

Kütahya Bölgesi Kaolen ve Diğer Kil Minerallerinin Dağılımı,
Mineralojisi, Jeokimyası ile Kökenlerinin İrdelenmesi

Hande Erman

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran, 2009

Her Hakkı Saklıdır

Distribution, Mineralogy, Geochemistry and Origin of Kütahya Kaolinite
and Other Clay Minerals

Hande Erman

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Geological Engineering

June, 2009

Kütahya Bölgesi Kaolen ve Diğer Kil Minerallerinin Dağılımı,
Mineralojisi, Jeokimyası ile Kökenlerinin İrdelenmesi

Hande Erman

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Mineraloji-Petrografi Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Selahattin Kadir

Haziran, 2009

ONAY

Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Hande ERMAN'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı ve 07.08.2009 tarihinde savunmasını yaptığı "KÜTAHYA BÖLGESİ KAOLEN VE DİĞER KİL MİNERALLERİNİN DAĞILIMI, MİNERALOGİSİ, JEOKİMYASI İLE KÖKENLERİNİN İRDELENMESİ" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Selahattin KADİR

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Selahattin KADİR

Üye : Prof. Dr. Halim MUTLU

Üye : Prof. Dr. Fazlı ÇOBAN

Üye : Yard. Doç. Dr. Zehra KARAKAŞ

Üye : Yard. Doç. Dr. Emel ABDİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Kütahya bölgesindeki kaolen yatakları, Miyosen volkanizmasına bağlı olarak riyodasit, dasit, andezit ve trakiandezitlerin hidrotermal alterasyonları sonucu oluşmuştur. Çalışma sahasındaki kaolen yatakları, ocağın üst kısımlarına doğru gittikçe azalıp kaybolan dik veya dike yakın silika ve demir oksit (pirit, götit ve rutil) damarları içerir. XRD verileri sonucunda, bölgede bulunan kaolen yataklarındaki mineralojik zonlanma içten dışa doğru: kaolinit + opal-CT + smektit + illit + feldispat; feldispat + kaolinit + kuvars + smektit + illit; kuvars + feldispat + volkanik cam seklindedir. Bu damarlar ve mineralojik dağılımlar, bölgedeki kaolen yataklarının gelişiminin hidrotermal alterasyona bağlı olduğunu göstermektedir. Petrografik olarak, volkanik kayalarda sanidin, kuvars, plajiyoklaz, biyotit, amfibol, hornblend ile opak mineraller belirlenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemelerinde feldispat minerallerinin bir çoğu aşırı derecede aşınmış olup, kaolinit, smektit ve illit gibi altere ürünler ile ilişkilidir. Hidrotermal çözeltilerin etkisi ile ana kayadaki feldispatların bozulması sonucu kaolenleşme meydana gelmiştir. Mineralojik determinasyon incelemelerinde, bölge genelinde baskın kil minerali, kaolinittir. XRD verilerine göre kaolinit 7.2 ve 3.58 Å'luk keskin ve şiddetli pikler vermektedir. Bununla birlikte, kaolinit örneklerine ait DTA-TG eğrilerinde, endotermik piklerin simetrik olması ve ekzotermik piklerin de keskin olması, kaolinitin iyi kristalli olduğunu göstermektedir. Jeokimyasal verilere dayanarak, kaolen ocağının merkezinden yanal yönde dışarıya doğru gidildikçe SiO₂ miktarı artmakta, buna karşılık Al₂O₃ ve Fe₂O₃ miktarları azalmaktadır. Bu sonuçlar, kaolen ve kil yataklarının hidrotermal alterasyonla oluştuğunu göstermektedir. Ayrıca belirgin bir negatif Eu anomalisi görülmesi, hidrotermal çözeltilerin feldispatları bozunmaya uğratması ile açıklanabilir.

Anahtar Kelimeler: Kaolinit, mineraloji, jeokimya, hidrotermal alterasyon, Kütahya.

SUMMARY

Kütahya kaolinite deposits formed by alteration of dacitic and andesitic tuffs related to the Miocene volcanism. The kaolinite deposit contains silica- and Fe-Ti-bearing phases (pyrite, goethite and rutile) in vertical and subvertical veins that diminish and then disappear upward. Mineralogical zonation outward from the main kaolinite deposit is as follows: kaolinite + opal-CT + smectite + illite + feldspar; feldspar + kaolinite + quartz + smectite + illite; quartz + feldspar + volcanic glass. These veins and mineral distributions demonstrate that hydrothermal alteration was the main process in the development of the kaolinite deposits of the region. Petrographically, sanidine, quartz, plagioclase phenocrysts, biotite, amphibole, hornblende and opaque minerals in volcanic rocks are determined. Scanning Electron Microscopy (SEM) results show that most of feldspar minerals are abraded so much, and related to altered minerals as kaolinite, smectite and illite. Kaolinization occurred by the alteration of feldspar minerals through hydrothermal fluids. Mineralogical determinations indicate that kaolinite is the dominant mineral. According to the XRD results, the very sharp, intense diagnostic basal reflections at 7.2 and 3.57 Å indicate well-ordered kaolinite. However, DTA-TG curves for the kaolinite samples show symmetrical endothermic and sharp exothermic peaks attributed to well-crystallized kaolinite. Based on the geochemical results lateral increase in SiO₂ and decrease in Al₂O₃ and Fe₂O₃ from the center of the kaolinite deposit. These results show that kaolinit deposits were formed by hydrothermal alteration. Also, the negative Eu anomaly suggests the alteration of feldspar through hydrothermal fluids.

Keywords: Kaolinite, mineralogy, geochemistry, hydrothermal alteration, Kütahya.

TEŞEKKÜR

Arazi ve büro çalışmalarım boyunca, gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmalarında, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Prof. Dr. Selahattin Kadir'e,

Yardımlarından dolayı Araş. Gör. Hülya Erkoyun'a,

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Mineraloji Araştırmalar Koordinatörlüğü'ne,

En önemlisi her türlü desteklerini benden esirgemeyen, her zaman yanımda olan sevgili aileme ve özellikle arazi çalışmaları sırasında beni yalnız bırakmayan babama teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışması, Osmangazi Üniversitesi Araştırma Fonu'nun **200715009 no'lu Araştırma Projesi** ile desteklenerek hazırlanmıştır. Fon yöneticilerine ve ilgili idari personele gösterdikleri kolaylık nedeni ile teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Yöntem.....	3
1.2 Önceki İncelemeler.....	4
2. BÖLGENİN STRATİGRAFİSİ	8
2.1 Bölgenin Jeolojik Evrimi.....	8
3. KİL YATAKLARI	13
3.1 Altıntaş Bölgesi.....	13
3.1.1 Yüylük Köyü Kaolen Yatağı.....	13
3.2 Hisarcık Bölgesi.....	18
3.2.1 Kurtdere Köyü Kaolen Yatağı.....	18
3.2.2 Ulaşlar Köyü Kaolen Yatağı.....	21
3.2.3 Saklar Köyü Kaolen Yatağı.....	23
3.3 Simav Bölgesi.....	23
3.3.1 Yağmurlar Köyü Kaolen Yatağı.....	26
3.4 Gediz Bölgesi.....	27
3.4.1 Akçaalan Köyü Kaolen Zuhuru.....	27
3.4.2 Sazak Köyü Kaolen Zuhuru.....	30

4. ANALİZ SONUÇLARI.....	34
4.1 Petrografik Determinasyonlar.....	34
4.1.1 Yüylük Köyü Kaolen Yatağı.....	34
4.1.2 Kurtdere Köyü Kaolen Yatağı.....	35
4.1.3 Ulaşlar Köyü Kaolen Yatağı.....	35
4.1.4 Saklar Köyü Kaolen Yatağı.....	36
4.1.5 Yağmurlar Köyü Kaolen Yatağı.....	37
4.1.6 Akçaalan Köyü Kaolen Zuhuru.....	38
4.1.7 Sazak Köyü Kaolen Zuhuru.....	40
4.2 X Işınları Difraktometresi (XRD) Determinasyonları	42
4.2.1 Yüylük Köyü Kaolen Yatağı.....	42
4.2.2 Kurtdere Köyü Kaolen Yatağı.....	43
4.2.3 Ulaşlar Köyü Kaolen Yatağı.....	45
4.2.4 Saklar Köyü Kaolen Yatağı.....	47
4.2.5 Yağmurlar Köyü Kaolen Yatağı.....	48
4.2.6 Akçaalan Köyü Kaolen Zuhuru.....	50
4.2.7 Sazak Köyü Kaolen Zuhuru.....	52
4.3 Taramalı Mikroskopu İncelemeleri (SEM).....	53
4.4 Diferansiyel Termal Analizi-Termal Gravimetri (DTA-TG) Analizi.....	56
4.5 IR Spektroskopisi (FTIR) Analizi.....	59
4.6 Tüm Kayaç Kimyasal Analizleri.....	64
4.7 Mineral Kimyası.....	82

5. TARTIŞMA	88
6. SONUÇLAR.....	91
7. KAYNAKLAR DİZİNİ.....	92

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Yer bulduru haritası.....	2
2.1. Çalışma alanı jeoloji haritası.....	11
2.2. Kütahya bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	12
3.1.1.1. Yüylük kaolen yatağının genel görünümü.....	14
3.1.1.2. Yüylük kaolen yatağında demir oksit damarları görünümü.....	14
3.1.1.3. Sıvamalar halinde silis malzemesi.....	15
3.1.1.4. Kaolen yatağında demir oksit damarlarının görünümü.....	16
3.1.1.5. Kaolen zonu içerisindeki demir oksit ve silis damarları.....	17
3.2.1.1. Kurtdere köyündeki volkanik birimlerin alterasyon dağılımını gösteren kesit.....	19
3.2.1.2. Kurtdere mevkiinde kaolenleşme ile silisleşme ve demir oksitleşme arasındaki ilişki.....	20
3.2.2.1. Ulaşlar mevkiinde kaolenleşmiş volkanik birimler.....	22
3.2.2.2. Ulaşlar köyü kaolen yatağında volkanik birimlerin alterasyon dağılımını gösteren kesit.....	22
3.2.3.1. Saklar köyü kaolen yatağındaki demir oksit damarları.....	24
3.2.3.2. Kaolen birimi içinde gelişen demir oksit damarları.....	25
3.4.1.1. Akçaalan Hacılar Korusu kaolen zuhurunun genel görünümü.....	28
3.4.1.2. Volkanik zonda görülen bazik karakterli volkanik sokulumlar.....	29
3.4.1.3. Akçaalan köyü Hacılar Korusu mevkiinde görülen silika zonu.....	30
3.4.2.1. Volkanik zonu temsil eden andezitler.....	31
3.4.2.2. Volkanik zonda görülen vesiküler doku.....	32
3.4.2.3. Kaolenleşmiş tüflerde demir oksit sıvamalarının görünümü.....	33
4.1.1.1. Yüylük köyü kaolen yatağındaki andezitlerin optik mikroskoptaki görüntüsü.....	35
4.1.2.1. Ulaşlar köyü kaolen yatağındaki riyodasit ve dasitlerin optik mikroskop görüntüsü.....	36
4.1.3.1. Saklar köyü kaolen yatağındaki riyodasit ve dasitlerin optik mikroskop görüntüsü.....	37

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1.4.1. Yağmurlar köyü kaolen yatağındaki tüflerin optik mikroskop görüntüsü	38
4.1.5.1. Akçalın köyü kaolen zuhurundaki trakiandezitik tüflere ait optik mikroskop görüntüsü.....	39
4.1.6.1. Sazak köyü kaolen zuhurundaki trakiandezitlere ait optik mikroskop görüntüsü.....	41
4.2.1.1. Yüylük köyü kaolen yatağına ait XRD tüm kayaç ve detay kil difraktogramları.	42
4.2.2.1. Kurtdere köyü kaolen yatağına ait XRD tüm kayaç ve detay kil difraktogramları	44
4.2.3.1. Ulaşlar köyü kaolen yatağına ait XRD tüm kayaç difraktogramı	46
4.2.4.1. Saklar köyü kaolen yatağına ait XRD tüm kayaç difraktogramı	47
4.2.5.1. Yağmurlar köyü kaolen yatağına ait XRD tüm kayaç ve detay kil difraktogramı	49
4.2.6.1. Akçaalan köyü kaolen zuhuruna ait XRD tüm kayaç difraktogramı	51
4.2.7.1. Sazak köyü kaolen zuhuruna ait XRD tüm kayaç difraktogramı.....	52
4.3.1. Altere örneklerin taramalı elektron mikroskoptaki (SEM) mikrofotografaları.....	54
4.4.1. Saf kaolen ve smektit örneklerinin DTA-TG spektrumu.....	58
4.5.1. Kütahya bölgesi kaolen ocaklarından alınan saf kil örneklerinin IR spektrumları.....	63
4.6.1. Kütahya bölgesi volkanitleri ve bunlarla ilişkili kil minerallerinin Winchester ve Floyd (1977) diyagramında Nb/Y-Zr/TiO ₂ hareketsiz elementler baz alınarak petrokimyasal adlandırılması.....	73
4.6.2. Toplam alkali içeriğinin SiO ₂ 'ye göre değişimi (Irvine ve Baragar, 1971)..	73
4.6.3. Çalışma alanındaki volkanitlerin ve kilce zengin örneklerin ikili değişim diyagramları	75
4.6.4. Çalışma alanındaki volkanitlerin ve kilce zengin örneklerin SiO ₂ 'ye karşı major oksit değişim diyagramları.....	76

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.6.5. Çalışma alanındaki volkanitlerin ve kilce zengin örneklerin SiO ₂ 'ye karşı iz element değişim diyagramları).....	78
4.6.6. İnceleme alanlarında bulunan kayaçlardaki nadir toprak elementlerin içeriklerinin kondritlere normalize edilmiş dağılımları (Boynton, 1984).....	80
4.6.7. İnceleme alanlarında bulunan kayaçlardaki iz elementlerin içeriklerinin ilksel mantoya göre normalize edilmiş diyagramları (Wood, 1979).....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1 Yüylük köyü kaolen yatağında mineralojik dağılım.....	43
2 Kurtdere köyü kaolen yatağında mineralojik dağılım.....	45
3 Ulaşlar köyü kaolen yatağında mineralojik dağılım.....	46
4 Saklar köyü kaolen yatağında mineralojik dağılım.....	48
5 Yağmurlar köyü kaolen yatağında mineralojik dağılım.....	50
6 Akçaalan köyü kaolen zuhurunda mineralojik dağılım.....	51
7 Sazak köyü kaolen zuhurunda mineralojik dağılım.....	53
8 Kütahya bölgesi Yüylük ve Ulaşlar köyü kaolen ocaklarına ait kil örneklerinin FTIR spektrumu analiz sonuçları.....	60
9 Kütahya bölgesi Ulaşlar köyü kaolen ocağına ait kil örneğinin FTIR spektrumu analiz sonucu.....	61
10 Çalışma alanından alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları.....	65
11 Saf kaolinit örneklerinin kimyasal analiz tablosu.....	83
12 Saf smektit örneklerinin kimyasal analiz tablosu.....	85

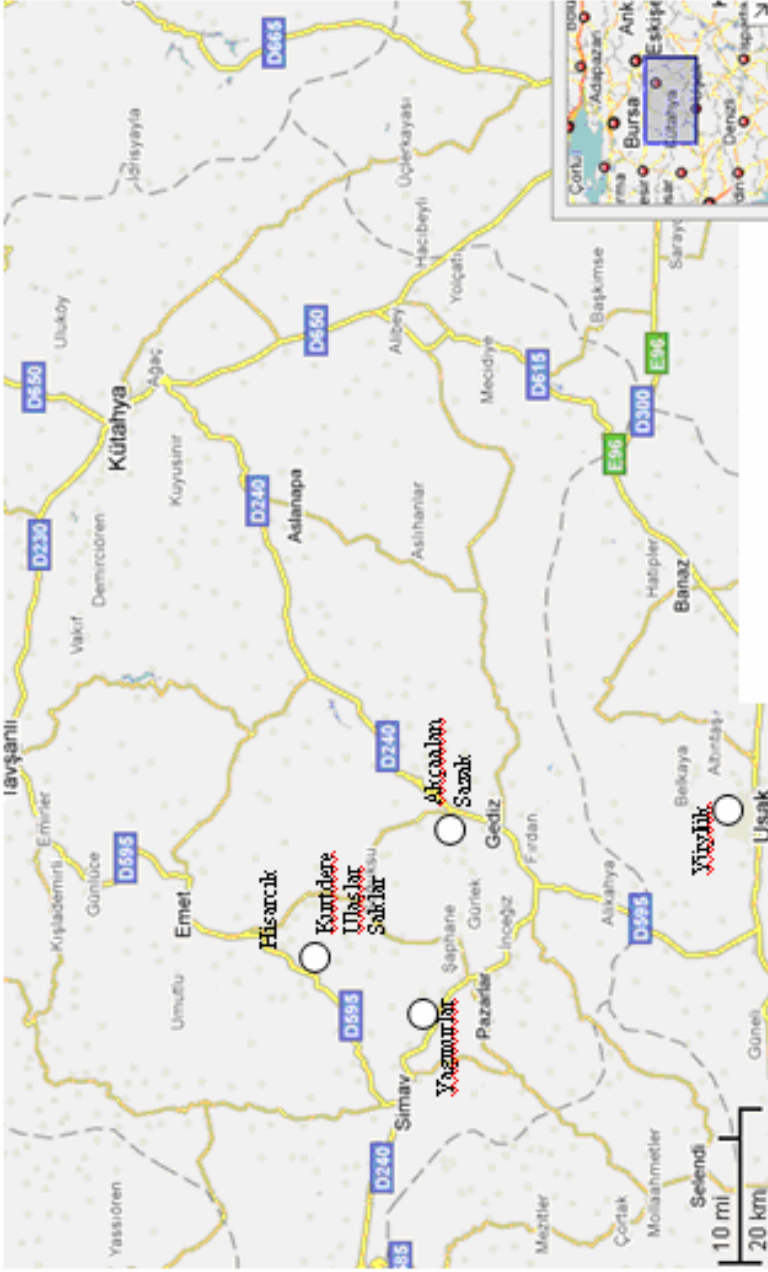
BÖLÜM 1

GİRİŞ

Çalışma alanı Kütahya ili, İzmir J21-b3-c2, J22-d1-d2-d3, K22-b1-b2 ve K23-b2 paftaları kapsamına dahil, doğuda Gediz, batıda Simav, kuzeyde Hisarcık ile güneyde Altıntaş ilçelerini içine alan bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanına dahil olan kaolen yataklarının bulunduğu köylere ulaşım, karayolu ile sağlanmaktadır.

Arazi son derece engebelidir. Bölgenin batısında Akdağ (2089 m), güneyinde Murat dağı (2309 m) ve Şaphane dağı (2120 m) ile kuzeyde Yellice dağı (1764 m) bulunmaktadır. Bölgenin önemli akarsuları Porsuk çayı, Emet çayı, Simav çayı ve Gediz ırmağıdır.

Bölge, İç Anadolu'nun karasal iklimi ile Ege ve Marmara'nın ılıman iklimi arasında geçiş özellikli bir iklime sahiptir. Doğu kesimlerde karasal iklim görülürken, batı kesimlerde daha yumuşak deniz iklimi etkisi egemendir. İklimle bağlantılı olarak da bölge geniş ormanlar ile kaplıdır.



Şekil 1.1. Yer bulduru haritası

1.1 Amaç ve Yöntem

Kütahya ili dahilinde, ekonomik olarak değer taşıyan hidrotermal kökenli kaolen ve kil yatakları, çeşitli kurum ve şirketlerin isteği doğrultusunda araştırılmış ve birçok araştırmacının da çalışmasına konu olmuştur. Bu çalışmada, Altıntaş ilçesi Yüylük köyü, Simav ilçesi Yağmurlar köyü, Hisarcık ilçesi Kurtdere, Ulaşlar ve Saklar köyleri ile Gediz ilçesi Akçaalan ve Sazak köyleri civarında bulunan kaolen ve kil yatakları ele alınmıştır. Yapılan çalışma kapsamında, bu sahalardaki birimlerin içerdikleri killerin jeolojisi, mineralojisi, jeokimyası ile kökenleri ve oluşumları incelenmiştir.

Öncelikle, yukarıda anılan 7 farklı sahanın arazi çalışmaları yapılmış olup, her bir sahaya ait killi birimlerden kayaç ve kil örnekleri toplanmıştır. Bununla birlikte sahalarda ayrı ayrı fotoğraflandırılarak skeç çalışmaları yapılmış ve ölçülü stratigrafik kesitler alınmıştır. Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesitinde Akdeniz ve Konak (1979b)'tan yararlanılarak, jeoloji haritasının çiziminde ise Konak (2007) tarafından yapılan jeoloji haritası revize edilerek hazırlanmıştır.

Çalışma konusu ile ilgili kapsamlı bir literatür taraması yapılarak, toplanan tüm makale ve raporlar irdelenmiştir. Bu literatür taraması ve yapılan arazi çalışmaları sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda çalışma sahalalarının jeolojisi, litolojisi ve jenezi açıklanmıştır.

Bu 7 ayrı sahadan ölçülü stratigrafik kesitler boyunca alınmış kayaç ve kil örneklerinin, petrografik açıdan irdelenmesi için ince kesitleri ve mineralojik açıdan irdelenmesi için X-ışınları difraktometre (XRD) analizleri MTA Genel Müdürlüğü'nde yapılmıştır. Ayrıca saflaştırılarak zenginleştirilen kil fraksiyonlarının Diferansiyel Termal Analiz-Termal Gravimetri (DTA-TG) analizleri yine MTA Genel Müdürlüğü'nde yapılmıştır. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizleri Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'nde, jeokimyasal analizler ise Acme Analytical Laboratories Ltd. 'de (Kanada) yapılmıştır.

Yapılan tüm bu analizler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek, söz konusu sahaların mineralojisi, petrografisi ve jeokimyası yazılmış olup, sonuçta çalışma bir bütün olarak yorumlanmıştır.

1.2 Önceki İncelemeler

Sümerbank'ın İzmit'teki kağıt fabrikasında dolgu maddesi olarak kullanılmak üzere, Kütahya civarındaki kaolen yataklarının petrografik ve kimyasal incelemeleri yapılmıştır (Romberg, 1937).

Kütahya – Gediz arasındaki sahanın jeolojisi incelenip, Paleozoyik, Mesozoyik, Neojen ve Kuvaterner formasyonları ayrı ayrı ele alınmıştır (Akkuş, 1962).

Gediz – Sazak – Akçaalan dolaylarında Kütahya Çiniciliği için gerekli hammaddeyi sağlamak amacıyla etüd yapılmıştır (Akıncı, 1967).

Kundukviran – Başköy – İncik dolaylarında ateş tuğlası toprağı ve bağlama kili olmaya müsait hammadde yatakları etüd edilmiştir (Bilgin, 1967).

Gediz ve Altıntaş ilçelerindeki kaolen oluşumu ve kil yataklanmaları araştırılmıştır, seramik hammaddesi yönünden ön incelemesi yapılmıştır. (Karaağaç vd., 1975).

Kütahya civarındaki kaolen ve kil zuhurlarının XRD-DTA ve kimyasal analizleri yapıp, ekonomik açıdan kaliteleri araştırılmıştır (Taşkın, 1975).

Eskişehir'deki Kılıçoğlu'na ateş tuğlası yapımında kullanılmak üzere Kütahya ilinin Altıntaş ilçesindeki kaolen zuhurlarının kimyasal ve teknolojik analizleri yapılmıştır (Türk, 1976).

Emet-Simav dolaylarındaki kaolen zuhurlarının detay jeolojisi yapılarak seramik hammaddesi olanakları tesbit edilmiştir (Okut vd., 1978).

Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerindeki birimlerin stratigrafik ilişkileri, litolojileri, ortamsal yorumları ve yaş ilişkileri ortaya konmuştur (Akdeniz ve Konak, 1979a).

Menderes masifinin Simav dolayındaki kayabirimleri ayırt edilmiş, petrografik olarak incelenmiş, metabazik ve metaultramafik kayaların konumları ortaya konmuştur (Akdeniz ve Konak, 1979b).

Simav çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanizmanın bölgesel yorumlanması için volkanitlerin petrografik ve jeokimyasal tanımlaması yapılmıştır (Ercan vd., 1981/1982).

Simav-Emet-Tavşanlı yörelerinin hidrotermal alterasyon zonları XRD ve jeokimyasal analiz yöntemleriyle incelenmiştir. Çalışma bölgesinde klorit-illit, montmorillonit, kalk alüminyum silikat ve silisifiye zonlar saptanmıştır (Şener ve Gevrek, 1986).

Tavşanlı – Domaniç volkanitlerinin özel sikleri ve Batı Anadolu Senozoyik volkanizmasındaki önemini açıklamak amacıyla volkanitlerin petrografik ve kimyasal analizleri yapılarak, çizilen diyagramlar yorumlanmıştır. Böylece gerek çalışma alanında ve gerekse Batı Anadolu'daki graben havzalarına bağlı genç volkanitlerin kökensel yorumlamaları yapılmaya çalışılmıştır (Baş, 1987).

Kütahya – Bolkardağ kuşağının Geç Paleozoyik Evrimi incelenmiştir. Kütahya'dan Bolkardağı doğusuna kadar uzanan kesimde yer alan kayaların, gerek istiflenme, gerekse metamorfizmaları açısından çevredeki ana jeolojik birimlerden farklı özellikler sunduğu açıklanmıştır. (Özcan vd., 1988).

Delta çökeltme ortamında oluşmuş smektitlerin, tabaka arası katyon değişimleri ile deltanın zaman ve mekan içindeki hareketi ile ilişkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır (Doğan ve Doğan, 1999).

Tavşanlı ve Seyitömer bölgelerindeki, Neojen yaşlı kömür havzalarındaki killerin, endüstriyel sınıflandırılması ve kullanım alanlarının belirlenmesi amacıyla, kömür ocaklarındaki killerden örnekler alınarak petrografik ve kimyasal analizleri ile XRD, SEM ve DTA – TG analizleri yapılmıştır (Türkmenoğlu vd., 1999).

Başören – Çayırılık Tepe perlitinin bentonite alterasyonu sırasında ana, eser ve nadir toprak elementlerinin hareketliliği araştırılmıştır (Çoban, 2001).

Kütahya – Çayca yöresindeki tüflerin kimyasal analizi, X ışını kırınımı (XRD) ile mineralojik analizleri ve DTA ile faz analizleri yapılarak, seramik endüstrisindeki kullanım olanakları açıklanmıştır (Işık vd., 2001).

Smektitlerin bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla XRD, FTIR ve kimyasal analizleri yapılmıştır (Sarıkaya ve Kuşçu, 2001).

Kütahya – Başören bentonit yataklarının mineralojik incelemesi, kimyasal analizi ve teknolojik testleri yapılarak, bölgedeki bentonitlerin Ca-bentonit olduğu, başlıca montmorillonitten meydana geldiği, montmorillonitin dışında illitin bentonitler içerisinde bulunan diğer bir kil minerali olduğu saptanmıştır (Yıldız ve Kuşçu, 2001).

Kütahya – Simav güneyindeki metamorfik kayaçların petrografik ve yapısal özellikleri incelenmiş ve bu kayaçlar yapısal olarak gruplanıp, ayrı ayrı irdelenmiştir (Temiz ve Işık, 2002).

İç Batı Anadolu'da yer alan Kütahya grabeni ve çevresinin jeolojisi ve grabenin Ege gerilmeli sistemindeki yeri araştırılmıştır (Gürer vd., 2005).

Hisarcık kaolen yatakları (Kızılcukur, Ulaşlar ve Kurtdere) gerilme tektoniği ile ilişkili olan Miyosen volkanizması ürünü dasit ve dasitik tüflerin hidrotermal alterasyona bağlı olarak oluştuğu açıklanmıştır. XRD, DTA-TG ve SEM çalışmaları sonucunda, kaolinite montmorillonitin eşlik ettiği söylenebilir (Sayın, 2007).

Hisarcık (Emet-Kütahya) güneyinin Neojen stratigrafisi ortaya konarak birimlerin yanal ve düşey yayılımı belirlenip, bölgenin jeolojik evrimi ortaya konmuştur (Üstün ve Yetiş, 2007).

BÖLÜM 2

BÖLGENİN STRATİGRAFİSİ

2.1 Bölgenin Jeolojik Evrimi

Kütahya'nın genel istifinde, temelde Prekambriyen yaşlı gnays ve migmatitlerden oluşan Kalkan Formasyonu yer almaktadır. Üstüne kuvarsit, kuvars-muskovit şist, kuvars-muskovit-biyotit şist, biyotit şist, granat şist gibi metamorfik kayalardan oluşan Simav metamorfikleri gelmektedir (Şekil 2.1 ve 2.2). Stratigrafik ilişkilerine dayanarak yaşı Alt-Orta Paleozoyik olarak belirlenmiştir (Akdeniz ve Konak, 1979b). Bu birim içerisinde metamorfik kayalarla ilişkili metabazik ve metaultrabazik kayalar yer almaktadır. Şistlerin ara seviyelerinde kristalize kireçtaşlarına rastlanılmaktadır. Düşey geçişle Simav metamorfikleri üstüne Balıkbaşı Formasyonu gelmektedir. Bu formasyon, bantlı görünümlü mermer metamorfiklerle aynı yaşıdır. Üstüne Üst Paleozoyik-Alt Triyas yaşlı Sarıcasu Formasyonu gelmektedir. Sarıcasu Formasyonu, yeşilşist fasiyesinin kuvars-albit-muskovit-klorit alt fasiyesi ve kısmen kuvars-albit-epidot-biyotit alt fasiyesi mineral parajenezlerini bulduran kayalardan oluşur. İçerisinde değişik seviyelerde kristalize kireçtaşları bulunmaktadır. Altta Sarıcasu formasyonu ile geçişli kristalize kireçtaşı birimi olan Arıkaya Formasyonu için şüpheli Permian yaş verilmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979b).

Tabanı bir diskordans yüzeyi olan Kırkbudak Formasyonu konglomera, grovak, siltaşı, kiltası, killi kireçtaşı merceklerinden oluşmaktadır. Değişik yaş ilişkilerinden Orta Triyas-Üst Jura yaş verilmektedir. Kırkbudak detritikleriyle yanal ve düşey geçişli kireçtaşı birimi Budağan Kireçtaşı olarak adlandırılmış ve Üst Triyas-Maestrihtiyen yaş verilmektedir. Üstünde ve altında tektonik dokanakla sınırlandırılmış, şeyl, kumtaşı, grovak ve çeşitli büyüklüklerdeki kireçtaşı bloklarından oluşan İmranlar Formasyonu için değişik fosillerden Maestrihtiyen-Turoniyen yaş verilmektedir. Sedimenter, metamorfik, bazik ve ultrabazik kayalardan oluşan Dağardı Melanjı için Geç Maestrihtiyen sonu-Erken Eosen başı arası bir yaş verilmektedir.

Paleosen yaşlı Eğrigöz granitinin üzerine konglomera-kumtaşı seviyesi ile Alt-Orta Miyosen yaşlı Taşbaşı Formasyonu gelmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979a). Kumtaşı, marn, kil, killi kireçtaşı ar dalanmasından oluşan Kızılbük Formasyonu için Orta-Üst Miyosen yaşı verilmiştir (Akdeniz ve Konak, 1979a). Kızılbük Formasyonu ile yanal ve düşey geçişli tuf ve aglomeralardan oluşan Civanadağ Tüfleri riyodasitik, dasitik ve andezitik tuf karakterindedir. Yaş olarak Kızılbük Formasyonu ile aynı yaş verilmiştir. Bazalt, andezit, riyolit, riyodasit ve dasitlerden oluşan Akdağ Volkanikleri Orta Miyosen-Miyosen sonu olarak değerlendirilmiştir. Üstüne kil, marn, piroklastik ve kireçtaşı ar dalanmasından oluşan Hisarcık Formasyonu için Pliyosen yaşı verilmiştir (Akdeniz ve Konak, 1979a). Gölsel kireçtaşı ve ince marn seviyelerinden oluşan Emet Formasyonunun yaşı Orta-Üst Pliyosen olarak verilmiştir (Akdeniz ve Konak, 1979a).

Kaba detritiklerden oluşmuş, konglomera Toklargölü Formasyonu olarak tanımlanmış ve Üst Pliyosen'den genç olduğu ifade edilmektedir. Kaba detritikler üzerine gelen bazaltik lav akıntısı Naşa Bazaltı olarak adlandırılmış ve Kuvaterner yaşında olduğunu belirtilmiştir (Borsi vd., 1972).

