



**ŞUHUT İLÇESİ (AFYONKARAHİSAR) BATISINDAKİ
ALTERASYON ZONLARI VE DERE SEDİMANLARININ
MİNERALojİK-PETROGRAfİK VE
JEOKİMYASAL OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Raziye ÖZ

Danışman

Prof. Dr. Ahmet YILDIZ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2022

Bu tez çalışması 21.FEN.BİL.33 numaralı proje ile AKÜ-BAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ŞUHUT İLÇESİ (AFYONKARAHİSAR) BATISINDAKİ
ALTERASYON ZONLARI VE DERE SEDİMANLARININ
MİNERALOGİK-PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL OLARAK
İNCELENMESİ**

Raziye ÖZ

Danışman

Prof. Dr. Ahmet YILDIZ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2022

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ŞUHUT İLÇESİ (AFYONKARAHİSAR) BATISINDAKİ ALTERASYON ZONLARI VE DERE SEDİMANLARININ MİNERALojİK-PETROGRAfİK VE JEOKİMYASAL OLARAK İNCELENMESİ

Raziye ÖZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet YILDIZ

Bu tez çalışmasında, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikler yardımıyla Şuhut ilçesi (Afyonkarahisar) batısındaki volkanik kayaç, metamorfik kayaç ve dere sedimanlarındaki alterasyon zonlarının özellikleri araştırılması amaçlanmıştır. Proje alanının temelini Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar oluşturmaktadır. Temel kayaların üzerine Orta Miyosen yaşlı volkanosedimanter ve volkanik kayaçlar gelmektedir. Alterasyona uğramış kayaçların ve dere sedimanlarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi için Çakırözü ve Dadak-Koçyatağı lokasyonlarındaki alterasyon zonlarından ve bu bölgelere yakın dere yataklarından sediman örnekleri alınmıştır. Örneklere polarizan mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM), x-ışını kırınımı (XRD) ve jeokimyasal analizler yapılmıştır.

Mineralojik-petrografik özelliklerine göre volkanik kayaçlar; camsı matriks içinde amfibol, biyotit, plajiyoklas, sanidin, kuvars ve az oranda dolomit minerallerinden oluşmaktadır. Adatepe andezitlerinin ayrılmış ürünlerinde volkan camı, plajiyoklas ve biyotit minerallerinde alterasyon gözlenmiştir. Buna bağlı olarak söz konusu minareller yapraksı morfolojide simektit'e dönüşmüştür. Alınan örneklerin mineralojik-petrografik analizleri sonucuna göre dolomitler; öncelikle dolomit (Dol) minerallerinin çatlak ve dilinim düzlemleri boyunca ikincil mineral zenginleşmeleri gözlenmiştir. Bu

değişim (zenginleşme ve kayıp) ikincil mineral oluşumlarının demir ve mika minerallerinden meydana geldiğini göstermektedir. Volkanik kayacık ve bunların alterasyon ürünlerinin toplam alkali-silis (TAS) diyagramına yerleştirilmesi sonucunda M-10 dışındaki tüm örneklerin trakiandezitik bileşim sunduğı belirlenmiştir. Çaltepe dolomitleri ve bunların ayrışma ürünleri ise Melezhik vd. (2008) tarafından geliştirilen adlandırma grafiklerine göre M-15 ve M-19 nolu örnekler dolomit-kireçtaşı geçiş zonunda, M-13, M-14, M-17 ve M-20 nolu örnekler ise dolomitik bileşimde oldukları sonucuna varılmıştır. Volkanik kayacık örneklerinin kondrite göre normalize nadir toprak element grafiğinde hafif nadir toprak elementleri (HNTE) zenginleşmiş, ortağ (ONTE) ve ağır nadir toprak elementleri (ANTE) ise kayba uğramıştır. M-11 ve M-25 nolu örneklerde Ni, Cu, Pb, ve Zn konsantrasyonlarının ana kayaca göre 50 kata varan artışlar göstermesi hidrotermal alterasyonun etkisini işaret etmektedir. Taze/az ayrışmış dolomitlere göre normalize edilmiş ana element içeriklerine göre maksimum SiO₂ zenginleşmesi ve maksimum P₂O₅ kaybı Dadak ve Koçyatağı dolomitlerinde gerçekleşmiştir. Ana kayaca göre normalize edilmiş eser element değişimlerine göre, U ve Zr maksimum kayba uğramış, Rb, Sr ve Co en fazla zenginleşmiştir. Cs ise hareketsiz davrandığı söylenebilir. Dolomitlerin alterasyona uğraması sonucunda Ağır Nadir Toprak Elementleri (HREE), Hafif Nadir Toprak Elementleri (LREE)'ne göre daha zor mobilize olur.

2022, xiii + 79 sayfa

Anahtar Kelimeler: Alterasyon, Mineraloji, Petrografi, Jeokimya, Afyonkarahisar.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

MINERALOGICAL, PETROGRAPHIC AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF ALTERATION ZONES AND STREAM SEDIMENTS IN THE WEST OF ŞUHUT DİSTRİCT (AFYONKARAHİSAR).

Raziye ÖZ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Ahmet YILDIZ

In this thesis, it is aimed to investigate the characteristics of the alteration zones in the volcanic rock, metamorphic rock and stream sediments in the west of Şuhut district (Afyonkarahisar) with the help of mineralogical-petrographic and geochemical features. Paleozoic aged metamorphic rocks form the basis of the project area. Middle Miocene aged volcano-sedimentary and volcanic rocks overlie the basement rocks. In order to determine the mineralogical-petrographic and geochemical properties of the altered rocks and stream sediments, sediment samples were taken from the alteration zones in Çakırözü and Dadak-Koçyatağı locations and from the stream beds close to these areas. Polarizing microscope, scanning electron microscope (SEM), x-ray diffraction (XRD) and geochemical analyzes were performed on the samples.

Volcanic rocks according to their mineralogical-petrographic properties; It consists of amphibole, biotite, plagioclase, sanidine, quartz and a small amount of dolomite minerals in a glassy matrix. Alteration traces were observed in volcanic glass, plagioclase and biotite crystals in the weathered products of Adatepe andesites. Accordingly, the crystals in question have transformed into smectite minerals in foliar morphology. According to the results of mineralogical-petrographical analyzes of the samples taken, dolomites; primarily, secondary element enrichments were observed along the crack and crystal planes of dolomite (Dol) minerals. This change (enrichment

and loss) shows that secondary mineral formations are composed of iron and mica minerals. As a result of placing the volcanic rock and its alteration products on the total alkali-silica (TAS) diagram, it was determined that all samples except M-10 exhibit trachyandesitic composition. Çaltepe dolomites and their weathering products were reported by Melezhik et al. (2008). In the rare earth element graph of the volcanic rock samples normalized to chondrite, light rare earth elements (HREE) were enriched, while intermediate (ONTE) and heavy rare earth elements (ANTE) were lost. The increase in Ni, Cu, Pb, and Zn concentrations up to 50 times in samples M-11 and M-25 compared to the parent rock indicates the effect of hydrothermal alteration. Maximum SiO₂ enrichment and maximum P₂O₅ loss occurred in Dadak and Koçyatağı dolomites according to the main element contents normalized according to fresh/less weathered dolomites. According to the normalized trace element changes with respect to the bedrock, U and Zr lost maximum, Rb, Sr and Co enriched the most. Cs, on the other hand, can be said to behave immobile. As a result of the alteration of the dolomites, Heavy Rare Earth Elements (HREE) are more difficult to mobilize than Light Rare Earth Elements (LREE).

2022, xiii + 79 pages

Keywords: Alteration, Mineralogy, Petrography, geochemistry, Afyonkarahisar.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması 21.FEN.BİL.33 numaralı proje ile AKÜ-BAP tarafından desteklenmiştir.

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ahmet YILDIZ'a, jeokimyasal araştırma sonuçlarının değerlendirmesinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr. Metin BAĞCI'ya ve arazi çalışmalarının planlanması sırasında desteklerini gördüğüm Araş.Gör. Hüseyin KOCATÜRK'e ve her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Ubeydullah ÖZ'e ve geniş aileme teşekkür ederim.

Raziye ÖZ
Afyonkarahisar 2022

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
1.2 İnceleme Alanının Yeri.....	1
1.3 Yerleşim Merkezleri ve Ulaşım	1
3. ANALİZ YÖNTEMLERİ	8
3.1 Arazi Çalışmaları	8
3.2 Mineralojik ve Petrografik İncelemeler	10
3.2.1 Polarizan Mikroskop İncelemeleri.....	10
3.2.2 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İncelemeleri.....	11
3.2.3 X-Işınları Difraktoğramı (XRD) İncelemeleri.....	14
3.3 Jeokimyasal İncelemeler	17
4. BULGULAR	18
4.1 İnceleme Alanının Jeolojisi	18
4.1.1 Stratigrafi	18
4.1.1 Göğebakan Formasyonu (PEg).....	18
4.1.2 Celiloğlu Formasyonu (Ec).....	18
4.1.3 Hüdai Kuvarsiti (Eh).....	21
4.1.4 Çaltepe Formasyonu (Eç)	22
4.1.5 Seydişehir Formasyonu (EOs)	22
4.1.6 Afyon Volkaniklastikleri	23
4.1.7 Gebeceler Formasyonu (Tmg2)	23
4.1.8 Karakaya Volkanitleri.....	18
4.1.9 Alüvyon	25
4.1.2 Alterasyon Zonlarının Jeolojisi.....	25

4.1.2.1 Çakırözü Lokasyonu	26
4.1.2.2 Koçyatağı-Dadak Lokasyonu	28
4.1.3 Sediman Örneklerinin Alındığı Bölgenin Jeolojisi.....	30
4.1.3.1 S1 Lokasyonu	31
4.1.3.2 S2 Lokasyonu	32
4.1.3.3 S6 Lokasyonu	33
4.1.3.4 S7 Lokasyonu	34
4.2 Mineralojik-Petrografik İncelemeler	34
4.3 Jeokimyasal İncelemeler.....	61
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	68
6. KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	75

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Km	Kilometre
M	Metre
mm	Milimetre
⁰ C	Santigrad derece
cm	Santimetre
mA	Miliamper
kV	Kilovolt
2θ	2 teta

Kısaltmalar

AD	Havada kurutulmuş
EG	Etilen glikon ile muamele
GB	Güneybatı
SEM	Elektro Mikroskop
REE	İz ve Nadir Toprak Elementleri
REE	İz ve Nadir Toprak Elementleri
XRD	X-Işını Difraktomeresi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Proje alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 3.1 Çalışma alanında 1/25000’lik haritalama çalışmaları	8
Şekil 3.2 Sediman örnekleme işlemi	9
Şekil 3.3 Leica DM2500P model Polarizan Mikroskopta incekesitlerin mineral içeriklerinin incelenmesi	10
Şekil 3.4 İnce kesit yapım aşamaları; a: İncekesit cihazında kesme işlemi. b: Kesilen kayacı parlatma işlemi. c: Kayacın cam lamele yapıştırma işlemi. d: İncekesit cihazında taşlama işlemi	11
Şekil 3.5 LEO VP-1431 model taramalı elektron mikroskop cihazı.....	12
Şekil 3.6 Örneğin kaplamaya hazır hale getirilmesi.....	13
Şekil 3.7 Örneklerin kaplanması	13
Şekil 3.8 SEM analizi için örneklerin cihaza yerleştirilmesi	14
Şekil 3.9 Shimadzu XRD-6000 model X-ışını difraktometre cihazı.....	14
Şekil 3.10 a: Araziden alınan örnek numunesi. b: toz numunenin değirmenin haznesine yerleştirmesi. c: haznenin cihaza yerleştirilmesi. Halkalı değirmen cihazı	16
Şekil 3.11 a: Toz numunenin lamdaki numune gözüne yerleştirilmesi. b: Numunenin sıkıştırılıp yüzeyinin pürüzsüzleştirilmesi. c: Örneğin cihaza yerleştirilmesi. d: Örneğin analizinin başlatılması.....	16
Şekil 4.1 Proje alanının jeoloji haritası (Öcal vd. 2011’den değiştirilerek alınmıştır)...	18
Şekil 4.2 Proje alanının dikme kesiti.....	19
Şekil 4.3 Homa-Akdağ birimi genelleştirilmiş dikme kesiti (Özgül vd. 1991, Öcal vd. 2011)	20
Şekil 4.4 Çakırözü lokasyonunda gözlenen alterasyon zonuna ait H1A-H1B jeolojik kesiti	25
Şekil 4.5 Çakırözü lokasyonundaki alterasyon zonuna ait arazi görüntüleri. (a): Gri renkli olan birim rengi alterasyonun etkisiyle krem, açık sarı ve sarımsı kırmızıya dönüşmüş hattın fotoğrafı; (b): çatlak ve kırıklar boyunca breşleşme, küresel ayrışma ve soğan kabuğu şeklinde alterasyon yapıları; (c): ve (d): kırmızı ve kahverengiye dönüşmüş olan birim, sülfürlü demir ve demir-mangan getirimlerini gösteren fotoğraf	26

Şekil 4.6 Koçyatağı-Dadak lokasyonunda gözlenen alterasyon zonuna ait H2A-H2B jeolojik kesiti	27
Şekil 4.7 Koçyatağı-Dadak lokasyonundaki alterasyon zonuna ait arazi görüntüleri. (a): sarımsı kahve renkli opalize limonit seviyeleri; (b), (c): Dolomitlerdeki kırıklar boyunca ağsal damarlar ve mercekler şeklinde metalik element yerleşimlerini gösterir. (d): Ayrışma dolomitler içindeki şist düzeylerini gösteren fotoğraf	28
Şekil 4.8 Siyak deresindeki S1 kodlu sediman örneğinin alındığı bölgenin arazi görüntüleri	30
Şekil 4.9 Çakmak deresindeki S2 kodlu sediman örneğinin alındığı bölgenin arazi görüntüleri	31
Şekil 4.10 Senir deresindeki S6 kodlu sediman örneğinin alındığı bölgenin arazi görüntüleri	32
Şekil 4.11 Bağlar deresindeki S7 kodlu sediman örneğinin alındığı bölgenin arazi görüntüleri	33
Şekil 4.12 Adatepe andezitine ait M-8 ve M-10 örneklerinin mikroskop görüntüsü (Plg: Plajiyoklaz, Fe+Kil: Demir+Kil Dol: Dolomit)	34
Şekil 4.13 Adatepe andezitleri ve Afyon volkanoklastiklerine ait olan M-11 ve M-25 örneklerinin mikroskop görüntüsü (Plg: Plajiyoklaz, Qtz: Kuvars, Amf: Amfibol)	36
Şekil 4.14 Çaltepe dolomitlerine ait M-13 (a, b, c ve d), M-17 (e, f) ve M-22 (g, h) örneklerinin mikroskop görüntüsü (Opl:Opal, Dol: Dolomit)	37
Şekil 4.15 Çaltepe dolomitlerine ait olan M-14 (a, b), M-17 (c, d), M-18 (e, f) ve M-20 (g, h) örneklerinin mikroskop görüntüsü (Dol: Dolomit, Cal: Kalsit, Opl: Opl: Opal, Qtz: Kuvars)	38
Şekil 4.16 Çakırözü bölgesine ait M-8 ve M-9 örneklerinin SEM görüntüleri ve EDX verileri	40
Şekil 4.17 Dadak-Koçyatağı bölgesine ait M-14, M-17 ve M-20 örneklerinin örneklerinin SEM görüntüleri ve EDX verileri	41
Şekil 4.18 M-6 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	44
Şekil 4.19 M-6-2 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	44
Şekil 4.20 M-7-2 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	45

Şekil 4.20 M-8 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	45
Şekil 4.22 M-9 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	46
Şekil 4.23 M-10 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	46
Şekil 4.24 M-11 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	47
Şekil 4.25 M-12 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	47
Şekil 4.26 M-13 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	48
Şekil 4.27 M-14 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	48
Şekil 4.28 M-15 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	49
Şekil 4.29 M-17 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	49
Şekil 4.30 M-18 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	50
Şekil 4.31 M-19 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	50
Şekil 4.32 M-20 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	51
Şekil 4.33 M-25 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	51
Şekil 4.34 S-1 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	52
Şekil 4.35 S-2 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	52
Şekil 4.36 S-6 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	53
Şekil 4.37 S-7 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği	53
Şekil 4.38 M-6 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	54
Şekil 4.39 M6-2 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	55
Şekil 4.40 M-8 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	55
Şekil 4.41 M-9 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	56
Şekil 4.42 M-10 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	56
Şekil 4.43 M-11 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	57
Şekil 4.44 M19 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	57

Şekil 4.45 M-25 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	58
Şekil 4.46 S-1 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	58
Şekil 4.47 S-2 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	59
Şekil 4.48 S-6 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	59
Şekil 4.49 S-7 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış	60
Şekil 4.50 Volkanik kayaçlarla bunların ayrışma ürünlerinin Le Bas vd. (1986) tarafından geliştirilen Na ₂ O+K ₂ O-SiO ₂ diyagramına göre adlandırılması ...	62
Şekil 4.51 Dadak-Koçyatağı bölgesine ait Çaltepe dolomitleri ve bunların ayrışma ürünlerinin Melezhik vd. (2008) tarafından geliştirilen adlandırma grafiklerinde gösterimi	66
Şekil 5.1 Proje alanındaki volkanik kayaçların iz element dağılım diyagramı (Normalize Sun and McDonough (1989)’a göre yapılmıştır).	69
Şekil 5.2 Proje alanındaki volkanik kayaçların kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element grafiği (Normalize Sun and McDonough (1989)’a göre yapılmıştır).	70
Şekil 5.3 Proje alanındaki volkanik kayaçların alterasyon süresince ana (gr) ve iz (ppm) elementlerinin kütle değişimleri.....	71
Şekil 5.4 Çaltepe dolomitlerinin alterasyon süresince ana (gr) elementlerin hareketliliği	72
Şekil 5.5 Çaltepe dolomitlerinin alterasyon süresince iz (ppm) elementlerin hareketliliği	73
Şekil 5.6 Çaltepe dolomitlerinin alterasyon süresince nadir toprak elementlerinin (ppm) hareketliliği	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 1/25000 ölçekli jeolojik haritalama yapılan alanın sınır koordinatları (WGS84)	8
Çizelge 4.1 Çakırözü lokasyonundan alınan örneklerin litolojik özellikleri.....	27
Çizelge 4.2 Koçyatağı-Dadak lokasyonundan alınan örneklerin litolojik özellikleri	28
Çizelge 4.3 Örneklerin XRD yönteminde belirlenmiş kalitatif analiz sonuçları	42
Çizelge 4.4 Volkanik kayalar ve ayrılmış ürünlerine ait majör oksit analiz sonuçları (%)	61
Çizelge 4.5 Dolomit ve ayrılmış ürünlerine ait majör oksit analiz sonuçları (%)	61
Çizelge 4.6 Sediman örneklerine ait majör oksit analiz sonuçları (%)	61
Çizelge 4.7 Volkanik kayalar ve ayrılmış ürünlerine ait iz ve nadir toprak element analiz sonuçları (%)	63
Çizelge 4.8 Dolomit ve ayrılmış ürünlerine ait iz ve nadir toprak element analiz sonuçları (%).....	64
Çizelge 4.9 Sediman örneklerine ait iz ve nadir toprak element analiz sonuçları (%)...	65

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışmada, Afyonkarahisar ili, Şuhut ilçesinin batısında volkanik kayaç ve metamorfik kayaçlar içinde yayılım sunan alterasyon zonlarıyla aynı bölge içindeki dere sedimanlarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır.

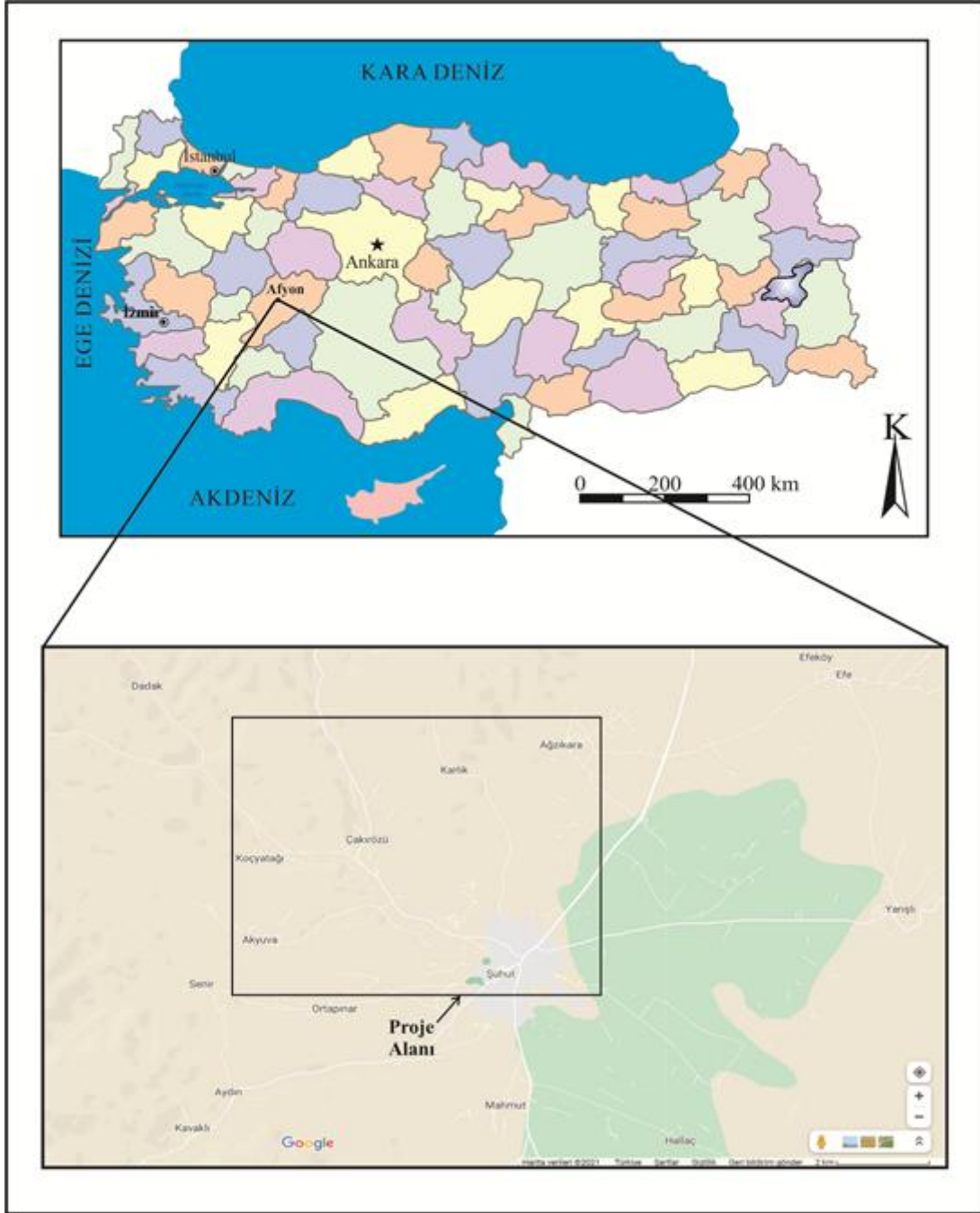
Tez çalışmasında öncelikle proje alanının jeolojik özellikleri saha çalışmaları yardımıyla araştırılarak, saha jeolojisi çalışmaları sırasında toplanan kayaç ve dere sedimanı örnekleri üzerinde mineralojik-petrografik ve jeokimyasal analizler yapılmıştır. Örneklerin mineralojik-petrografik özellikler için polarizan mikroskop, x-ışınları kırınımı (XRD) ve taramalı elektron mikroskop analizleri gerçekleştirilmiştir. Jeokimyasal özelliklerin belirlenmesi için de majör, iz ve nadir toprak analizleri yapılmıştır. Tüm çalışma sonuçları konuyla ilgili literatür yardımıyla yorumlanarak tez sonuç raporu yazılmıştır.

1.2 İnceleme Alanının Yeri

İnceleme alanı, Afyonkarahisar ilinin 25 km güneyinde yer almakta olup, Şuhut ilçesine yaklaşık 8 km uzaklıktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanına yakın yerleşim birimleri Şuhut ilçe merkeziyle Akyuva, Koçyatağı, Çakırözü, Karlık ve Ağzıkara köyleri olup, 1/25.000 ölçekli Afyonkarahisar K24_{c3}, K25_{d4} ve L24_{b2} paftalarında yer almaktadır.

1.3 Yerleşim Merkezleri ve Ulaşım

İnceleme alanı Şuhut ilçesine yaklaşık 8 m uzaklıktadır. İnceleme alanındaki bütün köy ve yaylalara stabilize yolla gidilebilmektedir. İnceleme alanında en önemli yerleşim birimleri Akyuva, Koçyatağı, Çakırözü, Karlık ve Ağzıkara köyleridir. Ortalama nüfus yoğunluğu düşük olup çoğu köy nüfusu ekonomik şartlardan dolayı azalmıştır. Bölgenin ekonomisi büyük ölçüde hayvancılık ve tarıma bağlıdır.



Şekil 1.1 Proje alanının yer bulduru haritası.

1.4 İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanında İç Anadolulun iklimi olan karasal iklim hakimdir. Bölgenin büyük bir kesimi çıplaktır. Afyon Devlet Meteoroloji istasyonunun ölçümlerine göre yıllık ortalama yağış 443,3 mm yıllık $-27,0-39,8^{\circ}\text{C}$ arasında sıcaklık görülür.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Proje alanının temelini Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar oluşturmakta ve ardından Neojen yaşlı konglomera, kumtaşı, kireçtaşı seviyeleri ve volkanikler gelmektedir (Kibici vd. 2012).

Proje alanını da içine alan geniş bir bölgedeki volkanizmanın jeolojisi, petrografisi ve petrolojisi üzerine yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bölgedeki volkanizma, Afrika plakasının, Avrasya plakası altına dalması ve bağlantılı olarak okyanusal basenin kapanıp, çarpışma sürecinin başlaması sonucu oluşmuştur (Şengör vd. 1984, Yılmaz vd. 2000, Işık vd. 2004, Ring ve Collins 2005, Çemen vd. 2006, Westrhythicteway 2006, Glodny ve Hetzel 2007, Prelevic vd. 2012).

Orta Miyosende Afyon bölgesinde etkili olan volkanizmayı birden çok aşamalı potasik ve ultrapotasik alkali volkaniklerin ardalanması olarak tanımlamışlardır (Akal 2003, 2008, Akal vd. 2013). Aydar vd. (2003).

Afyon bölgesindeki volkanik aktivitenin yaklaşık 550 km²'lik bir alanı kapladığını ve küçük bir stratovolkan ile temsil edildiğini belirtmiştir. Buna bağlı olarak kalderanın çökmesiyle iki aşamadan oluşan bir volkanik aktivitenin etkin olduğunu savunmuştur. Bunlardan ilkinin lav akıntıları, domlar, lahar ve blok ve kül akıntısı şeklinde, ikincisinin ise, kalderanın çökmesinden sonra, iri sanidinlerce zengin trakitik lav domları ve blok ve kül akıntıları ile çığ akıntıları şeklinde yayılım gösterdiğini belirtmiştir. Çalışmacılar elde ettikleri jeokronolojik- jeokimyasal verilere göre bölgeyi kuzey ve güney olarak ikiye ayırmış ve aynı zamanda kuzeyde bulunan silisce doygun (%52 < SiO₂ < %64) volkanik kayaların daha yaşlı, güneyde bulunan silisce doygun olmayan volkanik kayaların ise daha genç olduklarını belirlemişlerdir (Aydar vd. 2003, Akal 2003, Akal vd. 2013).

Afyon Şuhut bölgesinde potasik ve ultrapotasik bileşimli volkanizma üç ana evreye ayrılmıştır (Akal 2003). Melilit-lösitit lavları ilk evre volkanik faaliyetin ürünleridir. Lamproitler ise ikinci evre volkanik faaliyeti temsil etmektedirler. Lösitit blok ve

parçalarınca zengin olan Balçıkhisar volkaniklastik serisi birinci evre volkanik aktivitenin ürünlerini örtmektedir. Birinci ve ikinci evre volkanizmanın ürünleri gösel sedimanter kayalar ile örtülmektedir. Bu gösel sedimanter kayalar dereceli olarak Tokluk volkano-sedimanter serisi tarafından üstlenmektedir. Fonotefritik lav domları, daykları ve lav akmaları çalışma alanındaki üçüncü evre volkanik faaliyetleri oluşturmaktadır (Akal 2003).

Afyon volkanik kompleksinde yeralan ve hacimsel olarak küçük lav domları ve lav akmaları şeklinde yüzlek veren iki melilit lösitit oluşumunu inceleyen araştırmacı, melilit lösititlerin, dalma-batma ve çarpışma süreçlerinin geliştiği aktif kıta kenarına yakın ortamda kısmi ergime ile meydana gelmiş ilksel bir eriğiğin üst kabuktan kısmen kirlenmesi ile oluşan bir magmanın ürünleri olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, Afyon stratovulkanı, volkanik aktivitenin son evreleri boyunca, hidrovolkanik ürünler, afani-tik lav akmaları ve dayk sokulumları şeklinde yerleşmiş lamprofirik kayaçlar sunmaktadır (Aydar vd. 2003).

Afyon volkaniklerinin çoğu potasik trakiandezit ve tarkitler şeklinde silikaya doymuş alka-lin gruba ait iken, en son aktivitenin ürünleri, lamproitik lamprofirler ve alkalin lamprofirlerdir. Afyon batısında yer alan KKB-GGD doğrultulu faylar Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı andezit, trakit, tuf ve aglomeraları kesmektedir (Şaroğlu vd. 1987).

Projede Şuhut ilçesinin batısındaki bölgede yer alan volkanik ve metamorfik kayaçlardaki alterasyon zonları araştırılacak olup, proje alanına yakın bölgedeki volkanik ve metamorfik kayaçların alterasyonu üzerine çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Proje alanı ve çevresinde yapılan bazı çalışmalarla ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

Keller ve Villari (1972); Afyon bölgesindeki volkanizmayı petrografik olarak incelemişler ve bunlar için alkalin karakteri tanımlamışlardır. Keller (1983), Hellenik yayından litosferik dalma-batma nedeniyle oluşan manto metasomatizmasından dolayı volkanizmanın, baskın olarak potasik ve ultrapotasik karakterde olduğunu öne

sürmüştür. Volkanizmaya Besang vd. (1977) tarafından yaş verilmiştir ve bu yaşlar 8.5-14.5 My. arasındadır.

Keller (1983); Afyon, Sandıklı, Şuhut ve Isparta volkaniklerinde Sr izotop ve jeokimyasal analizleri gerçekleştirerek volkanitlerin potasik ve yüksek potasik (çoğunlukla lösit içeren) karakterli olduklarını; çarpışan plaka prosesleri ve ilişkili adayayı mağmaları ile kıtasal rift zonlarındaki kratonik lösit içeren lavlarla karıştırılabileceklerini ve kratonik ve orojenik bölgelerdeki ultrapotasiklerin farklılıklarının belirgin jeokimyasal verilerinin tartışılır olmasının buradaki en önemli problem olduğunu vurgulamıştır.

Çevikbaş vd. (1988); Afyon-Şuhut arasında kalan Neojen volkaniklerinin dağılımı ve jeolojisine yönelik yaptıkları çalışmalarında, volkaniklerin jeokimyasal analizlerine dayalı olarak alkalın ve kalkalkalin karakterde olduğunu ve heterojen bileşimli kabuk ve manto türevli olduklarını vurgulamışlardır.

Aydar ve Bayhan (1995), Afyon volkanizmasının gölsel çökelimler (Yeniköy formasyonu) üzerine kurulu bir stratovulkan ile ilişkili olduğunu ve herhangi volkanojenik parçanın bu çökelimlere karşılık geldiğini öne sürmüşlerdir.

Diğer taraftan, Harut (1995) stratigrafik olarak, Afyon'nun KKB'sında 'Yeniköy formasyonu'nu üzerleyen karbonatlaşmış gölsel çökelimlerde volkanojenik tabakalar içeren Pliyosen yaşlı 'Köprülü formasyonu'nu tanımlamıştır. Bu gölsel formasyonlar arasındaki ilişki belir-sizdir ve aralarındaki tek fark, 'Köprülü formasyonu'nda volkanojenik sedimentlerin varlığıdır. Lamprofirik lav akmaları 'Köprülü formasyonu' içinde tabakalar şeklinde yerleşmiştir (Harut 1995).

