

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KARAYATAK (ŞABANÖZÜ GÜNEYİ) BENTONİTLERİNİN
MİNERALOGİSİ VE SEDİMANTOLOJİSİ**

Asuman DİKMEN

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA

2009

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Asuman DİKMEN tarafından hazırlanan “**Karayatak(Şabanözü Güneyi) Bentonitlerinin Mineralojisi ve Sedimantolojisi**” adlı tez çalışması 18/02/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd.Doç. Zehra KARAKAŞ

Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri:

Başkan: Prof.Dr. Emel BAYHAN
Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Doç.Dr.Gültekin KAVUŞAN
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Yrd.Doç.Zehra KARAKAŞ
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof.Dr.Orhan ATAKOL

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARAYATAK (ŞABANÖZÜ GÜNEYİ) BENTONİTLERİNİN MİNERALOJİSİ VE SEDİMANTOLOJİSİ

Asuman DİKMEN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Zehra KARAKAŞ

Çankırı civarında halen işletilmekte olan ve önemli rezerve sahip bentonit yatakları bulunmaktadır. Bu çalışma ile Şabanözü Karayatak Bentonit oluşumunun mineralojik ve sedimentolojik özelliklerinin incelenmesi ve kökeninin açıklanması amaçlanmıştır.

İnceleme alanındaki Tersiyer istifi, Paleosen yaşlı granitoid, Geç Miyosen yaşlı Karakocaş ve Mamak formasyonları ile Pliyosen yaşlı Bozdağ bazaltı ve Gölbaşı formasyonu olarak incelenmiştir. Şabanözü Karayatak bentonit oluşumu Geç Miyosen yaşlı gölsel birimler ile temsil edilen Karakocaş ve Mamak formasyonları içerisinde bulunmaktadır. Konglomera ve kumtaşı birimlerinden oluşan Karakocaş formasyonu içerisinde yer yer kıltaşı ve lav akıntıları şeklinde bazalt seviyeleri bulunur. Mamak formasyonu, aglomera, tuf ve andezit, bazalt bileşimli lavlardan oluşur. Sahada yeşil renkli olarak izlenen bentonit oluşumu beyaz-krem renkli tuf ve kırmızı renkli kıltaşı birimlerinin ardalanmasından oluşan volkano-sedimanter bir istif içerisinde iki ayrı seviye halinde yer alır. X-ışını difraktogram (XRD) çalışmalarına göre Karayatak bentonit örneklerinde hakim kil minerali simektittir. Klorit ve illit bentonit oluşumdaki diğer kil mineralleridir. Simektit minerali feldispat, opal-CT, kristobalit, kuvars, kalsit, piroksen, hematit ve yer yer de analsim, klinoptilolit-höylendit, dolomit, amfibol ve jips-anhidrit mineralleri ile birlikte bulunmaktadır. Simektitlerin (001) bazal mesafeleri $14.91 \text{ \AA} - 15.82$ ve $12.40 \text{ \AA} - 12.90 \text{ \AA}$, (060) ve (330)'daki yansıma değerleri ise $1.49 \text{ \AA} - 1.50 \text{ \AA}$ arasında değişmektedir. Bu değerlere göre bentonitin Ca-simektit ile Na-Ca simektit bileşimli ve dioktahedral yapıda olduğunu göstermiştir. Taramalı elektron mikroskop çalışmalarında bentonit oluşumundaki simektit minerali levhamsı yapraklardan oluşan petek dokusu şeklinde bir morfolojiye sahiptir. Saha gözlemleri ve laboratuvar verilerine veriler göre Karayatak bentonitleri dasitik ve andezitik bileşimli volkanizma ürünlerinin gölsel ortamda yerinde alterasyonu sonucu oluşmuştur.

2009, 61 sayfa

Anahtar Kelimeler: Bentonit, Karayatak (Şabanözü), mineraloji, sedimentoloji, simektit

ABSTRACT

Master Thesis

MINERALOGY AND SEDIMENTOLOGY OF THE KARAYATAK BENTONITES FROM ŞABANÖZÜ

Asuman DİKMEN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Geological Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Zehra KARAKAŞ

There are important bentonite reserves and still mining in Çankırı basin. The purpose of this study is to investigate the sedimentology and mineralogy of Karayatak (Şabanözü) bentonite occurrence.

Tertiary units have been studied as the Paleocene granitoid, the Late Miocene Karakocaş and Mamak formation, Pliocene Bozdağ basalt and Gölbaşı formation in this area. The Karayatak (Şabanözü) bentonites took place in Karakocaş and Mamak formations which represented by Late Miocene lacustrine units. Karakocaş formation is composed of mainly conglomerates - sandstones alternation, and rarely claystones and basaltic flow lavas. Mamak formation consists of agglomerate, tuff and andesite, basaltic lava flows. Green colored bentonites took place two horizons in the volcano-sedimentary succession which is composed of white to cream colored tuff and red claret claystones alternation. The investigation of X-ray diffractogram (XRD) analyses shows that the dominant clay mineral of Karayatak bentonites is smectite, but they also contain some other clay minerals such as chlorite and illite. Smectite is associated with mainly feldspar, opal-CT, cristobalite, quartz, calcite, pyroxene, hematite, and also analcime, clinoptilolite-heulandite, dolomite, amphibolite and gypsum-anhydrite. Basal spacing (001) and the reflections (060) with (330) of the smectites vary between 14.91-15.82 Å , 12.40-12.90 Å and 1.49 Å -1.50 Å, respectively. These values also show that bentonites has a dioctahedral form and Ca-smectite and Na-Ca smectite in composition. . SEM studies indicate that smectite mineral has a morphology of honeycomb formed by flaky layers. The field studies and mineralogical data indicate that the Karayatak bentonites should have been formed by the in-situ alteration of dasitic and andesitic volcanic units in lake environment.

2009, 61 pages

Key Words: Bentonite, Karayatak (Şabanözü), mineralogy, sedimentology, smectite

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın konusunu Karayatak (Şabanözü Güneyi) bentonitlerinin mineralojisi ve sedimentolojisinin incelenmesi oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın her safhasında değerli görüş ve bilimsel katkılarını esirgemeyen, tezin tamamlanmasında maddi ve manevi destek olan sayın danışman hocam Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yrd. Doç. Dr. Zehra KARAKAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez sahasını öneren bölümümüz öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Baki VAROL'a, arazi çalışmaları ile bize eşlik eden Dr. Koray SÖZERİ'ye, yardımlarından dolayı Beta Bentonit'den Sayın Aydın KARGI'ya, Oya GÜLAN'a ve eşim Murat DİKMEN'e, çalışmalarım esnasında emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Asuman DİKMEN
Ankara, Şubat 2009

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 İnceleme Alanı	1
1.2 Çalışmanın Amacı	2
1.3 Materyal ve Metod	3
1.3.1 Arazi çalışmaları	3
1.3.2 Laboratuvar çalışmaları	4
1.3.3 Önceki çalışmalar.....	5
2. STRATİGRAFİ VE SEDİMANTOLOJİ	10
2.1 Genel Tanım.....	10
2.2 Kretase	10
2.2.1 Karadağ Formasyonu (Kkk)	11
2.3 Tersiyer	14
2.3.1 Granitoidler (Gr).....	14
2.3.2 Karakocaş Formasyonu (Tka) ve Bazalt (β).. .	14
2.3.3 Mamak Formasyonu (Tm).....	16
2.3.4 Bozdağ Bazaltı (Tb).....	18
2.3.5 Gölbaşı Formasyonu (Tg).....	19
2.3.6 Kuvaterner	19
3. BENTONİT YATAKLARININ KONUMU.....	20
4. MİNERALOGİK İNCELEMELER.....	25
4.1 X-Işınları Difraksiyonu Tüm Kayaç ve Kil Fraksiyonu İncelemeleri (XRD)....	25
4.2 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri	31
4.3 Kimyasal Analiz.....	38

4.4 Diferansiyal Termal Analiz (DTA) İncelemeleri.....	45
5. OLUŞUM	49
6. SONUÇLAR.....	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ.....	61

SİMGELER DİZİNİ

Al	Alüminyum
Ca	Kalsiyum
Fe	Demir
Na	Sodyum
H	Hidrojen
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
O	Oksijen
P	Fosfor
S	Kükürt
Si	Silisyum
Ti	Titan

KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	American Standart for Testing Material
EDS	Enerji Dağılımlı X-Işınları
EG	Etilen Glikollü
F	Fırınlanmış
G	Güney
GD	Güneydoğu
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
MAT	Maden Analizleri ve Teknoloji
MTA	Maden Tetkik ve Arama
N	Normal
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SBTAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TG	Termogravimetri
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
XRD	X-Işınları Kırınımı
XRF	X-Işınları Floresans

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	1
Şekil 1.2 Çankırı ili maden haritası.....	2
Şekil 1.3 İnceleme alanının örnekleme haritası.....	3
Şekil 2.1 İnceleme alanının jeoloji haritası.....	12
Şekil 2.2 İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti.....	13
Şekil 2.3 Karayatak civarında kırmızı ve yeşil renkli birimlerinden oluşan Karakocaş formasyonunun saha görünümü.....	15
Şekil 2.4 Şabanözü civarında Karakocaş formasyonu içerisindeki bentonit (b) seviyesinin saha görünümü.....	15
Şekil 2.5 Şabanözü civarında Geç Miyosen yaşlı Mamak formasyonunu oluşturan krem, bej renkli tuf düzeylerinin yakından saha görünümü.....	16
Şekil 2.6 Şabanözü civarındaki tuf (T) mostaralarının uzaktan arazi görünümü.....	17
Şekil 2.7 Şabanözü civarında krem, bej ve pembe renkli yığışım şeklinde izlenen tuf seviyelerinin saha görünümü.....	17
Şekil 2.8 Şabanözü civarında krem, bej renkli tuf (a) seviyeleri arasındaki bentonit (b) oluşumunun yakından saha görünümü.....	18
Şekil 3.1 Karayatak civarındaki SB simgeli bentonit sahasının uzaktan görünümü.....	20
Şekil 3.2 Karayatak civarındaki KRK simgeli bentonit sahasının uzaktan görünümü ...	20
Şekil 3.3 Yeşil renkli Karayatak bentonit örneğinin yakından görünümü	21
Şekil 3.4 Yeşil renkli mısır patlağı dokusu gösteren yeşil renkli bentonit örneğinin yakından görünümü.....	21
Şekil 3.5 Karayatak bentonit (KRK) sahasında kırmızı renkli kıltaşı (a) ve yeşil renkli bentonit (b) seviyesinin arazi görünümü.....	22
Şekil 3.6 Karayatak bentonit (a) sahasında kırmızı renkli kıltaşı (b) birimi ile krem-bej renkli tuf (c) biriminin yanal yöndeki geçişlerinin izlendiği arazi görünümü.....	23
Şekil 3.7 Karayatak bentonit sahasında yeşil renkli bentonit (a) seviyesi ile kırmızı renkli kıltaşı (b) tuf (c) birimlerinin yakından saha görünümü	23
Şekil 4.1 SB-1 no'lu yeşil renkli bentonit örneğinin normal (N), etilen glikollü	

(EG)ve fırınlanarak (F) yapılan XRD kil fraksiyonu analizi	28
Şekil 4.2 KRK-1 no'lu örneğin tüm kayaç (A) ve normal (B), etilen glikollü (C) ve fırınlanarak (D) yapılan XRD kil fraksiyonu analizi.....	29
Şekil 4.3 KRK-4 no'lu örneğin tüm kayaç XRD analizi	30
Şekil 4.4 KRK-5 no'lu yeşil bentonit örneğinde levhamsı yapılı ve peteksi dokulu simektit mineralinin SEM fotoğrafı.....	32
Şekil 4.5 KRK-2 no'lu yeşil bentonit örneğindeki simektit mineralinin levhamsı yapılı ve peteksi dokulu morfolojisinin yakından görünümünü gösteren SEM fotoğrafı	32
Şekil 4.6 SB-4 no'lu pembe renkli kilaşı örneğinde kırıklı levha şekilli volkan camlarının (V) kenar ve yüzeylerinde gelişen simektit mineralinin (S) SEM fotoğrafı	33
Şekil 4.7 KRK-2 no'lu yeşil bentonit örneğinde küresel ve yarı küresel şekilli opal-CT (O) tanelerinin üzerinde izlenen simektit mineralinin SEM fotoğrafı.	34
Şekil 4.8 KRK-4 no'lu kahverenkli kilaşı örneğinde feldispat mineralinin (F) çevresinde ve üzerinde gelişen simektitin (S) SEM fotoğrafı	35
Şekil 4.9 KRK-2 no'lu yeşil bentonit örneğinde belirlenen ostracod kavkısının SEM görüntüsü	36
Şekil 4.10 Volkan camının Enerji Dispersiv Spektrometresi (EDS)	36
Şekil 4.11 KRK-5 no'lu yeşil bentonit örneğindeki Ca-simektit mineralinin enerji dispersif spektrum analizi (EDS)	37
Şekil 4.12 KRK-4 no'lu kahverenkli kilaşı örneğindeki ara tip simektit mineralinin enerji dispersif spektrum analizi (EDS)	37
Şekil 4.13 $Al_2O_3-SiO_2$, $SiO_2-Fe_2O_3$, $Al_2O_3-TiO_2$, $Al_2O_3-Fe_2O_3$, Al_2O_3-CaO , Fe_2O_3-MgO , SiO_2-MgO , Al_2O_3-MgO diyagramları.....	45
Şekil 4.14 KRK-2 no'lu yeşil renkli bentonit örneğinin DTA ve TG termogramı.....	46
Şekil 4.15 SB-4 no'lu pembe renkli kilaşı örneğinin DTA ve TG termogramı	47

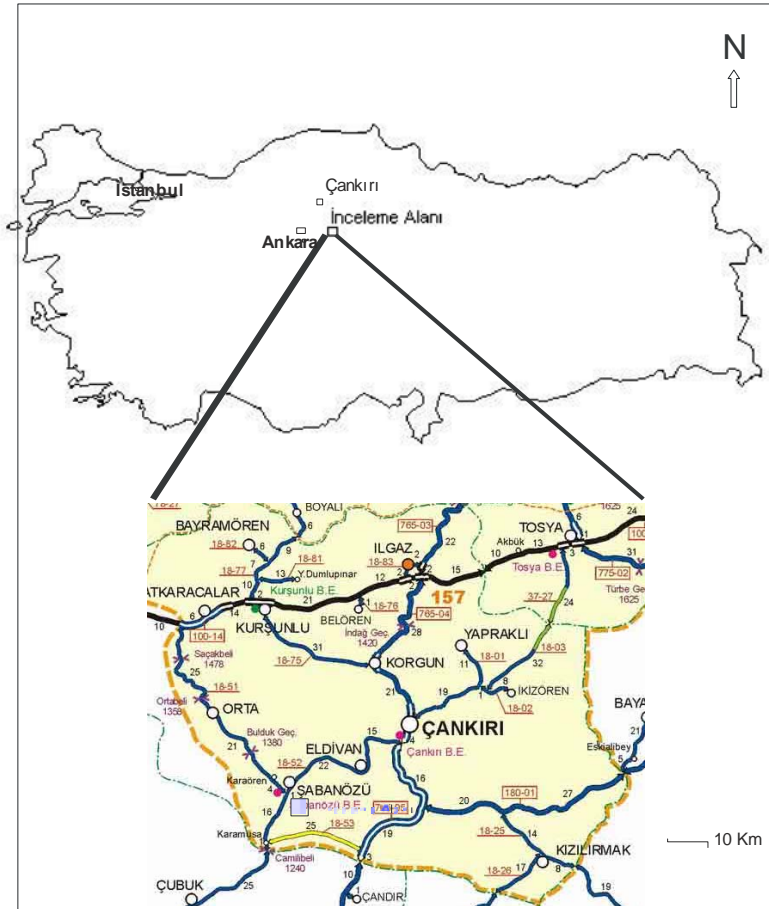
ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Karayatak bentonit sahasında bentonit, kıltaşı ve tuf seviyelerinin taban tavan ilişkileri.....	24
Çizelge 4.1 İnceleme alanından derlenen örneklerin litolojilerine göre sayısı ve yapılan analiz metodları.....	25
Çizelge 4.2 İnceleme alanındaki farklı litolojilere ait tüm kayaç ve kil fraksiyonu analiz sonuçları.....	27
Çizelge 4.3 İnceleme konusu örneklere ait tüm kayaç kimyasal analizi	39
Çizelge 4.4 Başlıca bentonit gruplarının ve inceleme alanındaki bentonit örneklerinin kimyasal analiz değerleri	40
Çizelge 4.5 İnceleme konusu örneklere ait eser element içerikleri.....	41
Çizelge 4.6 İnceleme konusu örneklere ait Nadir Toprak Element içerikleri (REE)	42
Çizelge 4.7 İnceleme konusunu oluşturan simektit örneklerinin yapısal formülleri	43

1.GİRİŞ

1.1 İnceleme Alanı

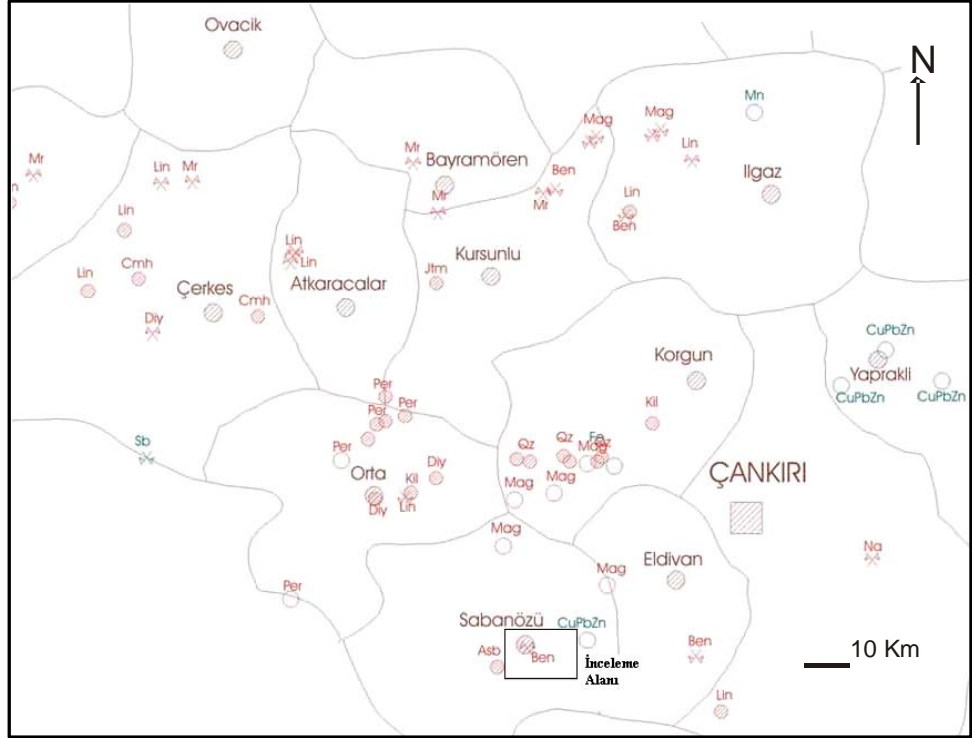
İnceleme alanı, Orta Anadolu'nun kuzeyinde, Kızılırmak ile Batı Karadeniz ana havzaları arasında yer alan Çankırı ilinin yaklaşık 44 km güneybatısında yer almaktadır (Şekil 1.1). Bu alan 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritada Çankırı H 30 b1 paftasında bulunmakta olup, yaklaşık 150 km²' lik bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası

1.2 Çalışmanın Amacı

Çankırı civarı bentonit yatakları açısından önemli bir rezerve sahiptir (Şekil 1.2). Bu nedenle bentonit yatakları ve bunların oluşumu hakkında daha önce de çalışmalar yapılmış, bölgenin jeolojisi ortaya konmuştur. Ancak, Şabanözü İlçesi Karayatak bentonit oluşumu ve özellikleri bugüne kadar detaylı olarak çalışılmamıştır. Bu çalışma ile Çankırı ilçesinin güneybatısındaki Şabanözü ilçesi Karayatak bentonit oluşumunun mineralojik özelliklerinin ve sedimentolojisinin açıklanması amaçlanmıştır. Bununla birlikte, Çankırı civarında daha önce tanımlamaları yapılan diğer bentonit yatakları ile Karayatak bentonit yatağı arasındaki benzerlik ve farklılıklar irdelenerek açıklanmaya çalışılmıştır.



