **2001**.
- [36] Cullers, R.L., *Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, Co, USA*. Chemical Geology 191, Pages: 305 -327. **2002**.
- [37] Okunlola, O.A., Idowu, O., *The geochemistry of claystone-shale deposits from the Maastrichtian Pattifformation, Southern Bidaa basin, Nigeria*. *Earth Sciences Research Journal* 16, No.2, Pages: 57 – 67. **2012**.
- [38] Bhatia, M., R., Crook K.A.W., *Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins*. Contributions to Mineralogy and Petrology 92, Pages: 181-193, **1986**.
- [39] Atabey, E., *Karbonat Sedimentolojisi*. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları 45, Sayfa:130. **1997**.
- [40] Ataman, G. and Gündoğdu, M.N., *Alcaline Zones in the Tertiary of Anatolia and Their Geological Position*, *Elsevier Science Sedimentary Geology*, Volume 31, Issue 1, Pages: 89-99 **1982**.
- [41] Last, W.M. and Schweyen, T.H., *Sedimentology and Geochemistry of Saline Lakes of the Great Plains*, Hydrobiological, 105, Pages 245-263. **1983**.

- [42] Karakaya, M.Ç. ve Karaya, N., *Sistemantik Mineraloji*, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, Konya, Sayfa 454. **2007.**
- [43] Monroe, J. S. & Wicander, R., *Fiziksel jeoloji-yeryuvarının araştırılması*. (Çeviren: K. Dirik ve M. Şener). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, **2001.**
- [44] Lu, F. H. ve Meyers, W. J., *Massive dolomitization of late Miocene carbonate platform: a case of mixed evaporation brines with meteoric water*. Nijar, Spain, *Sedimentology*, 45, Page: 263-277. **1998.**
- [45] Temel, A., *Bigadiç Baseni Merkezi Kesiminin Mineralojik-Petrografik, Jeokimyasal İncelenmesi ve Neoformasyon Minerallerinin Dağılımı*, Yüksek Lisans Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Beytepe, Ankara, 163s. **1987.**
- [46] Arenas, C., Zarza, A.M.A., Pardo, G., *Dedolomitization and other early diagenetic processes in Miocene lacustrine deposits, Ebro Basin (Spain)*, *Sedimentary Geology*, 125, Page: 23-45. **1999.**
- [47] Deer, W. A., Howie, R. A., and Zussman, J., *An Introduction to the Rock Forming Minerals*, 2nd ed., Longman, London, Page: 696, **1992.**
- [48] Deffeyes. K.S., Lucia, F.J. ve Weyl, P. K., Dolomitization: Observations on the island of Bonaire, *Netherlands Antilles: Science*, 143, Pages: 678-679. **1964.**
- [49] İlling, L. V., Wells, A.J. ve Taylor, J.C.M., Penecontemporary dolomite in the Persian Gulf, in dolomitization and limestone diagenesis. *Special publication - Society of Economic Paleontologists and Mineralogists* 28, 13, Pages: 89-111. **1965.**
- [50] Behrens, E.W. ve Land. L.S., *Subtidal Holocene dolomite, Baffin Bay, Texas*: *Sedimentary Geology*, 42, Pages: 155-161, **1972.**