Bölgede göl gelişiminin, 17 My (Afyon'un kuzeyinde Seydiler ignimbritinin yaşı) ve 14.5 My (Afyon stratovulkanın bilinen en eski ürününün yaşı) arasında ortaya çıktığı düşünülmektedir. Afyon stratovulkanı trakibazaltik ve trakiandezitik lav akmaları ile gelişmiştir ve daha sonra ignimbrit püskürmeleri-ni takip eden kaldera çöküntüsü meydana gelmiştir. Blok ve kül akmaları ile birlikte bulunan, megasanidin (5 cm'den

büyük) 11 içeren trakitik lav domları ve akmaları kaldera sonrası volkanik aktiviteleri oluşturmaktadır. Siyah, afanitik lamprofirik lav akmaları ve flogopit içeren dayk sokulumları ise volkanik seriyi tamamlamaktadır (Aydar 1998).

Gündoğan vd. (2009) proje alanının batısında yaptıkları çalışmada çok geniş alanlarda alterasyon mostraları gözlemlemişlerdir. Bunlar üzerinde Afyon-L24-b1 paftası Küçük Üfürük tepede, Şuhut yolu üzerinde (Aydın köyü çıkışı kükürt mostrası, Tekke köyü'ne 1 km Sandıklı çıkışında gri renkli sülfür zonu bol kükürtlüdür) ve Küçük Üfürükten Sandıklı istikametinde yapılan vadi içerisindeki yürüyüş ile çok yaygın alterasyonun var olduğunu, dereye akan suların soda ürettiği ve vadi içlerinde birkaç yerde maden suyu çıkışları olduğunu gözlemlemişlerdir. Küçük Üfürük tepe batı yamacında, Kurt Kayası doğu yamacında, Başkaya tepesi kuzey yamacında Kovalık deresi vadi membasında K20B/80GB uzun-tıllı bir alterasyon zonu arazide saptamışlardır. Aynı vadi içerisinde sülfür zonu da gözlemlemişlerdir. Bunun yanında özellikle Bektaş Köyü ve güneyinde yüzeyleyen volkaniklerin yarık tipi volkanizma oluşması ve bölgedeki volkanizmaya ait yaş verilerinde çok genç volkaniklerin bulunması, bölgedeki ısıtıcının volkanikler olduğu kanısına varmışlardır. Bu şekilde jeotermal sistemin BGB-DKD uzanımlı olması sistemin doğuya doğru geliştirilebileceği şeklinde bir düşüncüyü ortaya koymaktadır.

İnsan ve toplum hayatında vazgeçilmez bir yer tutan madencilik, gelişmiş ülkelerin bugünkü teknoloji ve refah düzeyine ulaşmalarında en etkin rolü oynayan faktördür. Nitekim doğal kaynaklarından yeterince yararlanamayan toplumlar bugün geri kalmış veya gelişmekte olan ülkeler gibi sıfatlarla tanımlanmaktadır. Ülkelerin kalkınma ve ekonomik gelişiminde önemli yeri olan madencilik ve entegre üretim sanayi, en büyük katma değeri yaratmaktadır.

Plaser veya kırıntı yatakların oluşumunun esası, fiziksel olarak parçalanıp, ufalanan minerallerin taşınarak (allokton), yoğunluklarına göre birbirinden ayrılıp, aynı ya da benzer yoğunlukta olanların belirli bir bölgede birikmesine dayanır. Kırıntı yatakların evriminde iki büyük dönem söz konusudur; Birincisi, kimyasal olarak ayrışmayan veya ayrışması güç minerallerin, içinde bulundukları kayalardan serbest kalması, ikincisi ise, serbest kalan minerallerin çoğunlukla su, rüzgar veya buzullar tarafından taşınarak

ya da hiç/veya çok az taşınarak birikimdir. Dolayısıyla bir mineralin plaser yatak oluşturma-bilmesi için şu özelliklere sahip olması gerekir: yüksek yoğunluk, kimyasal ayrışma olaylarına dayanıklılık, sert olmak, dövülebilme yeteneğidir.

Proje alanında Akyuva, Koçyatağı, Çakırözü, Karlık ve Ağzıkara köyleri arasında kalan bölgedeki dere yataklarının bölgedeki volkanik ve metamorfik kayaçların ayrışma ürünlerini içerdiği düşünülmektedir. Söz konusu dere yataklarını oluşturan plaserler (kırıntılar) proje bütçesi ölçüsünde örneklenmiştir. Projenin özgün yönünü oluşturan dere yataklarındaki kırıntılı malzemenin örnekleme ve analizleri sonucunda bölgedeki volkanik ve metamorfik kayaçlardan ayrışıp, aşınarak dere yataklarında birikmiş olan plaserlerin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal bileşimleri ortaya konmuş olacaktır. Böylece bölgedeki birincil ve ikincil metalik cevherleşmelere ait verilerin elde edilmesi planlanmaktadır.

3. ANALİZ YÖNTEMLERİ

3.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında çalışma alanının jeolojisinin belirlenmesine yönelik 1/25000’lik jeolojik haritalama yapılmıştır. 1/25000 ölçekli jeolojik haritalama yapılan alanın koordinatları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Ayrıca arazi çalışmaları sırasında topoğrafik harita, GPS, jeolog pusulası gibi araçlar kullanılarak jeolojik gözlemler yapılmış ve veri toplanmıştır (Şekil 3.1).

Çizelge 3.1 1/25000 ölçekli jeolojik haritalama yapılan alanın sınır koordinatları (WGS84).

NOKTA NO	X	Y	Z
1	275620	4279012	1419
2	288412	4278682	1356
3	288085	4265032	1126
4	275323	4265342	1481



Şekil 3.1 Arazi çalışmaları sırasında çekilmiş bir fotoğraf.

İnceleme alanında hem kayaç örnekleme hem de sediman örnekleme yapılmıştır. Kayaç örnekleme belirlenen noktalarda çekiçle kırılarak taze kayaç alınır. Dere sedimanı örnekleme ise belirlenen noktalarda barajın kenar sınırlarından alınmıştır. Çevredeki yamaçlardan ve vadilerden yağmur suları ve rüzgarla aşınarak gelen kayaç parçaları ve mineraller barajda toplanmıştır. Barajın besleme yerinden yüzeyden en az 30 cm kazınarak numune daha sonra alınır. Alınan örnek elek yardımıyla elenerek elek altındaki sedimanlar poşetlenir. Alınan örneklerde laboratuvar ortamında etüvde kurutularak mıknatıs yardımıyla ayırma işlemi yapılır ve manyetik özellikli sedimanda analizler yapılır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Sediman örnekleme işlemi.

3.2 Mineralojik ve Petrografik İncelemeler

3.2.1 Polarizan Mikroskop İncelemeleri

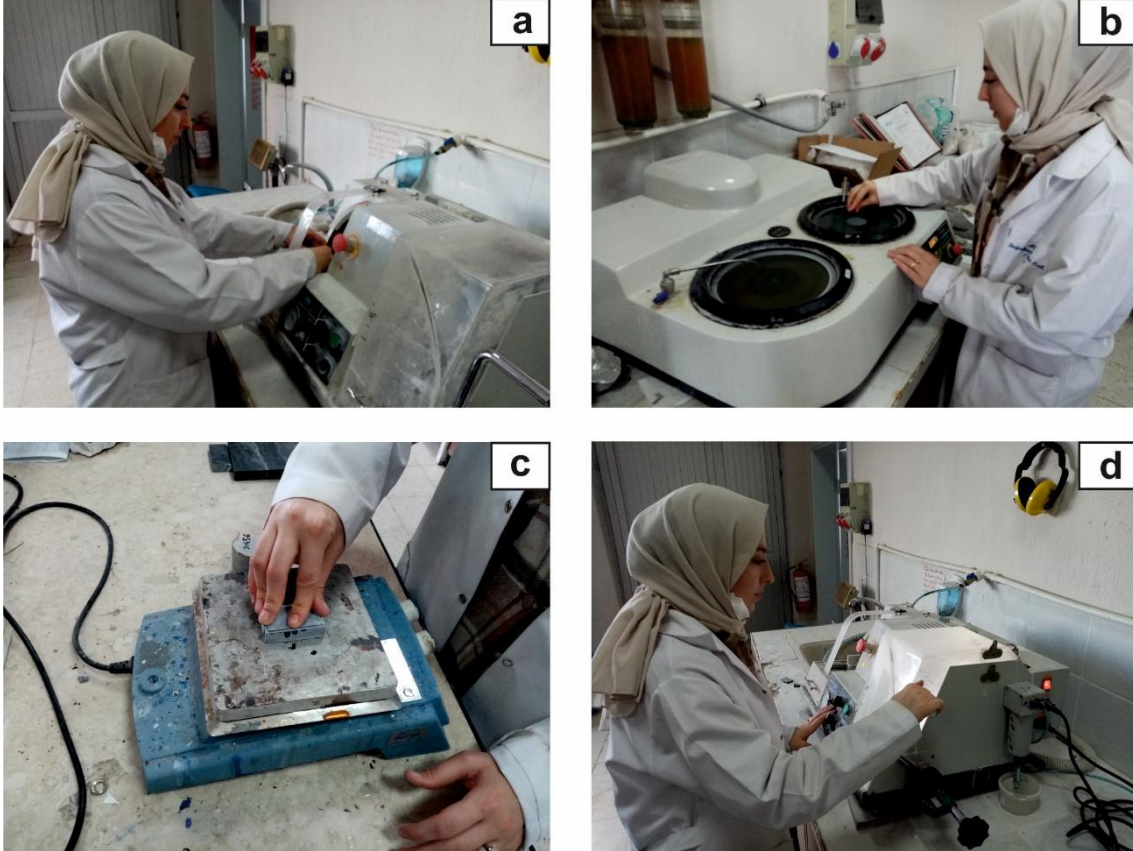
Polarizan mikroskop çalışmaları kayaçların mineralojik-petrografik tanımlamalarında en yaygın olarak kullanılan önemli yöntemlerden birisidir. Bu çalışmalar volkanik ve metamorfik kayaçlarla bunların alterasyon ürünlerini oluşturan mineraller ve özellikleri karakterize etmek için yapılmıştır. Polarizan mikroskop incelemeleri için gerekli olan ince kesit örnekleri AKÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Doğaltaş Analiz Laboratuvarı yapılmıştır. Alterasyon derecesi yüksek bazı örnekler ise ince kesit yapılması için Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarına gönderilmiştir. Polarizan mikroskop çalışmaları A.K.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki Leica DM2500P model polarizan mikroskopta gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Leica DM2500P model Polarizan Mikroskopta incekesitlerin mineral içeriklerinin incelenmesi.

Polarizan mikroskop incelemeleri için öncelikle ince kesit hazırlanmıştır. Bölgeden alınan kayaç parçaları incekesit cihazında yapıştırılacak olan lamellerin boyutuna getirilmiştir(Şekil 3.4.a). Kesilen kayacın yüzeyi cam yüzeye yapıştırmak için

parlatılmıştır (Şekil 3.4.b). Parlatılan kayaç lamel üzerine yapıştırıcı ile yapıştırılarak ısıtıcıda kurutulmuştur (Şekil 3.4.c). Yapıştırılan örnek inceltmek için taşlama yapılmıştır(Şekil 3.4.d). Daha sonra cam üzerinde aşındırıcı tozlarla hassas inceltme yapılarak polarizan incelemeleri başlatılmıştır.



Şekil 3.4 İnce kesit yapım aşamaları; **a:** İncekesit cihazında kesme işlemi. **b:** Kesilen kayacı parlatma işlemi. **c:** Kayacın cam lamele yapıştırma işlemi. **d:** İncekesit cihazında taşlama işlemi.

3.2.2 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İncelemeleri

Volkanik ve metamorfik kayaçlarla bunların alterasyon ürünlerine ait örneklerin mineralojik tanımlaması, yüzey morfolojisinin belirlenmesi ve mikrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi için taramalı elektron mikroskop (SEM) incelemeleri yapılmıştır. X-ışını kırınımı (XRD) analiz sonuçlarına göre farklı mineralojik bileşime sahip örneklerde gerçekleştirilen SEM çalışmaları için örnekler öncelikle altın ve karbon kaplanmıştır. SEM incelemeleri A.K.Ü. Teknoloji Uygulama Araştırma Merkezi

(AKÜ-TUAM)'ndeki LEO VP-1431 model taramalı elektron mikroskopunda yapılmıştır (Şekil 3.5).

SEM analizleri için ayrılan örneklerin kurutularak nemleri alınmıştır. Örnekler daha sonra karbon ve altın kaplama yapılmıştır. Kaplama yapılan örneklerin cihazda incelemesi yapılmıştır (Şekil 3.6-3.8).



Şekil 3.5 LEO VP-1431 model taramalı elektron mikroskop cihazı.



Şekil 3.6 Örneğin kaplamaya hazır hale getirilmesi.



Şekil 3.7 Örneklerin kaplanması.



Şekil 3.8 SEM analizi için örneklerin cihaza yerleştirilmesi.

3.2.3 X-Işınları Difraktoğramı (XRD) İncelemeleri

Alterasyon ürünleriyle dere sedimanlarının mineralojik analizleri için gerekli olan X-ışınları difraktometresi (XRD) analizleri A.K.Ü Teknoloji Uygulama Araştırma Merkezi (TUAM)'nde Shimadzu XRD-6000 model X-ışını difraktometre cihazı (Ni filtreli, $\text{CuK}\alpha$ radyasyonlu) kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.9). Analizlerde 40 kV (voltaj) ve 30 mA (akım) difraksiyon değerleri seçilmiştir. Örnekler $2^\circ/\text{dak.}$ 'da taranarak, tüm kayaç XRD analizi $2^\circ-70^\circ$ (2θ) ve kil boyutu XRD analizi ise $2^\circ-30^\circ$ (2θ) ganyometre kırınım açısı aralığında 2000 cps (intensity) pik yoğunluğunda analiz edilmiştir. Analizler tüm kayaç ve kil boyutu çekimi olarak 2 aşamada yürütülmüştür.

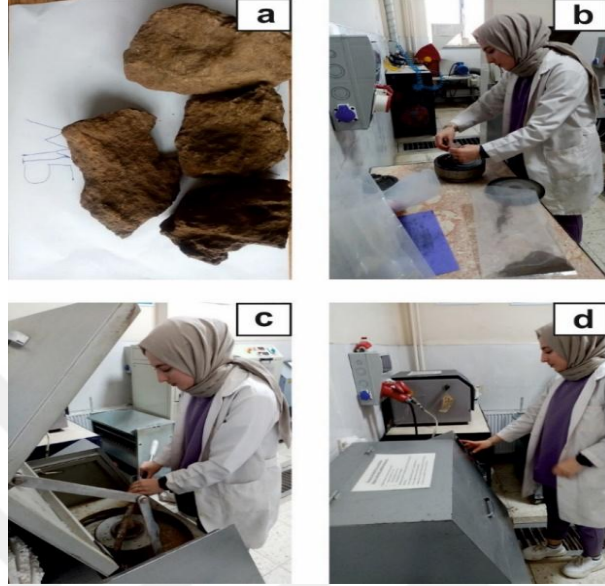


Şekil 3.9 Shimadzu XRD-6000 model X-ışını difraktometre cihazı.

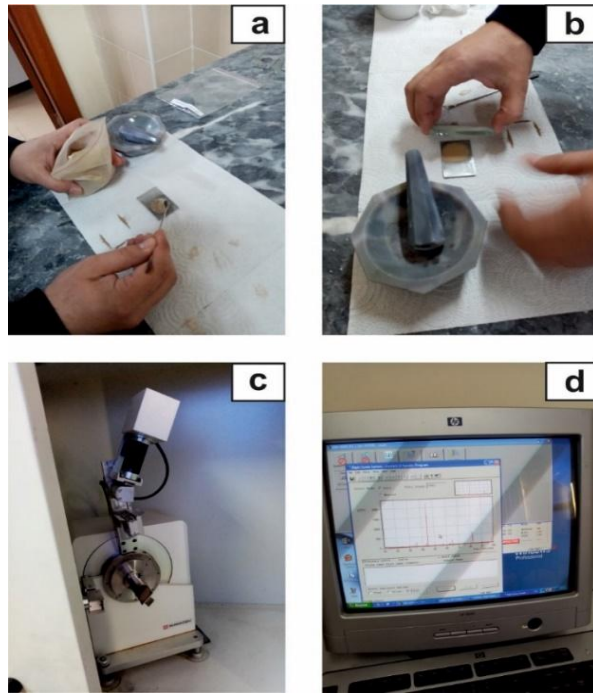
XRD incelemeleri tüm kaya ve kil boyutu analizleri olmak üzere 2 aşamada yürütülmüştür. Tüm kaya incelemeleri yapılacak örnekler, $-250\mu\text{m}$ tane boyutuna öğütülmüştür. Tüm kaya XRD incelemeleri sonucunda kil mineralleri belirlenen örneklerde kil boyutu incelemeleri yapılmıştır. Kil boyutu incelemeleri için kırılmış örneklerden yönlendirilmiş numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan yönlendirilmiş numunelere bir dizi standart talı işlemler uygulanarak kil minerallerinin özellikle düşük $2\theta^\circ$ açılı bölgesindeki bazal kırınımalarında yapay değişimler meydana getirilmeye çalışılmıştır. Bunlar etilen glikolle ve ısıyla (550°C) muameledir. Bu yapay değişimlerin sistematik incelenmesi ile kırınım profilleri benzer kil minerallerinin birbirinden ayırt edilmesi ve kesin tanımlaması yapılmıştır.

Analizler için öncelikle toz numune hazırlanmıştır. AKÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarı'nda örnek ilk olarak çeneli kırıcı

ile kırılmış, daha sonra halkalı değirmen de öğütülmüştür. Tüm kaya incelemeleri için cihazın numune gözüne toz örnek konularak pres yapılmış ve yüzeyi pürüzsüzleştirilmiştir. Örnek analiz gözüne yerleştirilip analiz başlatılmıştır (Şekil 3.10; 3.11).



Şekil 3.10 a: Araziden alınan örnek numunesi. b: toz numunenin değirmenin haznesine yerleştirilmesi. c: haznenin cihaza yerleştirilmesi. Halkalı değirmen cihazı.



Şekil 3.11 a: Toz numunenin lamdaki numune gözüne yerleştirilmesi. b: Numunenin sıkıştırılıp yüzeyinin pürüzsüzleştirilmesi. c: Örneğin cihaza yerleştirilmesi. d: Örneğin analizinin başlatılması.

3.3 Jeokimyasal İncelemeler

Volkanik ve metamorfik kayalarla bunların alterasyon ürünlerine ait örneklerin jeokimyasal karakterinin belirlenmesi için örnekler majör oksit, iz ve nadir toprak element (NTE) analizleri yapılmıştır. Majör oksit analizleri AKÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Doğaltaş Analiz Laboratuvarı'nda, iz ve nadir toprak element analizleri ise İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeokimya Analiz Laboratuvarı (JAL)'nda gerçekleştirilmiştir. Majör oksit analizleri RIGAKU / ZSX PRIMUS 2 model dalgaboyu dağılımlı x-ışını floresans (XRF) cihazı ile yapılmıştır. Analiz öncesi örnekler 100mikron altına öğütülmüş ve kızdırma kaybı alınmış, lityum tetraborate/metaborate ile Pt-Au kroze içinde füzyon yapılarak cam haline getirilmiştir. İz ve nadir yer elementleri ise ICP-MS cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Örneklerin majör oksit ve iz element değişim diyagramlarının hazırlanmasında MacLean ve Kranidiotis (1987) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Kayıp ve kazanç değerlerinin belirlenmesinde örnekler majör oksit analiz sonuçlarından ateş kaybı değerleri çıkartılmış ve analiz sonuçları 100 gr'a tamamlanmıştır. Daha sonra her elementin düzeltilmiş miktarları gram cinsinden hesaplanmıştır (3.1). Elde edilen değerler yardımıyla örneklerde kütle değişim hesapları yapılmış ve grafik haline getirilmiştir. SiO₂ hesaplamasında kullanılan örnek formül şöyledir;

$$SiO_2 = \frac{SiO_2 (Alters Kayaç)}{Zr (Alters Kayaç)} \times Zr (Taze Kayaç) \quad (3.1)$$

Bu formül ile elde edilen değerlerden en az altere olmuş kayadaki değerlerin çıkarılması ile her bir elementte meydana gelen kazanç ve kayıp miktarları gram (gr) cinsinden bulunmuştur. Taze/az ayrılmış volkanik kayaç örneği M-10 örneği olarak belirlenmiş, diğer örneklerde buna göre normalize edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 İnceleme Alanının Jeolojisi

4.1.1. Stratigrafi

İnceleme alanının temelinde Prekambriyen yaşlı Gögebakan formasyonu yer almaktadır. Bu formasyonun üzerine uyumlu olarak Erken Kambriyen yaşlı Celiloğlu formasyonu gelmektedir. Erken Kambriyen yaşlı Hüdai kuvarsitleri uyumlu olarak, Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe formasyonu ile devam etmektedir. Uyumlu olarak Seydişehir formasyonu Orta Ordovisiyen yaşlı olarak gelmektedir. İnceleme alanının çoğunluğunu oluşturan Orta Miyosen yaşlı Afyon volkanoklastikleri uyumsuz bir şekilde gelmektedir. Bunları uyumsuz olarak üzerleyen Köprülü üyesi gelmektedir. Orta Miyosen yaşlı Karakaya Volkanitleri ve Adatepe andezitleri uyumlu olarak üzerler. Alüvyonlar ise inceleme alanında en genç birim olan Kuvaterner yaşlıdır. (Öcal vd. 2011) (Şekil 4.1; 4.2).

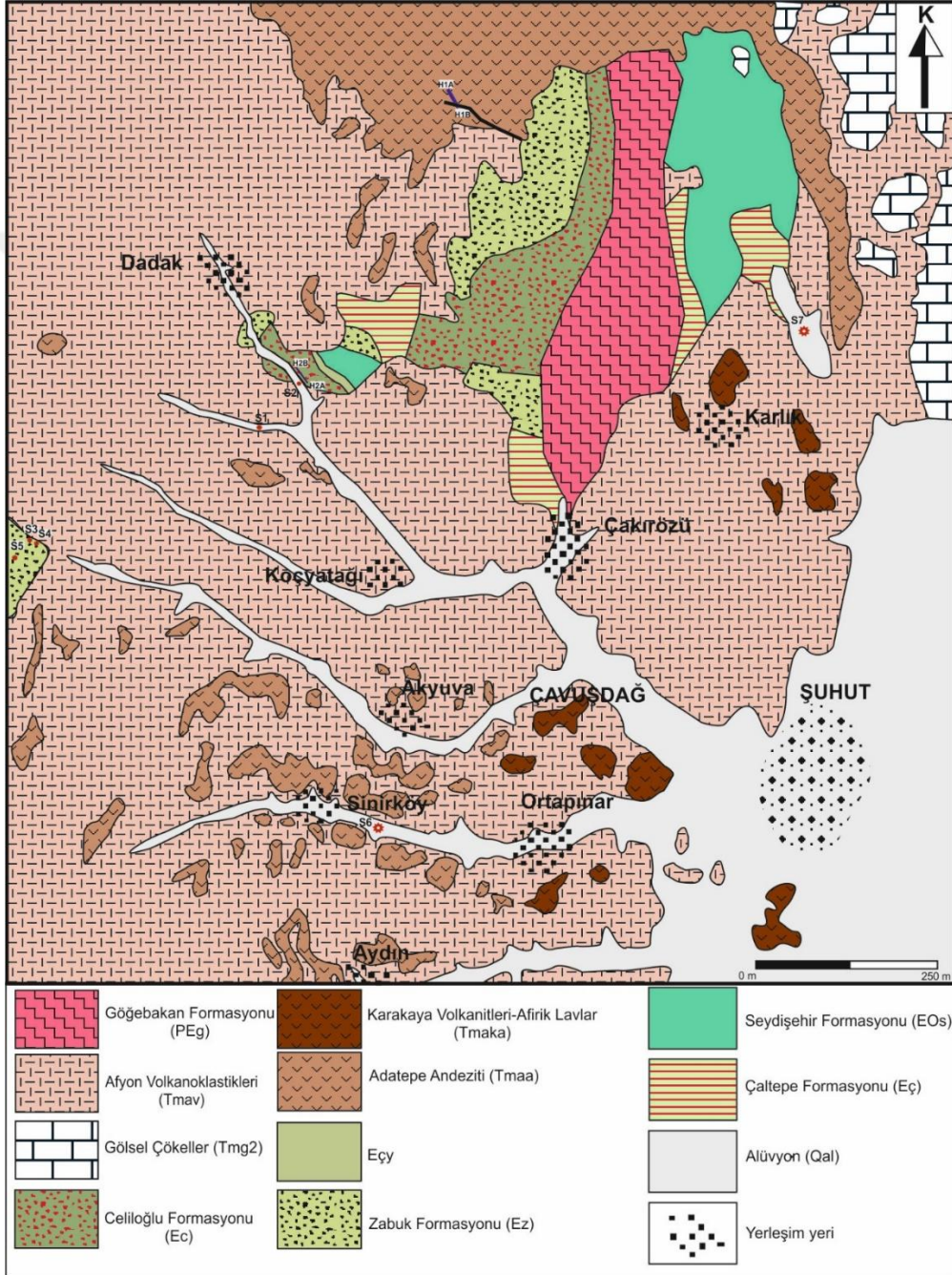
4.1.1.1. Gögebakan Formasyonu (PEg)

Birim Özgün vd. (1991) tarafından Kocayayla formasyonu içerisinde üye, Gürsu (2002) tarafından formasyon olarak adlandırılmıştır. Fillit, metakonglomera, metakumtaşı, metasilttaşı türünde düşük dereceli metamorfizma geçirmiş kayalardan oluşmaktadır. Koyu gri, siyahımsı mor ve yeşil renkli olan fillitler birimin çoğunluğunu oluşturmaktadır. Tabanında Kestelçay formasyonu, görülmekte olup, iki birim arasındaki dokanak belirgin değildir. Üstte ise proje alanında Celiloğlu formasyonu gelmektedir. Gögebakan formasyonu Özgül vd. (1991) tarafından fosil bulgusu olmadığından dolayı Prekambriyen yaşlı olarak tanımlanmıştır.

4.1.1.2 Celiloğlu Formasyonu (Ec)

Düşük dereceli metamorfizma ürünü olan ve çoğunlukla fillit ve kuvarsit ardalanmasından oluşan, yer yer de pembe, beyaz, yeşil renkli metaçamurtaşı, metasilttaşı ve yeşil, açık bej renkli, metakumtaşı gibi silisiklastik kayalardan oluşan

birim, Özgül vd. (1991) tarafından Kocayayla formasyonu Celiloğlu üyesi, Gürsu (2002) ise Hüdai formasyonu Celiloğlu üyesi olarak adlandırılmıştır. Celiloğlu formasyonunun tabanında Gögebakan formasyonu, üzerinde ise Zabuk formasyonu (Hüdai kuvarsitleri) yer almaktadır. 1000m görünür kalınlığa sahip olan birim, Erken Kambriyen yaşlı olarak tanımlanmıştır (Özgül vd. 1991).



Şekil 4.1. Proje alanının jeoloji haritası (Öcal vd. 2011'den değiştirilerek alınmıştır.)

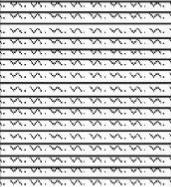
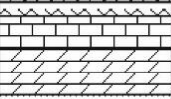
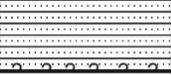
ÜST ZAMAN	FANEREZOYİK										LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
ZAMAN	PALEOZOYİK					SENOZOYİK						
DEVİR	KAMBRIYEN		ORDOVİSİYEN			TERSİYER(NEOJEN)			KUVATERNER			
DEVRE	ERKEN		ORTA			ORTA MİYOSEN						
FORMASYON												
ÜYE												
	PREKAMBRIYEN											
	GÖĞEBAKAN FORMASYONU											Alüvyon
												—uyumsuzluk—
												Porfirik lav topluluğu
												Trakibazalt, bazaltik, trakiandezit ve afirik lavlar
												—uyumsuzluk—
												Gebeceler formasyonun görsel tortullaşmasını temsil eder.
												—uyumsuzluk—
												Volkanoklastik proklastik ve epiklastik fasiyesler
												—uyumsuzluk—
												Kumtaşı, kireçtaşı ve şeyl ardalanması
												Neritik kireçtaşı ve dolomitler
												Kuvars arenitleri çoğunlukta olup kayrak katkısı çok azdır.
												Kayrak-kuvarsit ardışığı
												Proklastik kayalar ve spilitik lavlar

Şekil 4.2. Proje alanının dikme kesiti.

4.1.1.3 Hüdai Kuvarsiti (Eh)

Birim ilk kez Öngür (1973) tarafından “Hüdai kuvarsit üyesi” olarak adlandırılmış, Tuna (1974) ise Güneydoğu Anadolu’daki aynı özelliklerdeki birimi Zabuk Formasyonu olarak tanımlamıştır. Tamamen kuvarsitten oluşan birim, karakteristik olarak Sandıklı’nın Hüdai Kaplıcaları çevresinde yayılım sunduğu için çalışmamızda da bu isimle adlandırılmıştır.

Çoğunlukla kuvars arenitlerden meydana gelen birimde yer yer fillit ara katkıları da izlenmektedir. Kuvarsitler gri, kirli beyaz ve pembe renkli, orta-kalın katmanlı, lamine, yer yer düzlemsel çapraz katmanlı olarak gözlenmiştir. Katman yüzeylerinde ince klorit düzeyleri de bulunmaktadır. Celiloğlu formasyonunun üzerine uyumsuz olarak gelen birim üste doğru Çaltepe Formasyonu’nun dolomitlerine geçiş göstermektedir. 100 m kalınlığında olan birimin yaşı Erken Kambriyen olarak verilmiştir (Özgül vd. 1991) (Şekil 4.3).

YAŞ	KALINLIK(m)	GRUP	FORMASYON	KAYA TÜRÜ	DİĞER BİLGİLER
ORDOVISİYEN ÜST KAMBRİYEN	1000		SEYDİŞEHİR FORMASYONU		Kayrak, kumtaşı
ALT-ORTA KAMBRİYEN	150		ÇALTEPE FORMASYONU		Yumru kireçtaşı Dolomit, dolomitik kireçtaşı
ALT KAMBRİYEN	100		HÜDAİ KUARSİTİ		Kuvarsit Uyumsuzluk(?)
	1000		CELİLOĞLU FORMASYONU		Kayrak-kuvarsit ardışı
PREKAMBRİYEN	500		GÖĞEBAKAN FORMASYONU		Silttaşı, kiltası, kumtaşı Mor, yeşil renkli, asidik, dasidik tuf, bazalt

Ölçeksizdir

Şekil 4.3. Homa-Akdağ birimi genelleştirilmiş dikme kesiti (Özgül vd. 1991, Öcal vd. 2011).

4.1.1.4 Çaltepe Formasyonu (Eç)

Neritik kireçtaşı ve dolomitleri kapsayan birim ilk kez Seydişehir ilçesinin 10 km kuzeyinde Çaltepe’de Blumenthal (1947) tarafından incelenmiş ve adlandırılmıştır. Formasyon, alttan üste doğru dolomit, kristalize kireçtaşı ve yumrulu kireçtaşı birimlerinden oluşmaktadır. Dolomitler, açık koyu kül renginde, ayrışma yüzeyi kahverengi, kızılımsı pas rengi şeklinde gözlenmiştir. Kalın, çok kalın katmanlı olan dolomitler, yeniden kristalleşerek metamorfizmaya uğramışlardır. Kireçtaşları açık koyu kül rengi, orta-kalın katmanlı şeklindedir. Çaltepe Formasyonunun en üst kesimlerinde gözlenen kireçtaşları, şeyl ara katkılı, pembe, açık kırmızı, sarımsı ve gri renklerin karışımından oluşan alacalı görünümlü yumrulu kireçtaşlarından olumakta ve bol trilobit parçası içermektedir.