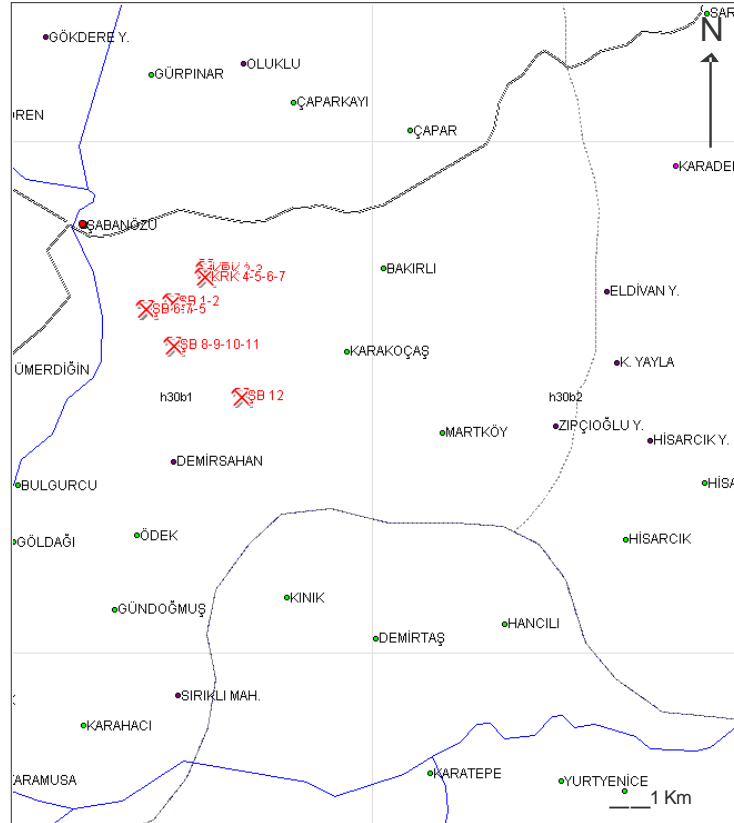
Şekil 1.2 Çankırı ili maden haritası (<http://www.mta.gov.tr>; MTA Genel Müdürlüğü Maden Etüt ve Arama Dairesi Topoğrafik Haritalar Birimi).

1.3 Materyal ve Metod

Bu tez çalışması, arazi (sahadan örneklerin derlenmesi), laboratuvar (örneklerin çeşitli analiz yöntemleri ile incelenmesi) ve büro (arazi verileri ile laboratuvardan elde edilen sonuçların değerlendirilip yorumlanması) çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür.

1.3.1 Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları iki aşamada gerçekleştirilmiş olup, 2006 yılının Haziran ayında başlamış ve 2007 yılının Temmuz ayında tamamlanmıştır. İnceleme alanının 1/25.000 ölçeğindeki temel jeoloji haritaları MTA Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. İnceleme alanında Karayatak olarak isimlendirilen bentonit sahasında SB (Koordinat: 36526424 D; 4479066 K) ve KRK (Koordinat: 36527309 D; 4479934 K) simgeleri ile gösterilen iki ayrı ocaktaki bentonit oluşumları ve bentonitleşme ile ilişkili çevre kayalardan örnekleme yapılmıştır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 İnceleme alanının örnekleme haritası

1.3.2 Laboratuvar çalışmaları

Sahadan alınan örneklerin mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla kayaç örneklerinden ince kesitler yapılarak incelenmiştir. Bu kesitler Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi ince kesit laboratuvarında hazırlanmış, Leitz marka polarizan mikroskopta incelenerek, mineralojik, dokusal ve petrografik özellikleri belirlendikten sonra kayaç adlamaları yapılmıştır.

Mikroskobik incelemelerle tanımlamaları yapılamayan örnekler ile bentonit, kıltaşı ve tuf örneklerinin tüm kayaç mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla X-Işınları kırınım (XRD) analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla sahadan derlenen ve renk farklılaşmasına göre ayırtlanan çeşitli litolojideki (bentonit, kıltaşı ve tuf) 15 adet kayaç örneği, tüm kayaç toz kırınım analiz yöntemine tabi tutularak incelenmiştir. XRD çekimleri, oda sıcaklığında kurutulan ve Fritschvibrating Cup Miil Pulverisette 9 marka kayaç öğütme cihazında pudra haline getirilen örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerden MTA Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknoloji (MAT) Dairesi laboratuvarındaki Phillips PW 1830-40 ve Rigaku-Geirgerflex RIX-3000 model X-Işınları Difraktometreleri kullanılarak tüm kaya ve kil fraksiyonu çekimleri yapılmıştır. Çalışmanın amacına uygun olacak şekilde 5°- 65°'lik açı aralıkları kullanılmıştır.

Tuf, kıltaşı ve bentonitlerin X-ışını kırınımı tüm kayaç incelemeleri sonucunda farklı özelliklere sahip olan 13 adet örnek üzerinde kil boyutu (kil fraksiyonu) incelemeleri yapılmıştır. Kil fraksiyonu incelemelerinde normal (N), Etilen Glikollü (EG), ve fırınlanmış olmak üzere üç adet çekim yapılmıştır. Elde edilen difraktogramlar ise American Standart for Testing Material kartoteksi (ASTM 1972) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu örneklerin yarı nicel yüzdeleri ise dış standart yöntemi (Brindley 1980) esas alınarak hesaplanmıştır (Gündoğdu 1982).

Ayrıca, inceleme alanındaki tuf, kıltaşı ve bentonitlerden alınan örneklerin ana ve iz element çözümlenmeleri ACME (Kanada) laboratuvarında ICP cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm kayaç kimyasal çözümlenmelerde ana (major) elementler % oksit cinsinden SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, Cr₂O₃ iz

/ eser ve nadir toprak element çözümlenmelerinde ise ppm cinsinden Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl, Se elementlerini kapsamaktadır.

Bentonit yatağındaki kil minerallerinin (simektit, klorit, illit) mikromorfolojileri ile bu minerallerin birbirleriyle ve ana kayayı oluşturan tuf birimiyle olan dokusal ve kökensele ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla örnekler Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) laboratuvarında JEOL JSM- 6490 LV model Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Kristallerin yarı nicel element içeriklerini de I XRF markalı EDS ile yapılmıştır.

1.3.3 Önceki çalışmalar

Çankırı havzası önemli bentonit yataklarını bulundurması nedeniyle pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Özellikle bentonit yataklarının içerisinde yer aldığı Hançılı formasyonunun yaşı (Akyürek, vd., 1979, 1980, 1996; Hakyemez vd., 1986), litolojisi (Akyürek vd. 1979, 1996; Karadenizli vd., 2003), bu formasyona ait birimlerin yüzeylendiği Çankırı-Çorum Havzasının tektoniği (Seyitoğlu vd., 1997, 2000) ve paleocoğrafik evrimi (Tüysüz ve Dellaloğlu, 1994; Karadenizli ve Kazancı, 2000; Karadenizli vd., 2003) çok sayıdaki araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Ayrıca, Ankara Hançılı, Çankırı Büyük- Küçük Hacıbey bentonit oluşumlarının jeolojisi Kurhan (1969), Özoğul (1976), Bektimuroğlu (1978), Eroğlu ve Farsakoğlu (1982), mineralojisi ve oluşumu Türkmenoğlu vd., (1987), Özalp vd., (1991); Güngör (1992), Güngör ve Türkmenoğlu (1993) tarafından incelenmiştir. Şabanözü Karayatak bentonit yatağında yapılan araştırmalar daha çok MTA araştırmacıları tarafından gerçekleştirilen 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ile bölgede açılan yarmalardan alınan örneklerin determinasyonu şeklindedir. Buna karşın, Şabanözü Karayatak bentonit oluşumunun kökeni, mineralojisi ve içinde bulunduğu birimin sedimantolojisine yönelik çalışmalar yapılmamıştır.

Çankırı civarında yapılan çalışmalar sırasıyla aşağıda özetlenmiştir:

Kurhan (1969) Çankırı ili dahilindeki bentonit yatakları hakkında rapor hazırlayarak bu yatakların oluşumlarını ve bentonitlerin özelliklerini incelemiştir.

Birgili vd. (1975) Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları hakkında çalışma yapmışlardır.

Özoğul (1976) Ankara ili-Kalecik ilçesi Hançılı köyü bentonit sahasının detay etüd raporunu oluşturmuşlardır.

Bektimuroğlu (1978) Ankara ili Kalecik ilçesi Hançılı köyü bentonit sahası hakkında ön rapor hazırlamıştır.

Akyürek vd. (1980) Eldivan – Şabanözü ve Hasayaz – Çandır dolayının jeolojisini çalışmışlardır.

Özoğul ve Kutluata (1982) Ankara-Kalecik-Hançılı köyü bentonit sahasında etüd ve pilot işletme çalışmaları yapmışlardır.

Türkmenoğlu vd. (1987) Ankara-Çankırı bölgesindeki bentonitlerin mineralojisi, petrografisi ve oluşumunu incelemişlerdir.

Türkmenoğlu vd. (1991) çalışmalarında Çankırı civarındaki Orta Yöresinde bulunan kil yataklarının Pliyosende bataklık göl ortamına taşınan kilin zamanla göl sularının etkisi sonucu kaolinleşmesiyle oluştuğunu belirtmişlerdir.

Şener vd. (1994) Çankırı ili Şabanözü ilçesi Merkez/Çapar köyleri civarındaki bentonit sahasına ait maden jeolojisi raporunu hazırlamışlardır.

Akyürek vd. (1996) Ankara ilinin çevre jeolojisi ve doğal kaynaklarını araştırmışlar ve Ankara ili ile çevresinin stratigrafisini detaylı olarak ortaya koymuşlardır.

Türkmenoğlu vd. (1995) Kalecik-Hasayaz havzasındaki göl sedimanlarının jeolojisini ve kil mineralojisini incelemişlerdir.

Şen vd. (1998) Çankırı-Çorum Basenindeki Neojen yaşlı memeli faunayı ortaya çıkarmışlardır.

Karadenizli (1999) Çankırı-Çorum Havzasındaki Orta Eosen- Erken Miyosen tortullarının sedimentolojisini araştırmıştır.

Varol vd. (2002) Çankırı-Çorum Havzası'nın kuzeyindeki Üst Miyosen evaporitik istifinin sedimentolojisini incelemiş, havzadaki istiflerin mevsimsel ya da iklimsel değişimleri yansıtan palustrine koşulların geçici dönemlerde geliştiği evaporitik bir gölde depolandığını belirtmişlerdir.

Savaşçı ve Seyitoğlu (2004) Çankırı havzasına ait Kumartaş ve Hançılı formasyonları içerisinde çökelme ile eş yaşlı tektonik yapıları incelemişlerdir.

Önal vd. (2006) Çankırı Havzası batısında bulunan Kayunbaba Fayının Koyunbaba-Hasayaz arasındaki karakteri hakkında mezoskobik ve mikroskobik gözlemleri ve bunların tektonik modeller üzerine etkisini araştırmışlardır.

Bentonit ile ilgili Türkiye’de yapılan çalışmalar ise şunlardır:

Türkiye Bentonit Envanteri (1982) ile Türkiyede bulunan bentonit yatakları incelenmiştir.

Yeniol (1987) Enez (Edirne) bentonitinin jeolojisi, minarelojisi ve oluşumunu incelemiştir.

Çoban ve Ece (1990, 1991) ile Çoban (2001) Başören (Kütahya) köyü civarının jeolojisini incelemişler, Çayırılık tepe bentonitinin mineralojisini ve morfolojik yapısını ortaya koymaya çalışmışlar ve Çayırılık tepe bentonitinin kökeni hakkında kökensel yorumlara gitmişlerdir.

Çoban (1994) Mihalgazi (Eskişehir) bentonitinin mineralojik özelliklerini ve oluşumunu incelemiştir.

Kavuşan ve Özdemir (1994, 1996) Tokatın Reşadiye bölgesindeki bentonitlerin kökenini ve teknolojik özelliklerini araştırmışlardır.

Gümüşer ve Yalçın (1998) Kelkit Vadisi kuzeyindeki (Reşadiye-Yazıcık-Bereketli/Tokat) bentonit yataklarının mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini incelemişlerdir.

Çoban (1999) Çanakkalenin Ayvacık bentonit yataklarında bulunan baydellitlerin oluşumu ortaya koymuşlardır.

Uz vd. (2001) Fatsa (Ordu) güneyindeki Çaltumar ve Hoylu bentonit oluşumlarını kristobalit yapısındaki düzenlilik açısından karşılaştırmışlardır.

Yıldız ve Kuşçu (2001, 2003, 2004, 2006) Akyokuş (Kütahya), Demirli (Eskişehir) ve Seklice-Sarıöküz (Eskişehir) yörelerindeki riyolitik ve riyodasit-dasitik bileşimli tüflerin bozuşmasıyla oluşan bentonit yataklarının mineralojisi, jeokimyasal ve teknolojik özelliklerini incelemişlerdir.

Abdioğlu ve Arslan (2003) Kavaklar (Ordu) yöresi kil (bentonit) oluşuklarını kökensele olarak incelemişlerdir.

Dumlupınar vd. (2008) Eskişehir Orta Sakarya bölgesindeki bentonit oluşumlarının jeolojisini, mineralojisini ve jeokimyasal özelliklerini çalışmışlardır.

Abdioğlu vd. (2007) Tirebolu (Giresun) bentonitlerinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini araştırmışlardır.

2. STRATİGRAFİ VE SEDİMANTOLOJİ

2.1 Genel Tanım

İnceleme alanı ve yakın çevresinin genel jeolojisi, stratigrafisi ve jeolojik evrimine yönelik olarak yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Birgili vd. 1975, Akyürek vd. 1980, 1996, Hakyemez vd. 1986, Karadenizli vd. 2003). Bu çalışmalarda özellikle temel kayalar ile genç birimler litostratigrafik olarak ayırtlanmış, benzer yaş ve litolojideki birimler formasyon mertebesinde farklı adlamalarla tanımlanmışlardır. İnceleme alanında mostraları belirlenen Kretase yaşlı birimleri Akyürek vd. (1980) ve Şener vd. (1994) Mart formasyonu, Paleosen yaşlı birimleri granitoidler, Geç Miyosen yaşlı birimleri Karakocaş formasyonu ve Eregez aglomerası, Pliyosen yaşlı birimleri ise Aydos bazaltı ve Büyükyakalı formasyonu olarak adlandırmışlardır. Akyürek vd. (1988, 1996) ise aynı yaş ve benzer litolojideki Kretase yaşlı birimleri Karadağ formasyonu, Paleosen yaşlı birimleri granitoidler, Geç Miyosen yaşlı birimleri Karakocaş ve Mamak formasyonu, Pliyosen yaşlı birimleri ise Bozdağ bazaltı ve Gölbaşı formasyonu olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmada Akyürek vd. (1988, 1996) tarafından belirtilen formasyon adlamaları temel alınmıştır.

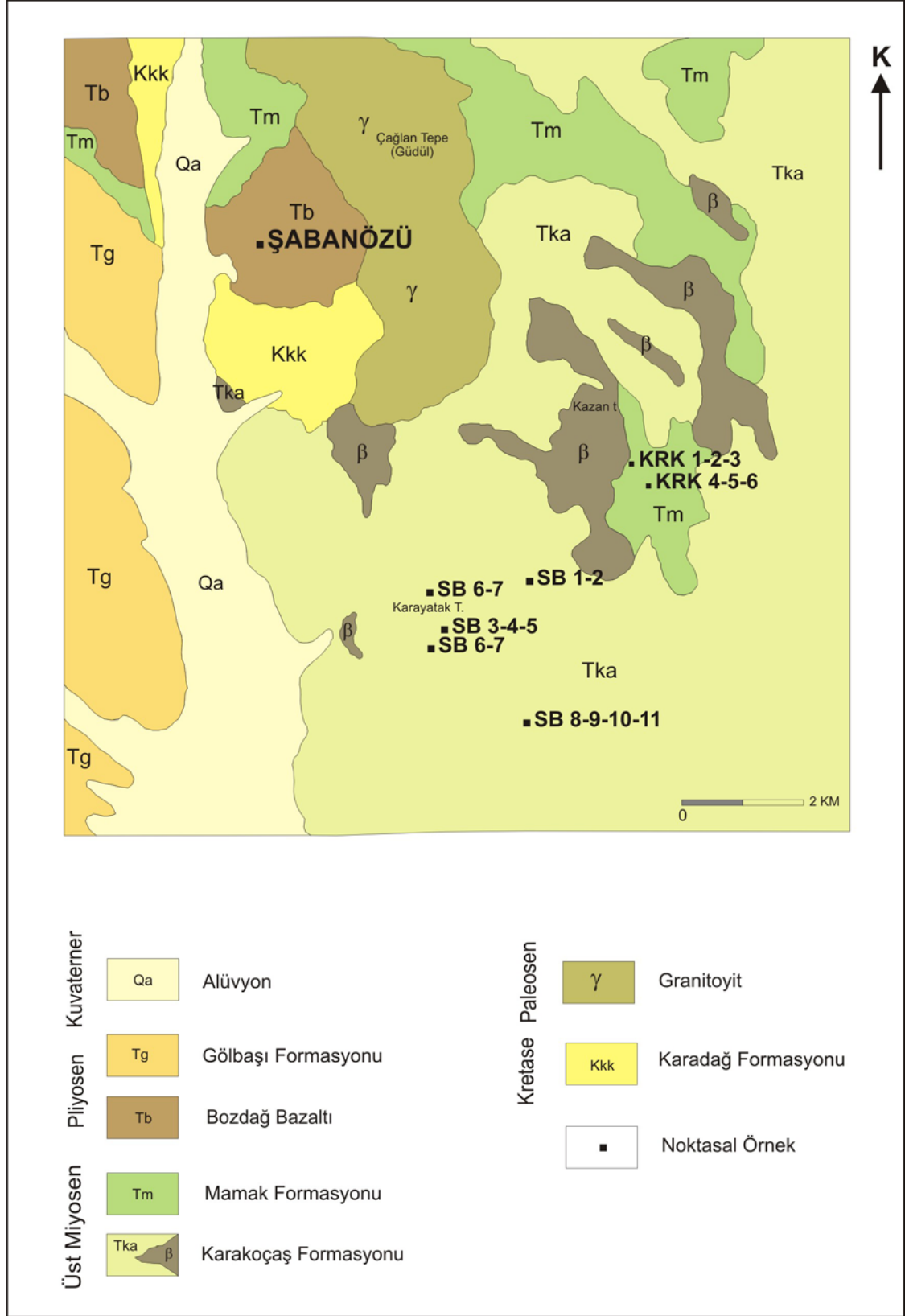
İnceleme alanında geniş bir alanda yüzeyleyen Miyo-Pliyosen yaşlı birimlerin tabanında Kretase'den Kuvaterner'e kadar uzanan kaya birimleri yüzeylendiği gözlenmektedir (Şekil 2.1, 2.2). Bu birimler aşağıda tek tek ele alınıp açıklanmıştır.