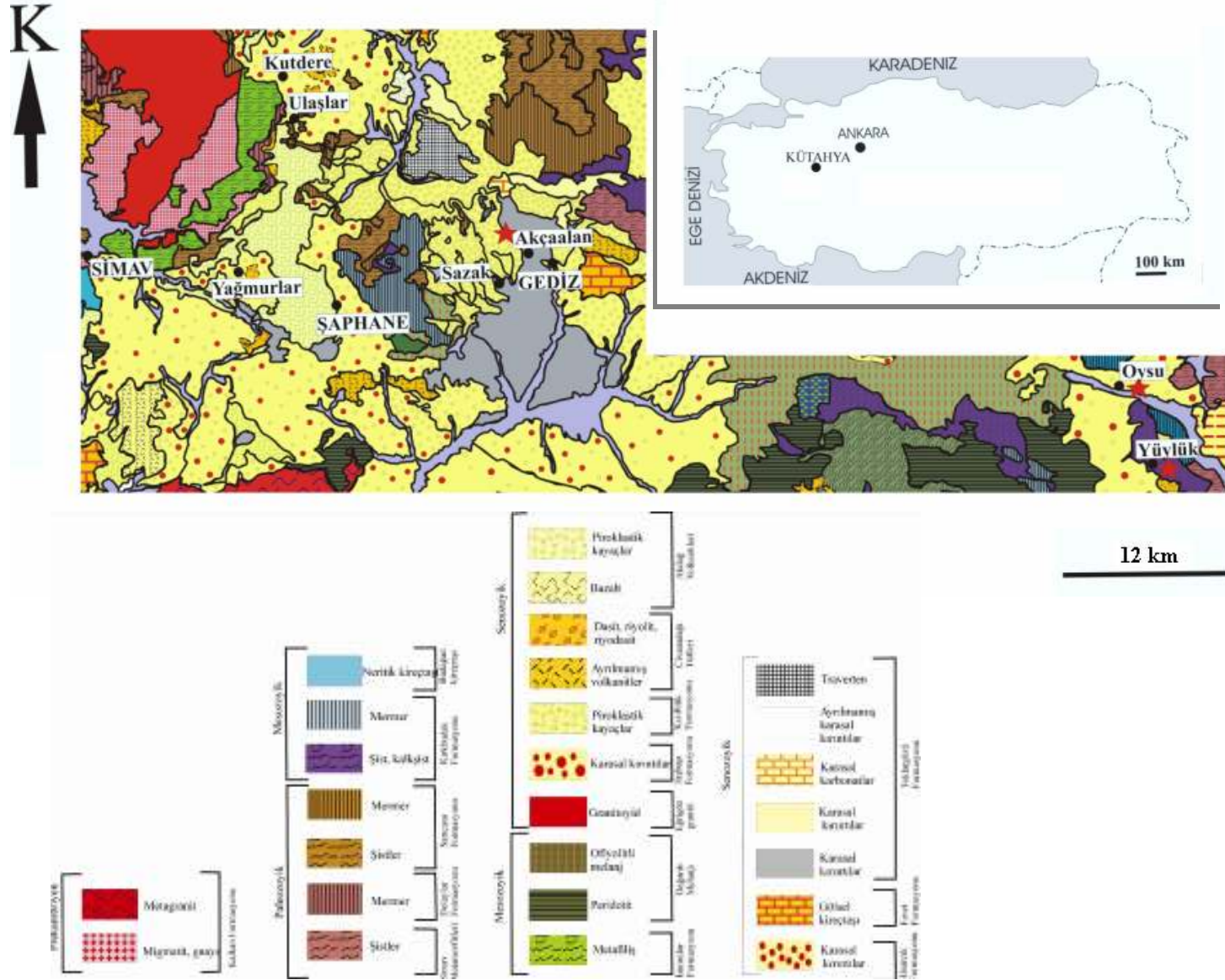
En üstte alüvyon, taraça ve travertenler yer almaktadır. Kalkalkalin ve alkalin Miyosen volkanizmanın ürünleri ofiyolitik melanji örtmektedir.

Bölgede kaolenleşme dasit ve dasitik tüflerin alterasyonundan ileri gelmektedir. Konglomera, kıltaşı, killi kireçtaşı, kumtaşı, çakıltaşı ve ince tabakalı tuf ve tüfitlerden oluşan Alt Miyosen volkanikleri Neojen gölsel sedimanları tarafından üzerlenmektedir. Orta Miyosen'de riyodasitik lavlar, tüfler ve kısmen altere vitrik tüfler uyumsuz olarak Neojen gölsel sedimanları üzerinde yer almaktadır. Orta Miyosen'in ince tabakalı bazaltik lavları alandaki en genç volkaniklerdir (Sayın, 2007).

Bölgedeki volkanik aktivitenin yaşı, Okut vd. (1978) tarafından paleontolojik ve stratigrafik gözlemlere dayanarak Pliyosen'in sonu olarak tespit edilmiştir. Volkaniklerdeki K-Ar çalışmaları bölgedeki kaolen gelişimiyle ilgili volkanik aktivitenin Erken Miyosen'de başladığını ve Orta Miyosen'de devam ettiğini

göstermiştir (Ercan vd., 1981/1982; Seyitoğlu vd., 1997; Yılmaz vd., 2001). En erken lav akışları riyolit, dasit ve trakitleri oluşturmuştur. Sonraki lav akışları trakiandezit ve andezit ve en son akışlar andezitik bazalt ve piroklastik kayaları oluşturmuştur (Helvacı, 1984; Seyitoğlu vd., 1997).

Kütahya'daki killerin mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve kökensele yönden detaylı incelenmesi için bölge, Altıntaş (Yüylük köyü), Gediz (Akçaalan ve Sazak köyleri), Hisarcık (Kurtdere, Ulaşlar ve Saklar köyleri) ve Simav (Yağmurlar köyü) olmak üzere sahalara ayrılmış ve bunlar ayrı ayrı ele alınmıştır.



Şekil 2.1. Çalışma alanı jeoloji haritası (Konak, 2002'den yararlanılarak çizilmiştir).

ÖST SİSTEM	SİSTEM		FORMASYON	ÜYE	KALINLIK	SÜTUN KESİTİ	LİTOLOJİ
	KUYA-TIRNIR	SERİ					
		KAT					
SENZOZOYİK	TERSIYER	PLYOSEN	NAK BAZALI	40-80		ALÜVYON	
			KONLAGÖZÜ FORMASYONU	50-150		BAZALI	
			EMET FORMASYONU	100-300		TUTTURULMAMIŞ KABA DETRİTİKLER	
		MIYOSEN	İBRANCI FORMASYONU	60-80		GÖLSEL KİREÇTAŞI	
			AKDAĞ VOLKANİTLERİ			MARN-KUM ÇAKIL	
			ÖST	800-1000		RİYOLİT-RİYODASİT-DASİT-ANDEZİT	
	PALEOSEN	ORTA	CIVANADAĞI TÜPLERİ			AGLOMERA	
			KIZILBÖK FORMASYONU	300-600		TÜP	
			TAŞBAŞI FORMASYONU	50-250		TÜP	
		ALT	EĞRİGÖZ GRANİTİ	50-250		KUMTAŞI	
						KONGLOMERA	
						GRANİT	
MESOZOYİK	JURA	ÜST	DAĞARDI MELANJİ	200-750		MELANJ	
			İBRANLAR	300-100		KUMTAŞI-ŞEYL-KİREÇTAŞI	
		DOĞERİMALM	ALT	BUDAĞAN KİREÇTAŞI	300-600		KİREÇTAŞI
	KİREBUDAK FORM.			50-200		SİTTAŞI-KİREÇTAŞI	
	ARIKAYA FORM.			80-100		KONGLOMERA-KUMTAŞI,SİTTAŞI-KİREÇTAŞI	
	PALEOZOYİK	TRİAS	SARICASU FORMASYONU		600-1200		ALGİLİ KİREÇTAŞI
						KONGLOMERA	
						KİREÇTAŞI	
						KİREÇTAŞI	
		BALİBAŞI FORMASYONU	90-80		MERMER		
		SİMAV METAMORFİTLERİ	500-800		MERMER		
					MİTADÜNİT-METASEPADÜNİT-MİTAGABRO-AMFİBOLİT		
					KUVARŞİT,KUVARŞ-MUSKOVİT ŞİST,KUVRŞ-MUSKOVİT-BİYOTİT ŞİST, BİYOTİT ŞİST,GRANAT ŞİST		
					KUVARŞ-MUSKOVİT ŞİST		

Şekil 2.2. Kütahya bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Akdeniz ve Konak, 1979b).

BÖLÜM 3

KİL YATAKLARI

3.1 Altıntaş Bölgesi

3.1.1 Yüylük Köyü Kaolen Yatağı

Yüylük köyü ile Kızıldağ arasındaki dasitik ve andezitik tüfler genellikle kaolenleşmişlerdir. Balotluğu kaolen sahası olarak adlandırılan ve kaolen ocağının bulunduğu alan, güneye doğru Neşelitepe, Namazlar Tepe zuhurları ile bir devamlılık gösterir (Türk, 1976).

Kaolen ocağının bulunduğu yer Çamlık Tepe “Üçtaş Mevkii” olarak anılır. Çamlık Tepe’deki ocak bir süre işletilmiş ancak daha sonra erozyon sonucunda kapanmıştır.

Yapılan arazi gözlemlerine göre açılan orman yolu ile son zamanlarda yeni kaolen mostraları ortaya çıkarılmıştır.

Yüylük Köyü civarında en eski kayaç birliği, güneydeki Meşelik Tepe mevkiinde Paleozoyik metamorfik şistler ve Kızıldağ ile Oysu köyünün kuzeyinde Karabel mevkiindeki rekrystalize kireçtaşı teşkil etmektedir. Bu fasiyes Neojen Göl Fasiyesi olarak adlandırılmıştır (Taşkın, 1975). Bu fasiyes üzerine dasit, andezit ve trakiandezitler ile tüflerden oluşan volkanik kayalar gelmektedir. Bu volkanik kayalar gri-beyazımsı renkte olup, çok az miktarda demir oksit sıvımalı, silisleşmiş, içerisindeki feldspatlar yer yer kaolenleşmiştir (Şekil 3.1.1.1).

Ocağın alt seviyeleri silisleşmiş, demir oksitleşmiş sokulumlar ile başlar. Üste doğru gidildikçe bu sokulumlara, yaklaşık 3-5 ile 20-30 cm kalınlıkta, dike yakın, demirce zengin, şarabi renkli-kırmızı, yer yer kavuniçi renkli demiroksitli malzemeler

damarlar şeklinde enjekte edilmiştir (Şekil 3.1.1.2). Bu damarlar arasında, paralel olarak beyaz kaolenleşmiş tüfler görülmektedir. Üste doğru demir oksitli damarlar birkaç mm' ye kadar incelir. Mostranın en üst seviyelerinde ise altere tüfler bulunmakta ve damarlar ya kılcal halde görünmekte ya da hiç görünmemektedir.



Şekil 3.1.1.1. Yüyük kaolen yatağının genel görünümü.



Şekil 3.1.1.2. Yüyük kaolen yatağında demir oksit damarları görünümü.

Çalışma sahasından alınan numuneler incelenmiş ve bölge 3 farklı zona ayrılmıştır. Bunlar; kaolen zonu, demir oksit zonu ve silika zonedur.

Silika Zonu: Kaolen ocağında az mostra vermiş olsa da ocağın bulunduğu Çamlık Tepe' de büyük bloklar halinde üst seviyelerde bulunur.

Koyu kahverengi, şarabi renkte sıvamalar halindedir. Sıvamalar halindeki bu silisifiye malzeme sert, opalimsi, kırıldığında sivri köşelidir (Şekil 3.1.1.3).



Şekil 3.1.1.3. Sıvamalar halinde silis malzemesi.

Ayrıca bu malzeme içerisinde yer yer az miktarda demir oksitlenme görülmektedir.

Demir Oksit Zonu: Bu zon çalışma alanında, kaolen zonu içinde mostra vermektedir.

Yaklaşık 10 m yüksekliğe sahip ve yanal yönde 9 m olan bu demir oksit zonu, yer yer kılcal halde silis damarları içermektedir (Şekil 3.1.1.4).

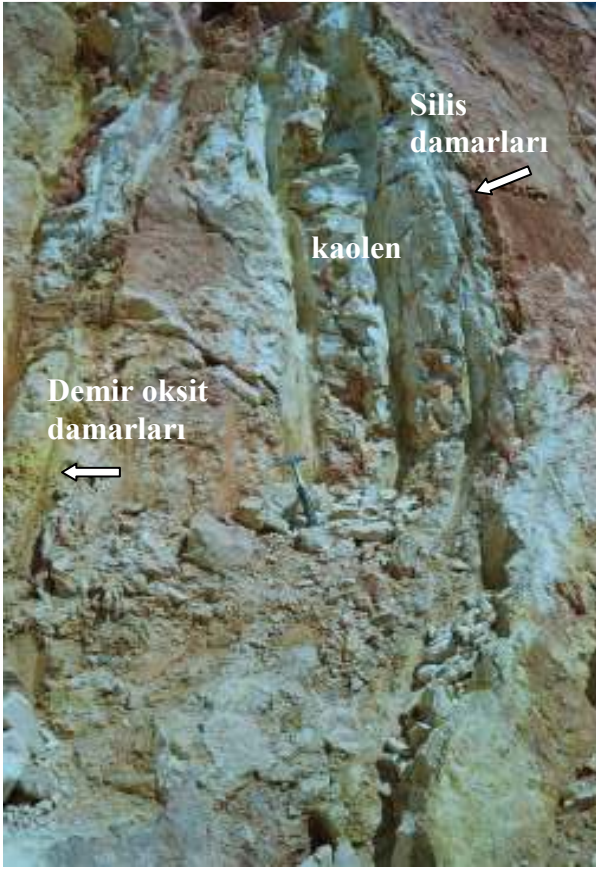


Şekil 3.1.1.4. Yüylük köyü kaolen yatağında demir oksit damarlarının görünümü.

20-30 cm kalınlığındaki dike yakın olan demir oksit damarları, yukarı doğru gittikçe incelerek birkaç mm olmaktadır.

Kaolen Zonu: Geniş bir alanda mostra veren kaolen zonu, silika zonunun altında bulunmaktadır. Bu zon, beyazımsı, yer yer sarımsı renkte, açık gri- beyaz kaolenleşmiş tuf ve kaolenlerden oluşmaktadır.

Alt seviyelerdeki kaolenleşmiş tuf, birkaç mm'den birkaç cm'ye kadar olan sarımsı, kırmızımsı, şarabi renkli demir oksit ve silis damarları içerir (Şekil 3.1.1.5). Üst seviyelerde ise kırılma yüzeyleri demir oksit sıvımalı olan kaolen bulunmaktadır.



Şekil 3.1.1.5. Yüzlük kaolen zonu içerisindeki demir oksit ve silis damarları

3.2 Hisarcık Bölgesi

Çalışma alanındaki temeli teşkil eden en eski kayalar, metamorfik kayalardan olan klorit ve mikaşistlerdir. Mikaşistler, daha önce yapılan çalışmalarda detaylı bir ayrıma tabi tutulmayarak Metamorfitler diye isimlendirilmiş ve genel olarak incelenmiştir (Okut vd., 1978). Bu metamorfitler Ulaşlar Köyü kaolen yatağı çevresinde az miktarda gözlenmektedirler.

Bu metamorfik temel, Paleosen yaşlı Eğrigöl graniti tarafından kesilmektedir. Temel üzerine Orta Miyosen yaşlı riyodasidik, andezitik lavlar ve tüfleri gelmektedir. Bunları Neojen sedimanları olan konglomera, kumtaşı, kıltaşı, killi kumtaşı ve ince tabakalı tüfler örtmektedir.

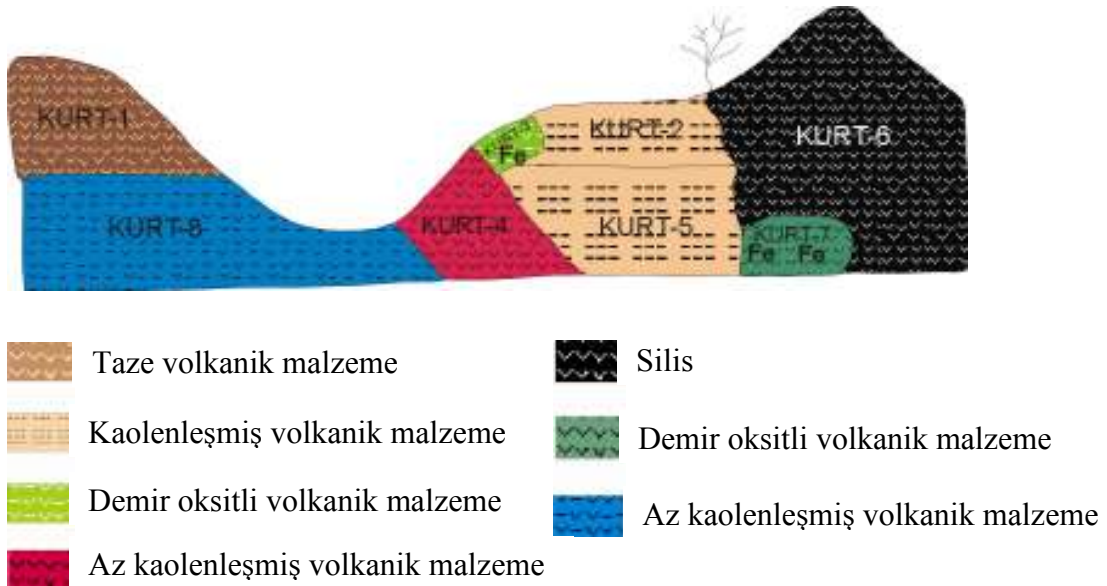
Çalışma alanındaki kaolen gelişimi, volkanik aktivite ile Erken Miyosen'de başlamış, Orta Miyosenin sonuna kadar devam etmiştir. Bu bölgedeki kaolenler, dasit-riyodasit tüflerin alterasyona uğrayarak belirli yerlerde depolanması sonucunda oluşmuştur (Okut vd., 1978).

3.2.1 Kurtdere Köyü Kaolen Yatağı

Çalışma sahasından alınan numuneler incelenerek bölge 4 farklı zona ayrılmıştır. Bunlar; volkanik zon, kaolen zonu, demir oksit zonu ve silika zonudur.

Volkanik Zon: İnceleme alanında görülen volkanik zonu oluşturan kayalar dasit, riyodasit, trakiandezit ve tüfleridir.

Kurtdere Köyü civarında bulunan volkanik kayalar, koyu gri-siyahımsı, kahverengimsi renkte, oldukça sert, kırılınca keskin köşelidir. Tüfler sarımsı, açık kahverengi renkte, sert, tabakalı, levhamsı, çok az bozuşmuş haldedir. Bu kayalar içerisinde yer yer demir oksitlenme görülmektedir (Şekil 3.2.1.1).



Şekil 3.2.1.1. Kurtdere köyündeki volkanik birimlerin alterasyonun dağılımını gösteren kesit.

Ayrıca bu volkanik malzemeler, kaolinit birimi ile dokanak göstermektedir.

Kaolen Zonu: Çalışma alanında gözlemlenen bu zonu, kaolenleşmiş tuf ve kaolenler oluşturur. Kaolenler genelde beyaz, beyaza yakın bej ve sarımsı beyaz renkte olup, orta sert- yumuşaktır.

Kurtdere köyünde bulunan kaolen zonu, volkanik zon ve silika zonu ile dokanak göstermektedir (Şekil 3.2.1.2). Bölgedeki kaolenler beyaz renkte olup, yumuşak – orta sert yapıdadır.



Şekil 3.2.1.2. Kurtdere mevkiinde kaolenleşme ile silisleşme ve demir oksitleşme arasındaki ilişki.

Kaolen zonunda bulunan kayaçların kırılma şekli az çok levhamsı ve elipsoidaldir. Yer yer ağsal sarımsı-kahverengi damarlar ile doldurulmuştur.

Demir Oksit Zonu: Bu zon, kaolen zonu ve silika zonu ile yan dokanaktır ve az miktarda mostra vermektedir. İçerisinde, stokwork yapıları görülmektedir.

Damarlar şeklinde görülen ve 5 – 30 cm kalınlığı arasında değişen demir oksit zonu, üst seviyelere doğru çıktıkça azalarak kaybolmaktadır. Bu damarlar, kestiği malzemeyi breşleştirerek, breşik bir yapıya sahip olmasına neden olmuştur.

Silika Zonu: Genellikle çalışma bölgesinin yüksek kotlarında görülen bu zonu, silisleşmiş, riyo-dasit, dasit ve tüfleri oluşturmaktadır.

Kurtdere Köyü civarında bulunan ve kalınlığı yaklaşık 1 m olan silika zonu, beyaz renkte, sert, yaklaşık 5 – 10 mm kalınlığında ikincil kalsit dolguları tarafından kesilmiştir. Bu zon, kaolen yatağı ile volkanik zonun arasında gelişmiştir. Kaolenli birimler içerisinde de yer yer 5 – 10 cm kalınlığında silis damarları gözlenmiştir.

3.2.2 Ulaşlar Köyü Kaolen Yatağı

Çalışma sahasından alınan numuneler incelenerek bölge 4 farklı zona ayrılmıştır. Bunlar; volkanik zon, kaolen zonu, demir oksit zonu ve silika zonudur.

Volkanik Zon: İnceleme alanında görülen volkanik zonu oluşturan kayaçlar, dasit, riyodasit ve tüfleridir.

Bunlar, koyu gri – siyahımsı renkte, oldukça sert ve masif yapılıdır. İçerisindeki feldispatlar gözle görülmekte ve kısmen alteredir. Bu da volkanik zonu oluşturan kayaçların, kaolenleşmenin ana kayacı olduğunu göstermektedir.

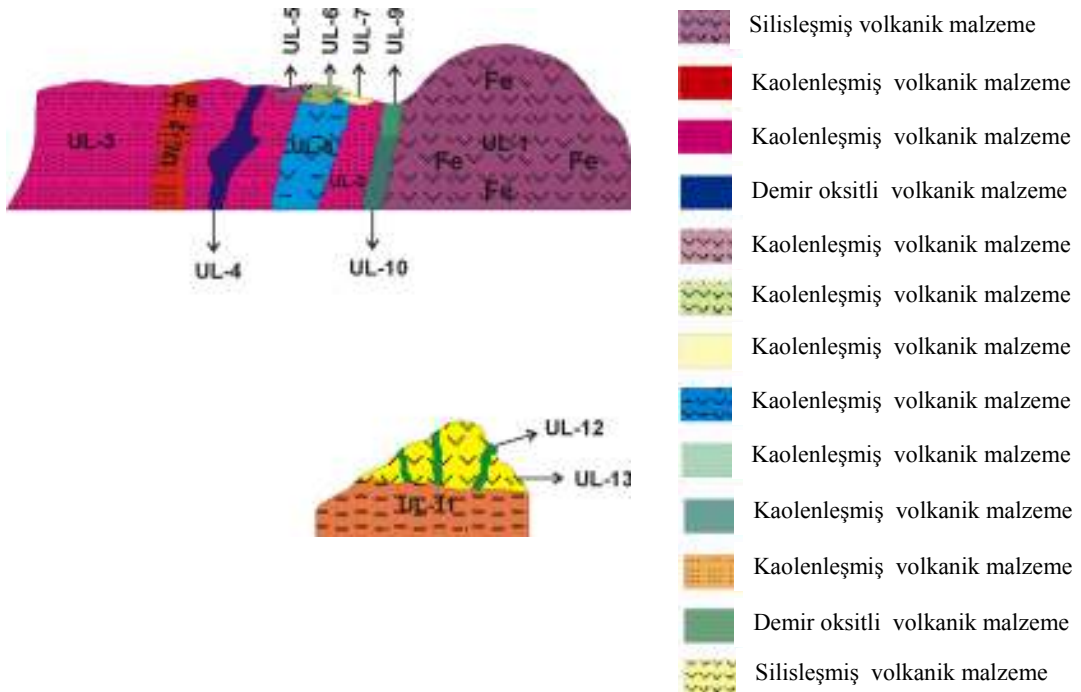
Tüflerin bir kısmı silisleşmiş, oldukça sert ve yer yer erime boşlukludur. Diğer kısmı ise, ince taneli, tabakalı ve tabaka kalınlıkları birkaç cm'den 15 cm'ye kadar ulaşabilmektedir.

Kaolen Zonu: Çalışma alanında gözlemlenen bu zonu, kaolenleşmiş tüf ve kaolenler oluşturur.

Ulaşlar Köyünde bulunan kaolenler, kirli beyaz – beyaz, sarımsı, morumsu ve yeşilimsi renkte, yumuşak – orta sert ve elle rahatlıkla kırılabilir (Şekil 3.2.2.1). İçerisinde eser miktarda demir oksit sıvamaları mevcuttur. Kaolenin üst kesimlerinde dikine ve verevine gelişen ince demir oksit dolgulu hidrotermal gelişlerin varlığı gözlenmiştir (Şekil 3.2.2.2).



Şekil 3.2.2.1. Ulaşlar mevkiinde kaolenleşmiş volkanik birimler.



Şekil 3.2.2.2 Ulaşlar köyü kaolen yatağında volkanik birimlerin alterasyon dağılımını gösteren kesit.

Demir Oksit Zonu: Bu zon Ulaşlar Köyünde bulunan kaolen zonu ve silika zonu ile yan dokanaklıdır ve az miktarda mostra vermektedir. Demir oksit damarları, ağsal olarak yerleşmiştir.

Damarlar şeklinde görülen ve yaklaşık 30 cm kalınlığında olan demir oksit zonu, üst seviyelere doğru çıktıkça azalarak kaybolmaktadır. Bu damarlar, kestiği malzemeyi breşleştirerek, breşik bir yapıya sahip olmasına neden olmuştur.

Silika Zonu: Genellikle çalışma bölgesinin yüksek kotlarında görülen bu zonu, silisleşmiş, riyodasit, dasit ve tüfleri oluşturmaktadır. Bu zon, demiroksit zonu ile dokanak vererek kaolen zuhurlarını kesmektedir.

3.2.3 Saklar Köyü Kaolen Yatağı

Çalışma alanından alınan numuneler incelenerek bölge 4 farklı zona ayrılmıştır. Bunlar; volkanik zon, kaolen zonu, demir oksit zonu ve silika zonudur.

Volkanik Zon: İnceleme alanında görülen volkanik zonu oluşturan kayaçlar, dasit, riyodasit ve tüfleridir.

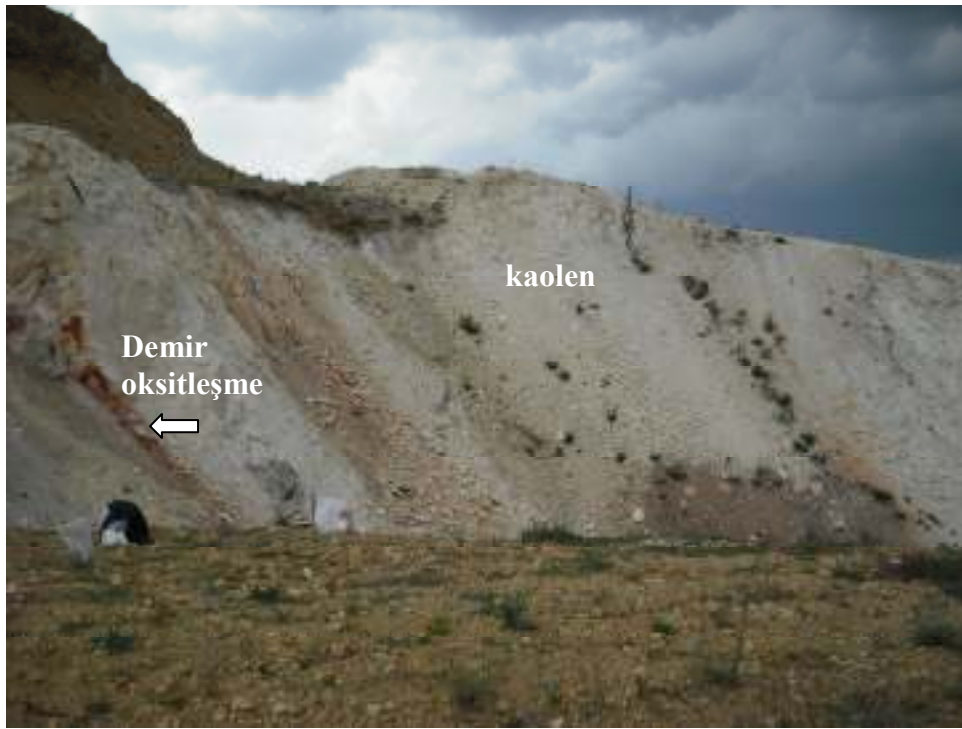
Bu volkanik kayaçlar, diğer iki bölgedeki kayaçlar ile aynı olup, genellikle tepelik kesimlerde ve patika yolların yanında mostra vermektedir. Bunlar, koyu gri-siyahımsı, kahverengimsi renkte olup, bloklar şeklinde, masif ve oldukça serttir.

Bu volkanik kayaçalarda silisleşme gözlenmiş olup, kırılma yüzeyleri keskindir ve içlerinde yer yer demir oksit sıvamaları görülmektedir.

Kaolen Zonu: Çalışma alanında gözlemlenen bu zonu, kaolenleşmiş tuf ve kaolenler oluşturur.

Kaolen zuhurlarının bir kısmı Neojen göl çökellerinin içerisinde merccek şeklinde, bir kısmı da bazı alanlardaki topografik boşlukları doldurmuş şekilde yer almaktadır (Okut vd., 1978).

Saklar Köyünde bulunan kaolenler, beyaz, sarımsı renkte olup, çok yumuşaktır. Yer yer kaolenler içerisinde gelişmiş olan, hidrotermal alterasyon nedeni ile doldurulmuş, kırmızımsı – kahverengi, yer yer yeşilimtrak renkli demir oksit damarları gözlenmekte, bu damarlar üst seviyelere doğru incelerek kaybolmaktadır (Şekil 3.2.3.1).



Şekil 3.2.3.1. Saklar köyü kaolen yatağındaki demir oksit damarları.

Kırılma şekli az çok levhamsı ve elipsoidal şekillidir. Yer yer stokwork tipi sarımsı–kahverengi damarlar ile doldurulmuştur.

Demir Oksit Zonu: Saklar Köyü civarında görülen bu zon, yaklaşık 1 m kalınlığında, keskin bir dokanak vermektedir. Mostra incelendiğinde, düşey yönde kalınlığın arttığı düşünülmektedir (Şekil 3.2.3.2).



Şekil 3.2.3.2. Kaolen birimi içinde gelişen demir oksit damarları.

Silika Zonu: Genellikle çalışma bölgesinin yüksek kotlarında görülen bu zonu, silisleşmiş, riyodasit, dasit ve tüfleri oluşturmaktadır.

Saklar Köyü civarındaki bu silika zonu, bloğumsu şekilde ve masif olup, daha çok tepelik kesimlerde mostra vermektedir. Hidrotermal silisleşme, yukarı doğru oldukça etkilidir. Yani, eriyik halindeki silisin yukarı doğru hareket ederek, üstteki kayaları silisifiye etmesi sonucunda kaolen yatağının üst kesimlerinde silika zonları oluşmuştur (Okut vd., 1978).

3.3 Simav Bölgesi

3.3.1 Yağmurlar Köyü Kaolen Yatağı

Çalışılan bölgede, Okut vd. (1978) tarafından Simav Metamorfizmaları olarak adlandırılan mikaşist, kuvars – albit şist, kumtaşı, mermer ile, dasit ve dasitik tüf, camsı tüf, kaolen, traverten, konglomera, marn ara katkılı tutturulmamış detritik birimleri ve alüvyon görülür.

Stratigrafik olarak temeli Paleozoik yaşlı mikaşistler oluşturur. Bu temelin üzerine diskordans olarak mermer gelmektedir. Bu birimin üzerine ise, Neojen yaşlı volkanitler gelir. Bu volkanitler genellikle dasit bileşimindedir.

Dasitik volkanizmaya bağlı olarak arazide dasitik tüfler de meydana gelmiştir. Kaolen oluşumu muhtemelen bu dasitik tüfler ile ilgilidir (Okut vd., 1978). Bu tüf aşınarak temeldeki boşlukları doldurmuş ve sonradan kırıklar boyunca gelen sıcak suların ve uygun pH ortamının etkisinde kalarak kaolenleşmiştir.

