



T.C  
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NİĞDE ve YAKIN YÖRESİNİN JEOTERMAL KAYNAK POTANSİYELİ

MEHMET FURKAN ŞENER

Haziran, 2011

T.C  
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NİĞDE ve YAKIN YÖRESİNİN JEOTERMAL KAYNAK POTANSİYELİ

MEHMET FURKAN ŞENER

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Mehmet ŞENER

Haziran, 2011

**Mehmet Furkan ŞENER** tarafından **Prof. Dr. Mehmet ŞENER** danışmanlığında hazırlanan “**Niğde ve Yakın Yöresinin Jeotermal Kaynak Potansiyeli**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mehmet ŞENER/ Niğde Üniversitesi

(Unvan, Adı Soyadı) (Kurumu)



Üye : Prof. Dr. Taner ÜNLÜ/ Ankara Üniversitesi

(Unvan, Adı Soyadı) (Kurumu)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Şeref KESKİN/ Niğde Üniversitesi

(Unvan, Adı Soyadı) (Kurumu)



**ONAY:**

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından ....../...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun ....../...../20.... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

**Doç. Dr. Nurettin ACIR**

**MÜDÜR**

## ÖZET

### NİĞDE VE YAKIN YÖRESİNİN JEOTERMAL KAYNAK POTANSİYELİ

ŞENER, Mehmet Furkan

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

Prof. Dr. Mehmet ŞENER

Haziran 2011, 77 sayfa

Çalışma sahası Niğde il sınırları içerisinde Türkiye 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalarından L32,33,34 ve M32,33,34 paftaları içerisinde yer almakta olup Alt Senoniyen yaşlı Niğde grubu kayaçları, posttektonik Üç kapılı Granadiyoriti tarafından kesilmiştir.

Bölgede geniş bir alan kaplayan Neojen çökelimi Pliyosen yaşlı Melendizdağ Volkanikleri tarafından etkilenmiştir.

Niğde il merkezinde bulunan alterasyon zonundan alınan örneklerde yapılan XRD analiz sonuçlarına göre; Korund, Mika, Feldispat, Jarusit, Alurit, Kil mineralleri ve Opal birlikteliklerine saptanmıştır. Kimyasal analiz sonuçlarına göre  $\text{SiO}_2$  (46.34-69.34),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1.01-31.48),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (9.20-27.81),  $\text{K}_2\text{O}$  (0.66-3.95) yüzde değerleri sunmaktadır. Bu sonuçlardan hareketle Niğde il merkezinde potasik ve ileri arjilik bir alterasyon saptanmış olup 120°C-150°C'lik bir jeotermal ve/veya hidrotermal akışkan etkilerinden söz edilebilir.

**Anahtar sözcükler:** jeotermal, çevre jeolojisi, jeotermal alterasyon, Niğde jeotermal, Niğde

## SUMMARY

### GEOTHERMAL RESOURCE POTENTIAL OF NİĞDE AND SURROUND

ŞENER, Mehmet Furkan

Niğde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor

Professor Dr. Mehmet ŞENER

Haziran 2011, 77 pages

The study area is located within 1/25.000 topographic maps of L32,33,34 and M32,33,34 the borders of Niğde in Turkey. The Early Senonian rocks of Niğde group are bounded by the posttektonik Üçkapılı Granodiorit.

Neogene deposition covering a vast area in the region has been affected by the Volcanics of Melendiz Mountain from the age Pliocene.

According to the results of XRD analysis carried on the samples obtained from the alteration zone in Niğde Centrum, on associated with Corundum, Mica, Feldspar, Jarosit, Alurit, clay minerals and opal are specified. The results of chemical analysis give  $\text{SiO}_2$  (46.34-69.34),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1.01-31.48),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (9.20-27.81),  $\text{K}_2\text{O}$  (0.66-3.95). Based on these results, a potassic and further argillic alteration has been observed in Niğde Centrum and effects of geothermal or hydrothermal liquid at 120-150 °C may be subject matter.

**Keywords:** geothermal, environmental geology, geothermal alteration, Nigde geothermal, Nigde

## TEŞEKKÜR

Çalışmanın başlangıcından bitimine kadar, gerek konunun seçimi gerekse de tezin oluşturulmasında katkıları nedeniyle Danışman Hocam Prof. Dr. Mehmet ŞENER'e,

Yoğun çalışmaları arasında vaktini ayırıp yapılan deneysel verilerin yorumlanmasında yardımını esirgemeyen Doç. Dr. Faruk AYDIN'a ve Yrd. Doç. Dr. Murat ÇİFTLİKLİ'ye,

Bugüne kadar bana inanan, maddi manevi yönden desteklerini eksik etmeyen aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

|                                                |      |
|------------------------------------------------|------|
| ÖZET .....                                     | iii  |
| SUMMARY .....                                  | iv   |
| TEŞEKKÜR.....                                  | v    |
| İÇİNDEKİLER .....                              | vi   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                        | x    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                          | xi   |
| FOTOĞRAFLAR DİZİNİ .....                       | xiii |
| GRAFİKLER DİZİNİ .....                         | xiv  |
| BÖLÜM I GİRİŞ .....                            | 1    |
| 1.1 Amaç .....                                 | 1    |
| 1.2 Çalışma Alanının Yeri ve Ulaşımı .....     | 1    |
| 1.3 Önceki Çalışmalar .....                    | 2    |
| BÖLÜM II BÖLGESEL JEOLojİ VE STRATİGRAFİ ..... | 7    |
| 2.1 Bölgesel Jeoloji .....                     | 7    |
| 2.2 Stratigrafi .....                          | 10   |
| 2.2.1 Niğde Grubu .....                        | 10   |
| 2.2.1.1 Gümüşler Metamorfizi .....             | 10   |
| 2.2.1.2 Kaleboynu Metamorfizi .....            | 11   |
| 2.2.1.3 Aşığediği Formasyonu .....             | 11   |
| 2.2.1.4 Üçkapılı Granodiyoriti .....           | 11   |
| 2.2.1.5 Çamardı Formasyonu .....               | 13   |
| 2.2.1.6 İncesu İgnimbiriti .....               | 13   |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.1.7 Çanaktepe Formasyonu .....                            | 13 |
| 2.2.1.8 Gökbez Formasyonu .....                               | 14 |
| 2.2.2 Melendizdağ Volkanitleri .....                          | 14 |
| 2.2.2.1 Melendizdağ Aglomerası .....                          | 14 |
| 2.2.2.2 Melendizdağ Tüfü .....                                | 15 |
| 2.2.2.3 Melendizdağ Andeziti .....                            | 15 |
| 2.2.2.4 Bor Bazaltı.....                                      | 15 |
| 2.2.2.4.1. BB Fasiyesi.....                                   | 16 |
| 2.2.2.4.2. B Fasiyesi .....                                   | 17 |
| 2.3 Yapısal Jeoloji.....                                      | 18 |
| 2.3.1 Paleotektonik Dönem Yapıları .....                      | 18 |
| 2.3.1.1 Metamorfizma Sırasında Gelişen Yapısal Unsurlar.....  | 18 |
| 2.3.1.2 Metamorfizma Sonrası Yapısal Unsurlar .....           | 18 |
| 2.3.2 Neotektonik Yapılar.....                                | 19 |
| BÖLÜM III JEOTERMAL JEOLJİ.....                               | 21 |
| 3.1 Jeotermal Jeoloji .....                                   | 21 |
| 3.1.1 Jeotermal Sistem.....                                   | 21 |
| 3.1.1.1 Isı Kaynağı .....                                     | 21 |
| 3.1.1.2 Jeotermal Rezervuar .....                             | 21 |
| 3.1.1.3 Isıyı Taşıyan Akışkan ve/veya Jeotermal Akışkan ..... | 22 |
| 3.1.1.4 Örtü Kayaç .....                                      | 22 |
| 3.1.2 Sondaj Çalışmaları.....                                 | 22 |
| 3.1.2.1 JTE- 51/007 (NJ-1) Numaralı Sıcak su Sondajı.....     | 22 |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.2.1.1 Çamur Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları .....                  | 23 |
| 3.1.3 Su Kimyası.....                                              | 24 |
| 3.1.3.1 Majör iyonlar.....                                         | 24 |
| 3.1.3.2 Suların Kimyasal Bileşimlerine Göre Sınıflandırılması..... | 26 |
| 3.1.3.3 Piper diyagramı .....                                      | 26 |
| 3.1.3.4 Schoeller diyagramı.....                                   | 27 |
| BÖLÜM IV MATERYAL VE METOD .....                                   | 28 |
| 4.1 Arazi Çalışmaları .....                                        | 28 |
| 4.2 Laboratuar Çalışmaları .....                                   | 28 |
| 4.3 Büro Çalışmaları.....                                          | 29 |
| BÖLÜM V BULGULAR VE TARTIŞMA.....                                  | 30 |
| 5.1 Mineralojik Bulgular.....                                      | 30 |
| 5.2 Jeokimya .....                                                 | 50 |
| 5.3 X-Ray Bulguları.....                                           | 55 |
| BÖLÜM VI HİDROTHERMAL ALTERASYON .....                             | 66 |
| 6. 1 Tanım .....                                                   | 66 |
| 6. 2 Hidrotermal Alterasyon Oluşumu.....                           | 66 |
| 6. 3 Alterasyon Derecesi .....                                     | 67 |
| 6. 4 Alterasyon Tipleri .....                                      | 67 |
| 6. 5 Hidrotermal Alterasyon Mineralleri Ve Sıcaklık.....           | 68 |
| 6. 6 Örnekleme.....                                                | 68 |
| 6. 7 Hidrotermal Alterasyon Özellikleri .....                      | 68 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| BÖLÜM VII SONUÇLAR..... | 69 |
| KAYNAKLAR .....         | 70 |
| EKLER.....              | 76 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1 JTE-51/007 no' lu kuyuda ilerleme esnasında ölçülmüş çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları. ....                                          | 23 |
| Çizelge 3.2 Niğde (Merkez) JTE-51/007 no'lu jeotermal kuyusundan alınan su örneğinin majör iyon değerleri (mg/l) .....                            | 24 |
| Çizelge 3.3 Niğde (Merkez) JTE-51/007 numaralı jeotermal kuyusundan alınan su örneğinin minör element ve ağır metal içerikleri (mg/l, µg/l) ..... | 25 |
| Çizelge 3. 4 Niğde İli içendeki sıcak su kaynakları ve kimyası .....                                                                              | 25 |
| Çizelge 5.1 Volkanik Kayaçların boyutlarına göre sınıflandırılması .....                                                                          | 49 |
| Çizelge 5.2 Tüflerin bileşimlerine göre sınıflandırılması .....                                                                                   | 49 |
| Çizelge 5.3 Numunelerin iz element bileşimleri (ppm).....                                                                                         | 50 |
| Çizelge 5.4 İz elementlerin korelasyon tablosu .....                                                                                              | 50 |
| Çizelge 5.5 Kil minerallerinin oluşum tablosu .....                                                                                               | 50 |
| Çizelge 5.6 Numunelerin ana oksit bileşimleri (%).....                                                                                            | 52 |
| Çizelge 5.7 Ana oksitlerin korelasyon tablosu .....                                                                                               | 52 |
| Çizelge 5.8 Volkanik kayaçların jeokimyasal sınıflandırmasında kullanılan TAS Diyagramı.....                                                      | 53 |
| Çizelge 5.9 SiO <sub>2</sub> oranı % 48'den yüksek olan volkanik kayaçların kökenini gösteren diyagram .....                                      | 54 |
| Çizelge 5.10 Numunelerde X-Ray analizleri sonucunda belirlenen mineral birliktelikleri                                                            | 63 |
| Çizelge 5.11 Çalışma alanındaki numune bulgularının genel tablosu.....                                                                            | 65 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1 Çalışma alanı yerbulduru haritası .....                                                               | 1  |
| Şekil 2.1 Bölgenin jeolojik haritası.....                                                                       | 8  |
| Şekil 2.2 Çalışma alanının topoğrafik enine kesitleri. ....                                                     | 9  |
| Şekil 2.3 İnceleme alanının (Bor/Niğde) genelleştirilmiş stratigrafik kesiti. ....                              | 12 |
| Şekil 2.7 Çalışma alanının yapısal jeoloji haritası .....                                                       | 19 |
| Şekil 2.8 Landsat Uydu görüntüsünden elde edilen Niğde bölgesinin yapı haritası .....                           | 20 |
| Şekil 3.1 JTE-51/007 no'lu kuyudan alınan su örneğinin Piper diyagramı gösterimi....                            | 26 |
| Şekil 3.2 JTE-51/007 no'lu kuyudan alınan su örneğinin yarı logaritmik Schoeller<br>diyagramında gösterimi..... | 27 |
| Şekil 4.1 Çalışma alanında numune alınan yerler.....                                                            | 28 |
| Şekil 5.1 1 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                                                      | 55 |
| Şekil 5.2 2 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                                                      | 55 |
| Şekil 5.3 3 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                                                      | 56 |
| Şekil 5.4 4 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                                                      | 56 |
| Şekil 5.5 5 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                                                      | 57 |
| Şekil 5.6 6 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                                                      | 57 |
| Şekil 5.7 7 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                                                      | 58 |
| Şekil 5.8 8 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                                                      | 58 |
| Şekil 5.9 9 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                                                      | 59 |
| Şekil 5.10 10 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                                                    | 59 |
| Şekil 5.11 11 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                                                    | 60 |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 5.12 12 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                  | 60 |
| Şekil 5.13 13 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                  | 61 |
| Şekil 5.14 14 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                  | 61 |
| Şekil 5.15 15 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                  | 62 |
| Şekil 5.16 16 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                  | 62 |
| Şekil 5.17 17 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları.....                  | 63 |
| Şekil 6.1 Bozunma ve Hidrotermal alterasyon oluşumunun şematik gösterimi..... | 66 |

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fotoğraf 2.1 Bor yakınındaki Melendiz volkanitlerine ait boşluklu bazaltların yakından görünümü .....             | 16 |
| Fotoğraf 2.2 BB fasiyesine ait bazaltlardaki düzensiz boşluklar ve çatlaklı fenokristallerin mikrofotografı ..... | 17 |
| Fotoğraf 2.3 B fasiyesindeki bazaltlarda gözlenen fenokristallerin mikrofotografı .....                           | 17 |
| Fotoğraf 5.1 Niğde yöresinde gözlenen yoğun hidrotermal alterasyon zonlanması .....                               | 30 |
| Fotoğraf 5.2 1 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                            | 32 |
| Fotoğraf 5.3 2 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                            | 33 |
| Fotoğraf 5.4 3 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                            | 34 |
| Fotoğraf 5.5 4 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                            | 35 |
| Fotoğraf 5.6 5 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                            | 36 |
| Fotoğraf 5.7 6 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                            | 38 |
| Fotoğraf 5.8 7 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                            | 39 |
| Fotoğraf 5.9 8 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                            | 40 |
| Fotoğraf 5.10 9 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                           | 41 |
| Fotoğraf 5.11 10 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                          | 42 |
| Fotoğraf 5. 12 11 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                         | 44 |
| Fotoğraf 5.13 12 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                          | 45 |
| Fotoğraf 5.14 13 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                          | 46 |
| Fotoğraf 5.15 14 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                          | 47 |
| Fotoğraf 5.16 15 numaralı numuneye ait fotoğraflar .....                                                          | 48 |

## **GRAFİKLER DİZİNİ**

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafik 3.1 JTE-51/007 no'lu kuyudan alınan su örneğinin dairesel diyagramla gösterimi. | 24 |
| Grafik 5.1 İz elementlerin dağılım grafiği .....                                       | 52 |
| Grafik 5.2 Örneklerin anaoksit bileşimlerinin ortalama dağılımları (%).....            | 53 |

## BÖLÜM I

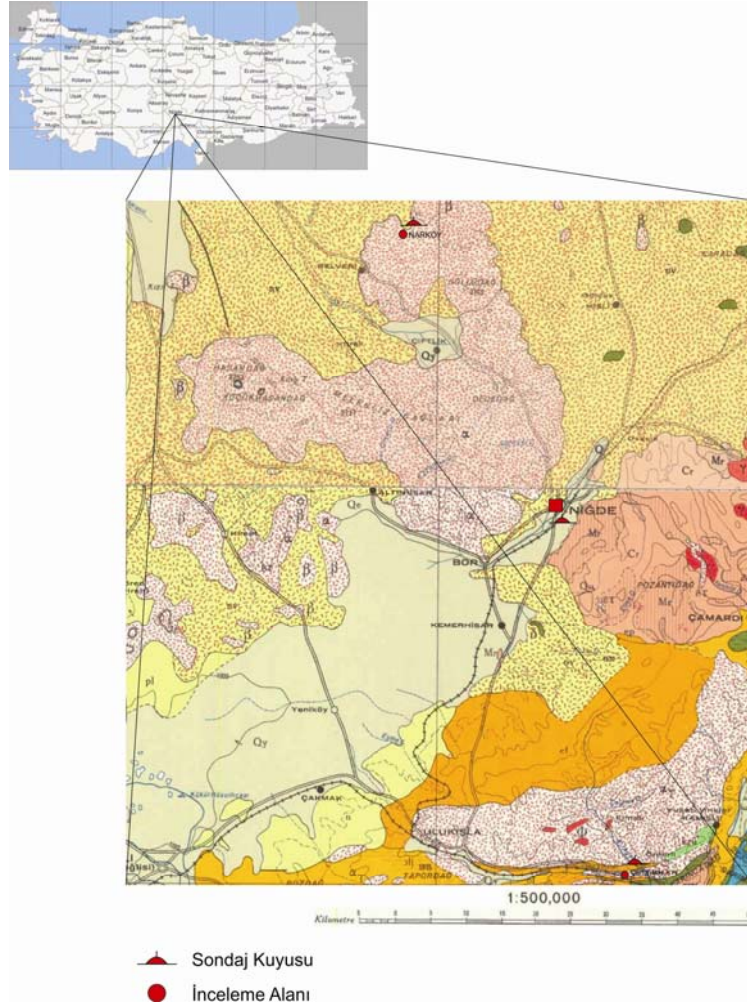
### GİRİŞ

#### 1.1 Amaç

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, Niğde ili ve yakın yöresinin hidrotermal alterasyon özelliklerinin belirlenerek jeotermal kaynak potansiyeli hakkında öngörülerde bulunmak amaçlanmıştır.

#### 1.2 Çalışma Alanının Yeri ve Ulaşımı

Çalışma alanı, Orta Anadolu'nun güneyinde, Niğde il sınırları içerisinde Türkiye 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalarından L32,33,34 ve M32,33,34 paftaları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Çalışma alanı yerbulduru haritası

### 1.3 Önceki Çalışmalar

[1] Bolkardağlarının ilk jeolojik incelemesini yapmıştır. Bolkardağları stratigrafisinde metamorfik serilerde yer alan şistleri ve mermerleri ayırtlayarak metamorfik olmayan Tersiyer birimleri hakkında bilgiler vermiştir.

[2] Bolkardağlarının genel olarak bir antiklinal yapısında olduğunu vurgulamış ve Bolkardağlarını ayrı bir tektonik birlik olarak ayırtlamıştır.

[3] Niğde Masifini ilk kez jeolojik bir birim olarak tanımlamıştır. Tektonik çöküntülerden meydana gelen iç havzaların, lagüner malzeme ile doldurulduğunu belirtmiştir. Üst bölgelerde ise, volkanik faaliyetin geniş bir yayılım gösterdiğini saptamıştır.

[4] Beyaz mermer, mika ve granatlı şist, kuvarsitlerden oluşan ve tam yaşı bilinmeyen serileri Niğde serisi olarak ayırtlamıştır. Bölgede bulunan Devoniyen ve sonrasına ait çökellerin Niğde serisindekilerle bir benzerlik göstermediğini ileri süren araştırmacıya göre bu seri Devoniyen'den daha yaşlıdır.

[5] Niğde masifini ilk kez jeolojik bir birim olarak ayırtladığı önceki çalışmalarında belirtmiş olduğu metamorfizma kavramına açıklık getirerek, Paleozoyik yaşlı Niğde Masifini oluşturan metamorfik kayaçlarını tüm kütle olarak ele almış ve bu kütleyi de "Niğde Kompleksi" olarak adlandırmıştır.

[6], [7] Niğde-Çamardı-Ulukışla civarını da kapsayan Kayseri-Niğde-Aksaray bölgesinin 1/100 000 ölçekli jeolojik haritası yapılmıştır. Araştırmaya göre, Niğde Masifi; en üstte çok kalın mermerler olmak üzere alta doğru gnays, mikaşist, ikincil mermer damarları, fillat, kuvarsit, kuvarşşist ve amfibol şistlerden oluşmuş olup, bazik ve asidik plütonları da içermektedir. Bu çalışmada "Kırşehir Masifi" ile birlikte Orta Anadolu'nun temelini teşkil eden Niğde Masifinin dokanakları tektonik dokanak olarak tanımlanmıştır.

[8] İlk kez Aladağ Mesozoyik kalker kompleksinin taban seviyelerinde yer alan kalkerlerin Triyas yaşında olduğunu ileri sürmüştür.

[9] Ecemiş Fayı ve yakın çevresinin 1/100 000 ölçekli jeolojik haritasını yapmıştır. Araştırmacı, Paleozoyik-Kretase zaman aralığında çökelen birimlerin üzerine uyumsuz olarak Eosen birimlerinin geldiği belirtilmiştir.

[10] Hasandağ-Melendizdağ ve Keçiboyduran dağlarını kapsayan alanda Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı volkanizma faaliyetlerini araştırmıştır. Bölgede yaygın olarak görülen ignimbiritlerin oluşumunun Tuz Gölünün doğusundaki fayla ilintili olduğunu belirterek riyodasitik lavların meydana çıkmasıyla ignimbiritleri oluşturan volkanik faaliyetlerin sona erdiğini belirtmiştir. Bu oluşumu andezit-hornblend türü bazaltların takip ettiğini ve bazalt volkanizmasının olivinli bazalt akıntıları ile sona erdiğini belirtmiştir.

[11], [12], [13] Niğde - Çamardı arasının 1/25 000 ölçekli jeolojik haritasının yapıldığı bu çalışmalarda Niğde-Çamardı Kristalin Masifi'nin kaya birimlerini aşağıda verilen üç ana grup altında incelemiştir;

- Alt Seri: Biyotit gnays, amfibolit, kuvarsit ve mermer,
- Orta Seri: Kuvarsit ve amfibolit arakatkılı mermer,
- Üst Seri: Kuvarsit, mermer ve biyotit gnays.

Araştırmalara göre, bölgede dinamotermal metamorfizma, almandin - amfibolit fasiyesinin sillimanit - almandin - muskovit ve sillimanit - almandin - ortoklaz subfasiyesinde gerçekleşmiştir.

[14] Sansartepe çevresinde trakiandezit bileşimli yastık lavlar ile monzonitik sıg sokulumlardan oluşan birimi Sansartepe formasyonu olarak adlandırmıştır.