2.2 Kretase

İnceleme alanında yüzeyleyen Kretase birimlerini Karadağ formasyonu oluşturmaktadır (Şekil 2.1, 2.2).

2.2.1. Karadağ Formasyonu (Kkk)

Karadağ formasyonu inceleme alanının kuzeybatısında, Şabanözü'nün güneyi ile kuzey batısında mostra verir (Şekil 2.1). Birim altta volkanoklastik konglomera, kumtaşı ardalanması ile başlar, kumtaşı, çamurtaşı ardalanması şeklinde devam eder (Akyürek vd.1988, 1996).



Şekil 2.1 İnceleme alanının jeoloji haritası (Akyürek vd. 1988))

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	KUVATERNER		8	8. Alüvyon Çökelleri Kum, Çakıl
			7	7. Göbbaşı Formasyonu Konglomera, Kumtaşı, Çamurtaşı
	TERSİYER	NEOJEN	6	6. Bozdağ Bazaltı
			5	5. Bazalt
MESOZOYİK	KRETASE	SENOMANIYEN	4	4. Karakocaş Formasyonu Konglomera, Kumtaşı
			3	3. Mamak Formasyonu Aglomera, Tü, Andezit
			2	2. Granitoyid
			1	1. Karadağ Formasyonu Konglomera, Kumtaşı Çamurtaşı, Killi Kireçtaşı

Şekil 2.2 İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (ölçeksiz) (Akyürek vd. 1988)

Yer yer pelajik killi kireçtaşı seviyeleri ile olistostrom ve olistolitlerde birim içerisinde yer alır. Konglomera ve kumtaşı birimi yeşil, kahverengi, boz renkli, sıkı tutturulmuş ve ince-orta tabakalanmalıdır. Çamurtaşları gri, kahverengi, boz renklerde sıkı tutturulmuş, ince tabakalanmalıdır. Çamurtaşları, kumtaşları üzerine geçişli olarak izlenir. Killi kireçtaşları gri, boz, kırmızı renklerde, ince-orta tabakalanmalıdır (Akyürek vd. 1988, 1996). Karadağ Formasyonu içindeki pelajik killi kireçtaşı düzeylerinde; *Praeglobotruncana stephani*, *Rotaliapora apenninica*, *Hedbergella sp.*, *Ticinella sp.*, *Globigerina sp.*, *Textulariella sp.*, *Cuneolina sp.*, *Valvulammina sp.* fosilleri saptanmış olup, birimin yaşı Akyürek vd. (1988) tarafından Senomaniyen-Kampaniyen (Kretase) olarak belirtilmiştir.

2.3 Tersiyer

İnceleme alanındaki Tersiyer birimlerini; Paleosen yaşlı granitoidler ile Geç Miyosen yaşlı Karakoçaş formasyonu ve Mamak formasyonu ile Pliyosen yaşlı Bozdağ Bazaltı ve Gölbaşı formasyonu oluşturmaktadır (Şekil 2.1, 2.2).

2.3.1 Granitoidler (Gr)

İnceleme alanında Karadağ formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunan Paleosen yaşlı birimler granodiyoritler ile temsil edilirler (Şekil 2.1, 2.2). Akyürek vd. (1980) tarafından isimlendirilen birim inceleme alanında Şabanözü'nün doğusunda yer alır. Granitoidler; granit, granodiyorit, siyenit ve monzonitten oluşur. Birim açık renkli, holokristalin dokulu ve genellikle ayrıışmış olup, yer yer aplit damarları ile kesilmiştir. Granitoidler, inceleme alanının dışında mostraları belirlenen Kretase yaşlı Eldivan ofiyolit topluluğu ile Kılıçlar grubu birimlerini kesmiş olarak gözlenmesi nedeniyle Kretase'den daha genç olduğu Akyürek vd. (1988, 1996) tarafından belirtilmiştir.

2.3.2 Karakocaş Formasyonu (Tka) ve Bazalt (β)

Karakoçaş formasyonu inceleme alanında Şabanözü'nün güneyinde geniş bir alanda yüzeylenir (Şekil 2.1). İlk kez Akyürek vd. (1980) tarafından Karakocaş olarak adlandırılan formasyon, kırmızı, boz, alacalı renkli konglomera ve kumtaşı birimlerinden oluşur. İnceleme alanında Şabanözü doğusunda lav akıntısı halinde bazalt (β) düzeyleri bulundurulur. Bazaltlar siyah, koyu kahve renginde, gaz boşluklu ve akma yapısı göstermektedir (Akyürek vd. 1980). İnceleme alanında Karakoçaş formasyonu konglomera ve kumtaşı birimlerinden oluşup, genellikle sahada kırmızı ve yeşil renkte görülür. (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Karayatak civarında kırmızı ve yeşil renkli birimlerinden oluşan Karakocaş formasyonunun saha görünümü

İnceleme alanında birim içerisinde yeşil renkli bentonit seviyeleri yer alır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Şabanözü civarında Karakocaş formasyonu içerisindeki bentonit (b) seviyesinin saha görünümü

Karakocaş formasyonu yanal yönde Mamak formasyonu ile geçişlidir. Ayrıca, inceleme alanı dışında mostraları izlenen Haçılı formasyonu ile yanal yönde geçişli olması nedeniyle yaşı geç Miyosen olarak Akyürek vd. (1996) tarafından belirtilmiştir. Tarafımızdan herhangi bir paleontolojik veri elde edilmemiş olması nedeniyle birimin yaşı Geç Miyosen olarak alınmıştır. Formasyon inceleme alanının dışında Eldivan Ofiyolit topluluğu, inceleme alanında ise granitoyitler ile Karadağ formasyonu üzerine uyumsuz olarak bulunur (Şekil 2.2). Birim üstte Bozdağ bazaltları ile uyumsuz olarak örtülür. Karakocaş formasyonunun kalınlığı yaklaşık olarak 150 m. kadardır.

2.3.3. Mamak Formasyonu (Tm)

İnceleme alanımızın kuzeyinde, Şabanözü'nün güneydoğusu ile kuzeyinde Mamak formasyonuna ait mostralar yüzeylenmektedir (Şekil 2.1). Mamak formasyonu, aglomera, tüf ve andezit, bazalt bileşimli lavlardan oluşmaktadır (Akyürek vd. 1996). Aglomeralar arasında tüfit ve silttaşı tabakaları da yaygın olarak yer almaktadır. Aglomeralar arasında izlenen tüfler değişik renklerde ve ince tabakalanmalıdır. İnceleme alanında tüflerle temsil edilen Mamak formasyonu beyaz, krem, bej renklerde izlenmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Şabanözü civarında Geç Miyosen yaşlı Mamak formasyonunu oluşturan krem, bej renkli tüf düzeylerinin yakından saha görünümü

Riyolitik bileşimli tüfler Şabanözü civarında küçük mostralar halinde izlenir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Şabanözü civarındaki tüf (T) mostralarının uzaktan arazideki görünümü

Şabanözü civarındaki tüf düzeyleri farklı renklerde yığışım halinde yer alır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Şabanözü civarında krem, bej ve pembe renkli yığışım şeklinde izlenen tüf seviyelerinin saha görünümü

Riyolitik tuf düzeyleri arasında yer yer bentonit oluşumları gözlenmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Şabanözü civarında krem, bej renkli tuf (a) seviyeleri arasındaki bentonit (b) oluşumunun yakından saha görünümü

Mamak formasyonu Mesozoyik yaşlı birimler üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Formasyon yanıl yönde Karakocaş ve Hançılı formasyonları ile geçişli olması nedeniyle yaşı Geç Miyosen olarak kabul edilmiştir (Akyürek vd. 1980). Mamak formasyonu üzerinde uyumsuz olarak Bozdağ bazaltı ve Gölbaşı formasyonu yer alır. Formasyonun kalınlığı yaklaşık olarak 400 m kadardır. Volkanik etkinliğe bağılı olarak, batıdaki havzalar daha hızlı malzeme gelişi ile dolmuştur. Bu kesimlerde aglomeralar üzerinde andezit akmalarının yer aldığı Akyürek vd. (1980) tarafından belirtilmiştir.

2.3.4 Bozdağ Bazaltı (Tb)

Çalışma alanının kuzeybatısında yer alan birimde koyu siyah renkli, keskin ve parlak kırılma yüzeyli, gaz boşluklu akma yapılarının yer yer korunduğı bazalt birimi ile temsil edilmektedir (Akyürek vd. 1996). Birim içersisinden alınan bazı örneklerin renk indisine göre andezit olarak tanımlandığı Akyürek vd. (1996) tarafından belirtilmiştir. Bölgedeki volkanizmanın son ürünü olan Bozdağ Bazaltı kendinden önceki tüm birimleri uyumsuz olarak örter. Yaklaşık olarak 75 m kalınlığı görülen birimin üstüne Gölbaşı formasyonu uyumlu olarak gelir. Geç Miyosen yaşlı birimlerin üzerinde oluşu

ve Pliyosen yaşı Gölbaşı formasyonu tarafından örtülmesi nedeniyle yaşı Pliyosen olarak belirlenmiştir (Akyürek vd. 1996).

2.3.5 Gölbaşı Formasyonu (Tg)

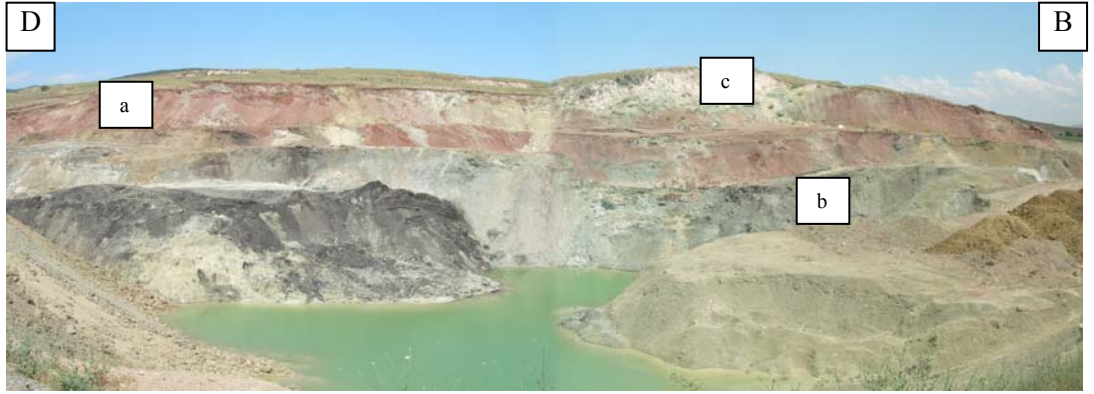
Gölbaşı formasyonu inceleme alanımızın batısında oldukça geniş bir yayılıma sahiptir (Şekil 2.1). İlk kez Akyürek vd. (1982, 1984) tarafından adlandırılan birim gri, boz, kırmızı renkli, tutturulmamış veya az tutturulmuş değişik boyda, farklı kökenli konglomera, kumtaşı, çamurtaşından oluşur. İnceleme alanında Gölbaşı formasyonu kahverenkli ve krem-bej renkli çamurtaşı, kumtaşı ve konglomera birimlerinden oluşur.

2.3.6 Kuvaterner

Pliyosen yaşı birim üzerinde uyumsuz olarak bulunan Kuvaterner yaşı birimler kırmızı-kahverenkli çakıl, kumtaşı ve alüvyon ile temsil edilir. Alüvyon çökelleri, genelde pekişmemiş veya çok az pekişmiş kum, kil ve çakıldan oluşmuştur.

3. BENTONİT YATAKLARININ KONUMU

Çankırı ve Şabanözü civarlarında irili ufaklı birçok bentonit yatağı mevcuttur. İnceleme alanında Karayatak olarak isimlendirilen bentonit sahasında iki ayrı ocaktaki bentonit oluşumundan farklı zamanlarda yapılan örneklemeler SB (Koordinat: 36526424 D; 4479066 K) ve KRK (Koordinat: 36527309 D; 4479934 K) simgeleri ile gösterilmiştir (Şekil 3.1, 3.2).



Şekil 3.1 Karayatak civarındaki SB simgeli bentonit sahasının uzaktan görünümü (Karakocaş formasyonu; a. Kırmızı renkli kilitli seviyeleri ile b. bentonit oluşumu c.tüf)



Şekil 3.2 Karayatak civarındaki KRK simgeli bentonit sahasının uzaktan görünümü (Mamak Formasyonu; a. Kırmızı renkli kilitli seviyeleri ile b. bentonit oluşumu)

Karayatak bentonit oluşumu yeşil renkli, sabunsu bir doku ve kaygan bir dokunuşa sahiptir (Şekil 3.3).



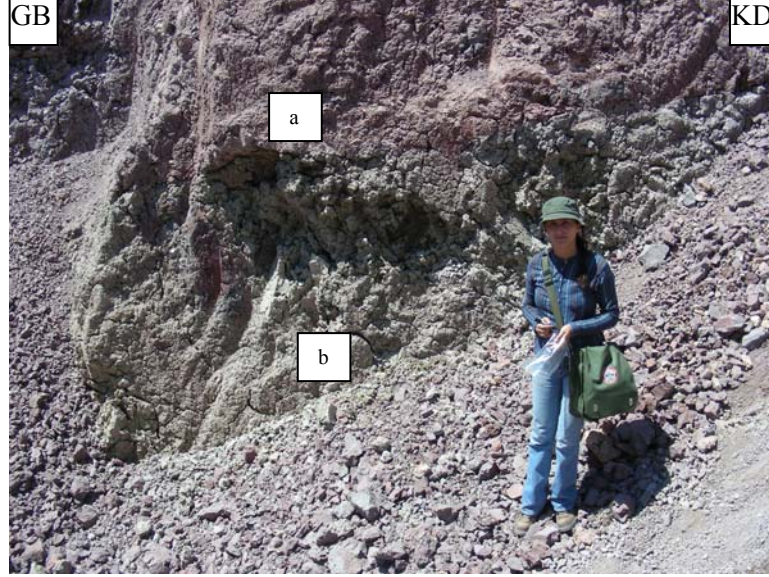
Şekil 3.3 Yeşil renkli Karayatak bentonit örneğinin yakından görünümü

Sürekli kuruma ve ıslanmadan dolayı ayırt edici mısır patlağı dokusu gösterir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Yeşil renkli mısır patlağı dokusu gösteren yeşil renkli bentonit örneğinin yakından görünümü

SB ve KRK simgeli Karayatak bentonit sahasında bentonit oluşumu iki ayrı seviye halinde kırmızı renkli kıltaşı ve tuf seviyeleri arasında yer aldığı belirlenmiştir. Yeşil renkli 1. bentonit seviyesinin üzerinde kırmızı-kahverenkli kıltaşı birimi bulunur (Şekil 3.5).



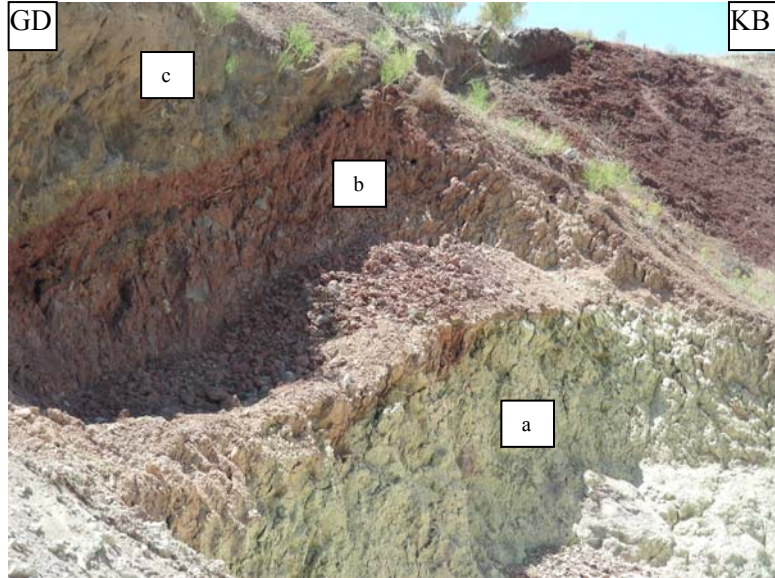
Şekil 3.5 Karayatak bentonit (KRK) sahasında kırmızı renkli kıltaşı (a) ve yeşil renkli bentonit (b) seviyesinin arazi görünümü

2. bentonit seviyesi de 1. bentonit seviyesine benzer şekilde kırmızı-kahverenkli kıltaşı ve düzeyleri arasında yer alır. Karayatak bentonit sahasında kırmızı-kahverenkli kıltaşı seviyesi yanal yönde krem-bej renkli tuf birimlerine geçişli olarak bulunur (Şekil 3.6, Çizelge 3.1).



Şekil 3.6 Karayatak bentonit (a) sahasında kırmızı renkli kıltaşı (b) birimi ile krem-bej renkli tuf (c) biriminin yanal yöndeki geçişlerinin izlendiği arazi görünümü

Kırmızı, kahverenkli kıltaşı ve krem-bej renkli tuf birimleri arasında merccek şeklinde izlenen yeşil renkli Karayatak bentonit oluşumunun yer aldığı istifin en üstünde yine krem-bej renkli tuf düzeyleri yer alır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Karayatak bentonit sahasında yeşil renkli bentonit (a) seviyesi ile kırmızı renkli kıltaşı (b) tuf (c) birimlerinin yakından saha görünümü

Karatayak bentonit sahasındaki bentonitlerle kırmızı kilitaşı ve tuf birimleri arasındaki tavan taban ilişkileri benzer şekilde şener vd. (1994) tarafından yapılan çalışmada da gsterilmiştir (izelge 3.1). Araştırıcı, D2 no'lu yarmada bentonit oluşumunun kırmızı kahverenkli kilitaşı birimleri arasında bulunduğunu buna karşın, D7 no'lu yarmada ise kırmızı kilitaşı birimlerinin tuf dzeyleleri arasında yer aldığını belirtmiştir. Bir başka ifade ile D2 no'lu yarmada gbrldđđ gibi bentonitler iki ayrı seviye şekindedir. Bu iki bentonit seviyesi D7 no'lu yarmada iki ayrı tuf seviyesine karşılık gelmektedir. Bu dizilim de bentonitlerin oluşumunun tuf birimleri ile ilişkili olduğuna işaret eder.