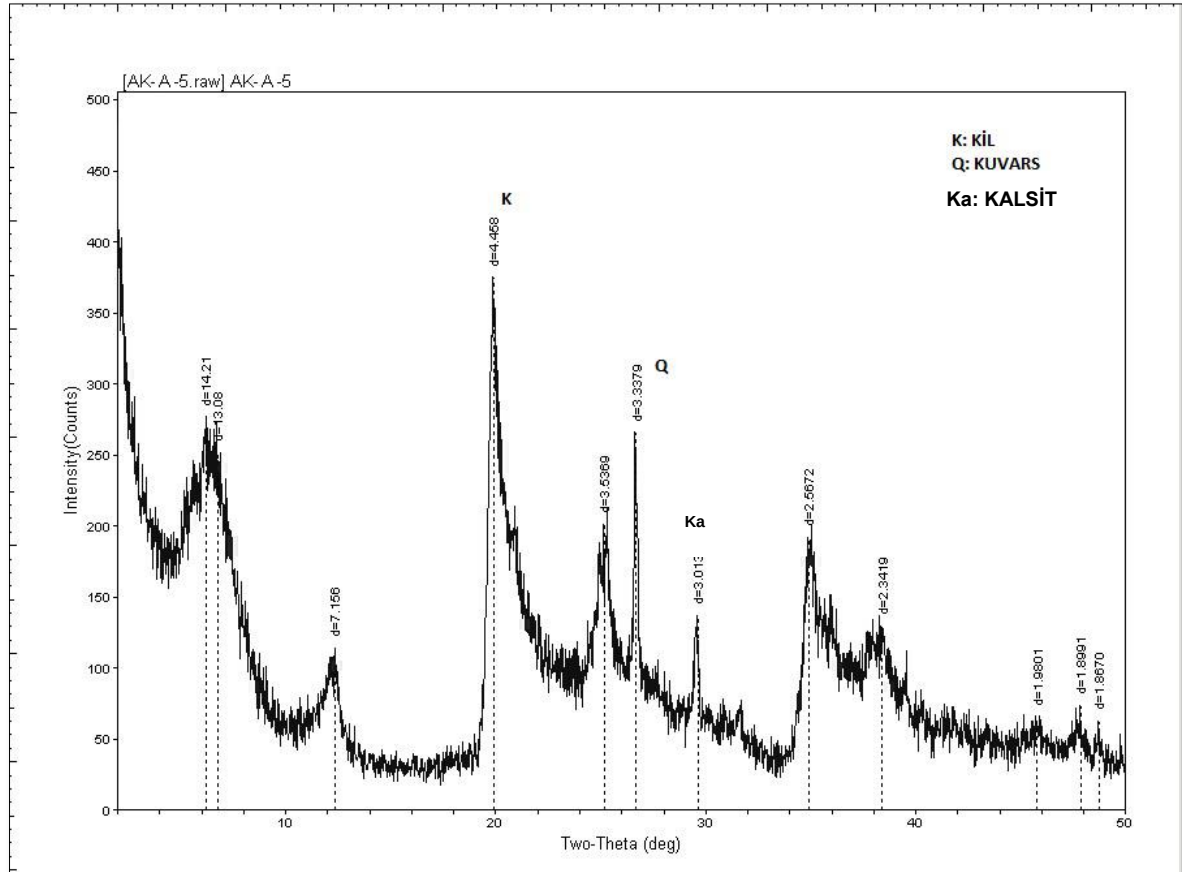
- [51] Patterson, R.J. ve Kinsman, D.J.J., Formation of diagenetic dolomite in coastal sabkha along Arabian (Persian) Gulf. *American Association of Petroleum Geologists* 66, Pages: 28-43. **1982.**
- [52] Land, L.S., The origin of massive dolomite: *Journal of Geoscience Education* 33, Pages: 112-125. **1985.**
- [53] Hanshaw, B.B.; Back, W. ve Dieke, R.G., A geochemical hypothesis for dolomitization by groundwater, *Society of Economic Geologists*, 66, Pages: 710-724, **1971.**
- [54] Kadir, S. Ve Karakaş, Z., Konya Miyosen Yaşlı Volkanik Birimlerin Mineralojik-Petrografik Ve Jeokimyasal İncelenmesi İle Neoform Kil Mineral Oluşumlarının İrdelenmesi. *MTA Dergisi*, 122, Pages: 95-106. **2000.**
- [55] Şahin, T., *Kırka (Eskişehir) Borat Havzasının Mineralojisi Ve Jeokimyası*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Beytepe, Ankara, **2009.**
- [56] Yağmurlu, F. Ve Helvacı, C., sedimentological characteristics and facies of the evaporite-bearing Kirmir Formation (Neogene), Beypazarı Basin, Central Anatolia, Turkey, *Sedimentology*, 41 Pages: 847-860. **1994.**
- [57] Jeans, C. V., *Clay mineralogy of the Cretaceous strata of the British Isles*, *Clay Minerals* 41 Pages: 47-150, **2006.**
- [58] Hasdigen S., *Kretase- Tersiyer yaşlı Davutlar Formasyonu'nun (Derekani/Kastamonu) Kil Mineralojisi ve Sedimanter Petrolojik İncelenmesi*, Hacettepe Üniversitesi, Doktora Tezi, Ankara, **2007.**
- [59] Ataman, G. and Baysal, O., Clay Mineralogy of Turkish Borate Deposits, *Elsesilver Science Chemical Geology*, Volume 22, Pages: 233-247 **1978.**