Çaltepe Formasyonu’nun kalın karbonatlarıyla, üstte yer alan Seydişehir Formasyonu’nun kayrakları arasında yumrulu kireçtaşları bir geçiş zonu oluşturmuş olarak gözlenmiştir. Çaltepe Formasyonu’nun alt düzeylerini oluşturan dolomit katmanları, Zabuk Formasyonu’nu uyumlu olarak üzerlemiştir. Formasyonun üst düzeylerini oluşturan şeyl ara katkılı Yumrulu kireçtaşları yaklaşık 150 m kalınlıkta olup, Seydişehir Formasyonu’nun boz renkli kayrakları tarafından uyumlu ve dereceli geçişli olarak üzerlemektedir. Yumrulu kireçtaşı katmanlarındaki fosil içerikleri nedeniyle Demirkol (1977) tarafından birimin yaşı Orta Kambriyen olarak belirlenmiştir.

4.1.1.5 Seydişehir Formasyonu (EOs)

Kumtaşı, silttaşı, şeyl araldanmasından oluşan formasyon Seydişehir bölgesinde Blumenthal (1947) tarafından incelenmiş ve adlandırılmıştır. Başlıca metamiltaşı, metaşeyl ve metakumtaşı araldanmasından meydana gelmektedir. Birimin alt düzeylerinde az oranda kuvarsit ve alacalı renkli yumrulu kireçtaşı ara katkıları içermektedir. Formasyonun kalınlığı 935m ile 1000 m arasında değişmektedir (Monod 1977, Özgül ve Gedik 1973). Düşük fosil içeriğine sahip olan birimin yaşı Haude (1972) tarafından Erken Ordovisiyen (Tremadosiyen) olarak belirlenmiştir. Özgül vd. (1991) tarafından formasyonun türbidit akıntılarının etkin olduğu, açık şelf, kıta yamacı

koşullarındaki çökelmeyle oluştuğu belirtilmiştir. Proje alanında Afyon volkanoklastikleri tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir.

4.1.1.6 Afyon Volkaniklastikleri

Porfirik lavlar üreten çok fazlı volkanizmanın türevleri olarak çökelen Afyon volkaniklastikleri, Orta Miyosen boyunca sürdüren Afyon alkali volkanizmasının en kalın ve yaygın ürünlerini kapsar. Birim, ağırlıklı olarak Kocatepe trakitik volkanizmasıyla ilişkilidir; karasal ve gölssel ortamlarda depolanmış kalın ve yanal sürekli piroklastik akma (çoğunlukla blok ve kül akışı) ve epiklastik akma (lahar) düzeylerinden oluşur. Kül döküntüsü fasiyesindeki tuf düzeylerinin çoğu Gebeceler gölssel istifinde çökelmiştir. Genellikle bloklu kül akışı ünitelerinin yeniden işlenmiş türevi olduklarından onlarla birlikte bulunan epiklastik kütle akması fasiyesi (lahar), taşıyıcı ajan niteliğindeki sıvılaşmış kül matrisi ile değişik konsantrasyonlardaki lav klastlarının birlikte akmasıyla çökelmiştir. Göl altında çökelmiş olan kül tüflerinde killeşme ve zeolitleşme şeklinde alterasyon izlerine rastlanmaktadır (Öcal vd. 2011).

Metin vd. (1987) tarafından “Seydiler tufu” ile birlikte ele alınan “aglomera” üyesi, Afyon volkaniklastiklerinin büyük bölümünü oluşturan kaba volkaniklastlı piroklastik ve epiklastik fasiyesleri kapsamaktadır. Boray vd. (1985) tarafından tanımlanan “İnli Volkanitleri”, Afyon volkaniklastiklerinin Şuhut doğusundaki uzantılarıdır. Akal (2001) Balçıkhisar çevresinde tanımladığı “Balçıkhisar volkanoklastikleri” ve “Başören piroklastikleri”, Afyon volkaniklastikleri ile korele etmek mümkündür (Öcal vd. 2011).

4.1.1.7 Gebeceler Formasyonu (Tmg2)

Formasyon ilk kez Erişen (1972) tarafından incelemiş ve adlandırılmıştır. Tatlı (1973) ile Metin vd. (1987) tarafından da birimin ismi aynı şekilde kullanılmıştır. Formasyon, alüvyon yelpazesi çökelleri (Özburun konglomerası) ve üstte yer alan volkanosedimanter gölssel kireçtaşı (Köprülü Üyesi) çökellerinden oluşmaktadır. Formasyon, Afyon volkanizmasının tortullaşmayla yaşıt ürünlerini değişik oranlarda içermektedir. Afyon kuzeybatısındaki Köprülü Mahallesi çevresinde Bayhan ve Zimitoğlu (1996) tarafından tanımlanan “Köprülü Formasyonu”, Ulutürk (2009) ve

Yıldız vd. (2011) tarafından tanımlanan Ömer-Gecek formasyonu, birim ile stratigrafik olarak karşılaştırılabilir. Proje alanında sadece görsel tortullar gözlemlendiği için bu bölümde sadece Köprülü üyesi anlatılmıştır.

Köprülü üyesi proje alanının KD'sunda yaklaşık yatay tabakalar halinde yayılım sunmaktadır. Egemen olarak Afyon volkaniklastiklerinin oluşturduğu ve yer yer kireçtaşı ara düzeylerini içeren birimin alt seviyelerinde soluk yeşil renkli göl kıyısı çökelleri yer almaktadır. 2.5m ile 10m arasında değişen kalınlık sunan volkanoklastikleri kaynaklanmamış bloklu kül akışı seviyeleri oluşturmaktadır. Volkanoklastikler trakitik bileşimli kül/lapilli ve tuf matriks içinde düzensiz olarak bulunan aynı bileşimdeki lav parçalarından meydana gelmektedir.

Genellikle trakit, aynı bileşimli piroklastik ve az oranda havza içi sedimanter kayaçları Epiklastik akma (lahar) düzeylerinin kaba bileşenlerini oluşturmaktadır. İstif içinde değişik oranlarda bulunan volkanik kumtaşı düzeyleri çoğunlukla masif, nadiren çapraz katmanlı ve metrik kalınlıklardadır. Köprülü üyesinin üst seviyesi 15 metreden fazla kalınlığa sahip, yanal yönde geniş alanlar kaplayan kireçtaşı düzeyi ile son bulmaktadır. Kireçtaşları, orta-kalın-çok kalın paralel tabakalı katmanlı, beyazımsı gri renkli, yersel erime boşluklu, bölümsel ya da tümsel silisleşmiş, silis bantlı ve yumrulu, genellikle mikritik dokulu, yersel gastropod içerikli ve litoklastıdır (Öcal vd. 2011).

4.1.1.8 Karakaya Volkanitleri

Proje alanının da içinde bulunduğu Afyonkarahisar ili ve çevresinde Miyosen döneminde şiddetli volkanik aktiviteler meydana gelmiştir (Alıcı vd. 1998, Çoban ve Flower 2007, Akal 2001). Bölge volkanizmasının üzerinde yapılan petrojenetik çalışmalarda Afyon Volkanitlerinin yaşı 15.5 ± 0.2 ile 8.6 ± 0.2 My olarak hesaplanmış olup, bölgedeki volkanizmanın kuzeyden güneye doğru gençleştiği ifade edilmiştir. Tipik olarak Afyon-Ankara karayolu üzerindeki Köroğlu mevkiinde gözlenen ve Aydar vd. (1998) tarafından adlandırılan Köroğlu volkanitleri Seydiler ignimbiriti ve Karakaya volkanitleri olarak alt üyelere ayrılmıştır. Karakaya volkanitleri lav türündeki seviyeleri trakibazalt, bazaltik trakiandezit, trakiandezit ve andezitik bileşimli afirik lavlarla

simgelemekte olup, proje alanında gözlenen bazaltik ve andezitik bileşimli lavların özellikleri ayrı birim halinde aşağıda verilmiştir.

a) Karakaya Bazaltı (Tmaka): İlk kez Metin vd. (1987) tarafından “Karakaya bazaltı” adıyla tanımlanmıştır. Bazaltik bileşimli olan birimde düşey yönde bileşimsel farklılık gözlenmekte olup, buna bağlı olarak bazaltik andezit ve traki-bazalt şeklinde de arazide yayılım sunmaktadır. Proje alanında Köprülü üyesinin üst seviyelerinde geniş yayılımlar sunar. Aydar vd. (1998), Karakaya lavlarını oluşturan lav çıkışlarını kaldera içi ve kaldera dışı olarak iki ayrı jenerasyon lavlarına ayırmış olup, proje alanındaki lavlar kaldera dışı ekstrüzyonlar şeklinde yerleşmiştir. Birim koyu gri ve siyahımsı renkli olup akıntı yapısı ve 60-80m değişen kalınlıklarda tablamsı konumu ile arazide kolaylıkla tanınmaktadır (Kuşcu vd. 2003, 2006).

b) Adatepe Andeziti (Tmaa): Adatepe andeziti, Afyon volkanizmasının olasılıkla erken dönemini yansıtan porfirik lav topluluğudur. Birim trakit, traki-andezit, andezit şeklinde arazide gözlenir. Genel olarak kahve mor renkli, sert dayanımlıdır. Tipik özelliği boyutları 10 cm ye ulaşan sanidin kristalleri içermesidir. Kayaç, fenokristaller halinde plajioklas (oligoklas- andezin), alkali feldspat (sanidin), biyotit içerir. Metin vd. (1987), andezitlerin hiyalopilitik dokulu olduğunu öne sürmüştür. Gebeceler formasyonunun gölsel çökelleri tarafından üzerlenmiştir (Göktaş vd. 2002).

4.1.1.9 Alüvyon

İnceleme alanındaki başlıca alüvyon düzlükleri, Şuhut ovası ile değişik doğrultularda bölgeyi kat eden dere yataklarıdır. Kuvaterner yaşlı olan birim dere yataklarında ve ovalarda biriken kum, çakıl türü bağlanmamış güncel çakıllardan oluşmaktadır.

4.1.2 Alterasyon Zonlarının Jeolojisi

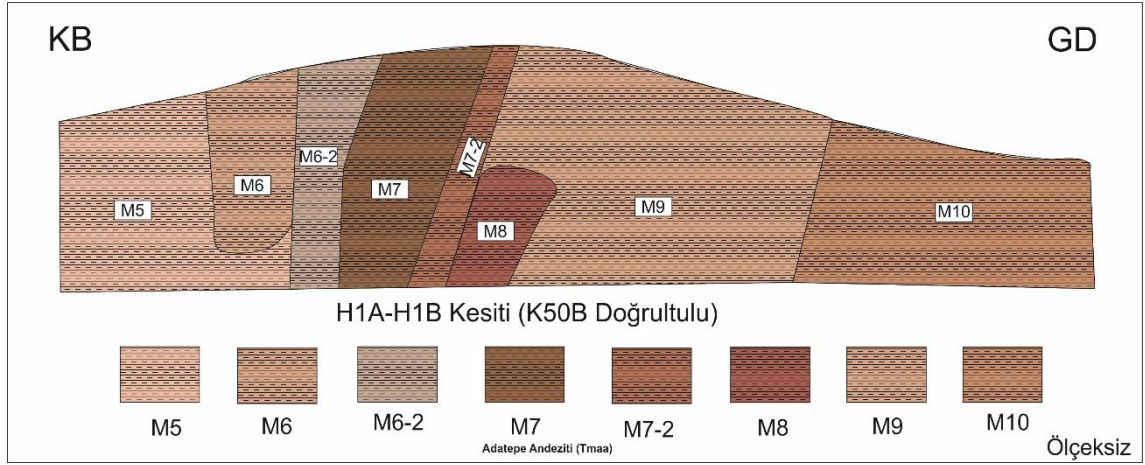
Proje alanındaki volkanik ve metamorfik kayaçlar içinde gözlenen alterasyon zonlarının oluşumuyla bunların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi için iki bölgede çalışılmıştır.

4.1.2.1 Çakırözü Lokasyonu

Çakırözü köyünün yaklaşık 6.5 km kuzeyinde ve (X: 0281591; Y: 4277442; R: 1442 m) koordinatlarında yer alan bölgede yaygın olarak Adatepe andezitleri gözlenmektedir. Traki-andezit ve andezitik bileşimli lavlarla az oranda piroklastiklerden oluşan birim KD-GB doğrultulu tektonik hat boyunca alterasyona uğramıştır (Şekil 4.4). Gri renkli olan birim rengi alterasyonun etkisiyle krem, açık sarı ve sarımsı kırmızıya dönüşmüş (Şekil 4.5a), çatlak ve kırıklar boyunca breşleşme, küresel ayrışma ve soğan kabuğu şeklinde alterasyon yapıları oluşmuştur (Şekil 4.5b). Alterasyon derecesinin düşük olduğu bölümlerde killeşmeler yaygındır. Metalik getirimlerin yoğun olduğu alanlarda renk sarımsı kırmızı ve kahverengiye dönüşmüş olup, bu bölümlerde sülfürlü demir ve demir-mangan getirimleri gözlenmiştir. Ayrıca yer yer koyu renkli opak mineral oluşumlarına rastlanmıştır (Şekil 4.5c;d). H1A-H1B olarak kodlanan ve 50m mostra genişliğine sahip kesit boyunca Çizelge 4.1’de özellikleri verilmiş olan 7 örnek alınmıştır.

Çizelge 4.1 Çakırözü lokasyonundan alınan örneklerin litolojik özellikleri.

Örnek Kodu	Litolojik Özellikler
M-5	Krem renkli, kısmen ayrılmış proklastikler içindeki lav bloklardır.
M-6	Kremsi-beyaz renkli, tamamen ayrılmış, yanal 1m kalınlığa sahip, düşeyde 4m kalınlığı olan lav bloklardır.
M6-2	Proklastik seviye içinde 50° yönelimli kırık hatları boyunca oluşmuş demir sülfürlerin yerleşimi ve killeşmiş alterasyon zonudur.
M-7	Kahverengi-turuncumsu renkli, lavlar içindeki alterasyon zonunu temsil eder.
M7-2	Sarımsı-kırmızı renkli alterasyon zonunun kuzey sınırından alınmış olup, kırmızı renkli demir getiriminin yoğun olarak gözlemlendiği yer yer küresel ayrışma gösterdiği alterasyon seviyesidir.
M-8	Siyah-yeşil renkli mineraller olup, küresel ayrışma vardır.
M-9	Sarımsı-turuncu-kahverengi renkli, lav bloklarında küresel ayrışma, sarı-krem renkli kilce zengin alterasyon seviyesini temsil eder.
M-10	Bölgedeki alterasyon altera seviyesindeki ana kaya özelliğinde, gri renkli proklastik ve lav bloklarından oluşan seviye içerisinde yer yer siyah renkli opal veya obsidyen benzeri iri çakıllar vardır.



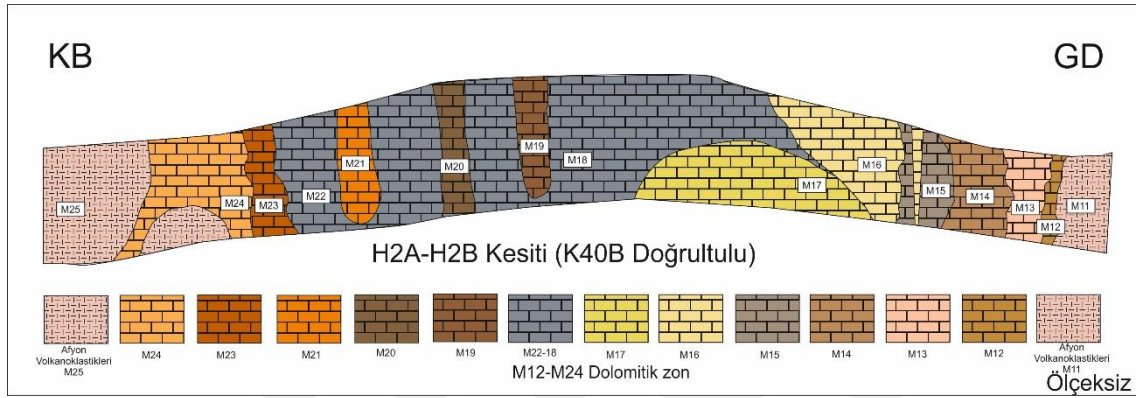
Şekil 4.4 Çakırözü lokasyonunda gözlenen alterasyon zonuna ait H1A-H1B jeolojik kesiti.



Şekil 4.5 Çakırözü lokasyonundaki alterasyon zonuna ait arazi görüntüleri. (a): Gri renkli olan birim rengi alterasyonun etkisiyle krem, açık sarı ve sarımsı kırmızıya dönüşmüş hattın fotoğrafı; (b): çatlak ve kırıklar boyunca breşleşme, küresel ayrışma ve soğan kabuğu şeklinde alterasyon yapıları; (c): ve (d): kırmızı ve kahverengiye dönüşmüş olan birim, sülfürlü demir ve demir-mangan getirimlerini gösteren fotoğraf.

4.1.2.2 Koçyatağı-Dadak Lokasyonu

Koçyatağı ve Dadak köyleri arasında ve (X: 0279635; Y: 4273536; R: 124m) koordinatlarında yer alan bölgede Afyon volkanoklastikleriyle Çaltepe formasyonunun dolomitleri dokanak yapmaktadır. Sarımsı turuncu ve kahverenkli olan dolomitler, K53D doğrultulu kırık hatları boyunca ayrılmış, yine benzer kırık hatları boyunca yer yer demir ve manganca zengin metalik getirimler olmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Koçyatağı-Dadak lokasyonunda gözlenen alterasyon zonuna ait H2A-H2B jeolojik kesiti.

Gerek volkanoklastik-metamorfik kayaç dokanağında ve gerekse ayrılmış dolomitlerin kırık hatlarında kalınlığı 3-4m'ye ulaşan sarımsı kahve renkli opalize limonit seviyeleri gözlenmiştir (Şekil 4.7a). Bu bölgedeki ayrışma ve metalik element getirimi yoğun bir şekilde dolomitlerde görülmektedir. Metalik element yerleşimleri dolomitlerde kırıklar boyunca 3-4cm kalınlığında ağsal damarlar ve 1-2m çapında mercekler şeklinde gözlenmektedir (Şekil 4.7b;c). Ayrışma dolomitler içindeki şist düzeylerinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.7d). H1A-H1B olarak kodlanan ve 170m mostra genişliğine sahip kesit boyunca Çizelge 4.2'de özellikleri verilmiş olan 15 örnek alınmıştır.



Şekil 4.7 Koçyatağı-Dadak lokasyonundaki alterasyon zonuna ait arazi görüntüleri. (a): sarımsı kahve renkli opalize limonit seviyeleri; (b), (c): Dolomitlerdeki kırıklar boyunca ağsal damarlar ve merccekler şeklinde metalik element yerleşimlerini gösterir. (d): Ayrışma dolomitler içindeki şist düzeylerini gösteren fotoğraf.

Çizelge 4.2 Koçyatağı-Dadak lokasyonundan alınan örneklerin litolojik özellikleri.

Örnek Kodu	Litolojik Özellikler
M-11	Gri renkli, kısmen ayrılmış volkanoklastikler
M-12	Volkanik kayaçla alterasyon zonlarının GD dokanağında sarımsı-kırmızı renkli opalize silis oluşumlarıyla limonit
M-13	Sarımsı-açık kahverengi, İçerisinde bant şeklinde mangan, dolomitik kireçtaşı
M-14	Dolomitik kireçtaşının hemen dokanağında olan açık kahveengi, metalik kil elementince zengin alterasyon zonu
M-15	Koyu kahverenkli dolomitik kireçtaşının ayrışma ürünü metalik elementlerce zengin alterasyon zonu

Çizelge 4.2 (Devam) Koçyatağı-Dadak lokasyonundan alınan örneklerin litolojik özellikleri.

M-16	Açık kahverengi-turuncu renkli limonit
M-17	M13 seviyesiyle aynı dolomitik kireçtaşı türündeki kayaçla aynıdır
M-18	Dolomitik kireçtaşı içinde çatlaklar boyunca oluşmuş ağ yapısı muhtemelen mangan türündeki metalik minerallerin meydana getirdiği seviye
M-19	Toprak rengi olan kırmızımsı-kahverengi renginde, koyu renkli silisifiye kayaçlar, aragonitleşmeler, ana kayaç dolomitik kireçtaşı
M-20	Dolomitik kireçtaşı, M19 a göre ince taneli, koyu renkli, her iki donakta opalize silis oluşumları vardır
M-21	K40D uzanımlı tektonik hat boyunca oluşmuş sarımsı-kırmızı renkli limonitik zon.
M-22	Ayrışmamış dolomitik kireçtaşı, ince taneli kristalli ve koyu gri renklidir
M-23	Kırmızımsı-kahverengi dolomitik kireçtaşlarının ayrışmış halinin alterasyonu
M-24	Turuncu renkli limonit
M-25	M11 kodlu örnekle aynı özelliktedir

4.1.3. Sediman Örneklerinin Alındığı Bölgenin Jeolojisi

Gerek hidrotermal ve gerekse diğer metalik maden oluşturan süreçlerin etkisiyle meydana gelen ve daha sonra sulu ve kuru ortamda taşınarak, dere yataklarında biriken metalik minerallerle ilgili ön bilgi edinebilmek için aşağıda özellikleri açıklanmış olan lokasyonlarda dere sedimanı örnekleri alınmıştır.

4.1.3.1 S1 Lokasyonu

S1 örneği Küçükburun tepesi ile Kızıyokuşu tepesi arasında kalan Siyak deresindeki (X: 0278948; Y: 4273004; R: 1235m) koordinatlarından alınmıştır. Siyak deresi Celiloğlu formasyonu, Hüdai kuvarsiti, Çaltepe dolomiti ve Afyon volkanoklastiklerini KD-GB uzanımı boyunca kat ederek, GB'ya doğru akmaktadır (Şekil 4.8). Ayrıca derenin geçtiği güzergahta metamorfik ve volkanik kayaçları kesen yaklaşık K-G doğrultulu fay hatları da mevcuttur. Bu bölgeden alınan S1 örneğinin metamorfik ve volkanik kayaçlar içinde oluşmuş metalik mineralleri içermesi beklenmektedir.



Şekil 4.8 Siyak deresindeki S1 kodlu sediman örneğinin alındığı bölgenin arazi görüntüleri (a-b-c; Örneğin alındığı yerin çevre kayalar. d; S1 örneğinin alındığı yer).

4.1.3.2 S2 Lokasyonu

S2 örneği Şamkuzu tepesi ile Küçükburun tepesi arasından geçen Çakmak deresinin akışının toplandığı barajdan, (X: 0279562; Y: 4273542; R: 1196m) koordinatlarından alınmıştır. Çakmak deresi KB-GD uzanımlı olarak Hüdai kuvarsiti, Çaltepe dolomiti ve Afyon volkanoklastiklerini kat ederek GD'ya doğru akmaktadır (Şekil 4.9). Koçyatağı-Dadak lokasyonundaki alterasyon zonlarında da bahsedildiği üzere K53D doğrultulu kırık hatları boyunca kayalara yerleşmiş metalik mineral kırıntılarının bölgeden alınan S2 örneğinde bulunma ihtimali vardır.



Şekil 4.9 Çakmak deresindeki S2 kodlu sediman örneğinin alındığı bölgenin arazi görüntüleri (a-b).

4.1.3.3 S6 Lokasyonu

S6 lokasyonu Senirköy mevkiine yaklaşık 1 kilometre doğusunda bulunan barajda, (X: 0280467; Y: 4267485; R: 1199m) koordinatlarındadır. S6 kodlu örnek yaklaşık D-B uzanımlı olan ve doğuya doğru akan Senir deresinin sedimanlarından oluşmaktadır. Senir deresi Afyon volkanoklastikleri, Karakaya bazaltı ve Adatepe andezitinden oluşan volkanik araziye kat etmektedir (Şekil 4.10). KD-GB ve KB-GD uzanımlı fay ve kırık hatları volkanik kayaları keserek, onları ayrıştırmakta ve ikincil element zenginleşmelerini sağlamaktadır.



Şekil 4.10 Senir deresindeki S6 kodlu sediman örneğinin alındığı bölgenin arazi görüntüleri (a-b-c; Örneğin alındığı yerin çevre kayaçları. d; Örneğin alındığı yer).

4.1.3.4 S7 Lokasyonu

S7 lokasyonu Karlık mevkisinin kuzeydoğunda yer alan Köfekeli barajında, (X: 0286276; Y: 4274159; R: 1259m) koordinatlarında yer almaktadır. Bağlar deresi KB-GD uzanımlı olarak Celiloğlu ve Seydişehir formasyonlarıyla Afyon volkanoklastikleri ve Adatepe andezitini kesmektedir (Şekil 4.11). KD-GB ve K-G doğrultulu fay hatları boyunca bölgedeki kayaçlar ayrılmıştır. Ayrıca söz konusu faylar boyunca ikincil mineraller oluşumları beklenmektedir.

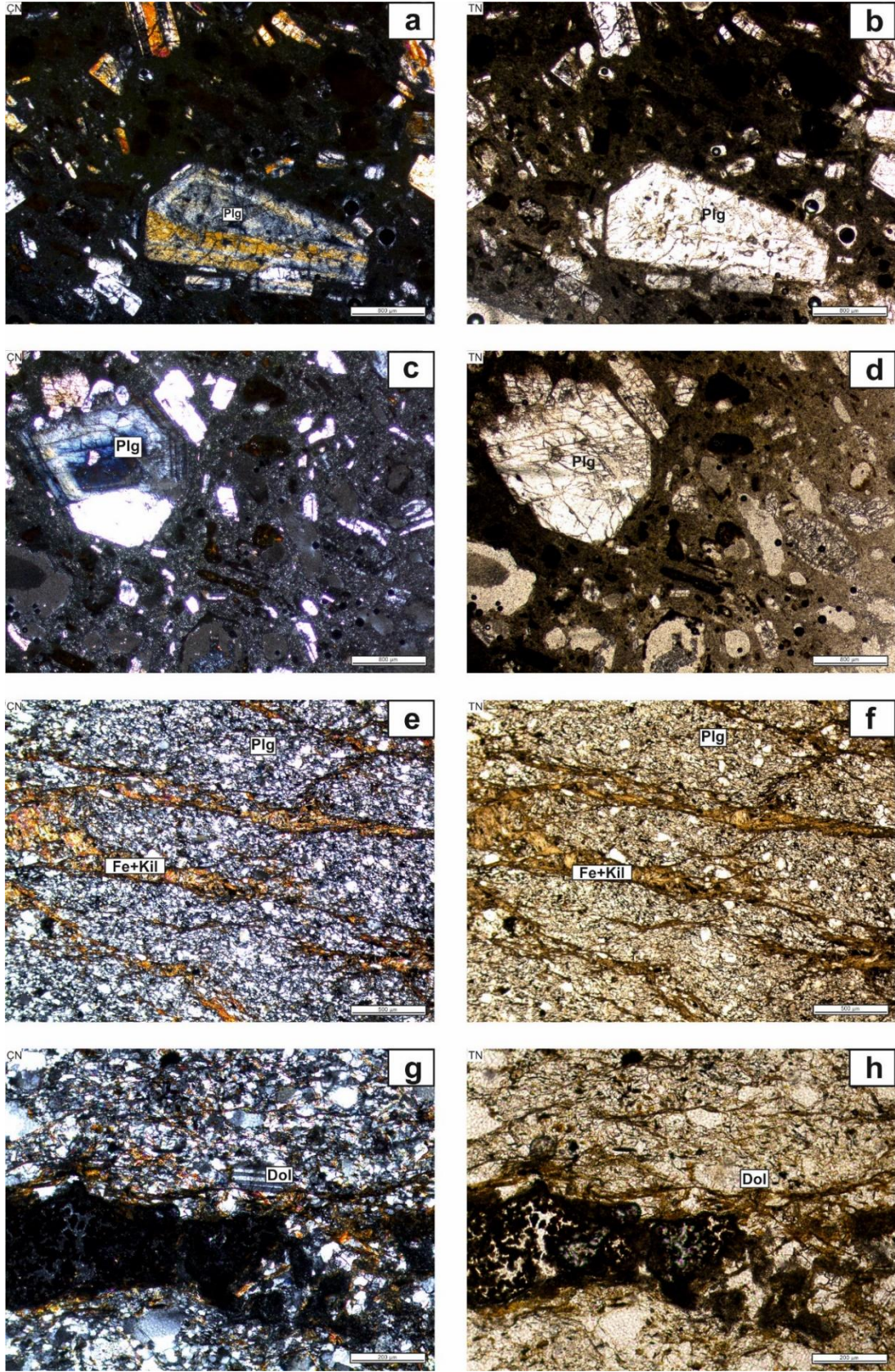


Şekil 4.11 Bağlar deresindeki S7 kodlu sediman örneğinin alındığı bölgenin arazi görüntüleri (a: Köfekeli barajına ait fotoğraf. b; Örneğin alındığı yer. c-d; Örnek alanının çevre kayaçları).

4.2. Mineralojik-Petrografik İncelemeler

4.2.1. Polarizan Mikroskop İncelemeleri

Polarizan mikroskop çalışmaları alterasyon ve ikincil mineral oluşumlarının gözlendiği Adatepe andezitleriyle Çaltepe dolomitleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Adatepe andezitlerinde volkanik camdan oluşan matriks içindeki fenokristalleri plajiyoklaz, sanidin, amfibol, biyotit ve kuvars mineralleri oluşturmaktadır. Ayrıca alterasyona bağlı olarak ikincil mineral şeklinde killeşmeler ve dolomit mineraline de rastlanmıştır. Kayaç hyalopilitik doku sunmaktadır (Şekil 4.12).

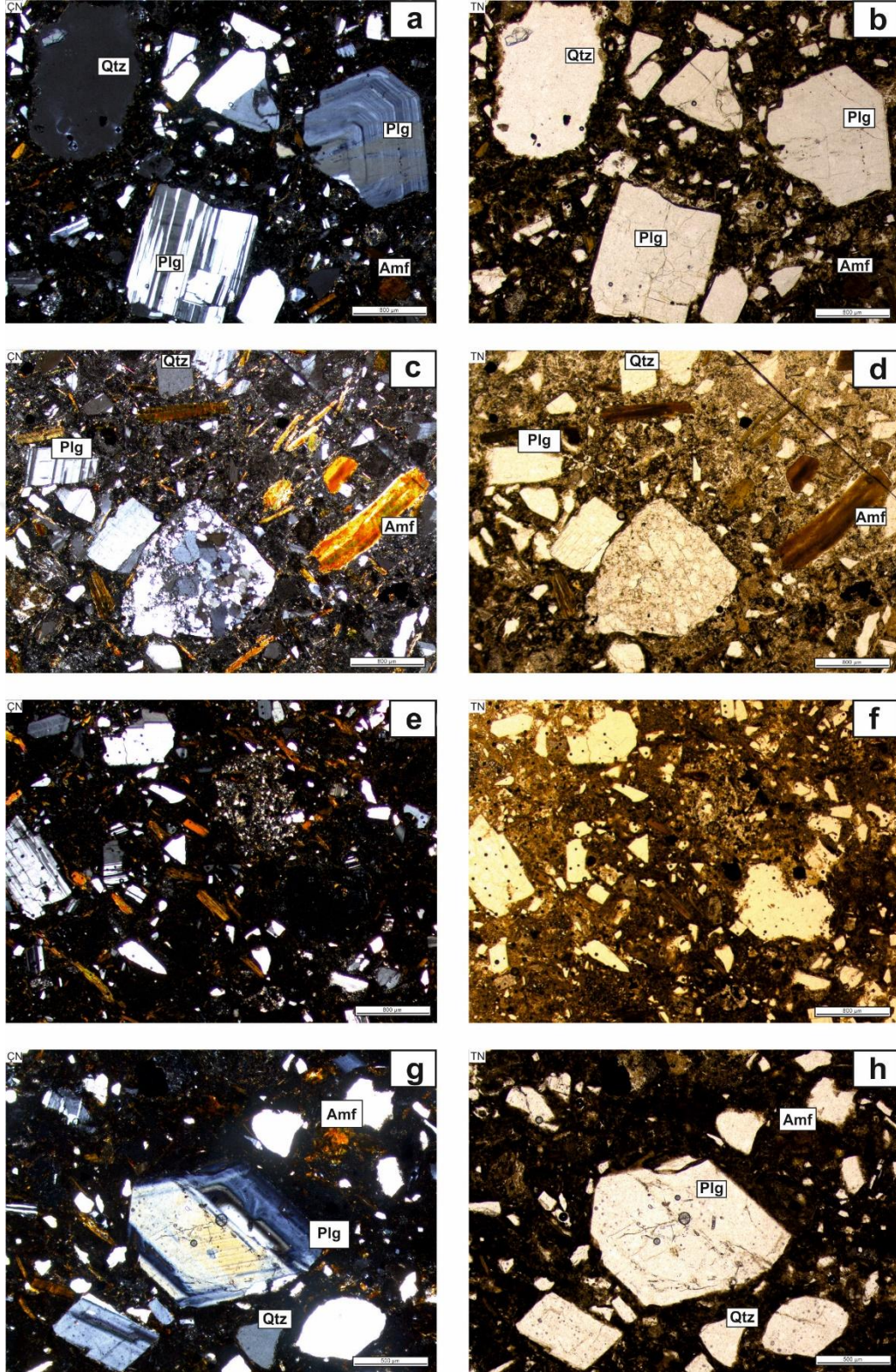


Şekil 4.12 Adatepe andezitine ait M-8 ve M-10 örneklerinin mikroskopta tek nikel (TN), çift nikel (ÇN) görüntüsü (Plg: Plajiyoklaz, Fe+Kil: Demir+Kil Dol: Dolomit).