[15] Ulukışla bitümlü şeyl alanının ekonomik değerini saptamak amacıyla yaptığı çalışmada, Eosen yaşlı Güney formasyonunu volkanik arakatkıları kapsayan kumtaşı-şeyl aralanması olarak belirtmiştir. Bunun üzerine Üst Miyosen yaşlı gölsel birimlerin diskordan olarak geldiğini belirtmiştir, volkanik ara katkılı kumtaşı – şeyl aralanmasında oluşan Eosen yaşlı Güney Formasyonu üzerine ise Üst Miyosen yaşlı gölsel çökellerin uyumlu olarak geldiğini belirtmiştir.

[16] Ecemiş Fayının (Çamardı'nın 10 km doğusunda) diri bir fay olduğunu ve fay düzleminin Aladağlara doğru eğimli olduğunu saptamıştır. Net atımın gözlemlendiği fayın çok genç olduğunu ve yamaç molozu üzerinde gelişmiş akarsuların yollarını değiştirdiğini belirtmiştir.

[17] Tüm Toros bölgesindeki çökel istifi incelemiş ve Toros kuşağını; Bolkar Birliği, Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Antalya Birliği ve Alanya Birliği olmak üzere beş

farklı birliğe ayırmıştır. Araştırma; bu birliklerin kendine has ayırtman özelliklerini yitirmeden kuşak boyunca yüzlerce kilometre süreklilik gösterdiklerini ve çoğu zaman birbirleri üzerine allokton olarak yerleştiklerini belirtmiştir.

[18] Niğde masifinin batısında yaptığı çalışmada gnays, amfibol, kuvarsit ve mermerlerden oluşan Aşıgediği, Gümüşler ve Kaleboynu formasyonlarını ayırtlanmıştır. Sineksizyayla metagabrosunun karmaşıkla birlikte kıvrımlanarak metamorfizmaya uğradığını, Üçkapılı granit-granitoitlerinin “Niğde Grubu”na ait olan tüm kayaları kestiğini saptayan araştırmacı metamorfizmanın ilk aşamada orta basınç-yüksek sıcaklık, ikinci aşamada ise düşük basınç-yüksek sıcaklık tipinde geliştiğini yer yer de kısmi ergimeye kadar ulaştığını belirtmiştir.

[19] Niğde grubunu oluşturan kayalar, temelde olası kırıntılı kökenli gnayslar ile üste doğru kalın bir karbonat istifini içerir. Masifin üst bölümünde, Niğde grubu kayaları ile birlikte deformasyon ve metamorfizma geçirmiş ofiyolitli bir karışık yer almaktadır. Niğde grubu kayaları, Üçkapılı granodiyoriti tarafından kesilmiş ve kontakt metamorfizmaya uğratılmıştır. Metamorfitler ile ilişkili başkalaşmamış en yaşlı birim, fosil içeren Üst Mestrihtiyen yaşlı kireçtaşlarıdır.

[20], [21] Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisinin incelendiği bu çalışmalarda İncesu ignimbiritlerinin püskürme merkezi olarak Nevşehir güneydoğusundaki Kaymaklı yöresi belirtilmiştir. Temelini yer yer ofiyolitler, yer yer pembe tüfler ve yer yerde Gelveri ignimbiritinin oluşturduğu belirtilen çalışmada İncesu ignimbiriti biyotitlerinde yapılan K/Ar yöntemli yaş tayininde  $4,9-5,5 \pm 0,2$  m.y. yıllık yaşlar saptamıştır.

[22] Niğde Metamorfiklerinin gnays, mermer ve kuvarsitten oluştuğu belirtilen çalışmada Maden kireçtaşı, “Aladağ Grubu”, Demirkazık kireçtaşı ve Mazmılı ofiyolitini ise “Ulukışla Grubu” altında toplamış ve Çamardı formasyonu, Çukurbağ formasyonu, Körpınar alçıtaş üyesi ile Burç formasyonu ayırtlanmıştır.

[23] Niğde masifi içerisindeki cevherleşmelerin kökenlerini ve oluşum koşullarını incelemiştir. Masif içerisindeki formasyonları; Maden, Ilıca, Kılavuz ve Çamardı formasyonları olarak adlandırmış ve en genç birim olarak da Kretase-Tersiyer arasında intrüzyon yapan bölgesel olarak granit ve siyenite değişim gösteren granitoit kütlelerinin bulunduğunu saptamıştır.

[24] Niğde Masifi içerisinde yer alan para gnayslarda zirkon U/Pb yöntemi ile yapılan yaşlandırılma “Niğde Grubu”nun en alt bölümünü oluşturan gnaysların 2000 m.y. yaşlı bir temelden kırıntı aldığını belirtmiştir. Yine bu çalışmada 460 m.y. öncesinde kırıntı zirkonlarda Pb sistematikliğini bozan bir olayın geliştiğini ortaya koymuştur.

[25] Niğde Masifi’nin batı kesiminde “Niğde Grubu”nu formasyonlar ve kayalar türleri açısından incelemiştir. Buna göre: Gümüşler metamorfiklerinin büyük bir bölümünün kırıntılılardan, Kaleboynu metamorfiklerinin volkanik arakatlı kırıntılı-karbonat aralanmasından, Aşıgediği metamorfiklerinin ise, karbonatlardan meydana geldiğini belirtmiştir. “Niğde Grubu” ile birlikte deformasyon geçirmiş ofiyolitli bir karışığın varlığını saptayan araştırmacı, çalışmasında ayrıca Niğde Grubunun bir platform istifini yansıttığını da belirlemiştir.

[26] Doktora tezi olarak yapılan çalışmada Niğde Masifi birimlerini gnays, şist, mermer, kuvarsit, amfibolitlerden oluşan, Gümüşler, Kaleboynu, Aşıgediği formasyonları, ayrıca, bu metamorfikler ile birlikte kıvrılmış ve metamorfizmaya uğramış Sineksizyayla Metagabrosu ve tüm birimleri kesen Üçkapılı grandiyoridi olarak tanımlanmış ve ayrılmıştır.

[27] Niğde yöresinde bulunan perlitlerin; Hasandağ-Melendizdağ volkanizmasına bağlı olarak Kuvaterner’de aktivite kazanan Büyük Göllüdağ ve Bozdağ volkanizmasının bir ürünü olduğunu belirtmiştir. Perlitlerle birlikte bulunan diğer ürünlerin ise, riolitik, bazaltik ve andezitik lavlar ile piroklastik malzemeler ve bunların üzerinde, ince taneli, kül boyutlarındaki çapraz tabakalı çökellerin bulunduğu ortaya konmuştur.

[28] Çamardı formasyonu’nda dokuz, Çanaktepe formasyonunda ise altı litofasiyes ayrılmış, bu litofasiyeslere göre birimlerin çökme ortamları ortaya konmuştur.

[29] Ecemiş Koridoru ile Eynelli-Bademdere arasının 1/25000 ölçekli jeolojik haritasının hazırlandığı çalışmada bölgenin stratigrafisi çıkarılarak bütün birimlerin oluşum ortamlarını belirlenmiş ve çalışma alanı içerisinde kalan Ecemiş Fayının genel özelliklerini ortaya konulmuştur.

[30] Niğde ve yörelerinde farklı özelliklerdeki 11 ayrı bazalt oluşumunun varlığını ortaya koyan araştırmada, Karataş volkanitlerine ait olivin-bazaltların araştırılan örnekler içerisinde önemli bir agrega potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

[31] Çiftahan, Kemerhisar ve Dertalan (Niğde) bölgelerindeki sıcak ve mineralli suları su kimyası ve izotropik yöntemlerle karşılaştırmış, tıbbi jeoloji yönünden değerlendirmiştir. Çalışmada Çiftahan sıcak ve mineralli sularının faylarla açığa çıktığı, Dertalan sularının  $\text{Ca-SO}_4\text{-HCO}_3$ , Kemerhisar sularının  $\text{Na-Cl-HCO}_3$ , Çiftahan sularının ise  $\text{Na-Ca-SO}_4\text{-Cl}$  bileşiminde olduğunu ve tüm suların meteorik kökenli olduğunu belirtmiştir.

[32] Misli Ovası (Niğde) Yer altı sularının incelediği çalışmasında, ova yüzeyinde yayılan alüvyon ve bunun altında bulunan volkano-sedimanter ve volkanik birimler ana akiferi oluşturduğunu, ovada özel kooperatifler ile şahıslara ait yaklaşık 5000 adet derin yeraltısuyu üretim kuyusu bulunup; bunların işletme debilerinin 5 ile 60 l/s arasında olduğunu, yıllık 64 milyon  $\text{m}^3$  dolayındaki beslenime karşılık, 50 milyon  $\text{m}^3$  suyun kaynaklar aracılığı ile doğal olarak, 150 milyon  $\text{m}^3$  suyun ise kuyular aracılığı ile yapay olarak boşaltıldığını, aşırı yeraltısuyu kullanımına bağlı olarak su tablası son yirmi yılda ortalama 12 m kadar alçalmış olduğunu, yeraltısuyunun genelde kalsiyum ve magnezyum karbonat niteliğine sahip olduğunu, alüvyon akiferin yoğun çekimin yapıldığı orta bölümlerindeki yeraltısuyu iyonik acıdan daha zengin olduğunu, yeraltısuyunun trityum içeriği 1970’li yılların ortası ile günümüz arasında 260 TU’dan 9 TU’ya kadar azaldığını belirtmiştir.

[33] Bor-Niğde Yöresi Traverten Yataklarının Jeolojik Özelliklerini incelediği çalışmasında Bor-Niğde alanında Miyosen yaşlı Gökbez Formasyonun geniş alanlarda yüzeyletiğini, Gökbez Formasyonun karbonatlı seviyelerinin tabaka konumlarının uygun olmasından dolayı traverten çökelimlerinin meydana geldiğini belirtmiş ve gölsel karbonatlarla traverten çökelimlerinin stratigrafik konum ve morfolojik özelliklerle Kuvaterner yaşlı teras tipi travertenlerden ayrıldığını söylemiştir.

[34] Niğde ili Sarıova mevkiinin jeotermal potansiyelinin incelendiği bu çalışmada İller Bankası tarafından 600 m jeotermal araştırma sondajı yapılmış ve yaklaşık 30°C sıcaklıkla akışkan saptanmıştır. Yapılan sondajda 0-60 m alüvyon 60-600 m arası aglomera kesilmiştir.

## BÖLÜM II

### BÖLGESEL JEOLJİ VE STRATİGRAFİ

#### 2.1 Bölgesel Jeoloji

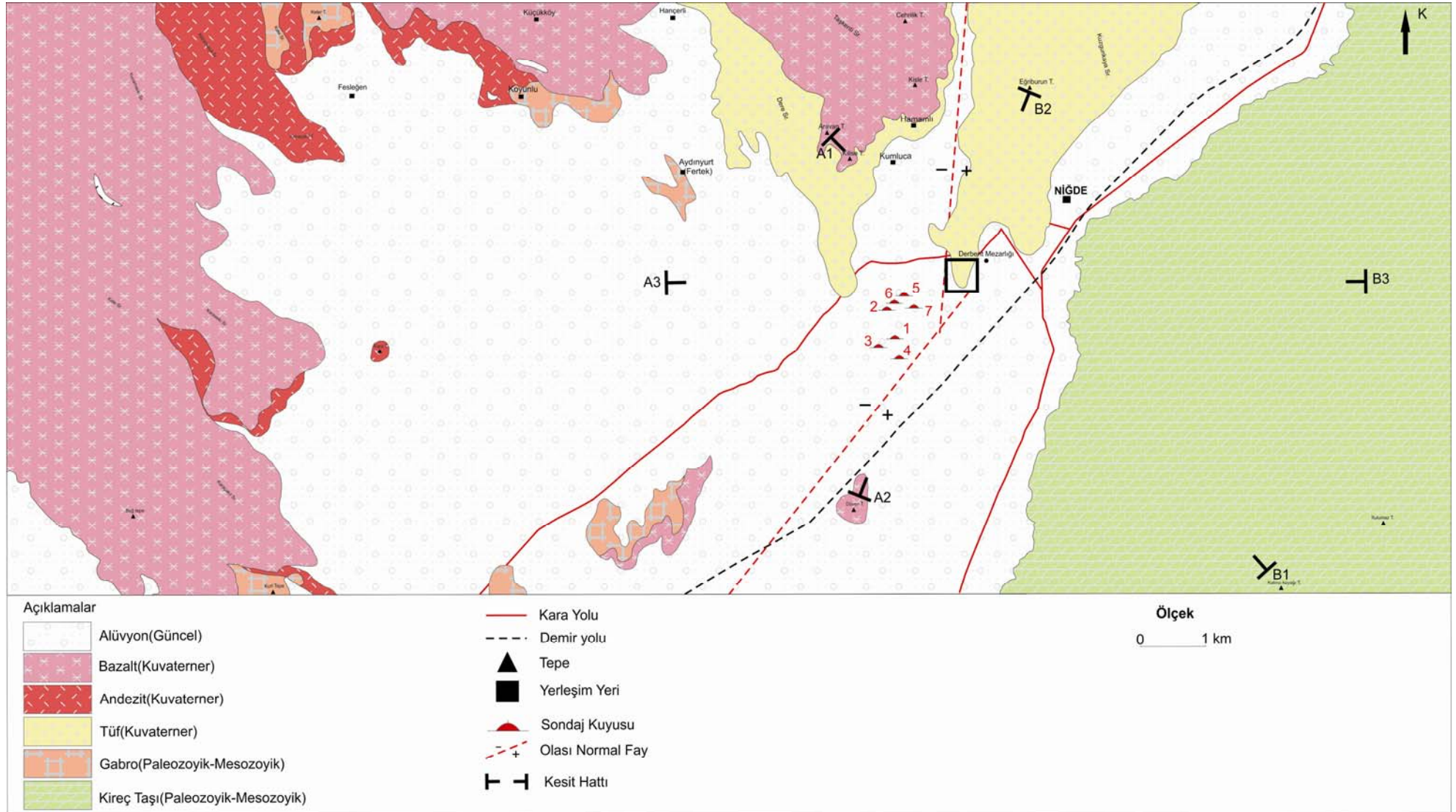
İç Anadolu bölgesinin güneydoğusunda yer alan çalışma alanında, tektonostratigrafik olarak en altta bulunan Niğde Masifinde, alttan üste doğru Paleoziyik yaşlı meta kırıntılardan oluşan Gümüşler Formasyonu, meta karbonat ve kırıntılı ardalanmasından oluşan Kaleboynu Formasyonu, en üstte ise metakarbonat ve/veya mermerlerden oluşan Aşıgediği Formasyonu yüzeyleir (Şekil 2.1).

Duraylı bir kıta kenarını temsil eden ve Niğde grubu olarak adlandırılan bu dizinin üstünde, onunla birlikte deformasyon ve metamorfizma geçirmiş ofiyolitli karışık yer almaktadır [18, 20].

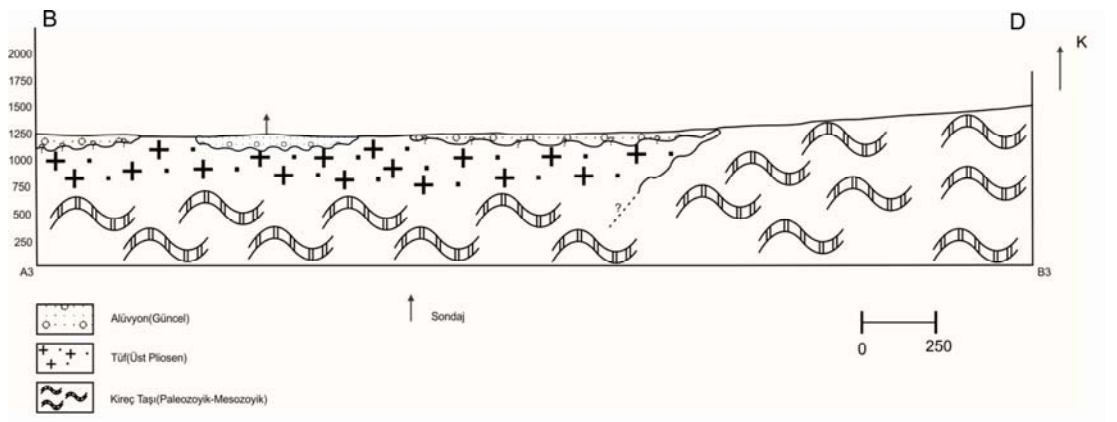
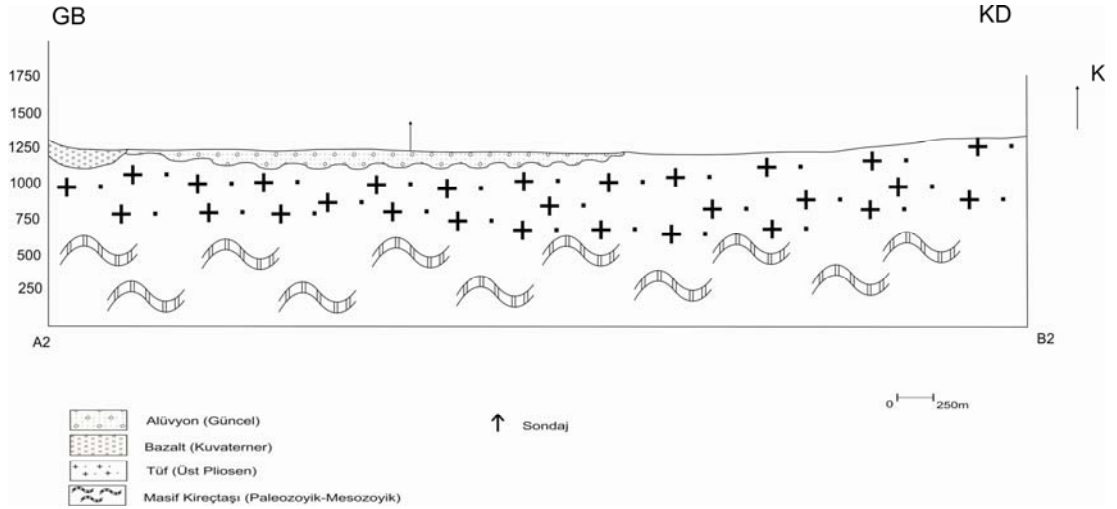
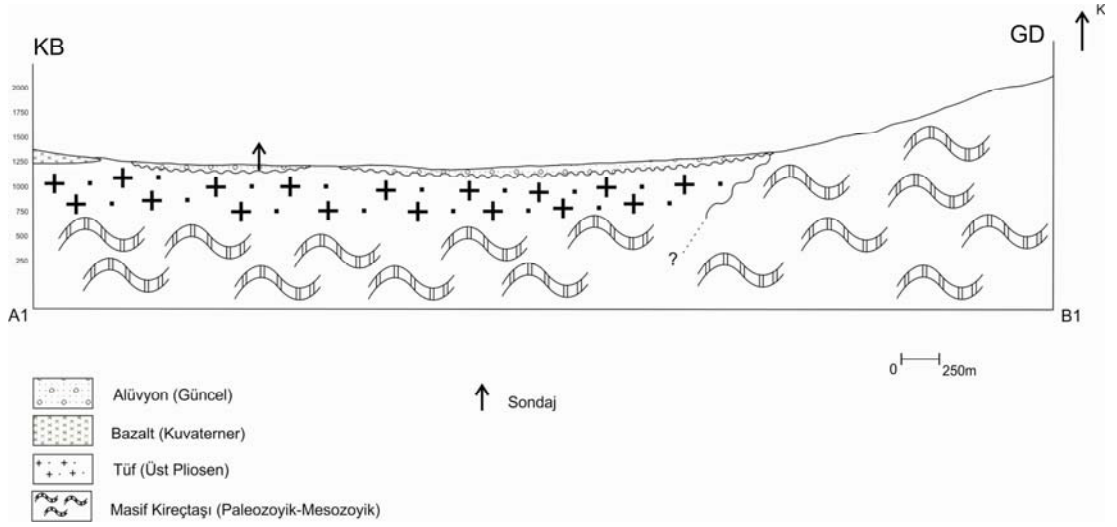
Alt Senoniyen yaşlı Niğde grubu kayaçları, posttektonik Üç kapılı Granadiyoriti tarafından kesilmiştir [20]. Niğde masifini oluşturan kayaçların üzerine Paleosen – Eosen yaşlı yer yer düşük dereceli metamorfizma geçiriş kırıntılardan oluşan Çamardı Formasyonu açısız uyumsuz olarak gelmektedir. Paleosen birimleri üzerine yine açısız uyumsuzlukla Üst Miyosen – Alt Pliosen yaşlı karasal ortam çökelleri gelir. Alt kesimlerinde evaporitik kayaçlarla başlayıp stramotolitlerle devam eden bu karasal çökeller üzerine Pliosen yaşlı Melendizdağı Volkanitleri gelir.

Çalışma alanında temel kayaçları oluşturan Niğde Masifi' nin doğusu Ecemiş Fayı ile sınırlandırılmaktadır. Sol yönlü doğrultu atımlı bir fay olan Ecemiş Fayı ile birlikte çalışma alanını şekillendiren ikinci fay sistemi ise sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olan Tuz Gölü Fayı' dır.

Gerek masifin şekillenmesinde gerekse Pliosen volkanizmasının gelişiminde etkin rol oynayan bu fay sistemleri içinde Keçiboyduran, Melendiz, Göllüdağı, Derinkuyu ve Yeşilhisar Fayları gelişmiştir.



Şekil 2.1 Bölgenin jeolojik haritası



Şekil 2.2 Çalışma alanının topoğrafik enine kesitleri

## **2.2 Stratigrafi**

Niğde masifi; Orta Anadolu volkanik provensi, Toroslar ve Ereğli-Ulukışla baseninin kesişim yerinde bulunmaktadır. Bölgenin K-KB-KD sınırı Orta Anadolu volkanik provensi ile doğu ve GD sınırı Toroslar, B ve GB'sı Ereğli-Ulukışla baseni ile sınırlıdır, çalışma alanı içerisinde Niğde masifi birimleri bulunmaktadır.

Çalışma alanı, Niğde ili ve yakın yöresini kapsamakta olup, güneydoğusunda Niğde Grubu, Kuzeyinde ve batısında Melendizdağ volkanitleri, güney kesimlerinde ise Gökbez Formasyonu yüzeylenmektedir (Şekil 2.1).

### **2.2.1 Niğde Grubu**

Niğde Grubu alttan üste doğru Gümüşler, Kaleboyunu ve Aşıgediği formasyonu olarak ayırtlanmaktadır. Üçkapılı Granadiyoriti tarafından kesilen bu birimler aşağıda özet olarak sunulmuştur (Şekil 2.3).

#### **2.2.1.1 Gümüşler Metamorfizi**

İlk kez [25] tarafından adlandırılan birim, Niğde Metamorfiklerinin görünür en alt bölümünü oluşturmakta ve kısmi ergime gösteren sillimanit-biyotit gnays ile başlamaktadır (Şekil 2.3). Minerolojik bileşim ve dokusal özellikleri göz önüne alınarak sillimanit-biyotit-muskovit gnays, kordiyerit-muskovit gnays, almandin-sillimanit-biyotit gnays, bantlı ganys, piroksen-amfibol-granat gnays ve gözlü ganys tipleri ayırtlanmıştır. Gnayslar ile birlikte amfibolit, metamorfik amfibolit, amfibollü mermer ve kuvarsit arabantları izlenebilir.