- [60] Bayhan, E., Temel, A., Sahbaz, A., Varol, B., Kazancı, N., Görmüş, S., Ergin, M., Mudanya- Ulubat Gölü (Bursa Yöresi) Orta-Üst Miyosen-kuvaterner istifinin mineralojik incelenmesi, *Yerbilimleri*, 20, Sayfa: 55-62, **1998**.
- [61] Çelik, M., Karakaya, N., sistematik Mineroloji, Selçuk Üniversitesi, Konya. S.,434. **1998**.
- [62] Ece, Ö.I. and Çoban, F., Geology, occurrence and genesis of Eskişehir sepiolites, Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 42 (1), Pages: 81-92, **1994**.

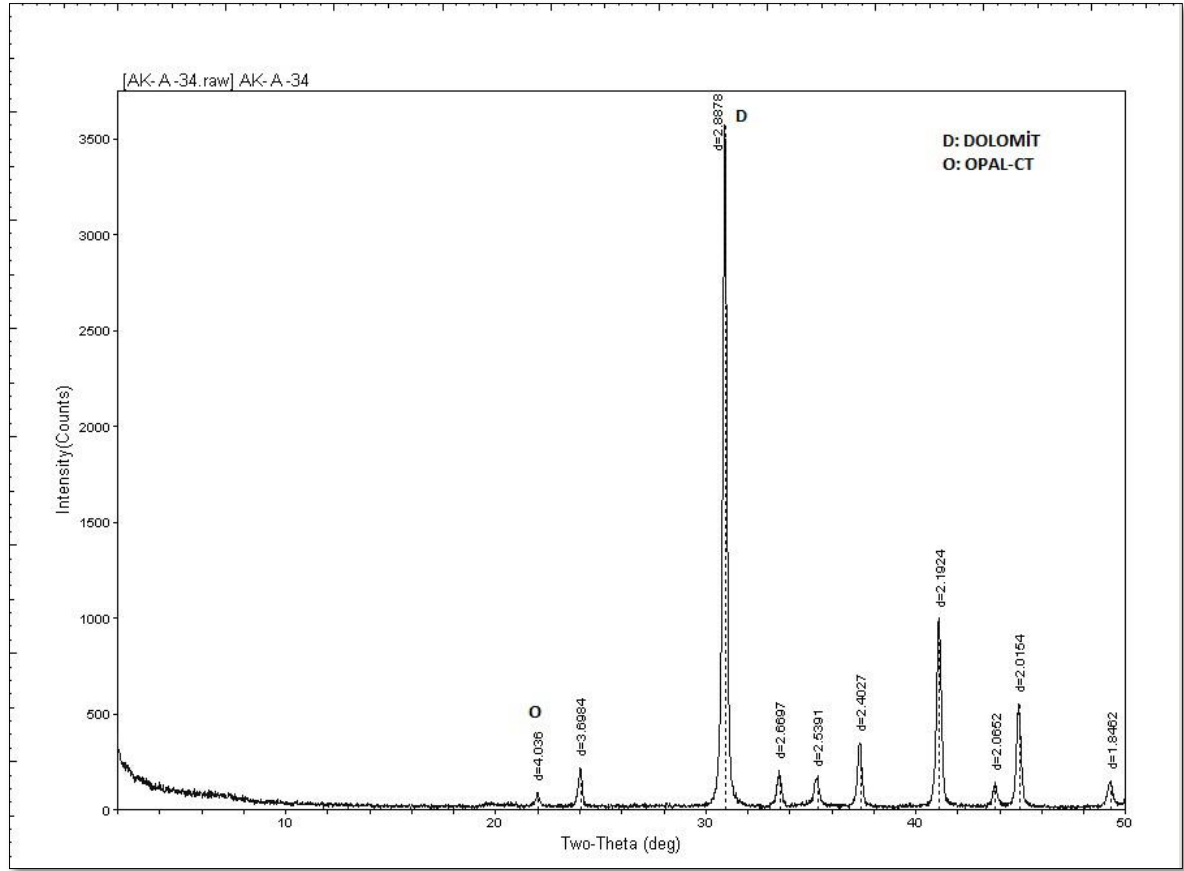


EKLER

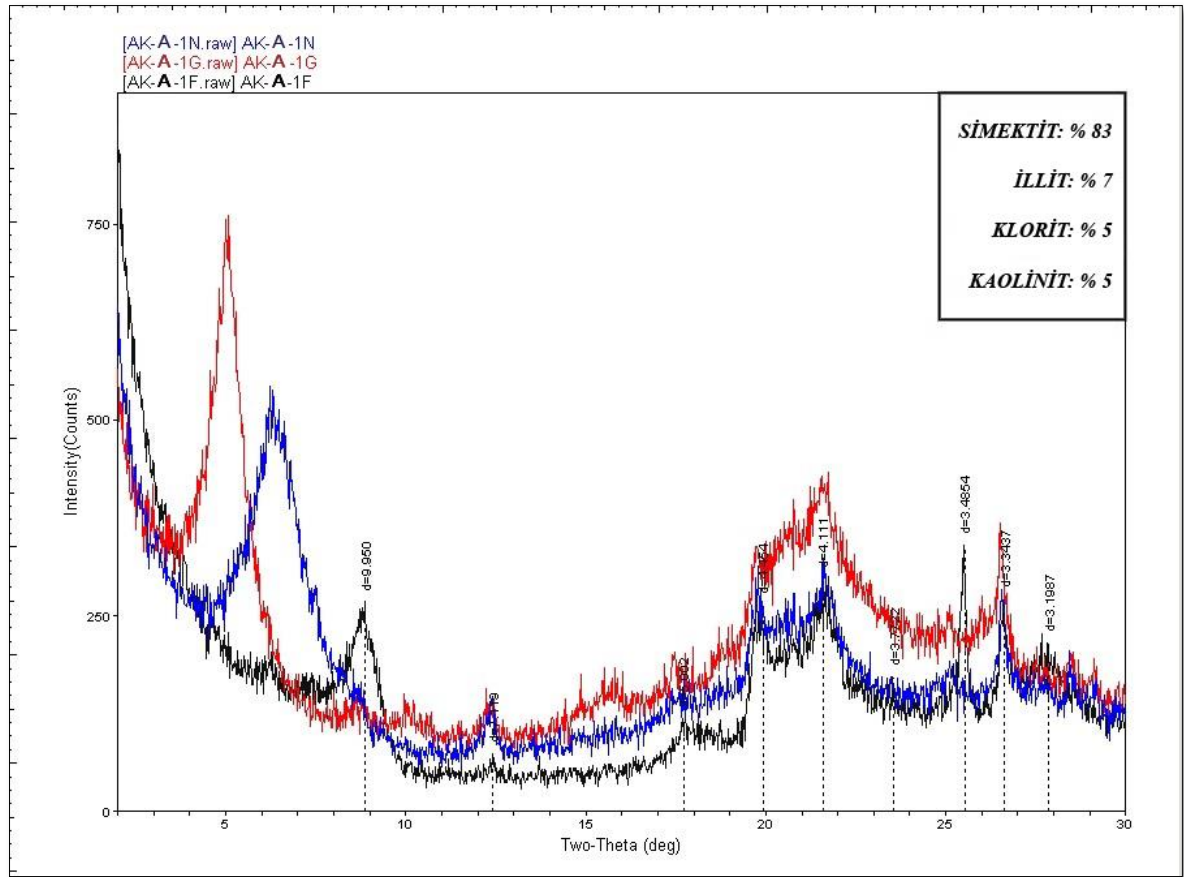
Ek 1: AK-A-5 numaralı örneğin X-ışınları Difraktogramı