Çizelge 3.1 Karatayak bentonit sahasında bentonit, kilitaşı ve tuf seviyelerinin taban tavan ilişkileri

şener, vd. (1994)		Dikmen (2009)		
D2 no'lu yarma	D7 no'lu yarma	KRK	SB	
akilitaşı	-	Tuf (KRK-7)	Tuf (SB-11)	
Kilitaşı (kırmızı)	Kilitaşı (kahve)	Kilitaşı (kırmızı) (KRK-6)	Kilitaşı (kahve) (SB-10, SB10-a)	Tuf (SB-9)
Bentonit	Tuf	Bentonit (yeşil) (KRK-5)	Bentonit (yeşil) (SB-6, SB-8)	Tuf (SB-5, SB-7)
Kilitaşı (kırmızı)	Kilitaşı (kahve)	Kilitaşı (kırmızı) (KRK-3, KRK-4)	Kilitaşı (kırmızı, pembe) (SB-2, SB-4)	
Bentonit	Tuf	Bentonit (yeşil) (KRK-1, KRK-2)	Bentonit (Yeşil) (SB-1)	Tuf (SB-3)
-	Kilitaşı (kahve)	-	-	
Aglomera	Aglomera	-	-	

4. MİNERALOGİK İNCELEMELER

İnceleme alanındaki kıltaşı, bentonit ve tuf birimlerinin mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla sahadan alınan örnekler laboratuvarında çeşitli analiz metodları kullanılarak incelenmişlerdir. Bu metodlar kayaç örneklerinden ince kesitler hazırlanarak petrografik mikroskopta mineralojik ve dokusal özelliklerinin incelenmesi, X-Işınları Kırınım (XRD) analizi ile mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi, mikrodokusal özelliklerinin araştırılması amacıyla Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) incelemeleri ve kimyasal bileşimlerini belirlemek amacıyla X-ışınları Floresans (XRF) ile Enerji Dağılımlı X-Işınları (EDS) analizleri olarak belirtilebilir.

İnceleme alanında farklı litoloji grupları ile bunları incelemede kullanılan analiz yöntemleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 İnceleme alanından derlenen örneklerin litolojilerine göre sayısı ve yapılan analiz metodları

Kayaçlar	İnce Kesit	XRD Tüm Kayaç	XRD Kil Fraksiyonu	SEM EDS	Jeokimyasal Analiz	DTA
Bentonit	1	6	5	2	6	1
Kıltaşı	1	7	6	1	4	1
Tuf	2	2	2	1	1	1

4.1. X- Işınları Difraksiyonu Tüm Kayaç ve Kil Fraksiyonu İncelemeleri (XRD)

İnceleme alanında yeşil bentonit ile kırmızı, pembe ve kahverenkli kıltaşı ile tuf örneklerinin, mineralojik bileşimleri ile kil minerallerinin belirlenmesi amacıyla bu kayaçları temsil eden örnekler XRD analizi ile incelenmiştir. Bu amaçla inceleme alanından derlenen bentonit, kıltaşı ve tuf örneklerinden 15 adeti XRD çekimine tabii tutulmuştur. Kil mineral türlerinin tüm kaya toz difraksiyon metodu ile belirlenmesi güç

olduğundan kil boyu fraksiyonları hazırlanmış ve daha sonra normal (N), fırınlanarak (F), etilen glikol (EG) ile muamele edilerek çekimleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki kil mineralleşmelerinin tipi ve mineral birliktelikleri belirlenerek, minerallerin göreceli bollukları Brindley (1980), Gündoğdu (1982) ve Gündoğdu ve Yılmaz'a (1984) göre hesaplanmıştır (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

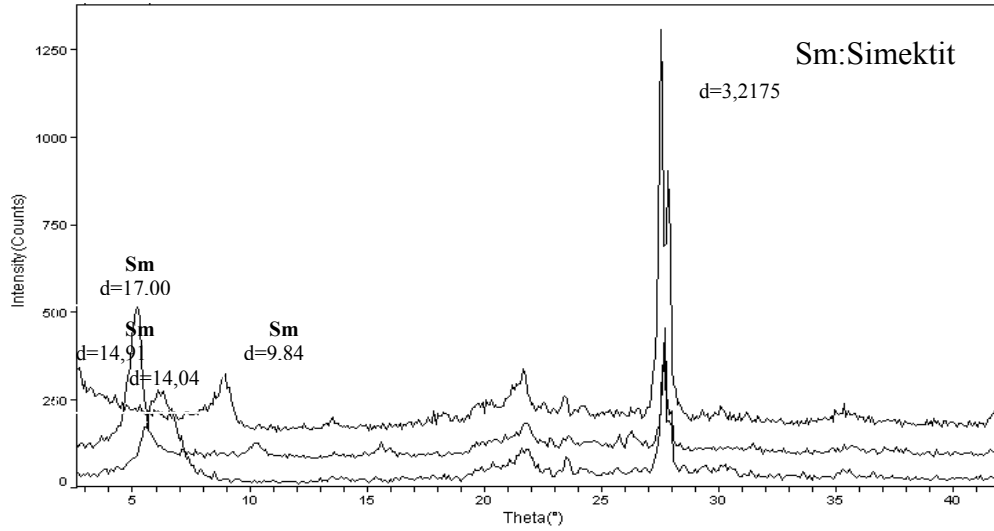
İnceleme alanındaki bentonit, kiltası ve tuf örneklerinde egemen kil minerali simektit olup, normal çekimlerde 12.40 Å – 12.90 Å ve 14.91 Å- 15.82 Å arasında değişen pikleri ile tanımlanmıştır (Şekil 4.1, 4.2). Karayatak bentonit oluşumunda tanımlanan simektit mineralinin bazal yansımalarındaki farklılanma yapraklar arasına giren iyon tipinden (OH, Ca, K ve Na) kaynaklanmıştır. Saf simektitten oluşan örneklerin bazal mesafeleri yapraklar arasına giren katyonun cinsine bağlı olarak değiştiği çeşitli çalışmalarda da gösterilmiştir (Kavuşan ve Özdemir, 1996; Gümüşer ve Yalçın, 1998; Abdioğlu vd. 2007). Simektit minerali yapraklar arasına giren katyon tipine göre Na'lu, Ca'lu simektit olarak tanımlanmaktadır. Na tipi simektitin bazal refleksiyonu 12 Å, Ca tipi simektitin bazal refleksiyonu 15 Å'da izlendiği yapılan araştırmalarda gösterilmiştir (Brindley and Brown 1980, Kavuşan ve Özdemir, 1996; Gümüşer ve Yalçın, 1998).

İnceleme alanından derlenen bentonit örneklerinin bir bölümünün kil fraksiyonu normal çekimlerinde (001) yansımaları Ca simektiti ifade eder şekilde 14.91 Å- 15.82 Å arasında değişmektedir (Şekil 4.1).

Çizelge 4.2. İnceleme alanındaki farklı litolojilere ait tüm kayaç ve kil fraksiyonu analiz sonuçları

Örnek	Litoloji	Km	An	Kl-Hy	F	O-Kr	K	Ka	D	Pr	Am	Hm	J-A	KİL FRAKSİYONU		
														Samenit	Klemit	İliit
KRK-1	Y.Bent.	74		2	15	3	1	1		3		1		100		
KRK-2	Y.Bent.	95				1	1	1		1		1		100		
KRK-3	Kırmızı Kılbaşı	93	1	1	1			1		2		1		96	1	3
KRK-4	Ekolore Kılbaşı	80	1	1	4	5	1	1		3		3	1	100		
KRK-5	Y.Bent.	86	1	1	6	2		1	1	1		1		94	3	3
KRK-6	Kırmızı Kılbaşı	76		1	9	4	2	1		3		3	1	100		
KRK-7	Tuf	72	1	1	12	2	1	4	4	1	1	1		100		
SB-1	Y.Bent.	61			22	10	1	1		3		2		100		
SB-2	Kırmızı Kılbaşı	15			80	5								100		
SB-4	Pembe Kılbaşı	87			5	3	1	1		1		2		95		5
SB-6	Y.Bent.	92			3	1	1	1		1		1		100		
SB-8	Y.Bent.	86	1		10	2		1								
SB-10	Ekolore Kılbaşı	83	2		8	3	1	1		2						
SB-10a	Ekolore Kılbaşı	77				11	6	1		5				100		
SB-11	Tuf	79			8	6	2			5				100		

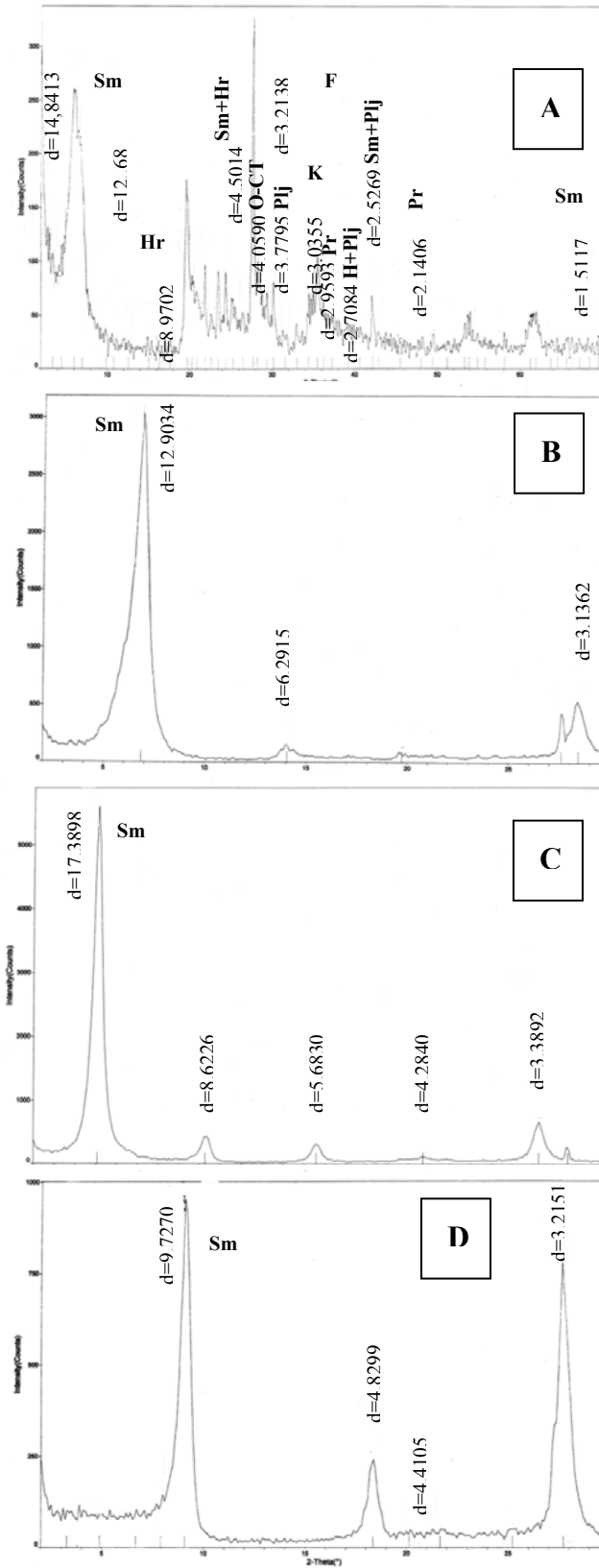
(Mineral içerikleri % olarak verilmiştir) (Y. Bent: Yeşil Bentonit, Km:Kil Mineralleri, An: Analsim, Kl-Hy: Klinoptilolit- Höylandit, F:Feldispat, O-Kr:Opal CT-Kristobalit, K: Kuvars, Ka: Kalsit, D: Dolomit, Pr:Piroksen, Am: Amfibol, Hm:Hematit, J-A:Jips-Anhidrit)



Şekil 4.1. SB-1 no'lu yeşil renkli bentonit örneğinin normal (N), etilen glikollü (EG) ve fırınlanarak (F) yapılan XRD kil fraksiyonu analizi

Ayrıca Karayatak (Şabanözü) bentonitlerinin d(001) değerleri Ca-simektit'lerden meydana gelen Enez (Edirne) (15.2 Å), Toklar-Yazıcık (Tokat) (14.97-15.52 Å), Başören-Akyokuş (Kütahya) (14.92-15.23 Å) ve Demirli-Seklice-Sarıöküz (Eskişehir) (14.92-15.28 Å), Sungurlu (Çorum), Keskin (Sivas), Tirebolu (Giresun) (14.45-15.68 Å) bentonitlerinin d(001) değerleri ile büyük oranda benzerlik göstermektedir (Yeniyoğulları 1987, Kavuşan ve Özdemir 1996, Gümüşer ve Yalçın 1998, Yıldız ve Kuşçu 2003, Abdioğlu vd. 2007).

Bununla birlikte, bazı örneklerin tüm kayaç ve kil fraksiyonu normal çekimlerinde oldukça geniş ve yayvan piklere sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.2). Bu örneklerdeki simektitlerin bazal yansımalarının 12.68 Å ile 14.84 Å arasında değiştiği tepe noktasının 12.90 Å' da maksimuma ulaştığı belirlenmiştir. Bu tür simektitler Ca bakımından daha zengin olup, uç üyeler arasında Na-Ca simektit olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.2). Benzer bazal yansımalar Kavuşan ve Özdemir (1996) ile Gümüşer ve Yalçın (1998) tarafından yapılan çalışmalarda da belirtilmiştir. Ayrıca, Brindley and Brown (1980) Na-simektitlerin boyu~12.4 Å iken Ca-simektitlerin 15.5 Å civarında olduğunu, bu uç noktalar arasında değişimin düzenli olduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, araştırmacılar 12.4 Å boyuna yaklaştıkça Na⁺ kationunun daha fazla, 15.4 Å boyuna yaklaştıkça Ca⁺⁺ kationunun arttığını, bu nedenle X-ışınları çalışmalarının aynı zamanda simektitlerin Na veya Ca simektit olup olmadığını ya da Na-Ca simektit olarak nötr bileşimli simektit olup olmadığını ortaya konulabileceğini belirtmişlerdir.

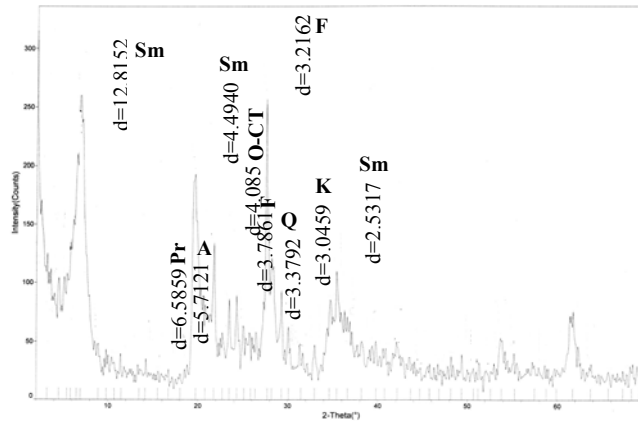


Şekil 4.2 KRK-1 no'lu örneğin tüm kayaç (A) ve normal (B), etilen glikollü (C) ve fırınlanarak (D) yapılan XRD kil fraksiyonu analizi (**Sm**: Simektit, **F**: Feldispat, **Hr**:Hornblend, **O-CT**:Opal-CT, **Plj**:Plajioklas, **K**:Kalsit, **Pr**:Piroksen)

Saf simektitlerde $d(001)$ Å değerleri, genellikle birbirinin düzenli katları olacak şekilde yansımalar verdiği bilinmektedir (Hoffman and Hover, 1979). Karayatak bentonit örneklerinin normal (N) ve etilen glikolle doyurulmuş (EG) XRD difraktogramlarında simektite ait (001), (002) ve (003) yansımaları belirlenmiştir (Şekil 4.1, 4.2).

Simektit minerali, etilen glikol ile muamele edilince şişme özelliğinden dolayı 17.00 \AA – 17.38 \AA 'a doğru bir kayma göstermiş, $550 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar ısıtıldığında ise tabakalar arası suyun kaybolmasından dolayı 9.84 \AA ile 9.72 \AA 'da pik verdikleri gözlenmiştir (Şekil 4.1, 4.2). Simektitin (060) ve (330) yansıma yüzeylerine ait pik değeri 1.48 \AA – 1.50 \AA arasında olup, bu değere göre simektit minerali dioktahedral karakterinde olduğu belirlenmiştir (Moore ve Reynolds, 1989).

Karayatak bentonit oluşumunda bazı örneklerin kil fraksiyonu çekimlerinde simektit minerali ile birlikte çok az oranda klorit ve illit tipi kil minerallerinin birlikteliği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Simektit mineraline genellikle plajiyoklaz türü feldispat minerali başta olmak üzere kalsit, analsim, klinoptilolit-höylandit, piroksen, hematit ile bazı seviyelerde dolomit, amfibol, jips-anhidrit mineralleri de eşlik etmektedir (Şekil 4.2, 4.3 , Çizelge 4.2).



Şekil 4.3 KRK-4 no'lu örneğin tüm kayaç XRD analizi (**Sm**: Simektit, **F**: Feldispat, **O-CT**:Opal-CT, **A**: Analsim, **Q**:Kuars, **K**:Kalsit, **Pr**:Piroksen)

Feldispat minerali 3.18 Å -3.20 Å ve 3.22 Å' daki pikleri ve dolomit 2,88 Å ile kalsit 3.02 Å 'luk (001) yansıma yüzeyine ait pikleriyle karakteristiktir (Şekil 4.1, 4.2, 4.3). Analsim minerali 3.43 Å, 5.60 Å, 2.93 Å' daki ana pik değerleri de XRD difraktogramlarında simektite eşlik etmektedir (Şekil 4.3). Klinoptilolit-höyländit mineralleri 9.00 Å, 5.30 Å, 3.91 Å 'daki pikleri ile tanımlanmıştır. Örneklerde simektit ve zeolit (analsim, klinoptilolit- höyländit) minerallerinin varlığı az oranlarda da olsa tüflerdeki ayrışmanın etkisini göstermektedir. Kıltaşı seviyelerinden alınan sadece bir örnekte jips-anhidrit minerali belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

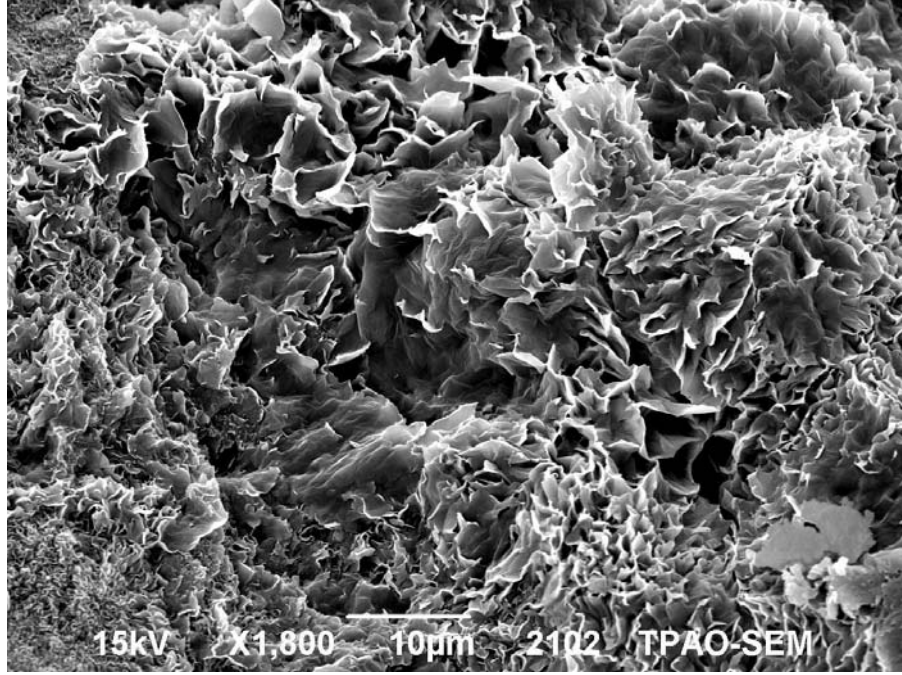
Tüm örnekler silis mineralleri olarak kuvars, kristobalit ve opal-CT içermektedir. Tüm bentonit örneklerinde bu üç polimorfun ikisi (ya opal-CT ve kuvars vya da kristobalit ve kuvars) gözlenmiştir (Çizelge 4.2). 4.00-4.05 Å'da kristobalit, 4.06-4.10 Å değer aralığında ise opal-CT minerali tanımlanmıştır (Çoban ve Ece 1991). Ayrıca, Tüm kayaç örneklerinin X-Ray difraktogramlarında zemin değeri $2\theta = 15^\circ$ 'dan itibaren yükselmesi de amorf karakterli volkan camının varlığını belirtmektedir (Jones ve Segnit, 1971).