Litolojik olarak, Toros otokton istifindeki Alt-Orta Kambriyen yaşlı birimlerle nisbeten benzerlikleri bulunması nedeniyle, Niğde grubu kayalarının yaşını, Kambriyen yaşlı olara düşünmek mümkündür. Ancak otokton istifteki birimlerin metamorfizma geçirmemiş olması, Niğde grubu kayalarının Kambriyenden de yaşlı olabileceği ihtimalini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle Niğde Grubu'nun yaşı Alt Paleozoyik olarak verilmektedir [35].

#### **2.2.1.2 Kaleboynu Metamorfizi**

İlk kez [18] tarafından adlandırılmıştır (Şekil 2.3). Gnays, mermer ve kuvarsit ardalanmasından oluşur. Gümüşler formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Kuvars-feldispatik gnays ve kırmızı kuvarsitler ile başlayan birim gnays, mermer ve kalsilikatlı amfibolit ardalanmasından oluşur. Çalışma alanında mermerlerle temsil edilen birimde yer yer karstlaşmalar gözlenmektedir.

Zirkon U/Pb yöntemi ile yapılan çalışmada [24], Niğde Grubu'nun en alt bölümünü oluşturan gnaysların 2000 m.y. yaşlı bir temelden kırıntı aldıklarını belirlemiştir.

#### **2.2.1.3 Aşığediği Formasyonu**

İlk kez [35] tarafından ayırtlanan birim Kaleboynu Formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer almaktadır (Şekil 2.3). Çalışma alanı da Niğde Masifinin güneybatı ve batı kesimlerinde yüzeylenir. Birimin litolojisi, orta-kalın katmanlı, beyazımsı-gri, eklemlili, iri kristalli mermerdir.

Kaleboynu formasyonu ile geçişli olan birimin alt kesimlerinde yaklaşık 400 m kalınlıkta masif dolomitik mermerler yüzeylenir, üst kesimlerinde ise kalınlığı 1000 m varan kuvars şist bantlı mermerler yüzeylenir. Meta-karbonatlı bölümün en üstünde pembe, ince taneli mermerler ve mangan içeriği yüksek, alacalı şist ve gnayslar yüzeylenmektedir [35].

#### **2.2.1.4 Üçkapılı Granodiyoriti**

İlk kez [18] tarafından Üçkapılı Granodiyoriti diye adlandırılmıştır. Niğde Grubunu kesen granitik kayaların tümü Üçkapılı Granodiyoriti adı altında ayırtlanmıştır (Şekil 2.3). Mostra dağılımından hareketle, Üçkapılı köyü ve yakın yöresinde büyük bir yerleşime sahip olan birim, genelde orta-ince taneli, granoblastik dokulu ve düşük derecede ayrışma göstermektedir.

Üçkapılı granodiyoritinde yapılan Rb/Sr tüm kaya, Rb/Sr mineral ve K/Ar mineral yaş tayinleri, birimin intrüzyon yaşının  $95 \pm 11$  m.y. olarak saptanmıştır ve birimin yaşı Senomaniyen olarak verilmiştir [18]. Niğde Grubu kayalar içine post-metamorfik ve posttektonik olarak yerleşmiştir [46].

| Üst Sistem           | Sistem     | Seri              | Formasyon              | Litolojik Kesit | Litoloji Tanımı                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------|------------|-------------------|------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SENOZOYİK            | Kuvaterner | Miyosen- Pliyosen |                        |                 | Alüvyon, Yamaç Molozu                                                                                                                                                                                                               |
|                      |            |                   |                        |                 | Traverten                                                                                                                                                                                                                           |
|                      |            |                   | Bor Bazaltı            |                 |                                                                                                                                                                                                                                     |
|                      |            |                   | Melendizdağ Andeziti   |                 | Yer yer volkanik breş ve aglomera içeren lav akıntıları                                                                                                                                                                             |
|                      |            |                   | Melendizdağ Tüfü       |                 | Gri sarımsı beyazımsı; bazik volkanik kayaç parçalarında (plajiyoklas, piroksen olivin) volkanik cam bağlayıcıları tü oluşur.                                                                                                       |
|                      | TERSİYER   | Miyosen- Pliyosen | Melendizdağ Aglomerası |                 | Çakıl boyutunda köşeli klastiklerden oluşur. Çakıllar andezitik özellikte ve matriksi oluşturan taneler kum boyutundadır.                                                                                                           |
|                      |            |                   | Gökbez                 |                 | Yeşil, beyazımsı marn ve kireçtaşı ar dalanması. Çalışma alanının batısında iyi laminalı, gri, kahverenkli bitümlü çamurtaşı arakatıkları kapsar.                                                                                   |
|                      |            |                   | Çanaktepe              |                 | Çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı                                                                                                                                                                                                        |
|                      |            |                   | İncesu İğnimbiriti     |                 | Pembe kırmızımsı iğnimbirit                                                                                                                                                                                                         |
|                      |            |                   | Çamardı                |                 | Birim düşük derecede metamorfzmayaya uğramış çakıltaşı, kumtaşı, çakıllı kumtaşı, silttaşı ve çakıllı kumtaşı ar dalanmasından oluşur.                                                                                              |
| PALEOZOYİK-MESOZOYİK | KRETASE    | ÜST KRETASE       | Üçkapılı Granodiyorit  |                 | Orta ince taneli, granoblastik dokulu az ayrışmalıdır. Ganyıslar ile dokanağında kordiyerit-muskovit-granat hornfels, karbonatlar ile dokanağında ise diyopsit-hedenbergit-hornfels ve epidot-granat-skapolit hornfel'se rastlanır. |
|                      |            |                   | Aşıgediği              |                 | Orta kalın katmanlı beyazımsı dış görünümü renkli, eklemlı, iri kristalli mermer. Meta-Karbonat bölümünün üst seviyelerde pembe, ince taneli mermerler ve manganca zengin alacalı şist, kuvarsit ve gnyıslar yer alır.              |
|                      |            |                   | Kaleboynu              |                 | Genel olarak; mermer, kuvarsit ve ganyıslar ar dalanmasından oluşan birim çalışma sahasında sadece mermerlerle temsil edilmektedir.                                                                                                 |

Şekil 2.3 İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Ölçeksiz) [35]

### **2.2.1.5 Çamardı Formasyonu**

İlk olarak [11] tarafından adlandırılan birim; çakıltaşı, kumtaşı, çakıllı kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Şekil 2.3). Kumtaşları ince-orta tabakalı ve yer yer çapraz tabakalanmalıdır; tabaka altlarında akıntı yapıları görülmektedir. Kumtaşları ile kireçtaşı tabakaları arasında laminalı silttaşı ve lav akıntıları vardır. Çamardı formasyonunun alt kesimleri, sık denizel ortamda hızlı çökmeyi; orta ve üst seviyelere doğru ise akıntı etkisi ile çekelim gözlenmektedir [35]. Formasyon, paleozoyik-mesozoyik yaşlı birimin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Bulundurduğu mikro fosillere göre birimin yaşı Üst Paleosen-Lütesiyendir [35].

### **2.2.1.6 İncesu İgnimbiriti**

Çalışma alanında gözlenen ignimbiritler ilk olarak [47] tarafından İncesu İgnimbiriti olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.3). Birim çalışma alanının batı kesimlerinde paleotopoğrafya ile çukurları doldurmuş olarak gözlenmektedir.

İgnimbiritler, uzaktan bakıldığında yatay konumlu bazalt akıntılarını andırmaları ile karakteristiktirler. Eklemlili ve çatlaklı bir yapıya sahip olan ignimbiritler kirli beyaz, sarımsı, kahverenkli dış görünümlü, kırılma yüzeyleri ise sarımsı beyazdır. Petrografik olarak vitroklastik dokulu olan ignimbiritlerde, volkanik cam parçaları plajiyoklaz ve biyotit tanelerinin volkanik külden oluşmuş bir hamur maddesi içinde yer almaktadır. İnceleme alanında temel kayaların üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır [20]. İçerdikleri biyotitler üzerinde K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayini çalışmasında  $4,9-5,5 \pm 0,2$  m.y. 'lık Alt Pliyosen yaşı belirlenmiştir[20].

### **2.2.1.7 Çanaktepe Formasyonu**

Birim çalışma alanının güneyinde, Bahçeli Kasabası dolaylarında yayılım sunmaktadır (Şekil 2.3). İlk kez [35] tarafından adlandırılmıştır. Genel olarak çakıltaşı, kumtaşı ile silttaşından oluşmaktadır. Çakıltaşları gevşek tutturulmuş, karbonat çimentolu ve çapraz tabakalı olup, kumtaşları gevşek tutturulmuş, merccek şeklinde ya da tabakalı ve kanal dolgusu çökellerinden oluşur. Çakıltaşı ve kumtaşları batıya doğru yanal olarak göl kalkerlerine geçiş gösterirler [35]. Tabanda İncesu İgnimbiriti ile aşıl uyumsuz ve üstte Gökbez formasyonu bulunmakta.

Birimin yaşı; Gökbez Formasyonuna göre Üst Miyosen-Pliyosen olup kalınlığı 50-100 m arasında değişmektedir [35].

#### **2.2.1.8 Gökbez Formasyonu**

İlk kez [35] tarafından adlandırılan birim; Bor, Kemerhisar, Kılavuz ve Postallı köyleri arasında geniş yayılım göstermektedir (Şekil 2.3). Birim adını, en iyi görüldüğü yer olan Gökbez Köyünden almıştır. Birim orta-kalın tabakalı canlı izli, gözenekli, gastropodalı kireçtaşıdan oluşmuştur. Batıda iyi laminalı, gri-kahverenkli bitümlü şeyl ara katkıları içermektedir [35].

Alt sınırı Çanaktepe formasyonu ile uyumlu olarak gelen birimin üst sınırı Melendiz Aglomerası ile uyumsuz olarak gözlenmektedir. Tabaka eğimleri yatay ve yataya yakındır ve yörede düz bir topografya görünümü sunar [35]. Gökbez formasyonu Miyosen-Pliyosen yaşta olup kalınlığı 50-150 m arasında değişmektedir [48].

#### **2.2.2 Melendizdağ Volkanitleri**

Orta Anadolu bölgesinde Aksaray ve Niğde illeri arasında bulunan Hasandağı-Melendiz dağı yöresi 50 km uzunlukta ve ortalama 20 km genişlikte bir volkan alanıdır [36].

İçinde çok sayıda volkan konilerinin, kraterlerin, tuf örtülerinin ve lav akıntılarının yer aldığı volkanizma, Orta Miyosen'de başlamış ve Kuvaterner sonuna değin etkin olmuştur. Büyük ve Küçük Hasandağı, Melendizdağı ve aralarında yer alan Keçiboyduran dağı, 3300 metreye erişen yükseklikleri ve düzgün koni şekilleriyle Orta Anadolu'ya şekil vermektedir. Bölgedeki volkanizma Orta Miyosende ignimbrit püskürmesiyle başlamış, bunu volkanik kül, lapilli, tuf ve aglomeralar izlemiş, daha sonra bazaltik andezit, andezit, dasit, riyodasit ve en son Hasandağ'ın Kuvaterner yaşlı bazaltik lavlarıyla volkanizma sona ermiştir [37]. Bu nedenle Melendiz Volkanitleri üç ayrı formasyon şeklinde incelenmektedir.

##### **2.2.2.1 Melendizdağ Aglomerası**

İlk kez [10] tarafından adlandırılan birim; Melendizdağ güneyinde yüzeylenmektedir. Çakıl boyutundaki köşeli klastiklerden oluşmuştur (Şekil 2.3). Çakıllar andezitik özellikte ve matriksi oluşturan taneler kum boyutundadır [35]. Birimin alt dokanağı Gökbez Formasyonu ile üst dokanağında ise Melendizdağ Tufu

ile geçişlidir. Birimde dolgu yapıları gözlenmektedir. Orta büyüklükteki lav çakıllarında derecelenme gözlenir [35].

#### **2.2.2.2 Melendizdağ Tüfü**

Melendizdağ tüfü Melendiz dağı ile Keçiboyduran dağının oyuntuları derinlere ulaşan volkanik merkezlerinde veya kalderalarda bulunur. Tüf formasyonları tüften başka tüf breşi, aglomeralar ve breşlerden meydana gelmektedir (Şekil 2.3).

Birimin tümü limonitleşmiş olup, yer yer ince tüf tabakaları içinde silisleşmeler gelişmiştir. Gelişen hidrotermal getirimlerle oluşan limonitleşme ve silisleşmeden başka cevherleşmeler gelişmiştir. Büyük kükürt çökelimleri limonit ve manganez çökelimini çatlaklarda, tabaka aralarında ve tüf içinde dağınık, serpili şekilde ve yer yer laminalar halinde gözlenirler. Aglomeraların ve tüf-breşlerinin matriksleri bu sebeple kahverengi ve mor olarak gözlenir. Sıcak su dolaşımı aglomeralardan kopmuş kaba yapılı, iri bazaltik kaya parçaların da etkili olmuştur [38].

#### **2.2.2.3 Melendizdağ Andeziti**

İlk kez [38] tarafından adlandırılmıştır. Melendizdağ güneyinde yüzeylemektedir. Genellikle lav akıntıları halinde görülmektedir. İçerisinde yer yer volkanik breş ve aglomera kısımları bulunmaktadır (Şekil 2.3). Aglomera, tüf ve ignimbiritlerin üzerinde yer alan andezitik lav akıntıları, andezit bazalt arası bir özellik gösterir. Birimin alt dokanağı Melendizdağ tüfü ile üst dokanağı ise alüvyon, yamaç molozu ile aşıl uyumsuzluk göstermektedir. Alt yüzeyler andezite, üst düzeyler bazalta daha yakındır. Andezitik kısımlar ojit andezit veya hipersten-ojit andezit niteliktedir. Andezitik lav akıntıları oldukça monoton bir görünüme sahiptirler.

Porfirik yapıda plajiyoklas ve klinoproksenler, zaman zaman da ortopiroksen, hornblend ve biyotitler makroskopik olarak görülebilen fenokristallerdir [20].

#### **2.2.2.4 Bor Bazaltı**

İlk kez [64] tarafından Bor lavı olarak nitelendirilen ve BB ve B fasiyeslerinin örneklendiği, olivin bazalt karakterli bazaltlar; arazide grimsi siyah dış görünümlü, boşluklu, sert, kompakt, soğuma çatlaklı ve yer yer cüruf özellikli olup, Melendiz volkanitlerinin en üst lav akıntısını oluşturmaktadır (Şekil 2.3). Boyutları ani soğuma nedeniyle yer yer 1 cm'ye kadar ulaşabilen, boşlukların birbiri ile ilişkisi

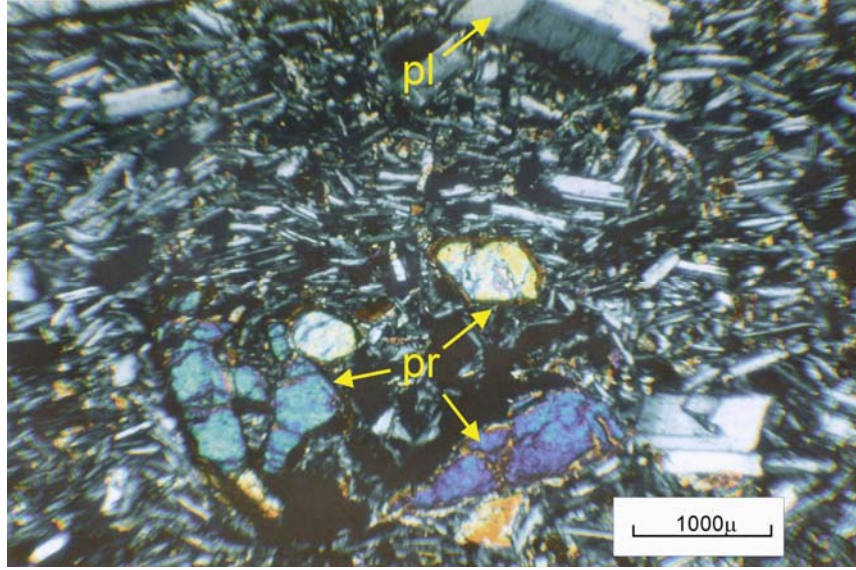
yoktur (Şekil 2.4). Boşluklarda yer yer ikincil kalsit oluşumları gözlenmektedir. Bölgede yer yer cüruf özellikleri ile belirgin olup, az ayrıışmıştır. Olivin bazalt karakterinde olan lavların kalınlığı değişken olmakla birlikte, yer yer 20 metreyi geçmektedir. Akışkanlığının yüksek olması nedeniyle bölgede yaygın olarak yüzeylenmektedir. Bu lavlar, Tuz Gölü fayı sınırında yüksek sırtlar oluşturmaktadır.



Fotoğraf 2.1 Bor yakınındaki Melendiz volkanitlerine ait boşluklu bazaltların yakından görünümü (BB fasiyesi)

#### **2.2.2.4.1 BB Fasiyesi**

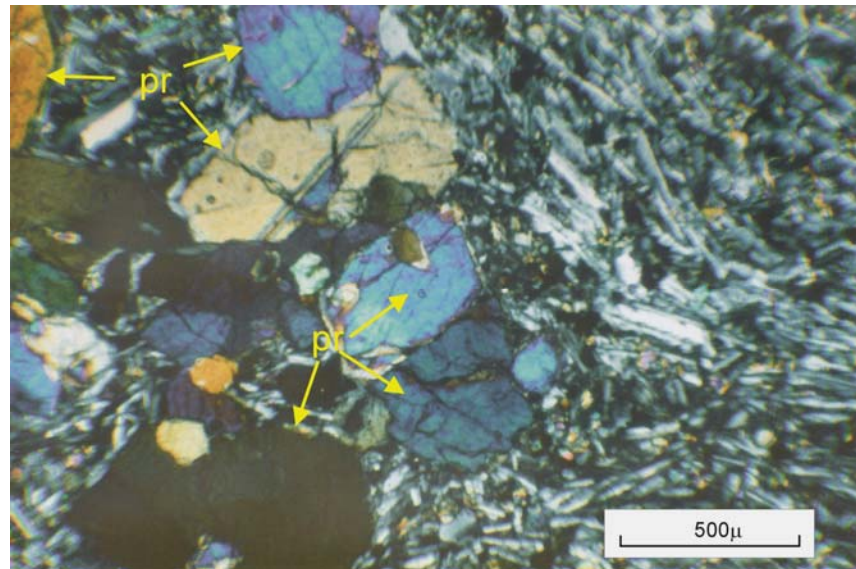
Mikrolitik plajioklas kristalli hamur içerisinde fenokristal olarak çoğunlukla olivin, çok daha az oranda piroksen ve plajioklaslardan oluşmuştur. Boşlukların bir kısmını kalsit mineralleri doldurmuş ve amigdaloidal doku gelişmiştir. Tane oranı Melendiz volkanitlerindeki diğer örneklerle oranla yüksek değerdedir. Kaya pilotaksitik dokulu olup, ikincil olarak epidot oluşumları gözlenmektedir (Şekil 2.5).



Fotoğraf 2.2 BB fasiyesine ait bazaltlardaki düzensiz boşluklar ve çatlaklı fenokristallerin mikrofotografı (çift nikol) (pr: piroksen, pl: plajioklas)

#### 2.2.2.4.2 B Fasiyesi

Mikrolitik plajioklas kristalli hamur içerisinde fenokristal olarak daha çok piroksenlerden (diopsit) oluşmuş olup, bunların arasında az oranda olivin ve plajioklas fenokristalleri yer almaktadır. Opak mineral içeriği yüksek olup olivinlerin ayrışması ile iddingsitler gelişmiştir. Mikrolitik plajioklas kristalleri arasında ayrışma ürünü olarak epidot oluşumları mevcuttur (Şekil 2.6).



Fotoğraf 2.3 B fasiyesindeki bazaltlarda gözlenen fenokristallerin mikrofotografı (çift nikol) (pr: piroksen)

## **2.3 Yapısal Jeoloji**

İnceleme alanı ve yakın dolay, Kaledoniyen-Hersiniyen ve Alp Orojenik hareketlerinin etkisiyle dağ oluşumları, kıvrımlanmalar ve kırılmalar meydana gelmiştir (Şekil 2.7). Paleozoyik yaşlı Niğde Grubu kayaları, Kaledoniyen ve Hersiniyen Orojenezlerinden etkilenmiştir. Alp Orojenezi ise hem Niğde Grubu'na ait birimleri, hem de tüm genç kayaları etkilemiştir [39].

Sağ yanal atımlı Tuzgölü ve sol yanal atımlı Ecemiş fay zonlarına ait fayların birbirine çok yaklaşıp, yapısal jeoloji bakımından dikkat çekici olayların süre geldiği ve bu nedenle değişik zaman dilimlerinde değişik yapısal elemanların olduğu kritik bir bölgedir [40]. Bu bölge içinde gözlenen yapılar temel örtü birimleri ve birbirleriyle olan ilişkileri bakımından (1) paleotektonik döneme ait yapılar ve (2) neotektonik döneme ait yapılar olmak üzere iki ayrı grupta sınıflandırılmıştır. Bu sınıflama Ecemiş ve Tuzgölü Fay zonlarının Orta Eosen-Mio-Pliyosen aralığı ve Pliyosen sonrası olmak üzere iki ayrı dönemdeki hareketlerine göre yapılmıştır. Bu iki hareketin bölge kayaçları üzerindeki deformasyon etkileri arazide çok iyi gözlenebilmekte ve kolaylıkla ayırdedilmektedir [40].

### **2.3.1 Paleotektonik Dönem Yapıları**

Bunlar Orta Eosen öncesinde gelişmiş yapılar olup (1) metamorfizma öncesi oluşmuş uyumsuzluklar, (2) metamorfizma sırasında gelişen kıvrımlar ve (3) metamorfizma sonrası gelişen yapısal unsurlar olmak üzere üç alt grupta toplanmaktadır [40].