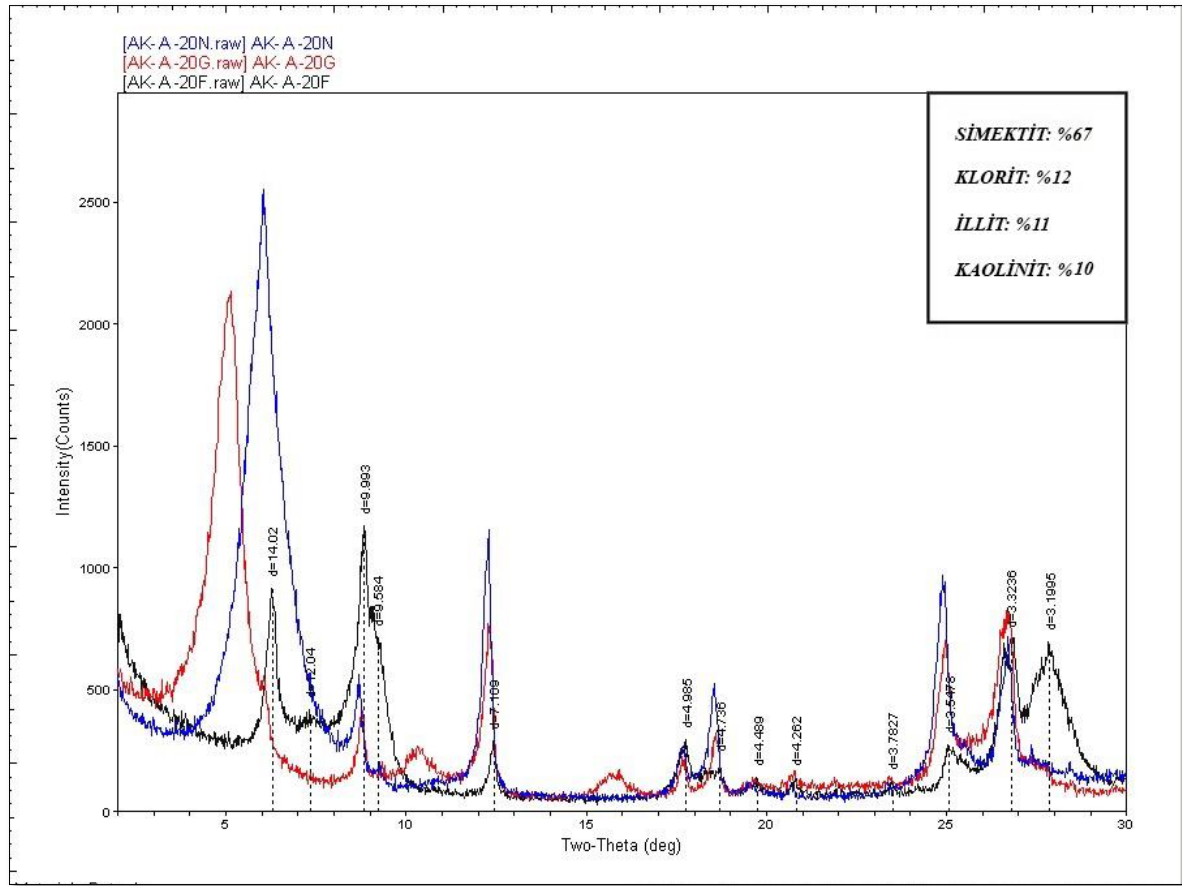
Ek 2: AK-A-34 numaralı örneğin X-ışınları Difraktogramı