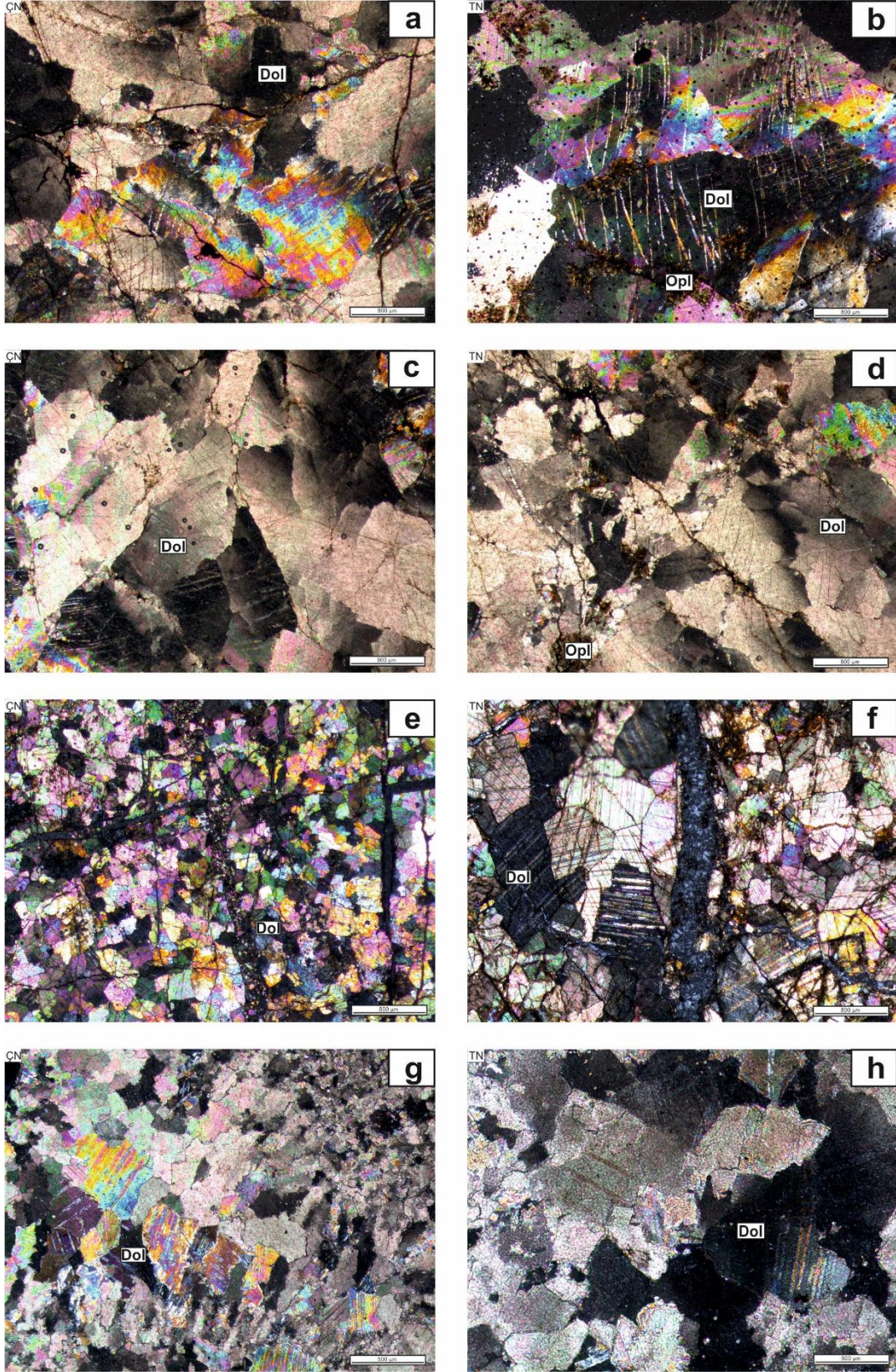
Şekil 4.12’de M-8 ve M-10 örneklerinin polarizan mikroskop görüntüleri yer almaktadır. M-8 örneği camsı matriks içinde amfibol, biyotit plajiyoklaz ve sanidin fenokristalleri gözlenmiştir. Örnekte iri plajiyoklaz mineralleri göze çarpmaktadır. Plajiyoklaz mineralleri öz şekilli ve zonlanma göstermektedir. Örnek kristallenme derecesine göre hipokristalin doku gösterir. Kristallerin bağıl boy ilişkisine göre porfirik dokuya sahiptir. M-10 örneği plajiyoklaz, sanidin, kuvars ve az oranda dolomit minerallerinden oluşmaktadır. Ayrıca kırık hatları boyunca ikincil mineral olarak kil ve demir mineralleri (kil+Fe) görülmektedir. İnce taneli (mikrolit), özşekilsiz ve kırıklarda yönlenme görülmektedir. Kristallenme derecesine göre hipokristalin, kristallerin birbirleriyle olan ortak ilişkilerine göre porfirik doku gösterir.

Şekil 4.13’de M-11 ve M-25 örneklerinin polarizan mikroskop görüntüleri yer almaktadır. M-11 örneği camsı matriks içinde amfibol, biyotit plajiyoklaz ve kuvars minerallerinden oluştuğu gözlenmiştir. Plajiyoklaz mineralleri öz şekillidir. Zonlanma ve basit ikizlenme göstermektedir. Örnek kristallenme derecesine göre hipokristalin doku, kristallerin bağıl boy ilişkisine göre porfirik dokuya sahiptir. M-25 örneği plajiyoklaz, kuvars, amfibol ve biyotit minerallerinden oluştuğu göstermektedir. Hamur volkanik camdan oluşmaktadır. Örnekte alterasyon izleri görülmektedir. İri taneli plajiyoklazlardan oluşmaktadır. Kristallenme derecesine göre hipokristalin, kristallerin birbirleriyle olan ortak ilişkilerine göre porfirik doku göstermektedir.

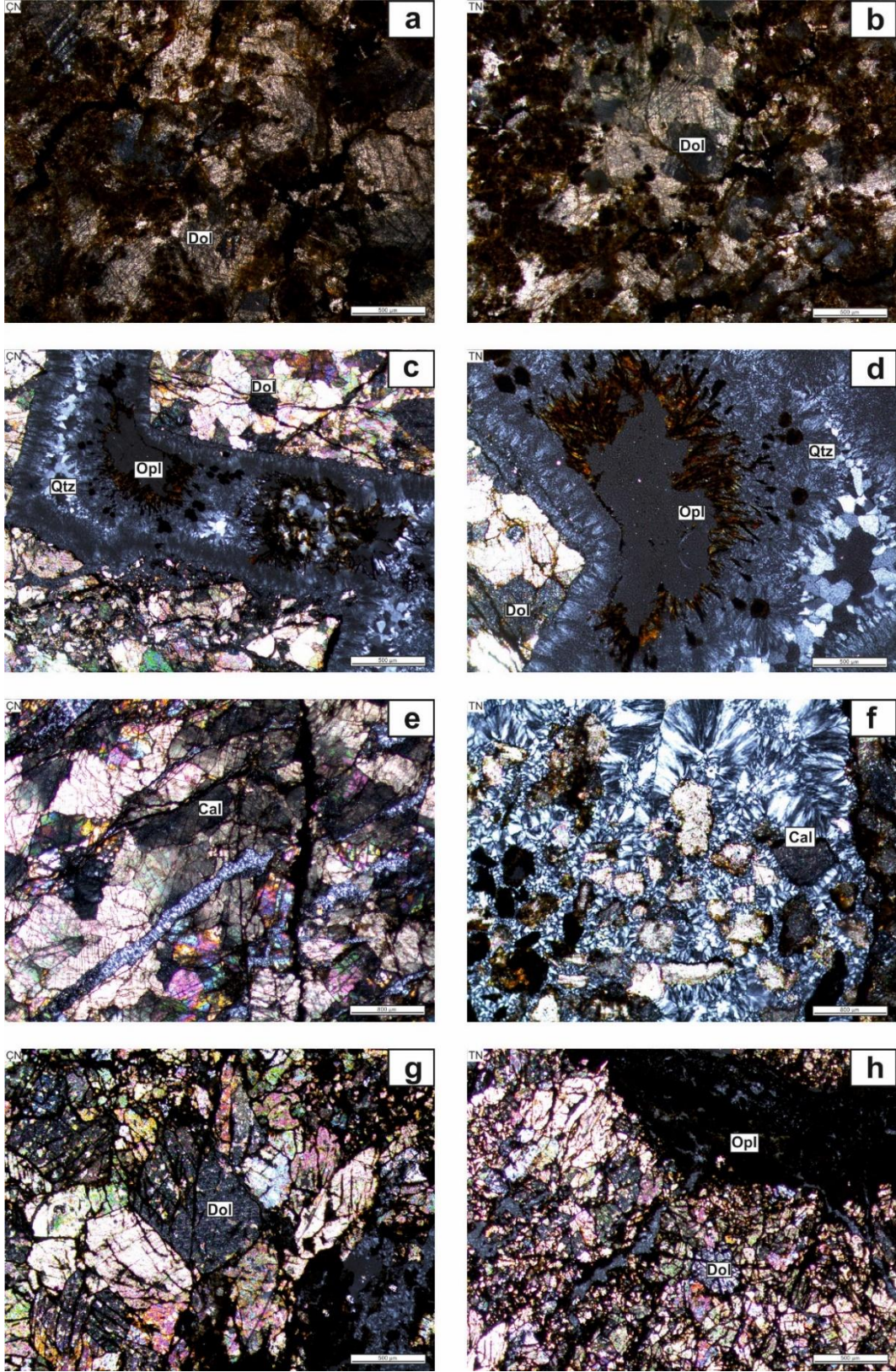
Şekil 4.14’te M-13, M-17 ve M-22 kodlu örneklerin polarizan mikroskop görüntüleri yer almaktadır. M-13 örneğinin ana minerali dolomittir. Kırıklar içerisinde demir oluşumları görülmektedir. Dolomit kristallerinin kenarları oldukça belirgindir. Polisentetik ikizlenme görülmüştür. Mükemmel derecede dilinimlenme görülür. Kristal büyüklüklerine göre heteroblastik doku ve mineral şekline göre grift dokuya sahiptir. M-17 örneğinin ana minerali dolomittir. Kırıklar içerisinde ve dilinim düzlemlerinde demir oluşumları vardır. Kırıklar içerisinde kuvars oluşumları da göze çarpmaktadır. M-22 örneği dolomitten oluşmaktadır. İnce taneli, özşekilsiz ve polisentetik ikizlenme görülmektedir.



Şekil 4.13 Adatepe andezitleri ve Afyon volkanoklastiklerine ait olan M-11 ve M-25 örneklerinin mikroskopta tek nikol (TN), çift nikol (ÇN) görüntüsü (Plg: Plajiyoklaz, Qtz: Kuvars, Amf: Amfibol).



Şekil 4.14 Çaltepe dolomitlerine ait M-13 (a, b, c ve d), M-17 (e, f) ve M-22 (g, h) örneklerinin mikroskopta tek nikol (TN), çift nikol (ÇN) görüntüsü (Opl:Opal, Dol: Dolomit).



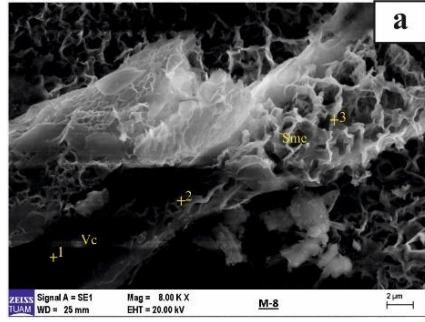
Şekil 4.15 Çaltepe dolomitlerine ait olan M-14 (a, b), M-17 (c, d), M-18 (e, f) ve M-20 (g, h) örneklerinin mikroskopt tek nikol (TN), çift nikol (ÇN) görüntüsü (Dol: Dolomit, Cal: Kalsit, Opl: Opal, Qtz: Kuvars).

Şekil 4.15'te alterasyon ve ikincil mineral oluşumlarının yoğun olarak izlendiği M-14, M-17, M-18 ve M-22 örneklerinin polarizan mikroskop görüntüleri yer almaktadır. M-14 örneği dolomitten oluşmaktadır. Kırıklar ve kristal dilinimleri boyunca koyu renkli mineral (Fe+Mn) oluşumları görülmektedir. Alterasyon oldukça fazladır. M-17 örneğinin ana minerali dolomittir. Kırık hatları boyunca ikincil olarak kuvars ve koyu renkli mineral oluşumları görülmektedir. Kırık iç yüzeylerinde ikincil olarak sırasıyla kuvars ve koyu renkli mineral oluşmuştur. Tektonik parçalanma dolomitlerde göze çarpmaktadır. M-18 örneğinin ana minerali kalsit olup dolomit mineralide görülmektedir. Örnekte farklı yönlerde gelişmiş kırıklar boyunca kuvars ve koyu renkli mineral (Op) yerleşimi gözlenmiştir. Kırıkların ilişkisine göre koyu renkli mineral yerleşimi ikincil kuvars oluşumu sonrasında gerçekleşmiştir. Kuvars mineralleri ışınal şeklinde görülmektedir. M-22 örneği dolomitten oluşmaktadır. Kalsit, kuvars ve koyu renkli mineral (Op) görülmektedir. Mikrotektonizma çok yoğundur. Kırıklar içinde ikincil mineral oluşumları gözlenmiştir.

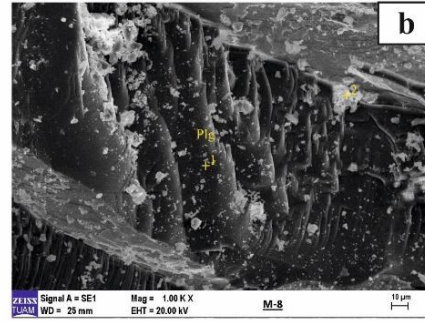
4.2.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Çakırözü ve Dadak-Koçyatağı bölgelerindeki alterasyon ve ikincil mineral oluşumlarının morfolojik özelliklerinin yanı sıra mikrokimyasal analizlerinin yapılması için örnekler taramalı elektron mikroskopta incelemeleri yapılmıştır.

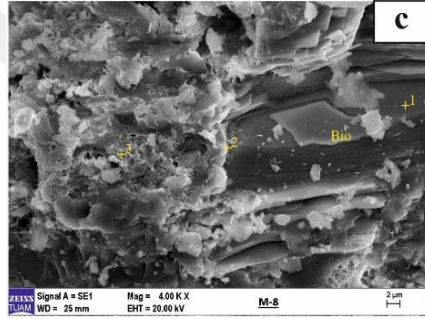
Çakırözü bölgesine ait Adatepe andezitlerinin ayrıışmış ürünlerinde volkan camı (Vc), plajiolklas (Plg) ve biyotit (Bio) kristallerinde alterasyon izleri gözlenmiştir. Buna bağlı olarak söz konusu kristaller yapraksı morfolojide simektit (Sme) minerallerine dönüşmüştür (Şekil 4.16). Volkan camı büyük oranda SiO_2 , Fe_2O_3 ve Al_2O_3 'ten oluşmaktadır (Şekil 4.16a-Spektrum1). Alterasyona bağlı olarak Fe_2O_3 , Na_2O , CaO ve TiO_2 kayba uğrarken (Şekil 4.16a-Spektrum2;3), SiO_2 , Al_2O_3 , MgO ve P_2O_5 , oranlarında zenginleşmeler gözlenmiştir. Plajiolklas mineralleri SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O ve CaO konsantrasyonu ile karakteristiktir (Şekil 4.16b;e;f-Spektrum1). Plajiolklas minerallerinin alterasyonu boyunca SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O ve CaO kaybı, buna karşın K_2O , TiO_2 , Fe_2O_3 ve MgO zenginleşmesi gözlenmiştir (Şekil 4.16b;e;f-Spektrum2;3). Biyotit mineralinde SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O ve CaO elementleriyle belirgindir (Şekil 4.16c-Spektrum1).



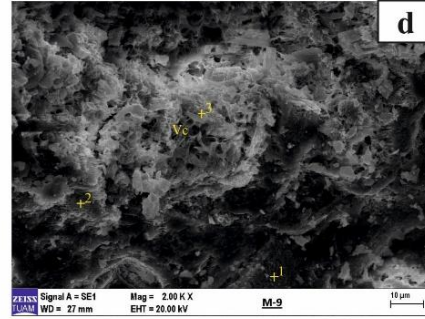
Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2	Spectrum: 3
Na ₂ O	1.59	0.77	-
MgO	0.51	0.88	2.20
Al ₂ O ₃	13.51	11.95	16.48
SiO ₂	53.24	53.39	59.02
P ₂ O ₅	2.97	4.12	6.14
CaO	4.93	8.04	0.64
TiO ₂	2.94	1.08	0.97
Fe ₂ O ₃	20.30	19.77	14.55



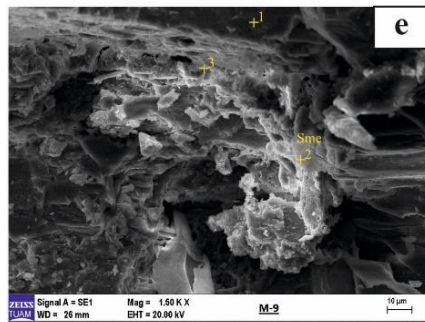
Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2
Na ₂ O	6.77	2.56
MgO	-	6.35
Al ₂ O ₃	25.79	18.42
SiO ₂	60.13	52.00
K ₂ O	0.90	7.24
CaO	6.40	2.42
TiO ₂	-	5.27
Fe ₂ O ₃	-	5.73



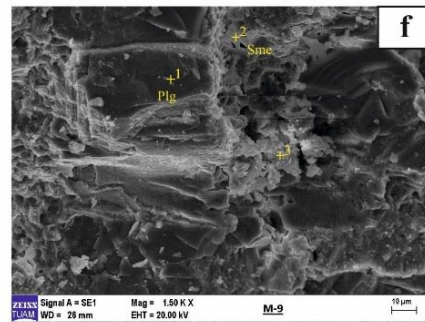
Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2	Spectrum: 3
Na ₂ O	3.62	2.36	-
MgO	7.70	0.09	0.81
Al ₂ O ₃	18.62	17.62	12.66
SiO ₂	45.81	71.78	63.81
K ₂ O	6.52	0.54	0.94
CaO	1.60	5.31	1.19
TiO ₂	3.06	-	5.66
Fe ₂ O ₃	13.08	2.31	14.92



Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2	Spectrum: 3
Na ₂ O	-	-	1.19
MgO	0.00	-	-
Al ₂ O ₃	4.23	2.86	5.98
SiO ₂	85.97	93.94	82.87
K ₂ O	0.53	0.82	0.50
CaO	0.96	-	1.16
TiO ₂	1.12	-	-
Fe ₂ O ₃	7.19	2.38	8.30



Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2	Spectrum: 3
Na ₂ O	7.29	1.83	1.98
MgO	-	0.59	0.90
Al ₂ O ₃	27.10	12.68	12.43
SiO ₂	55.95	74.09	46.35
K ₂ O	0.73	1.29	0.64
CaO	7.62	2.35	2.82
TiO ₂	-	-	-
Fe ₂ O ₃	1.30	7.18	34.89



Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2	Spectrum: 3
Na ₂ O	6.05	2.47	0.65
MgO	-	1.66	0.88
Al ₂ O ₃	26.30	9.47	11.14
SiO ₂	58.39	48.51	59.22
K ₂ O	0.83	0.48	0.77
CaO	7.40	2.40	2.49
Fe ₂ O ₃	1.02	35.00	24.63
SO ₃	-	-	0.23

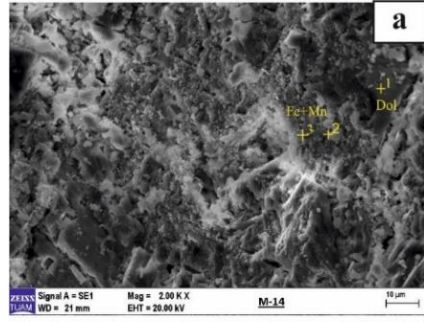
Şekil 4.16 Çakırözü bölgesine ait M-8 ve M-9 örneklerinin SEM görüntüleri ve EDX verileri.

Alterasyon Al_2O_3 , K_2O , MgO , Na_2O ve CaO elementlerinin fakirleşmesine, SiO_2 , TiO_2 ve Fe_2O_3 elementlerinin ise zenginleşmesine neden olmuştur (Şekil 4.16c-Spektrum2;3). Alterasyon süresince açığa çıkan silis bakımından zengin çözeltiler kayaç gözeneklerinde ikincil olarak kristallenmiştir (Şekil 4.16d).

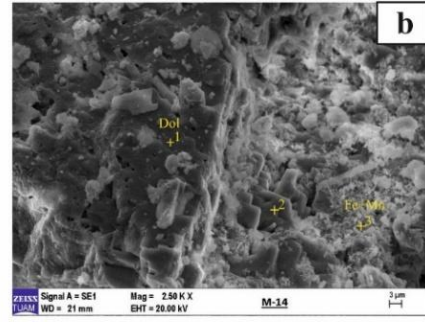
Dadak-Koçyatağı bölgesinden alınan dolomitik örneklerde dolomit (Dol) minerallerinin çatlak ve kristal düzlemleri boyunca ikincil element zenginleşmeleri gözlenmiştir (Şekil 4.17). Taze/az ayrıışmış dolomit minerallerinde CaO , MgO ve CO_2 elementlerinin yüksek konsantrasyonları göze çarpmaktadır (Şekil 4.17a-f-Spektrum1). Alterasyon ve ikincil mineral oluşumları CaO ve MgO elementlerinin kaybını, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O ve MnO elementlerinin zenginleşmesini sağlamıştır (Şekil 4.17a-f-Spektrum2;3). Bu değişim ikincil mineral oluşumlarının demir ve mika minerallerinden meydana geldiğini göstermektedir.

4.2.3. X-Işını Difraktometresi (XRD) İncelemeleri

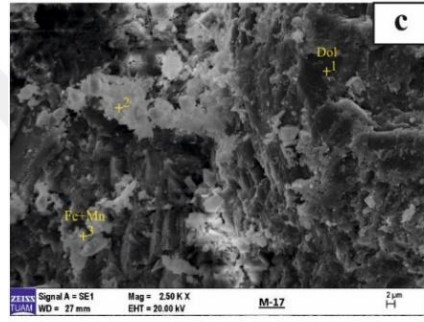
Çakırözü ve Dadak-Koçyatağı bölgelerine ait örneklerin x-ışınları difraktometresi (XRD) yöntemiyle belirlenen kalitatif analiz sonuçları Çizelge 4.3'te, XRD grafikleri ise Şekil 4.18-4.37'de verilmiştir. Çakırözü bölgesindeki örnekler Adatepe andezitleri ve bunların ayrışma ürünlerinden oluşmaktadır. Bu bölgedeki örneklerde plajiolas (Plg), sanidin (San), kristobalit/opal-CT (Crs-Opl) ve kuvars (Qtz) en önemli kayaç yapıcı minerallerdir (Şekil 4.18-4.24; 4.33). Kayaçlardaki en önemli alterasyon mineralleri simetit (Sme) ve illit-mika (I-M)'dir. Ayrıca dolomit ayrıışmış örneklerde düşük oranlarda oluşan diğer ikincil mineraldir. Dadak-Koçyatağı bölgesindeki taze/az ayrıışmış dolomitlerde en önemli mineral dolomittir (Dol). Bunun yanı sıra örneklerde düşük oranlarda kalsit (Cal), kuvars (Qtz), hematit (Hme), götit (Gth)ve tridimit (Trd) minerallerine de rastlanmıştır (Şekil 4.25-4.32). Sediman örnekleri büyük oranda kuvars (Qtz), sanidin (San), plajiolas (Plg), kristobalit/opal-CT (Crs-Opl), tridimit (Trd), illit-mika (I-M) ve amfibol (Amp) minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 4.33-4.37).



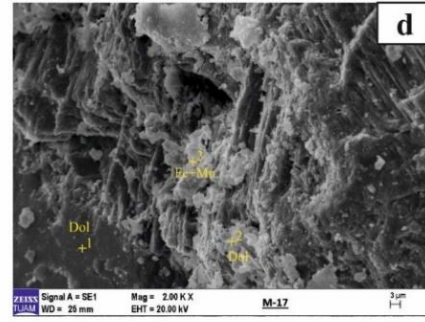
Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2	Spectrum: 3
CO ₂	33.40	32.44	33.76
MgO	14.69	19.67	18.88
SiO ₂	2.45	7.54	2.07
CaO	45.93	32.24	34.23
Fe ₂ O ₃	3.51	8.11	11.06



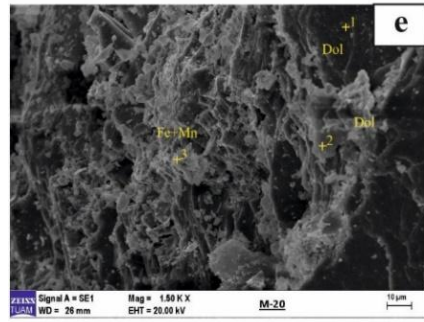
Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2	Spectrum: 3
CO ₂	33.20	33.41	19.53
MgO	19.50	17.93	14.47
SiO ₂	2.77	5.32	24.69
CaO	42.57	39.60	26.53
Fe ₂ O ₃	1.96	3.74	14.78



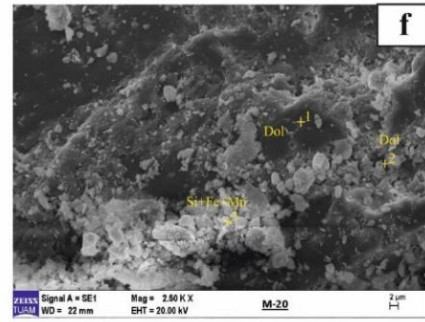
Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2	Spectrum: 3
CO ₂	41.92	5.20	26.09
MgO	16.29	2.62	8.08
Al ₂ O ₃	-	0.69	-
SiO ₂	-	82.48	45.92
CaO	38.95	7.97	17.72
Fe ₂ O ₃	2.84	1.04	1.22
MnO	-	-	0.97



Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2	Spectrum: 3
CO ₂	40.25	39.55	-
MgO	19.82	14.77	5.94
Al ₂ O ₃	-	1.07	10.62
SiO ₂	3.00	11.33	67.26
Na ₂ O	-	-	2.77
CaO	33.62	30.51	9.19
Fe ₂ O ₃	2.55	2.23	2.13
MnO	0.76	0.55	-
K ₂ O	-	-	2.07



Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2	Spectrum: 3
CO ₂	39.07	33.76	31.42
MgO	18.17	16.97	17.13
Al ₂ O ₃	-	3.66	0.81
SiO ₂	-	9.17	2.99
K ₂ O	-	0.56	-
CaO	40.31	25.36	36.99
Fe ₂ O ₃	2.45	3.73	5.94
Na ₂ O	-	4.05	-
Cl	-	0.82	-
MnO	-	1.93	4.71



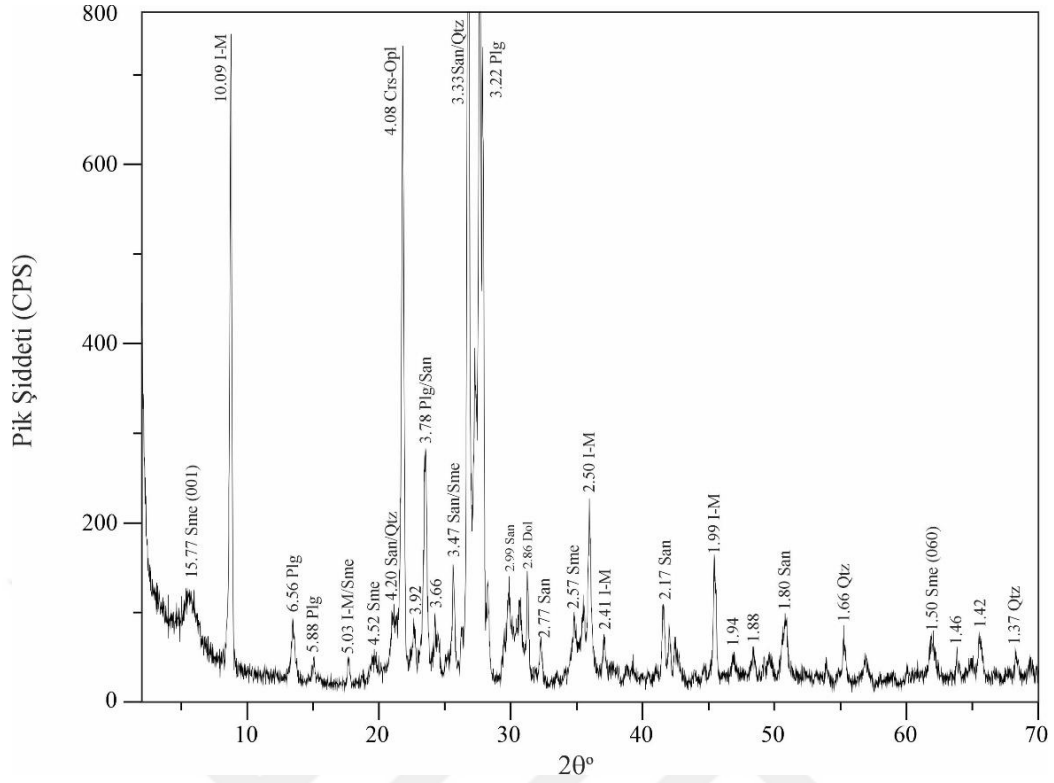
Oxides (%)	Spectrum: 1	Spectrum: 2	Spectrum: 3
CO ₂	33.36	22.84	0.02
MgO	19.21	11.27	9.86
Al ₂ O ₃	2.24	2.14	10.98
SiO ₂	5.13	41.36	42.96
K ₂ O	-	-	3.19
CaO	36.74	21.00	27.89
Fe ₂ O ₃	3.32	1.39	3.14
Na ₂ O	-	-	1.96

Şekil 4.17 Dadak-Koçyatağı bölgesine ait M-14, M-17 ve M-20 örneklerinin örneklerinin SEM görüntüleri ve EDX verileri.

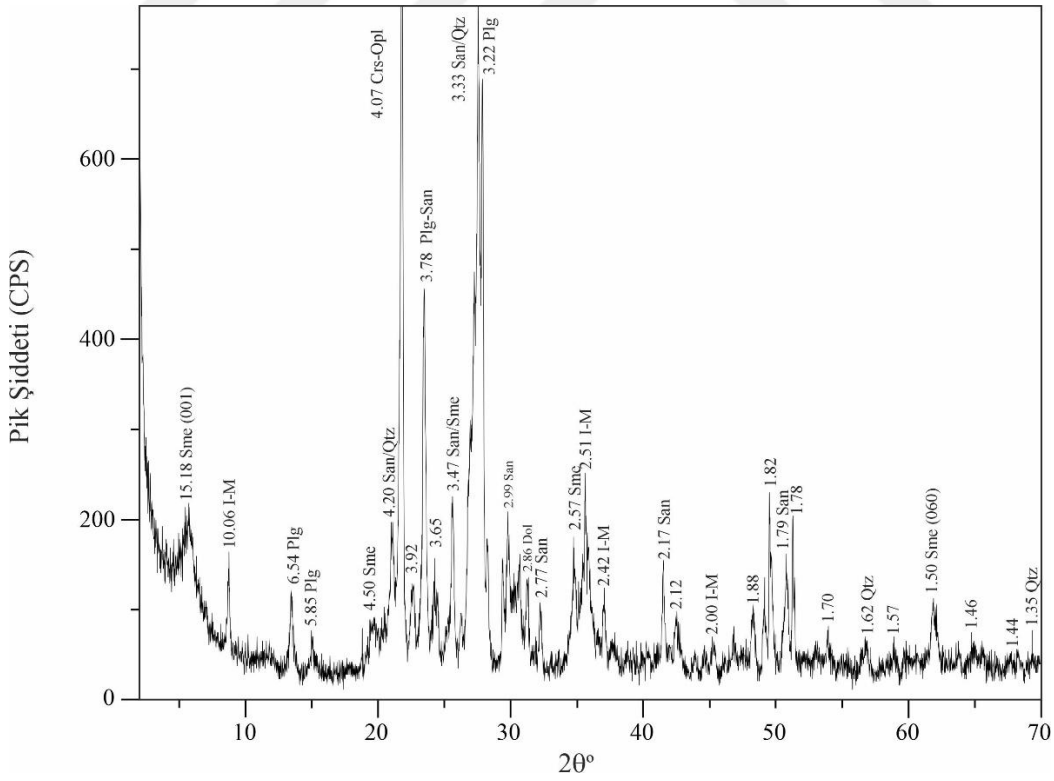
Çizelge 4.3. Örneklerin XRD yönteminde belirlenmiş kalitatif analiz sonuçları.