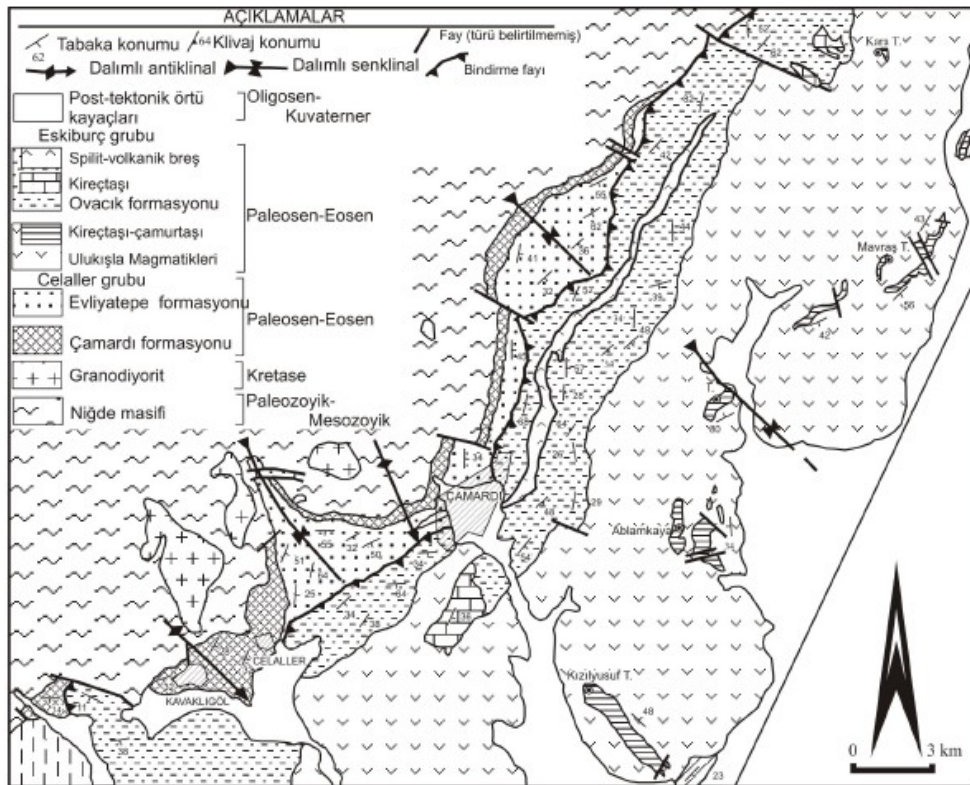
#### **2.3.1.1 Metamorfizma Sırasında Gelişen Yapısal Unsurlar**

Orta Anadolu'da en çok Niğde yöresinde gözlenen bu yapılar genelde KD-GB, ve DKD-BGB ile K-G eksen doğrultulu antiklinoryum ve senklinoryumlardan oluşmaktadır. Bu yapıları oluşturan deformasyon fazı sırasında metamorfikler devrik bir şekilde bir kaç kez kıvrımlanmaya maruz kalarak olduklarından daha kalın bir hale gelmişlerdir [41].

#### **2.3.1.2 Metamorfizma Sonrası Yapısal Unsurlar**

Metamorfizma sonrası gelişen ilk yapılar ofiyolitik üzerlenmesi ile doğrudan ya da dolaylı yoldan ilişkili yapılardır. Bölgedeki granodiyoritlerin oluşması ve buna bağlı bölgesel domlaşmalar bu tür yapılara örnek teşkil eder [41, 42]. Aynı zamanda

ofiyolit üzerlenmesi sırasında oluşan sıkışma rejimini izleyerek, bugün temel üzerinde hemen her yerde gözlenebilen ofiyolit bindirmeleri ve bu bindirmelerin türevleri olan yapılar bu dönemde bölgedeki sıkışma rejimi yapılarındandır [42]. Orta Eosen sırasında veya hemen sonra, gerilme rejimini izleyen ikinci bir sıkışma rejimi sırasında temelden sıyrılan metamorfik ve ofiyolitik kütleler yeni basenler üzerine ters ya da bindirme fayları boyunca aktarılmış ve daha sonra basen çökelleri üzerine tektonik dilimler halinde yerleşmiştir [40, 43, 44]. Benzer olarak çalışma alanında, Orta Anadolu'daki Tersiyer Basenleri içinde çökelmiş olan Orta Eosen yaşlı Evliyatepe Formasyonu gibi birimlerde bindirme fayları ve bu faylara yakın kesimlerde DKD-BGB ve KD-GB eksen doğrultulu, asimetrik devrik antiklinal ve senklinaler oluşmuştur [50, 48].



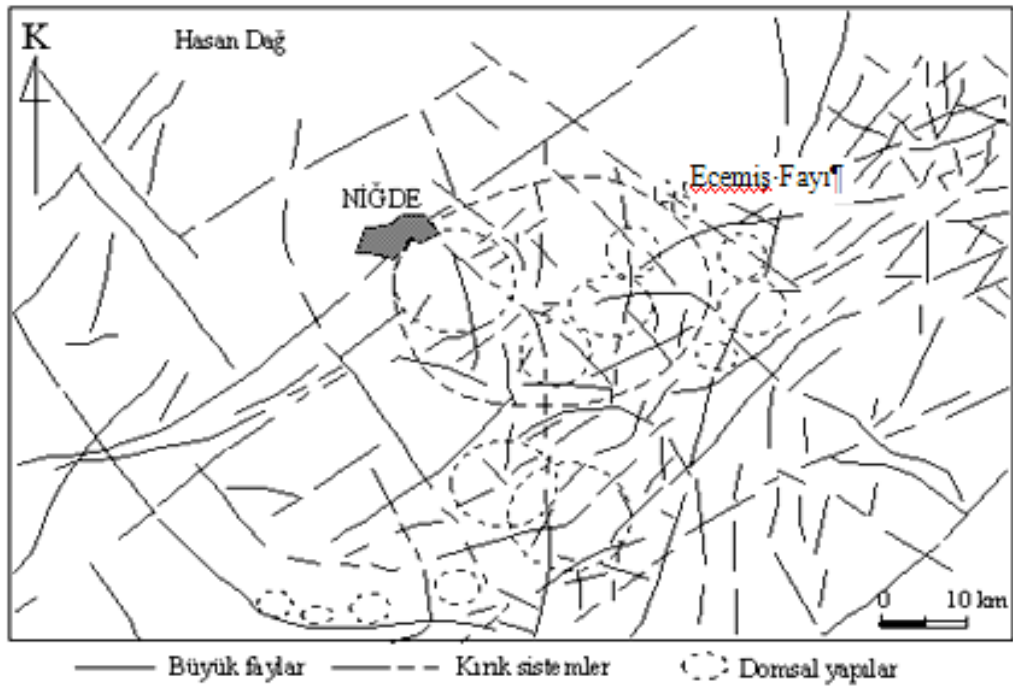
Şekil 2.7 Çalışma alanının yapısal jeoloji haritası [45]

### 2.3.2 Neotektonik Yapılar

Neotektonik yapılar KD-GB, ve BKB-DGD ve ender olarak D-B doğrultusunda gelişmiş normal faylar tarafından temsil edilmektedir. Bu yapılar, Çamardı bölgesinde etkili olmuş paleotektonik dönem yapılarını öteleyen yapılardır. Bu yapılar CBF (Celaller bindirme fayı) ve Pliyosen yaşlı birimleri kesip onları öteleyen genç yapılar olarak da sınıflandırılmaktadır. Bu fayların genel doğrultuları [49]

tarafından tanımlanan Hasandağı Fay Seti'nin genel doğrultusuna paraleldir [50]. Dolayısıyla bu fayların Niğde kuzeyinde gözlenen Hasandağı Fay Setinin güneyindeki devamı olduğu kabul edilmektedir (Şekil 2.8).

Neotektonik yapıların en önemlisi ve en yaygın olanı Üçkapılı fayı (ÜF)'dir [51]. Bu faya ait jeolojik oluşumlar özellikle Celaller bindirme fayını ötelemesiyle belirginleşir. Çalışılan alan içinde ve dışında Niğde Masifini kuzeyden güneye öteleyen bu fay boyunca kayaç birimleri yer yer ezilmiş, ufalanmış ve tektonik olarak yanyana getirilmiştir. Üçkapılı Fayı'nın yaşına ilişkin veriler [50]'in çalışmalarından gelmektedir. Yazarlar çalışmalarında Üçkapılı Fayı'nın kuzeyindeki devamı olan Hasandağı Fay Seti'nin Pliyosen yaşlı ignimbiritleri kestiğini belirtmektedir. Bu da fayın Pliyosen sonrası, olası Pliyo-Kuvaterner yaşlı olabileceğini göstermektedir. Bu da Neotektonik döneme ait yapıların Pliyo-Kuvaterner zaman aralığında olmaları gerektiğini göstermektedir.



Şekil 2.8 Landsat Uydu görüntüsünden elde edilen Niğde bölgesi yapı haritası [52]

## **BÖLÜM III**

### **JEOTERMAL JEOLJİ**

#### **3.1 Jeotermal Jeoloji**

Niğde ili jeotermal potansiyeli, Türkiye jeotermal enerji dağılımı içerisinde düşük-orta entalpili jeotermal potansiyele sahip Orta Anadolu Jeotermal potansiyeli içerisinde yer almaktadır.

Nevşehir - Kozaklı, Kayseri - Himmetdede, Niğde - Narlı, Niğde - Çiftehan, Niğde - Derdalan gibi doğal çıkış kaynakların bulunduğu alanlarda jeotermal jeoloji anlamında benzerlikler bulunmaktadır.

##### **3.1.1 Jeotermal Sistem**

Jeotermal sistem, dört ana unsurdan oluşur:

- 1- Isı Kaynağı
- 2- Rezervuar ve/veya hazne
- 3- Isıyı Taşıyan Akışkan
- 4- Örtü kaya

###### **3.1.1.1 Isı Kaynağı**

Plaka hareketleri sonucu mantoda oluşan yersel veya bölgesel düzensizlikler mantoda ısı anomalileri oluşturur. Bu anomalilerin tektonik hatlar ve/veya kuşaklar boyunca yer kabuğuna ulaştığı noktalardaki ısı anomali zonları ve/veya sıcak noktalar (hot spots) jeotermal sistemler için ısı kaynağını oluşturur.

###### **3.1.1.2 Jeotermal Rezervuar**

İşletilmekte olan jeotermal sistemin sıcak ve geçirgen kısmını tanımlar. Jeotermal sistemler ve rezervuarlar; rezervuar sıcaklığı, akışkan entalpisi, fiziksel durumu, doğası ve jeolojik yerleşimi gibi özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Örneğin jeotermal rezervuarda 1 km derinlikteki sıcaklığa bağlı olarak sistemleri iki gruba ayırmak olasıdır.

a.) Rezervuar sıcaklığının 150°C' dan düşük olduğu, düşük sıcaklıklı sistemler: Bu tür sistemler genelde yeryüzüne ulaşmış doğal sıcak su veya kaynar çıkışlar gösterirler.

b.) Rezervuar sıcaklığının 200°C' dan yüksek olduğu yüksek sıcaklıklı sistemler: Bu tür sistemler ise doğal buhar çıkışları (fumeroller), kaynayan çamur göletleri ile kendini gösterir.

Jeotermal sistemlerin fiziksel durumlarına bağlı olarak sınıflandırılmaları durumunda, üç farklı rezervuar durumu tanımlanabilir.

1. Sıvının etken olduğu jeotermal rezervuarlar: Rezervuardaki basınç koşullarında su sıcaklığının buharlaşma sıcaklığından daha düşük olduğu rezervuarları tanımlamakta kullanılır. Rezervuar basıncını sıvı su fazı kontrol etmektedir.

2. İki fazlı jeotermal rezervuarlar: Rezervuarda sıvı su ve su buharı birlikte bulunmaktadır ve rezervuar basıncı ve sıcaklığı suyun buhar basıncı eğrisini izler.

3. Buharın etken olduğu jeotermal rezervuarlar: Rezervuar basıncındaki akışkan sıcaklığının suyun buhar basıncı eğrisi sıcaklığından daha yüksek olması durumunda bu tür rezervuarlar oluşurlar. Rezervuardaki basıncı su buharı fazı kontrol etmektedir.

#### **3.1.1.3 Isıyı Taşıyan Akışkan ve/veya Jeotermal Akışkan**

Meteorik kökenli yağmur suları yeryüzüne düştükten sonra çatlaklı zonlardan süzülerek derinlerdeki ısı anomalisi etkisi ile ısınmış kayalarındaki ısıyı süpürerek yüzeye, ekonomik anlamda erişilebilecek sığ derinliklere taşıyarak sistemin çalışan jeotermal akışkanı olur.

#### **3.1.1.4 Örtü Kayaç**

Jeotermal sistemlerin geliştiği alanlar üzerinde derindeki rezervuar zonda bulunan akışkan ve ısının yeryüzüne ve dolayısı ile atmosfere boşalmasını önleyen geçirimsiz kayalardır.

#### **3.1.2 Sondaj Çalışmaları**

##### **3.1.2.1 JTE- 51/007 (NJ-1) Numaralı Sıcak su Sondajı**

Niğde ili merkezinde bulunan Derdalan içmelerinin jeotermal açıdan geliştirilmesi amacı ile Niğde Belediyesi – İller Bankası işbirliği çerçevesinde 600m derinlikte JTE- 51/007 (NJ-1) kuyusu açılmıştır.

### 3.1.2.1.1 Çamur Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları

JTE-51/007 kuyusunda ilerleme esnasında 1,04g/cm<sup>3</sup>-1,19/cm<sup>3</sup> yoğunlukta değişen çamur kullanılmış çamur giriş - çıkış sıcaklıkları Çizelge 3.1. de sunulmuştur.

Çizelge 3.1 JTE-51/007 no' lu kuyuda ilerleme esnasında ölçülmüş çamur giriş ve çıkış sıcaklıkları

| Derinlik (m) | Çamur Yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> ) | Çamur Giriş Sıcaklığı (°C) | Çamur Çıkış Sıcaklığı (°C) | Derinlik (m) | Çamur Yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> ) | Çamur Giriş Sıcaklığı (°C)                            | Çamur Çıkış Sıcaklığı (°C) |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1            | 1,18                                 | 16                         | 17                         | 152          | 1,16                                 | 22                                                    | 24                         |
| 9            | 1,18                                 | 17,2                       | 18,3                       | 153          | 1,16                                 | 22                                                    | 24,2                       |
| 15           | 1,18                                 | 17,2                       | 18,3                       | 160          | 1,16                                 | 22                                                    | 24,2                       |
| 20           | 1,19                                 | 15                         | 17,4                       | 165          | 1,16                                 | 22                                                    | 24,2                       |
| 25           | 1,19                                 | 15                         | 18                         | 170          | 1,16                                 | 22                                                    | 24,2                       |
| 30           | 1,19                                 | 15                         | 18                         | 173          | 1,16                                 | 22                                                    | 24,2                       |
| 35           | 1,19                                 | 15                         | 18                         | 178          | 1,16                                 | 20,2                                                  | 23,2                       |
| 38           | 1,19                                 | 16,3                       | 19,2                       | 180          | 1,16                                 | 20,2                                                  | 23,2                       |
| 39           | 1,19                                 | 19                         | 20,4                       | 185          | 1,16                                 | 20,2                                                  | 23,2                       |
| 42           | 1,19                                 | 19,2                       | 20,8                       | 188          | 1,17                                 | 21                                                    | 23,8                       |
| 45           | 1,19                                 | 18                         | 20,5                       | 190          | 1,17                                 | 21                                                    | 23,8                       |
| 51           | 1,19                                 | 18,2                       | 21                         | 191          | 1,17                                 | 21                                                    | 24                         |
| 57           | 1,19                                 | 18,6                       | 21,6                       | 195          | 1,17                                 | 21                                                    | 24                         |
| 60           | 1,19                                 | 17                         | 20                         | 200          | 1,17                                 | 21                                                    | 24                         |
| 68           | 1,19                                 | 18                         | 20,3                       | 203          | 1,16                                 | 20                                                    | 22                         |
| 72           | 1,19                                 | 18                         | 20,3                       | 300          | 1,05                                 | 20                                                    | 22                         |
| 76           | 1,19                                 | 18                         | 20                         | 350          | 1,04                                 | 21                                                    | 24                         |
| 77           | 1,07                                 | 18                         | 20                         | 400          | 1,04                                 | Bu metrelerde çamur sirkülasyonsuz ilerleme olmuştur. |                            |
| 81           | 1,06                                 | 17,2                       | 20                         | 450          | 1,05                                 |                                                       |                            |
| 85           | 1,06                                 | 17,2                       | 20                         | 500          | 1,04                                 |                                                       |                            |
| 90           | 1,06                                 | 17,2                       | 20                         | 550          | 1,04                                 |                                                       |                            |
| 95           | 1,06                                 | 17,2                       | 20                         | 600          | 1,04                                 |                                                       |                            |
| 96           | 1,05                                 | 18,2                       | 20,4                       |              |                                      |                                                       |                            |
| 100          | 1,05                                 | 18,2                       | 20,4                       |              |                                      |                                                       |                            |
| 105          | 1,05                                 | 18,2                       | 20,4                       |              |                                      |                                                       |                            |
| 110          | 1,05                                 | 18,2                       | 20,4                       |              |                                      |                                                       |                            |
| 115          | 1,12                                 | 21                         | 23                         |              |                                      |                                                       |                            |
| 122          | 1,14                                 | 23                         | 24,8                       |              |                                      |                                                       |                            |
| 132          | 1,14                                 | 23,2                       | 25,3                       |              |                                      |                                                       |                            |
| 134          | 1,16                                 | 22                         | 24                         |              |                                      |                                                       |                            |
| 140          | 1,16                                 | 22                         | 24                         |              |                                      |                                                       |                            |
| 145          | 1,16                                 | 22                         | 24                         |              |                                      |                                                       |                            |
| 150          | 1,16                                 | 22                         | 24                         |              |                                      |                                                       |                            |

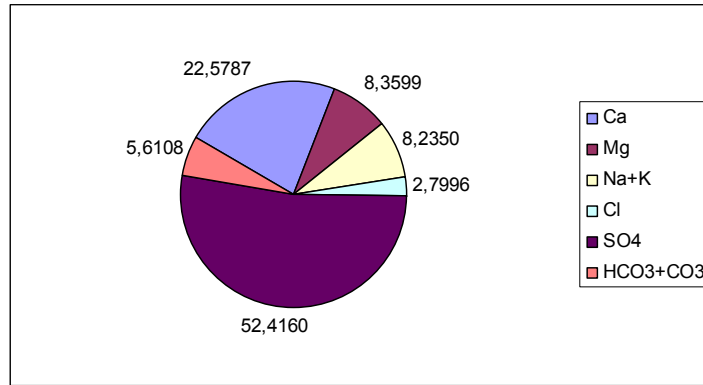
### 3.1.3 Su Kimyası

Sondaj suyu, sıcaklık sınıflaması kriter alındığında Bogomolov a göre Epitermal (20-34 °C) sular grubunda olup kimyasal özellikleri Çizelge 3.2, 3.3, 3.4 sunulmuştur. Bu değerlerden hareketle çizilen Dairesel, Piper ve Schoeller diyagramları Şekil 3.1, 3.2, 3.3 de verilmiştir.

Baskın katyon  $\text{Ca}^{+2}$ 'dir. Sırasıyla  $\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  diğer yüksek miktardaki elementlerdir. Anyon grubunda  $\text{SO}_4^{-2}$  hakim anyondur.  $\text{CO}_3^{-2}$  ve  $\text{Cl}^{-}$  diğer yüksek anyon grubu elementlerdir. Bu nedenle suyun karakteri  $\text{Ca}^{+2}-\text{SO}_4^{-2}$ 'li özelliktedir.

Kuyu suyunun iyon karakteristikleri,

$\text{Ca}^{+2} > \text{Na}^{+}+\text{K}^{+} > \text{Mg}^{+2} / \text{SO}_4^{-2} > \text{CO}_3^{-2} > \text{Cl}^{-}$  şeklindedir.



Grafik 3.1 JTE-51/007 no'lu kuyudan alınan su örneğinin dairesel diyagramla gösterimi [34]

#### 3.1.3.1 Majör iyonlar

Kuyusundan alınan su örneğinin majör iyon değerleri (Çizelge 3.2) de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Niğde (Merkez) JTE-51/007 no'lu jeotermal kuyusundan alınan su örneğinin majör iyon değerleri (mg/l) [34]

| Kuyu No    | $\text{Ca}^{+2}$<br>(mg/l) | $\text{Mg}^{+2}$<br>(mg/l) | $\text{Na}^{+}$<br>(mg/l) | $\text{K}^{+}$<br>(mg/l) | $\text{HCO}_3^{-}$<br>(mg/l) | $\text{CO}_3^{-2}$<br>(mg/l) | $\text{SO}_4^{-2}$<br>(mg/l) | $\text{Cl}^{-}$<br>(mg/l) |
|------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| JTE-51/007 | 66,74                      | 14,99                      | 23,34                     | 7,797                    | bakılma<br>mış               | 24,83                        | 371,34                       | 14,638                    |

$\text{SO}_4^{-2}$  Lagüner kökenli sülfatlı tuzların ( $\text{CaSO}_4$ ) erimesinden oluşmaktadır. Bu tür sular jipsli suların içinde ve civarında bulunur. Eğer ortamda  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  varsa  $\text{CaSO}_4$ 'ün erimesi daha hızlanır. Doğal sularda sülfatın başlıca kaynakları sedimanter kayalar özellikle jips, anhidrit ve şeyl, magmatik kayalar ve organik maddelerdir [54]. Açılmış olan jeotermal kuyudan alınan suda;  $\text{Na}^+$  içeriği 23,34 mg/l ve  $\text{K}^+$  içeriği 7,797 mg/l,  $\text{Ca}^{+2}$  miktarı 66,74 mg/l ve  $\text{Mg}^{+2}$  değeri ise 14,99 mg/l,  $\text{Cl}^-$  değeri ise 14,638 mg/l'dir.  $\text{SO}_4^{-2}$  iyonu jeotermal kuyuda 371,34 mg/l'dir. Bu değerlere ve kuyu sıcaklıklarına göre elde edilen akışkanın sportif havuz ve/veya balneolojik kullanım için uygun olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 3.3 Niğde (Merkez) JTE-51/007 numaralı jeotermal kuyusundan alınan su örneğinin minör element ve ağır metal içerikleri (mg/l,  $\mu\text{g/l}$ )

| Kuyu No   | $\text{F}^-$<br>(mg/l) | $\text{Br}^-$<br>(mg/l) | $\text{NO}_2$<br>(mg/l) | $\text{NO}_3$<br>(mg/l) | As<br>( $\mu\text{g/l}$ ) | $\text{Fe}^{+2}$<br>(mg/l) | B<br>( $\mu\text{g/l}$ ) | Mn<br>( $\mu\text{g/l}$ ) |
|-----------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| JTE-1/007 | 0,6782                 | <0,020                  | <0,020                  | <0,020                  | 36,25                     | 0,0873                     | 45,70                    | 705,14                    |

Analizi yaptırılmış su örneğinde Manganez değeri yüksektir. Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre Mangan (Mn) için 50  $\mu\text{g/l}$  verilmiştir. Mineralli sularda çoğunlukla demir ile birlikte bulunan Manganez'in yüksek miktarda olması kaynak çevresinde koyu kırmızı ve siyah renkli tortular oluşturmaktadır. JTE-51/007 numaralı kuyu suyunda Manganez 705,14  $\mu\text{g/l}$ 'dir [53].