3.4 Gediz Bölgesi

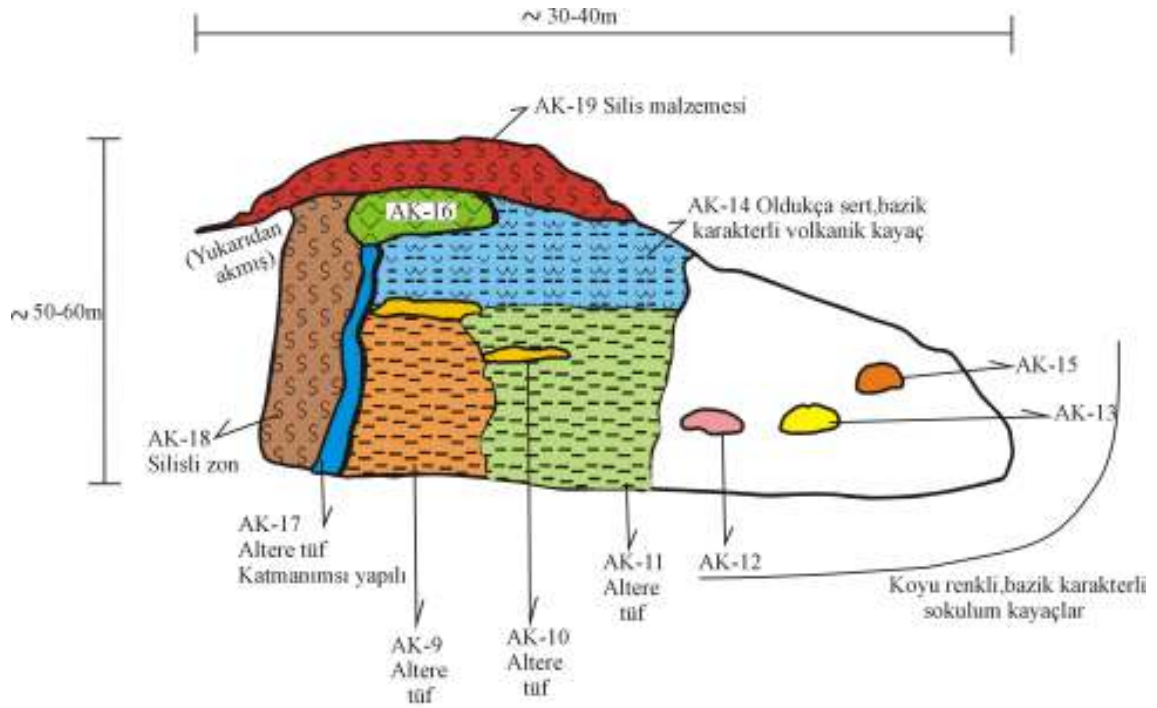
Arapşah – Yumrutaş Köyleri civarından başlayarak, kuzeydoğuda Akçaalan ve Sazak Köyü yakınlarına kadar geniş bir sahada biyotitli andezitler görülür. Bunların kuzey-kuzeybatısındaki tepelik kesimlerde riyolitler, güneye-güneydoğusunda Neojen detritik göl fasiyesi ile volkanik kayalar arasında da tüfler mevcuttur.

Neojene ait detritik göl fasiyesi ile, andezit, riyodasit ve tüflerden oluşan volkanik kayaların dokanağında veya dokanağa yakın yerlerde kaolenleşme meydana gelmiştir. Kaolenleşmenin bugünkü kantağından daha içerilere, Neojen detritik göl fasiyesi – volkanitler kantağına muhtemelen bağılı olması tahmin edildiğinden, daha içerilerde de rastlanabileceği mümkün görülmektedir.

3.4.1 Akçaalan Köyü Kaolen Yatağı

Akçaalan Köyü Hacılar Korusu mevkiinde ve doğusunda marnlı kalkerler mostra vermiştir. Grimsi - bej renkte olup, ince tabakalı ve şist görünümündedir. Bazı kısımlarda beyazımsı renkte, poroziteli ve masif görünüşlü detritik göl kireçtaşları olup, yer yer yumrular şeklinde sıralanmıştır (Şekil 3.4.1.1).

Bu seviyenin üstünde yeşilimsi – beyaz renkte az miktarda karbonat ihtiva eden kil bandı gözlenir. Bunların üst kısmındaki ince – orta taneli kumtaşı, kumlu kil ve yer yer mostra vermiş volkanik kayalar blokları detritik seriyi meydana getirir.



Şekil 3.4.1.1. Akcaalan Hacilar Korusu kaolen zuhurunun genel görünümü.

Bu seri Akcaalan Köyü Kavaklar Mevkiinde de gözlenmektedir.

Hacilar Korusu ve Kavaklar mevkiinden alınan numuneler incelenmiş ve bölge 3 farklı zona ayrılmıştır. Bunlar; volkanik zon, kaolen zonu ve silika zonedir.

Volkanik Zon: Akcaalan Köyü Kavaklar Mevkiindeki bordo – yeşilimsi renkli tüfleri, volkanik malzeme kesmiştir (Şekil 3.4.1.2). Sütunsu yapılar gösteren, koyu renkli muhtemelen bazik karakterli bu volkanik malzeme dike yakın vaziyette tuf birimlerini kesmiştir.



Şekil 3.4.1.2. Volkanik zonda görülen bazik karakterli volkanik sokulumlar.

Bu sokulumlar ince taneli, masif, oldukça sert, kırılınca keskin köşeli, kıymık halinde olup, yer yer kırılma yüzeylerinde parlak, açık yeşil renkli bir malzeme halinde görülmektedir.

Kaolen Zonu: Kaolenler grimsi beyaz – bej renkte, orta sert ve levhamsıdır. Yüzeyleri demir oksitçe sıvanmıştır.

Bu zonda bulunan kayalar andezit, riyalit ve tüflerin hidrotermal alterasyon sonucu yer yer kaolenleşmesi ile oluşmuştur.

Silika Zonu: Çalışma alanının üst kesimlerinde gözlenen bu zonu, silisleşmiş riyalodasit, dasit, trakiandezit, andezit ve tüfleri oluşturur. Özellikle tepe kesimlerde daha fazla olan silisleşmiş bu kayalar, masif silisten meydana gelmiş büyük bloklar şeklindedir.

Koyu gri renkli, kırılma yüzeyleri genellikle sivridir. Bu kayalar içinde yer yer katmanlar halinde tabakalanmaya (akıntıya) paralel birkaç cm kalınlığında beyaz silis ile gri silislerin ardalanması görülür.

Bu birim altere olan andezitik tüflerin üstünde, bir silis şapkası halinde oturmaktadır (Şekil 3.4.1.3). Muhtemelen hidrotermal alterasyonun yan ürünü olarak ifade edilebilir.



Şekil 3.4.1.3. Akçaalan köyü Hacılar Korusu mevkiinde görülen silika zonu.

3.4.2 Sazak Köyü Kaolen Yatağı

Sazak Köyü kaolen yatağı, Akçaalan Köyü civarındaki Hacılar Korusu Mevkii ve Kavaklar Mevkiinde görülen volkanik kayaç serisinin güneybatı doğrultusunda devamı niteliğinde olup, aynı litolojik yapıya sahip kaolenleşmeyi temsil eder.

Sadece Akçaalan Köyü Kavaklar Mevkiindeki kaolen zonunun üzerindeki killi-kumlu detritik malzemedan ibaret serinin diğerlerinden daha kalın olduğu tahmin edilir (Taşkın, 1975).

Çalışma alanından alınan numuneler incelenmiş ve bölge 3 farklı zona ayrılmıştır. Bunlar; volkanik zon, kaolen zonu ve silika zonudur.

Volkanik Zon: İnceleme alanında görülen volkanik zonu oluşturan kayalar riyodasit, dasit, trakiandezit, andezit ve tüfleridir.

Andezit, riyodasit ve tüfleri Sazak ve Akçaalan köylerinden geçen hattın kuzey tarafında geniş alanlar kaplar.

Sazak köyünde kuzeybatıya doğru gidildiğinde, andezitler görülür (Şekil 3.4.2.1). Bunlar açık kahverengi – bej renkte, yeşilimsi benekli ve oldukça serttir. İçerisinde kuvars, mika ve feldispat taneleri gözlenmiştir.



Şekil 3.4.2.1. Volkanik zonu temsil eden andezitler.

Andezitler akma dokusuna sahiptir. Yer yer demir oksitlenme görülür. Az altere tüfler içerisinde yer yer pirit gözlenmiştir. Bunlar beyazımsı – bej renkte olup, orta sert ve dağılımandır. İçinde özşekilli pirit veya kalkopirit kristalleri saptanmıştır.

Tüflerin üst yüzeyinde yer yer demir oksitleşme de görülmektedir.

Andezitik tüflerde kristal bileşenler genellikle bozuşma göstermektedir. Andezitik karakter gözle görülmektedir. Kayaç vesiküler doku gösterir (Şekil 3.4.2.2). Alterasyondan ötürü kayaç yeşilimsi-kahverengimsi renk göstermektedir.



Şekil 3.4.2.2. Volkanik zonda görülen vesiküler doku.

Kaolen Zonu: Sazak ve Akçaalan köylerinde görülen kaolen zonunu, kaolenleşmiş tüfler ve kaolenler oluşturur (Şekil 3.4.2.3).



Şekil 3.4.2.3. Kaolenleşmiş tüflerde demir oksit sıvamalarının görünümü.

Kaolenler, grimsi beyaz – bej renkte, orta sert ve levhamsıdır. Yüzeyleri demir oksitçe sıvanmıştır.

Silika Zonu: Çalışma alanının üst kesimlerinde gözlenen bu zonu, silisleşmiş andezit, ve tüfleri oluşturur. Özellikle tepe kesimlerde daha fazla olan silisleşmiş bu kayalar, masif silisten meydana gelmiş büyük bloklar şeklindedir.

Koyu gri renkli, kırılma yüzeyleri genellikle sivridir. Bu kayalar içinde yer yer katmanlar halinde tabakalanmaya (akıntıya) paralel birkaç cm kalınlığında beyaz silis ile gri silislerin ardalanması mostra vermektedir.

Bu birim altere olan andezitik tüflerin üstünde, bir silis şapkası halinde oturmaktadır.

BÖLÜM 4

ANALİZ SONUÇLARI

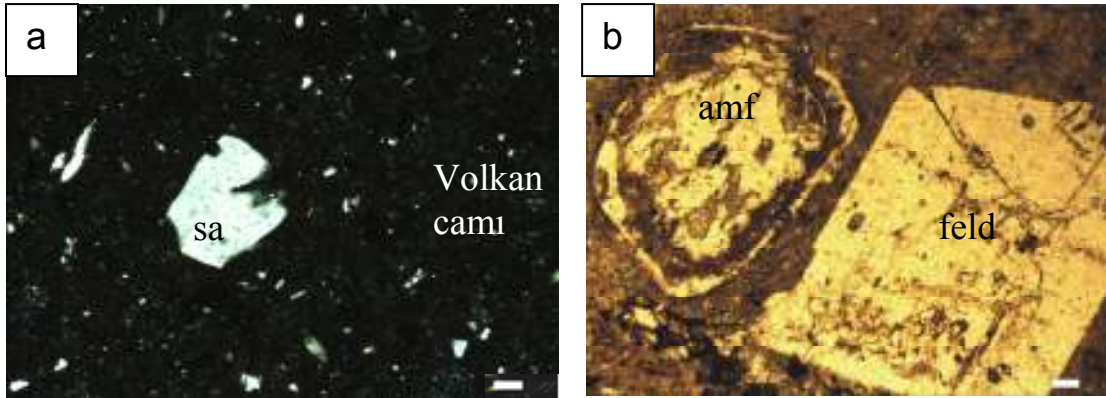
4.1 Petrografik Determinasyonlar

4.1.1 Yüylük Köyü Kaolen Yatağı

Yüylük köyü kaolen yatağındaki trakiandezit ve tüflerde, kuvars, sanidin ve amfibol mineralleri belirlenmiştir. Bu mineraller killeşmiş, demir oksitleşmiştir. Opaklaşma, egemen ve spotlar halinde düzensizdir. Hamur içerisinde, belli hatlar boyunca demir oksitleşme gözlenmiştir. Bu hatlar boyunca yer alan elek dokulu kristaller, demir oksiti absorbe etmiş ve tek nikolde süngerimsi, siyahımtrak, üzerinde beyaz lekeler bulunan sarımsı alterasyonlar gözlenmektedir (Şekil 4.1.1.1a).

Altere tüflerde, sanidin, amfibol, kuvars, kayaç parçaları ve opak mineraller gözlenmektedir (Şekil 4.1.1.1b). Sanidin mineralleri yer yer serisitleşme göstermektedir. Kuvars mineralleri, aşırı parçalanmış ve demir oksit ağı içine hapsedilmiştir. Bu demir oksitleşmiş ağsal sokulumlar, açık kahverengi-sarımsı renkte olup, içinde yer yer kırmızımtrak–kahverengi yığılımlar ihtiva etmektedir.

Yapılan cevher mikroskopisi incelemesinde ise, bu minerallere az miktarda pirit, limonit (götit) ve eser oranda rutil mineralleri eşlik eder. Pirit minerali submikroskopik boyutta olup, yer yer saçınımlı olarak gözlenmektedir.



Şekil 4.1.1.1. Yüzlük köyü kaolen yatağındaki trakiandezitlerin optik mikroskoptaki görüntüsü. Sa: sanidin, feld: feldispat, amf: amfibol, Çizgisel Ölçek: 0.1 mm.

- a) Volkan camı içerisinde kaolenleşmiş feldispatlar. (Çift Nikol),
 b) Altere tüflerde feldispat ve amfibol (Tek Nikol).

4.1.2 Kurtdere Köyü Kaolen Yatağı

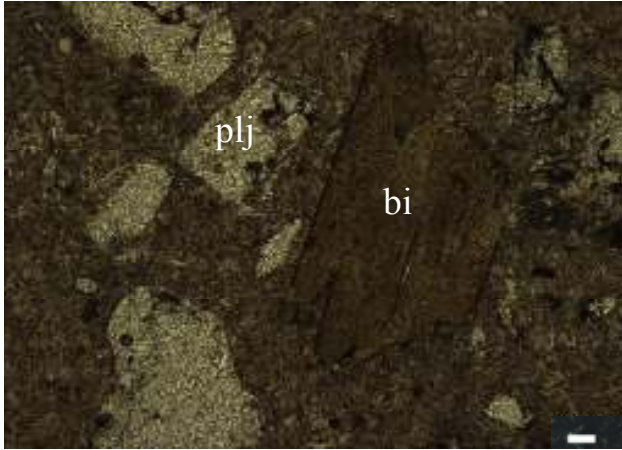
Kurtdere köyü kaolen yatağından alınan tüf içerisinde kuvars, biyotit ve muskovit mineralleri gözlenmektedir. Yer yer hamur içerisinde demir oksitleşme ve opaklaşma mevcuttur. Ayrıca bolca cam kıymığı vardır.

Altere tüflerde ise, kuvars ve biyotit mineralleri gözlenmektedir. Kırık, çatlaklar ve tanelerin arasındaki zayıf zonlar boyunca gelişen limonitleşme görülmekte ve siyahımsı, kalın birikimler gözükmemektedir. Bu enjeksiyon, yer yer ağsal kristal tanelerinin çevresinden içe doğru gelişmektedir. Bağlayıcı, karbonat çimentoludur.

4.1.3 Ulaşlar Köyü Kaolen Yatağı

Ulaşlar köyü kaolen yatağında, taze kayaç olarak riyodasit ve dasit bulunur. Bu kayaçlar içerisinde biyotit, kuvars, sanidin, plajiyoklaz, hornblend ve opak mineraller bulunmaktadır. Biyotit ve hornblend kristalleri, kenarlarından kemirilmiş ve demir oksitleşmiştir. Kuvars mineralinin boyutları çok küçük olarak görülmektedir. Sanidin minerallerinde killeşme gözlenmemekte olup, kenarları az miktarda kemirilmiştir ve

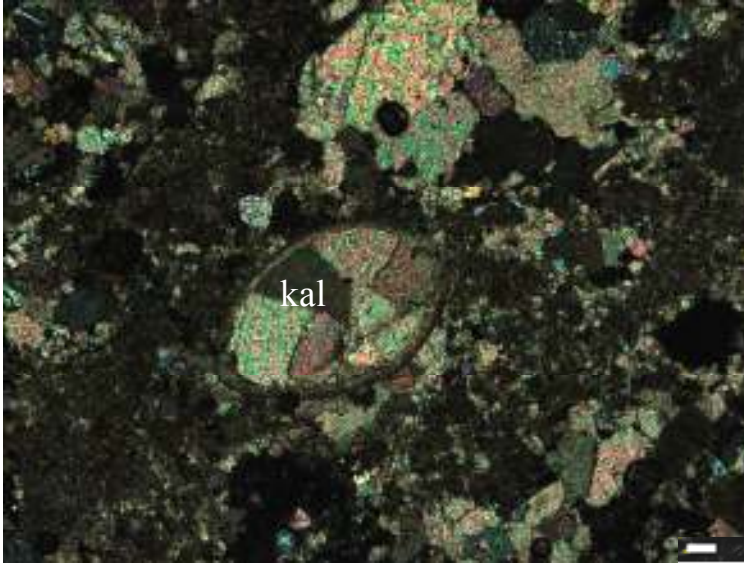
yarı öz şekillidir. Öz ve yarı özşekilli plajiyoklazlar kaolenleşmiştir. Bazı biyotit minerallerinde opasitleşme gözlenmektedir (Şekil 4.1.3.1). Hamur, karbonat çimentoludur.



Şekil 4.1.3.1. Ulaşlar köyü kaolen yatağındaki riyodasit ve dasitlerin optik mikroskop görüntüsü. Kaolenleşmiş plajiyoklaz ile kısmen demir oksitleşmiş biyotit. plj: plajiyoklaz, bi: biyotit. Tek Nikol. Çizgisel Ölçek: 0.1 mm.

4.1.4 Saklar Köyü Kaolen Yatağı

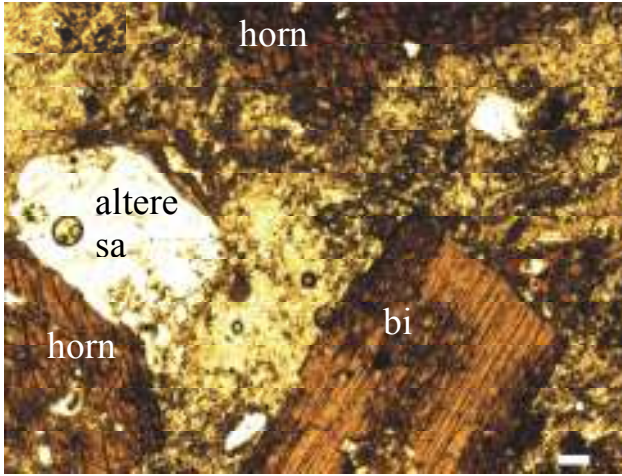
Saklar köyü kaolen yatağında taze kayaç olarak alınan tüfler karbonat çimentoludur. Özşekilsiz kuvars taneleri bulunmaktadır. Hamurda, killeşme gözlenmektedir. Amigdaolidal doku içerisinde kalsit mineralleri mevcuttur (Şekil 4.1.4.1).



Sekil 4.1.4.1. Saklar köyü kaolen yatağındaki riyodasit ve dasitlerin optik mikroskop görüntüsü. kal: kalsit. Çift Nikol. Çizgisel Ölçek: 0.1 mm.

4.1.5 Yağmurlar Köyü Kaolen Yatağı

Yağmurlar köyü kaolen yatağından alınan taze kayaç örneklerinden vitrik tüflerde kuvars, biyotit, opak mineraller ve killeşmiş sanidin mineralleri gözlenmektedir. Biyotit minerallerinde, kenarlarından içe doğru opaklaşma görülmektedir. Ayrıca kloritleşme de gözlenmekte olup, bir kısım biyotit mineralleri, aşırı derecede demir oksitleşmiş ve oldukça kemirilmiş durumdadır. Hamurda, kuvarslar bulunmaktadır. Tek nikolde feldispatlar bembeyaz görülmekte ve yer yer alterasyonlar üzerine, ince taneli, düzensiz şekilli demir oksit serpilmeleri gözlenmektedir (Şekil 4.1.5.1). Ayrıca çok az miktarda fenokristal de ihtiva etmektedir. Hamur içerisindeki gaz boşlukları, yer yer çubuksu, yarı yuvarlak, şekilsiz, siyahımsı – kahverengi demir oksit ile doldurulmuştur. Vesiküler doku göstermektedir.



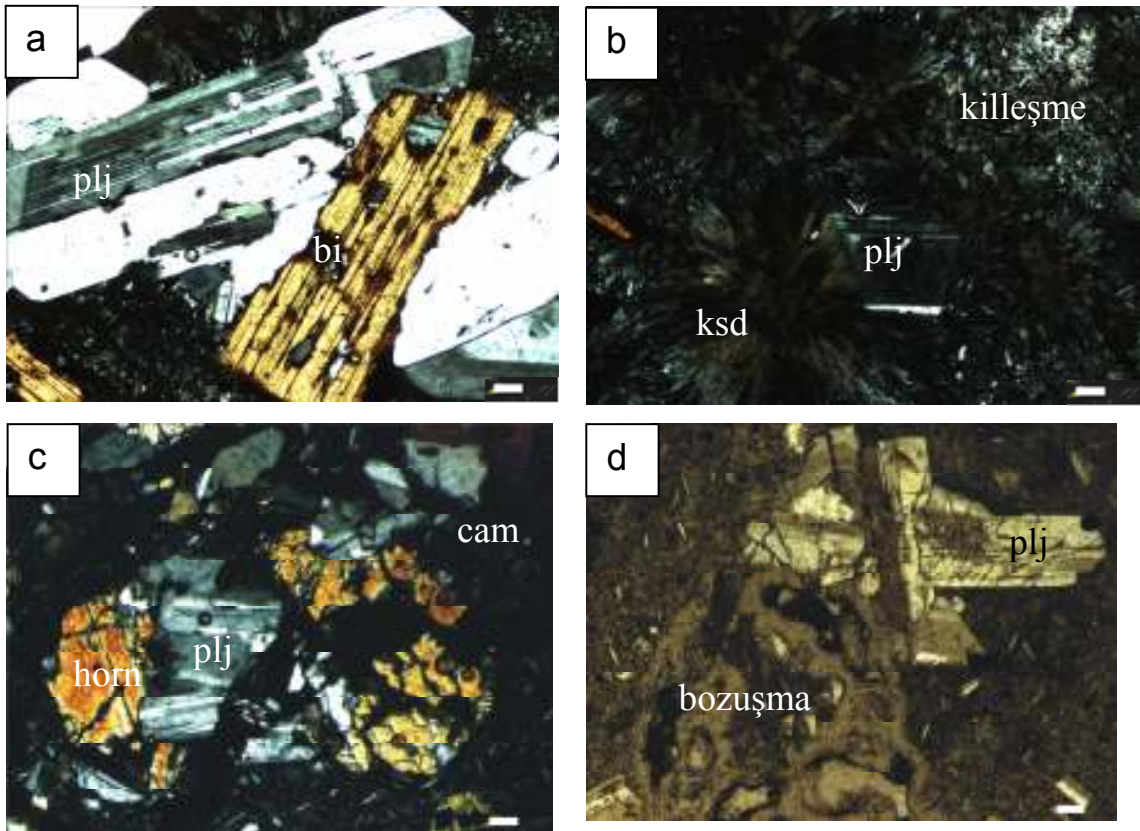
Şekil 4.1.5.1. Yağmurlar köyü kaolen yatağındaki tüflerin optik mikroskop görüntüsü. Hamur içerisindeki altere sanidin, biyotit ve hornblend. sa: sanidin, bi: biyotit, horn: hornblend. Tek Nikol, Çizgisel Ölçek: 0.1 mm.

Altere vitrik tüfler içerisinde sanidin kuvars, zeolit, kristobalit, çoğunluğu opaklaşmış ve kloritleşmiş biyotitler ile az miktarda serpantin ve kayaç parçaları bulunmaktadır. Kuvarlar, kenarlarından itibaren kemirilmiş haldedir. Limonitleşme yaygın olup, demir oksitleşme belli hatlar boyunca gelişmiş, belli kırıklarda da egemendir. Karbonat kristalleri içinde demir oksitli çatlaklar gözlenmektedir. Bu da ortamın sıg olduğunu göstermektedir. Çatlaklardan itibaren serpantin mineralleri az miktarda da olsa görülmektedir. Yer yer opak mineraller de bulunmaktadır. Ayrıca belli kırık ve çatlaklar boyunca silisleşme yaygındır. Killeşme gözlenmekte olup, bundan başka demir oksitleşmiş oksi – piroksen de bulunmaktadır.

4.1.6 Akçaalan Köyü Kaolen Zuhuru

Akçaalan bölgesinde taze kayaç olarak riyodasitik, dasitik ve trakiandezitik tüfleri saptanmıştır. Trakiandezitik tuf örneklerinde biyotit, plajiyoklaz, sanidin, hornblend, zeolit ve kayaç parçaları belirlenmiştir. Biyotit minerallerinin boyutları 0.2–1 mm arasında değişmektedir. Sanidin mineralleri karsbad ikizlenmesi göstermekte ve 0.2–1.2 mm arasında değişen boyutlardadır. Plajiyoklaz mineralleri zonlanma göstermekte olup, 20-25° sönme açısı ile andezin olarak değerlendirilmiştir (Şekil

4.1.6.1a). Tane boyutları 0.3-1.2 mm arasındadır. Kahverengi hornblend mineralleri, kenarlarından itibaren opaklaşma göstermektedir. Hornblend mineraller 0.3-1 mm arasında değişen boyutlardadır. Opaklaşma, biyotit minerallerinin bir kısmında da gözlenmektedir. Ayrıca bu kayaçların içerisindeki çatlaklar, silis tarafından doldurulmuştur. Camın devitrifikasyonu sonucu sferülitik doku gözlenmektedir (Şekil 4.1.6.1b).



Şekil 4.1.6.1. Akçalan köyü kaolen zuhurundaki trakiandezitik tüflere ait optik mikroskop görüntüsü. plj: plajiyoklaz, bi: biyotit, ksd: kalsedon, horn: hornblend. Çizgisel Ölçek: 0.1 mm

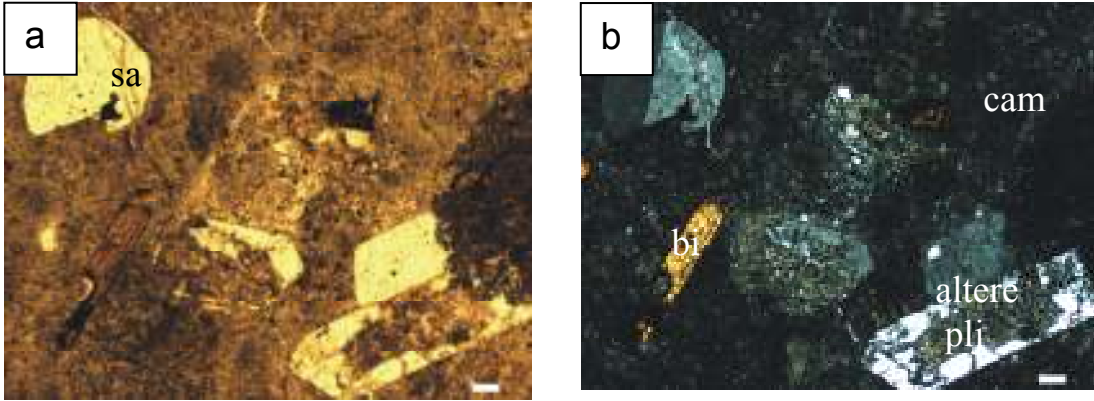
- a) kısmen kaolenleşmiş plajiyoklaz ve kısmen demir oksitlemiş biyotit (Glomeroporfirik doku) (Çift Nikol),
- b) demir oksitçe sıvanmış kalsedon ve kısmen altere plajiyoklaz (Sferülitik doku) (Çift Nikol),
- c) hornblend mineralinin plajiyoklaz ile ilişkisi (Çift Nikol),
- d) plajiyoklazlarda bozuşma (Glomeroporfirik doku) (Tek Nikol).

Riyodasitik ve dasitik tüflerde ise, amfibol, biyotit, plajiyoklaz (Andezin), sanidin, kuvars ve opak mineraller bulunur. Açık sarı – kahverengi pleokroizmalı, yer yer prizmatik, 60°-120° dilinim açılarının saptanması ile amfibol minerali (0.3-4 mm ebadında) belirlenmiştir (Şekil 4.1.6.1c). Biyotitlerde, kenardan içe doğru opaklaşma veya yalnızca kenarlarda opaklaşma ve kloritleşme görülmektedir. Tane boyutları 0.3-0.5 mm arasındadır. Plajiyoklaz mineralleri (Andezin), 0.5-1.2 mm arasında değişen boyutlardadır ve bazı yerlerde bozuşmalar gözlenmektedir (Şekil 4.1.6.1d).

Altere tüflerde kuvars, plajiyoklaz (Oligoklaz), biyotit, granat mineralleri, zeolit, kayaç, pomza parçaları ve opak mineraller gözlenmektedir. Kuvars kristalleri 0.1-0.7 mm arasında değişen boyutlardadır. Oligoklazlarda zonlanma ve polisentetik ikizlenme görülmektedir. Kristallerin boyutları 0.6-2 mm arasındadır. Biyotit mineralleri 0.3-1.2 mm arasında değişen boyutlardadır. Granat mineralleri, kenarlarından itibaren opaklaşmış ve 0.5-1.2 mm arasında değişen boyutlardadır. Işınsal dizilimli zeolit minerallerinin boyutları ise, 0.2-0.7 mm arasında değişmektedir. Ayrıca hamurda, killeşme ve demir oksitleşme de görülmektedir.

4.1.7 Sazak Köyü Kaolen Zuhuru

Sazak bölgesinde taze kayaç olan trakiandezitik tüflerin içerisinde plajiyoklaz, sanidin, biyotit, kuvars, zeolit ve opak mineraller belirlenmiştir (Şekil 4.1.7.1a, b). Plajiyoklazlar, oldukça bozuşmuş olup, iskelet halindeki eser parçaları görülmektedir. Biyotitler, genellikle demir oksitli yumrular halindeki malzemelerce çevrilmiştir. Yer yer çevresini kopuk olarak sarmaktadır. Ayrıca yer yer ağsal mikro kırık ve çatlakların demir oksitleşmiş olduğu, opaklaşmış ve spotlar halinde yoğunlaşmış demir oksitleşmeler görülmektedir. Numuneler içerisinde bu yığılımlar oldukça egemendir. Hamurda, killeşme de görülmektedir.



Şekil 4.1.7.1. Sazak köyü kaolen zuhurundaki trakiandezitlere ait optik mikroskop görüntüsü. sa: sanidin, plj: plajiyoklaz, bi: biyotit, Çizgisel Ölçek: 0.1 mm.

- a) az altere hamur içerisindeki sanidin minerali (Tek Nikol),
- b) plajiyoklazların bozuşması ile biyotit minerali (Çift Nikol).

Vitrik tüflerde biyotit, sanidin, kuvars, opak mineraller ve kayaç parçaları gözlenmektedir.