Ek 3: AK-A-1 numaralı örneğin X-ışınları Difraktogramı kil çekimi



Ek 4: AK-A-20 numaralı örneğin X-ışınları Difraktogramı kil çekimi



EK - 5 AK - A SONDAJINDA MİNERALLERİN VE BAZI ELEMENTLERİN DÜŞEY DAĞILIMLARI

STRATİGRAFİK KESİT				MİNERAL DAĞILIMI										KİL MİNERAL DAĞILIMI					JEOKİMYASAL DAĞILIM															LİTOLOJİK AÇIKLAMA						
ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	ÖRNEK NO	KİL (%)	DOLOMIT (%)	FELDSPAT (%)	MİKA (%)	OPAL - CT (%)	KUVARSA (%)	KALSİT (%)	MANYEZİT (%)	SİDERİT (%)	ÖRNEK NO	SİMEKTİT (%)	KLORİT (%)	İLLİT (%)	KAOLİNİT (%)	ÖRNEK NO	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO(%)	CaO(%)	Na ₂ O(%)	Ba (ppm)	Sr (ppm)	LOI(%)	TOT/C (%)	TOT/S (%)									
SENOZOYİK	TERSİYER	M3	0		AK A-34					5											AK A-34	4.21	0.79	0.38	20.22	28.43	0.07	40	771.5	45.3	12.72	<0.02	Beyaz kçt							
			14		AK A-33	47	38		12		1												AK A-33	5.10	1.43	1.08	19.12	28.27	0.04	78	435.9	44	12.26	<0.02	Yeşil kıltaşı					
			18.10		AK A-32	14	82		4														AK A-32	27	18	35	20								Beyaz kçt					
			20.50		AK A-31	44	55				1																								Yeşilimsi kıltaşı					
			31.80		AK A-30	51	6	1	44		2		1																						Alacalı kıltaşı					
			36		AK A-29	44	35	3	8	5																									İnce taneli gritik kumtaşı					
			42		AK A-28	49	64	4	6	5	8																								Alacalı kıltaşı					
			46.10		AK A-27	64	15	13	3		5																								Kahverengimsi kıltaşı					
			51		AK A-26	49	64	4	6	5	8																									Kahverengimsi kıltaşı				
			55		AK A-25	18		42	37		3													AK A-25	55.20	15.04	6.97	4.27	2.69	1.77	1034	609.8	10.7	<0.02	<0.02	Alacalı Çamurtaşı				
			58.70		AK A-24	76	6	4	12		6	2																								Yeşil kıltaşı - çok ince taneli gevşek kumtaşı				
			61		AK A-23	69	6	6	14		5																									Yeşil kıltaşı				
			74.70		AK A-22	97	2	5		4	2																										Yeşil kıltaşı			
			78.20		AK A-21	32	4	10	36	7	11																										İnce taneli damarlı - yeşil kıltaşı			
			82.20		AK A-20	56	7	5	21	6	5																											Yeşil kıltaşı		
			86		AK A-19	36	27	4	16	4	6																											Yeşil kıltaşı		
		89		AK A-18	92	8		18		10	2																										Alacalı çamurtaşı			
		120.60																																					Alacalı çamurtaşı	
		124																																					Yeşil kıltaşı	
		128.10		AK A-16	91	1	4			4													AK A-16	56.90	16.21	6.46	3.16	3.04	2.67	215	187.7	7	0.47	0.02	Yeşil kıltaşı					
		131.80																																				Yeşil kıltaşı		
		135.40																																					Alacalı çamurtaşı - ikinci kalsit	
		139.90																																					Alacalı çamurtaşı	
		143.50		AK A-15	89	3	2	20		6	1																										Yeşil kıltaşı			
		147		AK A-14	48	2	12		14																													Yeşil kıltaşı		
		149																																					Yeşil ince taneli kumtaşı	
		153		AK A-13	44	7	6	30	4	8	1																											Polijenik konglomera		
		154																																						
				AK A-12	53	1	5	28		12													AK A-12	49.42	16.53	9.99	4.71	3.57	0.42	369	191.8	10.2	0.47	<0.02	Yeşil renkli kıltaşı yer yer gevşek tutturulmuş kumtaşı					
		178.50		AK A-11	56	1	7	31		2	3												AK A-11	53.11	15.50	8.04	3.37	2.45	1.04	219	235.9	11.8	2.01	0.73					Yeşil kıltaşı	
		180.20		AK A-10	52	3	10	8		15	12																											Yeşil kıltaşı		
				AK A-9	95					2	3																												Yeşil kıltaşı	
		AK A-8	97					3													AK A-8	49.13	17.75	9.97	2.57	1.38	0.16	117	191.3	15.9	0.25	<0.02					Yeşil kıltaşı			
208.30		AK A-6	84		12		10	11																													Alacalı kıltaşı			
216.20		AK A-5	97					1	2												AK A-5	68	11														Alacalı kıltaşı			
217.20																																							Alacalı kıltaşı	
218.80																																							Alacalı kıltaşı	
220.80																																							Alacalı kıltaşı	
223		AK A-4	89	2				9																													Alacalı kıltaşı			
231.40																																							Alacalı kıltaşı	
240																																							Alacalı kıltaşı	
245																																							Alacalı kıltaşı	
250.60		AK A-3	60		4	15	14	4			3	AK A-3	66	22	11	1																					Alacalı kıltaşı			
		AK A-2	65		6	16		5			3										AK A-2	47.96	7.32	12.08	1.60	1.37	0.42	181	109.4	27.3	12.31	1.66					Alacalı kıltaşı			
266.2		AK A-1	80	2	4		7	2			5																										Alacalı kıltaşı			
268.20																																							Alacalı kıltaşı	
269.88																																							Alacalı kıltaşı	
276																																							Alacalı kıltaşı	
294.50		M1																																					Alacalı kıltaşı	