Çizelge 3.4 Niğde İli içendeki sıcak su kaynakları ve kimyası [55]

|                           | Kokar-1 Koyunlu Köyü |        | Dertalan Kaplıcası |        | Özel Şahıs Kuyusu |        |
|---------------------------|----------------------|--------|--------------------|--------|-------------------|--------|
| EC(25°C)S/cm              | 690                  |        | 720                |        | 360               |        |
| pH(25°C)                  | 6,4                  |        | 7,6                | 6,2    | 6,8               |        |
| Ölçülmüş t°C              | 31                   |        |                    |        | 30                |        |
|                           | mg/lt                | Meq/lt | mg/lt              | Meq/lt | mg/lt             | Meq/lt |
| $\text{Na}^+$             |                      |        | 35*                | 1,52*  | 31,5*             | 1,37*  |
| $\text{K}^+$              |                      |        | 9,75*              | 0,25*  | 7*                | 0,18*  |
| $\text{Ca}^{++}$          | 96                   | 4,8    | 104                | 5,18   | 56                | 2,8    |
| $\text{Mg}^{++}$          | 27                   | 2,2    | 12                 | 1      | 7                 | 0,6    |
| $\text{HCO}_3^+$          | 134                  | 2,2    | 128                | 2,1    | 55                | 0,9    |
| $\text{CO}_3^-$           | 0                    | >1     |                    | <1     | <1                |        |
| $\text{SO}_4^{-2}$        | 240                  | 5      | 270                | 5,63   | 130               | 2,7    |
| $\text{Cl}^-$             | 18                   | 0,5    | 0,53               | 0,53   | 11                | 0,31   |
| $\text{SiO}_2$            | 37                   |        | 42                 |        | 21                |        |
| TDS(Toplam Çözünmüş Katı) | 545                  |        | 575                |        | 290               |        |

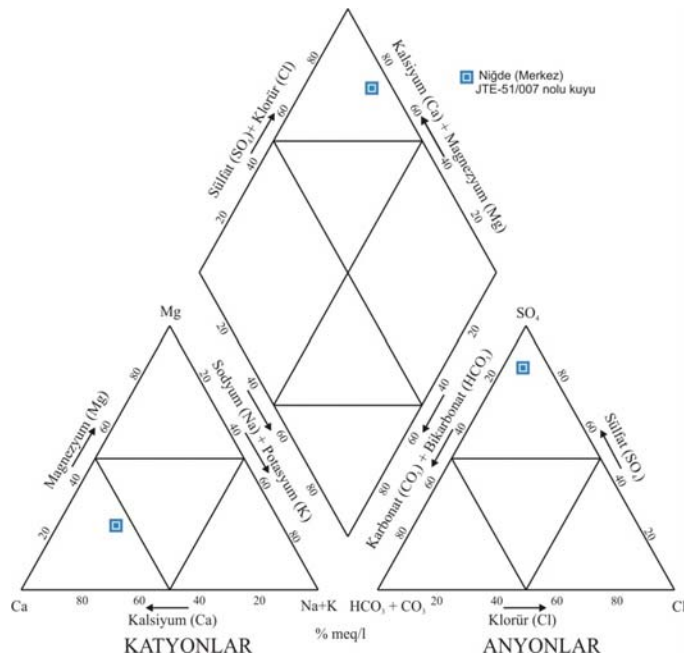
### 3.1.3.2 Suların Kimyasal Bileşimlerine Göre Sınıflandırılması

JTE-51/007 numaralı kuyu suyunda Arsenik (As) için maksimum değer 0,05 mg/l'dir. Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre Arsenik için 10 µg/l verilmiştir. Sağlık Bakanlığı Kaplıca Tedavisinde Kullanılacak Doğal Tedavi Unsurları, Özel Balneolojik Sular bölümünde Arsenik için 0,1 mg/l değer verilmiştir. Buna göre Arsenikli sular grubundadır [55].

Hidrotermal damarlarda Au, Cu, Ni, Co, Fe gibi elementlerle, Ni-Cu sülfür yataklarında bakırlı şeyl, ve kumtaşlarında, fosfatlı kayalarda volkanik gazlarda ve jeotermal su bileşiklerinde izlenmektedir [56]. Kuyu suyundaki Arsenik değeri 36,25 µg/l olup insani tüketim amaçlı kullanılamaz.

### 3.1.3.3 Piper diyagramı (1944)

Niğde (Merkez) JTE-51/007 numaralı sıcak su kuyusundan alınan su örneğinin kimyasal analiz sonuçları kullanılarak hazırlanan Piper diyagramına göre (Şekil 3.2) kuyu suyu, karbonat olmayan sertliği karbonat sertliğine göre daha fazladır. Böyle sular  $\text{CaSO}_4$  ve  $\text{MgSO}_4$  lü sulardır. Karbonat olmayan sertliği % 50'den fazla olan sular grubuna girmektedir. Ayrıca, alkali toprak elementler (Ca+Mg), alkali elementlere göre (Na+K) daha yüksektir ve  $(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$  değeri  $(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$  değerinden daha yüksektir.

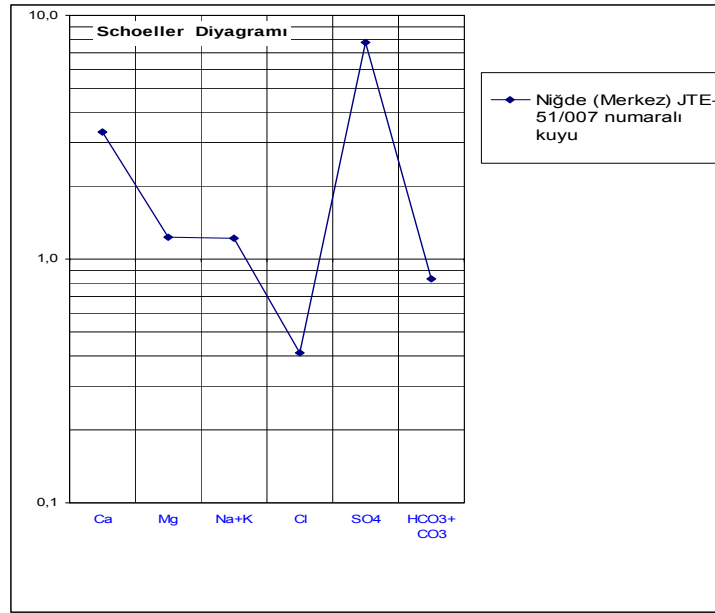


Şekil 3.1 JTE-51/007 no'lu kuyudan alınan su örneğinin [57]'da gösterimi

İyonların meq/l değerleri baz alınarak üçgen ve paralel kenar diyagramlarla suların sınıflamasında içerdiği katyon miktarlarına göre bu su, kalsiyum oranı yüksek kalsiyumlu sular ve anyon miktarlarına göre sülfat oranı çok yüksek sular grubundadır.

#### 3.1.3.4 Schoeller diyagramı

Jeotermal kuyudan alınan su örneğinin kimyasal analizleri sonucu hazırlanmış Schoeller diyagramı Şekil 3.3.'de verilmiştir. Hakim iyonları  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{SO}_4^{-2}$ 'dir.



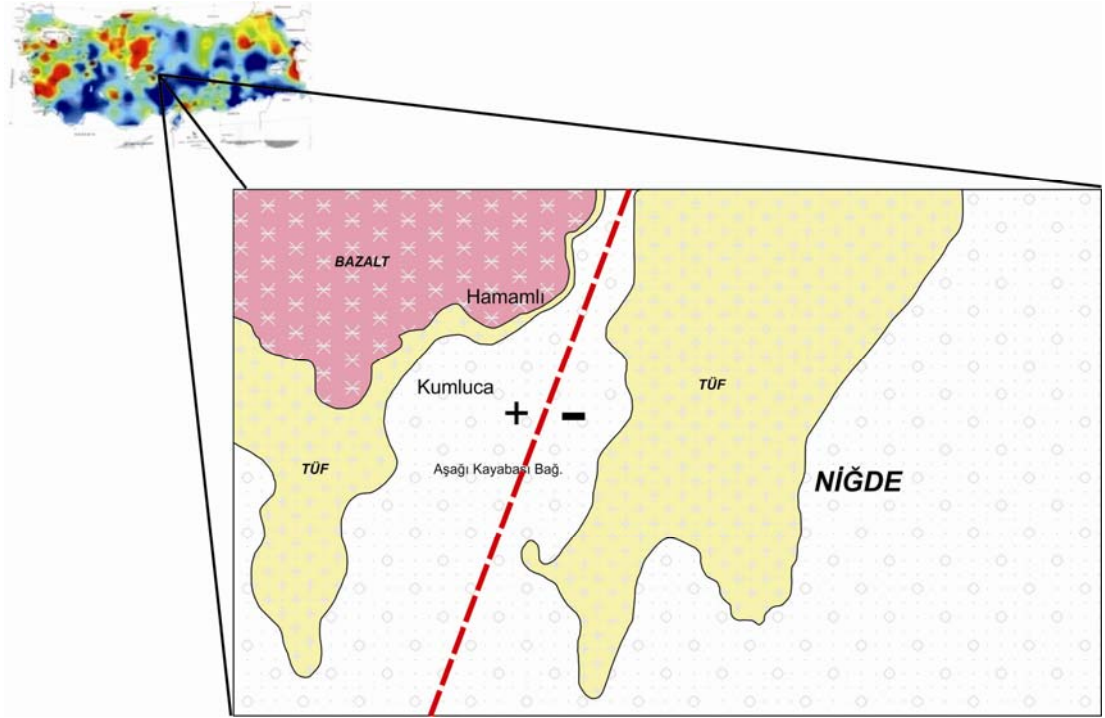
Şekil 3.2 JTE-51/007 no'lu kuyudan alınan su örneğinin yarı logaritmik Schoeller diyagramında gösterimi

## BÖLÜM IV

### MATERYAL VE METOD

#### 4.1 Arazi Çalışmaları

Jeotermal jeoloji çalışmalarında olmasa olmaz hidrotermal alterasyon etüdü için bölgenin 1/10.000 ölçekli haritasında numune alınacak lokasyonlar belirlenmiş daha sonra çalışma alanında 2 m arayla 17 adet numune alınmıştır. Alınan numunelerin karışmaması için numaralandırılmıştır.



Şekil 4.1 Çalışma alanında numune alınan yerler

XRF ve X-Ray analizleri için alınan numuneler, agat havanda öğütülmüş ve çalışmanın güvenliği için öğütülen numune çeyreklemesi yöntemiyle homojen hale getirilmiştir.

#### 4.2 Laboratuvar Çalışmaları

Çalışmada kullanılan ince kesitler, XRF, X-Ray bulguları Almanya Friedrich-Schiller-Universität Jena üniversitesinde yaptırılmış, çıkan sonuçları doğrulamak amacı ile de beş adet numune alınıp toz haline getirilmiş ve Hacettepe Üniversitesine gönderilerek analiz yaptırılmıştır.

İnce kesitlerin fotoğrafları Nikon marka makine ile çekilmiş, ince kesit incelemeleri Olympos BH2 model polarizen mikroskopla ve X-Ray incelemeleri XPowder analiz program ile incelenmiştir.

#### **4.3 Büro Çalışmaları**

Büro çalışmaları, arazi ve laboratuvar çalışmalarından önce başlanmış ve tüm tez çalışmasının sonuna kadar sürdürülmüştür. İnceleme alanı ile ilgili rapor, derleme, yayın, makale ve diğer bilimsel çalışmalar araştırılmıştır. Arazi üzerinde yapılan çalışmalar [35] tarafından yapılan 1/10.000 ve 1/25.000 ölçekli jeolojik haritaların revizyonu yapılarak yürütülmüştür.

## BÖLÜM V

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### 5.1 Mineralojik Bulgular

Fotoğraf 5.1 de sunulan bulduru haritasında yoğun hidrotermal alterasyon gözlenmektedir. Bu zonda yapılan çalışmalarla alınan örneklerin mineraloji tanımlamalarına göre;



Fotoğraf 5.1 Niğde yöresinde gözlenen yoğun hidrotermal alterasyon zonlanması  
(şehir mezarlığı batısı)

Fotoğraf 5.2 de 1 numaralı örnekte yer alan mineraller; plajiolaz, kuvars, feldispatlardan oluşmakta olup, kuvarslar özşekli ve yarı özşekli olarak görülmektedir. Yaklaşık % 50 oranında matrix içeren örnek mineral bileşimi ve yapılardan hareketle litik vitrif kristal tuf olarak adlandırılmıştır.

Fotoğraf 5.3 de 2 numaralı örnek bir fay zonunun yüzeyinden alınmıştır. Alterasyona uğramış kahverengimsi ve kırmızımsı bir renge sahiptir. İnce kesitin bağlayıcı maddesi kil matrixtir. Kesit içinde kayaç içerisinde sokulum yapmış ve çift nikolde

renksiz olan özşekilli pümisler, kesit genelinde yaygın olarak yarı öz şekilli ve özşekilsiz çift nikolde yanma sönme gösteren kuvars kristalleri, plajiolazlar ayrıca kesit içerisinde ara ara çift nikolde renksiz, boyutları 2mm – 64mm arasında değişen volkanoklastik (piroklastik) kayaç türlerinde lapillitaşlar D ve G fotoğraflarında olduğu gibi gözlenmektedir. İncelenen örnekte %30 oranında kristal taneleri ve yaklaşık %50 oranında kayaç parçacıkları ve %20 oranında matrix bulunduğu kristal – litik tuf tür.

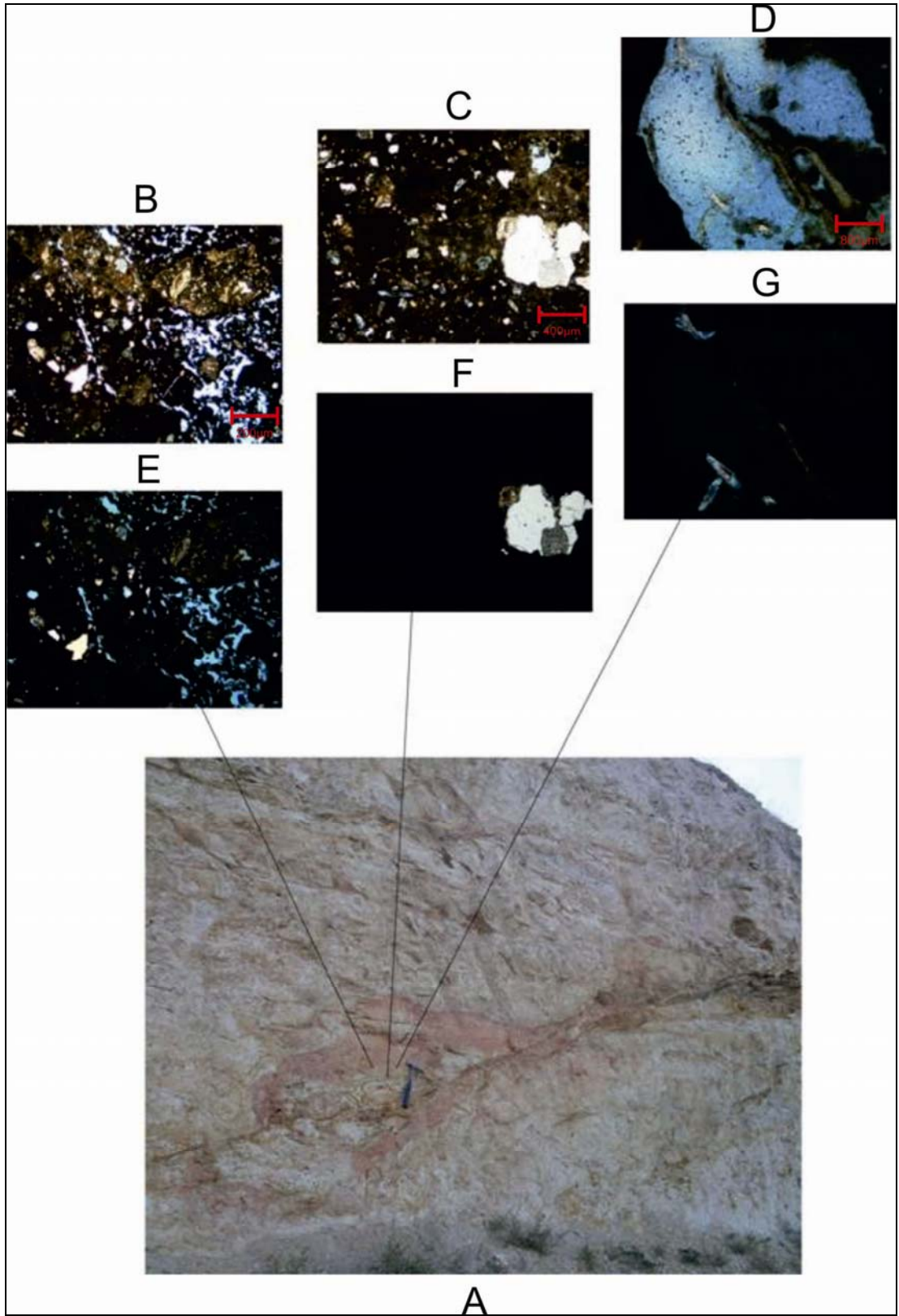
Fotoğraf 5.4 de 3 numaralı örnekte ara ara öz şekilli pümisler, yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kuvars kristalleri, çift nikolde pijamalı halde yanma sönme gösteren plajiolazlar, feldispatlar; tek nikolde renksiz, çift nikolde gökkuşağı renklerinde muskovitler, yer yer de hematitleşmeler ve limonitleşmeler gözlenmektedir.

Kesit içerisinde %20 oranında pümis %60 oranında kristal taneleri ve %10 oranında kayaç parçacıkları ile %10 oranında matrix bulunmakta olup vitrik - kristal – litik Tuf sınıfına girmektedir.

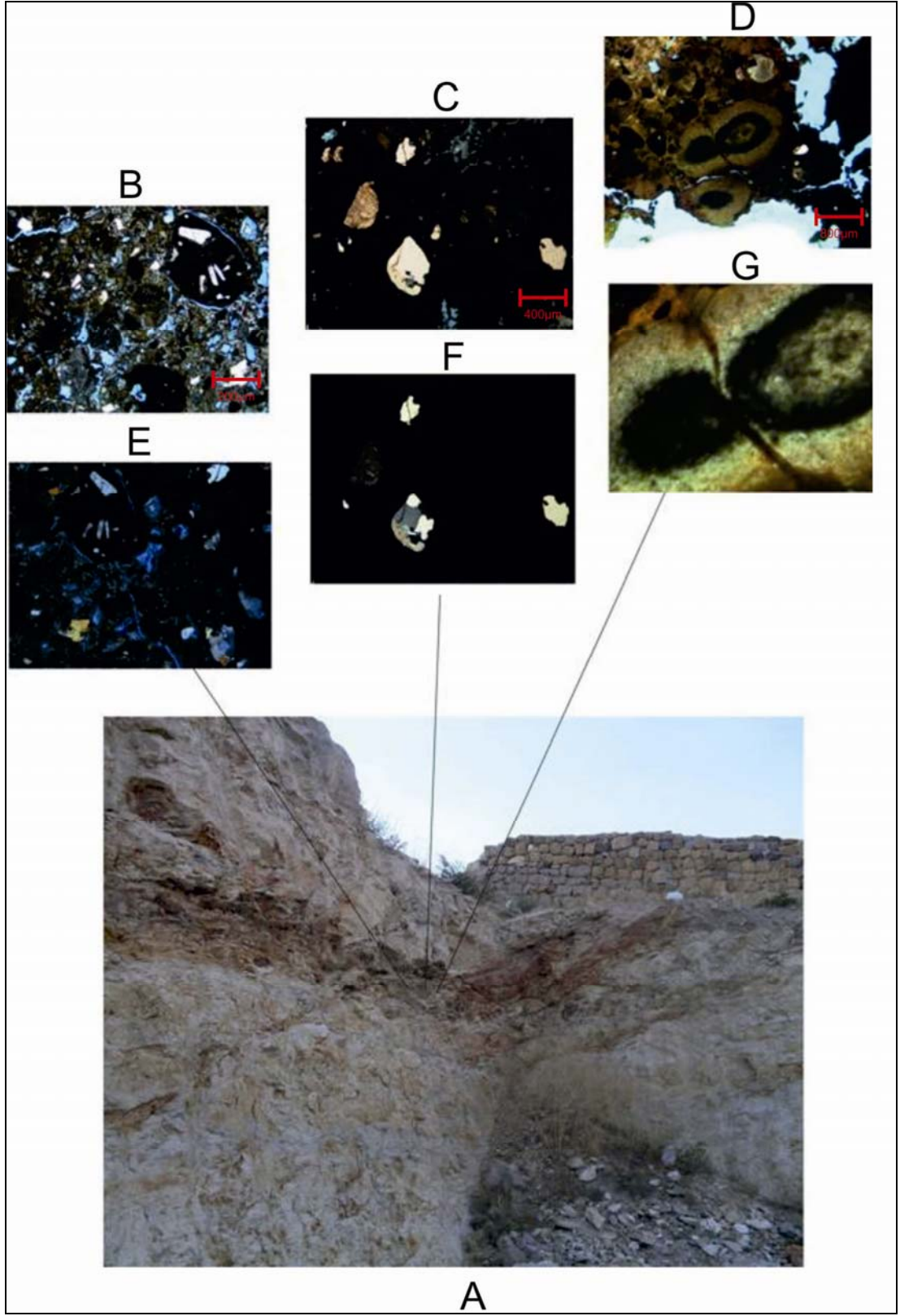
Fotoğraf 5.5 de 4 numaralı örnekte matrix içerisinde yaklaşık 0.5 mm den 4 mm ye kadar değişen aralıklarda kristal ve kayaç parçacıkları karışmış halde bulunmakta ve kesit genelinde kayaç parçacıkları yoğun olarak görülmektedir.

Kuvars, plajiolaz kristalleri, tek nikolde yeşil renkte, çift nikolde renksiz feldispatlar, kahverengi tonlarında demir oksitler bulunmaktadır. Oksitleşme ürünleri olarak limonit, hematit gibi ürünlere rastlanmaktadır. Örnekte %10 oranında pümis %70 oranında kayaç parçacıkları ve %20 oranında matrix görüldüğünden vitrik – litik tuf olarak adlandırılmaktadır.