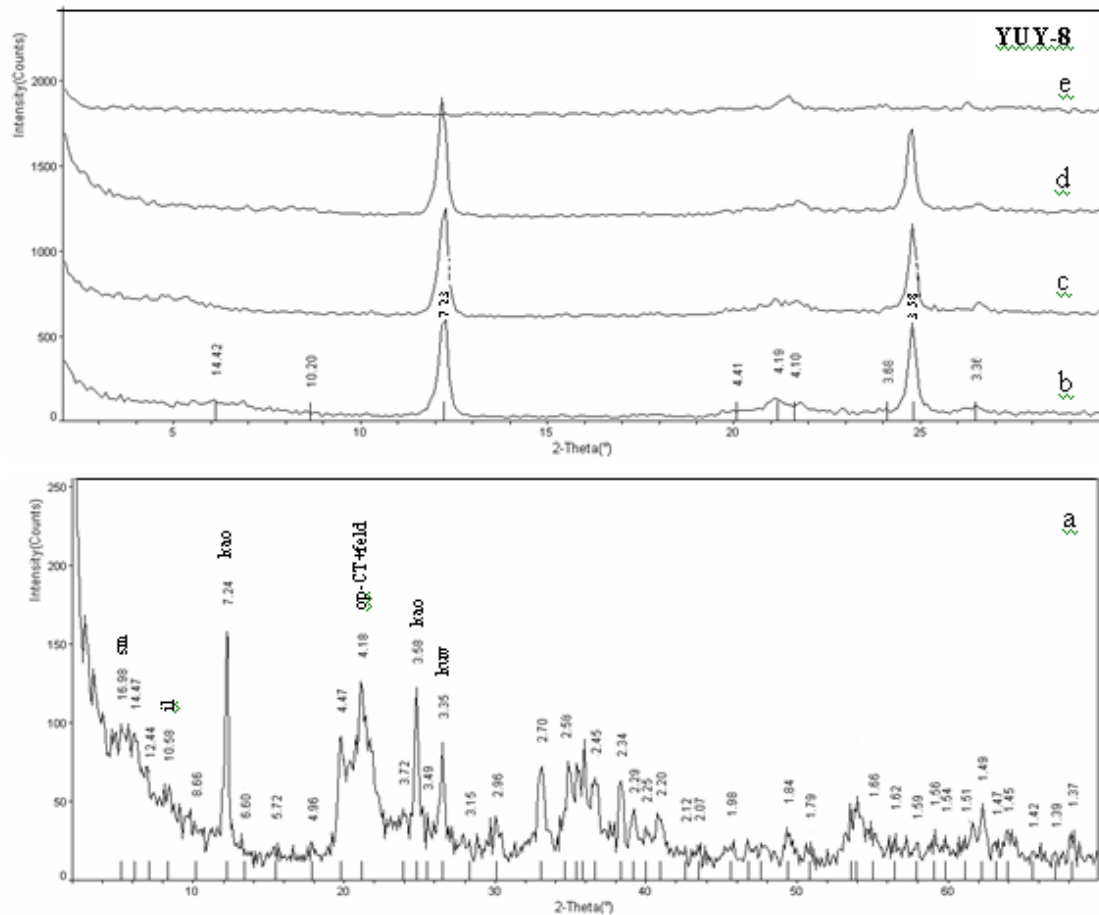
Altere tüflerde ise, sanidin mineralleri gözlenmekte olup, hamurda killeşme mevcuttur. Ayrıca, demir oksitleşme oldukça fazladır.

4.2 X Işınlari Difraktometresi (XRD) Determinasyonlari

4.2.1 Yüyük Köyü Kaolen Yatağı

Yüyük köyü kaolen yatağında kaolen, smektit ve illit mineral parajenezleri görülmektedir (Şekil 4.2.1.1).

Kaolinit minerali 7.24, 3.57, 4.48 ve 3.35 Å; smektit minerali 15.03, 4.48 ve 2.50 Å; illit minerali ise 10.39 Å ve 2.58 Å pikleri ile tanımlanmıştır. Ayrıca, 16 ile 35 Å arasındaki pik tabanının yükselmesi, eser miktarda amorf malzemenin varlığını göstermektedir.



Şekil 4.2.1.1. Yüyük köyü kaolen yatağına ait XRD tüm kayaç ve detay kil difraktogramları. kao: kaolen; sm: smektit; il: illit, feld: feldispat, a) normal, b) yönlendirme, c) etilen glikol, d) 300°C, e) 550°C.

Silika zonunu oluşturan silisifiye malzeme içerisinde kaolen, smektit, illit, opal-CT, feldispat ve kalsit bulunur. Demir oksit zonunda yer alan kayaçlardaki mineral parajenezi kaolen, kuvars, opal-CT, smektit ve illit olarak saptanmıştır. Kaolen zonunda yer alan kayaçlardaki mineral parajenezi ise, kaolen, opal-CT, kuvars, smektit, illit ve feldispat olarak saptanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1: Yüylük köyü kaolen yatağında mineralojik dağılım.

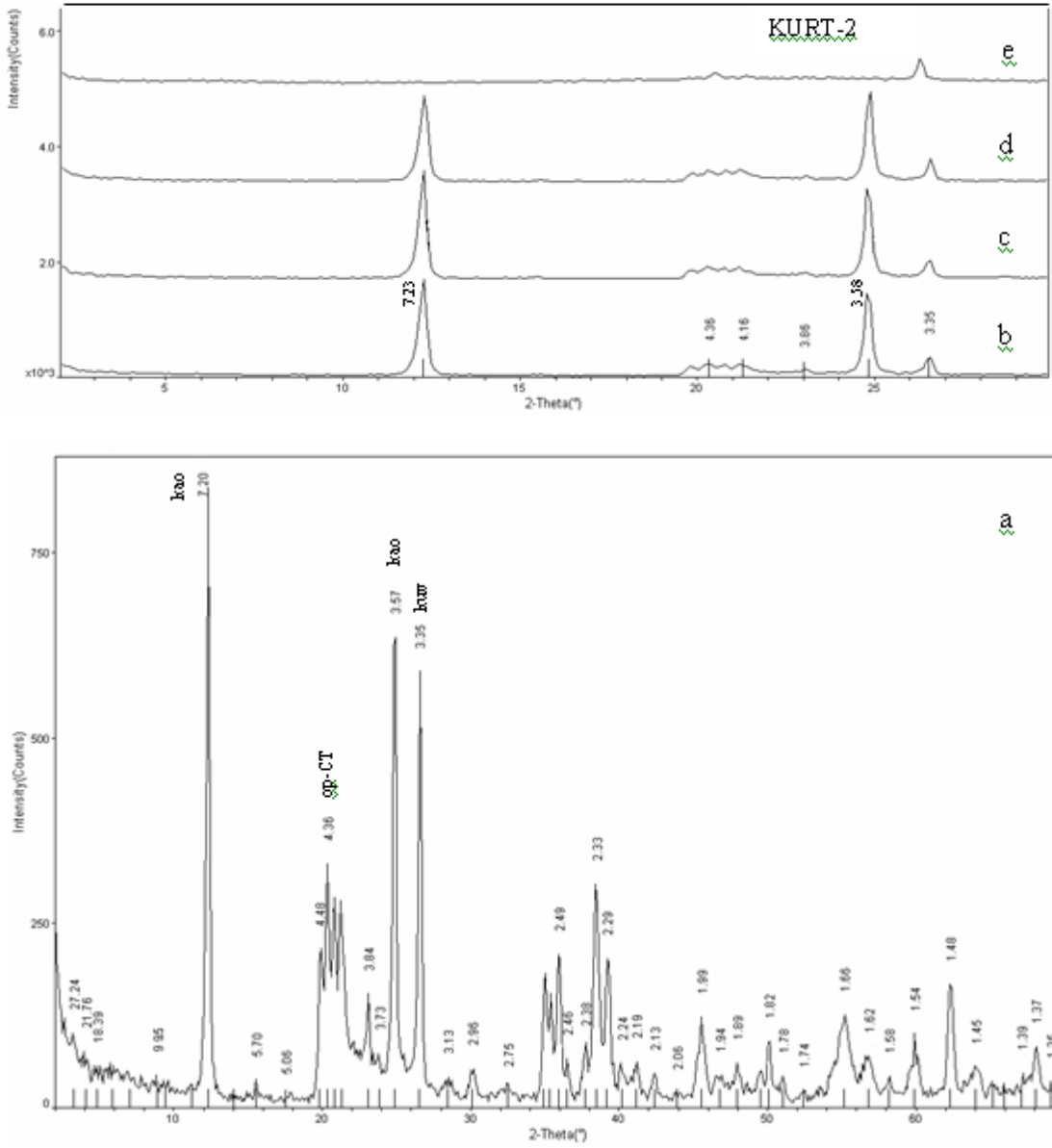
kao: kaolinit, sm: smektit, il: illit, feld: feldispat, kuv: kuvars, op-CT: opal-CT, gt: götit, arg: aragonit, prt: pirit, rtl: rutil, +: az, ++: orta, +++: baskın.

Örnek	Kayaç Tipi	kao	sm	il	feld	kuv	op-CT	gt	arg	prt	rtl
YUY-8	Altere tuf	++	eser	eser	eser	+	+				
YUY-10	Altere tuf	+++	+	+	+	++	+	eser			eser
YUY-11	Yarı altere tuf	+		+		+	+++			eser	
YUY-16	Altere tuf	+++	eser	eser		++	++				
YUY-19	Altere tuf	+++					++				
YUY-20	Altere tuf	+++	+	+					eser		

4.2.2 Kurtdere Köyü Kaolen Yatağı

Kurtdere köyü kaolen yatağında, kaolen ve opal-CT mineral parajenezleri saptanmıştır (Şekil 4.2.2.1). Ayrıca, 16 ile 35 Å arasındaki pik tabanının yükselmesi, eser miktarda amorf malzemenin varlığını göstermektedir.

Kurtdere köyü kaolen yatağındaki volkanik zondaki mineral parajenezi kuvars, kalsit, smektit, illit (biyotit, muskovit) ve feldispat olarak saptanmıştır. Kaolen zonundaki mineral parajenezleri, kaolen, opal-CT, kuvars, smektit, illit, feldispat, amfibol ve alünitir. Demir oksit zonundaki mineral parajenezleri ise kaolen, kuvars ve opal-CT olarak saptanmıştır. Silika zonunda ise sadece kuvars saptanmıştır (Çizelge 4).



Şekil 4.2.2.1. Kurtdere köyü kaolen yatağına ait XRD tüm kayaç ve detay kil difraktogramları. kao: kaolen, kuv: kuvars, op-CT: opal-CT, a) normal, b) yönlendirme, c) etilen glikol, d) 300°C, e) 550°C.

Çizelge 2: Kurtdere köyü kaolen yatağında mineralojik dağılım.

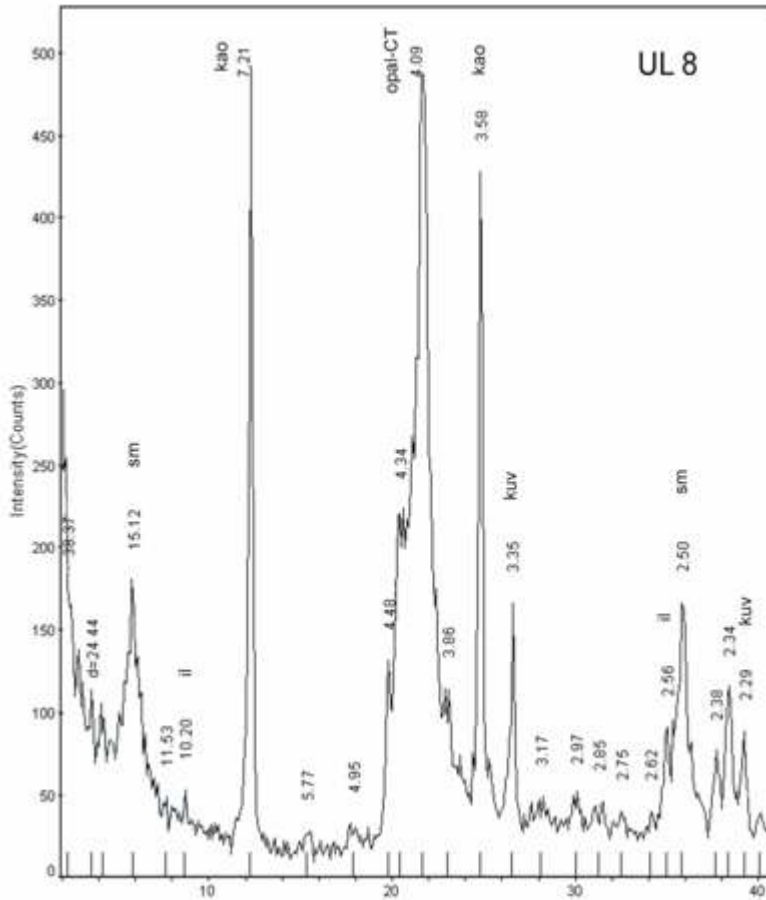
kao: kaolinit, sm: smektit, il: illit, feld: feldispat, kuv: kuvars, op-CT: opal-CT, kal: kalsit, dol: dolomit, +: az, ++: orta, +++: baskın.

Örnek	Kayaç Tipi	kao	sm	il	feld	kuv	op-CT	kal	
KURT-1	Az altere tuf		+	+	eser	+++	+	++	
KURT-2	Altere tuf	+++					+		

4.2.3 Ulaşlar Köyü Kaolen Yatağı

Ulaşlar köyünde kaolen, smektit, illit, opal-CT ve kuvars mineral parajenezleri saptanmıştır (Şekil 4.2.3.1). Ayrıca, 16 ile 35 Å arasındaki pik tabanının yükselmesi, az miktarda amorf malzemenin varlığını göstermektedir.

Ulaşlar köyü kaolen yatağındaki volkanik zonun mineral parajenezleri kuvars, kalsit, smektit, illit (biyotit, muskovit) ve feldispat olarak saptanmıştır. Kaolen zonundaki mineral parajenezleri, kaolen, opal-CT, kuvars, smektit, illit, feldispat, amfibol ve alünit olarak saptanmıştır. Demir oksit zonundaki mineral parajenezleri ise kaolen, kuvars ve opal-CT olarak saptanmıştır. Silika zonunda ise sadece kuvars olarak saptanmıştır (Çizelge 3).



Şekil 4.2.3.1. Ulaşlar köyü kaolen yatağına ait XRD tüm kayaç difraktogramı. kao: kaolen, sm: smektit, il: illit, kuv: kuvars.

Çizelge 3: Ulaşlar köyü kaolen yatağında mineralojik dağılım.

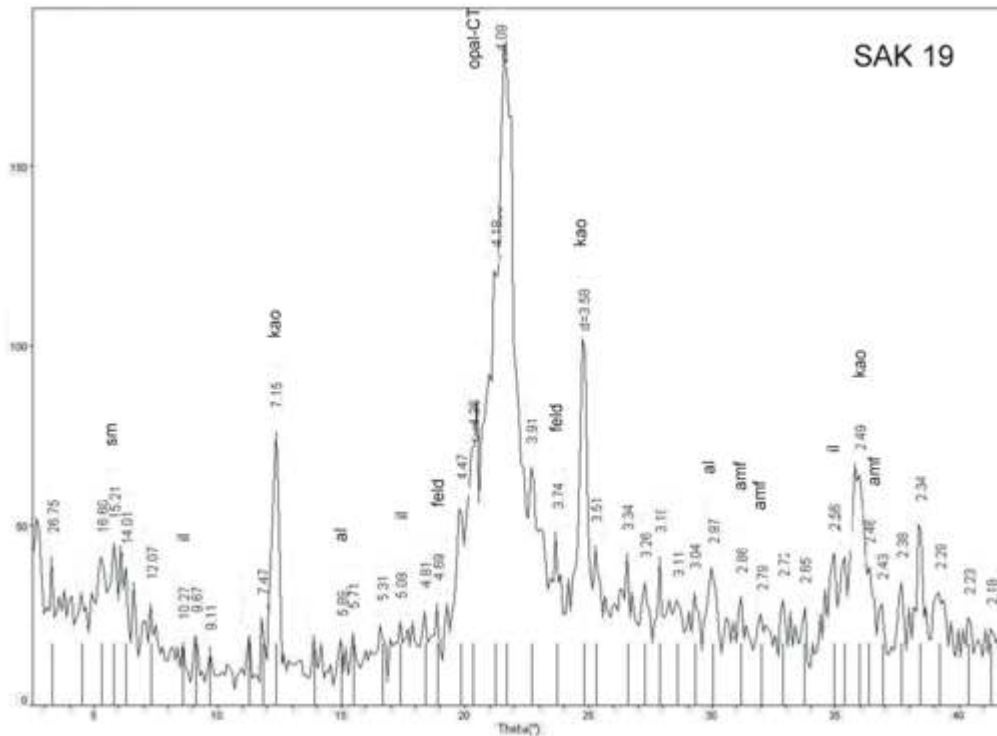
kao: kaolinit, sm: smektit, il: illit, feld: feldispat, kuv: kuvars, op-CT: opal-CT, kal: kalsit, dol: dolomit, +: az, ++: orta, +++: baskın.

Örnek	Kayaç Tipi	kao	sm	il	feld	kuv	op-CT
UL-2	Altere tuf	+++			eser	++	++
UL-3	Altere tuf	+++	eser	eser	eser	+	++
UL-6	Altere tuf	+++	+		+	eser	++
UL-8	Altere tuf	+++	+	eser		+	++
UL-9	Altere tuf		+++	++	eser	eser	+
UL-11	Altere tuf	+++				++	

4.2.4 Saklar Köyü Kaolen Yatağı

Saklar köyü kaolen yatağında görülen mineral parajenizi, kaolen, smektit, illit, opal-CT, alünit, feldispat ve amfibol olarak saptanmıştır (Şekil 4.2.4.1). Ayrıca, 16 ile 40 Å arasındaki pik tabanının yükselmesi, az miktarda amorf malzemenin varlığını göstermektedir.

Saklar köyü kaolen yatağındaki volkanik zonun mineral parajenezleri kuvars, kalsit, smektit, illit (biyotit, muskovit) ve feldispat olarak saptanmıştır. Kaolen zonundaki mineral parajenezleri, kaolen, opal-CT, kuvars, smektit, illit, feldispat, amfibol ve alünitir. İllitik zondaki mineral parajenezleri, kaolen, smektit, illit, alünit, feldispat ve kalsit olarak saptanmıştır. Demir oksit zonundaki mineral parajenezleri kaolen, kuvars ve opal-CT olarak saptanmıştır. Silika zonunda ise sadece kuvars saptanmıştır (Çizelge 4).



Şekil 4.2.4.1. Saklar köyü kaolen yatağına ait XRD tüm kayaç difraktogramı. kao: kaolen; sm: smektit; il: illit; al: alünit; feld: feldispat; amf: amfibol.

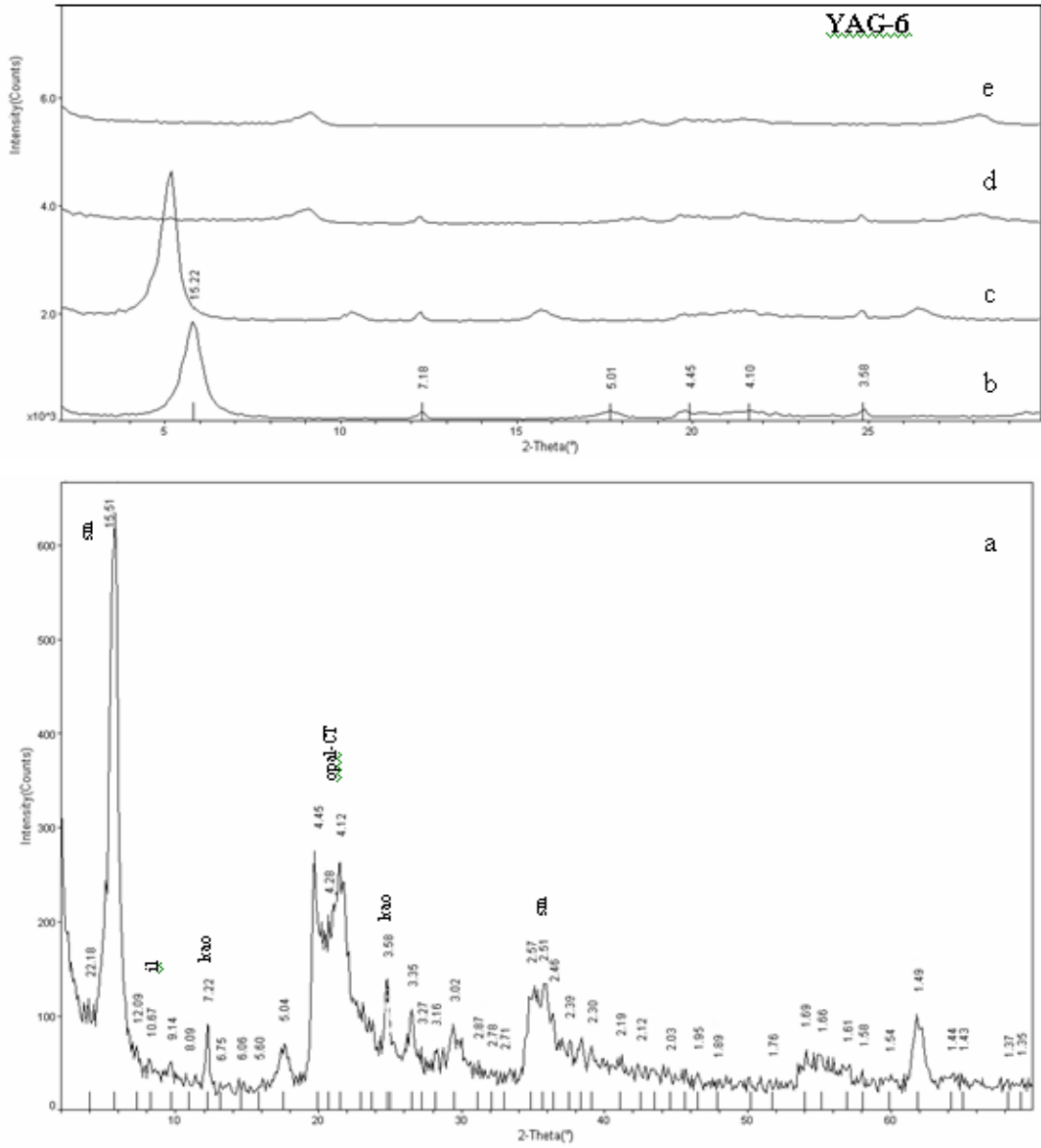
Çizelge 4: Saklar köyü kaolen yatağında mineralojik dağılım.

kao: kaolinit, sm: smektit, il: illit, feld: feldispat, kuv: kuvars, op-CT: opal-CT, al: alünit, amf: amfibol, kal: kalsit, +: az, ++: orta, +++: baskın.

Örnek	Kayaç Tipi	kao	sm	il	feld	kuv	op-CT	al	amf	kal
SAK-2	Altere tuf	+++		eser		++				
SAK-5	Altere tuf	+++				+	++			
SAK-16	Altere tuf	+++	++		eser	+		+	+	eser
SAK-17	Altere tuf	+++	+	eser	++	eser	eser	eser		
SAK-19	Altere tuf	+++	+	+	eser		++	+	+	
SAK-24	Altere tuf	+++	++	+	+	eser	eser	eser		

4.2.5 Yağmurlar Köyü Kaolen Yatağı

Yağmurlar köyünde kaolen, smektit ve opal-CT mineral parajenezleri gözlenmektedir (Şekil 4.2.5.1). Ayrıca, 16 ile 40 Å arasındaki pik tabanının yükselmesi, az miktarda amorf malzemenin varlığını göstermektedir.



Şekil 4.2.5.1. Yağmurlar köyü kaolen yatağına ait XRD tüm kayaç ve detay kil difraktogramı. kao: kaolen; sm: smektit, il: illit, a) normal, b) yönlendirme, c) etilen glikol, d) 300°C, e) 550°C.

Çizelge 5: Yağmurlar köyü kaolen yatağında mineralojik dağılım.

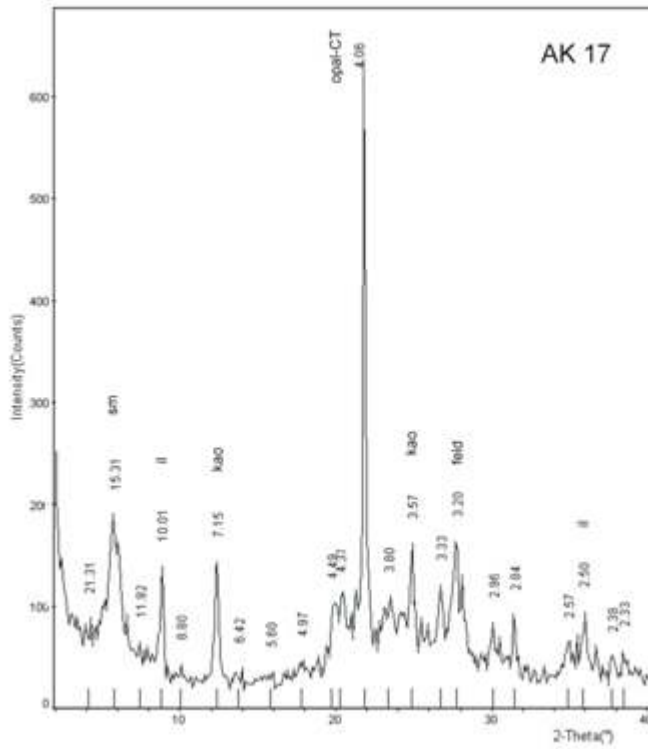
kao: kaolinit, sm: smektit, il: illit, feld: feldispat, kuv: kuvars, op-CT: opal-CT, +: az, ++: orta, +++: baskın.

Örnek	Kayaç Tipi	kao	sm	il	feld	kuv	op-CT
YAG-2	Altere tuf	+	+++	+	+	eser	++
YAG-4	Yarı altere tuf	+++	++				+
YAG-6	Altere tuf	eser	++	eser			+
YAG-7	Altere tuf	+	+++	+			++
YAG-10	Altere tuf	++	eser				++
YAG-11	Altere tuf	++	+++		+	+	++
YAG-15	Yarı altere tuf	+++	++		+	eser	++
YAG-16	Yarı altere tuf	+++				++	+++
YAG-23	Vitrik tuf	+	+	++	+++	++	++

4.2.6 Akçaalan Köyü Kaolen Zuhuru

Akçaalan köyünde kaolen, smektit, illit, opal-CT ve feldispat mineral parajenezleri gözlenmektedir (Şekil 4.2.6.1). Ayrıca, 16 ile 40 Å arasındaki pik tabanının yükselmesi, az miktarda amorf malzemenin varlığını göstermektedir.

Akçaalan köyünde, volkanik zonda yer alan kayalardaki mineral parajenezi feldispat, kaolen, smektit, illit, kuvars, opal-CT, kalsit, amfibol, biyotit, plajiyoklas, olarak saptanmıştır. Kaolen zonundaki mineral parajenezi ise smektit, kaolen, feldispat, kalsit, kuvars, opal-CT, illit, amfibol ve dolomit olarak saptanmıştır (Çizelge 6).



Şekil 4.2.6.1. Akçaalan köyü kaolen zuhuruna ait XRD tüm kayaç difraktogramı. kao: kaolen; sm: smektit; il: illit; feld: feldispat.

Çizelge 6: Akçaalan köyü kaolen zuhurunda mineralojik dağılım.

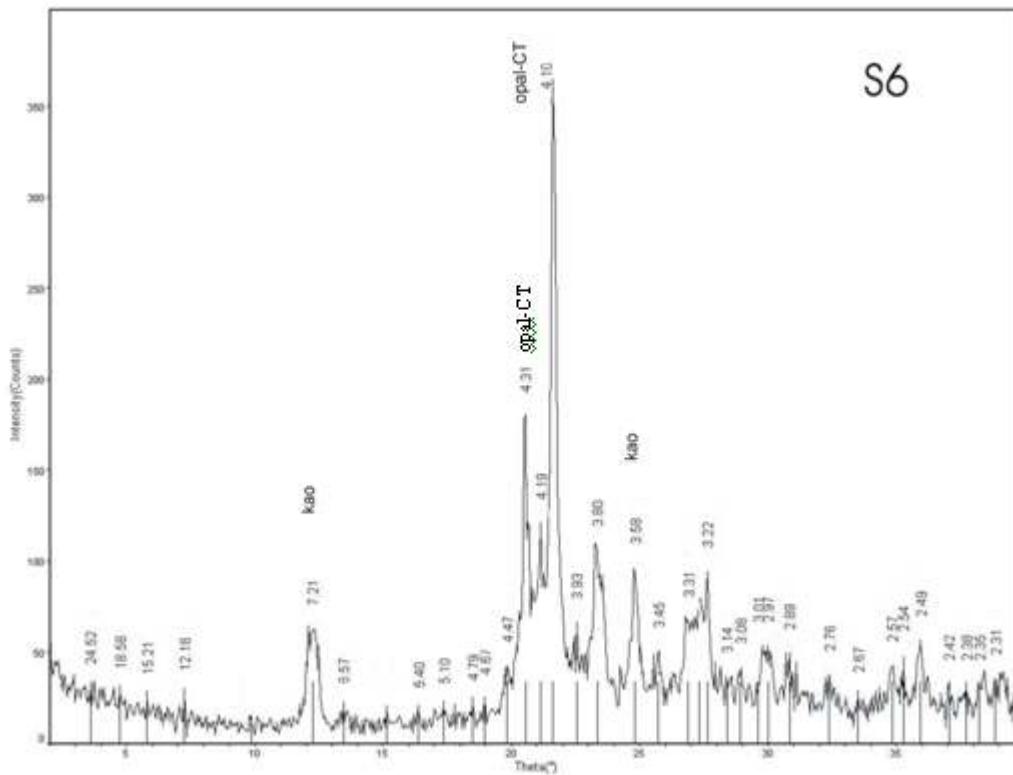
kao: kaolinit, sm: smektit, il: illit, feld: feldispat, kuv: kuvars, op-CT: opal-CT, kal: kalsit, amf: amfibol, dol: dolomit, +: az, ++: orta, +++: baskın.

Örnek	Kayaç Tipi	kao	sm	il	feld	kuv	op-CT	kal	amf
AK-4	Yarı altere tuf		++	++	+++	+	+		
AK-6	Yarı altere tuf		+++	+	++	+	+	+	
AK-9	Altere tuf	+	eser		+++		+	+	
AK-10	Altere tuf	+++	++		+		++	+	
AK-14	Altere tuf	+++	++	++	+++	++	++	+	+
AK-17	Altere tuf	+++	++	+	+		+		

4.2.7 Sazak Köyü Kaolen Zuhuru

Sazak köyünde kaolen ve opal-CT mineral parajenezleri saptanmıştır (Şekil 4.2.7.1). Ayrıca, 16 ile 40 Å arasındaki pik tabanının yükselmesi, az miktarda amorf malzemenin varlığını göstermektedir.

Sazak köyü kaolen zuhurundaki volkanik zonda yer alan kayalardaki mineral parajenezi feldispat, kaolen, smektit, illit, kuvars, opal-CT, kalsit, amfibol, plajiyoklas, olarak saptanmıştır. Kaolen zonundaki mineral parajenezi smektit, kaolen, feldispat, kalsit, kuvars, opal-CT, illit, amfibol ve dolomittir (Çizelge 7).



Şekil 4.2.7.1. Sazak köyü kaolen zuhuruna ait XRD tüm kayaç difraktogramı. kao: kaolen.

Çizelge 7: Sazak köyü kaolen zuhurunda mineralojik dağılım.