ÖZ GEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Burcu SARPHELLİ

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 28.10.1987

Medeni Hali : Evli

E-posta : burcu.sarpbelli@gmail.com

Adresi : Alacaatlı Mah. 4984. Cad. 4980. Sok.Sinem Villaları A Blok No:3
Çankaya/ Ankara

Eğitim

Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi (2005-2010)

Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi (2014-...)

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce : Pre-Intermediate

İş Deneyimi

- 2011-2013 Jemad Madencilik ve Mühendislik LTD. ŞTİ. – Jeoloji Mühendisi
- 2013- Hedef CS Basın Yayın ve Mühendislik A.Ş. – Proje Müdürü (Yönetim Kurulu Üyesi)

Deneyim Alanları

- Jeolojik Haritalama ve Saha çalışmaları
- Proje Üretme ve Geliştirme

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 19/07/2018

Tez Başlığı / Konusu: ESKİŞEHİR-ALPU YÖRESİNDEKİ SEDİMANTER BİRİMLERİN MİNERALOJİK VE JEOKİMYASAL İNCELENMESİ

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 75 sayfalık kısmına ilişkin, 17/07/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 7 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

19.07.2018

Adı Soyadı: BURCU SARPHELLİ
Öğrenci No: N14322756
Anabilim Dalı: JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Programı: YÜKSEK LİSANS
Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

PROF. DR. ABİDİN TEMEL
(Unvan, Ad Soyad, İmza)