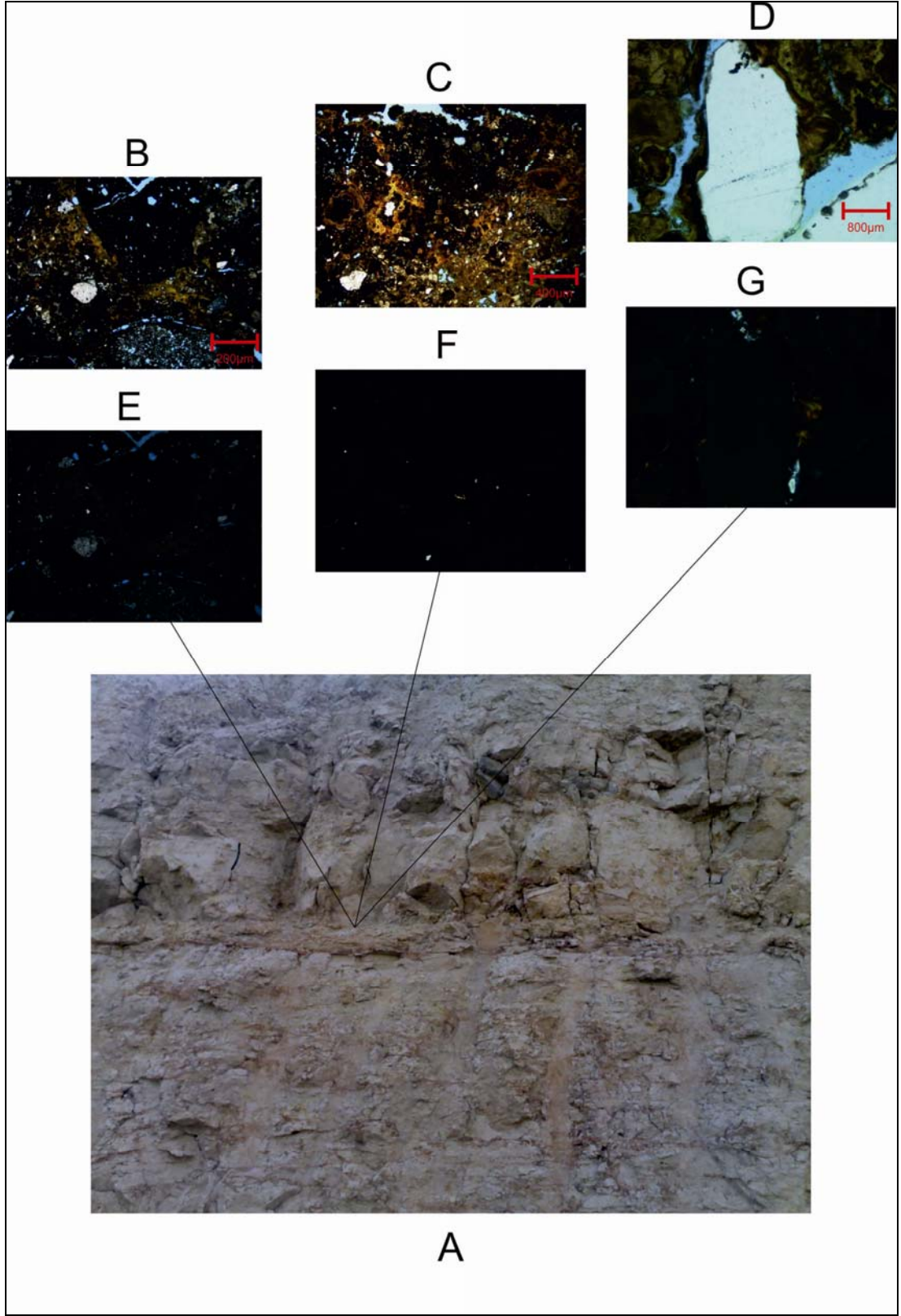
Fotoğraf 5.6 de 5 numaralı örnek genelinde matrix içine gömülü halde 0.1mm – 1mm boyutlarında kayaç parçaları görülmekte olup, öz şekilsiz kuvars kristalleri görülmekte, kesitin genelinde de hematitleşme ve oksitlenme yaygın olarak bulunmaktadır. Kesit içerisinde %30 oranında kristal %50 oranında litik(kayaç parçacığı) %20 oranında kil matrix olup Kristal – Litik Tuf tür.



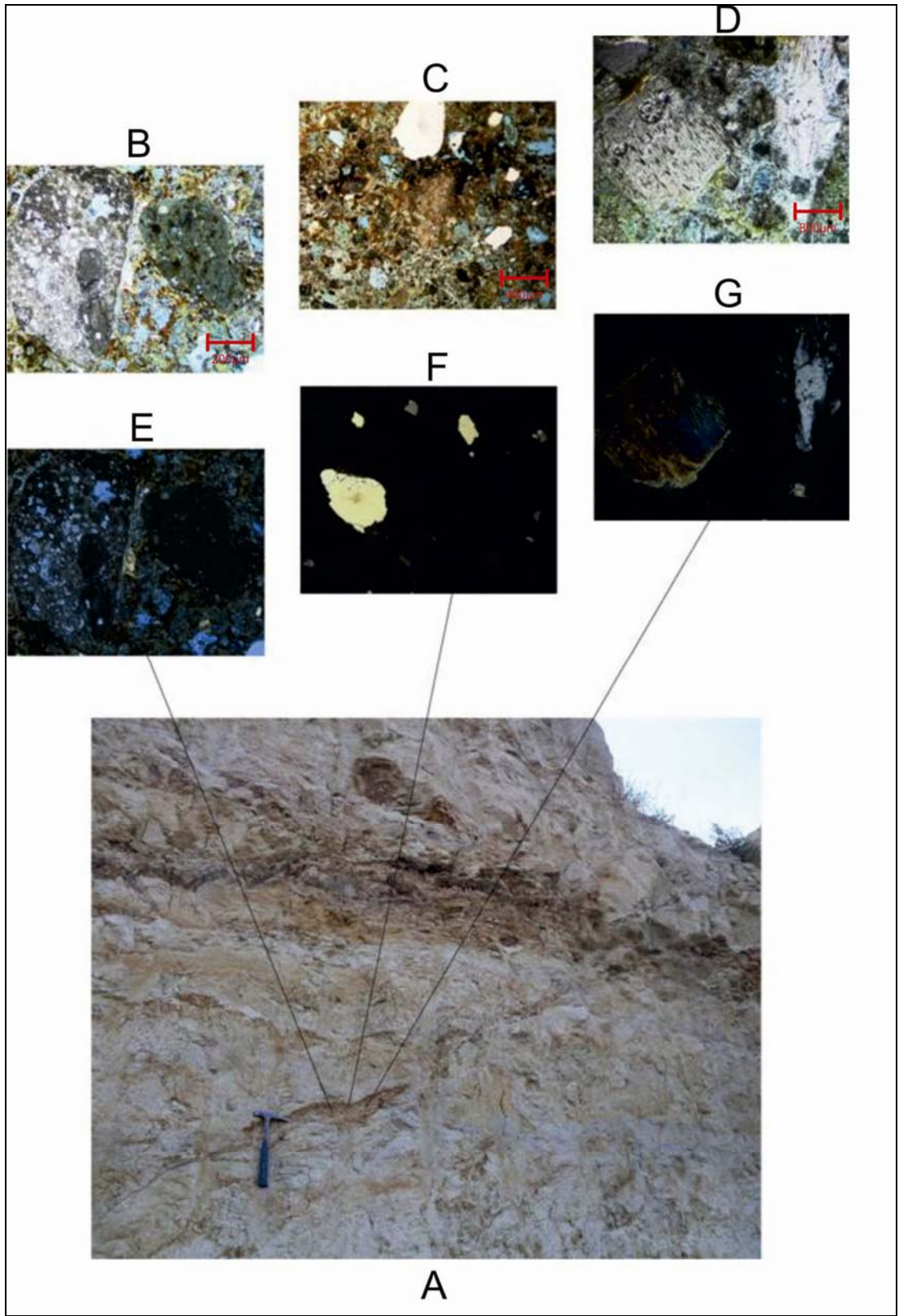
Fotoğraf 5.2 1 numaralı numuneye ait fotoğraflar



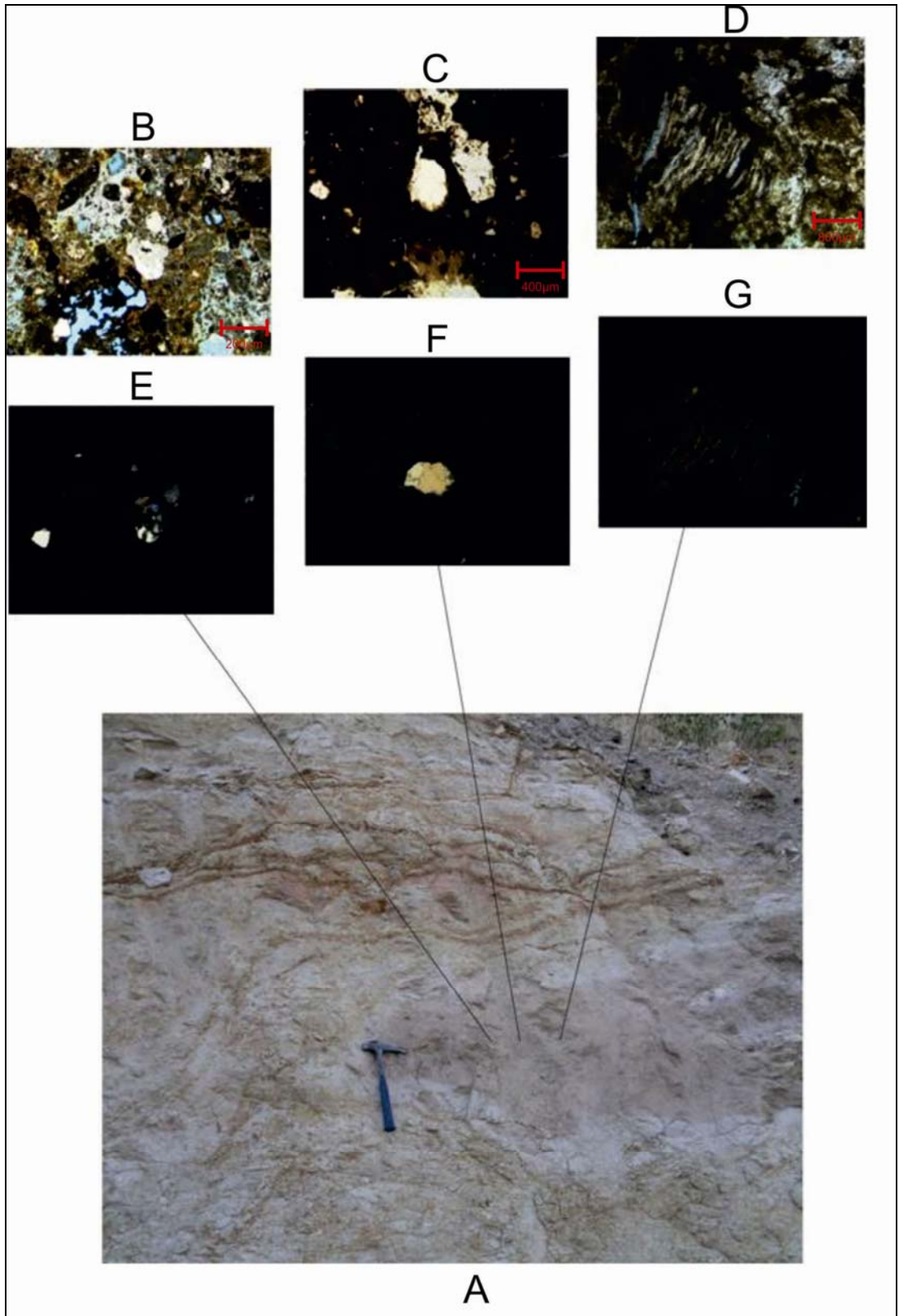
Fotoğraf 5.3 2 numaralı numuneye ait fotoğraflar



Fotoğraf 5.4 3 numaralı numuneye ait fotoğraflar



Fotoğraf 5.5 4 numaralı numuneye ait fotoğraflar



Fotoğraf 5.6 5 numaralı numuneye ait fotoğraflar

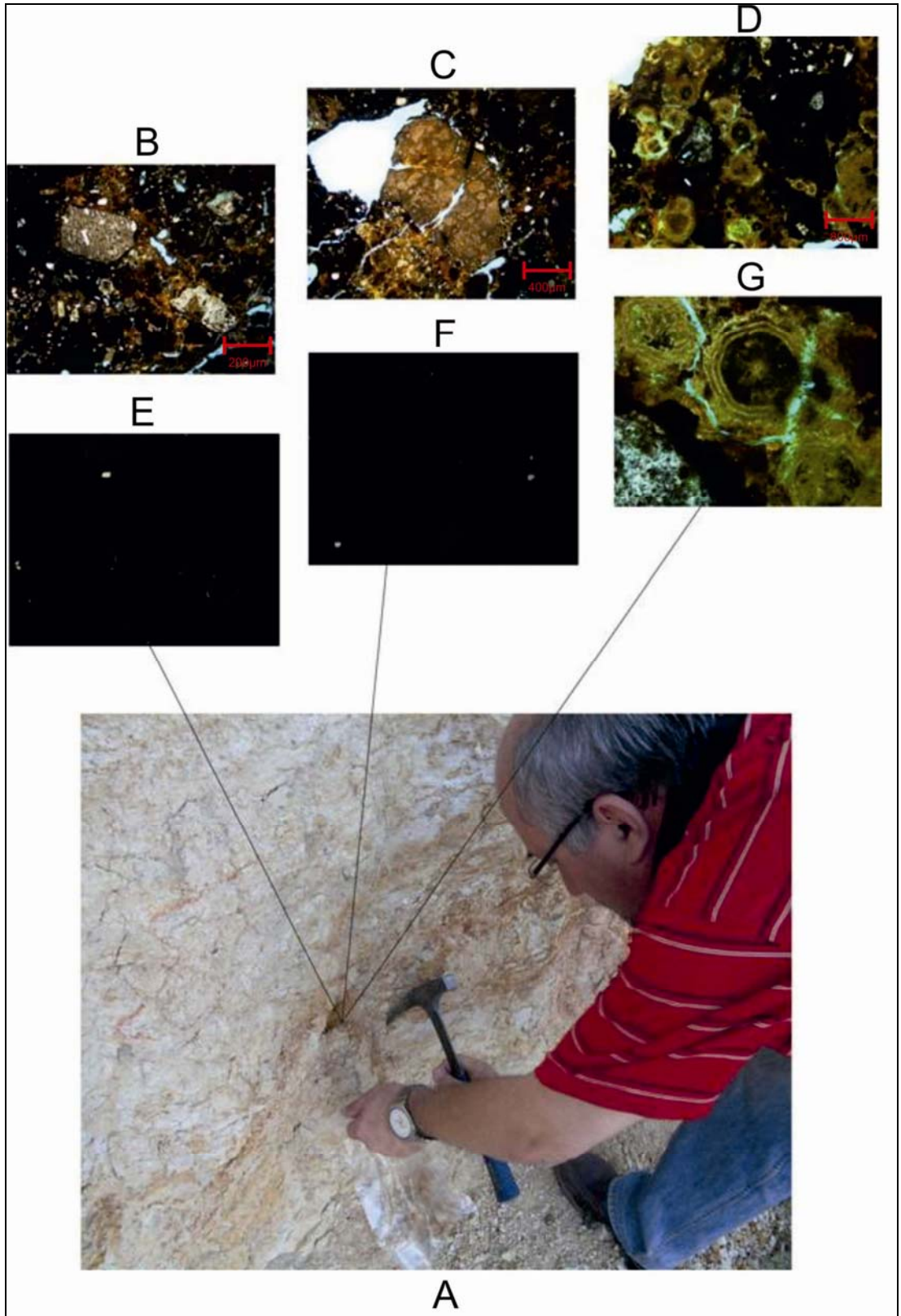
Fotoğraf 5.7 de 6 numaralı örnek içerisinde C resminde görüldüğü gibi kayaç içerisine sokulum yapan ufak kayaç parçacıkları, ayrıca D ve G resimlerinde görüldüğü gibi lapillitaş parçacıkları, kristal olarak amfiboller, feldispatlar, kuvarslar ve plajiolazlar bulunmaktadır. Kesit pümsce (vitrikce) zengindir. Kesit içerisinde %30 oranında kristal %40 oranında püms % 20 oranında matrix %10 oranında kayaç parçacıkları bulunduğundan örnek litik - kristal – vitrik tuf olarak adlandırılmaktadır.

Fotoğraf 5.8 de 7 numaralı örnekte yer yer püms ve kristaller gözlenmekte ve kristal olarak muskovit, kuvars, plajiolaz bulunmaktadır. Kesit içerisinde bulunan feldispatlarda yaygın bir killeşme ve silisleşme görülmekte ayrıca kesit litikce (kayaç parçacıkları) zengindir. Kesit içerisinde % 20 oranında kristal %65 oranında litik ve %15 oranında matrix olduğundan silisifiye kristal – litik tuf olarak adlandırılmaktadır.

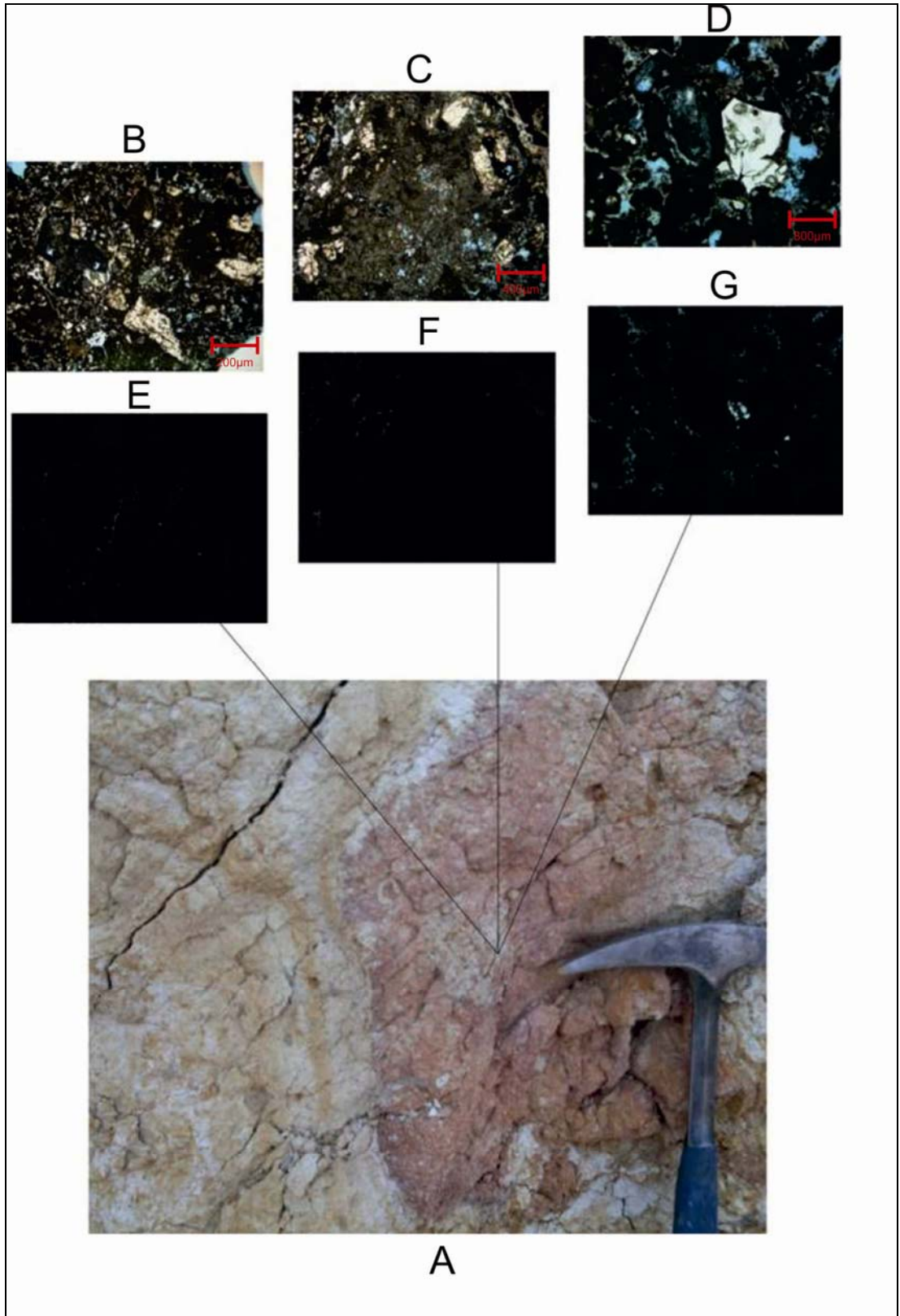
Fotoğraf 5.9 de 8 numaralı örnekte hematitleşme, limonitleşme, kloritleşme ve killeşmeler görülmektedir. Ayrışma ürünleri olarak feldispatlar ve yer yer mafik mineraller gözlenmekte, feldispat minerallerinde killeşme, biyotit ve hornblend minerallerinde ise opasitleşme ile kloritleşmeler izlenmektedir. Kesit içerisinde püms miktarı %10 kristal miktarı %70 ve matrix miktarı %20 civarında olduğundan vitrik – kristal Tuf sınıfındadır.

Fotoğraf 5.10 de 9 numaralı örnekte görüldüğü gibi tufün içindeki volkanik çakıllardan alınmıştır. Kayaç adı: piroksenli andezit, kayaç dokusu: porfirik ve glomera porfirik. Kesit içerisinde özşekilli ve yarı özşekilli kuvars taneleri ile plajiolazlar bulunmaktadır, plajiolazlarda zonlanma ve elek dokusu yaygın olarak görülmektedir. Örnek içerisindeki mineraller; grimsi, yeşil renkte dik sönmeli ortopiroksen (enstatit), sarımsı tonlarda eğik sönmeli klino piroksen (ojit) ve opak mineral olarak da demir titan oksitler görülmektedir.

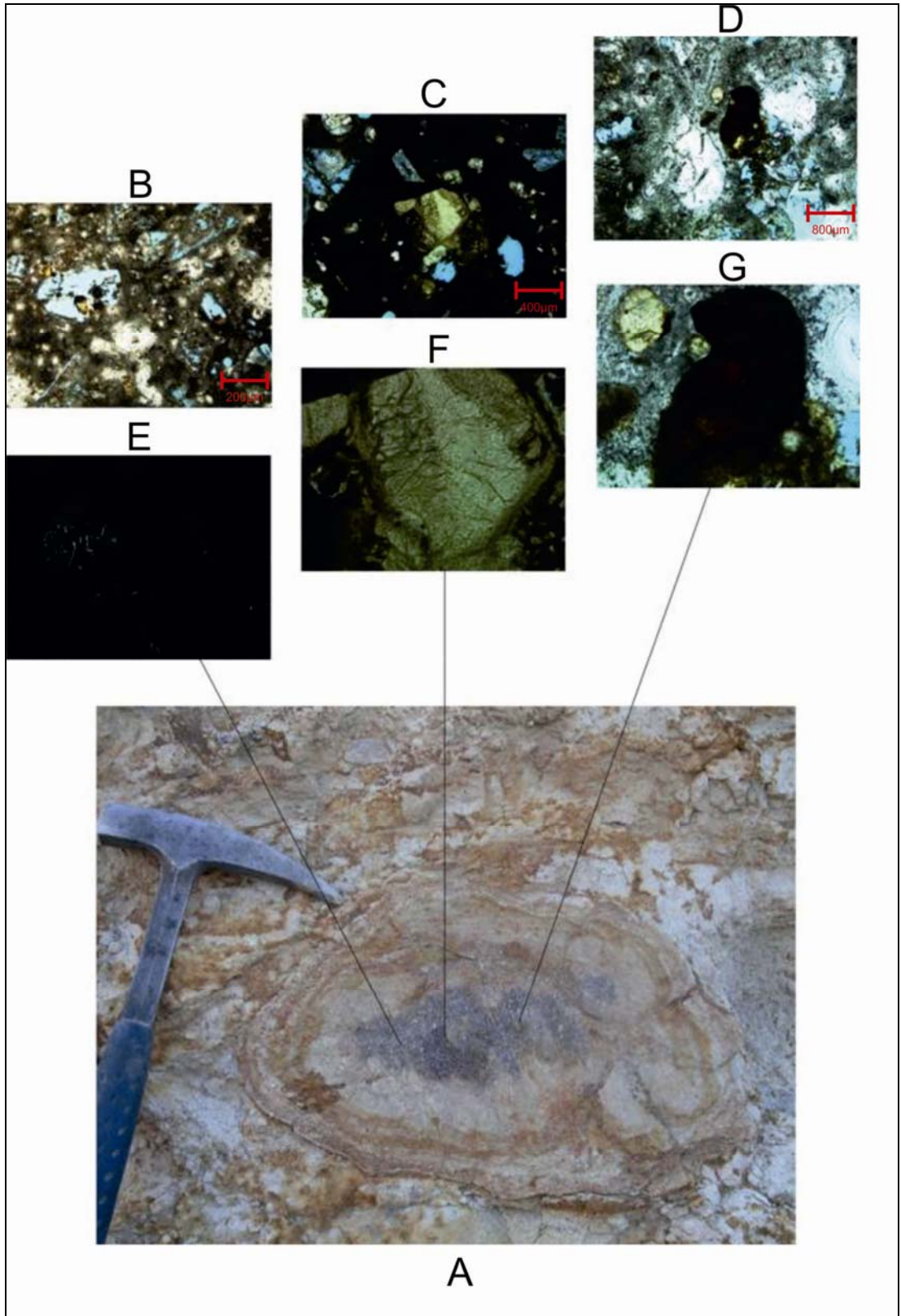
Fotoğraf 5.11 de 10 numaralı örnekte görüldüğü gibi numune sarımsı ve kahverengimsi tonlarda hematitleşmenin olduğu yüzeyden alınmıştır. Kesit içerisinde az miktarda püms, plajiolaz ve yoğun miktarda kuvars ve kayaç parçacıkları bulunmaktadır. Kesit içerisinde %35 oranında kristal %50 oranında litik ve %15 oranında matrix bulunduğundan kristal – litik tuf'tür.