Örnek	Sme	I-M	Amp	Plg	Crs-Opl	Qtz	San	Cal	Dol	Hme	Gth	Trd	Njrs	An
M-6	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
M6-2	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
M7-2	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
M-8	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
M-9	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
M-10	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
M-11	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
M-12	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
M-13	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
M-14	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-
M-15	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-
M-17	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-
M-18	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
M-19	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-
M-20	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-
M-25	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
S-1	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+
S-2	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
S-6	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-

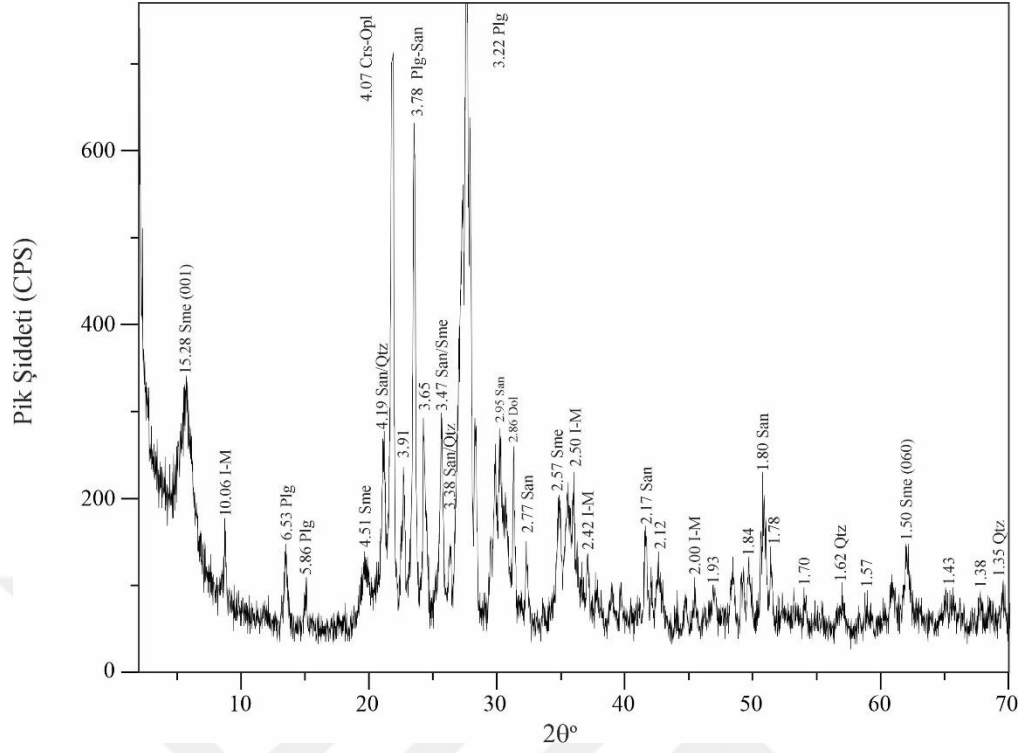
Not: (Sme): Simektit, (I-M): İllit-mika, (Njrs): Natrojarosit, (Plg): Plajiyoklaz, (Gth): Götit, (Trd): Tridimit, (An): Anortoklas, (Amp): Amfibol, (Crs-Opl): Kristobalit- Opal-CT, (Qtz): Kuvars, (San): Sanidin, (Cal): Kalsit, (Dol): Dolomit, (Hme): Hematit.



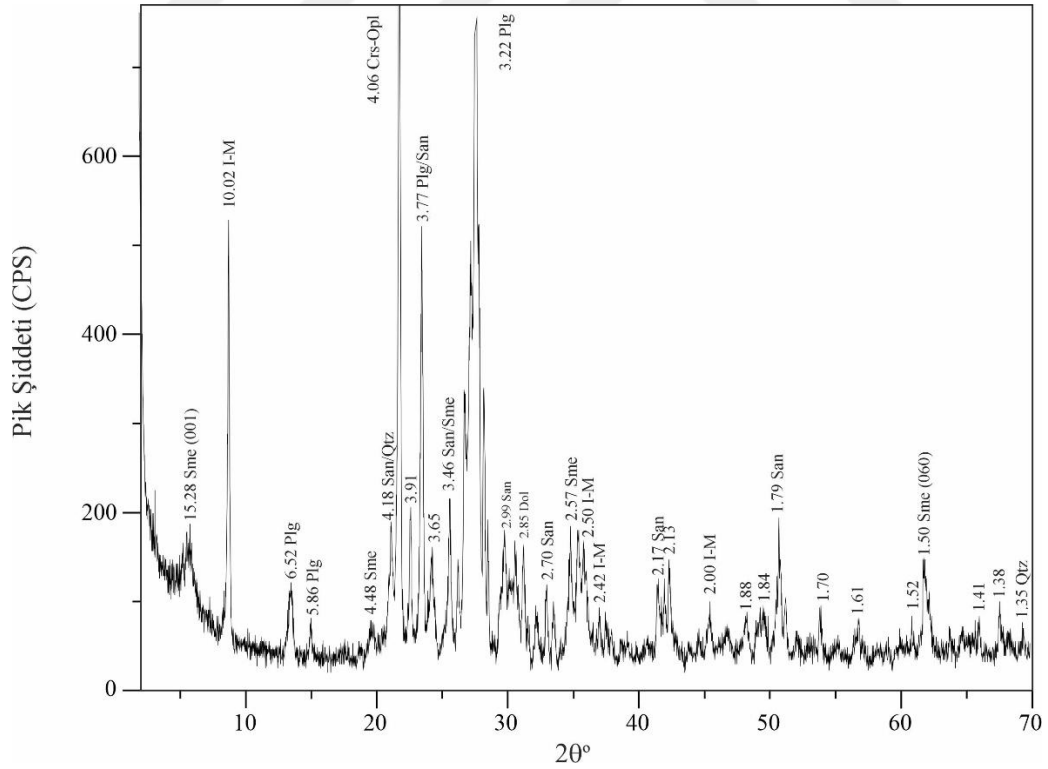
Şekil 4.18 M-6 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



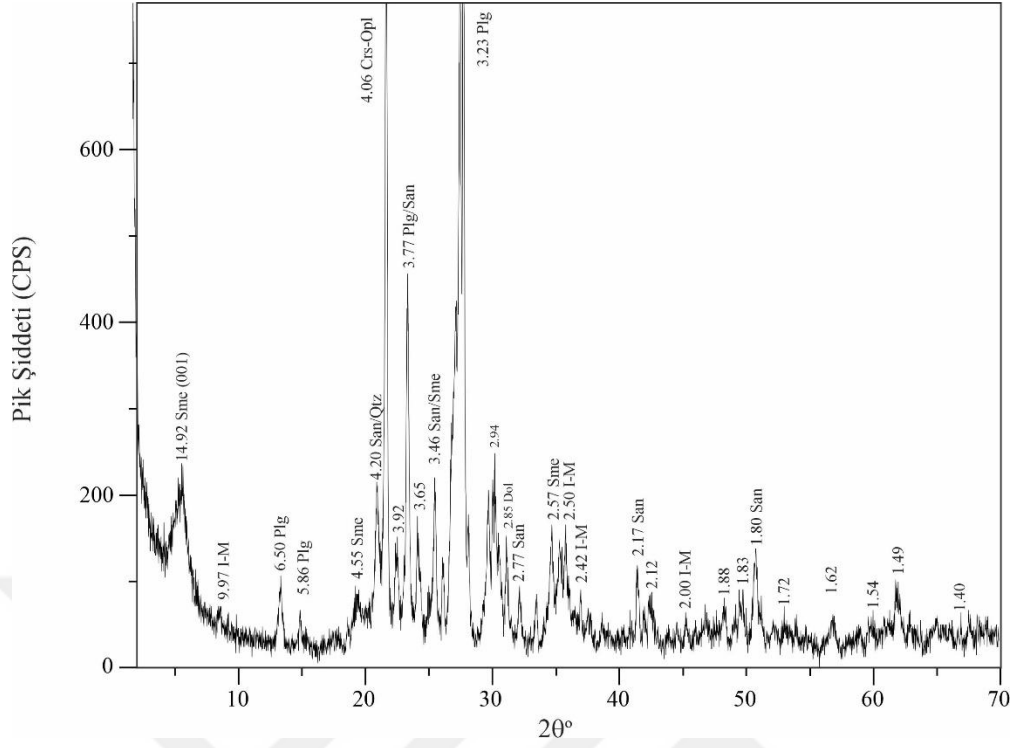
Şekil 4.19 M-6-2 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



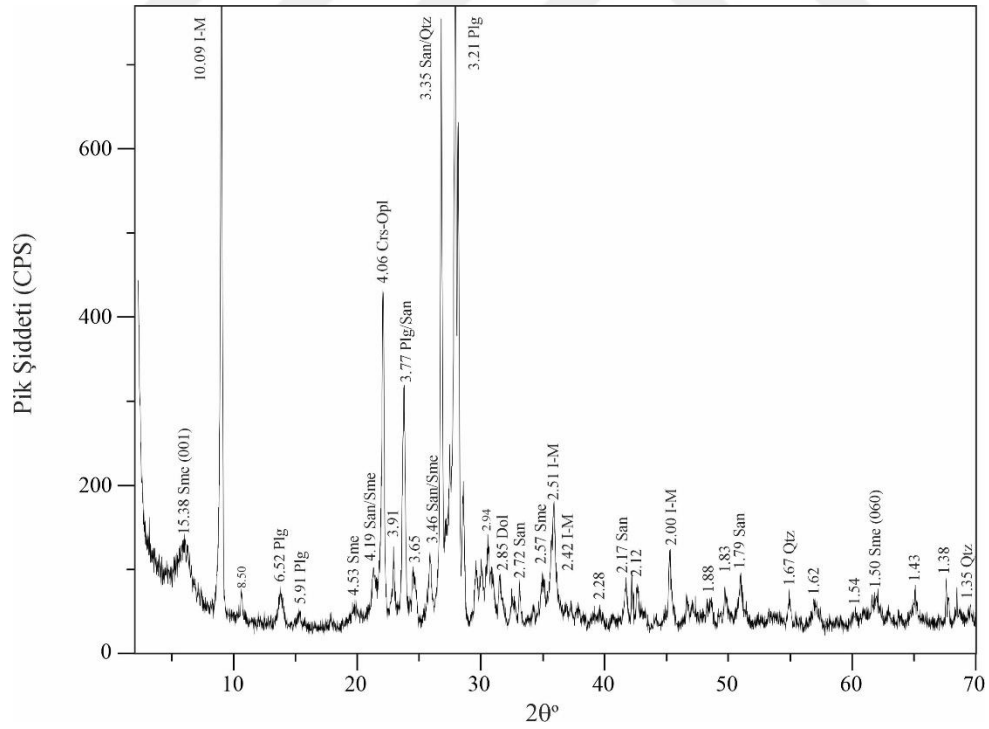
Şekil 4.20 M-7-2 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



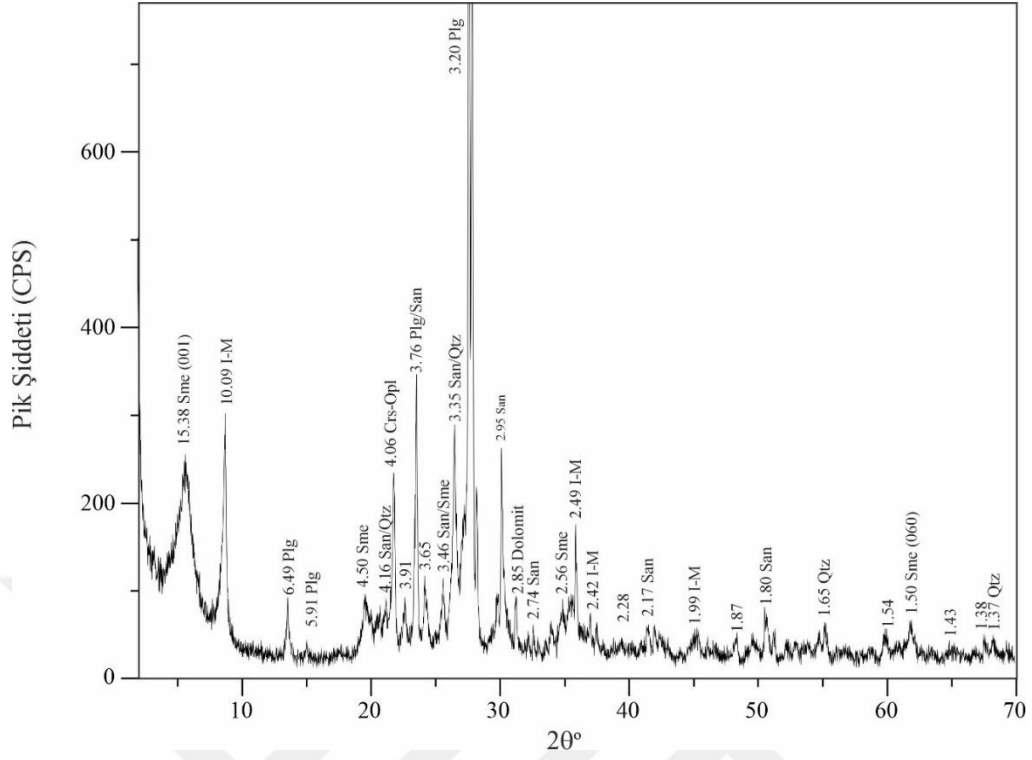
Şekil 4.21 M-8 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



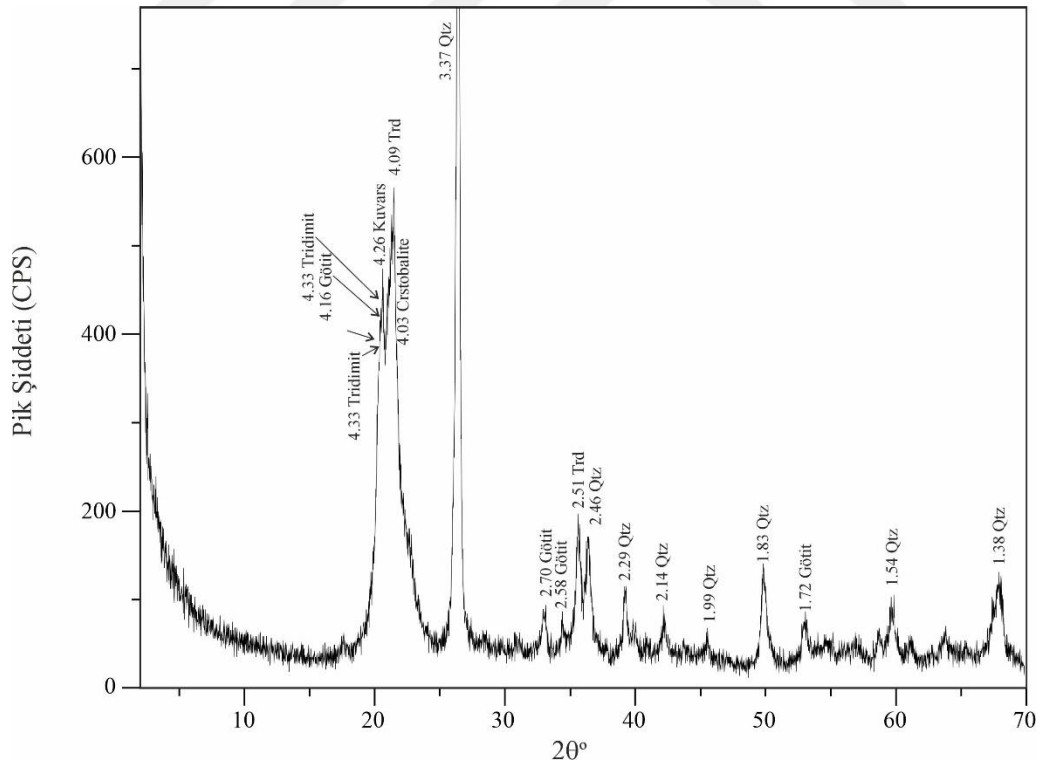
Şekil 4.22 M-9 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



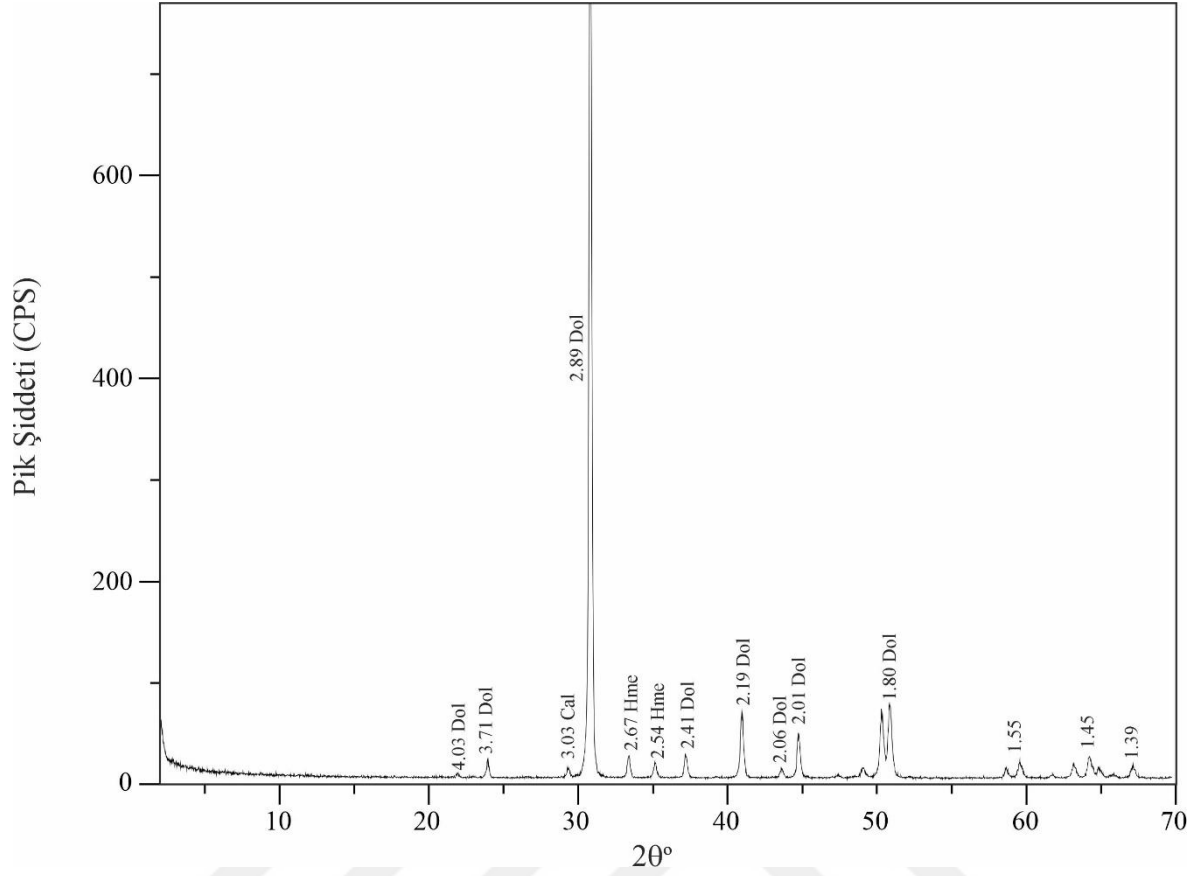
Şekil 4.23 M-10 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



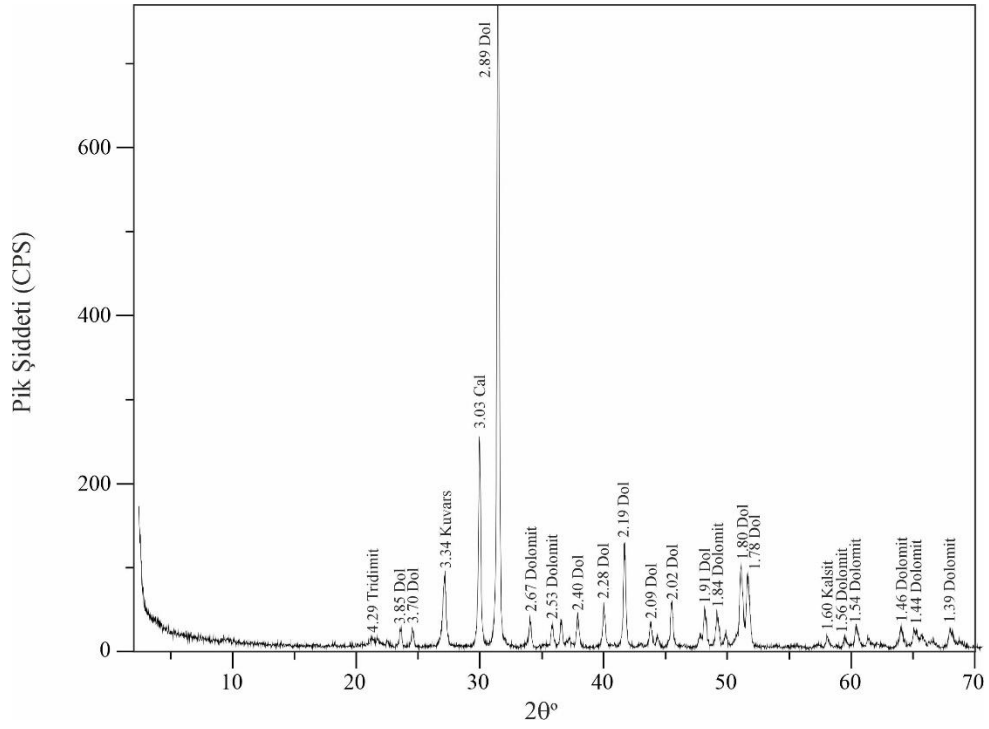
Şekil 4.24 M-11 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



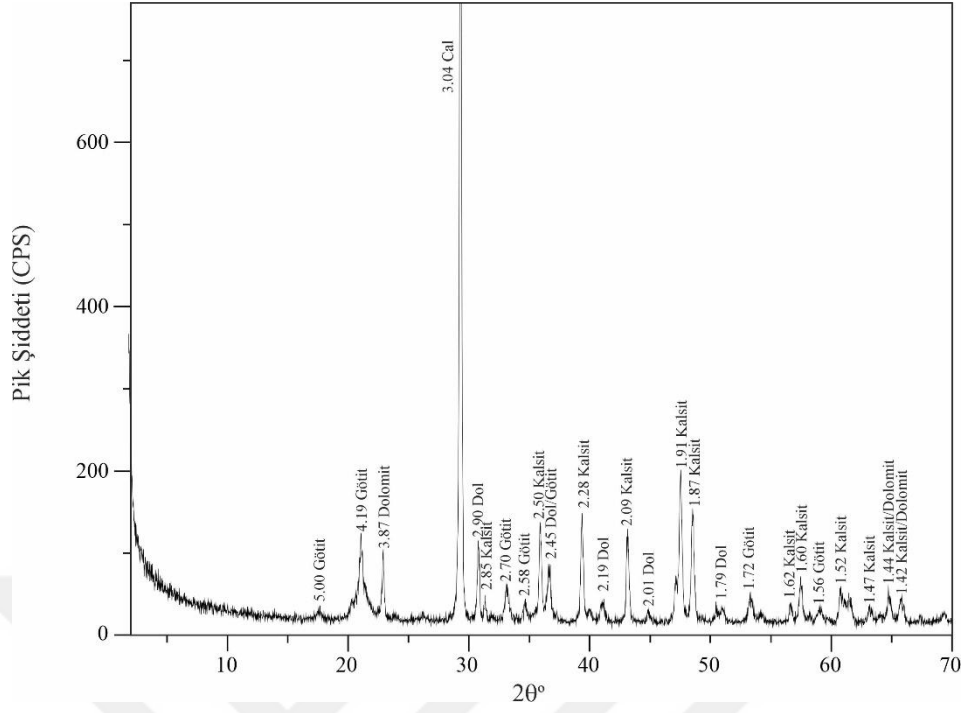
Şekil 4.25 M-12 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



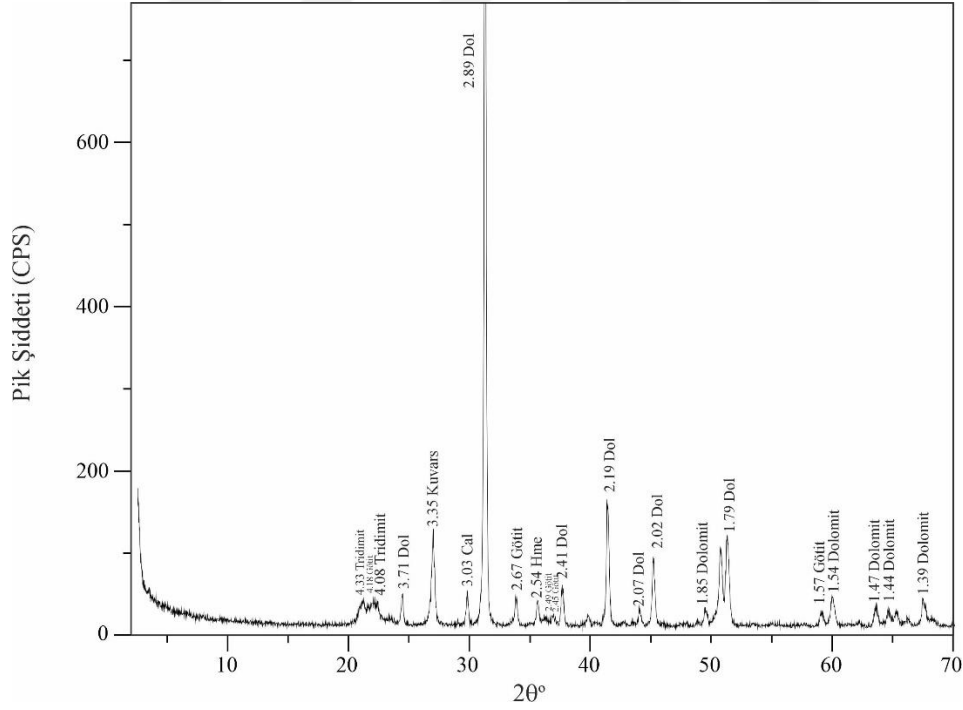
Şekil 4.26 M-13 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



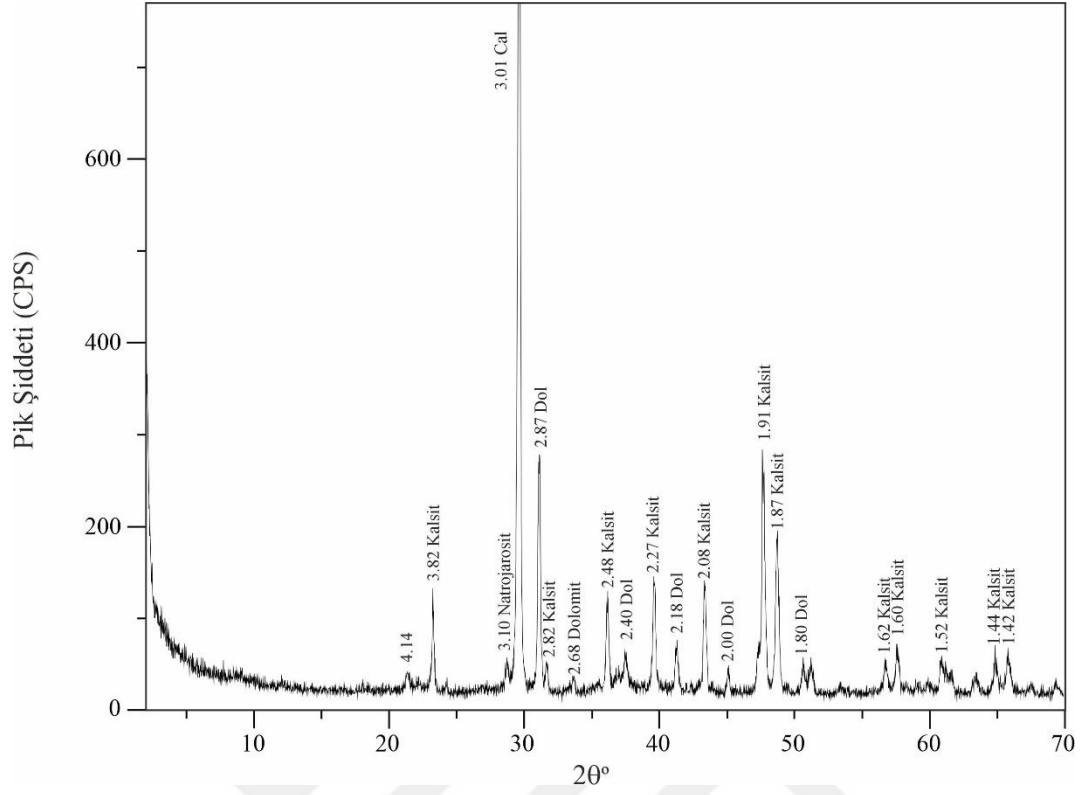
Şekil 4.27 M-14 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



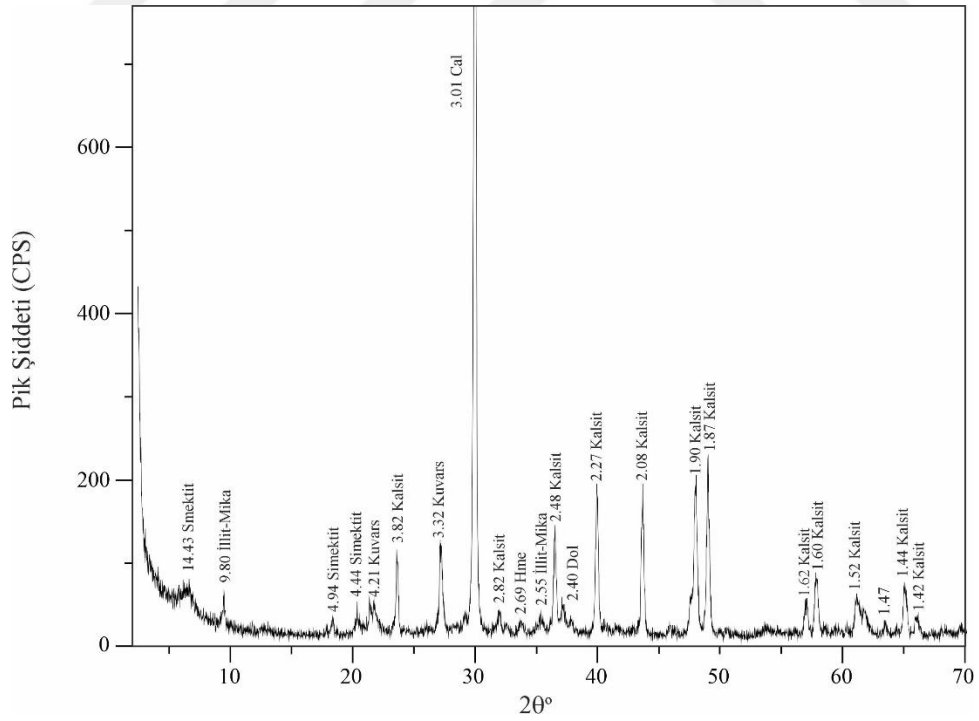
Şekil 4.28 M-15 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