Çizelge 4.2'de de görüldüğü üzere simektit minerali ile feldispat minerali arasında oransal ters bir ilişki mevcut olup, alterasyonun yoğun olduğu ve simektit mineralince zengin örneklerde feldispat mineralinin miktarında bir azalma gözlenmiştir. Buna karşın, alterasyonun ve simektit mineralinin miktarının azaldığı örneklerde ise feldispat mineralinin miktarındaki artış dikkat çekmektedir. Bu da simektit minerali ile feldispat minerali arasında kökensel bir ilişkinin var olabileceğini düşündürmektedir.

4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri

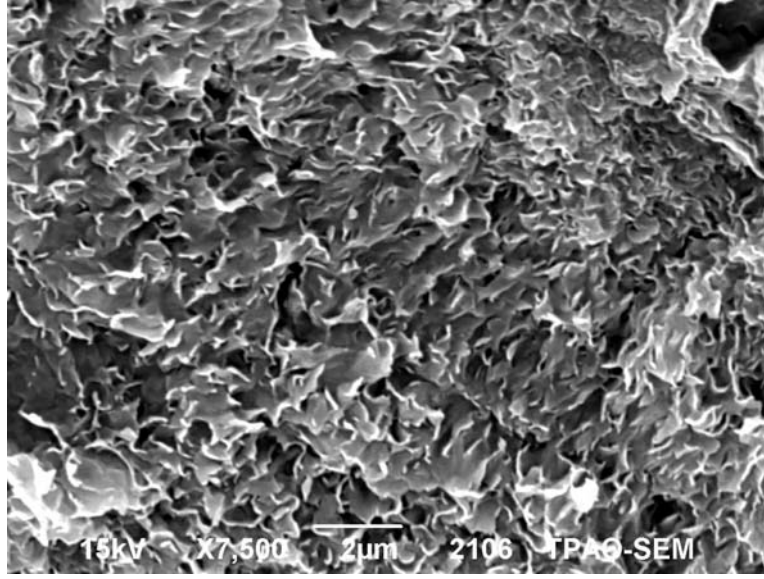
İnceleme alanında yeşil bentonit, pembe ve kahverenkli kıltaşı seviyelerinden alınan örnekler Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analiz yöntemi ile incelenmiştir. Bu çalışma XRD analizleri belirlenen simektit (bentonit) minerali ile bu minerale eşlik eden diğer kil ve kil dışı minerallerin (feldispat, kuvars) dokusal özellikleri, kökensel ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla elde edilen görüntüler yorumlanmıştır.

Yeşil bentonit, pembe ve kahverenkli kıltaşı örneklerinin SEM incelemelerinde başlıca kil minerali olarak simektit belirlenmiştir. Yeşil renkli bentonit örneklerindeki simektit mineralinin çok iyi gelişmiş levhamsı yapılı ve peteksi dokulu bir morfolojiye sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4, 4.5).



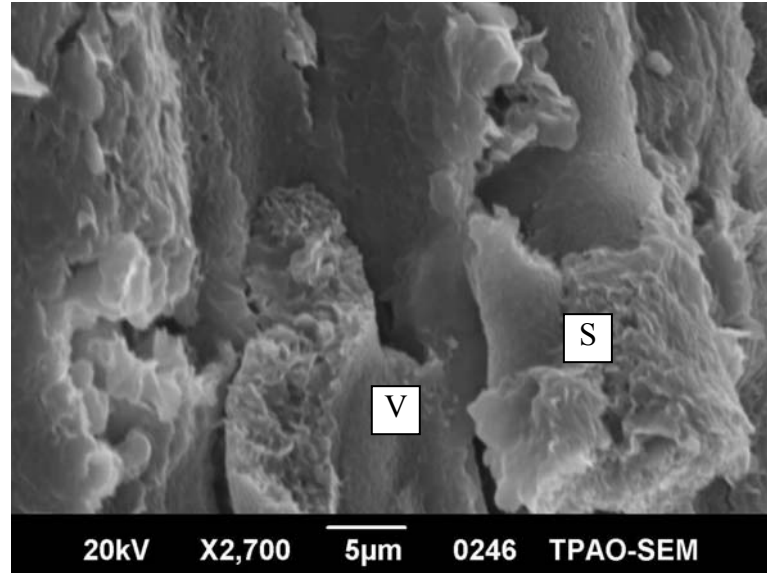
Şekil 4.4 KRK-5 no'lu yeşil bentonit örneğinde levhamsı yapılı ve peteksi dokulu simektit mineralinin SEM fotoğrafı

Birçok çalışmada simektit mineralinin karakteristik olarak mısır gevreği (cornflakes), meşe yaprağı, hücresel ve bal peteği (honeycomb) dokusundaki morfolojilerde izlendiği gösterilmiştir (Henning ve Störr 1986, Keller 1978; Türkmenoğlu ve Aker 1990, Çoban 1994, Fuente et al 2000). SEM analizleri sonucunda, yeşil bentonit ve farklı renklerde (pembe ve kahverenkli) izlenen kıltaşı örneklerinde gelişen simektit mineralinin morfolojisinde bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.5).



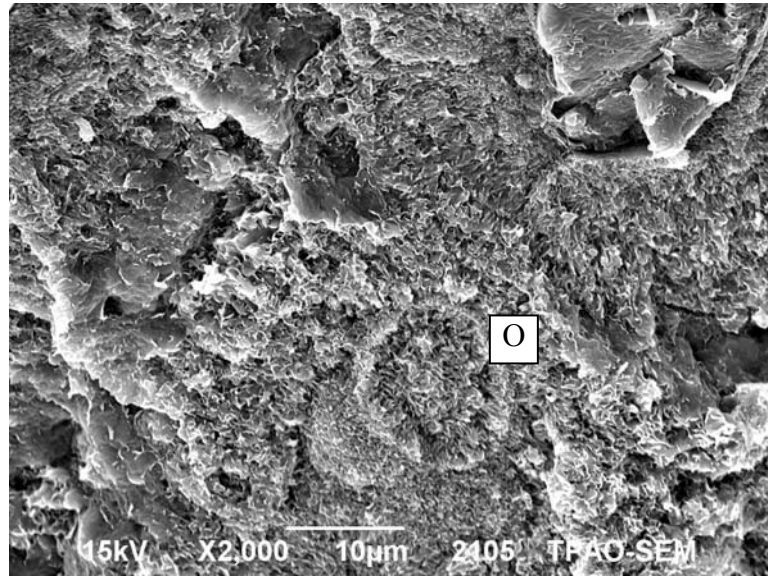
Şekil 4.5 KRK-2 no'lu yeşil bentonit örneğindeki simenit mineralinin levhamsı yapılı ve peteksi dokulu morfolojisinin yakından görünümünü gösteren SEM fotoğrafı

Ancak, pembe ve kahverenkli kilaşlarında simenit mineralinin volkan camlarının kırık, çatlak ve erime boşlukları ile yüzeylerinde geliştikleri gözlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 SB-4 no'lu pembe renkli kilaşı örneğinde kırıklı levha şekilli volkan camlarının (V) kenar ve yüzeylerinde gelişen simenit mineralinin (S) SEM fotoğrafı

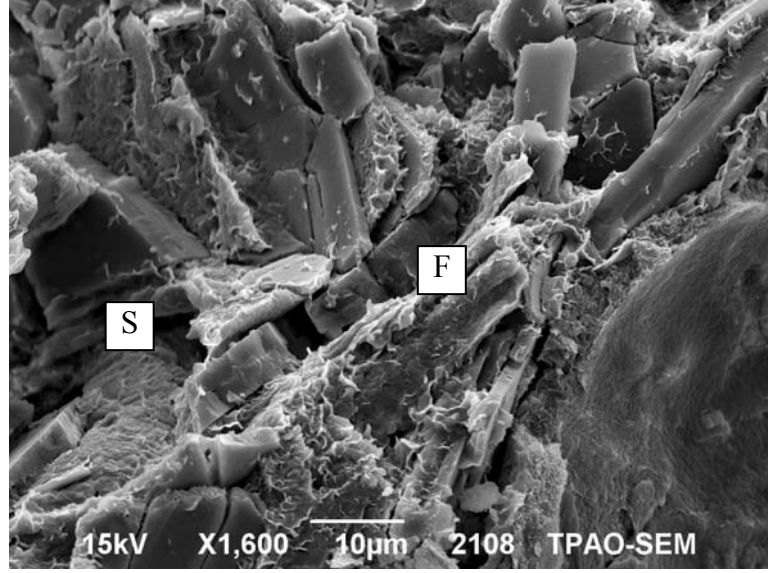
Volkan camları bol kırıklı çatlaklı, levhamsı şekillerde izlenmiştir. Benzer şekilde bol kırıklı levhamsı şekilli volkan camlarının varlığı ve bunların üzerinde kil minerallerinin oluşumu Karakaş ve Kadir (2000) ve Boyraz (2004) ile Karakaş vd. (2007)'in yaptığı çalışmalarda da gösterilmiştir. Bentonit örneklerinde simektit minerali dışında yaygın olarak bulunan diğer bir mineral ise opal-CT ve kristobalittir. Opal-CT mineralleri genellikle küresel ve yarı küresel şekilli kristaller şeklindedir. Küresel şekilli opal-CT tanelerinin üzerinde de peteksi dokulu levhalardan oluşan simektit mineralinin gelişimleri izlenmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 KRK-2 no'lu yeşil bentonit örneğinde küresel ve yarı küresel şekilli opal-CT (O) tanelerinin üzerinde izlenen simektit mineralinin SEM fotoğrafı

Bu küresel ve yarı küresel şekilli yapıların volkan camının bozuşmasının bir sonucu olarak geliştiği Fuente et al (2000) tarafından belirtilmiştir. Eggleton and Keller (1982)'de bu yapıların volkan camının hidrolizi sonucu oluşan ürünler olduğunu ve bunların volkan camının ilk altere fazını oluşturduğunu ifade etmişlerdir. İncelenen örneklerde küresel ve yarı küresel yapıların tamamen simektit mineralinden oluşması, volkan camının tümüyle tüketildiğini ve bozunmanın tamamlandığını göstermektedir (Şekil 4.7).

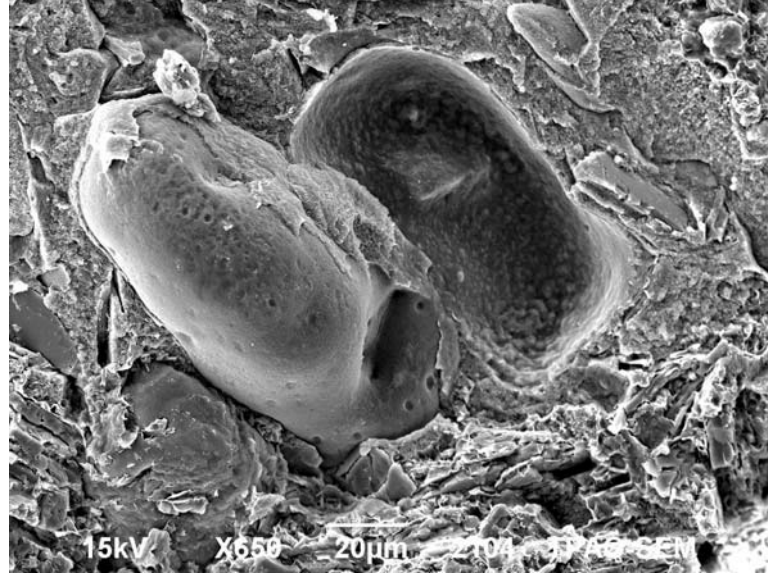
Pembe ve kahverenkli kiltası örneklerinde simektit mineralinin volkan camı, opal-CT tanelerinin yanı sıra feldispatların üzerlerinde ve kenarlarında geliştiği de gözlenmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 KRK-4 no'lu kahverenkli kiltası örneğinde feldispat mineralinin (F) çevresinde ve üzerinde gelişen simektitin (S) SEM fotoğrafı

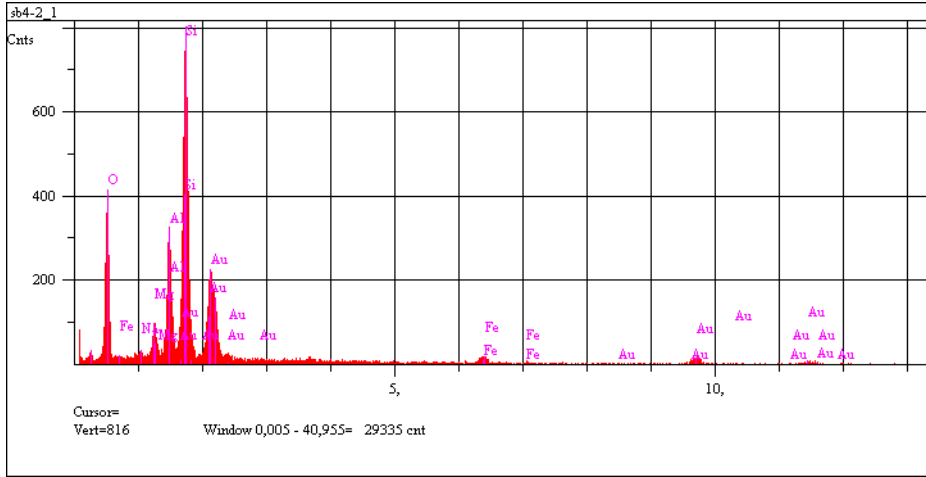
Bu durum, XRD'de de düşünüldüğü gibi simektitlerin oluşumunda da feldispatların etkili olduğunu göstermektedir. Christidis et al. (1995), Kadir ve Karakaş (2000, 2002), Besbelli ve Varol (2002), Boyraz (2004) ile Karakaş vd. (2007)'de yapmış oldukları çalışmalarda da simektit oluşumunun volkan camının yanı sıra feldispatlardan itibaren geliştiğini belirtmişlerdir.

Levhamsı şekilli simektit mineralinin izlendiği yeşil renkli bentonit örneklerinde fosil kavkılarına da rastlanılmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 KRK-2 no'lu yeşil bentonit örneğinde belirlenen ostracod kavkısının SEM görüntüsü

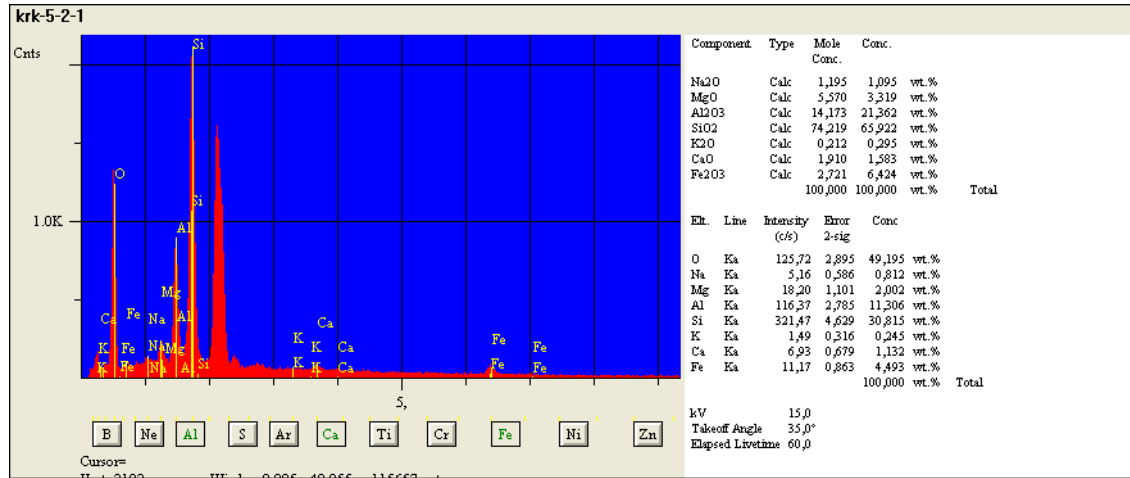
Enerji Dispersiv Spektrometre ile kimyasal kompozisyonu belirlenen volkan camlarının Si, Al, Mg ve Fe elementlerinden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Volkan camının Enerji Dispersiv Spektrometresi (EDS)

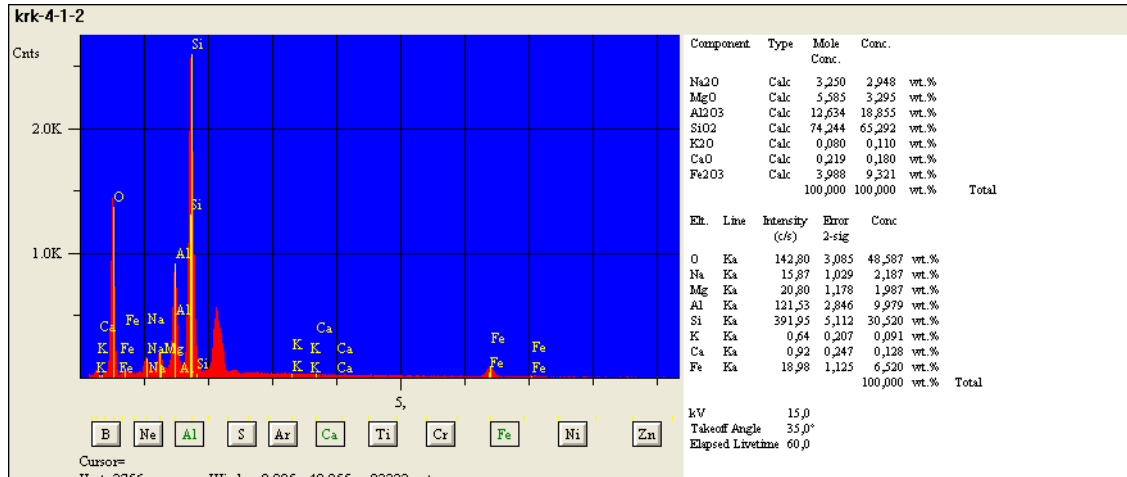
XRD ve kimyasal analiz verilerine göre Ca-simektit ve ara tip olarak belirlenen simektit mineralinin SEM incelemelerinde morfolojik olarak bir farklılanma gözlenmemiş olmasına rağmen EDS analizlerinde bir farklılanmanın varlığı belirlenmiştir. Ca-

Simektit örneğinin EDS spektrumunda Al ve Si'nin yanında Ca, Mg ve Fe elementlerinin varlığı izlenmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 KRK-5 no'lu yeşil bentonit örneğindeki Ca-simektit mineralinin enerji dispersif spektrum analizi EDS

Buna karşın, ara tip olarak tanımlanan simektit mineralinde Al ve Si'nin yanında Na, Mg, Fe elementlerinin varlığı da gözlenmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 KRK-4 no'lu kahverenkli kiltası örneğindeki ara tip simektit mineralinin enerji dispersif spektrum analizi EDS

4.3 Kimyasal Analiz

Simektit minerali için en yaygın şekilde kabul edilmiş olan strüktür, bu mineralin merkezinde bir oktahedral tabaka ve iki silika tetrahedral tabakadan oluştuğu şeklindedir (Grim ve Güven 1978). Mineralin teorik formülü ve tabaka arası malzeme olmadan teorik kompozisyonu sırasıyla şöyledir: $(OH)_4 Si_8 Al_4 O_{20} nH_2O$ ve $SiO_2\%$ 66.7, $Al_2O_3 \%$ 28.3 ve $H_2O \%$ 5 oranındadır. Bununla birlikte simektit mevcut silikon iyonlarının tetrahedral koordinasyonda ve alüminyum iyonlarında oktahedral tabakada bulunması nedeniyle yukarıda verilen teorik formül ve kompozisyondan farklılıklar gösterir. Mineralojik bakımdan simektit minerali şu sınıflara ayrılır:

Dioktaedrik mineraller

1. Montmorillonit $Al_2 Si_4 O_{10} (OH)_2$
2. Baydellit $Mg_2 Al_{10} Si_{24} O_{60} (OH)_{12} (Na, Ca)$
3. Nontronit $Fe^{+3} Si_{22} Al_2 O_{60} (OH)_{12} (Na, Ca)$

Trioktaedrik mineraller

4. Hektorit $Li_2 Mg_{16} Si_{24} O_{60} (OH)_{12} (Na_2)$
5. Saponit $Mg_{18} Si_{22} Al_2 O_{60} (OH)_{12} (Na_2)$

İnceleme alanında farklı litoloji ve renk özelliklerine göre seçilen ve kil fraksiyonu analizi sonucunda simektit minerali olarak tanımlanan bentonit, kiltası ve tuf örneklerinin kimyasal analiz sonucu Çizelge 4.3, 4.4, 4.5, 4.6'da verilmiştir.