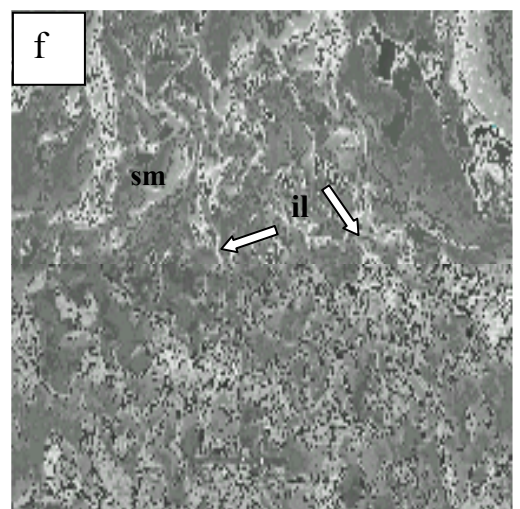
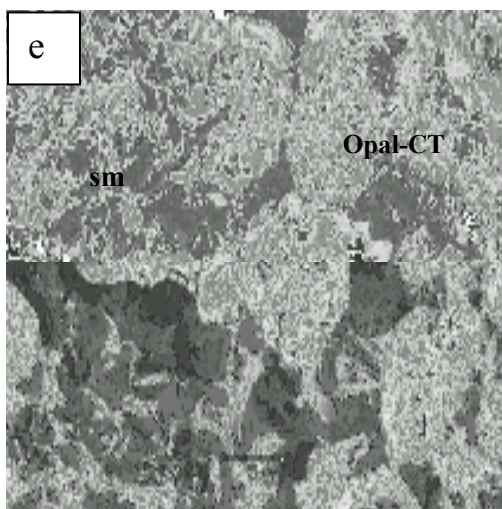
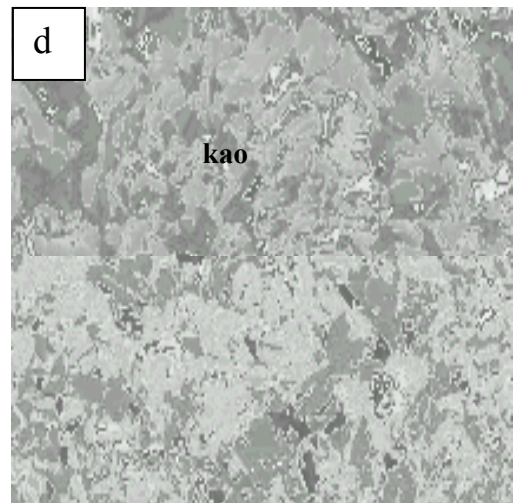
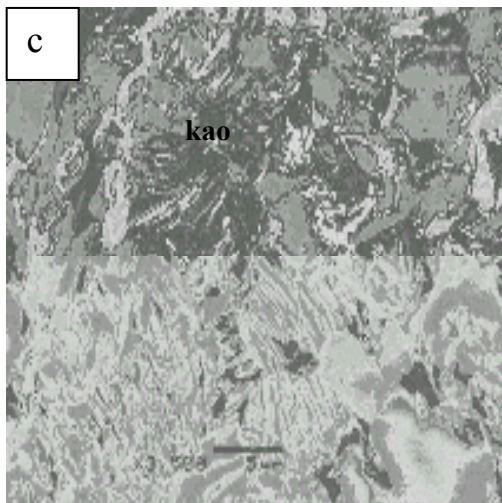
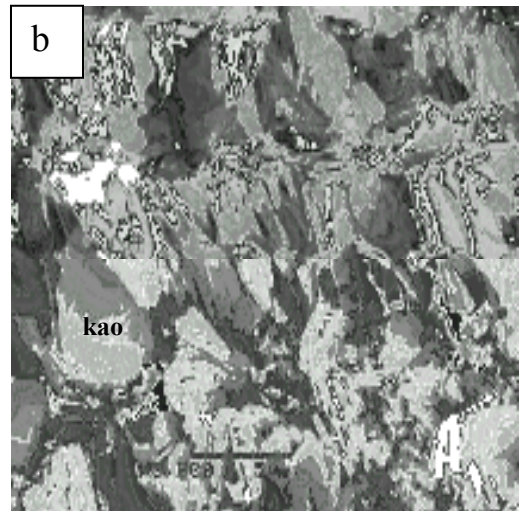
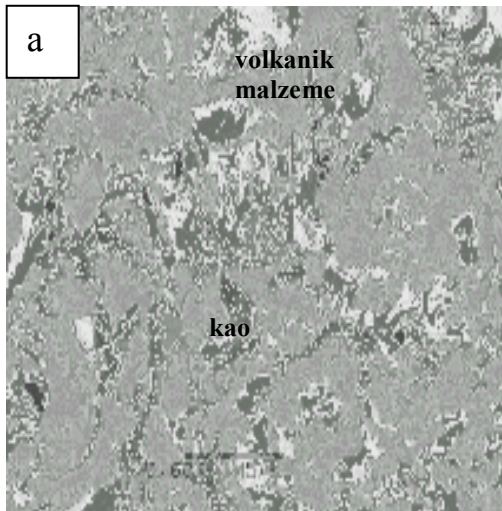
kao: kaolinit, sm: smektit, il: illit, feld: feldispat, kuv: kuvars, op-CT: opal-CT, kal: kalsit, dol: dolomit, +: az, ++: orta, +++: baskın.

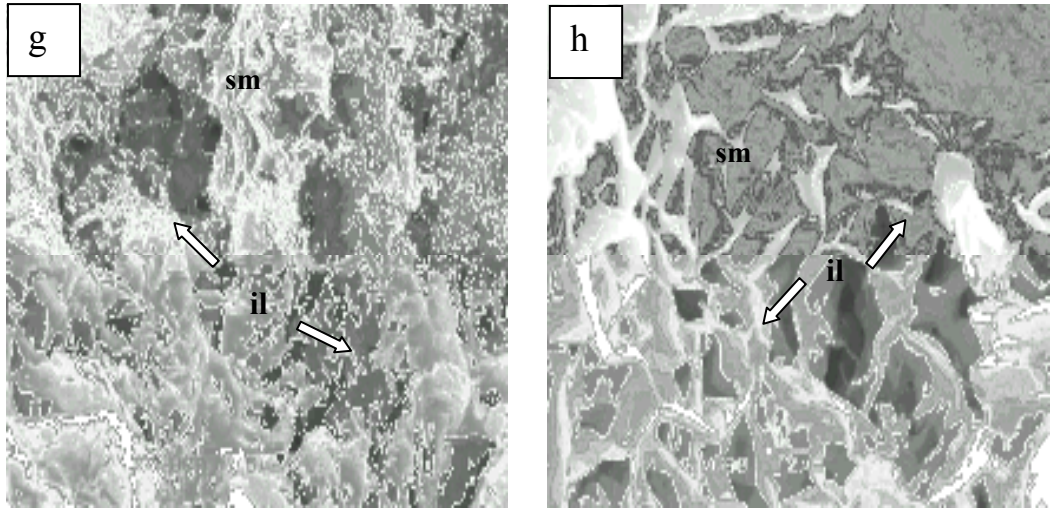
Örnek	Kayaç Tipi	kao	sm	il	feld	kuv	op-CT	kal	dol
S-6	Yarı altere tuf	+++					++		
S-8	Altere tuf	+	+++	eser	++	+	+	eser	
S-10	Yarı altere tuf	+	+	+++	++		eser		+

4.3 Taramalı Elektron Mikroskobu İncelemeleri (SEM)

Feldispat minerallerinin aşırı derecede bozunması, kaolinit, smektit ve illit gibi altere ürünlerin oluşması ile ilgilidir. Örneklerdeki feldispat minerali, plajiyoklaz olarak belirlenmiştir. Çalışılan bölgede bulunan kaolinitler, volkanik malzemedeki feldispatların hidrotermal alterasyona bağlı olarak erimesi sonucunda levhamsı yapılar oluşturmuştur (Şekil 4.3.1a-c). Kaolinitler, iri kristaller halindedir, ancak kenarları hidrotermal solüsyonların etkisi ile kemirilmiştir. Ulaşlar'dan alınan örnekte ise, kaolinitler vermiform yapıları olarak gözlenir (Şekil 4.3.1d). Vermiform kaolinitler, bireysel olarak yüz yüze gelişmiş olup, uzun yığılım şeklindeki vermiformları oluştururlar.

Smektit kristalleri, süngerimsi ve petek yapıda olup, volkanik malzemenin bozunması sonucu oluşmuşlardır (Şekil 4.3.1e-h). İllitler ise, genellikle smektit yapraklarının kenarlarından sivri uçlu lifler halinde mikromorfolojik yapı gösterirler. Bunlar, erime-çökme (dissolution-precipitation) mekanizması ile smektitten dönüşmüşlerdir. Ayrıca, hidrotermal alterasyona bağlı olarak illitlerin oluşumunun yanında, volkanik camdan itibaren ilk bozunma evrelerinde küremsi, lifsi yapıları opal-CT minerali de gözlenmektedir (Şekil 4.3.1e).





Şekil 4.3.1. Altere örneklerin taramalı elektron mikroskoptaki (SEM) mikrofotografaları, kao: kaolinit, il: illit, sm: smektit.

- a) volkanik malzemenin bozuşması ile kaolinit yapraklarının oluşumu (YUY-10),
- b) kaolinit yapraklarının gelişimi (YUY-10),
- c) hidrotermal solüsyon etkisi ile kenarları kemirilmiş kaolinit yaprakları (KURT-2),
- d) vermiform yapıli kaolinitler (UL-6),
- e) süngerimsi yapıli smektit kristallerinin, illit ve opal-CT birlikteliği (UL-9),
- f) smektit ve illit kristallerinin birlikteliği (SAK-25),
- g) smektit ve smektit+illit kristallerinin birlikteliği (YAG-6),
- h) g'deki morfolojinin yakından görünümü.

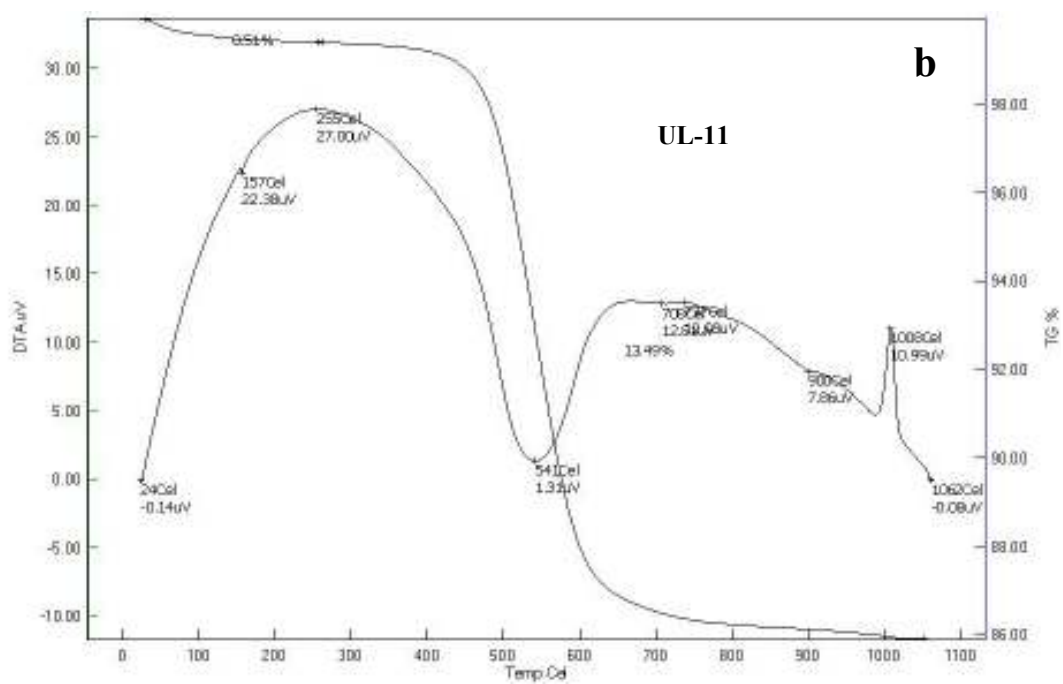
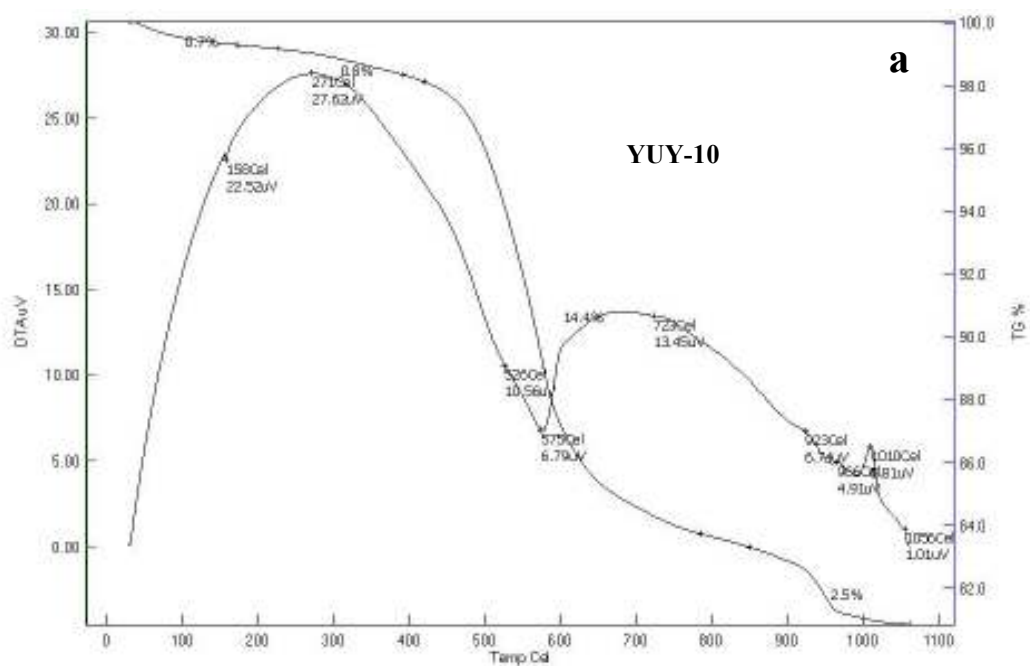
4.4 Diferansiyel Termal Analizi-Termal Gravimetri (DTA-TG) Analizi

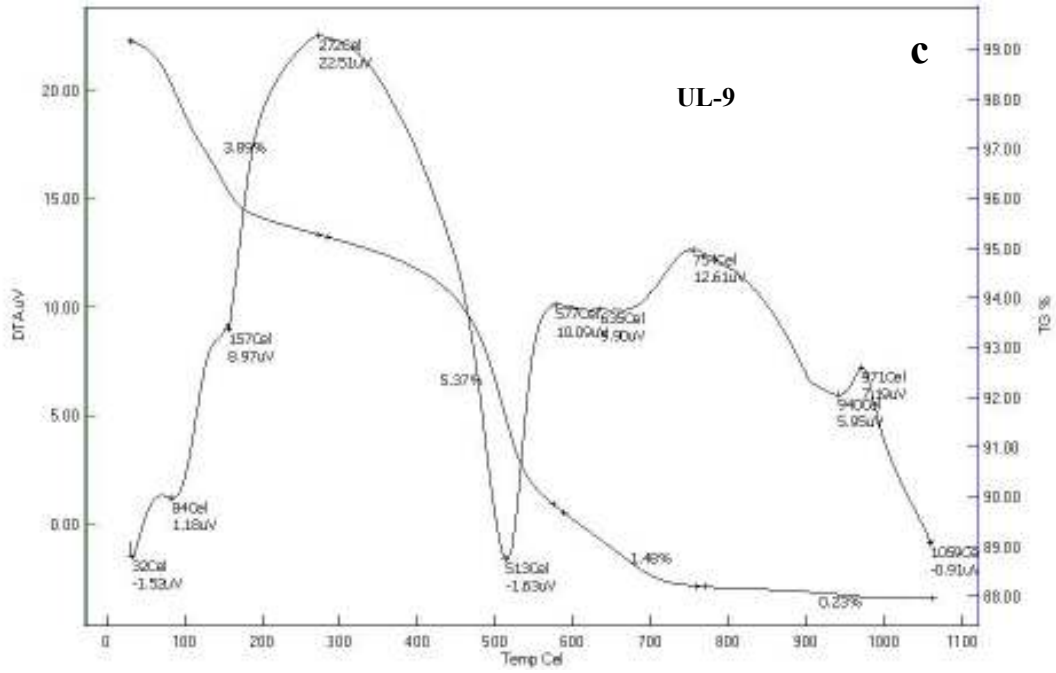
Saflaştırılarak hazırlanan kil örneklerinin ısıl davranışlarının belirlenmesi için DTA-TG ölçümleri yapılmıştır.

Kaolen örneklerinde 500-600 ve 900-1000°C arasında endotermik pikler görülmektedir (Şekil 4.4.1a ve b). Kaolen örneklerinde 500-600°C arasında keskin olarak gözlenen endotermik pik, genel olarak kaolinitler için spesifik olmak ile birlikte, 541 ve 575°C'de belirlenen simetrik endotermik pikler, yapı suyunu kaybetmesini (dehidroksilasyon) ve buna bağlı ağırlık kaybını, 1008 ve 1010°C'deki keskin ekzotermik pikler de kaolenin çöküşünü ve faz değiştirmesini göstermektedir (MacKenzie, 1957; Smykatz-Kloss, 1974; Kadir ve Karakaş, 2002; Arslan vd., 2006; Kadir vd., 2008).

İyi kristalli kaolinitin endotermik piki 500-660°C'de kendini gösterir. Ekzotermik piki ise 900-1000°C arasındadır (Kakali vd., 2001; Kadir ve Karakaş, 2002). Bölgeden alınan kaolinit örneklerinin endotermik ve ekzotermik pikleri, belirtilen aralıklarda olduğu için, bu örneklerin iyi kristalli kaolinit olduğu söylenebilir.

Smektitlerde, 35-200, 400-550, 600-700 ve 900-950°C arasında endotermik piklerin varlığı belirlenmiştir (Şekil 4.4.1c). İlk endotermik pik, nem ve zeolitik su kaybını, ikinci ve üçüncü endotermik pikler ise dehidrasyonu temsil eder (Çoban, 1999; Kadir ve Karakaş, 2002; Felhi vd., 2008). Dehidrasyon, 513°C'de oldukça şiddetli olmasına rağmen, kristal kafesteki yapı suyunun geri kalanı 635 ve 940°C' de kaybedilmiştir. Bu endotermik pikler kütle ağırlık kaybı ile de desteklenmektedir (Hajjaji vd., 2001; Kadir ve Karakaş, 2002).





Şekil 4.4.1. Saf kaolen ve smektit örneklerinin DTA-TG spektrumu.

- Yüzlük kaolen ocağından alınan kaolinit örneği,
- Ulaşlar kaolen ocağından alınan kaolinit örneği,
- Ulaşlar kaolen ocağından alınan smektit örneği

4.5 IR Spektroskopisi (FTIR) Analizi

IR spektrumlarında gözlemlenen titreşim bantlarının işaretlenmesi, Dünya Standartları olarak bilinen standart killere ait temel titreşim frekansları (Farmer ve Russell, 1964; Olejnik, 1968; Wilson, 1987) kullanılarak, saf örneklerin spektrumlarındaki her bir titreşim bandının hangi kil mineraline karşılık geldiği tespit edilmiş ve her kil örneğine ait sonuçlar tablolar halinde verilmiştir (Çizelge 8 ve 9).

Yüzlük ve Ulaşlar köyü kaolen ocağından alınan örneklerde ana kil minerali kaolinit olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5.1a ve b). Örneklerde görülen 3686, 3651, 3620, 1115, 1004, 912, 796, 750, 462 ve 427 cm^{-1} 'de işaretlenen bantlar, bir bütün olarak değerlendirildiğinde kaolinit standart kilinin temel titreşim frekansları ile uyum içindedir (Çizelge 8). Bu örneklerin IR spektrumlarındaki 3686 cm^{-1} titreşim bantı, dahili yüzey OH gerilmesine, 3651 ve 3620 cm^{-1} titreşim bantları dahili tabaka OH gerilmesine, 3437 cm^{-1} titreşim bantı H-O-H gerilmesine, 1115 cm^{-1} titreşim bantı Si-O düzleme dik gerilmeye, 1004 cm^{-1} titreşim bantı Si-O düzlemsel gerilmeye, 911 cm^{-1} titreşim bantı dahili tabaka Al-OH deformasyonuna, 789 ve 796 cm^{-1} titreşim bantları M (Fe^{3+} , Fe^{2+})-OH gerilmesine, 750 cm^{-1} titreşim bantı Si-O deformasyonuna, 460 ve 462 cm^{-1} titreşim bantları Si-O-Fe deformasyonuna, 428 cm^{-1} titreşim bantı ise Si-O-Mg deformasyonuna ait bantlardır.

Çizelge 8: Kütahya bölgesi Yüylük ve Ulaşlar köyü kaolen ocaklarına ait kil örneklerinin FTIR spektrumu analiz sonuçları.

Frekans (cm ⁻¹)	İşaretleme	Kil Mineral	Dünya Standardı Titreşim
		Cinsi	Frekansı (cm ⁻¹)
3686	Dahili-yüzey OH (Al-O...H) gerilmesi	Kaolinit	3679
3651	Kafes içi OH gerilmesi	Kaolinit	3655
3619, 3620	Dahili-tabaka OH (Al-O...H) gerilmesi	Kaolinit	3623
3417	v(H-O-H) gerilmesi	Kaolinit	3433
1114, 1115	v(Si-O) düzleme dik gerilme	Kaolinit	1118
1026	v(Si-O) düzlemsel gerilme	Kaolinit	1027
1004	v(Si-O) düzlemsel gerilme	Kaolinit	1009
937	Al-OH deformasyonu	Kaolinit	942
911, 912	Dahili tabaka Al-OH deformasyonu	Kaolinit	914
789, 796	M-OH gerilmesi	Kaolinit	791
750	Si-O deformasyonu	Kaolinit	754
460, 462	Si-O-Fe deformasyonu	Kaolinit	470
427, 428	Si-O-Mg deformasyonu	Kaolinit	428

Olejnik vd. (1968)'den yararlanılmıştır. v: Gerilme, M: Fe³⁺, Fe²⁺

Örneklerin IR spektrumlarında H-O-H gerilme titreşiminin görülmesi, killerin su tutma özelliğinden kaynaklanmaktadır (Davarcıoğlu vd., 2008). Bununla beraber, Al-OH, M-OH ve Si-O-Fe gruplarının görülme nedeni, killer içerisinde meydana gelen bazı yerleşmeler sebebi ile kaolinitte, farklı değerli atomların, örneğin Si ve Fe iyonlarının diğer iyonlar ile yer değiştirmesinden kaynaklanmaktadır (Paroz ve Frost, 1998; Davarcıoğlu vd., 2008).

Ayrıca iyi kristalli kaolinitte, 3650 cm⁻¹ titreşim bantı, 3690 ve 3620 cm⁻¹ bantlarından daha zayıftır (Brindley vd., 1986; Paroz ve Frost, 1998). Buna ek olarak, 3686 ve 3620 cm⁻¹ bantlarının keskin oluşu da, kristalinite derecesinin iyi olduğunu göstermektedir (Saikia vd., 2003; Felhi vd., 2008).

Ulaşlar köyü kaolen ocağından alınan bir diğer örnekte ana kil minerali smektit olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5.1c). Örnekte 3696, 3624, 1637, 909, 793, 750, 522 ve

458 cm^{-1} 'de işaretlenen bantlar, smektit grubu standart killerin temel titreşim frekans tablosunda montmorillonit ile uyum içindedir (Farmer ve Russell, 1964) (Çizelge 9).

Çizelge 9: Kütahya bölgesi Ulaşlar köyü kaolen ocağına ait kil örneğinin FTIR spektrumu analiz sonucu.

Frekans (cm^{-1})	İşaretleme	Kil Mineral Cinsi	Dünya Standardı Titreşim Frekansı (cm^{-1})
3696	Al-Al-OH bükülmesi	Smektit	3685
3624	$\nu(\text{OH})$ gerilmesi	Smektit	3622
1637	H-O-H bükülmesi	İllit	1633
1006	$\nu(\text{Si-O})$ düzlemsel gerilme	Kaolinit	1009
909	Al-Al-OH badı titreşimi	Smektit	915
793	M-OH eğilmesi	Smektit	798
750	Al-O-Si düzlem içi titreşimi	Smektit	750
685	OH deformasyonu	İllit	688
522	O-Si-O bükülmesi	Smektit	525
458	O-Si-O bükülmesi	Smektit	468

Farmer vd. (1964)'den yararlanılmıştır. ν : Gerilme, M: Fe^{3+} , Fe^{2+}

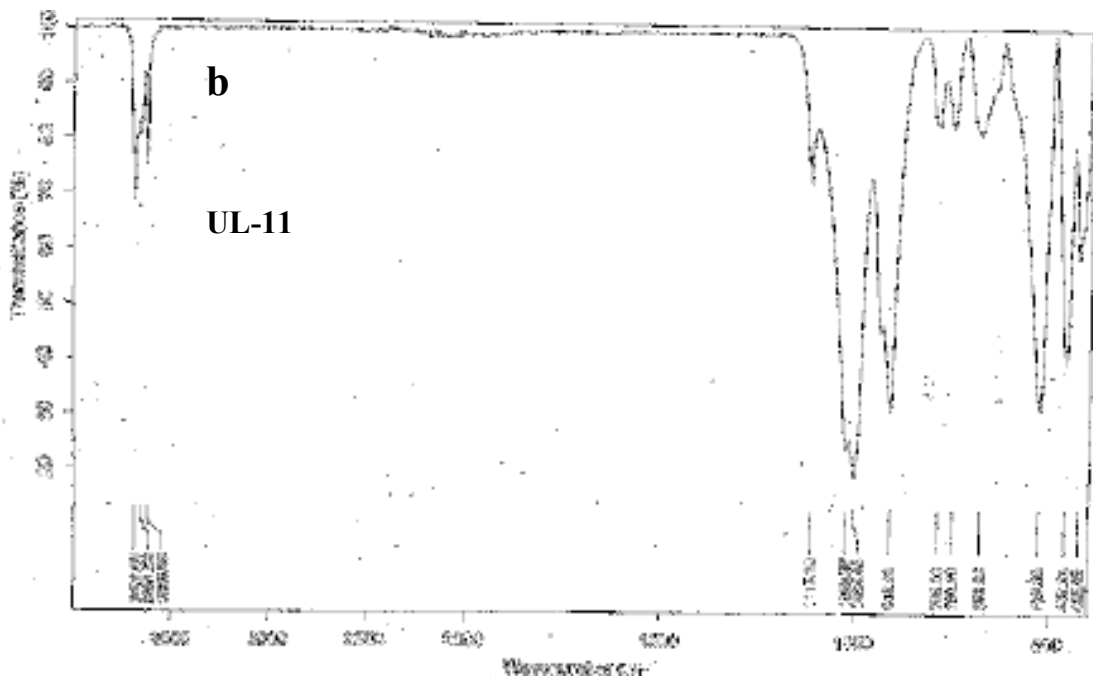
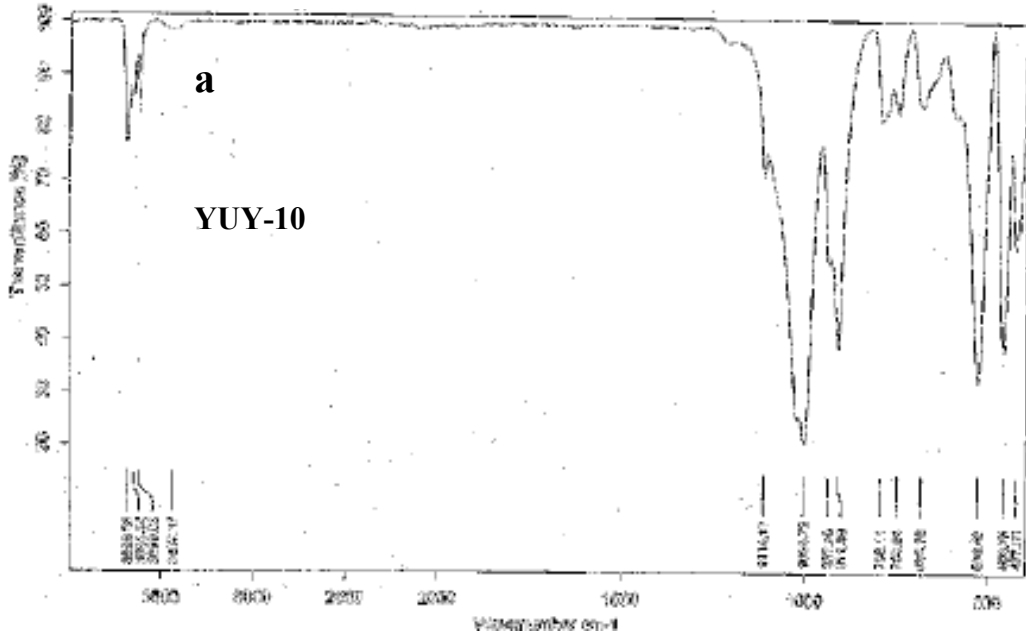
Smektit örneğinin IR spektrumunda 1637 cm^{-1} 'de H-O-H bükülme titreşiminin görülmesi, killerin su tutma özelliği ve ortamdaki su buharından kaynaklanmaktadır (Nayak ve Singh, 2007; Davarcıoğlu vd., 2008). Ayrıca O-Si-O bükülme titreşimlerinin görülmesi, kaolinitte olduğu gibi montmorillonitteki farklı değerli atomların yer değiştirmesinden kaynaklanmaktadır (Njoya vd., 2006; Davarcıoğlu vd., 2008).

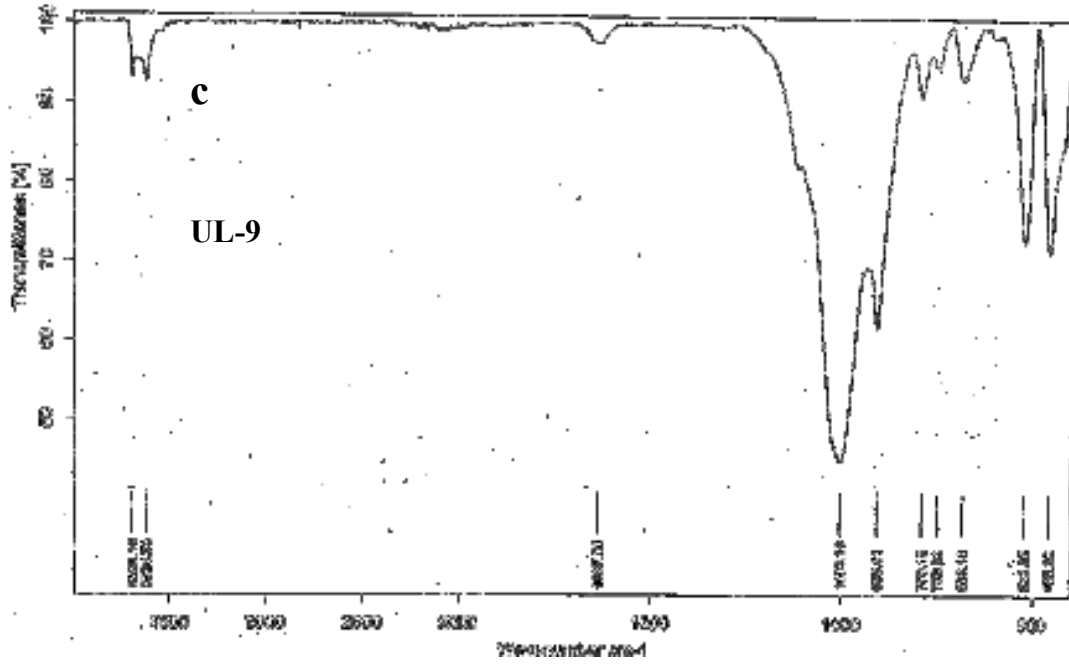
Bunlarla birlikte, smektit örneğindeki 1006, 909, 793 ve 750 cm^{-1} 'de gözlemlenen titreşim bantları, kaolinit örneklerinin titreşim bantları ile örtüşse de XRD verileri doğrultusunda, bu bantların montmorillonite ait olabileceğini düşündürmüştür.

Bu 3 örnekte çok az frekans kaymaları olmasına rağmen, kaolinit standart kilinin temel titreşim frekanslarından 12 tanesi; smektit grubu standart killerin temel titreşim frekans tablosunda montmorillonitin temel titreşim frekanslarından 6 tanesi görülmektedir. Bu frekans kaymalarının nedeni ise kil minerallerinin tabakaları arasında

su girmesi veya iyonlar ile organik moleküllerin hidroksillerle bağ oluşturarak tabakalar arasına girmesinden kaynaklanmaktadır (Njoya vd., 2006; Davarcioğlu vd., 2008).

IR spektroskopisi verileri bir bütün olarak ele alındığında, XRD ve DTA-TG verileri ile uyum göstermektedir.





Şekil 4.5.1. Kütahya bölgesi kaolen ocaklarından alınan saf kil örneklerinin IR spektrumları.

- a) Yüylük köyü kaolen ocağından alınan kaolen örneği (YUY-10),
- b) Ulaşlar köyü kaolen ocağından alınan kaolen örneği (UL-11),
- c) Ulaşlar köyü kaolen ocağından alınan smektit örneği (UL-9).

4.6 Tüm Kayaç Kimyasal Analizleri

Kütahya bölgesi, Yüylük, Yağmurlar, Kurtdere, Ulaşlar ve Saklar kaolen yatakları ile Akçaalan ve Sazak kaolen zuhurlarından toplanan taze, yarı altere ve altere örneklerin tüm kayaç kimyasal analiz sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir. Buna göre, kimyasal analizlerde major (ana) element konsantrasyonları % oksit cinsinden; iz element ve nadir toprak elementleri ise ppm (parts per million) cinsinden verilmiştir. Jeokimyasal yorumlamalarda kullanılan major elementler, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO, Cr₂O₃, Ni, Sc; iz elementler, Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl, Se; nadir toprak elementleri ise, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu'dur.

Örneklerdeki major ve iz element bileşimleri, kayaçların taze ve alterasyon ürünlerinin mineralojik bileşimi ile uyumludur. Bu veriler ışığında, kayaç adlandırılması için kullanılan Zr/TiO₂'te karşılık Nb/Y diyagramında egemen olarak kayaçlar, riyodasit, dasit, trakiandezit ve andezit olarak belirlenmiştir (Winchester ve Floyd, 1977) (Şekil 4.6.1).

Petrografik ve jeokimyasal veriler doğrultusunda, riyodasit, dasit, trakiandezit ve andezitler, sub-alkalen karakterlidirler (Şekil 4.6.2). Kayaçlarda büyük oranda Si ve alkali değişimi olduğu için, bu diyagram sadece taze kayaçlar için uygulanabilir.