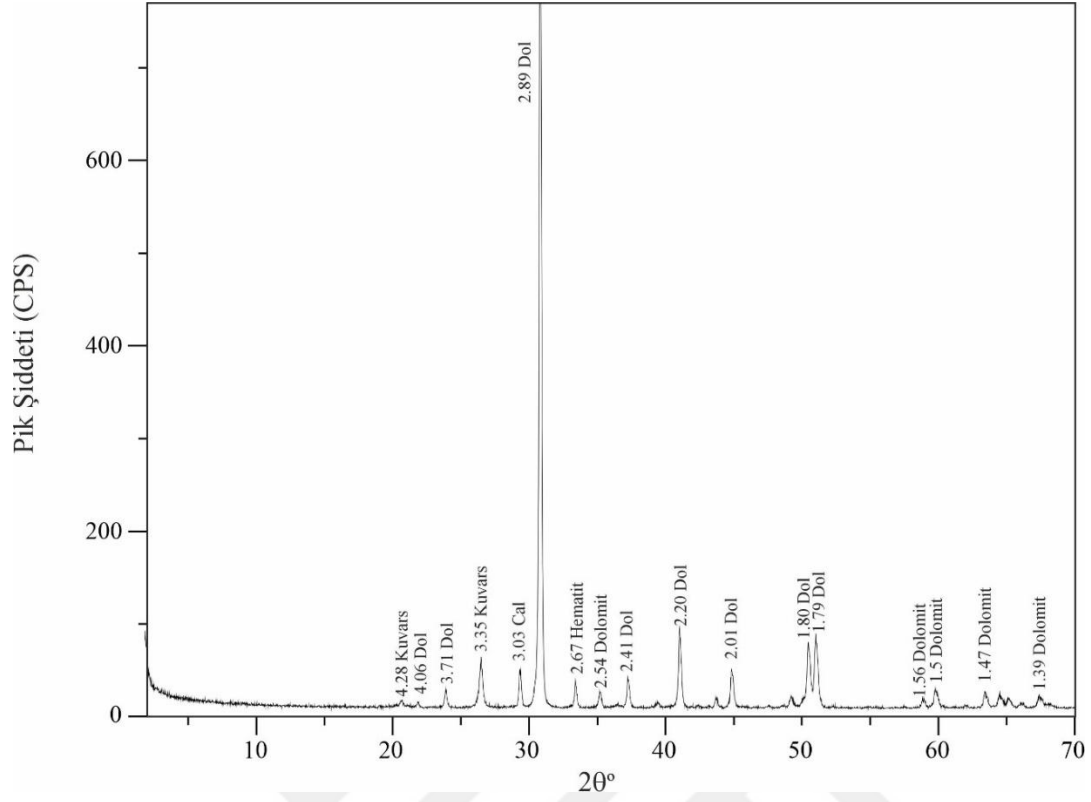
Şekil 4.29 M-17 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



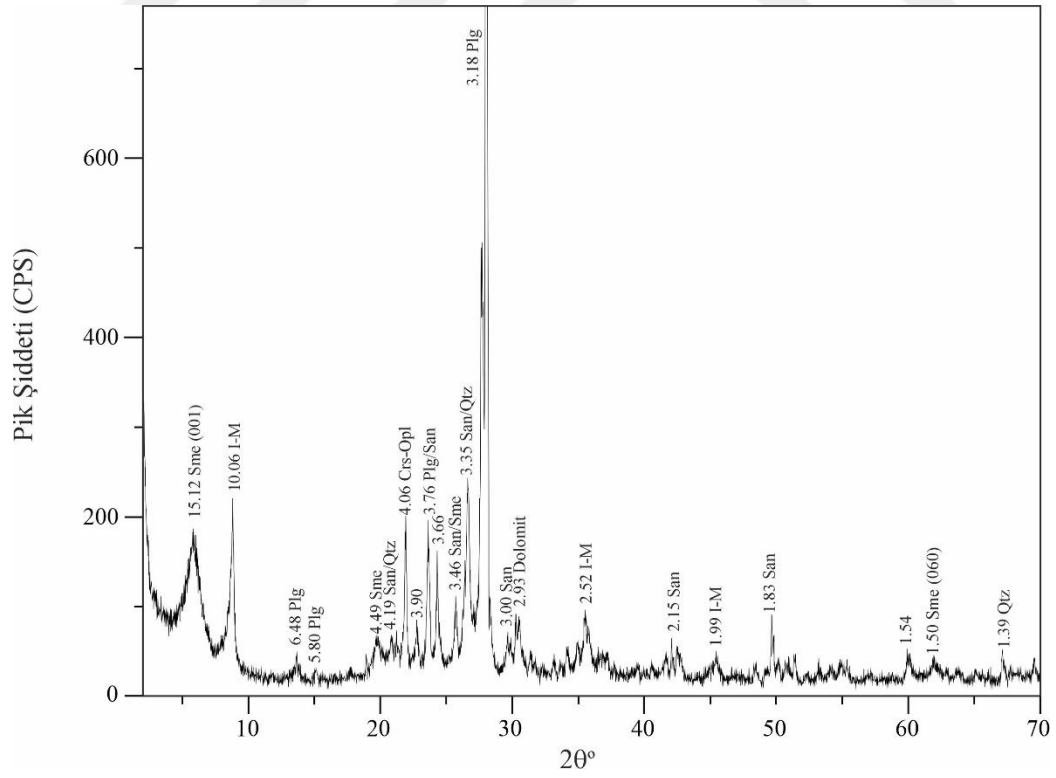
Şekil 4.30 M-18 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



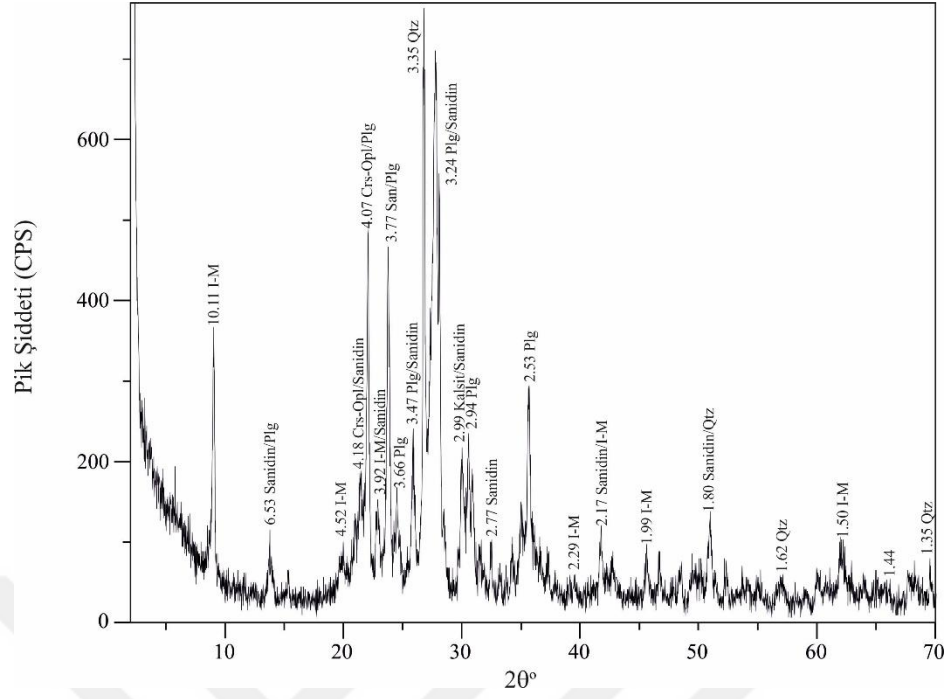
Şekil 4.31 M-19 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



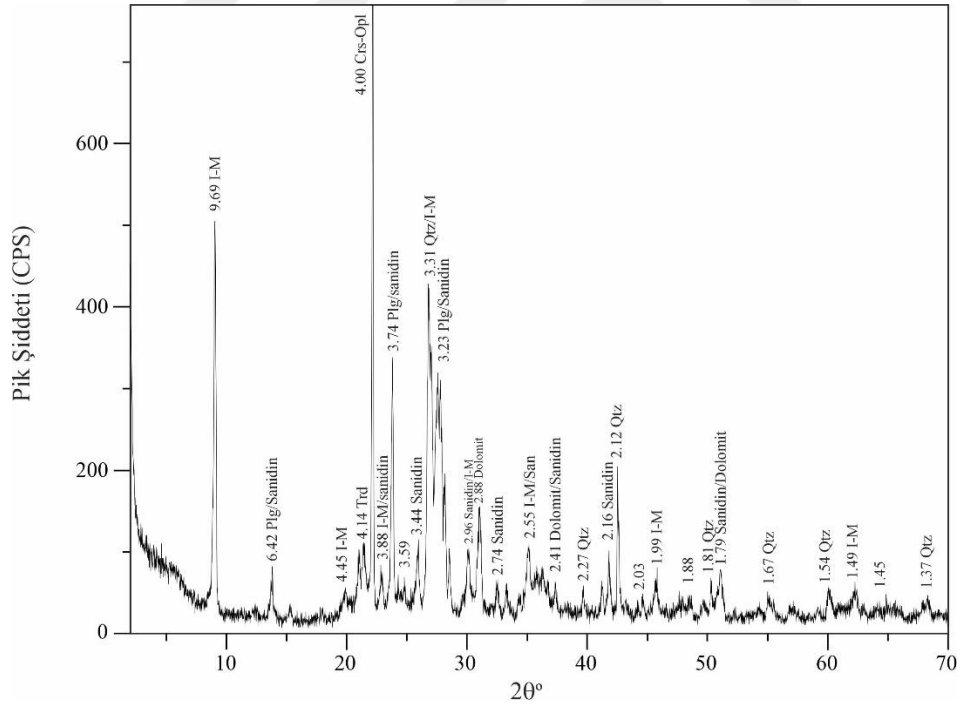
Şekil 4.32 M-20 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



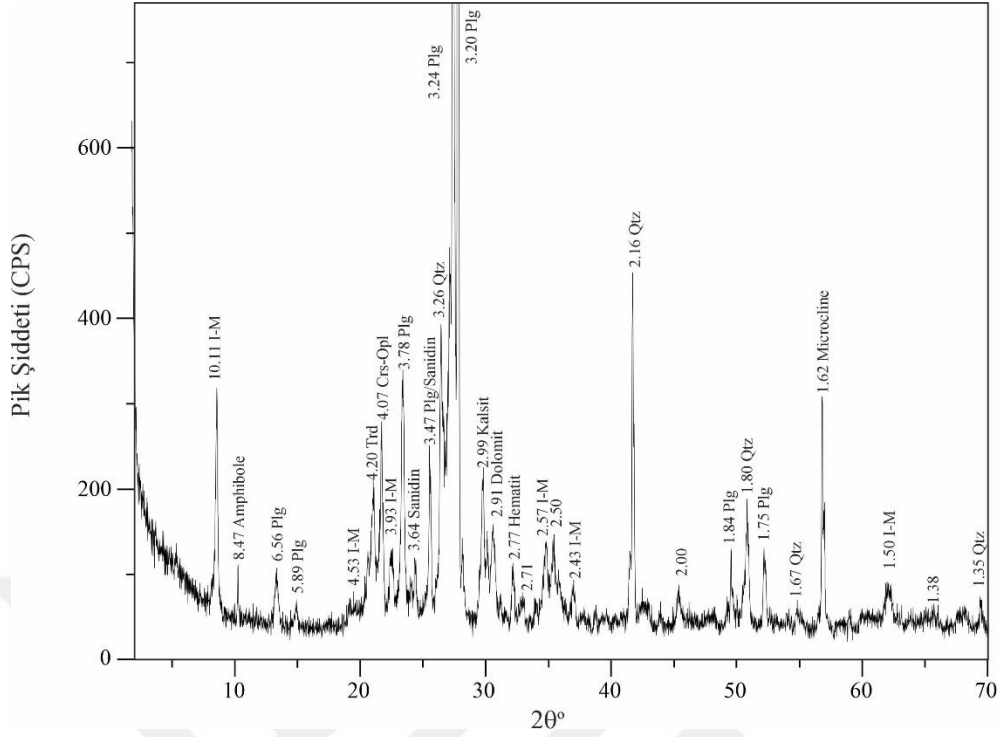
Şekil 4.33 M-25 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



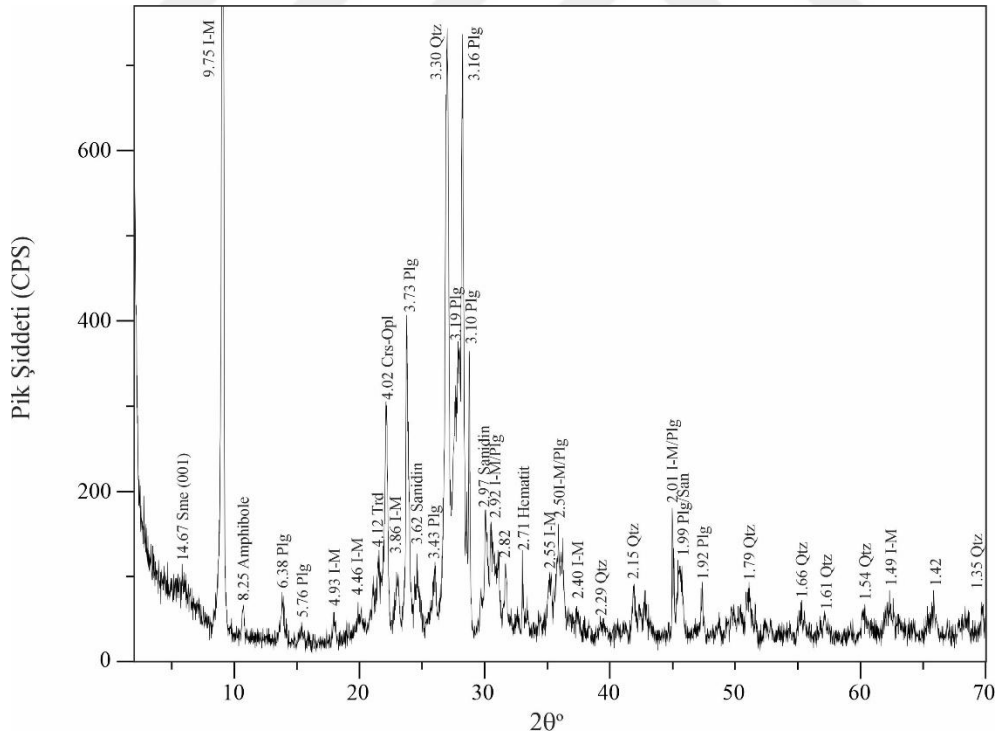
Şekil 4.34 S-1 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



Şekil 4.35 S-2 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



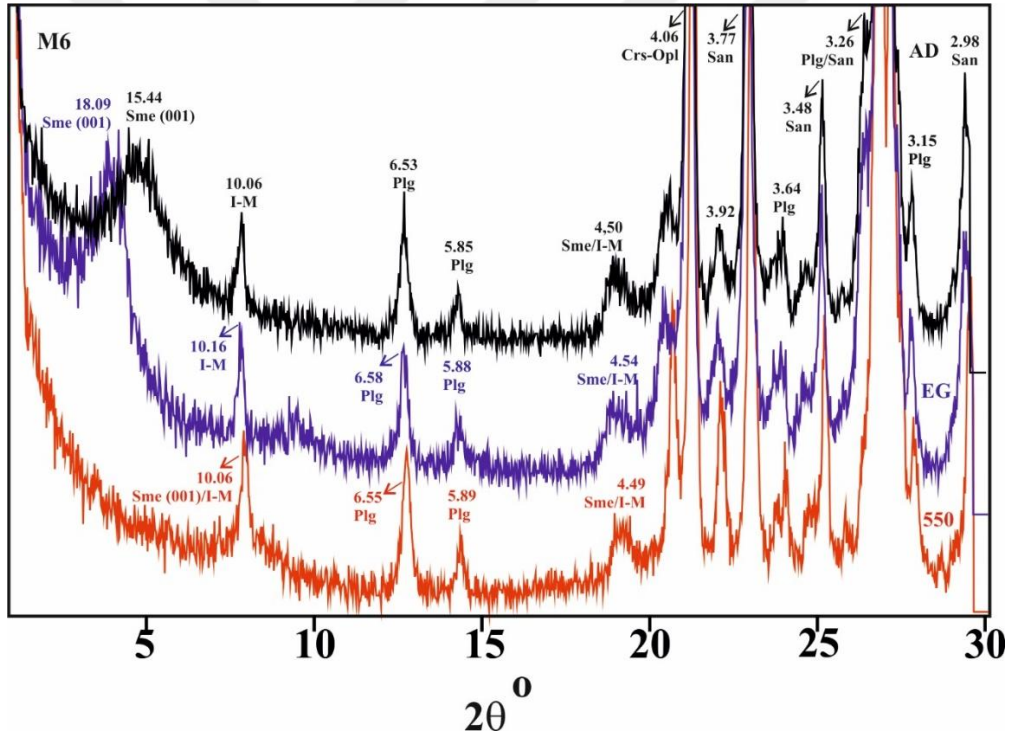
Şekil 4.36 S-6 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.



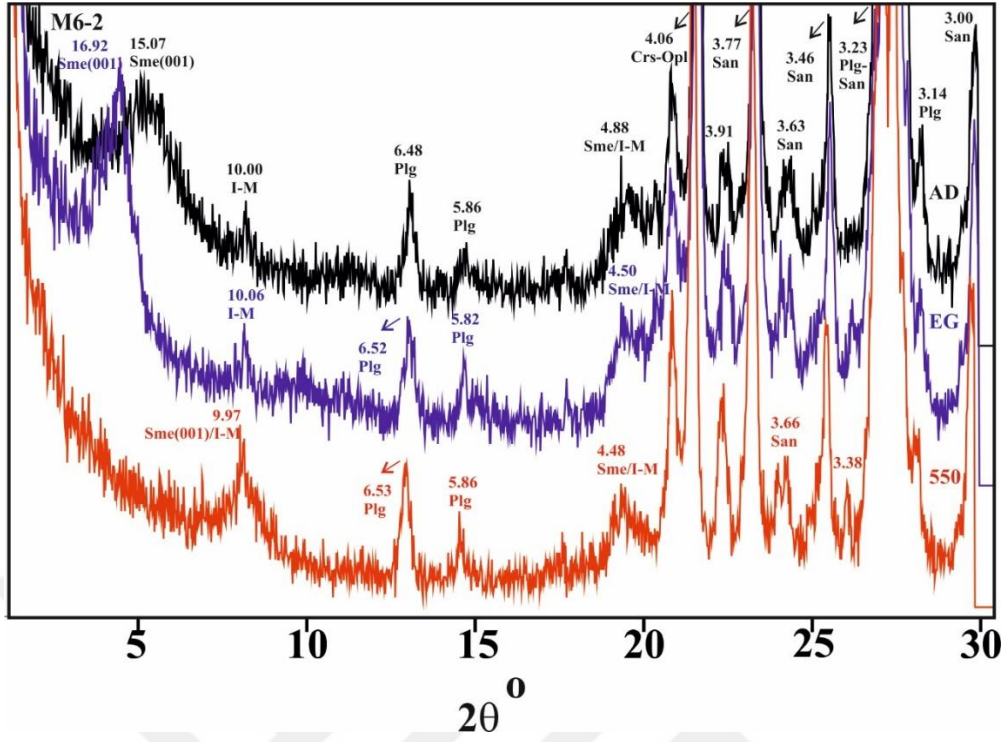
Şekil 4.37 S-7 kodlu örneğin tüm kayaç XRD grafiği.

Çakırözü ve Dadak-Koçyatağı bölgelerindeki örneklerde gözlenen kil minerallerini birbirinden ayırt edebilmek için tüm kaya XRD grafiklerinde kil minerali tespit edilen

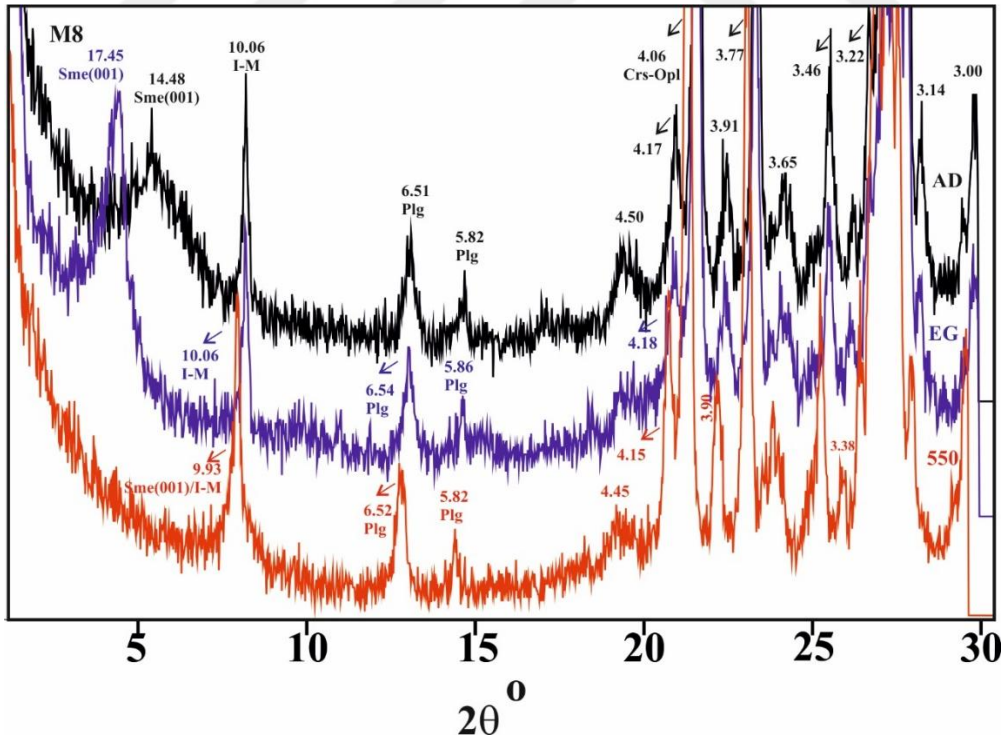
örnekler üzerinde detay kil mineralojine yönelik XRD çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.38-4.49). Her 2 bölgedeki volkanik kayalarda belirlenen en önemli kil minerali olan simektit mineralinin c-ekseni boyunu yansıtan d(001) değeri havada kurutulmuş örneklerde (AD) 14.48-15.44 Å olduğu belirlenmiştir. Bu değer etilen glikollü çekimlerde (EG) 16.66-18.09Å'e genişlemiş ve 550°C'de fırınlama işlemi sonucunda ise 9.93-10.11'e kısaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.37-4.44). Simektit minerallerinin etilen glikolle işleme tabi tutulmaları sonucunda (001) yüzeylerinde simektitin c-ekseni boyunca genişlemesi sonucu boyu uzamakta ve d(001) değerleri artış göstermektedir. Simektitler bünyelerinde su bulundurdıklarından 550 °C sıcaklıklarında fırınlanmaları sonucunda (001) yüzeylerine dik yönde c-ekseni boyunca boyları kısalarak d(001) değerleri azalmaktadır (Brindley ve Brown 1980).



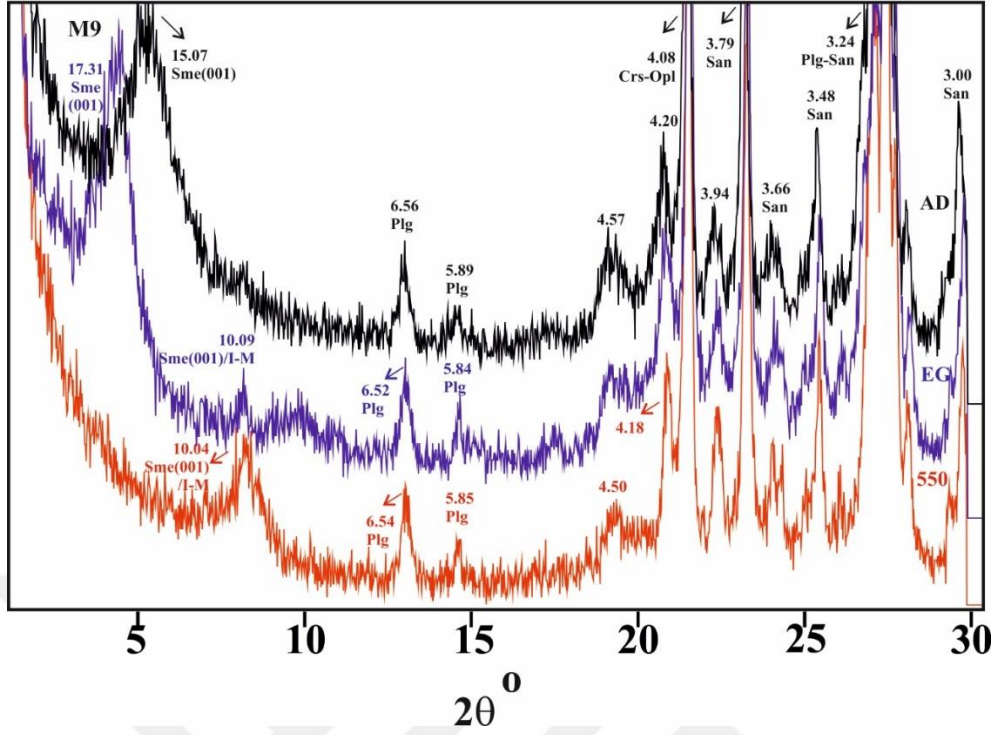
Şekil 4.38 M-6 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C'de fırınlanmış.



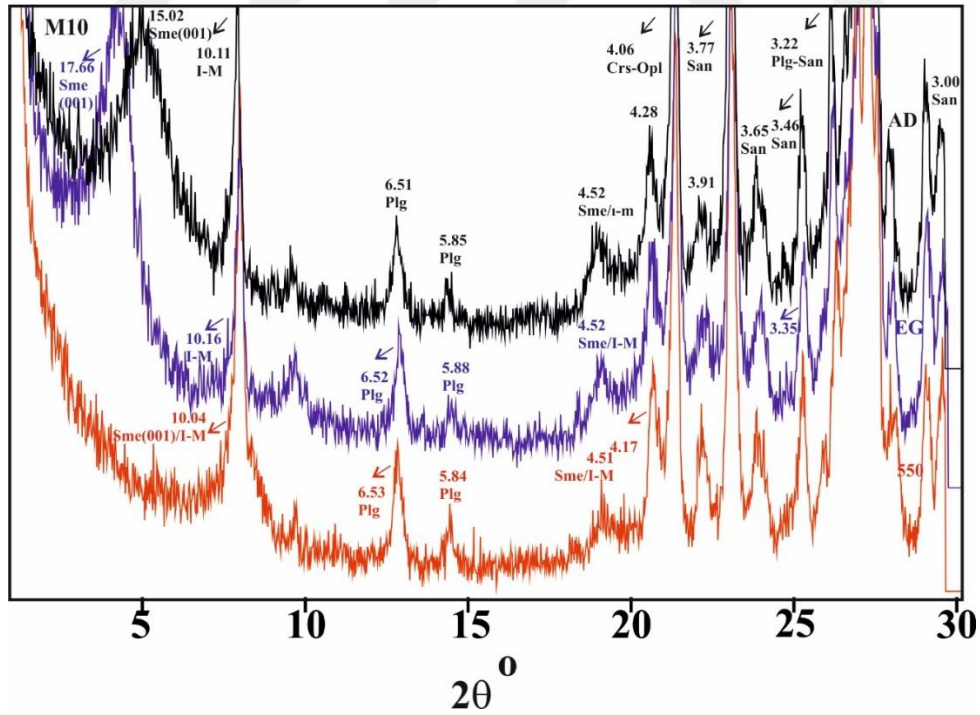
Şekil 4.39 M6-2 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış.



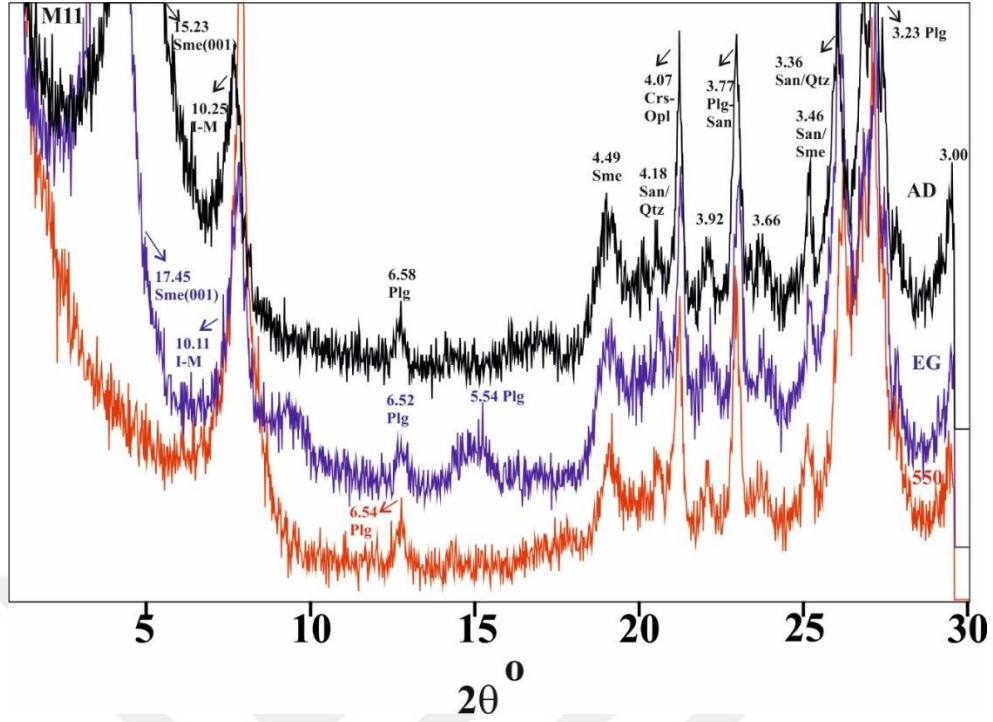
Şekil 4.40 M-8 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış.



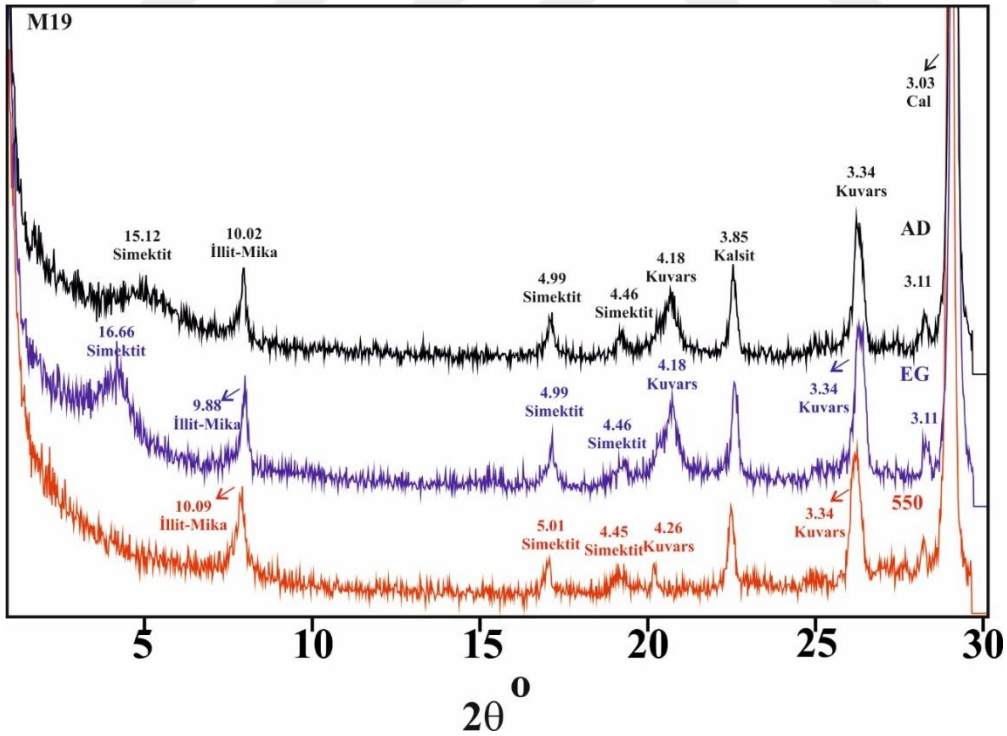
Şekil 4.41 M-9 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış.