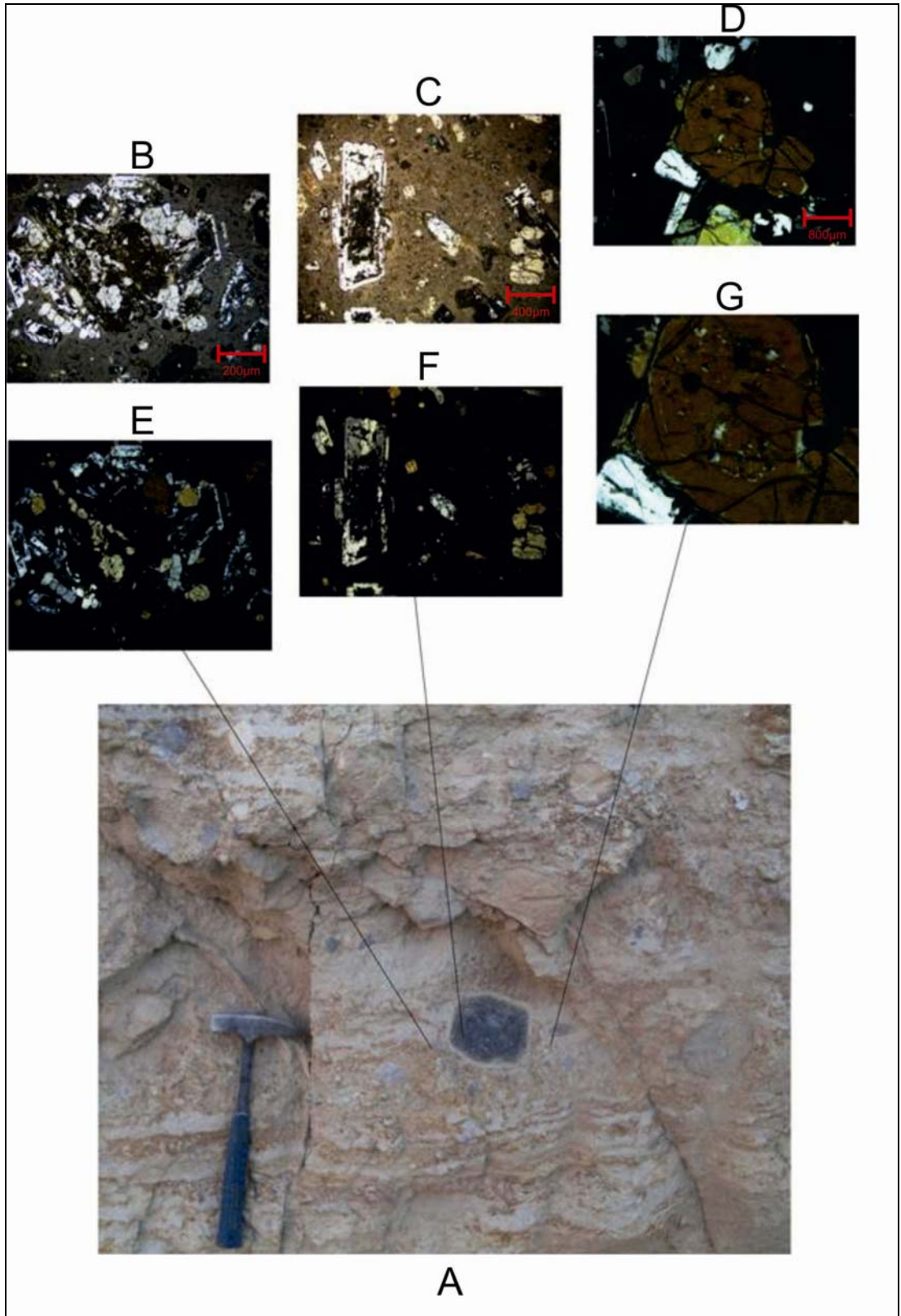
Fotoğraf 5.7 6 numaralı numuneye ait fotoğraflar



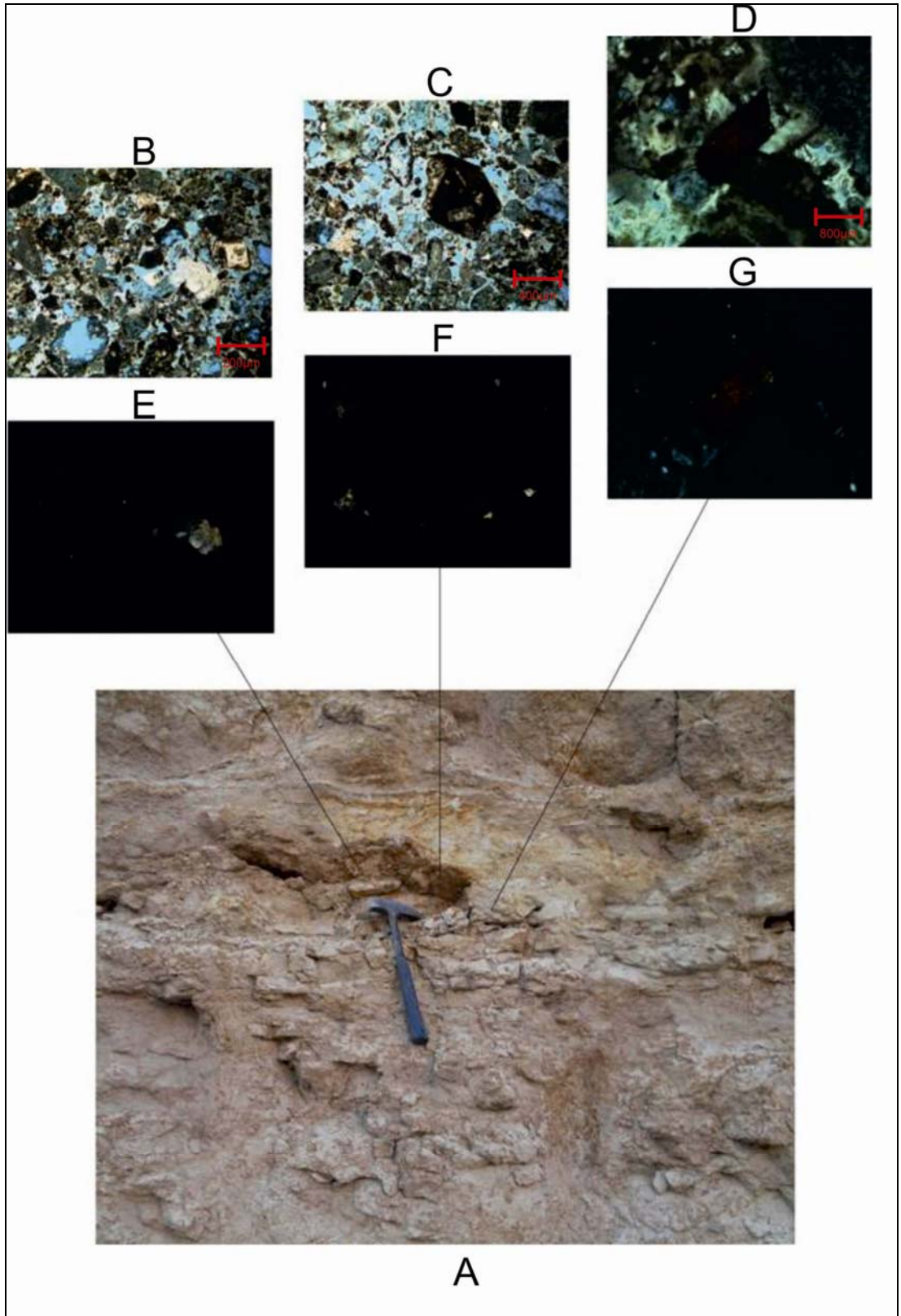
Fotoğraf 5.8 7 numaralı numuneye ait fotoğraflar



Fotoğraf 5.9 8 numaralı numuneye ait fotoğraflar



Fotoğraf 5.10 9 numaralı numuneye ait fotoğraflar



Fotoğraf 5.11 10 numaralı numuneye ait fotoğraflar

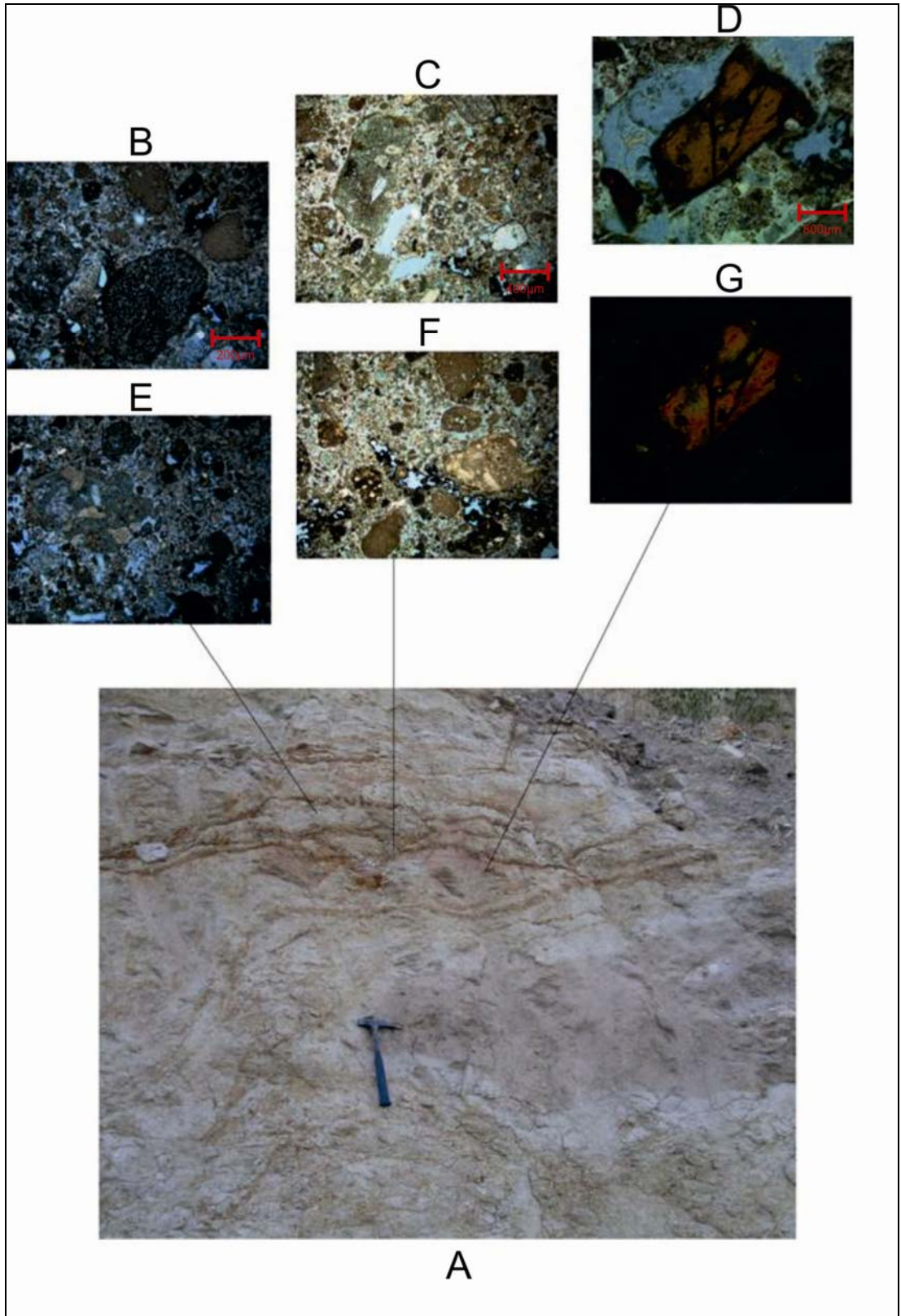
Fotoğraf 5.12 de 11 numaralı örnek damar içinde alterasyona uğramış kırmızımsı yüzeyden alınmıştır. Örnek kayaç olarak içerisinde boşlukları olan pomzalar, yer yer yeşilimsi renkte feldispatlar ve küçük boyutlardaki kayaç parçacıkları, amfiboller ve özşekilsiz kuvars kristalleri ile kahverengimsiden turuncumsuya değişen renklerde özşekilli biyotitler görülmektedir. Örnek pümisce zengin olup içerisinde %25 oranında kristal %60 oranında pümis olduğundan kristal – vitrik tuf'tür.

Fotoğraf 5.13 de 12 numaralı örnek tüfler içinde zamanla alterasyona uğramış olan yüzeyden alınmıştır. Örnek içerisinde yoğun miktarda kuvars yer yer plajiolaz ve feldispatlar ve matrice, feldispatlara ve kayaç içerisine gömülü halde yoğun miktarda küçük boyutlu pümisler gözlenmektedir. Örnek içerisinde %30 oranında kristal, %50 oranında kaya parçacıkları ve %20 oranında matrix olup kristal – litik tuf'tür.

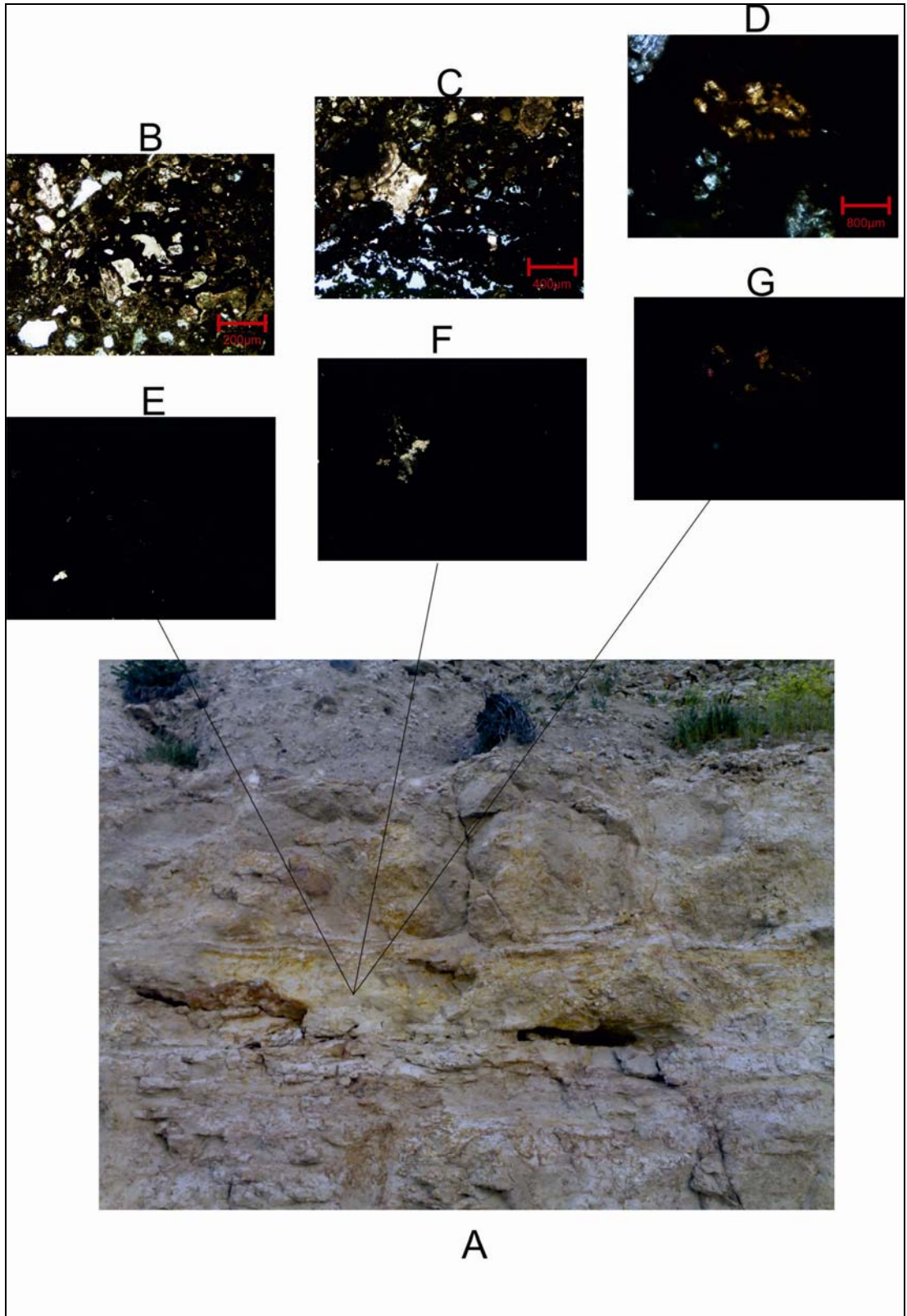
Fotoğraf 5.14 de 13 numaralı örnek içerisinde kuvars kristalleri yarı özşekilli ve özşekilli olup yanma sönme göstermektedirler. Küçük boyutlardaki pümis parçacıkları ise kesit genelinde olup kayaç içersine sokulum yapmış halde bulunmaktadırlar. Matrix miktarı fazla olan kesitte C resminde de görüldüğü gibi sıkışmış ve gevşek olmak üzere iki farklı durumda bulunmaktadır. Kesit içerisinde %20 oranında pümis, %55 oranında kayaç parçacığı ve %25 oranında matrix bulunduğuundan vitrik – litik tuf'tür.

Fotoğraf 5.15 de 14 numaralı örnek içerisinde bol miktarda özşekilsiz ve yarı özşekilli kuvarslar, plajiolazlar ve muskovitler gözlenmektedir. Örnek içerisinde kayaç parçacıkları küçük boyutlu olup, kesit genelinde pümisler nadir olarak rastlanmaktadır. Bu kayaç parçacıkları ve pümisler kesit içerisinde yeşil renkte bulunan feldispatlar içine sokulum yaptıkları gözlemlenmiştir. Örnek içerisinde %15 oranında pümis(cam parçacıkları) %60 oranında kristal ve %25 oranında kil matrix olduğundan vitrik – kristal tuf olarak adlandırılır.

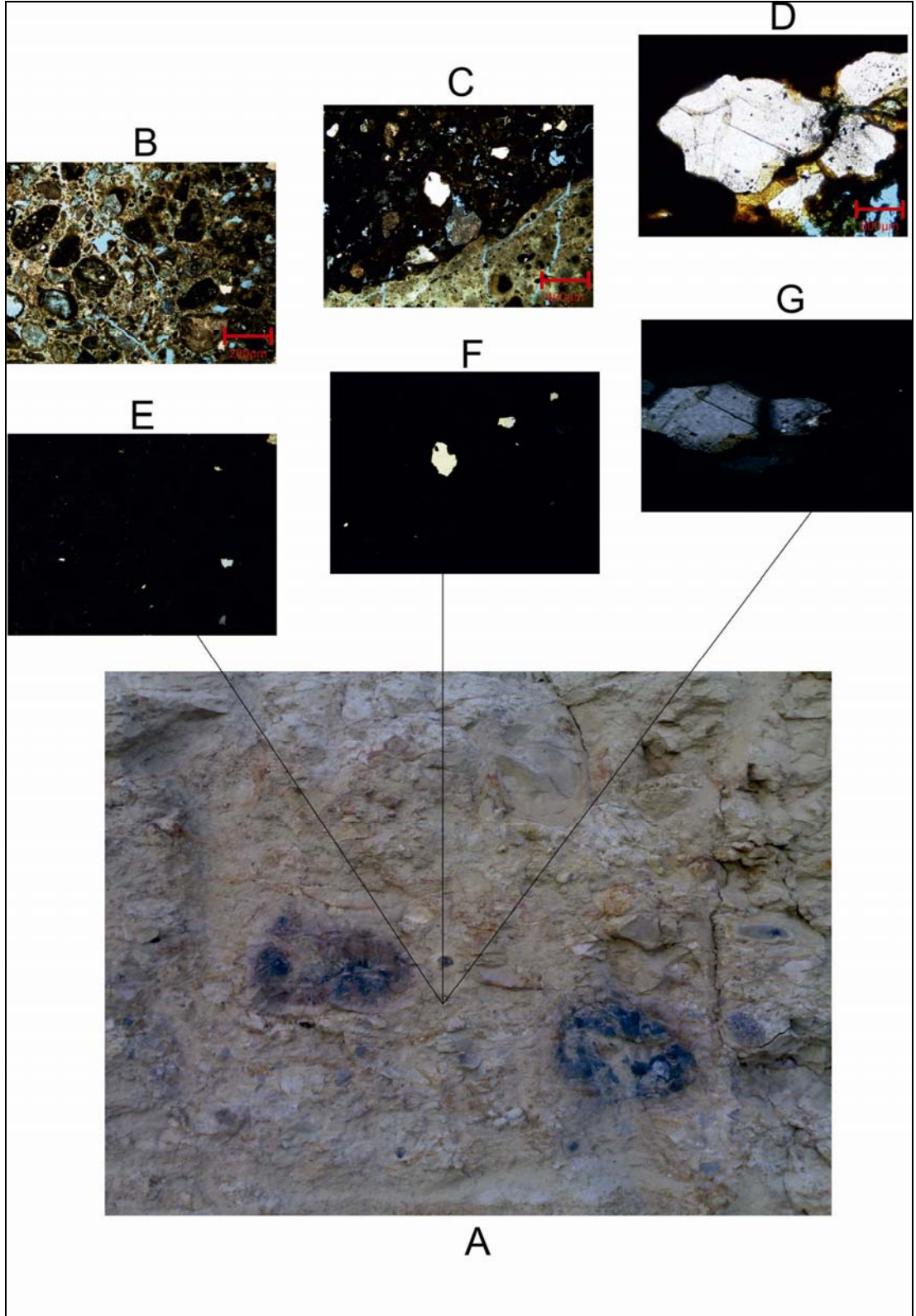
Fotoğraf 5.16 de 15 numaralı örnek tüfler içerisinde bulunan bir fay çatlağının yüzeyinden alınmıştır. Örnek içerisinde hornblend, biyotit ve mikaşistler gözlemlenmiş, kesit genelinde kuvars ve pümislere yer yer rastlanmıştır. İncelenen kesitler içerisinde resim C ve D de görüldüğü gibi en fazla matrix e sahip kesittir. Örnek içerisinde %20 oranında kristal, %50 oranında litik ve %30 oranında matrix bulunduğuundan kristal – litik tuf olarak adlandırılır.