Çizelge 10. Çalışma alanından alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları.

%	Altere				Yarı Altere			
	YUY10	YUY16	YUY19	ORT.	YUY11	YUY31	YUY35	ORT.
SiO ₂	55.15	47.71	44.55	49.14	73.24	80,24	69,93	74.47
Al ₂ O ₃	30.93	30.13	38.03	33.03	9.33	9,91	19,47	12.90
ΣFe ₂ O ₃	0.30	6.67	0.27	2.41	9.04	1.0	0,4	3.48
MgO	0.07	0.12	0.02	0.07	0.05	0,34	0,06	0.15
CaO	0.06	0.06	0.04	0.05	0.06	0,30	0,11	0.16
Na ₂ O	<0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0,05	0,04	0.04
K ₂ O	0.04	0.09	0.08	0.7	0.14	0,07	0,04	0.08
TiO ₂	0.55	0.71	0.93	0.73	1.31	0,65	0,42	0.79
P ₂ O ₅	0.254	0.465	0.515	0.410	0.111	0,06	0,20	0.12
MnO	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0,01	0,01	0.01
Cr ₂ O ₃	0.014	0.013	0.035	0.02	0.007	0,002	0,012	0.007
A.Z.	12.3	13.8	14.9	13.7	6.4	7,3	9,1	7.6
Top	99.66	99.72	99.40	99.59	99.74	99,92	99,76	99.81
Iz Elementler (ppm)								
Ba	271	282	381	311	79	75	117	90
Be	<1	1	<1	1	1	1	1	1
Co	2.5	8.8	<0.2	3.8	1.3	0,4	0,3	0.7
Cs	0.3	0.5	<0.1	0.3	1.8	2,4	1,2	1.8
Ga	27.1	27.6	39.4	31.4	15.1	10,6	24,1	16.6
Hf	4.3	6.3	6.9	5.8	11.9	6,6	3,6	7.4
Nb	14.2	18.3	25.9	19.5	34.5	16,7	9,8	20.3
Rb	1.5	3.3	0.2	1.7	9.1	4,7	2,3	5.4
Sn	2	3	4	3	7	3	2	4
Sr	2241	3367	5519	3709	420.5	315,7	1671	802.4
Ta	1.2	1.5	1.7	1.5	2.8	1,8	1.0	1.9
Th	17.0	24.8	32.5	24.8	18.2	17,8	12,4	16.1
U	12.8	12.2	9.1	11.4	17.4	2,9	1,3	7.2
V	180	169	233	194	130	43	67	80
W	2.9	4.0	2.3	3.1	5.5	3	1,7	3.4
Zr	147.8	225.7	241.7	205.1	394	222,7	124,8	247.2
Y	2.0	5.3	22.2	9.8	6.3	5,2	1,9	4.5
La	36.9	73.3	67.1	59.1	28	28,3	21,4	25.9
Ce	85.5	174.3	149.4	136.4	44	51,6	34,2	43.3
Pr	11.66	21.10	18.64	17.1	3.97	6,5	3,69	4.72
Nd	48.7	85	73	69	11.4	20,3	13	15
Sm	7.24	12.49	12.12	10.60	1.76	2,82	1,75	2.11
Eu	1.0	1.82	1.94	1.60	0.35	0,57	0,32	0.41
Gd	2.76	4.96	7.02	4.91	1.35	2,28	1,42	1.68
Tb	0.24	0.39	0.74	0.46	0.22	0,23	0,13	0.19
Dy	0.88	1.39	3.98	2.08	1.32	1,08	0,41	0.94
Ho	0.08	0.17	0.72	0.32	0.27	0,19	0,07	0.18
Er	0.25	0.54	2.33	1.04	0.82	0,58	0,14	0.51
Tm	0.04	0.08	0.41	0.18	0.13	0,11	0,03	0.09
Yb	0.26	0.71	2.62	1.20	1.10	0,88	0,25	0.74
Lu	0.04	0.10	0.39	0.18	0.18	0,14	0,04	0.12
Pb	10.5	22.7	10.8	14.7	25.5	14	5	14.8
Zn	3	3	<1	2	12	4	2	6
Ni	6.5	24.1	0.9	10.5	10	2,1	2,3	4.8
Au (ppb)	36	1.6	0.9	12.8	2.6	0,5	0,5	1.2
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0,1	0,1	0.1
Mo	0.1	1.0	1.2	0.8	3.4	0,2	0,2	1.3
Cu	2.1	9.7	3.4	5.1	27.8	3,9	1,6	11.1
As	1.2	19.8	3.2	8.1	81.3	1,8	2,8	28.6
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0,1	0,1	0.1
Sb	0.1	0.4	0.2	0.23	0.8	0,1	0,1	0.3
Bi	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0,4	0,3	0.4
Hg	0.64	2.37	0.77	1.26	1.19	1,26	0,22	0.89
Tl	<0.1	0.2	<0.1	0.1	0.7	0,1	0,1	0.3
Se	<0.5	0.8	<0.5	0.6	6.3	0,5	0,5	2.4

YUY: Yüylük, AK: Akçaalan, S: Sazak, KURT: Kurtdere, UL: Ulaşlar, SAK: Saklar, YAG: Yağmurlar.
A.Z: Ateş zayıyatı.

%	Taze			
	YUY36	YUY39	YUY45	ORT.
SiO ₂	82,83	79,5	86,64	83,0
Al ₂ O ₃	8,34	12,07	5,38	8,6
ΣFe ₂ O ₃	1,75	0,53	0,5	0,93
MgO	0,07	0,12	0,25	0,15
CaO	0,19	0,03	0,32	0,18
Na ₂ O	0,04	0,24	0,03	0,10
K ₂ O	0,08	0,94	0,14	0,40
TiO ₂	0,74	0,48	0,71	0,64
P ₂ O ₅	0,12	0,06	0,03	0,07
MnO	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,002	0,015	0,002	0,006
A.Z.	5,7	5,9	5,9	5,8
Top	99,87	99,91	99,95	99,91
Iz Elementler (ppm)				
Ba	269	375	165	270
Be	1	1	1	1
Co	1,4	0,6	0,2	0,7
Cs	2,5	3	6,1	3,9
Ga	9,6	11,7	6,1	9,1
Hf	5,4	3,1	6,2	4,9
Nb	17,8	11,1	18,9	16,0
Rb	4,9	41,5	13,2	20,0
Sn	3	2	3	3
Sr	601,6	215,9	170,9	329,5
Ta	1,9	0,9	1,6	1,5
Th	32,6	8,5	9,9	17,0
U	1,8	3,3	2,8	2,6
V	36	50	21	36
W	3,6	1,3	3,5	2,8
Zr	194,2	117,5	225,4	179,0
Y	4,5	7,3	2,4	4,7
La	32,1	26	14,5	24,2
Ce	61,5	59,6	24,4	48,5
Pr	6,43	6,78	2,21	5,14
Nd	21,3	18,8	6,5	15,5
Sm	3,88	1,94	0,82	2,21
Eu	0,82	0,35	0,14	0,44
Gd	4,24	1,6	0,69	2,18
Tb	0,49	0,2	0,08	0,26
Dy	1,53	1,22	0,4	1,05
Ho	0,2	0,24	0,08	0,17
Er	0,61	0,73	0,28	0,54
Tm	0,11	0,15	0,04	0,10
Yb	0,89	0,85	0,44	0,73
Lu	0,13	0,13	0,08	0,11
Pb	13,9	6,8	11,2	10,6
Zn	3	1	2	2
Ni	2,5	2,1	1,1	1,9
Au (ppb)	0,5	0,5	0,5	0,5
Ag	0,1	0,1	0,1	0,1
Mo	1	2,6	0,2	1,3
Cu	3,4	2,4	0,8	2,2
As	3,3	2,3	0,5	2
Cd	0,1	0,1	0,1	0,1
Sb	0,5	0,1	0,1	0,23
Bi	0,4	0,2	0,2	0,3
Hg	1,03	0,07	0,39	0,5
Tl	0,1	0,1	0,1	0,1
Se	0,5	0,5	0,5	0,5

%	Altere					Yarı Altere			
	AK 9	AK 10	AK 14	AK 17	ORT.	AK 4	AK 6	AK 7	ORT.
SiO ₂	64.64	62.82	64.80	66.28	64.64	66.34	52.06	53.24	52.21
Al ₂ O ₃	18.17	20.77	17.62	16.80	18.34	15.82	19.26	18.52	17.9
ΣFe ₂ O ₃	0.97	0.90	1.68	1.63	1.3	2.54	5.61	5.36	4.5
MgO	0.35	0.41	0.41	0.64	0.45	1.10	3.40	3.87	2.79
CaO	1.82	1.49	1.73	1.82	1.72	2.01	5.80	5.40	4.4
Na ₂ O	2.18	1.72	2.3	2.29	2.12	2.24	2.72	2.58	2.51
K ₂ O	3.46	2.08	3.40	3.48	3.11	5.77	1.56	1.45	2.93
TiO ₂	0.36	0.46	0.36	0.36	0.39	0.36	0.79	0.73	0.63
P ₂ O ₅	0.172	0.175	0.089	0.093	0.13	0.144	0.314	0.289	0.249
MnO	0.03	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.07	0.07	0.06
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002
A.Z.	7.3	8.9	7.0	6.0	7.3	3.3	8.2	8.3	6.6
Top	99.51	99.70	99.66	99.47	99.59	99.67	99.83	99.83	99.78
Iz Elementler (ppm)									
Ba	1555	1435	1903	1855	1687	1693	1800	1653	1715
Be	4	3	3	3	3	3	3	2	3
Co	0.7	0.8	1.5	3.7	1.7	3.9	8.7	9.6	7.4
Cs	28.7	40.5	26.4	51.6	36.8	14.3	11.4	13.2	13.0
Ga	18.2	17.9	17.2	17.7	17.8	17.8	19.8	18.8	18.8
Hf	6.2	5.3	6.2	6.2	6.0	5.6	6.2	5.5	5.8
Nb	16.5	14.8	18	17.4	16.7	15.7	14.2	22.2	17.4
Rb	211.1	120.5	192.1	225.5	136.6	196.9	38.7	35.7	90.4
Sn	3	3	3	3	3	2	3	3	3
Sr	1169	1222	695.1	790.7	969.2	664.3	953.4	917.1	845.0
Ta	1.3	1.1	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0	1.8	1.0
Th	35.4	31.1	37.8	36.9	35.3	26.1	24.2	22.4	24.2
U	12.8	9.4	9.1	8.6	10.0	10.7	5.3	5.9	7.3
V	64	92	41	49	39	47	95	89	77
W	12.8	2.9	3.7	3.1	5.6	3.0	1.6	1.6	2.1
Zr	222.7	188.9	230.4	221	216	194.3	212.9	202.9	203.4
Y	22.3	11.6	17.3	21.2	18.1	56.5	29.5	27.6	37.9
La	81.3	65.9	74.2	60.4	70.5	47.7	46.1	46	46.6
Ce	161.4	129.9	136.4	110.2	134.5	89.3	91.5	92.2	91
Pr	17.5	14.19	13.75	11.07	14.13	9.49	10.60	10.40	10.2
Nd	68.6	48.7	45.2	36.8	49.8	33.7	41.2	40.9	38.6
Sm	11.94	6.54	6.34	5.82	7.66	5.40	7.15	6.79	6.50
Eu	2.37	1.31	1.28	1.39	1.60	1.19	1.73	1.61	1.51
Gd	8.38	4.37	4.53	4.58	5.47	5.13	6.29	5.97	5.80
Tb	1.03	0.56	0.59	0.65	0.71	0.98	0.90	0.84	0.91
Dy	4.57	2.78	3.25	3.64	3.56	7.32	5.24	4.78	5.78
Ho	0.78	0.44	0.63	0.67	0.63	1.67	1.0	0.97	1.21
Er	2.28	1.29	1.79	2.15	1.90	5.47	2.92	2.78	3.72
Tm	0.37	0.20	0.31	0.35	0.31	0.90	0.47	0.45	0.61
Yb	2.57	1.36	2.11	2.56	2.15	5.85	3.04	2.98	3.96
Lu	0.39	0.19	0.32	0.39	0.32	0.86	0.43	0.43	0.57
Pb	41.1	13.3	54.6	42.9	38.0	30.5	34.5	31.1	32.0
Zn	63	72	76	53	66	26	75	62	54
Ni	1.1	0.7	1.4	1.2	1.1	2.3	2.6	4.7	3.2
Au (ppb)	4.7	1.1	3.8	1.7	2.8	<0.5	23.9	10.5	11.6
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Mo	0.5	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.2	0.9	0.5
Cu	2.0	2.7	2.2	2.5	2.4	3.5	5.9	6.7	5.4
As	4.2	4.1	7.3	10.7	6.6	2.5	1.5	0.7	1.6
Cd	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3	<0.1	<0.1	0.2	0.1
Sb	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Bi	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2
Hg	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.08	0.01	0.02	0.004
Tl	0.3	0.5	0.3	0.3	0.4	0.1	<0.1	<0.1	0.1
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5

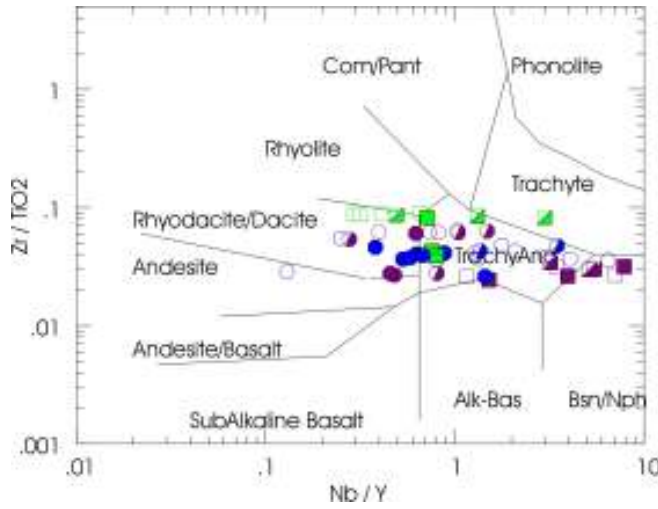
%	Taze			Altere S 8	Yarı Altere		
	AK 5	AK 8	ORT.		S 7	S 10	ORT.
SiO ₂	68.52	56.12	62.32	67.76	70.18	70.91	70.55
Al ₂ O ₃	14.71	18.24	16.48	15.84	18.07	15.09	16.58
ΣFe ₂ O ₃	2.50	5.25	3.90	1.25	1.07	1.90	1.50
MgO	0.85	2.84	1.85	0.94	0.11	0.45	0.28
CaO	1.69	5.32	3.51	0.49	0.39	1.55	0.97
Na ₂ O	1.73	3.07	2.40	0.83	0.62	3.53	2.1
K ₂ O	7.14	2.13	4.60	4.50	1.13	4.90	3.00
TiO ₂	0.34	0.74	0.54	0.30	0.39	0.33	0.36
P ₂ O ₅	0.102	0.289	0.196	0.036	0.097	0.03	0.06
MnO	0.04	0.11	0.08	<0.01	<0.01	0.02	0.02
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	0.002	<0.002	0.006	<0.002	0.004
A.Z.	2.0	5.6	3.8	7.8	7.8	1.0	4.4
Top	99.66	99.67	99.67	99.77	99.87	99.72	99.80
Iz Elementler (ppm)							
Ba	1981	1805	1893	1361	1123	1726	1425
Be	5	3	4	2	1	2	1.5
Co	3.8	8.4	6.1	0.7	<0.2	1.8	1.0
Cs	14.0	63.7	38.9	6.8	5.0	4.1	4.6
Ga	17.9	19.8	18.9	14.5	18.8	15.4	17.1
Hf	5.5	5.7	5.6	5.3	6.9	5.9	6.4
Nb	16.3	13.7	15.0	15.4	19.7	16.8	18.3
Rb	203.8	125.2	165.0	135.8	32.2	145.1	88.7
Sn	3	3	3	<1	<1	2	1.5
Sr	432	900.5	666.3	364.5	398.2	339.5	368.9
Ta	1.1	1.0	1.0	1.3	1.6	1.4	1.5
Th	27.3	23.1	25.2	26.1	56.5	32.2	44.4
U	9.2	5.9	7.6	6.3	8.4	6.1	7.3
V	41	90	66	35	30	24	27
W	1.8	1.9	1.9	2.0	2.7	3.2	3.0
Zr	205.4	204.9	205.2	185.4	246.8	202.6	224.7
Y	26.1	30	28.1	38.6	13.3	16.1	14.7
La	46.4	47.6	47.0	45.3	67.2	47.3	57.3
Ce	85.9	93.1	89.5	80.1	126.7	81.6	104.2
Pr	9.14	10.72	9.93	8.44	12.75	8.49	10.62
Nd	32.1	42	37.1	28.3	43.7	28.5	36.1
Sm	4.66	7.11	5.9	4.65	6.25	4.46	5.4
Eu	1.05	1.65	1.35	1.10	1.06	1.06	1.06
Gd	4.35	6.13	5.24	4.58	3.53	3.42	3.48
Tb	0.68	0.89	0.79	0.90	0.47	0.57	0.52
Dy	4.27	5.19	4.73	5.53	2.30	3.0	2.65
Ho	0.87	1.01	0.94	1.19	0.42	0.58	0.50
Er	2.71	2.80	2.76	3.63	1.34	1.67	1.51
Tm	0.44	0.45	0.45	0.58	0.24	0.28	0.26
Yb	2.78	2.84	2.81	3.83	1.83	1.96	1.90
Lu	0.41	0.42	0.42	0.61	0.3	0.3	0.3
Pb	29.7	20.7	25.2	2.5	9.4	6.4	7.9
Zn	28	42	30	7	2	12	7
Ni	3.3	1.5	2.4	1.0	0.4	8.5	4.5
Au (ppb)	<0.5	3.2	1.9	<0.5	1.0	<0.5	0.8
Ag	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Mo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.9	0.7
Cu	5.0	5.0	5.0	1.3	1.3	3.2	2.3
As	2.9	1.2	2.1	16.4	49.2	142.7	96.0
Cd	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Sb	<0.1	0.1	0.1	0.4	1.3	1.2	1.25
Bi	0.4	<0.1	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Hg	0.07	0.01	0.04	0.13	0.06	0.02	0.04
Tl	0.2	<0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.25
Se	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5

%	Altere	Taze	Altere					Yarı
	KURT2	KURT1	UL 3	UL 6	UL 9	UL11	ORT.	Altere UL 2
SiO ₂	45.01	48.78	70.15	64.02	58.90	65.30	64.60	84.28
Al ₂ O ₃	38.59	3.56	19.42	23.78	17.48	22.92	20.90	9.15
ΣFe ₂ O ₃	0.36	1.57	0.45	0.41	3.65	0.34	1.21	0.31
MgO	0.03	0.56	0.07	0.17	1.71	0.14	0.52	0.06
CaO	0.31	22.83	0.13	0.14	1.60	0.16	0.50	0.08
Na ₂ O	0.13	0.11	0.02	0.01	0.52	0.04	0.15	0.03
K ₂ O	0.10	1.87	0.10	0.09	0.69	0.14	0.30	0.14
TiO ₂	<0.01	0.12	0.58	0.61	0.50	0.81	0.60	0.72
P ₂ O ₅	0.148	0.077	0.217	0.076	0.106	0.252	0.16	0.10
MnO	<0.01	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Cr ₂ O ₃	0.003	0.007	0.003	<0.002	<0.002	0.012	0.005	0.002
A.Z.	14.9	20.1	8.5	9.8	14.3	9.4	10.5	4.7
Top	99.59	99.64	99.61	99.14	99.51	99.56	99.46	99.56
Iz Elementler (ppm)								
Ba	2621	176	890	1579	1591	812	1218	1218
Be	<1	2	<1	<1	1	1	1	<1
Co	0.5	6.6	<0.2	<0.2	4.1	0.3	1.2	0.2
Cs	0.5	24.7	39.3	37.8	50.6	8.3	34.0	74.1
Ga	3.7	4.6	22.2	20	17.9	69.8	32.5	16.7
Hf	0.2	1.6	6.3	6.8	6.3	7.7	6.8	9.4
Nb	0.2	4.8	16.9	17.5	17.1	22.8	18.6	21.6
Rb	0.7	93.9	10.7	15.7	66.2	8.8	25.4	24.1
Sn	<1	1	4	4	3	4	4	5
Sr	1785	254.7	982.6	497.3	653.2	2358	1123	440.2
Ta	<0.1	0.3	1.4	1.5	1.3	1.6	1.5	1.9
Th	9.3	5.5	27.2	21.8	23.4	22.6	23.8	12.9
U	0.4	4.1	4.1	4.5	14.2	3.9	6.7	5.9
V	124	22	81	82	47	209	105	35
W	0.5	4.0	6.1	6.6	4.3	6.6	5.9	5.5
Zr	5.5	55.4	223	217	238	298.2	244	342.2
Y	0.8	12.6	5.6	2.7	9.6	5.6	5.9	6.2
La	6.8	11.9	52.6	34.5	40.3	80.4	52	22.7
Ce	12.1	23.6	99.3	58.4	68.9	116.8	86.0	38.9
Pr	1.34	2.75	10.76	5.60	7.90	10.33	8.60	3.96
Nd	3.8	10.5	38.1	16.9	27.0	24.2	26.6	14
Sm	0.56	2.03	5.46	1.99	4.19	2.06	3.43	2.17
Eu	0.08	0.32	1.01	0.31	0.70	0.39	0.6	0.32
Gd	0.19	1.93	3.89	1.25	3.84	1.56	2.6	1.65
Tb	0.04	0.33	0.46	0.15	0.45	0.17	0.31	0.25
Dy	0.19	1.83	1.68	0.67	2.14	0.94	1.36	1.28
Ho	0.03	0.38	0.26	0.11	0.33	0.20	0.20	0.24
Er	0.09	1.05	0.74	0.38	1.04	0.68	0.71	0.76
Tm	0.02	0.16	0.13	0.06	0.17	0.11	0.12	0.14
Yb	0.09	1.06	0.80	0.47	1.24	0.88	0.85	1.20
Lu	0.03	0.14	0.12	0.08	0.19	0.15	0.14	0.20
Pb	2.9	14.9	17.5	10.1	19.7	31.9	19.8	14.2
Zn	<1	25	15	9	212	26	66	12
Ni	1.7	98.6	1.3	1.0	5.3	1.4	2.3	1.3
Au (ppb)	<0.5	1.4	1.2	0.7	<0.5	0.7	0.2	1.3
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1
Mo	0.5	1.3	0.2	0.3	<0.1	0.2	0.2	0.1
Cu	3.2	7.6	1.4	0.8	7.5	2.3	3.0	1.0
As	14.7	251.7	40.5	117.3	57.4	22.9	59.5	20.3
Cd	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1
Sb	0.7	4.8	7.1	4.4	1.1	3.3	4.0	3.7
Bi	<0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3
Hg	<0.01	0.02	<0.01	0.16	0.43	0.18	0.2	0.02
Tl	<0.1	0.5	0.6	3.2	1.3	0.2	1.3	0.7
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5

%	Taze							Altere				
	UL 16	UL 18	UL20	UL21	UL22	UL23	ORT.	SAK2	SAK5	SAK16	SAK24	ORT.
SiO ₂	69.45	68.17	66.36	66.95	67.22	67.58	67.62	60.90	62.48	69,36	52,65	61.35
Al ₂ O ₃	15.49	16.05	15.60	15.29	15.81	15.59	15.64	14.38	23.65	9,62	15,81	15.87
ΣFe ₂ O ₃	1.93	2.50	2.78	3.05	2.96	2.74	2.66	10.29	1.84	7,5	4,29	5.98
MgO	0.86	0.89	0.95	0.99	1.01	0.97	0.95	0.22	0.08	1,58	4,22	1.53
CaO	1.32	0.49	0.9	1.59	1.41	1.66	1.23	0.69	0.22	0,58	1,5	0.75
Na ₂ O	1.93	0.73	1.38	2.11	2.03	2.2	1.73	0.11	0.02	0,1	0,08	0.08
K ₂ O	5.63	7.03	9.03	5.85	6.29	6.08	6.65	0.44	0.06	1,85	0,89	0.81
TiO ₂	0.49	0.54	0.5	0.5	0.53	0.51	0.51	0.85	0.76	0,38	0,54	0.63
P ₂ O ₅	0.089	0.177	0.15	0.17	0.14	0.11	0.14	0.703	0.165	0,04	0,03	0.24
MnO	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	<0.01	0,02	0,05	0.02
Cr ₂ O ₃	<0.002	0.002	0.004	0.003	0.003	0.002	0.02	0.024	0.004	0,017	0,002	0.01
A.Z.	2.5	3.2	2.1	2.5	2.3	2.2	2.5	10.0	10.2	8,8	19,5	12.1
Top	99.75	99.84	99.78	99.06	99.76	99.69	99.65	98.61	99.44	99,84	99,56	99.36
Iz Elementler (ppm)												
Ba	971	1223	940	7376	1018	1606	2189	1341	1958	520	2636	1614
Be	2	2	2	3	3	3	2.5	3	<1	2	1	1.75
Co	3.9	6.8	4.5	5.6	4.5	4.1	4.9	125.9	7.7	10,3	13,9	39.5
Cs	7.5	19.8	11.7	5.7	7.2	4.7	9.4	12.1	15.9	82,5	8,7	29.8
Ga	17.3	17.5	15.6	15.3	16.1	16	16.3	29.7	22.6	12,9	17,7	20.7
Hf	5.3	5.8	5.6	5.8	6.5	6	5.8	9.9	9.4	3,2	6,9	7.4
Nb	15.8	16.1	14.5	14.3	14.8	14.2	15.0	22.9	21.6	9,3	14,6	17.1
Rb	218.9	274	283.9	218.8	259.8	203.6	243.2	18.2	6.9	148,4	42,6	54.0
Sn	2	2	3	3	3	3	2.7	9	5	3	3	5
Sr	200.1	107.1	116.1	234.3	179.8	218.6	176	5364	905.5	87,1	127,3	1621
Ta	1.3	1.2	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.9	1.9	0,6	1,4	1.5
Th	21.6	20.4	19.1	18.6	20.8	19.6	20.02	50.6	29.7	27	20,9	32.1
U	5.9	3.6	4.8	8.5	7.7	9.3	6.6	19.9	9.2	5,8	1,9	9.2
V	57	57	43	59	61	60	56	177	116	62	49	101
W	2.6	4.0	1.9	2.2	2.1	2	2.5	12.1	3.7	2,6	1,4	5.0
Zr	194	223.1	182.8	188.3	214.1	200.3	200.4	313.3	322.5	108,6	193,3	234.4
Y	20.4	18.2	27.2	24.5	23.5	20.9	22.5	17.1	10.3	71,6	18,2	29.3
La	42.2	42	42.8	35.4	41.2	33.8	39.6	104	41.7	13,7	23,6	45.8
Ce	76.6	75.9	81.7	67.8	76.5	62	73.4	185	80.8	26,6	54,8	86.8
Pr	8.65	8.65	10.03	8.57	8.64	7.12	8.61	19.26	9.05	3,12	6,78	9.55
Nd	30.7	30.7	36.7	31.2	30	25.4	30.8	64.7	30.6	13,6	27,3	34.1
Sm	5.42	5.36	6.67	5.74	5.26	4.54	5.5	10.14	4.45	5,23	5,71	6.38
Eu	1.09	1.05	1.71	1.24	1.05	0.97	1.2	1.81	0.75	1,84	1,31	1.43
Gd	4.59	4.33	6.05	5.19	4.46	3.91	4.8	6.07	2.95	9,75	5,35	6.03
Tb	0.72	0.67	0.95	0.83	0.74	0.65	0.76	0.76	0.48	2,16	0,79	1.05
Dy	3.88	3.40	4.98	4.32	3.98	3.51	4.01	3.37	2.55	14,17	4,38	6.12
Ho	0.79	0.69	0.97	0.87	0.78	0.72	0.8	0.60	0.43	3,05	0,8	1.2
Er	2.33	1.95	2.7	2.5	2.36	2.1	2.32	1.77	1.26	9,23	2,45	3.70
Tm	0.39	0.32	0.42	0.39	0.38	0.35	0.38	0.29	0.22	1,42	0,37	0.58
Yb	2.35	2.06	2.62	2.52	2.47	2.22	2.37	1.83	1.45	8,89	2,35	3.63
Lu	0.35	0.34	0.4	0.38	0.37	0.35	0.37	0.29	0.23	1,33	0,37	0.56
Pb	8.4	9.0	17.9	9.3	11.7	10.2	11.1	1380	95.3	14	7,3	374.2
Zn	28	40	29	28	26	27	30	83	54	60	43	60
Ni	3.4	5.7	6.2	6.4	7.9	4.1	5.6	238.2	38.7	94,4	27,4	99.7
Au ppb	0.6	2.5	1.1	0.8	0.5	<0.5	1.0	1.2	<0.5	0,5	0,5	0.7
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.7	<0.1	0,1	0,1	0.3
Mo	0.2	0.6	0.4	1.5	0.6	0.8	0.7	28.4	2.1	0,7	0,1	7.8
Cu	1.3	2.5	5.8	5.4	6.9	3.8	4.3	75.6	21	7,2	3,6	26.9
As	4.2	14.5	15.8	10.8	24.9	17.2	14.6	4683	674.9	27,7	3,3	1347
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	2.1	0.2	0,1	0,1	0.6
Sb	0.9	0.9	1	0.5	0.7	0.8	0.8	25.6	5.8	7,3	0,1	9.7
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2	0.3	0,4	0,1	0.3
Hg	0.03	0.01	0.06	0.05	0.01	0.03	0.03	4.23	0.29	0,08	0,08	1.17
Tl	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2.8	0.8	1,8	0,3	1.4
Se	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	0,7	0,5	0.6

%	Yarı Altere SAK17	Taze SAK26	Altere YAG2	YAG6	YAG 7	YAG11	ORT.
SiO ₂	81,4	53.04	70.48	63.79	70.45	67.3	68.01
Al ₂ O ₃	9,63	14.4	12.55	14.28	13.5	13.7	13.51
ΣFe ₂ O ₃	1,44	7.53	0.86	2.03	0.69	0.97	1.14
MgO	0,17	4.97	1.87	2.94	1.65	2.16	2.16
CaO	0,15	5.79	0.99	1.32	0.83	1.1	1.06
Na ₂ O	0,03	2.31	0.07	0.03	0.02	0.03	0.04
K ₂ O	0,35	6.52	0.16	0.10	0.10	0.09	0.11
TiO ₂	0,48	1.92	0.26	0.28	0.26	0.26	0.27
P ₂ O ₅	0,23	0.56	0.040	0.029	0.037	0.044	0.038
MnO	0,01	0.1	<0.01	0.08	0.02	<0.01	0.03
Cr ₂ O ₃	0,004	0.048	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002
A.Z.	5,9	2.4	12.1	15.6	12.0	13.8	13.38
Top	99,76	99.63	99.39	100.49	99.52	99.46	99.72
Iz Elementler (ppm)							
Ba	485	431	898	274	90	61	331
Be	1	6	2	2	1	2	1.75
Co	2,3	25.2	3.3	0.7	0.9	1.4	1.58
Cs	61,4	4.4	58.7	41.7	45.2	36.7	45.58
Ga	36,3	19.3	13.9	17.0	15.1	15.2	15.3
Hf	5,7	15.7	6.5	6.8	6.3	6.5	6.53
Nb	13,3	32.3	17.2	19.9	17.6	17.4	18.03
Rb	53,6	297.5	23.1	14.3	17.3	14.1	17.2
Sn	3	4	3	3	3	3	3
Sr	1207	537.7	183.3	236.8	238.3	220.5	219.7
Ta	1,2	1.9	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2
Th	14,3	10.7	39.4	41.3	41.1	39.5	40.3
U	3	4.7	8.7	2.9	7.3	11.3	7.6
V	36	176	60	<8	32	22	31
W	4,8	1.5	2.1	1.7	2.8	2.7	2.3
Zr	206,8	501.5	227.5	254.3	228.6	227.0	234.4
Y	9,8	22.3	58.5	30.1	42.7	54.6	46.5
La	85,4	52.1	50.5	55.4	65.9	85.8	64.4
Ce	97,9	118.6	108.9	99.0	118.9	170.1	124.2
Pr	7,53	15.56	13.14	11.38	12.47	19.63	14.16
Nd	25,9	63.4	49.7	39.0	45.0	73.5	51.8
Sm	6,53	9.99	8.97	7.01	7.39	12.40	8.94
Eu	1,39	2.21	1.82	1.31	1.47	2.53	1.78
Gd	5,46	6.7	7.89	5.96	6.43	10.15	7.61
Tb	0,6	0.92	1.51	1.02	1.15	1.74	1.36
Dy	2,73	4.58	8.96	5.63	6.77	9.66	7.76
Ho	0,47	0.79	1.89	1.13	1.37	1.9	1.57
Er	1,33	2.08	5.96	3.47	4.24	5.95	4.91
Tm	0,23	0.32	1.04	0.59	0.72	0.98	0.83
Yb	1,63	1.91	6.76	3.71	4.36	6.38	5.3
Lu	0,25	0.27	1.04	0.57	0.7	1.01	0.83
Pb	12,5	3.8	6.0	13.2	14.6	9.7	10.88
Zn	5	39	15	11	4	7	9
Ni	4,9	80.8	5.5	1.5	1.3	1.6	2.3
Au (ppb)	0,5	0.6	<0.5	0.7	<0.5	0.5	0.6
Ag	0,1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Mo	0,2	0.8	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.1
Cu	1	20.1	0.7	0.5	0.2	0.3	0.4
As	6,7	7.7	7.3	26.4	4.9	10.2	12.2
Cd	0,1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Sb	0,6	<0.1	0.5	2.1	0.5	0.7	0.9
Bi	0,1	<0.1	0.1	0.8	0.2	0.3	0.4
Hg	0,12	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.01
Tl	0,1	0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2	0.1
Se	0,5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5