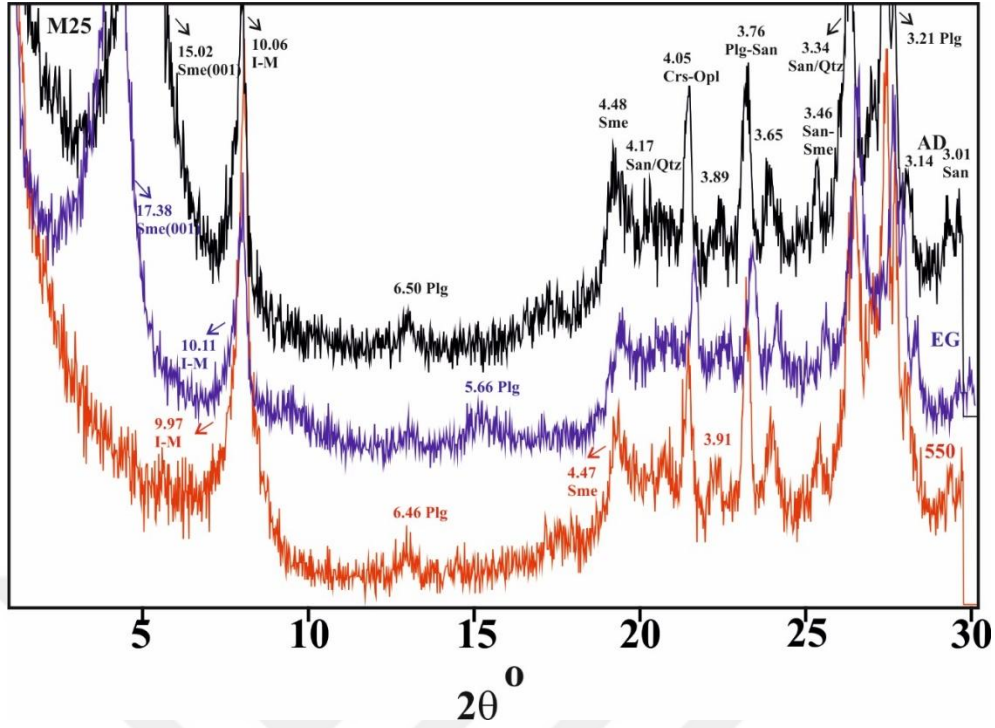
Şekil 4.42 M-10 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış.



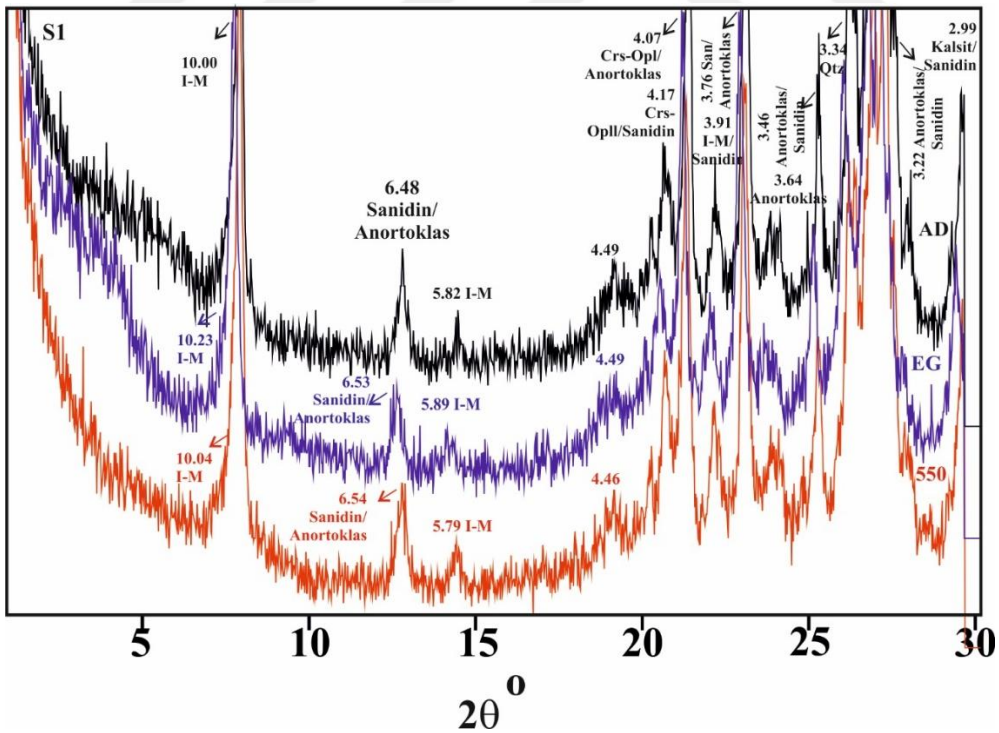
Şekil 4.43 M-11 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış.



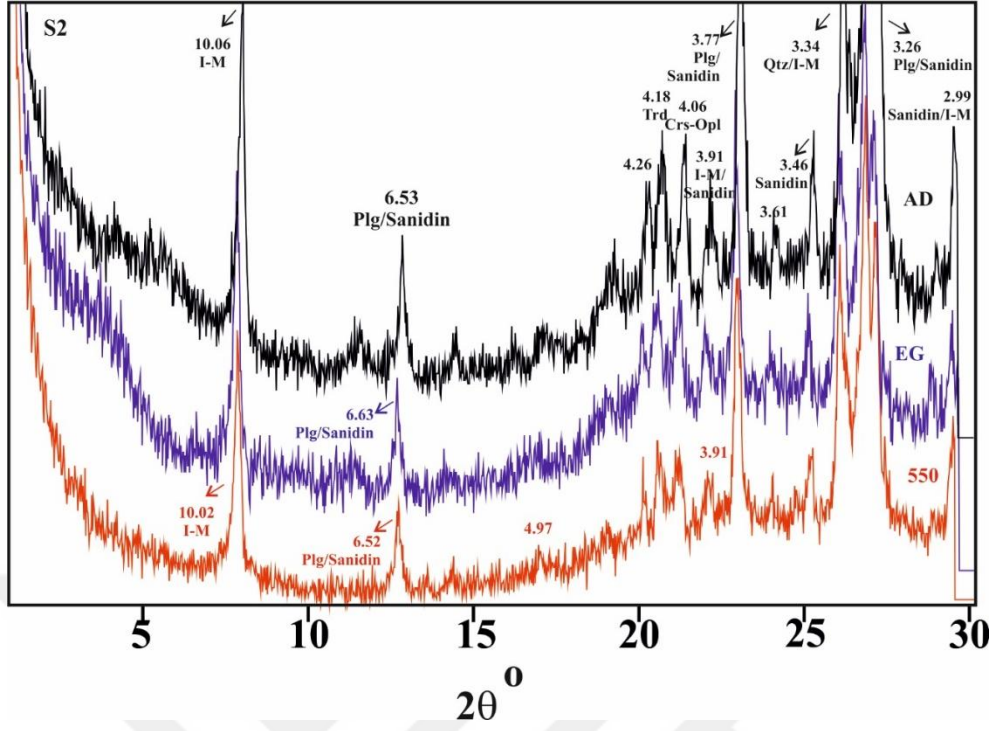
Şekil 4.44 M19 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış.



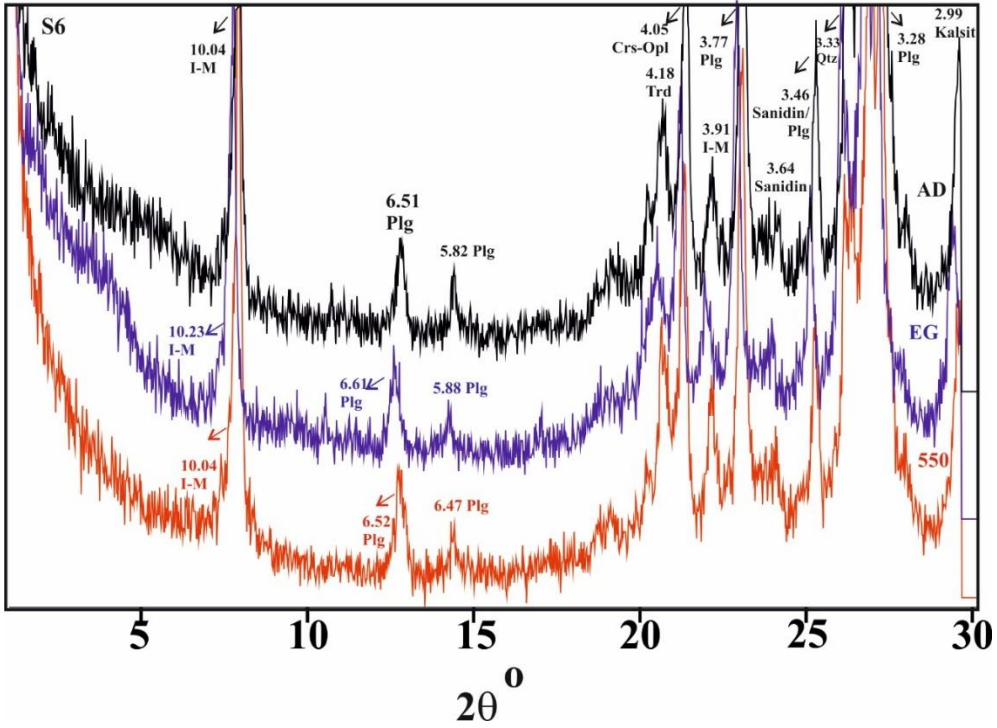
Şekil 4.45 M-25 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış.



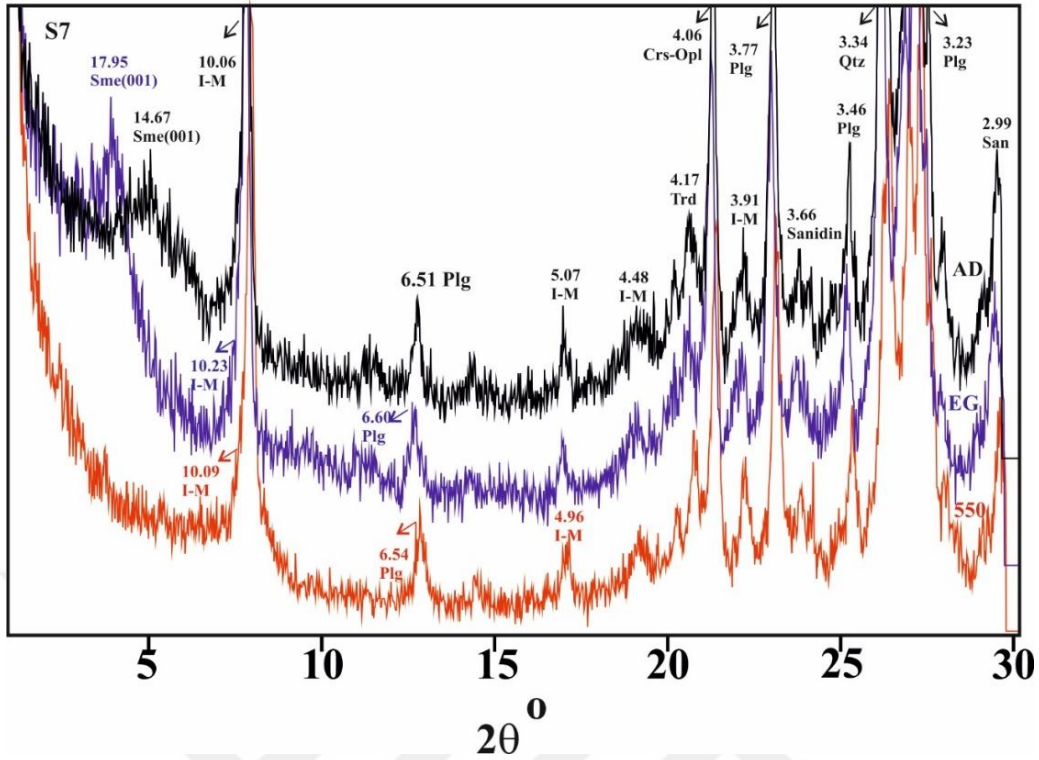
Şekil 4.46 S-1 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış.



Şekil 4.47 S-2 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış.



Şekil 4.48 S-6 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C’de fırınlanmış.



Şekil 4.49 S-7 nolu örneğin kil boyutu XRD grafikleri. (AD): Havada kurutulmuş, (EG): Etilen glikol ile muamele, (550): 550 °C'de fırınlanmış.

4.3. Jeokimyasal İncelemeler

Çakırözü ve Dadak-Koçyatağı bölgelerindeki mostralardan alınan volkanik ve dolomit örnekleriyle sediman örneklerine ait majör oksit analiz sonuçları (%) Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6'da; iz element ve nadir toprak element sonuçları ise Çizelge 4.7, 4.8 ve 4.9'da verilmiştir. Volkanik kayalarla bunların ayrışma ürünlerinin kimyasal analiz sonuçları Le Bas vd. (1986) tarafından geliştirilen $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ diyagramına yerleştirilmiştir (Şekil 4.50). Buna göre M-10 dışındaki örneklerin trakiandezitik bileşim sunduğu belirlenmiştir. M-10 örneği ise trakitik bileşimlidir.

Melezhik vd. (2008) tarafından geliştirilen adlandırma grafiklerine yerleştirilen Dadak-Koçyatağı bölgesindeki Çaltepe dolomitleri ve bunların ayrışma ürünlerinden M-15 ve M-19 nolu örnekler dolomit-kireçtaşı geçiş zonunda, M-13, M-14, M-17 ve M-20 nolu örnekler ise dolomit alanında çıktığı ve dolayısıyla dolomitik bileşimde oldukları görülmüştür (Şekil 4.51).

Çizelge 4.4 Volkanik kayalar ve ayrılmış ürünlerine ait majör oksit analiz sonuçları (%).

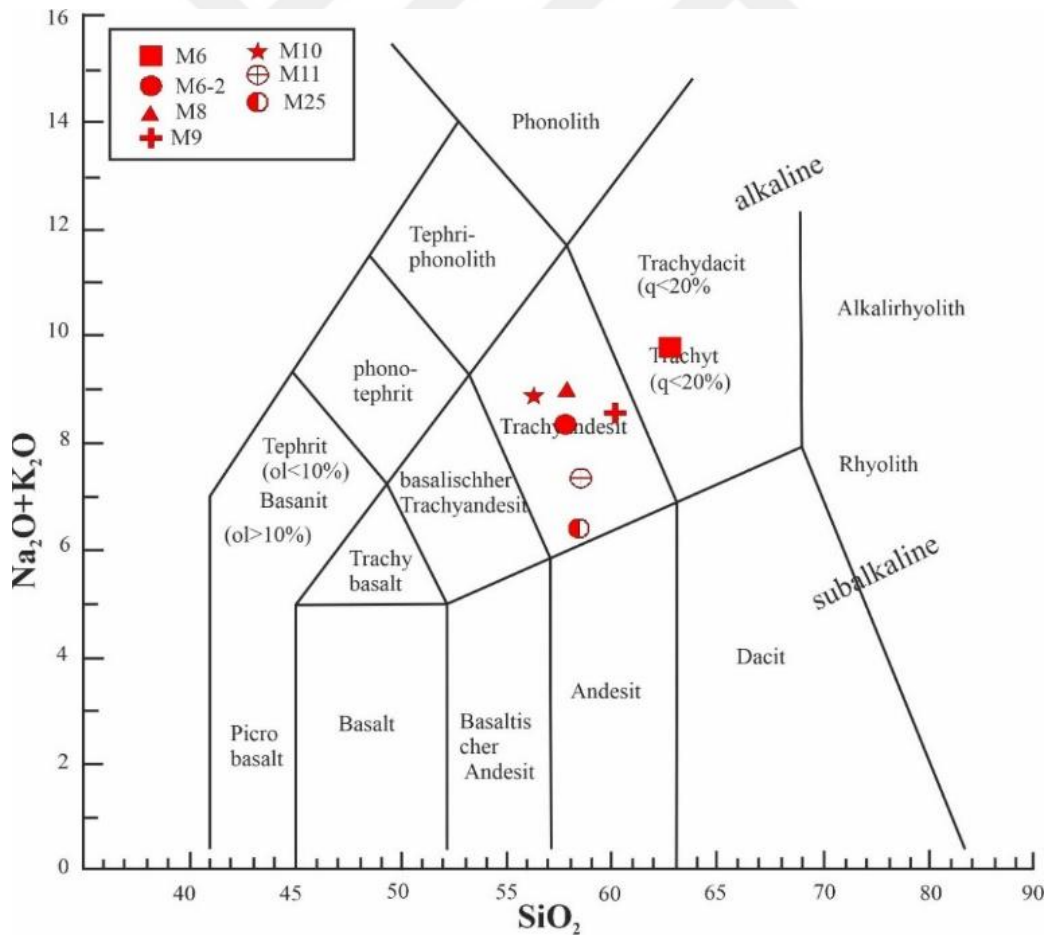
	M-6	M-6-2	M-8	M-9	M-10	M11	M25
SiO ₂	62.328	56.129	57.405	58.925	55.556	56.097	56.156
TiO ₂	0.840	0.972	1.031	1.061	0.838	0.751	0.843
Al ₂ O ₃	17.910	18.460	17.450	16.306	16.521	17.231	16.874
Fe ₂ O ₃	2.439	5.582	5.380	6.449	6.792	6.482	5.886
MnO	-	0.085	0.092	0.027	0.095	0.284	0.083
MgO	1.037	0.910	1.601	0.725	2.116	2.196	4.614
CaO	3.254	3.431	4.327	3.207	5.958	3.859	3.189
Na ₂ O	4.498	2.956	3.794	3.349	4.045	3.386	2.041
K ₂ O	5.107	5.057	4.990	4.917	4.619	3.552	4.024
P ₂ O ₅	0.450	1.332	0.762	0.392	0.539	0.481	0.412
Cr ₂ O ₃	-	0.015	0.018	0.015	0.050	0.040	0.022
SO ₃	0.094	0.139	0.482	0.573	0.040	0.033	0.048
Cl	-	0.007	0.005	0.016	-	-	0.010
F	-	0.300	0.252	0.313	0.287	0.185	0.186
<i>Ateş Kaybı</i>	1.814	3.882	1.786	3.100	2.277	5.108	4.858
<i>Toplam</i>	80.497	96.832	97.766	97.317	97.886	97.913	97.644

Çizelge 4.5 Dolomit ve ayrılmış ürünlerine ait majör oksit analiz sonuçları (%).

	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M19	M20
SiO ₂	81.739	0.577	14.860	9.037	62.338	20.027	6.990	8.173
TiO ₂	-	-	-	-	0.840	-	0.053	-
Al ₂ O ₃	0.344	0.205	0.334	0.466	17.910	0.415	1.709	0.160
Fe ₂ O ₃	12.342	2.972	3.772	11.089	2.439	5.245	2.734	3.219
MnO	0.335	0.486	0.765	1.622	-	0.876	2.695	1.408
MgO	0.075	17.456	11.094	2.251	1.037	10.572	0.524	14.731
CaO	0.385	29.982	31.355	39.752	3.254	27.523	21.392	31.085
Na ₂ O	0.033	0.113	-	-	4.498	0.083	0.055	0.047
K ₂ O	0.090	0.039	0.080	0.080	5.107	0.073	0.374	0.035
P ₂ O ₅	0.154	-	0.146	0.354	0.450	0.035	0.255	0.018
Cr ₂ O ₃	0.022	0.040	-	-	-	-	-	-
SO ₃	0.034	0.016	-	0.113	0.094	0.029	0.022	0.020
Cl	-	-	-	-	-	-	0.014	-
F	-	-	-	-	-	-	0.464	0.056
<i>Ateş Kaybı</i>	4.295	48.092	37.594	35.156	1.814	35.046	62.671	40.979
<i>Toplam</i>	98.377	98.503	98.676	98.908	98.399	98.414	98.192	99.595

Çizelge 4.6 Sediman örneklerine ait majör oksit analiz sonuçları (%).

	S1	S2	S6	S7
SiO ₂	57.370	50.838	57.960	53.179
TiO ₂	0.961	1.310	1.186	1.261
Al ₂ O ₃	15.673	15.477	14.330	16.208
Fe ₂ O ₃	7.613	8.702	7.690	8.864
MnO	0.106	0.246	-	0.219
MgO	1.901	2.677	1.932	3.176
CaO	3.379	4.479	3.233	5.160
Na ₂ O	3.546	1.848	2.981	2.806
K ₂ O	5.362	6.385	6.695	5.254
P ₂ O ₅	0.470	0.746	0.714	0.700
Cr ₂ O ₃	0.062	0.038	-	0.028
SO ₃	0.060	0.155	0.202	0.118
Cl	-	0.010	-	0.007
F	0.230	0.276	-	0.271
Ateş Kaybı	3.014	6.026	2.895	2.126
Toplam	97.860	97.744	98.903	98.036



Şekil 4.50 Volkanik kayalarla bunların ayrışma ürünlerinin Le Bas vd. (1986) tarafından geliştirilen Na₂O+K₂O-SiO₂ diyagramına göre adlandırılması.

Çizelge 4.7 Volkanik kayalar ve ayrılmış ürünlerine ait iz ve nadir toprak element analiz sonuçları (%).

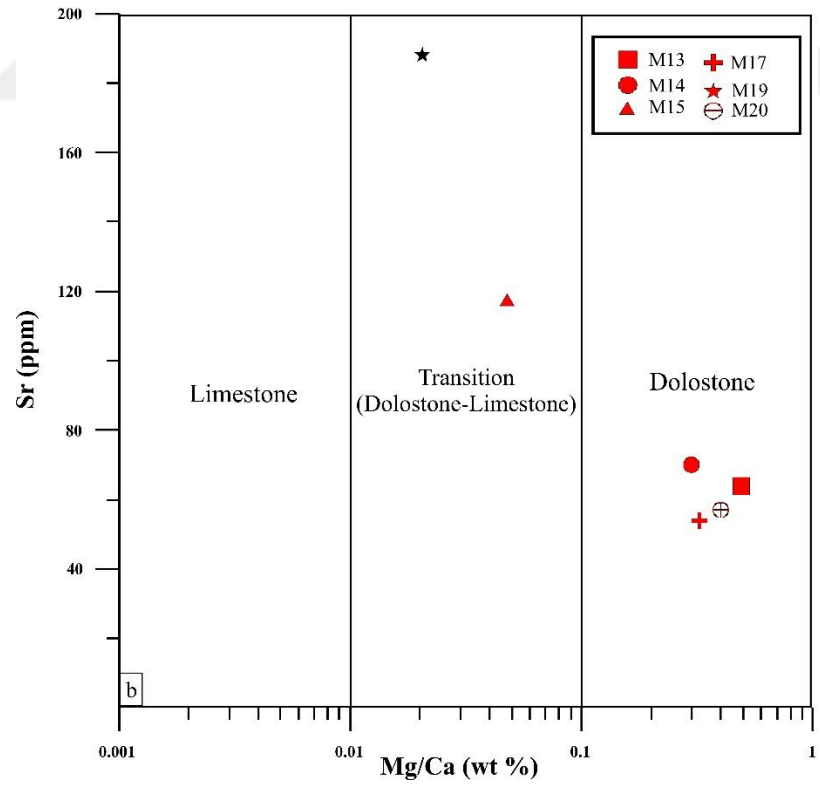
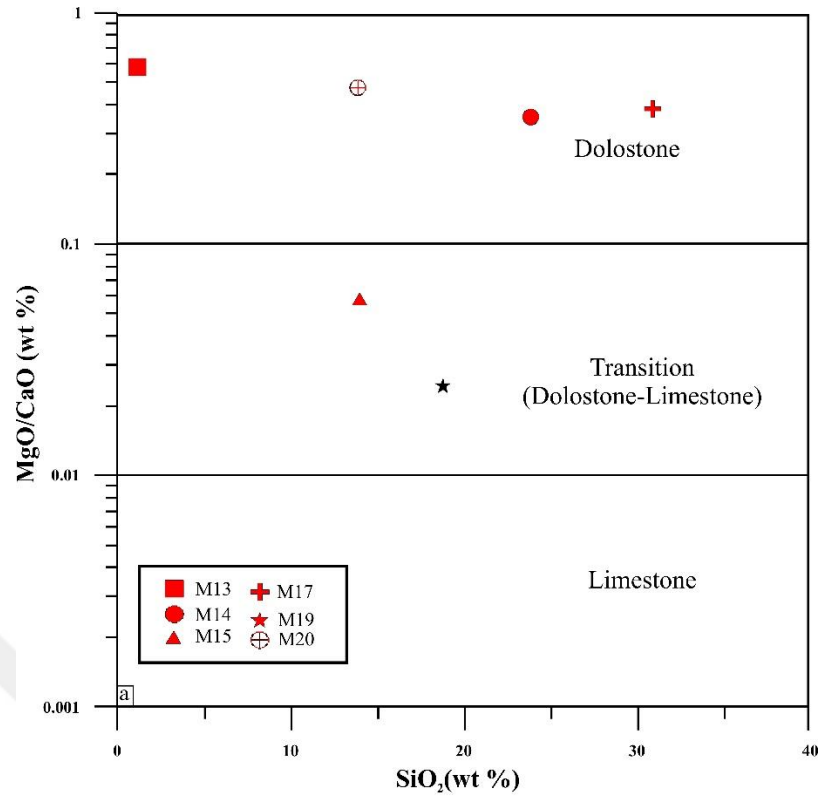
	M-6	M-6-2	M-8	M-9	M-10	M11	M25
Ba	2146	2084	1.843.000	2.267.000	1.953.000	1.957.000	1604
Co	6.000	9.000	6.000	7.000	15.000	15.000	13.000
Cs	5.505	21.051	17.626	41.363	13.966	17.613	28.691
Ga	20.620	19.559	19.648	18.424	18.925	20.394	20.225
Hf	5.067	4.728	4.810	5.103	6.536	3.701	2.983
Nb	26	23	24	23	23	22	23
Rb	127.320	118.267	124.622	122.626	104.691	118.296	146.755
Sn	3.183	2.837	3.014	9.357	2.935	4.380	3.452
Sr	1726	1792	1634	1933	1551	1611	1650
Th	36.070	33.352	30.721	31.069	32.953	34.055	31.106
U	13.293	10.752	8.716	8.750	8.799	4.676	5.157
V	112	119	115	150	110	124	99
Zr	401	357	336	368	338	287	301
Y	10.915	63.924	44.195	18.045	21.884	18.965	22.375
La	78.581	97.491	95.072	95.202	96.002	86.352	86.030
Ce	133.545	199.685	181.603	174.824	180.187	160.017	161.764
Pr	13.409	22.938	19.670	18.202	19.186	16.895	18.311
Nd	44.177	87.992	68.720	62.754	68.634	58.716	65.985
Sm	7.799	17.019	12.124	10.324	12.000	10.315	11.917
Eu	3.204	4.519	3.601	3.546	3.692	3.484	3.512
Gd	4.403	15.137	10.084	6.712	8.825	7.260	8.483
Tb	0.624	2.134	1.459	0.897	1.209	1.037	1.136
Dy	2.445	10.498	6.753	3.733	4.810	4.182	5.095
Ho	0.439	2.083	1.385	0.676	0.864	0.736	0.876
Er	1.427	6.398	4.077	2.117	2.428	2.081	2.597
Tm	0.167	0.841	0.534	0.251	0.296	0.249	0.349
Yb	1.143	5.337	3.404	1.847	1.916	1.732	2.199
Lu	0.167	0.794	0.515	0.295	0.278	0.232	0.320
Mo	2	2	3	4	2	4	4
Cu	38	44	25	89	28	49	56
Pb	47	34	34	42	40	89	95
Zn	31	42	46	41	53	80	77
Ni	18	27	21	23	34	46	34
As	28	115	20	137	32	27	31
Cd	1.665	6.885	13.080	10.330	8.451	4.824	4.110
Sb	5.157	6.708	7.197	5.564	4.826	9.746	6.509
Au	<0,02	<0,02	<0,02	0.021	<0,02	<0,02	<0,02
Li	13.291	16.145	19.436	17.459	13.012	19.967	0.011
Be	6.982	22.392	5.608	14.068	5.872	6.143	<0,01

Çizelge 4.8 Dolomit ve ayrılmış ürünlerine ait iz ve nadir toprak element analiz sonuçları (%).

	M12	M13	M14	M15	M17	M19	M20
Ba	172.000	8.000	196.000	350.000	45	3555	309
Co	11.000	<1	<1	<1	<1	4.000	<1
Cs	2.084	0.230	0.999	1.040	1.402	35.262	0.700
Ga	1.362	1.641	2.368	4.948	2.172	19.076	3.103
Hf	0.070	0.021	0.051	0.036	0.035	0.293	0.018
Nb	1	2	2	2	2	4	1
Rb	19.257	2.417	7.883	4.827	6.538	45.733	4.842
Sn	1.351	1.715	1.046	0.941	0.454	0.997	0.303
Sr	18	64	70	117	54	188	57
Th	0.326	0.114	0.200	0.068	0.206	1.369	0.113
U	2.050	<0,001	0.673	2.439	0.358	2.109	0.322
V	72	2	21	125	24	137	15
Zr	19	15	17	16	16	35	15
Y	1.808	1.368	1.658	1.911	1.613	7.552	1.317
La	1.179	0.559	0.621	1.608	0.930	5.080	0.914
Ce	3.157	1.652	1.525	3.449	2.130	10.611	1.878
Pr	0.355	0.144	0.167	0.411	0.195	1.312	0.175
Nd	1.140	0.518	0.781	1.911	1.093	5.425	0.821
Sm	0.443	0.233	0.362	0.902	0.328	6.612	0.465
Eu	0.205	0.028	0.142	0.375	0.164	3.983	0.263
Gd	0.443	0.207	0.293	0.595	0.365	1.727	0.227
Tb	0.058	0.047	0.034	0.087	0.055	0.243	0.020
Dy	0.282	0.175	0.230	0.484	0.227	1.426	0.125
Ho	0.172	0.018	0.050	0.096	0.037	0.257	0.029
Er	0.176	0.067	0.074	0.172	0.066	0.603	0.106
Tm	0.021	0.009	0.012	0.031	0.010	0.088	0.004
Yb	0.060	0.031	0.056	0.128	0.044	0.474	0.016
Lu	0.002	<0,001	<0,001	0.009	<0,001	0.075	<0,001
Mo	9	2	4	8	5	9	2
Cu	48	1	6	19	4	20	1
Pb	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Zn	32	5	11	30	12	38	10
Ni	49	2	14	70	12	33	8
As	616	15	170	583	126	351	37
Cd	5.579	12.250	1.379	17.365	11.545	16.481	13.862
Sb	10.830	3.078	3.314	5.999	5.498	5.186	2.569
Au	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0.042	<0,02	<0,02
Li	0.458	1.273	1.252	0.745	1.624	4.137	1.625
Be	5.214	0.550	1.537	2.913	1.269	3.065	1.286

Çizelge 4.9 Sediman örneklerine ait iz ve nadir toprak element analiz sonuçları (%).