Bentonitlerin kimyasal bileşimleri hangi tip bentonit oldukları konusunda kesin bir bilgi vermezlerse de tahmin yürütmede yardımcı olabilirler. $Na_2O+K_2O / CaO+MgO$ değeri 1 ve 1'den büyük olanlar sodyum; 1'den küçük ve 1/3'e kadar olanlar ara tip; 1/3'ten küçük olanlar ise kalsiyum bentonit sayılabilir (Akbulut, 1996) (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3. İnceleme konusu örneklerle ait tüm kayaç kimyasal analizi

ELEMENT	SAMPLES	SB-1*	SB-2♦	SB-4♦	SB-6*	SB-8*	SB-9•	SB-10♦	KRK-1*	KRK-2*	KRK-4♦	KRK-5*
SiO ₂	%	61.32	60.04	57.91	56.23	62.96	68.85	59.52	49.93	49.78	50.49	49.14
Al ₂ O ₃	%	15.52	17.29	14.55	17.96	15.14	13.50	15.89	14.87	15.72	15.33	15.62
Fe ₂ O ₃	%	3.75	4.74	2.84	2.20	1.58	1.77	4.35	10.84	9.44	9.64	8.89
MgO	%	1.35	1.44	2.54	2.79	2.25	0.64	1.64	2.10	2.94	2.38	2.57
CaO	%	2.90	2.71	2.74	1.52	1.56	1.35	2.13	2.95	1.69	3.18	3.15
Na ₂ O	%	2.27	3.37	1.89	1.43	1.88	3.15	2.35	1.68	1.03	3.09	1.18
K ₂ O	%	0.93	1.47	0.97	0.64	0.74	2.72	1.66	0.16	0.11	0.18	0.13
TiO ₂	%	0.75	0.79	0.23	0.24	0.24	0.28	0.71	1.41	1.45	1.41	1.46
P ₂ O ₅	%	0.09	0.07	0.82	0.13	0.12	0.09	0.29	0.39	0.59	0.53	0.63
MnO	%	0.01	0.03	0.46	0.2	0.2	0.4	0.9	0.01	0.02	0.03	0.02
Cr ₂ O ₃	%	0.004	0.007	0.010	0.002	0.002	0.003	0.009	0.229	0.023	0.027	0.030
Ni	ppm	47	27	78	50	36	<5	42	117	112	99	142
Sc	ppm	6	5	5	4	3	3	10	15	15	15	141
LOI	%	11.0	7.8	13.9	16.7	13.5	7.5	11.2	15.4	17.0	13.49	16.9
Sum	%	99.79	99.75	98.84	100.042	100.172	100.253	100.649	99.74	99.76	99.71	99.72

(*: Yeşil bentonit, ♦: Kırmızı-kahverenkli kıltaşı, •: Tüf)

Çizelge 4.4. Başlıca bentonit gruplarının ve inceleme alanındaki bentonit örneklerinin kimyasal analiz değerleri

Bileşen %	Na Bentonit*	Ca Bentonit*	Ara tip Bentonit*	SB-1	SB-6	SB-8	KRK-1	KRK-2	KRK-4	KRK-5
SiO ₂	64	59	62	61.32	56.23	62.96	49.93	49.78	50.49	49.14
Al ₂ O ₃	21	19.7	15.9	15.52	17.96	15.14	1.87	15.72	15.33	15.62
Fe ₂ O ₃	3.5	5.9	3.0	3.75	2.20	1.58	10.84	9.44	9.64	8.89
MgO	2.3	5.5	2.6	1.35	2.79	2.25	2.10	2.94	2.38	2.57
CaO	0.5	1.7	4.5	2.90	1.52	1.56	2.95	1.69	3.18	3.15
Na ₂ O	2.6	0.2	2.0	2.27	1.43	1.88	1.69	1.03	3.09	1.18
K ₂ O	0.4	0.2	1.0	0.93	0.64	0.74	0.16	0.11	0.18	0.13

(*:Akbulut 1996, SB,KRK: Karayatak bentonit örnekleri)

İnceleme alanından alınan örneklerin Na₂O+K₂O/CaO+MgO değerleri hesaplandığında Karayatak bentonit oluşumunun Ca bentonit ile Na-Ca bentonit tipinde oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.4) .

İnceleme alanımızdan alınan örneklerde yapılan kimyasal analizlerde, ana oksit değerlerine bakıldığında SiO₂ miktarlarının % 68.85- 49.14 arasında, Al₂O₃ miktarlarının % 17.96-13.50 arasında, MgO miktarlarının % 2.94- 0.64 arasında, CaO miktarlarının % 3.18-1.35 arasında, Na₂O miktarlarının % 3.15-1.03 arasında, Fe₂O₃ miktarlarının % 10.84-1.58 arasında, K₂O miktarlarının % 0.11-2.72 arasında değişen değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3, 4.4) .

Çankırı civarındaki diğer bentonit yatakları ile karşılaştırıldığında, Büyük ve Küçük Hacıbey bentoniti kimyasal analiz değerlerine göre Na bentonit (Kurhan 1969), Kurşunlu İlçesi Beşpınar bentoniti Ca bentonit (Sözeri 2006), Kalecik İlçesi Hançılı bentonitleri ise Na bentonit (Türkmenoğlu vd. 1987) olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 4.5. İnceleme konusu örneklere ait eser element içerikleri

ELEMENT	SAMPLES	SB-1*	SB-2♦	SB-4♦	SB-5*	SB-8*	SB-9*	SB-10♦	KRK-1*	KRK-2*	KRK-4♦	KRK-5*
Ba	ppm	359.2	422.8	9350	141.2	179.4	479.5	441.0	217	149	291.2	200
Be	ppm	2	2	4	1	1	3	2	2	2	2	2
Co	ppm	14.4	13.9	36.4	25.7	16.5	13.3	23.9	19.6	19.6	22.8	29.8
Cs	ppm	3.2	5.8	3.3	1.0	1.1	4.9	3.7	0.2	0.2	0.3	0.3
Ga	ppm	16.9	18.6	17.7	17.9	15.9	13.7	16.3	14.1	14.1	15.2	16.1
Hf	ppm	5.2	5.6	3.7	3.0	2.7	2.9	4.2	3.9	4.7	4.2	4.9
Nb	ppm	31.9	24.7	36.0	20.63	20.5	20.8	19.2	28.6	32.1	30.4	44.9
Rb	ppm	42.5	95.8	62.2	21.4	22.7	99.4	65.1	5.1	5.4	6.3	4.7
Sn	ppm	2	2	3	2	2	1	2	1	1	1	1
Sr	ppm	790.5	851.2	268.4	337.0	339.9	299.1	376.6	1031	815.9	115.6	1137
Ta	ppb	1.8	1.5	3.0	1.8	1.5	1.4	1.3	1.6	1.8	1.7	1.6
Th	ppm	24.2	18.5	26.9	17.8	17.0	15.0	13.6	6.3	7.1	6.7	9.4
U	ppm	2.0	2.3	9.9	6.2	2.7	5.6	3.8	0.2	0.3	0.4	0.4
V	ppm	72	72	28	154	31	16	81	12	97	113	115
W	ppm	13.9	24.1	30	10.4	9.9	80.7	22.6	7.2	6.3	12.8	6.7
Zr	ppm	223.8	240.2	120.9	92.0	91.4	101.2	160.9	176.9	177.2	181.5	199.8
Y	ppm	11.1	6.6	28.8	8.4	11.9	15.7	23.1	15.7	18.8	20.4	17.3
La	ppm	66.8	32.5	23.9	23.4	25.8	24.0	32.9	48.3	61.5	57.3	50.2
Ce	ppm	128.6	67.7	43.6	52.7	55.4	50.9	66.9	91.7	116.3	111.0	95.2
Pr	ppm	13.88	5.65	4.84	5.29	5.48	5.09	7.13	10.55	13.65	12.64	11.41
Nd	ppm	42.7	17.7	17.4	16.8	17.3	16.8	24.2	38.9	51.7	46.6	41.5
Sm	ppm	6.05	2.61	3.56	2.67	2.82	2.89	4.23	5.89	7.93	7.32	6.30
Eu	ppm	1.41	0.95	0.46	0.60	0.66	0.64	1.03	1.75	2.31	2.10	1.75
Gd	ppm	3.63	1.71	3.55	1.90	2.20	2.37	3.46	4.92	6.20	5.83	4.68
Tb	ppm	0.61	0.30	0.65	0.36	0.41	0.46	0.65	0.71	0.91	0.85	0.67
Dy	ppm	2.54	1.39	4.05	1.60	2.01	2.15	3.41	3.66	4.64	4.47	3.29
Ho	ppm	0.42	0.24	0.80	0.28	0.37	0.45	0.70	0.61	0.79	0.77	0.60
Er	ppm	1.05	0.65	2.41	0.85	1.10	1.49	2.11	1.60	1.96	2.09	1.73
Tm	ppm	0.15	0.10	0.44	0.12	0.16	0.21	0.31	0.24	0.27	0.30	0.24
Yb	ppm	0.94	0.81	2.86	0.82	1.06	1.44	2.14	1.43	1.56	1.86	1.43
Lu	ppm	0.13	0.11	0.44	0.12	0.16	0.20	0.31	0.19	0.22	0.26	0.20

(*: Yeşil bentonit, ♦: Kırmızı-kahverenkli kıltaşı, ●: Tüf)

Çizelge 4.6. İnceleme konusu örneklere ait Nadir Toprak Element içerikleri (REE)

ELEMENT	SAMPLES	SB-1	SB-2	SB-4	SB-6	SB-8	SB-9	SB-10	KRK-1	KRK-2	KRK-4	KRK-5
Mo	ppm	<0.1	0.1	1.4	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Cu	ppm	11.6	12.4	6.7	5.6	3.4	2.8	10.2	14.0	25.1	24.3	26.1
Pb	ppm	16.5	17.6	22.4	11.4	6.2	6.3	11.5	7.2	8.0	7.7	8.1
Zn	ppm	11	24	33	8	7	11	24	31	32	35	40
Ni	ppm	10.2	15.3	46.6	4.3	4.2	7.4	20.1	53.8	40.1	46.6	72.2
As	ppm	3.8	5.6	29.0	0.5	<0.5	<0.5	4.4	12.8	14.8	15.0	13.9
Cd	ppm	0.2	<0.1	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sb	ppm	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Bi	ppm	0.3	0.3	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ag	ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Au	ppb	8.4	8.7	0.7	95.4	20.9	12.3	11.8	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Hg	ppm	0.26	0.06	<0.1	0.17	0.03	0.04	0.09	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tl	ppm	0.2	0.6	11.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2				
Se	ppm	<0.5	<0.5	0.02	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5				

(*: Yeşil bentonit, ◆: Kırmızı-kahverenkli kıltaşı, ●: Tüf)

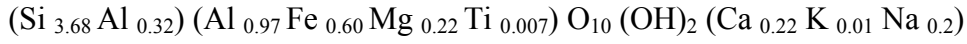
İnceleme alanından alınan örneklerin kimyasal analiz sonucuna göre simektitin yapısal formülü ‘Sabit Katyon Sayısı’ (Fixed Cationic Numbers) metoduna göre (Grim and Güven 1978) yapılmıştır. Hesaplama 11 oksijen atomu baz alınarak hesaplanmıştır (Weaver and Pollard 1973) (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. İnceleme konusunu oluşturan simektit örneklerinin yapısal formülleri

Örnek No	Tetrahedra		Oktahedra				Tabaka arası		
	Si	Al ^{IV}	Al ^{IV}	Fe	Mg	Ti	Na	K	Ca
KRK-1	3.68	0.32	0.97	0.60	0.22	0.007	0.2	0.01	0.22
KRK-2	3.68	0.32	1.05	0.53	0.33	0.08	0.15	0.01	0.13
SB-6	4.00	-	1.50	0.12	0.3	0.01	0.20	0.05	0.12

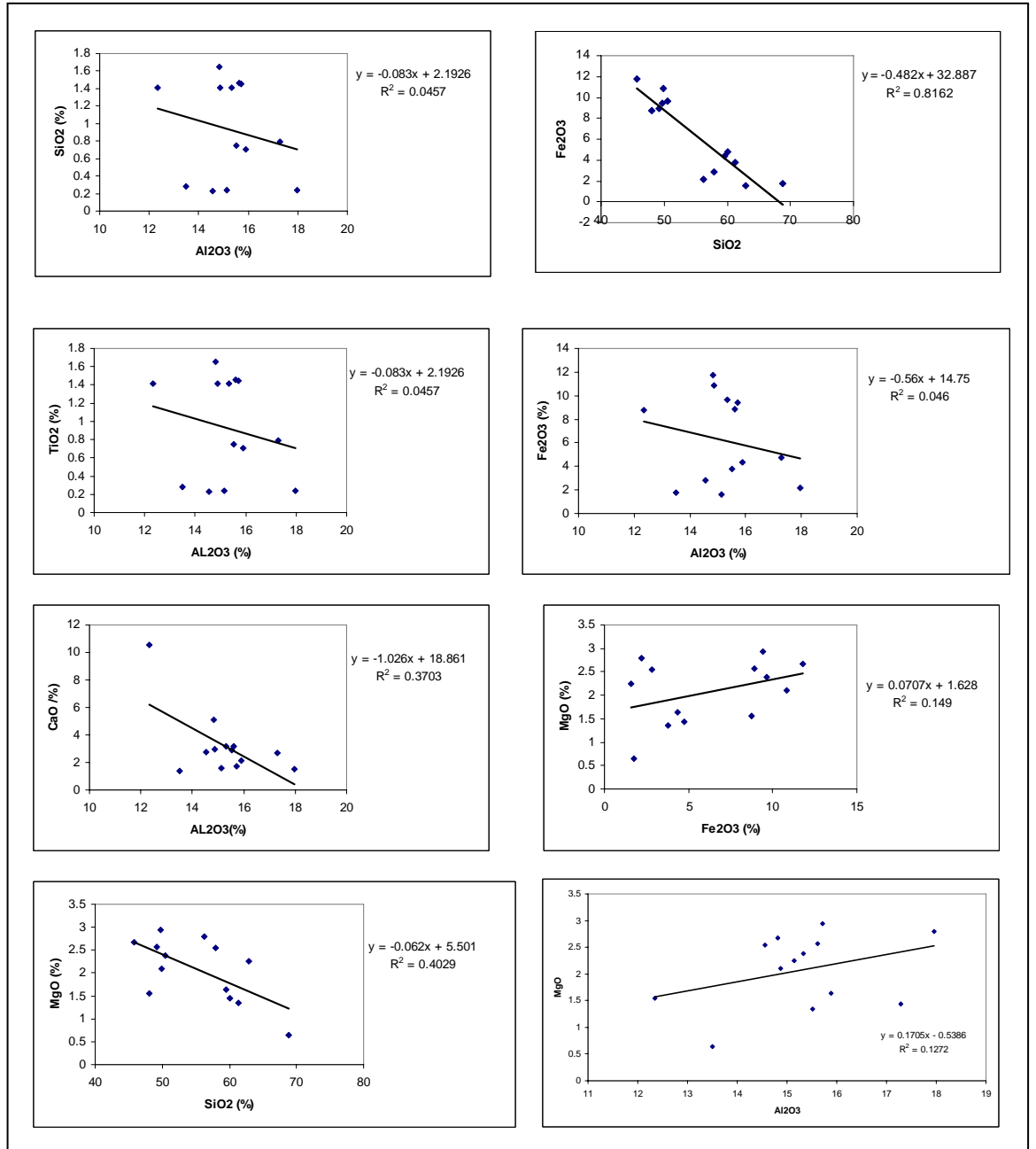
Hesaplanan yapısal formülden simektitin tipinin baydelit-montmorillonit olduğu ve Na-Ca simektit ile Ca-Simektit tipinde olduğu belirlenmiştir.

Kimyasal analiz sonucunda hesaplanan simektitin yapısal formülü aşağıda verilmiştir.



Simektit grubu minerallerde divalent katyonlar genellikle oktahedral tabakada Fe⁺², Mg⁺², Al⁺³,ün yerini; trivalent katyonlarda da çoğunlukla tetrahedral tabakada Al⁺³, Si⁺⁴,ün yerini alır (Newman 1987). Analizi yapılan örneğin yapısal formülüne bakıldığında Al’un bir kısmı tetrahedral tabakadaki Si’nin bir kısmının yerini almıştır. Geri kalan Al ise oktahedral tabakada yer alır. Bununla birlikte, Fe^{+2, +3}, Mg⁺², Ti⁺⁴ oktahedral tabakada yer aldığı görülmektedir.