%	Yarı Altere				Taze				
	YAG4	YAG15	YAG16	ORT.	YAG23	YAG26	YAG29	YAG31	ORT.
SiO ₂	74.5	72.11	69.48	72.03	72.52	73.18	66.82	76,01	72.13
Al ₂ O ₃	12.31	14.47	19.77	15.52	14.45	12.33	15,27	9,83	12.97
ΣFe ₂ O ₃	0.56	0.26	0.43	0.42	1.48	1.76	3,13	2,47	2.21
MgO	1.40	0.34	0.18	0.64	0.19	0.75	0,95	0,10	0.50
CaO	0.72	0.31	0.18	0.40	1.04	0.68	3,19	0,10	1.25
Na ₂ O	0.03	0.03	<0.01	0.02	3.31	0.89	3,41	0,44	2.01
K ₂ O	0.11	0.93	0.05	0.36	5.35	6.35	3,89	6,35	5.49
TiO ₂	0.27	0.31	0.38	0.32	0.27	0.43	0,52	0,31	0.38
P ₂ O ₅	0.067	0.079	0.026	0.057	0.053	0.075	0,12	0,19	0.11
MnO	0.02	<0.01	<0.01	0.01	0.03	<0.01	0,03	0,02	0.02
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	<0.002	0.003	0,002	0,002	0.002
A.Z.	10.3	10.4	9.2	1.0	1.1	3.2	2,4	3,8	2.6
Top	100.28	99.23	99.67	99.73	99.76	99.68	99,72	99,67	99.71
Iz Elementler (ppm)									
Ba	489	578	57	375	1585	1120	1426	1571	1426
Be	2	<1	<1	1.3	3	3	2	2	3
Co	0.5	0.7	2.3	1.2	0.9	1.7	4,7	1,8	2.3
Cs	55.2	16.0	6.7	26.0	3.4	29.8	5,9	3,5	10.7
Ga	14.9	16.7	21.4	17.7	16.7	15.4	18,3	11,4	15.5
Hf	6.3	7.2	8.6	7.4	6.1	4.5	5,7	3	4.8
Nb	17.4	21.2	25.5	21.4	16.8	13.8	14,9	9,3	13.7
Rb	18.4	6.1	4.0	9.5	165.8	293.5	121,6	178,6	189.9
Sn	3	3	4	3	3	1	2	2	2
Sr	432.8	510.3	58.8	334	239.5	202.4	437	493,3	343.1
Ta	1.2	1.6	1.8	1.5	1.3	0.9	1,2	0,8	1.1
Th	48.6	27.0	20.0	31.9	30.1	18.3	20,9	11,7	20.3
U	8.4	1.1	1.7	3.7	6.8	3.5	4,6	4,6	4.9
V	19	22	10	17	<8	52	55	44	40
W	3.6	8.0	4.5	5.4	2.3	7.3	2,3	3,7	3.9
Zr	233.8	256.1	320.7	270.2	222	175.1	223	120,5	185.2
Y	35.3	7.1	19.4	20.6	23.5	16.8	19,7	11,6	17.9
La	155.3	32.1	14.2	67.2	57.6	47.4	45,2	44,5	48.7
Ce	319.3	43.6	19.5	127.5	97.5	82.3	90,1	59,6	82.4
Pr	33.06	4.14	1.98	13.06	10.91	10.14	9,78	7,48	9.58
Nd	105.2	14.5	6.7	42.1	35.5	35.5	34,7	26	33
Sm	15.15	2.02	1.41	6.19	5.87	4.85	5,88	4,09	5.17
Eu	2.78	0.36	0.38	1.17	1.11	0.88	1,23	0,96	1.05
Gd	10.68	1.47	2.17	4.77	4.76	3.62	5,29	3,52	4.30
Tb	1.58	0.22	0.49	0.76	0.76	0.52	0,77	0,47	0.63
Dy	7.59	1.24	3.02	3.95	4.03	3.23	4,15	2,49	3.48
Ho	1.37	0.25	0.67	0.76	0.85	0.64	0,79	0,46	0.69
Er	3.65	0.83	2.11	2.20	2.68	1.90	2,09	1,24	1.98
Tm	0.64	0.14	0.35	0.38	0.44	0.29	0,36	0,2	0.32
Yb	4.11	1.10	2.04	2.42	2.88	2.16	2,21	1,32	2.14
Lu	0.58	0.19	0.34	0.37	0.44	0.34	0,32	0,19	0.32
Pb	4.5	2.7	2.4	3.2	11.9	65.3	3,3	331,5	103
Zn	6	4	3	4.3	38	182	24	27	68
Ni	1.4	3.4	1.9	2.2	1.6	8.7	4,1	4,9	4.8
Au (ppb)	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	0,5	17,1	4.7
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0,1	7	1.8
Mo	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.7	0.1	1,2	10,2	3.05
Cu	0.4	1.0	1.0	0.2	1.0	1.2	2,5	17,3	5.5
As	6.2	5.0	4.5	5.2	1.6	3.2	25,3	286,9	79.3
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.8	0,1	0,2	0.3
Sb	0.9	0.4	3.9	1.7	0.3	3.9	0,5	40,6	11.3
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.3	<0.1	0,1	0,1	0.2
Hg	<0.01	0.02	0.02	0.02	<0.01	0.03	0,01	1,32	0.34
Tl	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.2	0,1	0,6	0.3
Se	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	0,5	0,5	0.5



Şekil 4.6.1. Kütahya bölgesi volkanitleri ve bunlarla ilişkili kil minerallerinin Winchester ve Floyd (1977) diyagramında Nb/Y-Zr/TiO₂ hareketsiz elementler baz alınarak petrokimyasal adlandırılması.

Altıntaş Bölgesi
Yünlük

- Taze
- ◐ Yari Altere
- Altere

Simav Bölgesi
Yağmurlar

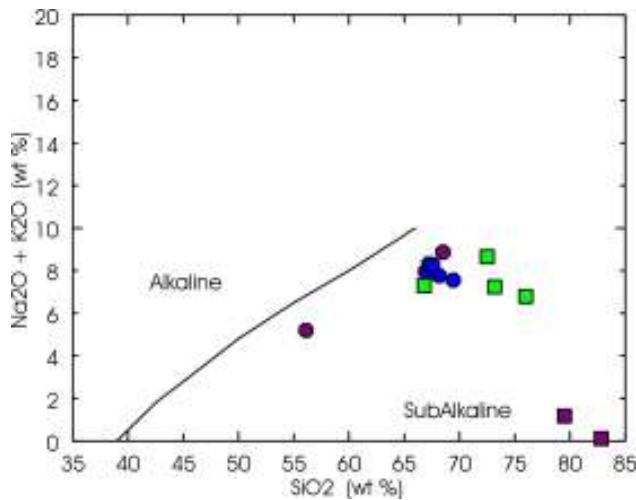
- Taze
- ◐ Yari Altere
- Altere

Hisarcık Bölgesi
Kurtdere, Ulaşlar, Saklar

- Taze
- ◐ Yari Altere
- Altere

Gediz Bölgesi
Akçaalan, Sazak

- Taze
- ◐ Yari Altere
- Altere

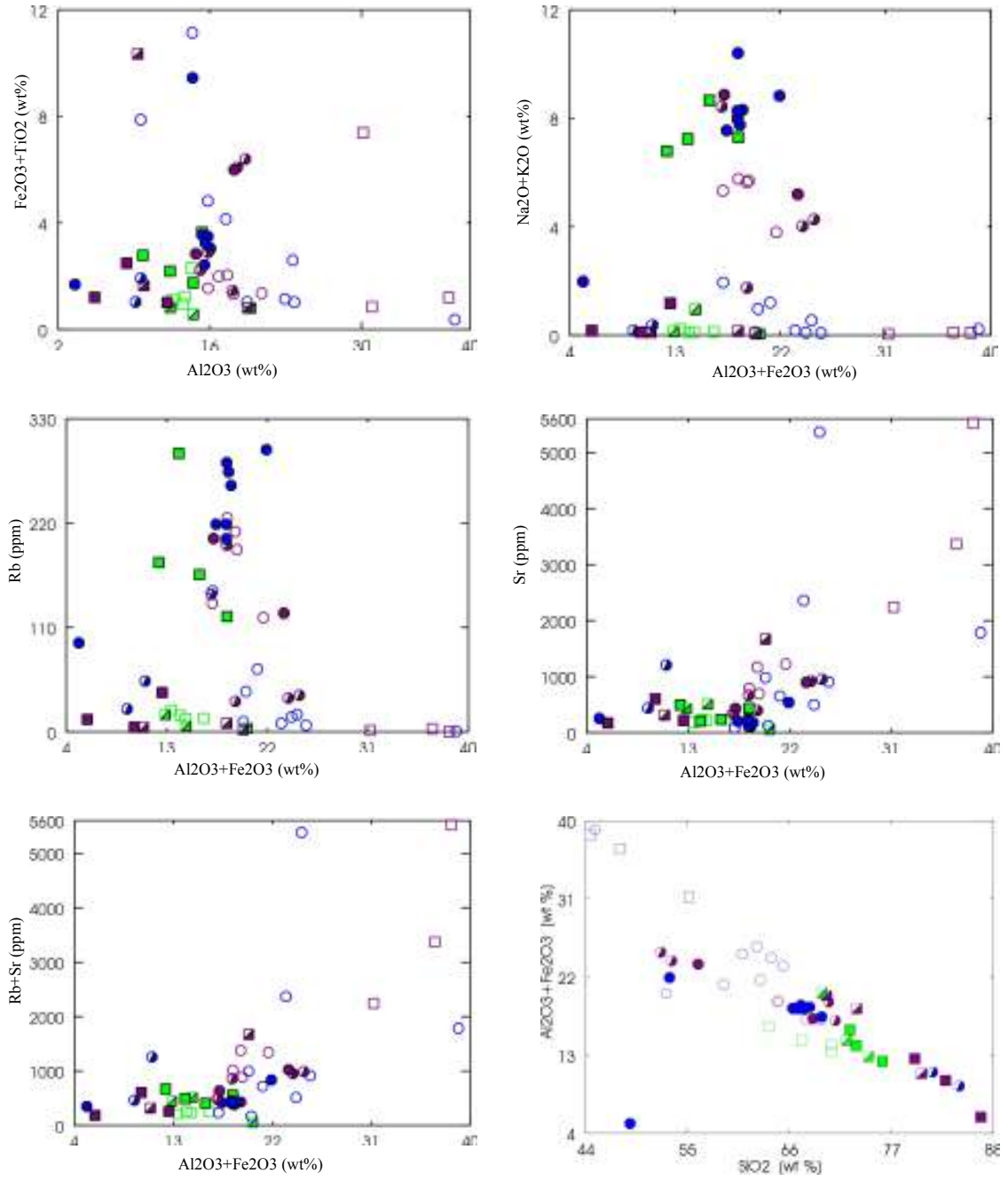


Şekil 4.6.2. Toplam alkali içeriğinin SiO₂'ye göre değişimi (Irvine ve Baragar, 1971).

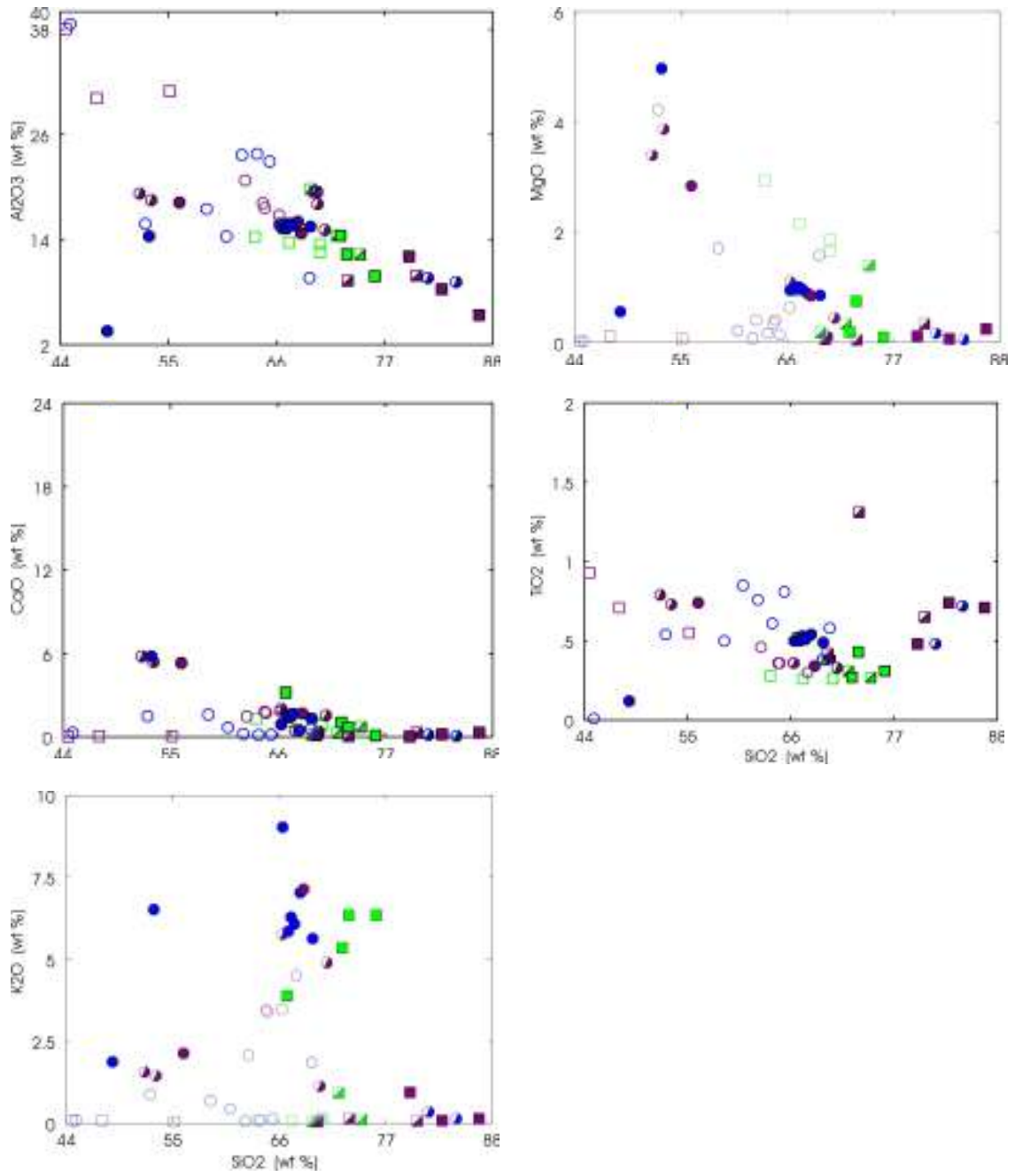
Çizelge 10 incelendiğinde, yüksek SiO₂ (44.55-86.64) miktarına karşı, düşük miktarda Al₂O₃ (5.38-38.59), Fe₂O₃ (0.26-10.29) ve TiO₂ (0.01-1.92) eşlik etmektedir. Alterasyon devam ettikçe SiO₂ miktarı azalmakta, buna bağlı olarak Al₂O₃, Fe₂O₃ ve TiO₂ miktarları artmaktadır (Şekil 4.6.3). Kil fraksiyonlarında, SiO₂ (44.55-70.48) miktarı düşük olup, Al₂O₃ (9.62-38.59), Fe₂O₃ (0.30-10.29) ve TiO₂ (0.01-0.93) miktarları yüksektir. Özellikle Al₂O₃ 'deki yüksek artışlar kaolenleşme ile ilişkilidir. Yani, Al₂O₃ oranı killeşme nedeni ile altere kayaçlarda daha yüksektir.

pH'ı düşük, yani yüksek asit dereceli çözeltilerde, Fe ve Al hidroksitleri çözeltiyeye geçer (Seyhan, 1971). Bundan dolayı, alterasyon arttıkça Al₂O₃ miktarı ile birlikte Fe₂O₃ miktarı da artmaktadır (Şekil 4.6.3). Böylece, ortamdaki pH değerinin yükselmesi ile kaolenli birimler içerisinde ve bunların yan dokanaklarında demir oksit damarları oluşur.

Kayaç içerisindeki yüksek SiO₂ miktarı, kaolinit, smektit ve illit gibi alterasyon ürünleri ile birlikte bulunan opal-CT, feldispat ve kuvarsin varlığını gösterir. SiO₂ oranı, alterasyonun artması ile azalmaktadır. Çizilen Harker diyagramlarında, SiO₂'deki artış ile beraber major oksitlerde meydana gelen değişimler Şekil 4.6.4'te verilmiştir. Buna göre, artan SiO₂ miktarına karşılık, CaO değerindeki azalmalar, hidrotermal alterasyon esnasında CaO'nun ortamdaki yikanarak uzaklaştığını göstermektedir (Besbelli ve Varol, 2002). K₂O değerindeki artış, ortamdaki illit ve K-feldispat ve amfibol minerallerinden kaynaklanmış olmalıdır (Mutlu vd., 2005). MgO değerindeki azalma, ortamın asidik olmasından dolayı, ferromagnezyen minerallerin yikanmasından kaynaklanmış olabilir. Ti ise, immobil (hareketsiz) olduğu için, artan SiO₂ değerine karşı düzensiz bir davranış göstermektedir. Ayrıca, illitleşme süreci ve K'ca zengin akışkanlar, volkanitlerin teması ile açıklanabilir.

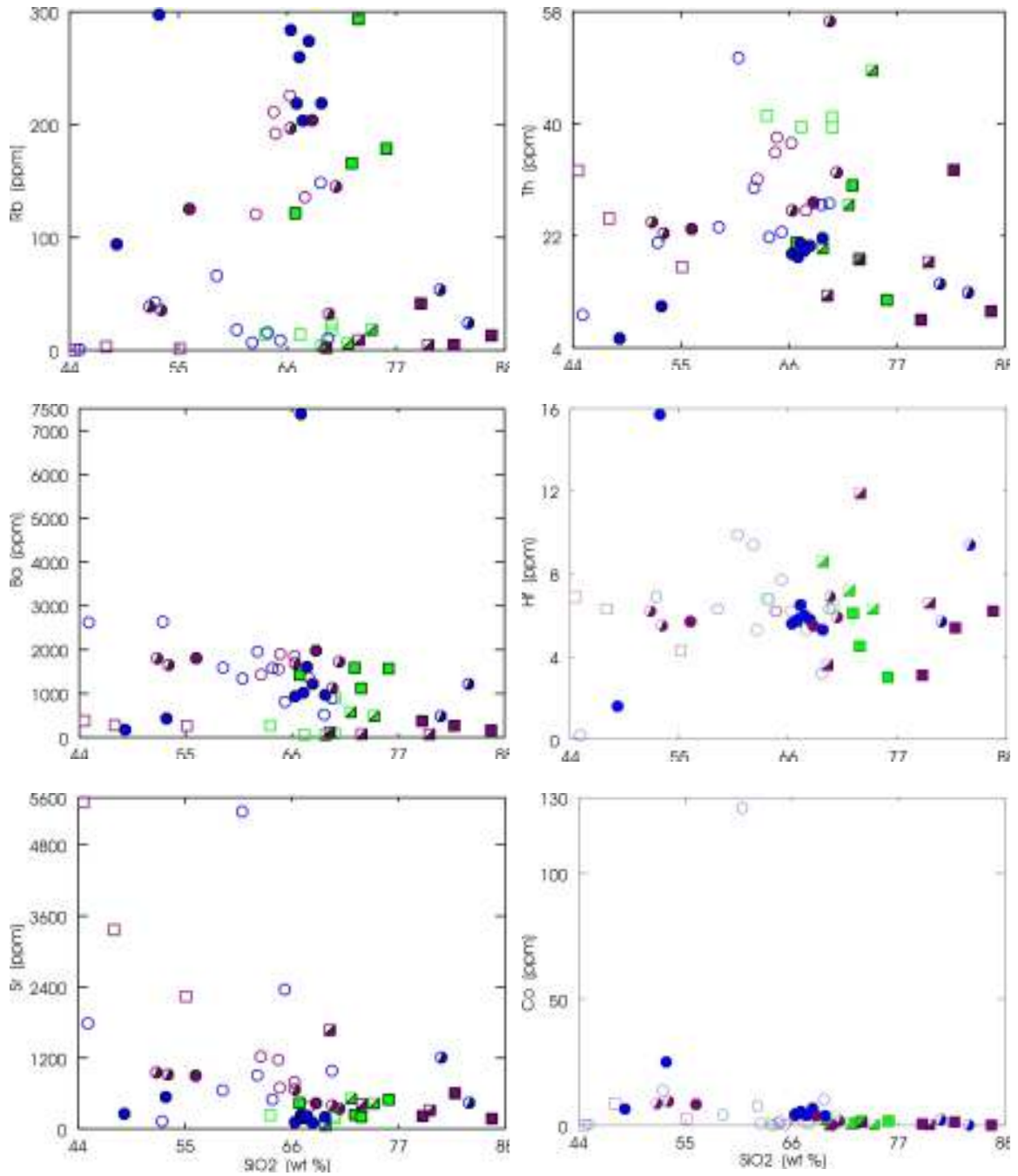


Şekil 4.6.3. Çalışma alanındaki volkanitlerin ve kilce zengin örneklerin ikili değişim diyagramları (Simge için Şekil 4.6.1'e bakınız).



Şekil 4.6.4. Çalışma alanındaki volkanitlerin ve kilce zengin örneklerin SiO₂'ye karşı major oksit değişim diyagramları (Simge için Şekil 4.6.1'e bakınız).

SiO₂-iz element diyagramlarında ise, SiO₂ ile Rb değeri pozitif korelasyon gösterirken; Ba, Sr ve Co değerleri negatif korelasyon göstermektedir (Şekil 4.6.5). Ancak, Al₂O₃ ve Fe₂O₃'e karşı Sr değeri ile Rb ve Sr değeri pozitif korelasyon göstermektedir. SiO₂'ya karşı Rb içeriğindeki artış, iyonik yarıçapının K' ya yakın olmasından dolayı, K'nın yerini alarak kristalleşme sırasında K-feldspat, hornblend ve biyotit gibi minerallerin bünyesine girmesi şeklinde açıklanabilir. Sr' nin azalması, plajiyoklazlarda Ca elementinin yerini alması ile; Co'nun azalması ise, mikaların yapısında bulunan Mg, Fe ve Al'nin yerlerini alması ile açıklanabilir.



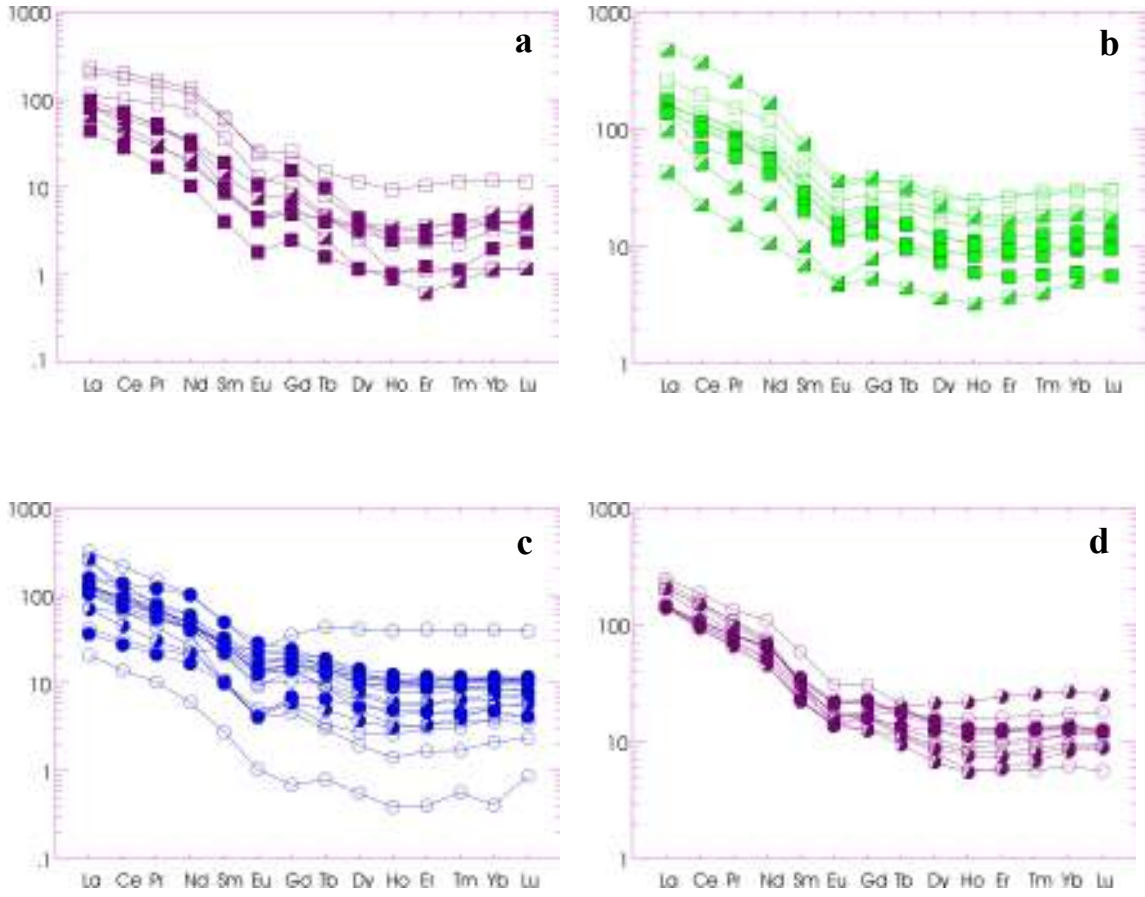
Şekil 4.6.5. Çalışma alanındaki volkanitlerin ve kilce zengin örneklerin SiO₂'ye karşı iz element değişim diyagramları (Simge için Şekil 4.6.1'e bakınız).

İnceleme alanından toplanan örneklerdeki nadir toprak elementleri (REE) içeriklerinin kondritlere göre (Boynton, 1984) ve iz element içeriklerinin ilksel mantoya göre (Wood, 1979) normalize edilerek örümcek diyagramları çizilmiştir.

Şekil 4.6.6 incelendiğinde, genel olarak hafif nadir toprak elementleri (LREE) daha fazla, ağır nadir toprak elementleri (HREE) ile Eu içerikleri daha az olduğundan dolayı, bunların kondritlere göre normalleştirilmiş dağılım desenlerinde belirgin bir negatif Eu anomalisi göze çarpmaktadır. Nispeten daha düşük REE içerikli ve toleyitik ürünlerin türemesi ve daha sonra diferansiyasyonu sonucu oluşan plajiyoklazlar, negatif Eu anomalilerin varlığı ile açıklanabilir (Shikazono vd., 2008). Negatif Eu anomalisinin varlığı ise, plajiyoklaz fraksiyonel kristalleşmesinin varlığı ile ilişkilidir.

Taze volkanitler ile altere ürünlerin nadir toprak element desenlerinin benzerlik sunması, alterasyon sürecinde nadir toprak elementlerinin hareketsiz davrandığına işaret eder. Bu da, Eu anomalisinin, alterasyon esnasında plajiyoklazların bozunmasından ziyade ilksel kökendeki değişimden kaynaklandığını ifade eder.

Şekil 4.6.7’de, numunelerdeki iz elementlerin içeriklerinin ilksel mantoya göre normalize edilmiş diyagramlarında, Rb, Ba, Nb, Sr, K ve Ti miktarlarında azalma görülmektedir. Rb, Ba ve Nb miktarlarındaki bu azalma mineralojik kompozisyon ile ilgilidir. Yani bu numuneler, mafik minerallerden daha fazla biyotit içermekte, bundan dolayı da Th’ ce zenginleşmesini göstermektedir. Ba ve bazı numunelerde bulunan Sr’ deki azalma çok az miktarda plajiyoklaz fraksiyonelleşmesi ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca Sr’ deki bu azalma, düşük sıcaklıklarda meydana gelen feldispat kristalizasyonu ile de yorumlanabilir. Rb ve K içeriğindeki azalma, biyotitlerin ayrışması ile ilişkilendirilebilir. Nb ve Ti elementlerindeki negatif anomaliler ise dalan eklojit kabuğun üst kısımlarındaki kısmi ergimeye uğraması sırasında bu elementlerin tutulmasına bağlıdır (Ringwood, 1990). Başka bir ifade ile, volkanitlerin ilksel magmasının oluşmasında kabuk katkısına işaret eder.



Şekil 4.6.6. İnceleme alanlarında bulunan volkanitlerdeki nadir toprak elementlerinin kondritlere normalize edilmiş dağılımları (Boynton, 1984).

a) Altıntaş Bölgesi
Yüzlük Kaolen Yatağı

- Taze
- ▣ Yari Altere
- Altere

b) Simav Bölgesi
Yağmurlar Kaolen Yatağı

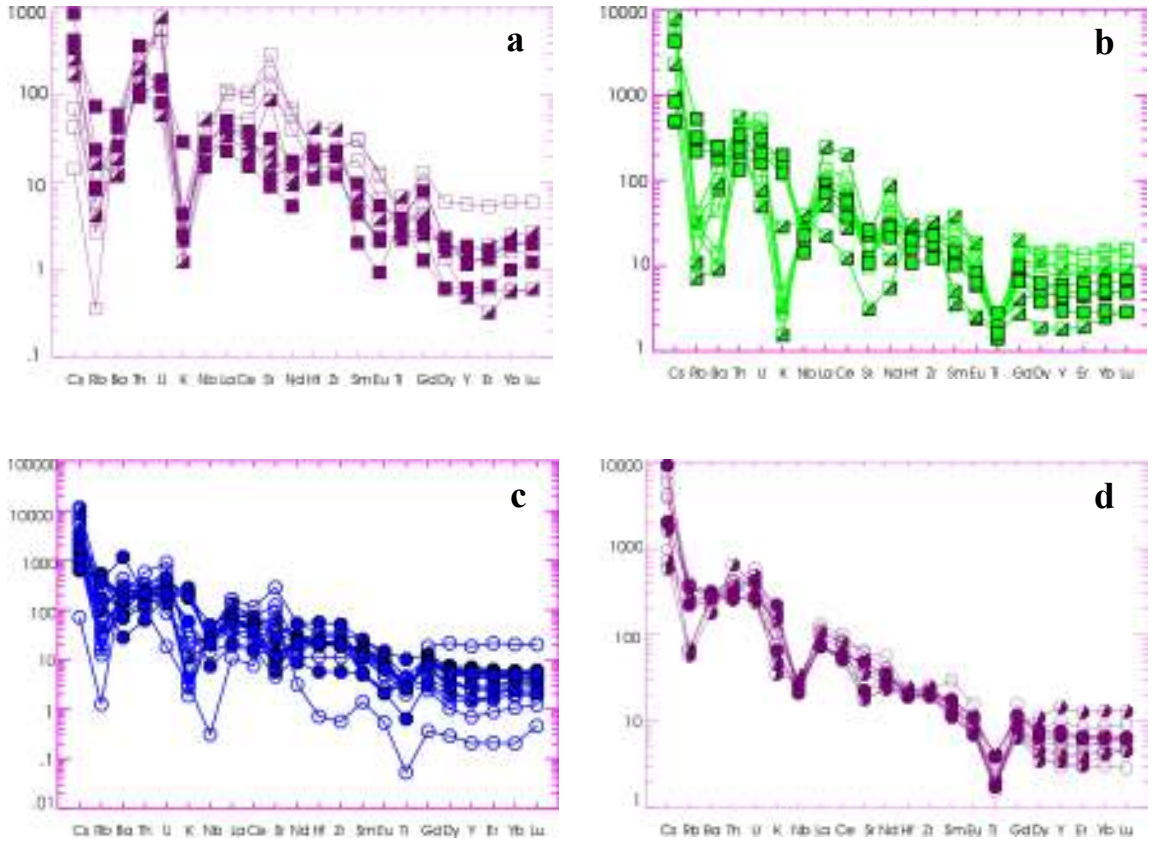
- Taze
- ▣ Yari Altere
- Altere

c) Hisarcık Bölgesi
Kurtdere, Ulaşlar, Saklar Kaolen Yatakları

- Taze
- ◐ Yari Altere
- Altere

d) Gediz Bölgesi
Akçaalan, Sazak Kaolen Zuhurları

- Taze
- ◐ Yari Altere
- Altere



Şekil 4.6.7. İnceleme alanlarında bulunan volkanitlerdeki iz elementlerin içeriklerinin ilksel mantoya göre normalize edilmiş diyagramları (Wood, 1979) (Simge için Şekil 4.6.6'ya bakınız).