	S1	S2	S6	S7
Ba	2039	2215	2046	2001
Co	15.000	22.000	17.000	20.000
Cs	12.599	15.891	10.988	16.478
Ga	17.841	15.826	20.155	19.216
Hf	4.817	4.104	3.979	6.051
Nb	26	28	32	24
Rb	162.024	160.084	116.620	216.665
Sn	3.505	3.097	3.604	4.481
Sr	1371	1146	1234	1557
Th	35.054	30.572	25.933	42.733
U	11.789	8.902	8.212	17.150
V	143	176	142	190
Zr	362	385	391	377
Y	19.325	17.220	20.718	20.573
La	77.269	70.082	89.926	73.068
Ce	146.931	134.601	173.565	139.102
Pr	16.035	14.889	19.449	15.608
Nd	59.259	52.440	73.300	56.672
Sm	10.661	9.868	12.155	11.076
Eu	3.319	2.996	3.294	3.459
Gd	7.375	6.949	9.208	7.556
Tb	0.987	0.914	1.179	1.064
Dy	4.006	3.895	5.035	4.644
Ho	0.700	0.662	0.798	0.789
Er	2.054	1.873	2.585	2.308
Tm	0.228	0.247	0.281	0.277
Yb	1.584	1.482	1.860	1.934
Lu	0.236	0.210	0.273	0.286
Mo	6	6	6	4
Cu	51	50	59	44
Pb	73	62	76	60
Zn	78	69	84	84
Ni	41	49	45	43
As	35	103	40	32
Cd	6.466	1.756	7.886	1.159
Sb	3.904	7.894	3.153	15.488
Au	<0,02	<0,02	<0,02	0.112
Li	18.224	17.808	16.090	20.385
Be	5.231	6.276	4.091	5.276



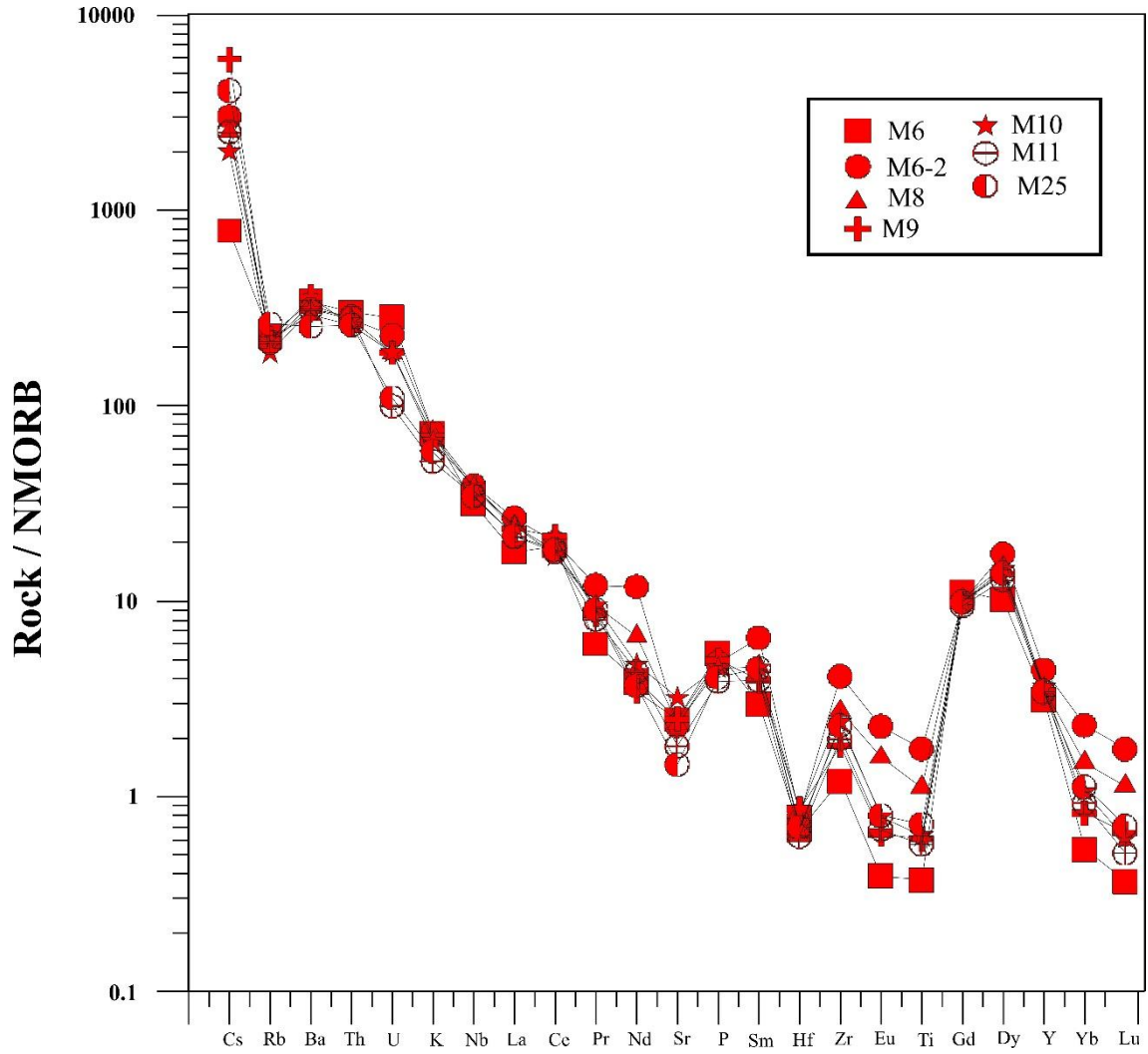
Şekil 4.51 Dadak-Koçyatağı bölgesine ait Çaltepe dolomitleri ve bunların ayrışma ürünlerinin Melezhik vd. (2008) tarafından geliştirilen adlandırma grafiklerinde gösterimi.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada Şuhut'un batısında yer alan Orta Miyosen dönemindeki aktivitelerle oluşmuş Afyon volkanikleri ve Orta Kambriyen döneminde oluşmuş dolomitlerde görülen alterasyon zonların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Bölgedeki volkanizma, Afrika plakasının, Avrasya plakası altına dalması ve bağlantılı olarak okyanusal basenin kapanıp, çarpışma sürecinin başlaması sonucu oluşmuştur (Şengör vd. 1984, Yılmaz vd. 2000, Işık vd. 2004, Ring ve Collins 2005, Çemen vd. 2006, Westaway 2006, Glodny ve Hetzel 2007, Prelevic vd. 2012). Önceki çalışmacılar, Orta Miyosende Afyon bölgesinde etkili olan volkanizmayı birden çok aşamalı potasik ve ultrapotasik alkali volkaniklerin ardalanması olarak tanımlamışlardır (Akal 2003, 2008, Akal vd. 2013). Aydar vd. (2003).

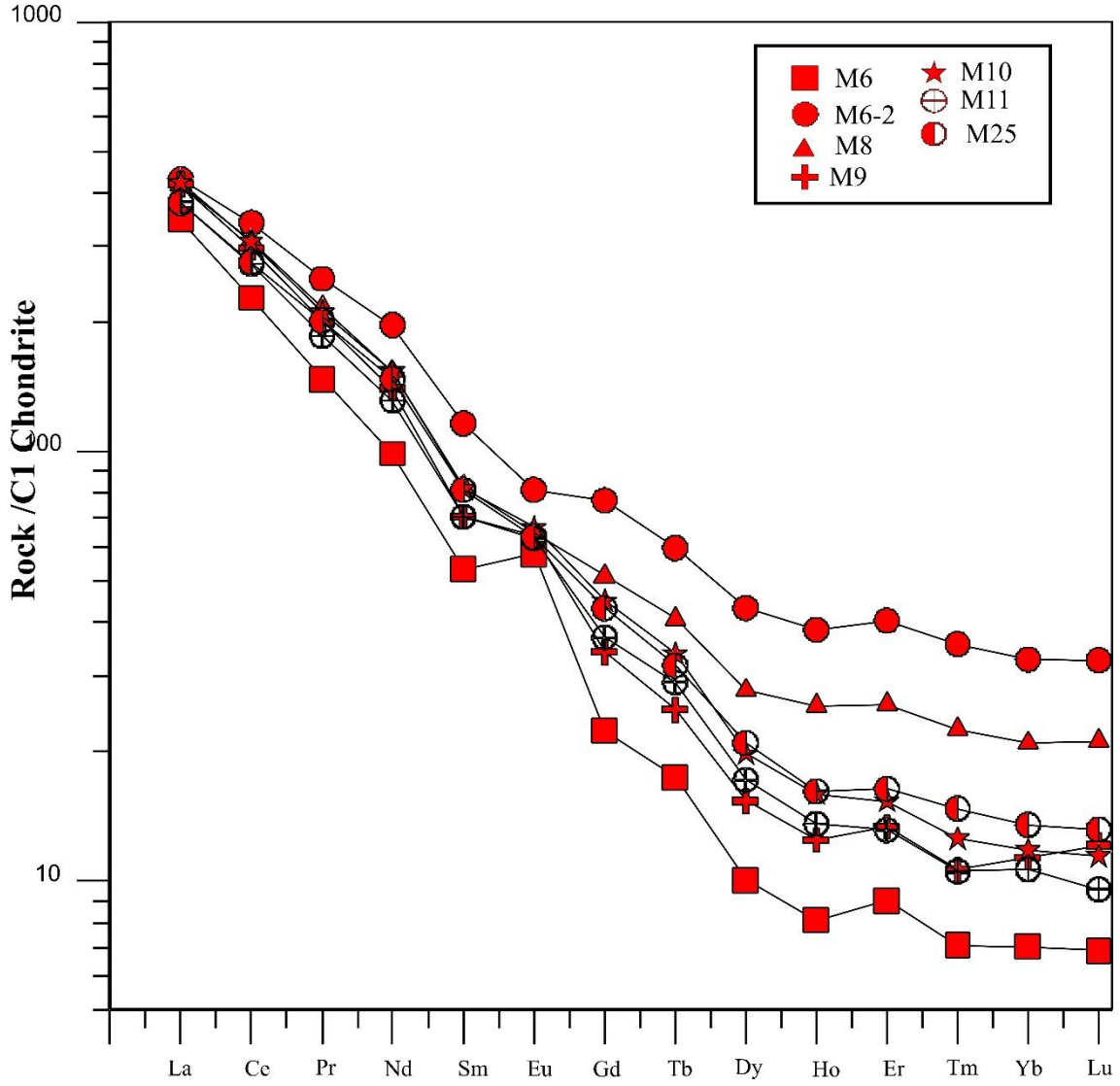
Le Bas vd. (1986) tarafından geliştirilen $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ diyagramına göre volkanikler trakitik-trakiandezit bileşimde olduğu belirlenmiştir. Miyashiro (1978)'nin aynı diyagram üzerinde belirlediği alkali-subalkali ayırım çizgisine göre örneklerin hepsi alkali özellik göstermektedir. Melezhik vd. (2008) tarafından geliştirilen diyagrama göre dolomitik bileşimde olduğu belirlenmiştir.

Proje alanındaki volkanik kayaçların iz element verileri N- tipi MORB'a ait verilerle grafikler yardımıyla karşılaştırılmıştır. Buna göre, büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (LILE) olan Rb, Sr ve Ba ile Hf, Eu, Ti, Yb ve Lu N-MORB'a göre büyük oranda fakirleşirken, U, P, Sm, Zr, Gd ve Dy ise zenginleşmiştir. N-MORB'a göre meydana gelen zenginleşme dalma batma zonu zenginleşmesi veya kabuksal kirlenmeyi işaret etmektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Proje alanındaki volkanik kayaların iz element dağılım diyagramı (Normalize Sun and McDonough (1989)'a göre yapılmıştır).

Örneklerin kondrite göre normalize nadir toprak element değerleri incelendiğinde, hafif nadir toprak elementleri (HNTE) zenginleşirken, ortaç (ONTE) ve ağır nadir toprak elementlerinin (ANTE) kayba uğradığı gözlenmiştir (Şekil 5.2). Nadir toprak elementlerdeki bu hareketlilik taze örneklere göre ayrılmış volkaniklerde dereceli olarak değişim göstermektedir.

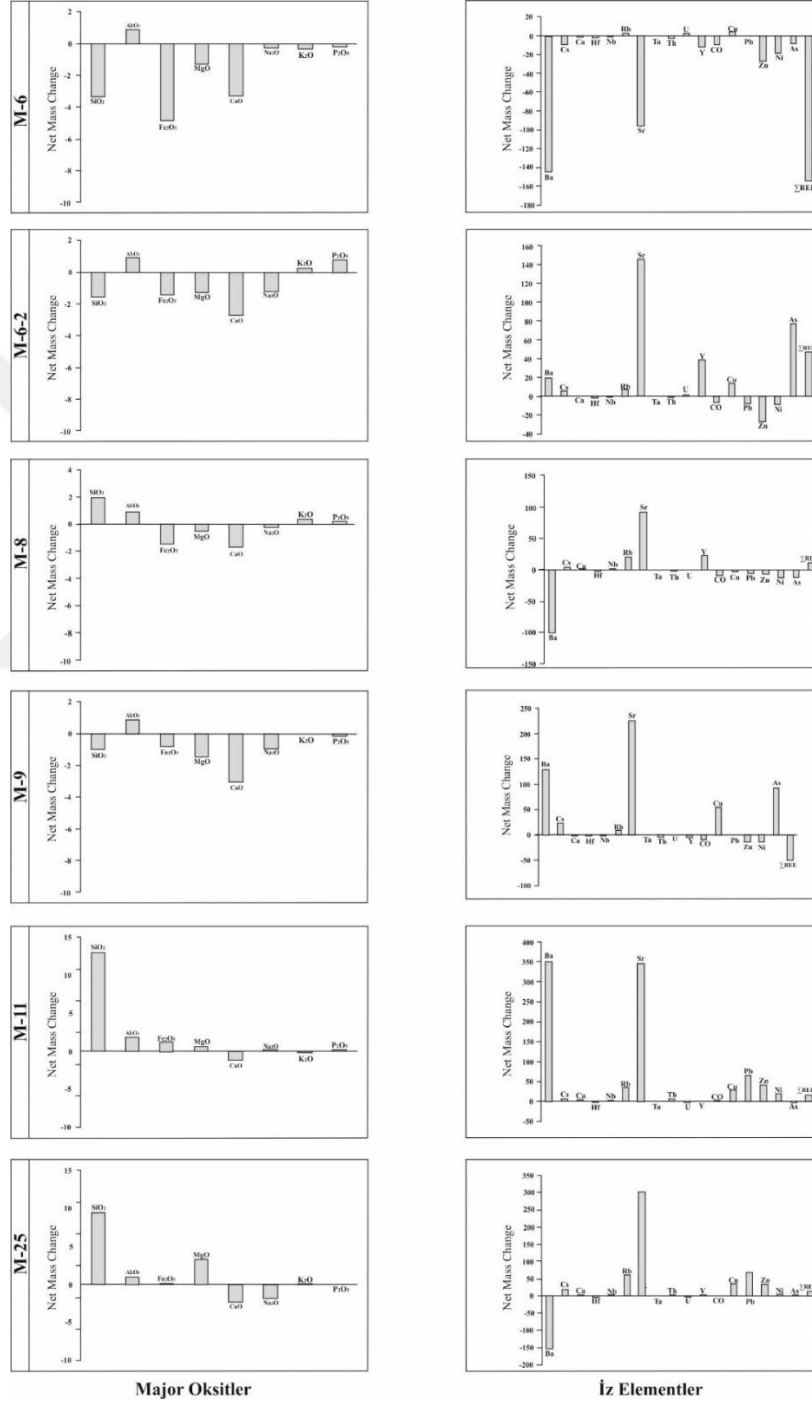


Şekil 5.2 Proje alanındaki volkanik kayaların kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element grafiği (Normalize Sun and McDonough (1989)'a göre yapılmıştır).

Alterasyon süresince element hareketliliğinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda ana kayaca göre alterasyon süresince örneklerin Al_2O_3 ve K_2O konsantrasyonunda artış, diğer taraftan Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O 'da kayıplar gözlenmiştir. SiO_2 M-6, M-6-2 ve M-9 numaralı örneklerde azalmış, buna karşın M-8, M-11 ve M-25 numaralı örneklerde ise zenginleşmiştir (Şekil 5.3).

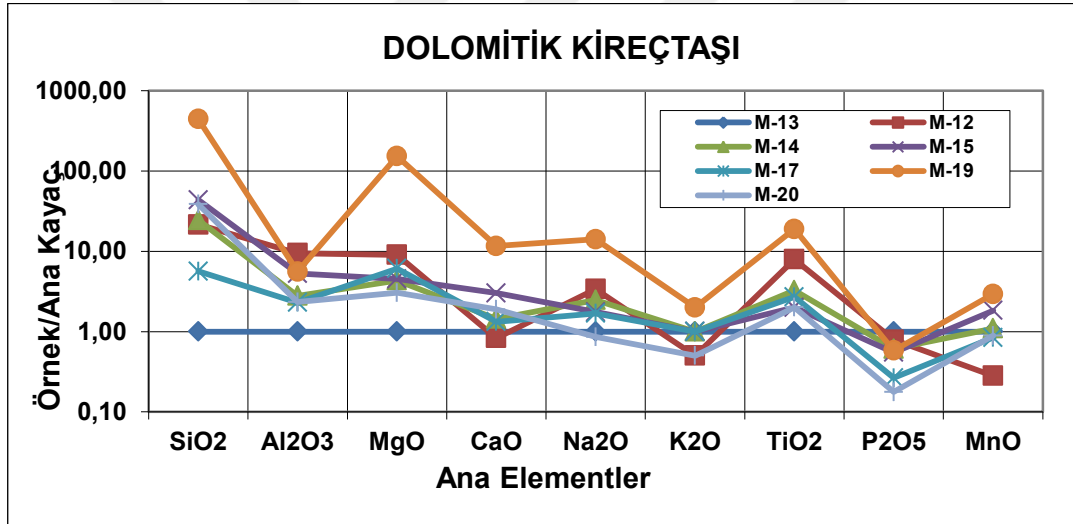
Ayrışmış örneklerdeki en önemli kil minerali olan simektitlerde element zenginleşmesi; erimeyen kalıntı malzemede birikmiş olan elementlerin zenginleşmesi (yapısal birleşme, yerinde zenginleşme), iyon değişimi, adsorbsiyon veya fiziksel yoğunlaşma nedeniyle

gerçekleşir (Christidis 1998, Yıldız ve Kuşcu 2004). Ana kayaca oranla üç mislin üzerinde gerçekleşen element zenginleşmeleri adsorpsiyon veya soğurma, iyon değişimi veya ikincil fazlarla birlikte çökeltme olaylarıyla meydana gelmektedir (Zielinski 1982). Simektitlerdeki element azalması ise açık sistem özümleme veya çözünabilir iyon ve bileşiklerin ortamdan taşınması nedeniyle gerçekleşmektedir.



Şekil 5.3 Proje alanındaki volkanik kayaların alterasyon süresince ana (gr) ve iz (ppm) elementlerinin kütle değişimleri.

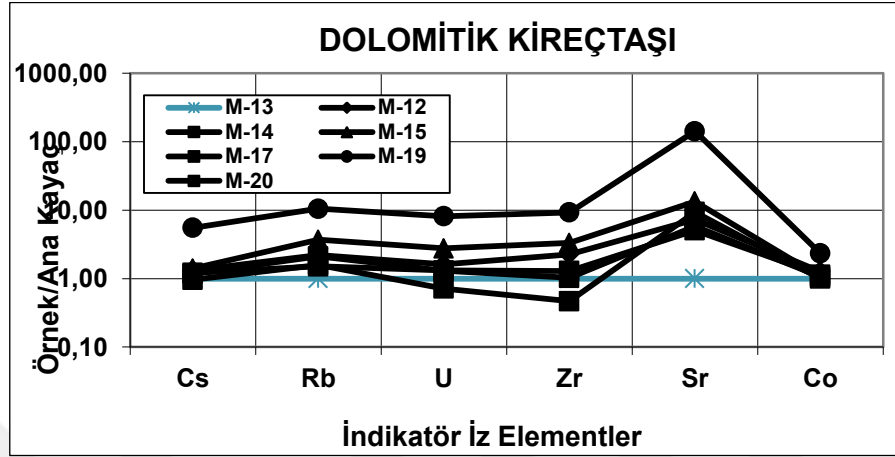
İnceleme alanındaki dolomitlerin ana element kimyasal analiz sonuçları, ana kayaca göre normalize edilmiş ana element içerikleri (Şekil 5.4) incelendiğinde; dolomitler içerisinde ilerleyen alterasyona bağlı olarak M-12 örneğinde, SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , NaO_2 ve TiO_2 kazançları; CaO , K_2O , P_2O_5 ve MnO kayıpları meydana gelmiştir. M-14 ve M-17 örneğinde, SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , K_2O , NaO_2 ve TiO_2 kazançları; P_2O_5 ve MnO kayıpları meydana gelmiştir. M-15 ve M-19 örneğinde SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , K_2O , NaO_2 , MnO ve TiO_2 kazançları, P_2O_5 kayıpları, M-20 örneğinde, SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , ve TiO_2 kazançları, K_2O , NaO_2 , P_2O_5 ve MnO kayıpları meydana gelmiştir. SiO_2 en fazla zenginleşme göstermiş, bunu sırasıyla MgO , TiO_2 , Na_2O , CaO , Al_2O_3 , MnO , K_2O , P_2O_5 olarak sürdürmüştür. Maksimum SiO_2 zenginleşmesi ve maksimum P_2O_5 kaybı Dadak ve Koçyatağı dolomitlerinde gerçekleşmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Çaltepe dolomitlerinin alterasyon süresince ana (gr) elementlerin hareketliliği.

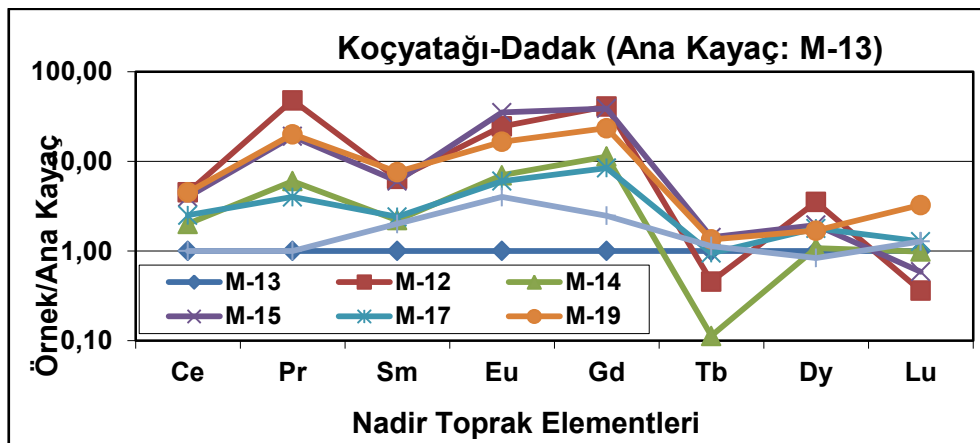
Koçyatağı-Dadak lokasyonu dolomitlerin ana element kimyasal analiz sonuçları, ana kayaca göre normalize edilmiş eser element değişimleri Şekil 5.5’de verilmiştir. Dolomitlerin alterasyon uğramasıyla U ve Zr alterasyonun ilk evrelerinde kayba uğrar. Cs, Rb, Sr ve Co farklı yollarla dolomitte zenginleşir. Eser elementlerin dolomitlerdeki değişimlerine bakıldığında, M-12, M-14, M-15, M-17 ve M-19 örneklerinde Cs, Rb, U, Zr, Sr, Co zenginleşme olup kayıp görülmemiştir. M-20 örneğinde, Cs, U ve Zr alterasyon ile birlikte kayba uğrarken, Rb, Sr ve Co zenginleşmiştir. U ve Zr maksimum kayba uğramış, Rb, Sr ve Co en fazla zenginleşmiştir. Cs ise hareketsiz davrandığı

söylenbilir. Alterasyona uğrayan malzemelerdeki ikincil silis ve sulu Fe+Mn oksitlerin adsorbsiyonu yoluyla U zenginleşmesi gerçekleşmektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Çaltepe dolomitlerinin alterasyon süresince iz (ppm) elementlerin hareketliliği.

Dolomitlerin alterasyona uğraması sonucunda Ağır Nadir Toprak Elementleri (HREE), Hafif Nadir Toprak Elementleri (LREE)'ne göre daha zor mobilize olur. Ana kayaca göre normalize edilmiş Nadir Toprak Elementlerinin dolomitlerdeki dağılımına bakıldığında, tüm dolomitlerde Hafif Nadir Toprak Elementleri (LREE)'nde bir zenginleşme vardır. M-12, M-14, M-15 ve M-20 örneklerinde HREE (özellikle Tb ve Lu) kayba uğrarken diğer dolomitlerde HREE de zenginleşme gerçekleşmiştir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Çaltepe dolomitlerinin alterasyon süresince nadir toprak elementlerinin (ppm) hareketliliği.

Proje kapsamında elde edilen jeolojik, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal analiz sonuçlarına göre proje alanında metalik elementlerin konsantrasyonlarındaki artışların hidrotermal bir süreci işaret etmektedir. Gerek volkanik kayalarda ve gerekse dolomitik kayalardaki alterasyon zonlarında elementlerin sahadaki yayılımları ve bolluk dereceleri bölgedeki alterasyonun hidrotermal süreçlerin etkisiyle oluştuğunu desteklemektedir.



6. KAYNAKLAR

- Akal N, Handan Ö, Ölmez A. , Bodur C. H, 2001, Journal of Clinical Peiatric Dentistry, 25,293-296.
- Akal C, 2003, Mineralogy and geochemistry of melilite leucites, Balıkcıhisar, Afyon; Turkey. Turkish Journal of Earth Science, 12, 215-239.
- Akal C, 2008, K-richterite-olivine-phlogopite-diopside-sanidine lamproites from the Afyon volcanic province, Turkey. Geological Magazine, 145, 570-585.
- Akal C. Helvacı C, Prelevic, D, Van den Bogaard P, 2013, High-K volcanism in the Afyon region, western Turkey: from Si-oversaturated to Si-undersaturated volcanism. International Journal Science, 102, 435-453.
- Akaryalı E, Tüysüz N, 2013, Arzular (Gümüşhane, KD-TÜRKİYE) Epitermal Altın Cevherleşme Sahasındaki Hidrotermal Alterasyonlar ve Kütle Değişim Hesaplamaları, 49-76.
- Alıcı P, Temel A, Gourgaud A, Kieffer G, Gündoğdu M.N, 1998, Gölcük bölgesindeki (Isparta, GB Türkiye) potasyum kayaçlarının petrolojisi ve jeokimyası: zenginleştirilmiş alkalin magmaların oluşumu, 423-446S.
- Aydar E, Bayhan H, Gourgaud A, 2003, The lamprophyres of Afyon stratovolcano, western Anatolia, Turkey: description and genesis. Comptes Rendus Geoscience, 335, 279-288.
- Besang C, Eckhart F.J, Harre W, Kreuzer H, Muller P, 1977, Radiometrische Altersbestimmungen an neogenen Eruptivgesteinen der Türkei. Geologisches Jahrbuch, 25, 3-36.
- Blumenthal M, 1947, Geology of Taurus Mountains at the hinterland of Seydişehir-Beyşehir: MTA Publ., ser. D, 2, Ankara.
- Çemen I, Catlos E.J, Göğüş O, Özerdem C, 2006, Post-collisional extensional tectonics and exhumation of the Menderes Massif in the Western Anatolia Extended Terrane, Turkey. In: Dilek, Y (ed) Postcollisional tectonics and magmatism in the Eastern Mediterranean Region: GSA's Special Publication, 409, 353-379.
- Çevikbaş A, Ercan T, Metin S, 1988, Geology and regional distribution of Neogene volcanics between Afyon-Şuhut, METU Journal of Pure and Applied Sciences(Ankara), 21, 1-3, 479-499.

- Christidis GE, 1998, Yunanistan, Kimolos Adalarındaki Bazı Bentonit Yataklarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. Uygulamalı Kil Bilimi, 13, 79-98.
- Çoban H, Flower, M, 2007, “Bucak, Isparta'dan (Güneybatı Türkiye) Geç Pliyosen lamproitleri: Afrika-Anadolu levha yakınsaması sırasında manto 'kama' evrimi için çıkarımlar”. Asya Yer Bilimleri Dergisi 29:160-176.
- Demirkol, İrfan 1977, “Sosyalist Fotoğraf”. Vatan Gazetesi. 11 Ekim 1977.
- Erişen B, 1972, “Afyon-Heybeli (Kızılkilise) Jeotermal Araştırma Sahasının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji olanakları”, MTA Raporu, No:5490, 73s.
- Glondy J, Hetzel R, 2007, Precise U-Pb ages of syn-extensional Miocene intrusions in the central Menderes Massif, western Turkey. Geological Magazine, 144, 235-246.
- Gündoğan İ, Helvacı C, Güngör T, Özerler M, Öztürk Y, Karamenderesi İ.H, 2009, Sandıklı (Afyon) Çevresindeki Neojen Volkanizmasıyla İlişkili Hidrotermal Alterasyon ve Cevherleşmelerin Mineralojisi ve Jenetik İlişkisi.
- Harut B, 1995, Mineralogical, petrographical and geochemical study of Erkmen Volcanics (NW of Afyon, Turkey), (MS thesis), Hacettepe University, Pp:78.
- Haude H, 1972, Stratigraphie und tektonik des sudliche Sultan dağ (SW-Anatolien), Deutschen Geologische Gesellschaft, 123, 411-421.
- Işık V, Tekeli O, Seyitoğlu G, 2004, The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of extensional ductile deformation and granitoid intrusion in the northern Menderes core complex: implications for the initiation of extensional tectonics in western Turkey. Journal of Asian Earth Science, 23, 555-566.
- Keller J, Villari L, 1972, Rhyolitic ignimbrites in the region of Afyon-Central Anatolia, Bulletin of Volcanology, 36, 342–358.
- Keller J, 1983, Potassic lavas in the orogenic volcanism of the Mediterranean area, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 18, 321-335.
- Kibici Y, Dinç D, Uçar A, 2012, Afyonkarahisar yöresi volkanik kayaçlarının mineralojik ve petrografik özellikleri. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 29, 53-70.
- Le Bas M.J, Le Maitre R.W, Streckeisen A, Zanettin B, 1986, A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. Journal of Petrology 27, 745–750.

- Melezhik V.A, Bingen B, Fallick A.E, Gorokhov I.M, Kuznetsov A.B, et al, 2008, Isotope chemostratigraphy of marbles in northeastern Mozambique: apparent depositional ages and tectonostratigraphic implications. *Precambrian Research*, 162, 540-558.
- Metin S, Genç Ş, Bulut V, 1987, Afyon ve Dolayının Jeolojisi, M.T.A. Gen. Müd., Ankara, 74s.
- Monod O, 1977, Recherches Geologiques dans le Taurus occidental au Sud de Beyşehir (Turquie): These d'Etat Univ. Paris Sud (Orsay), 442 s., yayımlanmamış.
- Öcal H, Turhan N, Göktaş F, 2011, “1:100 000 ölçekli jeoloji haritaları Afyon-K25 paftası”, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Rapor No:159, Ankara.
- Öcal H, Göktaş F, 2011, “1:100 000 ölçekli jeoloji haritaları Afyon-K24 paftası”, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Rapor No: 158, Ankara.
- Özgül N, Bölükbaşı S, Alkan H, Öztaş Y, 1991, Sultan Dağları – Sandıklı – Homa Akdağı yöresinin jeolojisi. TPAO raporu, no: 3028, 321 s.
- Prelevic D, Akal C, Foley S.F, Romer R.L, Stracke A, Van Den Bogaard P, 2012, Ultrapotassic mafic rocks as geochemical proxies for postcollisional mantle dynamics of lithosphere: the case of SW Anatolia-Turkey. *Journal of Petrology*, 53, 1019-1055.
- Ring U, Collins A.S, 2005, U-Pb SIMS dating of synkinematic granites: timing of core-complex formation in the northern Anatolide belt of western Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 162, 289-298.
- Sun S.S, McDonough W.F, 1989, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, (Magmatism in Ocean Basins, Editörler: Saunders, A.D, Norry M.J.). Geological Society of London Special Publication, 42, 313-345.
- Şengör A.M.C, Satır M, Akkök R, 1984, Timing of tectonics events in the Menderes Massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, 3, 693-707.
- Yalçın H, Gmşer G, 2000, Mineralogic and geochemical characteristics of of Late Cretaceous bentonite deposits at the north of Kelkit valley, Northern Turkey. *Clay Minerals*, 35, 807-825.

Yıldız A, Kusu M, 2004, CLAY MINERALS, 39, 219-231.

Yılmaz Y, Genç C, Gurer F, Bozcu M, Yılmaz K, Karacık Z, Altunkaynak S, Elmas A, 2000, When did the wes Doğan-Külahcı vd. 161 tern Anatolian grabens begin to develop? In: Bozkurt, E., Winchester, J. A. and Piper, J. D.A. (eds). Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society, London, Special Publications, 173, 353-384.

Zielinski R.A, 1982, The mobility of uranium and other elements during alteration of rhyolite ash to montmorillonite: A case study in the Troublesome Formation, Colorado, U.S.A., 185-204s.

İnternet Kaynakları

1- <http://fenbil.aku.edu.tr/>, 11.11.2019

2- [http://fenbildergi.aku.edu.tr/1602/021201\(212-221\).pdf](http://fenbildergi.aku.edu.tr/1602/021201(212-221).pdf), 11.11.2019