Oktahedral tabakadaki Fe^{+2,+3} değeri 0.15-0.19 arasında değişim göstereceği Weaver and Pollard (1973) tarafından belirtilmiştir. İncelenen örnekte oktahedral tabakadaki Fe^{+2,+3} içeriğinin yüksek olması (0.34) montmorillonitin Fe bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Ayrıca analiz sonuçlarında izlenen Ca⁺², K⁺, Na⁺ ‘un ise değişebilir katyon konumunda oldukları belirlenmiştir.



Şekil 4.13 Al₂O₃-SiO₂, SiO₂-Fe₂O₃, Al₂O₃-TiO₂, Al₂O₃-Fe₂O₃, Al₂O₃-CaO, Fe₂O₃-MgO, SiO₂-MgO, Al₂O₃-MgO diyagramları.

Bentonitleşme sırasında immobil olan Al'un bentonit içinde zenginleşmesi, alterasyon sırasında erimeyen kalıntı malzemede birikmiş olan element zenginleşmesi (yerinde – in situ zenginleşme) yoluyla olmaktadır (Zielinski 1982, White 1983). Buna göre ana kayacın Al₂O₃ içeriğine karşılık alterasyon sırasında içerikleri değişen diğer ana elementler arasındaki ikili diyagramlar, bentonitteki element kaybı ve /veya zenginleşmesi tipi hakkında bilgiler verebilmektedir (Land et all. 1997). Buradan hareketle, inceleme konusu örnekler için yapılan Al₂O₃ –MgO ve Al₂O₃-CaO diyagramları incelendiğinde MgO, CaO'in Al₂O₃'e göre lineer bir şekilde arttığı ve regresyon doğrusunun orijinden geçen pozitif lineer bir doğru olan ve ilgili elementlerin (Mg,Ca) alterasyon sırasında immobil olduğunu (zenginleşmenin bozuşmayan kalıntı malzemedan kaynaklandığını) ifade eden bir doğru şeklinde olmadığı görülmektedir (Şekil 4.13). Benzer olarak Al₂O₃-SiO₂, Al₂O₃- Fe₂O₃ ve Al₂O₃-TiO₂ ikili ana element diyagramları incelendiğinde; aradaki ilişkinin artan Al₂O₃ değerlerine karşılık azalan SiO₂,Fe₂O₃ ve TiO₂ değerleri şeklinde olduğu görülmüştür (Şekil 4.13). Buna göre; ikili ana element diyagramları alterasyon sırasında SiO₂, Fe₂O₃ ve TiO₂ kayıplarının buna karşın, dış kaynaklı MgO ve CaO zenginleşmelerinin meydana geldiğini işaret etmektedir.

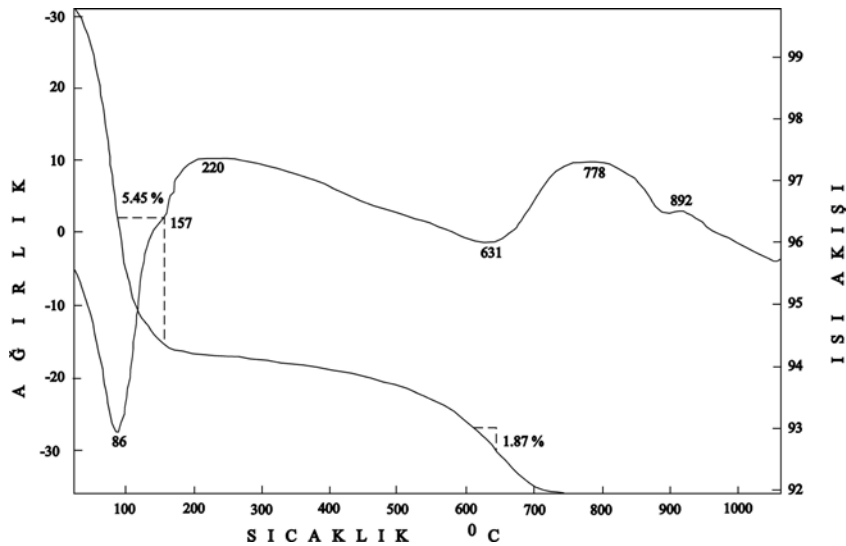
4.4. Diferansiyel Termal Analiz (DTA) İncelemeleri

Diferansiyel termal analiz (DTA) metodunun esası, bir maddenin düzgün ısıtılması veya soğutulmasında maruz kaldığı fiziksel ve kimyasal değişikliklerin meydana getirdiği ısı değişimlerinin incelenmesi ve ölçülmesi prensibine dayanır. Bu analiz metodu ile düzgün olarak yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılan bir maddede meydana gelen termik reaksiyonların derecesi, büyüklüğü ve genel karakteri tayin edilir. Bununla birlikte, kil minerallerinin ısıya karşı gösterdikleri tepkimelerin değişik olması ilkesine dayanarak bu minerallerin cinslerinin belirlenmesinde de kullanılır.

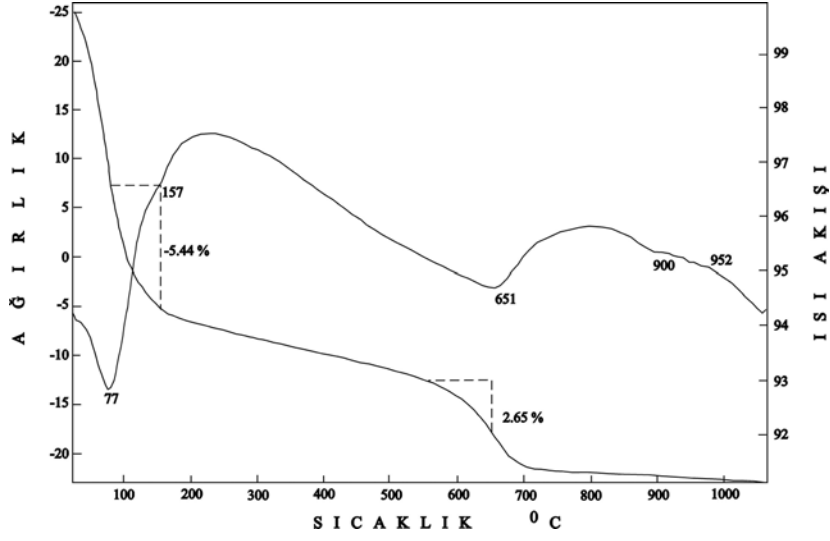
X-ışını kırınımı tüm kaya ve kil fraksiyonu analizi sonucunda simektit (yeşil renkli bentonit) ve pembe renkli kiltaş olarak tanımlanan örneklerin, termal özelliklerini belirlemek amacıyla Diferansiyel Termal Analiz (DTA) ve Termogravimetri (TG) metodu kullanılmıştır.

Simektit minerali, tabakaları arasında su molekülleri olarak yapısında genişleme gösteren, silikat kafes yapılı fillosilikat grubu bir kil mineralidir. Simektit minerali bünyesinde gözenek ve tabaka arası su (adsorbe) ile hidroksil suyu (absorbe) olmak üzere 3 tipte su içerir. Bu sular mineralin bünyesinden farklı sıcaklık noktalarında olacak şekilde, çıkışları 3 aşamada gerçekleşir. Bu nedenle simektit mineralinin DTA eğrisinde 3 endotermik pike sahip oldukları görülür. Dünyanın çeşitli yerlerinde simektit minerali (montmorillonit) için verilen endotermik pik değerleri; düşük sıcaklık endotermik piki için yaklaşık 100 °C - 250 °C, ikinci endotermik pik için yaklaşık 700 °C ve son olarak üçüncü endotermik/ekzotermik pik için ise yaklaşık 800 °C - 900 °C biçiminde verilmektedir (Paterson and Swaffield 1987).

İnceleme alanında kil fraksiyonu çekimi sonucu simektit minerali olarak tanımlanan yeşil renkli bentonit (KRK-2) ve pembe renkli kıltaşı (SB-4) örneklerine ait DTA eğrileri simektit mineralinin tipik termal özelliklerini yansıtır (Şekil 4.13, 4.14). Bu örneklerin DTA incelemelerinde simektit minerallerindeki tabaka arası suyun uzaklaşmasından kaynaklanan (Mackenzie, 1957; Bozdoğan, 1990) ilk endotermik pikin 77-86°C arasında değiştiği gözlenmiştir (Şekil 4.13, 4.14). Bu durum simektit mineralinin bünyesindeki katyon yoğunluğu ve dengede olduğu bağıl nemlilik ile denetlenmektedir (Paterson and Swaffield 1987).



Şekil 4.14 KRK-2 no'lu yeşil renkli bentonit örneğinin DTA ve TG termogramı



Şekil 4.15 SB-4 no'lu pembe renkli kilaşı örneğinin DTA ve TG termogramı

Ayrıca, bu pikin yüksek sıcaklık yönünde 200 °C dolayında gösterdiği omuz, simektit mineralinin tabaka arasına divalent hidrate katyon içermesinden kaynaklanır (Mackenzie 1954, Greene-Kelly 1957, Smykatz-Kloss 1974). Bu küçük endotermik pik özellikle Ca-simektit için tipik bir özellik olarak verilmektedir (Özkan ve Erkalfa 1977). KRK-2 ve SB-4no'lu örneklerde 157 °C'de belirlenen omuz da bu örneğin Ca-simektit olduğunu işaret eder (Şekil 4.13, 4.14).

İkinci endotermik pik, 631 °C ve 651 °C'de daha yayvan ve daha az şiddetli olarak izlenmektedir (Şekil 4.13, 4.14). Bu pik, 603.5 °C - 710.7 °C arasında sıcaklık değerlerine sahip olup, simektit mineralinin tabakalar arası suyun çıkış sıcaklığını göstermektedir. Simektit mineralinin bileşimindeki Fe içeriğine bağlı olarak bu pik 400 °C-700 °C aralığının değişik yerlerinde bulunabilmektedir (Grim and Kulbicki 1961, Özkan ve Erkalfa 1977).

Üçüncü endotermik pik ise, 892 °C' ve 900 °C deki piki ile belirgin olup, 830°C-903.2 °C'de daha dar bir sıcaklık aralığında dağılım göstermektedir (Şekil 4.13, 4.14). Bu pik ise simektit mineralindeki hidroksil suyun kaybolduğunu göstermektedir. Bütün kristal

suyunu kaybederek anhidrit yapıya ulaşan simektit minerali 1000 °C ve daha yüksek sıcaklıklarda ilk bileşimine bağlı olarak yeni mineral fazlarını oluşturduğu bilinmektedir (Grim and Kulbicki 1961). Bütün bu elde edilen endotermik pik sıcaklıkları dioktahedrik simektitlere uygundur (Paterson and Swaffield 1987).

Simektit mineralinin TG termogramları da bunların kütle kayıplarının üç aşamada gerçekleştiğini göstermektedir (Şekil 4.13, 4.14). İlk iki reaksiyonda toplam yoğunluk kaybı % 5.44 - 5.45, üçüncüsünde ise % 1.87-2.65'dir. TG kaydında düşük sıcaklıkta izlenen uzun yamaç, mineralin gözenek ve adsorbe (kristal suyu) suyunu kaybetmesi, 631- 651 °C ve 777-796 °C dolayında izlenen ikinci ve daha yayvan olan yamaç ise dehidroksilasyon ile ilgilidir.

5. OLUŞUM

İnceleme alanındaki bentonit oluşumu Karakocuş ve Mamak formasyonlarındaki beyaz-krem renkli tuf ve kırmızı renkli kıltaşı birimlerinin ardalanmasından oluşan volkano-sedimanter bir istif içerisinde yoğunlaşmıştır. Bentonit oluşumundaki egemen kil minerali simektit olarak belirlenmiştir.

Simektit grubu kil minerallerinin oluşumları genel olarak üç grup altında incelenmektedir (Grim and Güven, 1978). Bunlar;

- 1) Volkanik kül ve tufün yerinde alterasyonu
- 2) Magmatik kayaların hidrotermal alterasyonu
- 3) Magmatik malzemenin döyterik alterasyonu'dur.

Bunların dışında magmatik kökenli olmayıp, alterasyon ve sedimantasyon olayları sonucunda oluşan simektit mineralleri de bulunmaktadır.

İnceleme alanındaki simektit mineralinin oluşumu da kimyasal ve mineralojik bileşimi ile dokusal özellikleri dikkate alındığında birinci kökeni karakterize etmektedir. Bölgede tuf seviyelerinde killeşmenin (simektitleşme) yoğunlaşması, bu birimlerin gözenek ve geçirimsizliğinin yüksek olmasından kaynaklanmıştır (Chamley 1989, Righi and Meunier, 1995). Bununla birlikte, volkanik birimlerin ana bileşenini oluşturan volkan camının su ortamlarında alterasyona karşı aşırı derecede duyarlı olmaları da alterasyon ürünlerinin oluşumunda önemli rol oynamıştır (Berner and Berner, 1996). Ayrıca, volkan camının kimyasal kompozisyonu, akıcı ortamların su kimyası, alterasyonun gerçekleştiği sıcaklık ve zaman faktörü de önemli faktörler arasında yer almaktadır (William *et al.* 1985, Stamatakis and Maganas, 1988).

İnceleme alanındaki gözenekli ve geçirimsiz volkanik birimler üzerinde etkili olan sular tüflü birimleri yıkarak çözünmelerine neden olmuştur. Çözeltideki Al gibi hareketsiz (immobil) olarak bulunan Fe iyonu tüflü birimleri içerisinde hematit mineralinin oluşumunu sağlamıştır.

SEM incelemelerinde, genellikle simektit mineralinin volkan camlarının erime boşlukları ile kırık ve çatlakları boyunca gelişen yüzeylerde izlenmiş olmaları da simektit mineralinin oluşumunun su hareketi ile birlikte serbestleşen iyonların etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, petek dokulu levhamsı simektit mineralinin üzerinde geliştikleri küresel ve yarı küresel şekilli yapılar Eggleton and Keller (1982)'a göre opal-Ct ve volkan camının hidrolizi sonucu oluşan ürünlerdir (Şekil 4.7). Solüsyondaki iyonların oran ve davranışları ile ortamdaki suyun hareketliliği, sıcaklık, basınç ve pH koşullarına bağlı olarak simektit mineralinin oluşumu gerçekleşebilmektedir (La Iglesia and Van Oosterwyck-Gastuche, 1978). İnceleme alanındaki simektit minerali de durgun su ortamında haraketsiz (immobil) Al ve Si iyonlarının zenginleşmesi sonucu oluşum olmalıdır.

İnceleme alanında simektit mineraline feldispat, dolomit, kalsit, kuvars mineralleri ile amorf malzemenin eşlik etmesi, simektit mineralinin volkanik birimlerin ana bileşenini oluşturan volkan camının yanı sıra ve feldispat mineralinin de alterasyonu ile oluştuğunu göstermektedir. Simektitlerin feldspatların alterasyonu ile oluşabileceği Millot (1970), Furnes (1975), Murray (1988), Chamley (1989), Tucker (1992) tarafından da gösterilmiştir

İnceleme alanındaki simektit mineralinin oluşumu volkan camları ve feldispat mineralinin varlığı ile kontrol edilmiştir. Simektit minerali yer altı ve meteorik sular ile yer üstü sularının etkisi ile volkanik birimleri depolanmasını takip eden süreçlerde volkan camlarının hidrolizi sonucu oluştukları söylenebilir. Sonuç olarak inceleme alanındaki tüflerin mineralojik bileşimleri ve dokusal özellikler tufün olduğu yerde (in situ) alterasyona uğrayarak simektit mineralinin oluştuğunu göstermektedir.

6. SONUÇLAR

Karayatak (Şabanözü) bentonit oluşumunda yapılan saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen bulguları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

1) İnceleme alanını temsil eden Tersiyer istif, temel birimler üzerinde gelişen ve uyumsuzluk yüzeyi ile ayrılan magmatik kayalar ve görsel çökeller ile temsil olunur. Bu çökeller alttan üste doğru Paleosen yaşlı granitoidler, Geç Miyosen yaşlı Karakoçuş formasyonu ve Mamak formasyonu ve Pliyosen yaşlı Bozdağ bazaltı ve Gölbaşı formasyonu adı altında incelenmiştir.

2) İnceleme alanında bentonit oluşumu Geç Miyosen yaşlı Karakoçuş ve Mamak formasyonları içerisinde yer aldığı belirlenmiştir. Konglomera ve kumtaşı birimlerinden oluşan Karakoçuş formasyonu içerisinde yer yer kıltaşı ve lav akıntıları şeklinde bazalt seviyeleri bulunmaktadır. Mamak formasyonu, aglomera, tuf ve andezit, bazalt bileşimli lavlardan oluşur. Sahada yeşil renkli olarak izlenen bentonit oluşumu beyaz-krem renkli tuf ve kırmızı renkli kıltaşı birimlerinin ardalanmasından oluşan volkano-sedimanter bir istif içerisinde iki ayrı seviye halinde yer alır.

3) X-ışını difraktogram (XRD) çalışmalarına göre Karayatak bentonit örneklerinde hakim kil minerali simektittir. Simektitler, feldispat minerali başta olmak üzere opal-CT, kristobalit, kuvars, amorf malzeme, kalsit, piroksen ve hematit ile birlikte bulunmaktadır. Yer yer de bu mineralleşme grubuna klorit, illit, analsim, klinoptilolit-höylendit, dolomit, amfibol ve jips-anhidrit mineralleri eşlik etmektedir. Simektitlerin (001) bazal mesafelerinin $14.91 \text{ \AA} - 15.82$ ve $12.40 \text{ \AA} - 12.90 \text{ \AA}$, arasında değişmesi Karayatak bentonit oluşumunun Ca-simektit ile Na-Ca simektit bileşimli olduğunu göstermiştir. Ayrıca, Simektit mineralinin (060) ve (330) yansıma yüzeylerine ait pik değerlerine göre dioktahedral karakterde olduğu belirlenmiştir.

4) Simektit minerali ile bu minerale eşlik eden diğer minerallerin morfolojik, dokusal özellikleri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve mineralojik bileşimleri Enerji Dispersif Spektrometre (EDS) analizi yardımıyla belirlenmiştir. Simektit

mineralinin volkan camlarının kırık, çatlak ve erime boşlukları ile yüzeylerinde gelişmesinin yanı sıra, feldispatların üzerlerinde ve kenarlarında gelişmesi simektitlerin oluşumunda volkan camlarının yanı sıra feldispatların da etkili olduğunu göstermiştir.

5) Bentonitlerin kimyasal analizi sonucunda kimyasal bileşimindeki değişimin mineralojik bileşime bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir.

6) Bentonit oluşumundaki simektit mineralinin değişik sıcaklık derecelerindeki termal davranışları ve faz dönüşümleri Diferansiyel Termal Analiz (DTA) ve Termogravimetri (TG) yöntemleri ile incelenmiştir. Elde edilen endotermik pik sıcaklıklarına göre örneğin dioktaedrik simektitlere uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 157 °C dolayında belirlenen omuz, Ca-simektit mineralini karakterize etmekte olup, simektit mineralinin tabaka arasına divalent hidrate katyon (Ca^{++}) içermesinden kaynaklanmıştır.