- a) Altıntaş Bölgesi-Yüylük Kaolen Yatağı,
- b) Simav Bölgesi-Yağmurlar Kaolen Yatağı,
- c) Hisarcık Bölgesi-Kurtdere, Ulaşlar, Saklar Kaolen Yatakları,
- d) Gediz Bölgesi-Akçaalan ve Sazak Kaolen Zuhurları.

4.7 Mineral Kimyası

Kaolen yataklarından alınan kil numunelerinin saflaştırıldıktan sonra yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 11 ve Çizelge 12’de verilmiştir.

Saf kaolinitlerde genellikle $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranı 185/100-294/100 arasında değişir. Teorik olarak kabul edilen değer ise 200/100’dur. Yapılarındaki safsızlık ise %5-15 arasındadır (Karakaya, 2006). Ancak Jepson ve Rowse (1975)’e göre, Si/Al oranının, tane boylarına göre değişim gösterdiğini tespit etmiş ve bu oranın 0.992/1.082 arasında değişirken, dikit ve nakritte 200/100 oranına yakın olduğunu belirtmişlerdir. Buna göre, saf olan 4 adet kil örneğinin $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranı 0.78-1.36 arasındadır (Çizelge 11). Yapılarındaki safsızlık yüzdesi de hesaba katıldığında, bu 4 örneğin kaolinit olduğu görülmektedir.

Çizelge 11: Saf kaolinit örneklerinin kimyasal analiz tablosu.

%	YUY-10	YUY-19	KURT-2	UL-11	ORT.	Karakaya vd. (2001)
SiO ₂	44.46	43.32	29.02	47.52	41.08	40.2
Al ₂ O ₃	32.59	37.52	37.33	35.11	35.64	34.8
ΣFe ₂ O ₃	1.04	0.44	0.37	0.25	0.53	0.60
MgO	0.16	0.02	0.03	0.14	0.09	0.02
CaO	0.16	0.05	0.12	0.16	0.12	0.10
Na ₂ O	0.02	0.02	0.23	0.01	0.07	0.45
K ₂ O	0.11	0.12	3.06	0.07	0.84	0.18
TiO ₂	2.80	1.01	0.08	0.49	1.10	0.03
P ₂ O ₅	1.52	0.78	1.13	0.33	0.94	
MnO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Cr ₂ O ₃	0.032	0.042	0.006	0.018	0.025	
A.Z.	15.1	15.5	27.0	15.4	18.3	
TOP.	99.77	99.88	99.90	99.89	99.86	
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1.36	1.15	0.78	1.35	1.16	1.20
Tetrahedral						
Si	4.0	3.86	3.15	4.19	3.82	
Al		0.14	0.85			
Oktahedral						
Al	3.46	3.80	3.90	3.60	3.73	
Fe	0.07	0.03	0.03	0.018	0.04	
Mg	0.02	0.003	0.005	0.021	0.01	
Ti	0.19	0.07	0.007	0.03	0.08	
Mn	0.0005	0.0008	0.001	0.0007	0.008	
Interlayer						
Ca	0.02	0.005	0.014	0.016	0.01	
Na	0.003	0.003	0.05	0.002	0.01	
K	0.01	0.01	0.43	0.007	0.1	
P	0.12	0.06	0.1	0.025	0.07	
Layer farkı	0.61	0.36	1.02	0.22	0.52	
Interlayer farkı	0.65	0.41	1.01	0.17	0.48	

YUY: Yüylük köyü kaolen ocağı, KURT: Kurtdere köyü kaolen ocağı, UL: Ulaşlar köyü kaolen ocağı. A.Z.: Ateş Zayıtı.

Ayrıca, Kütahya bölgesindeki kaolen minerallerinin SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 oranları baz alınarak, Karakaya vd. (2001)'in mineral kimyasal analizi sonucunda belirledikleri kaolinit kimyasal bileşimi ile bu kaolen minerallerinin uyum gösterdiklerinden dolayı, kaolinit karakterinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 11).

Bölgedeki smektit minerallerinin ise, Çelik vd. (1999)'in belirledikleri montmorillonitin kimyasal bileşimi ile örtüştüğü görülmüş olup, Kütahya bölgesindeki smektit minerallerinin de montmorillonit olduğu saptanmıştır (Çizelge 12).

Çizelge 12: Saf smektit örneklerinin kimyasal analiz tablosu.

%	UL-9	SAK-24	YAG-6	ORT.	Çelik vd. (1999)
SiO ₂	60.45	54.93	60.65	58.68	58.12
Al ₂ O ₃	18.69	19.47	16.08	18.08	19.88
ΣFe ₂ O ₃	3.50	4.14	1.79	3.14	3.49
MgO	1.87	2.79	4.19	2.95	4.23
CaO	1.14	2.18	1.77	1.70	2.36
Na ₂ O	0.08	0.05	0.01	0.05	0.15
K ₂ O	1.28	0.57	0.06	0.64	0.32
TiO ₂	0.92	0.53	0.22	0.56	0.27
P ₂ O ₅	0.07	0.21	0.01	0.10	
MnO	0.01	0.02	0.12	0.05	
Cr ₂ O ₃	0.003	0.004	0.002	0.003	
A.Z.	11.7	14.8	14.9	13.8	
TOP.	99.83	99.86	99.88	99.86	
Tetrahedral					
Si	8.12	7.69	8.32	8.06	
Al		0.31			
Oktahedral					
Al	2.98	2.88	2.64	2.92	
Fe	0.38	0.45	0.16	0.33	
Mg	0.41	0.59	0.82	0.58	
Ti	0.08	0.05	0.02	0.04	
Mn	0.0008	0.0025	0.02	0.006	
Interlayer					
Ca	0.16	0.34	0.25	0.25	
Na	0.016	0.013	0.003	0.01	
K	0.16	0.1	0.01	0.12	
P	0.01	0.024	0.001	0.01	
Layer farkı	0.30	0.94	0.58	0.68	
Interlayer farkı	0.55	0.91	0.52	0.68	

UL: Ulaşlar köyü kaolen ocağı, SAK: Saklar köyü kaolen ocağı, YAG: Yağmurlar köyü kaolen ocağı. A.Z.: Ateş Zayıtı.

Bununla birlikte, aşağıdaki formülü kullanarak montmorillonitin hangi tip olduğu belirlenebilir (Ece ve Yüce, 1999).

$(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) / (\text{CaO}+\text{MgO}) \geq 1$ ise Na'lı montmorillonit,
 $1 < (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) / (\text{CaO}+\text{MgO}) < 1/3$ ise Ara Tip,
 $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) / (\text{CaO}+\text{MgO}) < 1/3$ ise Ca'lı montmorillonit.

Yukarıdaki hesaplama sonucu 0.15 olarak bulunmuş ve bu sonuç 1/3'ten küçük olduğu için bu saf malzemeler Ca'lı montmorillonit olarak belirlenmiştir.

Saf kil minerallerinin belirlenmesinde kullanılan bir diğer yöntem ise kimyasal bozunma indeksi (CIA)'dir. Kimyasal bozunma sürecinde, mineral kompozisyonundaki değişimi, az veya çok major elementler gösterir. Ca, Na ve K silikatlar aşınma sırasında ayrılarak, Al'ce zengin kil mineralleri ve sülfatların yapısına katılırlar. Dolayısıyla, Al_2O_3 'e karşı $\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ oranı, aşınmış olan ürünlerde yükselir. Bozunma derecesi, kimyasal aşınma indeksi ile mol cinsinden alınan major elementler kullanılarak, aşağıdaki formül ile hesaplanır (Nesbitt ve Young, 1982, 1984; Karakaya, 2006):

$$\text{CIA} = [(\text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})] \times 100$$

(CaO^* : Kayacın bünyesindeki CaO).

Kimyasal bozunma indeksi, tüm feldispatlar için 50; mafik minerallerden biyotit için 50-55, hornblend için 10-30 ve piroksenler için 0-10; aşınmış tüm feldispatik ve granitik kayalar için yaklaşık 50'dir (Nesbitt ve Markovics, 1997). Aynı araştırmacılara göre ikincil kil mineralleri, kaolinit, gipsit ve klorit değeri 100; illit ve smektit değeri ise 70-85'dir. Bu da aynı zamanda, Ca ve Na elementlerinin ortamdaki uzaklaştığını göstermektedir.

Bu indekse göre, 7 saf numunenin hesaplanması yapılmış olup, YUY-10, YUY-19, KURT-2 ve UL-11 örnekleri 90.50-99.34 aralığında olduğundan kaolinit; YAG-6,

UL-9 ve SAK-24 örnekleri ise 80.65-83.86 aralığı ile smektit olarak belirlenmiştir (Çizelge 11 ve 12).

Ayrıca, Çizelge 11 ve Çizelge 12'deki kimyasal analiz verilerinin ortalama değerleri kullanılarak kaolinit ve smektit minerallerinin kimyasal formülleri şu şekilde hesaplanmıştır:

Kaolinit için; $(\text{Si}_{3.82} \text{Al}_{0.18}) (\text{Al}_{3.73} \text{Fe}_{0.04} \text{Mg}_{0.01} \text{Ti}_{0.08} \text{Mn}_{0.008}) (\text{Ca}_{0.01} \text{Na}_{0.01} \text{K}_{0.1} \text{P}_{0.07})$

Smektit için; $(\text{Si}_{8.06}) (\text{Al}_{2.92} \text{Fe}_{0.33} \text{Mg}_{0.58} \text{Ti}_{0.04} \text{Mn}_{0.006}) (\text{Ca}_{0.25} \text{Na}_{0.013} \text{K}_{0.12} \text{P}_{0.01})$

Saf örneklerin kimyasal analizleri doğrultusunda elde edilen veriler, XRD, DTA-TG ve IR-spektroskopi incelemeleri ile uyum göstermektedir.

BÖLÜM 5

TARTIŞMA

Bölgede bulunan volkaniklerdeki K-Ar çalışmaları, bölgedeki kaolen oluşumu ile ilgili volkanik aktivitenin Erken Miyosen’de başladığını ve Orta Miyosen’de devam ettiğini göstermiştir (Ercan vd., 1981/1982; Seyitoğlu vd., 1997; Yılmaz vd., 2001). En erken lav akışları riyolit, dasit ve trakitleri oluşturmuştur. Sonraki lav akışları trakiandezit ve andezit ve en son akışlar andezitik bazalt ve piroklastik kayaları oluşturmuştur (Helvacı, 1984; Seyitoğlu vd., 1997). Bölgedeki kaolen yatakları ise, bu Miyosen volkanizmasına bağlı olarak riyodasit, dasit, andezit ve trakiandezitlerin hidrotermal alterasyonları sonucu oluşmuştur.

Volkanik aktivite sırasında ve sonrasında çatlaklardan çıkan asidik nitelikli hidrotermal solüsyonlar, tüflerdeki feldispatların ve volkan camlarının kaolenleşmesine neden olacak pH şartlarını oluşturmuş ve böylece tüfler kaolenleşmiştir. Ayrıca, volkanizma sırasında çıkan gazlar da kaolenleşme şartlarını olumlu yönde etkilemiş olabilir (Okut vd., 1978).

Çalışma sahasındaki kaolen yatakları, ocağın üst kısımlarına doğru gittikçe azalıp kaybolan dik veya dike yakın silika ve demir oksit (pirit, götit ve rutil) damarları içerir. XRD verileri sonucunda, bölgede bulunan kaolen yataklarındaki mineralojik zonlanma içten dışa doğru: kaolinit ± smektit + illit + opal-CT + feldispat; feldispat + kaolinit + kuvars + smektit + illit; kuvars + feldispat + volkanik cam şeklindedir. Dolayısıyla, kaolinit merkez kısmında egemen iken kenarlara doğru azalarak smektit ve illitin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca bu mineralizasyon, petrografik veriler ile kombine edilirse, kaolinit, smektit ve illit gibi altere ürünler ile birlikte kalsit, az miktarda oligoklaz, zeolit, kristobalit, serpantin ve granat mineralleri ile pomza parçaları bulunur. Bunlardan başka, Hisarcık bölgesinde bulunan kaolen yataklarındaki volkanik zonda kalsit ve az miktarda smektite rastlanılmıştır. Kaolen zonunda ise, amfibol ve alünit bulunmaktadır. Ayrıca bu minerallere yer yer sanidin, biyotit, zeolit, opak mineraller ve lav eşlik eder. Bu mineralojik kompozisyondaki silika ve demir oksit damarları ile

kaolenlerin yataklarının merkezlerinde egemen olması dışı doğru smektit ve illite ve en dışta taze volkanik birimlere dereceli geçiş göstermesi, bölgedeki kaolen yataklarının gelişiminin hidrotermal alterasyona bağlı olduğunu göstermektedir (Sayın, 2007).

Kaolen yataklarındaki silisleşmiş, demir oksitleşmiş ve altere örneklerde pirit, limonit (götit) ve eser oranda rutil minerallerinin cevher mikroskobunda belirlenmesi de asidik bir hidrotermal alterasyonun varlığını desteklemektedir.

Kaolenleşmenin kaolen ocaklarının merkezlerinden yanıl yönde dışarıya doğru (volkanik kayaçlara) gidildikçe SiO_2 miktarı artmakta, buna karşı Al_2O_3 ve $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ miktarları azalmaktadır. Bu azalma grafiksel olarak hidrotermal kökenli kaolen yataklanma hipotezini desteklemektedir (Sayın, 2007; Felhi vd., 2008; Kadir vd., 2008). Benzer şekilde Yağmurlar, Kurtdere, Saklar kaolen yatakları ile Akçaalan kaolen zuhurunun üzerinde de gelişen silis şapkanın, volkanik kayaçların hidrotermal aktiviteler ile kaolenleşmesi sonucunda açığa çıkan silisin kaolen yataklarının üzerinde gelişmesini sağlamıştır (Sayın, 2007). Özellikle altere kayaçlardaki yüksek Sr ve Co değerleri ile düşük Rb değeri, alterasyonun hidrotermal olduğunu göstergesi şeklindedir. Ayrıca nadir toprak elementlerinin kondritlere göre normalleştirilmiş dağılım desenlerinde belirgin bir negatif Eu anomalisi görülmesi, hidrotermal solüsyonların feldispatları bozunmaya uğratması ile açıklanabilir (Shikazono vd., 2008; Felhi vd., 2008; Kadir vd., 2008).

Petrografik olarak, volkanik kayaçlarda sanidin, kuvars, plajiyoklaz, biyotit, amfibol, hornblend ile opak mineraller belirlenmiştir. Sanidin mineralinde serisitleşme gözlenmiştir. Biyotit ve hornblend kristalleri kenarlarından kemirilmiş ve demir oksitleşmiştir. Ayrıca bu iki mineralde, yer yer kenarlardan içe doğru opaklaşma veya yalnızca kenarlarda opaklaşma ve kloritleşme görülmektedir.

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemelerinde de, feldispat minerallerinin birçoğu aşırı derecede aşınmış olup, kaolinit, smektit ve illit gibi altere ürünler ile ilişkilidir. Kaolenleşme sırasında açığa çıkan silisin bir kısmı, kaolen birimleri içerisinde veya yan dokanağında demir oksit ve silis damarları halinde; bir

kısmı ise serbest silis tanelerini oluşturan opal-CT yumrularını oluşturmuştur. Hidrotermal solüsyonların etkisi ile volkanik birimlerdeki feldispatların ve volkan camlarının bozuluşması sonucu kaolenleşme meydana gelmiştir. Dolayısıyla, kaolinitler levhamsı yapılar şeklinde gelişip, feldispat kristalleri ile devitrifike olan volkan camlarına eşlik eder.

Mineralojik determinasyon incelemelerinde, bölge genelinde dominant kil minerali, smektit ve illitin eşlik ettiği kaolinittir. XRD verilerinin genelinde kaolinit 7.2 ve 3.57 Å'luk keskin ve şiddetli pikler vermektedir. Bu da kaolinitin iyi kristalli olduğunu göstermektedir (Türkmenoğlu ve Işık, 2008). Bununla birlikte, kaolinit örneklerine ait DTA-TG eğrilerinde, endotermik piklerin simetrik olması ve ekzotermik piklerin de keskin olması ve Infrared spectra da keskin bantların saptanması kaolinitin iyi kristalli olduğunu desteklemektedir (Kadir ve Karakaş, 2002; Saikia vd., 2003; Kadir, 2007). Saflaştırılmış kil fraksiyonlarının kimyasal verilerinden hesaplanan CIA' e göre 90.50-99.34 aralığının kaolinit; 80.65-83.86 aralığının ise smektit olduğu saptanmış ve uluslararası standartlar ile uyum içinde olduğu belirlenmiştir (Nesbitt ve Markovics, 1997).

BÖLÜM 6

SONUÇLAR

1) Saf kaolen örneklerinin $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranı 0.78-1.36 arasında olması, Kütahya bölgesindeki kaolenlerin kaolinit karakterinde olduğunu göstermektedir (Jepson ve Rowse, 1975).

2) Benzer şekilde saflaştırılmış smektitlerin kimyasal bileşenleri göz önüne alınarak, montmorillonit karakterinde olduğu saptanmıştır (Çelik vd., 1999).

3) Kaolinitlerin, Neojen'e ait riyodasitik, dasitik, andezitik ve trakiandezitik tüflerdeki feldispatların ve volkan camlarının asidik aktiviteler ile hidrotermal erime-çökme mekanizmasına bağlı olarak oluştuğu saptanmıştır.

4) Smektitler ise, kaolinite göre daha düşük Al_2O_3 ve yüksek Fe_2O_3 ile $\text{CaO} \pm \text{Na}_2\text{O}_3 \pm \text{K}_2\text{O}$ 'i temsil eden alkali ortamlarda çökelediği belirlenmiştir.

5) Kütahya bölgesindeki kaolen yataklarındaki mineralojik zonlanmanın, ocağın merkezinden yanal yönde dışarı doğru kaolen, smektit+illit, volkanik malzeme şeklinde olması;

- Kaolen yataklarının alt kesimlerinde görülen ve kaolen birimlerini kesen demir oksit damarlarının yatağın üst kısımlarına doğru gidildikçe inceliyor ve kaybolması;

- Kaolen yataklarının üst kısımlarında silis şapkanın gözlemlenmesi;

- Petrografik olarak, cevher mikroskobunda altere malzemelerde gözlemlenen pirit, limonit (götüt) ve eser oranda rutil mineralleri, bölgedeki kaolenlerin hidrotermal bir aktivite sonucunda oluştuğunu göstermektedir.

BÖLÜM 7

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979a, Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi, MTA Der. No. 6547, 108s.
- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979b, Menderes masifinin Simav dolayındaki kaya birimleri ve metabazik, metaultramafik kayaların konumu, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, No. 22, 175-183.
- Akıncı, Ö., 1967, Kütahya vilayeti kaolen etüdü, MTA Der. No. 2154, 15 s.
- Akkuş, M.F., 1962, Kütahya-Gediz arasındaki sahanın jeolojisi, MTA Enstitüsü, 30s.
- Arslan, M., Kadir, S., Abdioğlu, E. and Kolaylı, H., 2006, Origin and formation of kaolin minerals in saprolite of tertiary alkaline volcanic rocks, Eastern Pontides, NE Turkey, Clay Minerals 41, 597-617.
- Baş, H., 1987, Tavşanlı Domaniç (Kütahya) volkanitlerinin özel sikleri ve Batı Anadolu Senozoyik volkanizmasındaki önemi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, V. 30, 67-80.
- Besbelli, A. ve Varol, B., 2002, Tekke volkanitlerinde hidrotermal alterasyon ürünü kil mineralleşmeleri (Çubuk-Ankara KD), MTA Dergisi 15, 121-137.
- Bilgin, H., 1967, Kütahya ili kil yatakları ve dolomit kumları hakkında rapor, MTA Der. No. 2354, 15 s.

- Borsi, G., Ferrara, F.S., Innocenti, F.S. and Mazzouli, Z., 1972, Geochronology and petrology of recent volcanics of Eastern Aegean sea, Z, Deutsch Geol. Ges., Hannover 123, s.121.
- Boynton, W.V., 1984. Geochemistry of the REE: meteoric studies. In: P. Henderson (ed.), REE geochemistry, Elsevier, 63-114.
- Brindley, G.W., Chih-Chun, K., Harrison, J.L., Lipsicas, M. and Raythatha, R., 1986, Clay Minerals 34, 233.
- Çelik, M., Karakaya, N. and Temel, A., 1999, Clay minerals in hydrothermally altered volcanic rocks, Eastern Pontides, Turkey, Clays Clay Mineral 47/6, 708-717.
- Çoban, F., 1999, Ayvacık (Çanakkale) bentonit yataklarındaki baydellit oluşumu, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt. 42, Sayı. 1, 47-55.
- Çoban, F., 2001, Çayırılık Tepe perlitinin (Başören-Kütahya) bentonite alterasyonu sırasında majör, eser ve nadir toprak elementlerinin mobilizasyonu, 10. Ulusal Kil Sempozyumu, 282-301.
- Davarcıoğlu, B., Kayalı, R. ve Gürel, A., 2008, Araplı-Yeşilhisar-Kayseri (Orta Anadolu bölgesi) killerinin FT-IR spektroskopisi ile incelenmesi, Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi 1(3), G1-G11.
- Doğan, U. ve Doğan, M., 1999, Smektit tabaka arası katyon değişimleri ile deltanın zaman ve mekan içindeki hareket ilişkileri, 9. Ulusal Kil Sempozyumu, 51-61.
- Ece, I. ve Yüce, A.E., 1999, Endüstriyel mineraller envanteri, Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, Mart Matbaacılık Sanatları Ltd. Şti., 19-27.
- Ercan, T., Günay, E. ve Savaşçın, M.Y., 1981/1982, Simav ve çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanizmanın bölgesel yorumlanması, MTA Dergisi, 97/98, 86-101.

- Farmer, V.C. and Russell, J.D., 1964, The infrared spectra of layer silicates, *Spectrochimica Acta* 20, 1149-1173.
- Felhi, M., Tlili, A., Gaied, M.E. and Montacer, M., 2008, Mineralogical study of kaolinitic clays from Sidi El Bader in the far North of Tunisia, *Applied Clay Sciences* 39, 208-217.
- Gürer, Ö.F., Özburan, M., Sangü, E. ve Doğan, B., 2005, Kütahya dolayının Neotektonik incelemesi, Kocaeli Üniv. Mühendislik Fak. Jeoloji Müh. Böl., BAPB-Proje No:2005/14.
- Hajjaji, M., Kacim, S., Alami, A., El Bouadili, A. and El Mountassir, M., 2001, Chemical and mineralogical characterization of a clay taken from the Moroccan Mete and a study of the interaction between its fine fraction and methylene blue, *Applied Clay Science* 20, 1-12.
- Helvacı, C., 1984, Occurrence of borate minerals: Veatchit –A, tunellite, teruggite and cahnite in the Emet borate deposits, Turkey, *Mineral Deposita* 19, 217-226.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, *Journal Earth Science Canada* - 8, 523-548.
- Işık, İ., Uz, V. ve Alver, Z., 2001, Çayca yöresi (Kütahya) tüflerinin karakterizasyonu ve seramik endüstrisinde kullanım olanakları, 10. Ulusal Kil Sempozyumu, 480-492.
- Jepson, W.B. and Rowse, J.B., 1975, The composition of kaolinite-an electron microscope microprobe study, *Clays and Clay Minerals* 23, 310-317.
- Kadir, S. and Karakaş, Z., 2002, Mineralogy, chemistry and origin of halloysite, kaolinite and smectite from Miocene ignimbrites, Konya-Turkey, *Neves Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen* 177, 113-132.

- Kadir, S., 2007, Mineralogy, geochemistry and genesis of smectite in Pliocene volcanoclastic rocks of the Doğanbey Formation, Beyşehir Basin, Konya, Turkey, *Clays and Clay Minerals*, Vol. 55, No. 4, 402-422.
- Kadir, S., Önen-Hall, A.P., Aydın, S.N., Yakıcıer, C., Akarsu, N. and Tuncer, M., 2008, Environmental effect and genetic influence: a region cancer predisposition survey in the Zonguldak region of Northwest Turkey, *Environ. Geol.* 54, 391-409.
- Kakali, G., Perraki, T., Tsivilis, S. and Badogiannis, E., 2001, Thermal treatment of kaolin: the effect of mineralogy on the pozzolanic activity, *Applied Clay Science* 20, 73-80.
- Karaağaç, Ç., Akaya, Z., Türk, Y. ve Gültekin, A., 1975, Uşak- Eşme- Gediz- Murat Dağı-Dumlupınar Banaz- Sivaslı- Ulubey dolaylarının seramik hammaddeleri ön incelemesi, MTA Rapor No. 5506, 35 s.
- Karakaya, M.Ç., Karakaya, N. and Temel, A., 2001, Kaolin occurrences in Erenler Dağı volcanics, Southwest Konya Province, Turkey, *International Geology Review* 48/8, 711-722.
- Karakaya, M.Ç., 2006, Kil minerallerinin özellikleri ve tanımlama yöntemleri, *Bizim Büro Basımevi*, 640s.
- Karakaya, N., 2008, Ree and HFS element behaviour in the alteration facies of the Erenler Dağı volcanics (Konya-Turkey) and kaolinite occurrence, *Journal of Geochemical Exploration*, 24p.
- Konak, N., 2002, 1/500.000 lik Türkiye Jeoloji Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wolley, A.R. and Zanettin, B., 1989, A classification of igneous rocks and glossary of terms. Recommendation of the International Union of Geological Sciences, subcommission on the systematics of igneous rocks, Blackwell, Oxford, 193 p.
- MacKenzie, R.C., 1957, The differential thermal investigation of clays, Mineralogical Society, London.
- Mutlu, H., Sariiz, K. and Kadir, S., 2005, Geochemistry and origin of the Şaphane alunite deposit, Western Anatolia-Turkey, *Ore Geology Reviews* 26, 39-50.
- Nayak, P.S. and Singh, B.K., 2007, Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FT-IR, *Bull. Mater. Sci.*, Vol. 30, No.3, 235-238.
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1982, Early Paleozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites, *Nature* 229, 715-717.
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1984, Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations, *Geochim. Acta* 48, 1523-1534.
- Nesbitt, H.W. and Markovics, G., 1997, Weathering of granidioritic crust, long-term storage of elements in weathering profiles and petrogenesis of siliciclastic sediments, *Geochim., Cosmochim. Acta* 61, 1653-1670.
- Njoya, A., Nkoumbou, C., Grosbois, C., Njopwou, D., Nomade, A.C., Yvon, J., and Martin, F., 2006, Genesis of Mayoum kaolin deposit (western Cameroon), *Applied Clay Science* 32, 125-140.
- Okut, M., Demirhan, M. ve Köse, Z., 1978, Kütahya ili Emet – Simav ilçeleri kaolen zuhurları ve dolaylarının jeoloji raporu, MTA Rapor No. 6309, 30s.

- Olejnik, S., Aylmore, J.A.G., Posner, A.M. and Quirk, J.P., 1968, Infrared spectra of kaolinite mineral-dimethyl sulfoxide complexes, *Journal of Physical Chemistry* 72, 241-249.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turan, N., Uysal, Ş., Şentürk, K. and Işık, A., 1988, Late Paleozoik evolution of the Kütahya-Bolkardağı belt, *METU Journal of pure and Applied Sciences*, Vol. 21, No.1-3, 211-220.
- Paroz, G.N and Frost, R.L., 1998, Chemometricinvestigation of disorder in kaolinite, *Analyst* 123, 2813-2817.
- Ringwood, A.E., 1990, Slab-Mantle interactions: Petrogenesis of intraplate magmas and structure of the upper mantle, *Chemical Geology*, Vol:82, 187-207.
- Romberg, H., 1937, Kütahya civarındaki kaolen yatakları hakkında rapor, *MTA Der.*, No.572, 8 s.
- Saikia, N.J., Bharali, D.J., Sengupta, P., Bordoloi, D., Goswamee, R.L., Saikia, P.C. and Borthakur, P.C., 2003, Characterization, beneficiation and utilization of a kaolinite clay from Assam, India, *Applied Clay Science* 24, 93-103.
- Sarıkaya, A. ve Kuşçu, M., 2001, Başören (Kütahya) bentonit yataklarının mineralojisi ve teknolojik özellikleri, 10. Ulusal Kil Sempozyumu, 269-281.
- Sayın, S.A., 2007, Origin of kaolin deposits: Evidence from the Hisarcık (Emet-Kütahya) deposits, western Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, Vol.16, 77-96 p.
- Seyhan, İ., 1971, Volkanik kaolinin oluşumu ve andezit problemi, *Türkiye Jeoloji Kurumu 25. Kongresi*, 125s.

- Seyitoğlu, G., 1997, Late Cenozoic tectono- sedimentary development of the Selendi and Uşak – Güre basins: a contibution to the discussion on the development of east – west and north trending basins in western Turkey, *Geol. Mag.* 134 (2), 163-175.
- Shikazono, N., Ogawa, Y., Utada, M., Ishiyama, D., Mizuta, T., Ishikawa, N. and Kubota, Y., 2008, Geochemical behavior of rare elements in hydrothermally altered rocks of the Kuroko mining area, Japan, *Journal of Geochemical Exploration* 98, 65-79.
- Symkatz-Kloss, W., 1974, Differential thermal analysis, application and results in mineralogy, Springer, Heidelberg.
- Şener, M. ve Gevrek, A.İ., 1986, Simav-Emet-Tavşanlı yörelerinin hidrotermal alterasyon zonları, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, No. 28, 43-49.
- Taşkın, C., 1975, Kütahya ili civarında porselen ve seramik sanayi hammadde olanaklarının araştırılması hakkında rapor, MTA Rapor No. 5380, 85 s.
- Temiz, U. ve Işık, V., 2002, Simav (Kütahya-Batı Anadolu) güneyinde metamorfik kayaların petrografik ve yapısal özellikleri, *Cumhuriyet Üniv. Mühendislik Fak. Der.*, Seri A-Yerbilimleri, C. 19, 21-34.
- Türk, Y., 1976, Uşak'ta karofayans hammaddesi araştırmaları ön etüd raporu. MTA Rapor No. 5570, 12 s.
- Türkmenoğlu, A.G., Eler, A. ve Yavuz, N., 1999, Tavşanlı – Seyitömer kömür havzaları (Kütahya) killerinin endüstriyel kullanım alanları, 9. Ulusal Kil Sempozyumu, 179-184.

- Türkmenoğlu, A.G. and Işık, N.Y., 2008, Mineralogy, chemistry and potential utilization of clays from coal deposits in the Kütahya province, Western Turkey, *Applied Clay Science* 42, 63-73.
- Üstün, H. ve Yetiş, C., 2007, Hisarcık (Emet-Kütahya) güneyinin Neojen stratigrafisi, 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 460-462.
- Wilson, M.J., 1987, A handbook of determinative methods in clay mineralogy, Blackie-Son Ltd., London, 308p.
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977, Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, *Geochemical Geology* 20, 325-343.
- Wood, D.A., 1979, Variable-veigned sub- oceanic upper mantle: Genetic significance for Mid –ocean ridge basalt from geochemical evidence, *Geology* 7, 499-503.
- Yıldız, A. ve Kuşçu, M., 2001, Başören (Kütahya) bentonit yataklarının mineralojisi ve teknolojik özellikleri, 10. Ulusal Kil Sempozyumu, 269-281.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Karacık, Z. and Altunkaynak, Ş., 2001, Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance, *Journal of Geodynamics* 31, 243-271.