7) Simektit mineralinin oluşumunda volkanik kayaların ana bileşeni olan volkan camı ve feldispat mineralinin alterasyonu önemli rol oynamıştır. Karayatak (Şabanözü) bentonit oluşumundaki simektit mineralleşmesi yerüstü, yer altı ve meteorik suların etkisi ile volkanik kayaların yerinde (in-situ) alterasyonu sonucu oluştuğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Abdioğlu, E. ve Arslan, M., 2003. Kavaklar (Ordu) yöresi kil (bentonit) oluşuklarının kökensei incelenmesi. XI.Ulusal Kil Sempozyumu, 3-6 Eylül 2003, İzmir, Türkiye, 17-34.
- Abdioğlu, E., Arslan, M., Kolaylı, H. ve Kadir, S., 2007. Tirebolu (Giresun) bentonitlerinin jeolojik, mineralojik ve kimyasal özellikleri, KD Türkiye. XIII. Ulusal Kil Sempozyumu, Isparta, 80-100.
- Akbulut, A. 1996. Bentonit, MTA eğitim serisi No.32 . Ankara
- Akyürek, B., Biginer, E., Dağer, Z. ve Sunu, O., 1979, Hacılar (K. Çubuk-Ankara) bölgesinde Alt Triyas'ın varlığı: TJK Bülteni cilt 22, s.2.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağer,Z., Soysal,Y. ve Sunu,O., 1980. Eldivan-Şabanözü (Çankırı), Hasayaz- Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi, MTA Rapor No.6741
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y. F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S., Yaşar, T., 1996, Ankara ilinin çevre jeolojisi ve doğal kaynaklar projesi, MTA raporu No:9961.
- ASTM, 1972. Inorganic index to the powder diffraction file. Joint committee on powder diffraction standarts, Pennsylvania. 1943.
- Bektimuroğlu, O., 1978, Ankara ili Kalecik ilçesi Hançılı köyü bentonit sahası hakkında ön rapor, MTA Rapor no. 6606.
- Besbelli, A. ve Varol, B. 2002. Tekke volkanitlerinde hidrotermal alterasyon ürünü kil mineralleşmeleri (Çubuk, Ankara KD) MTA Dergisi 125-137 Ankara.
- Berner, E. K. and Berner, R. A . 1996, Global Environment: Water, Air, and Geochemical Cycles. 376p.
- Birgili,S., Yoldaş, R. ve Ünalın, G., 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Raporu No: 5621 (yayınlanmamış).
- Boyrız, S. 2004. Mülk-Demirci Yöresi (Eskişehir-Sivrihisar) Neojen (Üst Miyosen-Pliyosen) Birimlerinin Kil Mineralojisi. A. Ü Fen Bilm. Ens. Yüksek Lisans Tezi, 85 s, Ankara (yayınlanmamış).
- Bozdoğan, İ. 1990. Bazı bentonit türü killerin teknolojik karakteristiklerinin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. 119 s.

- Brindley, G. W. 1980. Quantitative X-ray mineral analysis of clays: Cristal structures of clay minerals and their X-ray identification. G W. Brindley and G. Brown, editors). Monograph 5, Mineralogical Society, London, 411-438.
- Christidis, G.E., Scott, P.W. and Marcopouloisi, T. 1995. Origin of the bentonite deposits of Eastern Milos, Aegean, Greece. Geological, mineralogical and geochemical evidence. *Clays Clay Miner.* 43, 63-77.
- Chamley, H. 1989. Clay formation through weathering: Chamley, H. (eds.), *Clay Sedimentology*. New York: Springer. 21-50.
- Çoban F., ve Ece, Ö.I. 1990. Başören(Kütahya) bölgesindeki bentonit oluşumlarının jeolojik özellikleri ve mineralojik incelenmesi, *İTÜ Dergisi*, 48/4, 56-63.
- Çoban F. ve Ece, Ö.I. 1991. Başören (Kütahya) yöresindeki Ca- Bentonit yataklarının mineralojisi ve kristobalit oluşumunun incelenmesi, *Mahmut Sayın Kil Sempozyumu* 87-94.
- Çoban F. 1994. Mihalgazi (Eskişehir) bentonitinin mineralojik özellikleri ve oluşumu. *TJK bülteni* 9, 297-303.
- Çoban, F., 1999. Ayvacık (Çanakkale) bentonit yataklarındaki baydellit oluşumu. *TJK bülteni*,42, 47-55.
- Çoban F., 2001. Çayırılık tepe perlitinin(Başören-Kütahya) bentonite alterasyonu sırasında majör, eser ve nadir toprak elementlerinin mobilizasyonu, 10. Ulusal Kil Sempozyumu, 282-304.
- Dumlupınar, İ., Kocabaş, C., Arıtan, E., Bağcı, M., Yıldız, A., Çoban, F., ve Kibici, Y., 2008. Orta Sakarya Vadisi(Eskişehir) Bentonit oluşumlarının jeolojisi, mineralojisi ve jeokimyasal özellikleri. 61. Türkiye Jeoloji Kurultayı. s 36.
- Eggleton, R.A. and Keller, J. 1982. The palagonization of limburgite glass-A TEM study. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte*, 321-336.
- Eroğlu, Ş. ve Farsakoğlu,K., 1982, Ankara ili-Kalecik ilçesi- Hançılı, Demirtaşlı Köyleri Bentonit yatağı detay etüd raporu. MTAR.No.7440.
- Fuente, S., Cuadros, J. Fiore, S. and Linares, J. 2000. Electron microscopy study of volcanic tuff alteration to illit-smectite under hydrothermal conditions. *Clays and Clay Miner.* 48, 339-350.

- Furnes, H. 1975. Experimental palagonization of basaltic glasses of varied composition, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 50, 105-113.
- Greene-Kelly, R. 1957. The montmorillonite minerals (Smectites), (Mackenzie, R.C., eds.), *The differential thermal investigation of clays*, Mineralogical Society, London, 140- 164.
- Grim, R.E. and Kulbicki, G. 1961. Montmorillonites: High temperature reactions and classifications. *American Mineralogist*, 46, 1329-1369.
- Grim, R.E. and Güven, N. 1978. *Bentonites, geology, mineralogy, properties and uses*, Elsevier, Amsterdam, 256 p.
- Gümüşer G. ve Yalçın H. 1998. Kelkit Vadisi kuzeyindeki (Reşadiye-Yazıcık-Bereketli/Tokat) bentonit yataklarının mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. *Yerbilimleri*, 20, 91-110.
- Gündoğdu, M. N. 1982. Neojen yaşlı Bigadiç sedimanter baseninin jeolojik-mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. H.Ü. Fen Bilm. Ens. Doktora Tezi, 386 s.(yayınlanmamış) Ankara.
- Güngör, P., 1992, Mineralogical and chemical properties of Bentonites from southwest Çankırı Basin. YL.Tezi. ODTÜ.Fen Bilimleri (yayınlanmamış).
- Güngör, P. ve Türkmenoğlu, A., 1993, The mineralogical and chemical properties of Bentonites from southwest Çankırı Basin. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 8, 122-128.
- Hakyemez, Y., Barkut, M.Y., Bilginer, E., Pehlivan, ř., Can,B., Dağer, Z., Sözeri, B., 1986, Yapraklı, Ilgaz, Çankırı ,Çandır dolayının jeolojisi. MTAR. No. 7966.
- Henning, K.H. and Störr, M. 1986. *Electron micrographs (TEM, SEM) of clays and clay minerals*, Akademie –Verlag, Berlin.
- Hoffman and J. Hower, 1979. Clay mineral assemblages as low grade metamorphic geothermometers, application to the thrust-faulted Disturbed Belt, Montana U.S.A.. In: P.A. Scholle and P.R. Schluger, Editors, *Aspects of Diagenesis*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication **vol. 26** (1979), pp. 55–79.
- Jones, J.B. ve Segnit, E.R. 1971. The nature of opal: I.nomenclature and constituent phases. *Journal of the Geological Society of Australia*, 18,57 68.

- Kadir, S. ve Karakaş, Z. 2000. Konya Miyosen yaşlı volkanik birimlerin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi ile neoform kil mineral oluşumlarının irdelenmesi. MTA Dergisi.122, 95-106.
- Kadir, S. and Karakaş, Z. 2002. Mineralogy, chemistry and origin of halloysite, kaolinite and smectite from Miocene ignimbrites, Konya, Turkey. Neues Jahrbuch f.Mineralogie Abhandlungen, 177, 113-132.
- Karadenizli, L. 1999. Çankırı-Çorum Havzasındaki Orta Eosen- Erken Miyosen tortullarının sedimentolojisi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi (yayımlanmamış) 251s.
- Karadenizli, L. ve Kazancı, N., 2000, Çankırı-Çorum havzasındaki paleo-yükselti ve alt havzalar, Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik kongresi, MTA Ankara, 209-227.
- Karadenizli, L., Seyitoğlu, G., Saraç, G., Kazancı, N., Şen, Ş., Hakyemez, Y., ve Savaşçı, D., 2003. Çankırı-Çorum Havzası batı kenarının Erken-Orta Miyosen paleocografik evrimi. MTA dergisi, 126, 69-86.
- Karakaş, Z. and Kadir, S. 2000. Devitrification of volcanic glasses in Konya volcanic units. Turkish Journal of Earth Sciences.V.9, N.1, 39-46.
- Karakaş, Z., Boyraz, S. Ve Varol, B., 2007. Sivrihisar Kuzey Doğusundaki (Mülk-Demirci) Neojen Yaşlı Volkaniklerde Kil Mineralleşmesi. MTA Dergisi, 134, 1-16.
- Kavusan G. ve Özdemir T. 1994. Toklar-Resadiye bentonitlerinin teknolojik özellikleri. Geosound.Sayı:24. 53-65. Adana.
- Kavuşan G. ve Özdemir T. 1996. Toklar(Reşadiye-Tokat) bentonitlerinin Kökeni. KTÜ 30. Yıl Sempozyumu Bildirileri, 26-36.
- Keller, W.D. 1978. Classification of Kaolins Exemplified by their textures in scan electron micrographs, Clays Clay Miner., 26, 1-20.
- Kurhan, M.1969. Çankırı ili dahilindeki bentonit yatakları hakkında rapor, no. 4491
- La Iglesia, A. and Van Oosterwyck-Gastuche, M.C. 1978. Kaolinite synthesis I. Crystallization conditions at low temperature and calculation of thermodynamic equilibria. Application to laboratory and field observations, Clays and Clay Miner. 26, 397-408.

- Land, L. S., Mack, L. E., Milliken, K.L., and Lynch, F. L., 1997. Burial diagenesis of argillaceous sediment south Texas Gulf of Mexico sedimentary basin: A reexamination. *Bulletin Geological Society American*, 109, 2-15.
- Mackenzie, R.C. 1954. The differential thermal investigation of clays. Mineralogical Society, London 456 p.
- Mackenzie, R.C. 1957. The differantial Thermal Investigation of Clays, Min. Soc., Clay Min. Group, 140-164, London
- Millot, G. 1970. Geology of clays. Translated by W.R Farrand and H.Paquet. Springer Verlag, New York, Berlin, 429 p.
- Moore, D. and Reynolds, C. 1989. X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals, Oxford University Press, 332.
- Murray, H. H. 1988. Kaolin minerals, their genesis and occurrences: Bailey, S.W., eds., *Hydrous Phyllosilicates (Exclusive of Micas)*. *Reviews in Mineralogy* 19, Washington. Min. Soc. Am. DC. P 67-89.
- Newman, A. C. D. 1987. Chemistry of clays and clay minerals, John Wiley and Sons Inc., USA.
- Önal, Z., Işık, V. ve Seyitoğlu, G., 2006. Çankırı Havzası batısında bulunan Kayunbaba Fayının Koyunbaba-Hasayaz arasındaki karakteri hakkında mezoskopik ve mikroskopik gözlemler ve bunların tektonik modeller üzerine etkisi 49, 3,1-12
- Özalp, T., Türkmenoğlu, A.G. ve Akıman, O., 1991, Occurrence of analcim and bentonite in the Late Miocene Hançılı formation at Hançılı area (Kalecik-Ankara): V. Ulus. Kil Sempozy., 100-111, Eskişehir.
- Özkan, O.T. ve Erkalfa, H. 1977. Türkiye’de ticari bentonit killerin özellikleri ve kullanım alanlarının tesbiti. TÜBİTAK Proje No. 04 - 7652-138s.
- Özoğul, İ., 1976. Ankara ili-Kalecik İlçesi Hançılı köyü bentonit sahası detay etüd raporu, MTA Rapor no.5575
- Özoğul, İ. ve Kutluata, A., 1982. Ankara- Kalecik-Hançılı köyü bentonit sahası etüd ve pilot işletme çalışmaları, MTA Rapor no. 7144.
- Paterson, E. and Swaffield, R. 1987. Thermal analysis. Eds. M:J. Wilson, In: *A handbook of determinative methods in clay mineralogy*, Blackie, pp. 99 – 133.

- Righi, D. and Meunier, A. 1995. Origin of clays by rock weathering and soil formation: Velde, B., eds., Origin and mineralogy of clays. Clays and the environment. 43 – 161
- Savaşçı, D. ve Seyitoğlu, G., 2004. Çankırı havzasına ait Kumartaş ve Hançılı formasyonları içerisinde çökelme ile eş yaşlı tektonik yapıla. Türkiye Jeoloji Bülteni, 47,60-73.
- Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karakuş, K., Fodor, L., Araz, H. ve Karadenizli, L., 1997. Does continuous compressive tectonic regime exist during Late Palaeogene to Late Neogene in NW Central Anatolia, Turkey? Preliminary observations: Turkish Journal of Earth Sciences, 6, 77-83.
- Seyitoğlu, G., Karadenizli, L., Şen, Ş., Varol, B. ve Karabıyıköglü, T., 2000. Rockfall avalanche deposits associated with normal faulting in the NW of Çankırı basin: implication for the post-collisional tectonic evolution of the Neo- Tethyan suture zone: Terra Nova, v. 12, n. 6, 245-251.
- Smykatz-Kloss, W. 1974. Differential thermal analysis, Springer Verlag, Berlin, 185 p.
- Sözeri, K., 2006. Sözlü görüşme, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
- Stamatakis M.G. and Magganas A., 1988. Thermally induced silica transformation in Pliocene diatomaceous layers from Aegina Island Greece. In: Hein J. and Obradovic J. Eds: Siliceous deposits of Tethys and Pacific regions. New York Springer-Verlag, p. 141-150.
- Şen, Ş., Seyitoğlu, G., Karadenizli, L., Kazancı, N., Varol, B. and Araz, H. 1998. Mammalian biochronology of Neogene deposits and its correlation with the lithostratigraphy in the Çankırı-Çorun Basin, Central Anatolia, Turkey. Eclogae Geologicae Helvetiae, 91, 307-320.
- Şener, F., Kırıköglü, M. ve Şanver, S., 1994. Çankırı İli Şabanözü İlçesi Merkez/Çapar köyleri Civarındaki ÖİR:4912 No'lu bentonit sahasına ait maden jeolojisi raporu.
- Tekkaya İ., Atalay, Z., Gürbüz, M., Ünay, E. ve Ermumcu, M. 1975. Çankırı- Kalecik Bölgesi karasal Neojenin biyostratigrafisi araştırması, TJK Kurultayı Bülteni 18.1.77-80.

- Tucker, M.E. 1992. Sedimentary Petrology. Black-Well, Oxford, 260s.
- Türkiye Bentonit Envanteri, 1982. MTA yayınları , no.18.
- Türkmenoğlu, A.G., Aker,S., Göğüş, G. ve Turan, C., 1987. Ankara-Çankırı Bölgesi Bentonitlerinin mineralojisi, petrografisi ve oluşumu. III. Ulusal kil jeolojisi sempozyumu, 101-112.
- Türkmenoğlu, A.G. and Aker, S. 1990. Origin of sedimentary bentonite deposits of Çankırı basin, Turkey, Proceedings of the 5th Int. Clay conference, Srasburg , 88 63-72.
- Türkmenoğlu, A.G.,Akıman O., Aker, S.,Tankut, A.,1991. Orta Çankırı Yöresi Kil Yataklarının Jeolojisi ve Oluşumu. MTA Dergisi, 113,127-132
- Türkmenoğlu, A. G. Koçyiğit, A. ve Özalp, T. 1995. Kalecik-Hasayaz havzasındaki göl sedimanlarının jeolojisi ve kil mineralojisi, VII. Ulusal Kil Sempozyumu, Bildiriler, 55-63.
- Tüysüz, O. ve Dellaloğlu, A. A., 1994, Orta Anadolu'da Çankırı havzası ve çevresinin Erken Tersiyer'deki paleocografik evrimi, Türkiye 10. petrol kongresi, 56-76.
- Uz, B., Esenli, F. ve Özdamar, Ş., 2001. Fatsa(Ordu) güneyindeki Çaltumar ve Hoylu bentonit oluşumlarının kristobalit yapısındaki düzenlilik açısından karşılaştırılması. 10. Ulusal Kil Sempozyumu, 221-227.
- Varol, B., Araz, H., Karadenizli, L., Kazancı, N., Seyitoğlu, G. and Şen, Ş., 2002. Sedimentology of the Miocene evaporitic succesion in the north of Çankırı-Çorum basin, Central Anatolia, Turkey. Caerbonates and evaporites, 17,197-209.
- Yeniyol, M., 1987. Enez(Edirne) bentonitlerinin jeolojisi, mineralojisi ve oluşumu. III. Ulusal Kil Sempozyumu Bildirileri 123-137.
- Yıldız, A. ve Kuşcu, M. 2001. Başören(Kütahya) bentonit yataklarının mineralojisi ve tektonik özellikleri, 10. Ulusal Kil Sempozyumu 269-281.
- Yıldız, A. ve Kuşcu, M. 2003.Riyolitik ve riyodasit-dasitik bileşimli tüflerin bozuşmasıyla oluşan bentonitler; Akyokuş (Kütahya),Demirli (Eskişehir) ve Seklice-Sarıöküz (Eskişehir) yatakları. XI.Ulusal Kil Sempozyumu, 3-6 Eylül 2003, İzmir, Türkiye, 1-16.
- Yıldız, A. ve Kuşcu, M. 2004. Origin of the Basoren (Kutahya W Turkey) bentonite deposits. Clay Minerals 39, 219-231.

- Yıldız, A. ve Kuşcu, M. 2006. Başören (Kütahya) bentonit yataklarının jeokimyasal özellikleri. *Kibited Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi* 27-41.
- White, A. F., 1983. Surface chemistry and dissolution kinetics of glassy rocks at 25 °C. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 47, 805-815.
- Weaver, C.E. and Pollard, L.D. 1973. The chemistry of clay minerals. Elsevier, Amsterdam, *Developments in Sedimentology* 15, 213 pp.
- William, L. A., Parks, G. A. and Crerar, D.A, 1985. Silica diagenesis, I. Solubility controls. *J. Sediment Petrology*, 55, 301-311.
- Zielinski, R.A., 1982. The mobility of uranium and other elements during alteration of rhyolite ash to montmorillonite: A case study in the trouble some formation, Colorado, USA. *Chemical Geology*, 35, 185-204.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Asuman DİKMEN

Doğum Yeri :Ankara

Doğum Tarihi :17/11/1981

Medeni Hali :Evli

Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu (Yer ve Yıl)

Lise :Ankara Gazi Lisesi (1998)

Lisans :Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği
(2005)

Yüksek Lisans:Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği
Anabilim Dalı (Şubat 2005-Ocak 2009)

İş Bilgileri

Çalıştığı Yer : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden İşleri Genel
Müdürlüğü