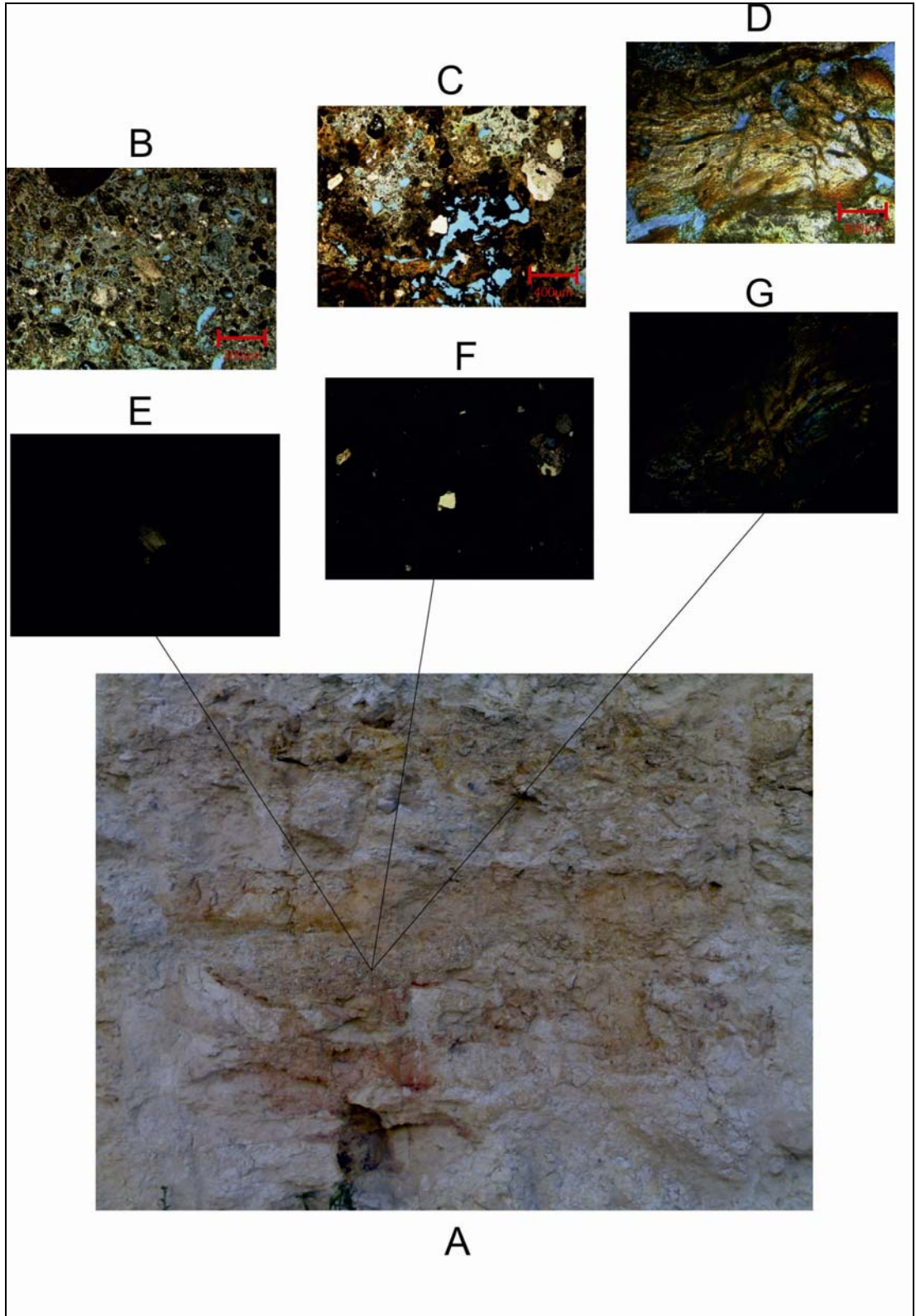
Fotoğraf 5.12 11 numaralı numuneye ait fotoğraflar



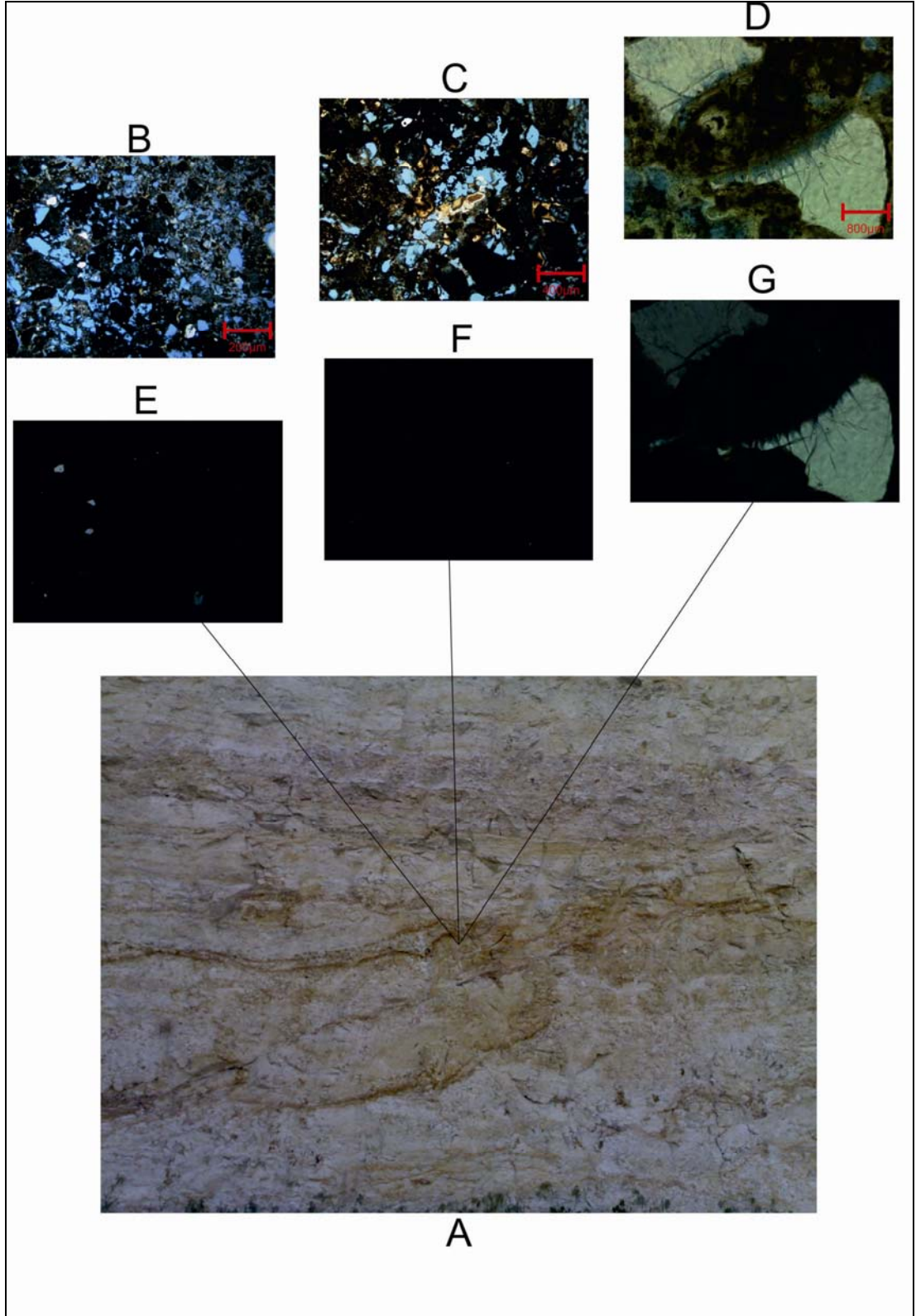
Fotoğraf 5.13 12 numaralı numuneye ait fotoğraflar



Fotoğraf 5.14 13 numaralı numuneye ait fotoğraflar



Fotoğraf 5.15 14 numaralı numuneye ait fotoğraflar



Fotoğraf 5.16 15 numaralı numuneye ait fotoğraflar

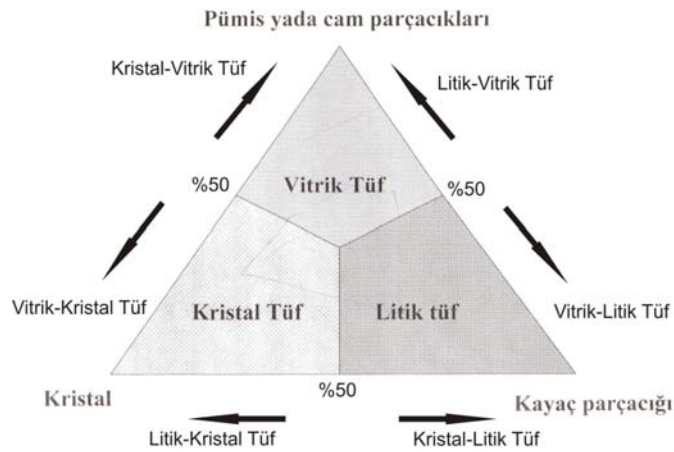
Minerolojik bulgulara bulunan numunelere ait fotoğraflarda. A, numunenin alındığı bölgenin fotoğrafı, B (10X), C (20X), D (40X) ince kesit fotoğrafları (/N), E (10X), F (20X),G (40X) ince kesit fotoğrafları (+N)

Çizelge 5.1 Volkanik Kayaçların boyutlarına göre sınıflandırılması [61]

|         | VolkanoklastikTane<br>(Parçacık) | VolkanoklastikKayaç<br>(Pomizlerle Kayaç) |
|---------|----------------------------------|-------------------------------------------|
| 64 mm   | Volkan bombası<br>Blok           | Aglomera<br>Volkanik Bres                 |
| 2 mm    | Lapilli                          | Lapillitay                                |
| 0,06 mm | İri Kül                          | Volkanik kumtaşı                          |
|         | İnce Kül<br>(Toz)                | Volkanik çamurtaşı                        |
|         |                                  | T<br>Ü<br>F                               |

İncekesitler üzerinde yapılan partikül ölçümüne göre, numuneler [61]'nın sınıflandırmasında volkanoklastik kayaçlardan volkanik çamurtaşı (<0,06) ve volkanik kumtaşı (0,06-2 mm) grubuna girmektedir.

Çizelge 5.2 Tüflerin bileşimlerine göre sınıflandırılması [62]



Yaptığımız çalışmada incelenen kesitler, mineral bileşimleri yüzde oranları ve yapılarına göre [62]'nin sınıflandırması kullanılarak litik, vitrik veya kristal tüf olarak isimlendirilmiştir (Çizelge 5.9).

## 5.2 Jeokimya

İnceleme alanından derlenen 12 örnek üzerinde ana ve iz element analizleri yapılmıştır.

Çizelge 5.3 Numunelerin iz element bileşimleri (ppm)

| No | V    | Cr  | Co  | Ni  | Cu  | Zn | Rb  | Sr   | Y  | Zr  | Nb | Ba   | Pb   | U | S     | Cl   |
|----|------|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|----|-----|----|------|------|---|-------|------|
| 1  | 328  | 68  | 61  | 19  | 60  | 12 | 21  | 323  | 5  | 118 | 6  | 506  | 2087 | 2 | 5104  | 173  |
| 2  | 386  | 106 | 41  | 26  | 41  | 17 | 47  | 459  | 6  | 147 | 8  | 493  | 367  | 2 | 5014  | 539  |
| 3  | 368  | 110 | 40  | 36  | 43  | 35 | 54  | 658  | 5  | 170 | 8  | 654  | 421  | 4 | 6707  | 215  |
| 4  | 282  | 94  | 23  | 37  | 53  | 43 | 69  | 1015 | 7  | 203 | 11 | 663  | 305  | 1 | 5313  | 176  |
| 5  | 1099 | 66  | 169 | 102 | 55  | 99 | 24  | 325  | 10 | 53  | 2  | 425  | 1134 | 4 | 2912  | 150  |
| 6  | --   | --  | --  | --  | --  | -- | --  | --   | -- | --  | -- | --   | --   | - | --    | --   |
| 7  | 1647 | 114 | 106 | 85  | 27  | 93 | 30  | 488  | 7  | 108 | 5  | 648  | 289  | 3 | 7101  | 384  |
| 8  | 210  | 77  | --  | 28  | 30  | -- | 33  | 4135 | 12 | 390 | 15 | 1298 | 80   | - | 52686 | 396  |
| 9  | 242  | 56  | 11  | 25  | 54  | 13 | 135 | 613  | 17 | 291 | 14 | 699  | 129  | 5 | 1263  | 204  |
| 10 | 188  | 77  | 19  | 33  | 142 | 6  | 89  | 337  | 1  | 211 | 11 | 342  | 103  | 2 | 4773  | 27   |
| 11 | 240  | 94  | 29  | 25  | 86  | 28 | 45  | 455  | 5  | 247 | 13 | 552  | 561  | 2 | 2924  | 1038 |
| 12 | 278  | 102 | 8   | 28  | 63  | 13 | 65  | 539  | 9  | 243 | 11 | 428  | 91   | 5 | 5729  | 88   |

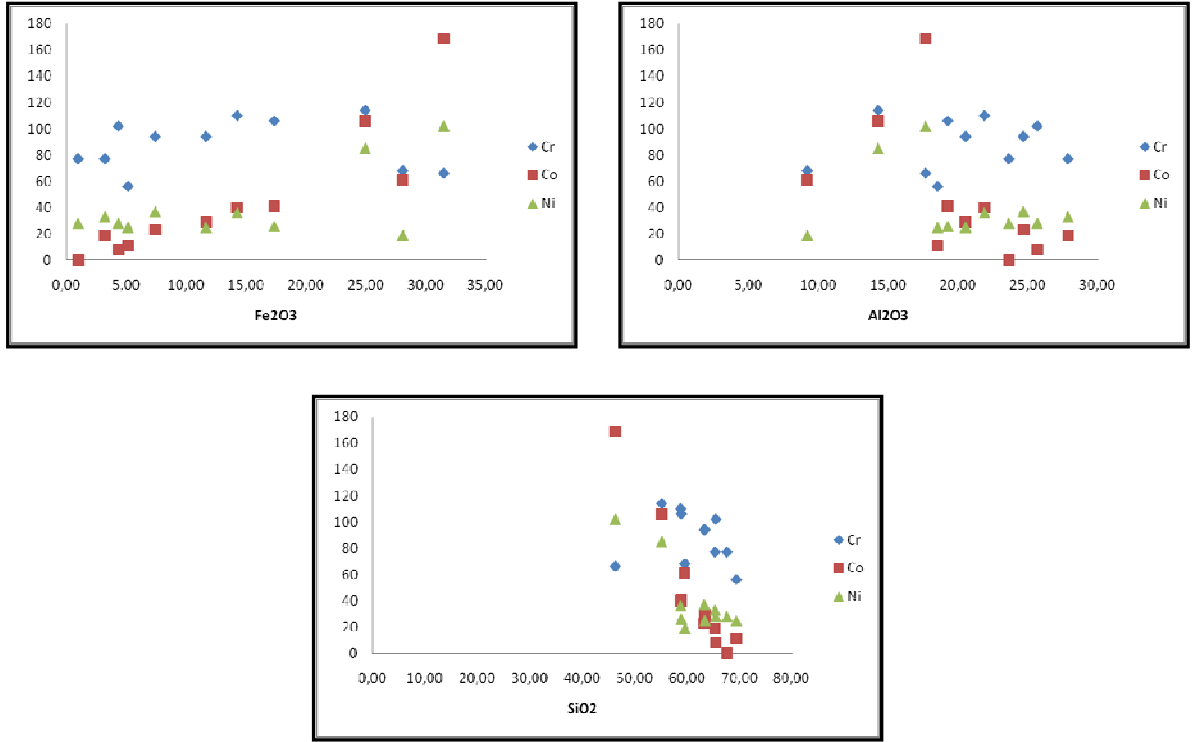
Çizelge 5.4 İz elementlerin korelasyon tablosu

|    | V     | Cr    | Co    | Ni    | Cu    | Zn    | Rb    | Sr    | Y     | Zr    | Nb    | Ba    | Pb    | U     | S    | Cl   |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| V  | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Cr | 0,26  | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Co | 0,81  | -0,11 | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Ni | 0,89  | 0,06  | 0,90  | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Cu | -0,39 | -0,27 | -0,34 | -0,23 | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Zn | 0,90  | 0,15  | 0,87  | 0,96  | -0,46 | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Rb | -0,44 | -0,30 | -0,65 | -0,38 | 0,36  | -0,51 | 1,00  |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Sr | -0,23 | -0,12 | -0,41 | -0,18 | -0,36 | -0,02 | -0,16 | 1,00  |       |       |       |       |       |       |      |      |
| Y  | 0,03  | -0,45 | 0,06  | 0,07  | -0,52 | 0,14  | 0,35  | 0,37  | 1,00  |       |       |       |       |       |      |      |
| Zr | -0,63 | -0,18 | -0,88 | -0,61 | 0,04  | -0,69 | 0,43  | 0,71  | 0,41  | 1,00  |       |       |       |       |      |      |
| Nb | -0,72 | -0,14 | -0,90 | -0,72 | 0,20  | -0,71 | 0,57  | 0,51  | 0,28  | 0,95  | 1,00  |       |       |       |      |      |
| Ba | -0,12 | -0,08 | -0,14 | -0,16 | -0,54 | 0,17  | -0,10 | 0,93  | 0,49  | 0,67  | 0,49  | 1,00  |       |       |      |      |
| Pb | 0,13  | -0,34 | 0,46  | 0,10  | -0,04 | 0,11  | -0,53 | -0,30 | -0,21 | -0,57 | -0,59 | -0,28 | 1,00  |       |      |      |
| U  | 0,13  | -0,16 | 0,08  | 0,19  | -0,25 | 0,09  | 0,31  | -0,12 | 0,67  | 0,17  | 0     | 0,07  | -0,22 | 1,00  |      |      |
| S  | -0,16 | -0,09 | 0,02  | -0,14 | -0,33 | 0,14  | -0,28 | 0,98  | 0,27  | 0,64  | 0,42  | 0,89  | -0,24 | -0,21 | 1,00 |      |
| Cl | -0,09 | 0,24  | -0,09 | -0,21 | -0,08 | -0,04 | -0,24 | 0,10  | -0,08 | 0,21  | 0,28  | 0,18  | -0,03 | -0,31 | 0,08 | 1,00 |

Çizelge 5.5 Kil minerallerinin oluşum tablosu

| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / SiO <sub>2</sub> |
|--------------------------------|------------------|---------------------------------------------------|
| 9,20                           | 59,58            | 0,15                                              |
| 19,26                          | 58,87            | 0,33                                              |
| 21,89                          | 58,75            | 0,37                                              |
| 24,67                          | 63,23            | 0,39                                              |
| 17,67                          | 46,34            | 0,38                                              |
| 14,27                          | 55,16            | 0,26                                              |
| 23,63                          | 67,54            | 0,35                                              |
| 18,53                          | 69,34            | 0,27                                              |
| 27,86                          | 65,29            | 0,43                                              |
| 20,54                          | 63,33            | 0,32                                              |
| 25,67                          | 65,43            | 0,39                                              |

Grafik 5.1 İz elementlerin dağılım grafiği



Yapılan jeokimya analiz sonuçlarının verildiği çizelge çizelge 5.3, 5.4, 5.5 ve grafik 5.1 de görülebileceği üzere alınan örneklerde sağlıklı bir korelasyon yapma olanağı bulunamamıştır.

Hidrotermal alterasyona uğrayan kayalarda alınan bu örneklerde doğal olarak herhangi bir korelasyon bulunamamaktadır.

İz element sonuçlarının sunulduğu çizelge 5.3 de Cr, Co, Ni değerlerinin yüksek çıkması bozuk kayalardan piroklastik kayalara malzeme geldiğinin bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Bu iz element korelasyonları TAS diyagramındaki sonuçlara bağlı olarak kayaların hidrotermal getirmeye buna bağlı olarak bozuşmanın olduğu saptanmıştır.

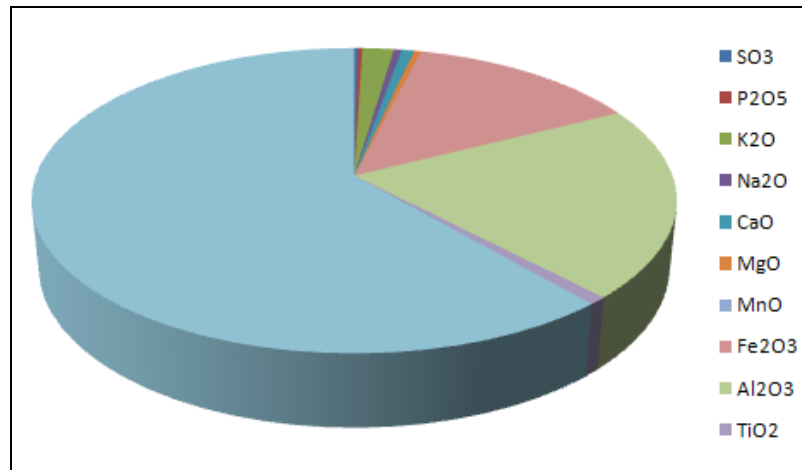
Çizelge 5.6 Numunelerin ana oksit bileşimleri (%)

| No | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | CaO  | MgO  | MnO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | SiO <sub>2</sub> |
|----|-----------------|-------------------------------|------------------|-------------------|------|------|------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|
| 1  | 0,09            | 0.19                          | 0.66             | 0.20              | 0.62 | 0.38 | --   | 28.07                          | 9.20                           | 0.78             | 59.58            |
| 2  | 0,12            | 0.20                          | 1.40             | 0.44              | 0.79 | 0.50 | 0.01 | 17.36                          | 19.26                          | 0.79             | 58.87            |
| 3  | 0,15            | 0.27                          | 1.63             | 0.40              | 0.80 | 0.62 | --   | 14.27                          | 21.89                          | 0.82             | 58.75            |
| 4  | 0,11            | 0.26                          | 1.65             | 0.41              | 0.71 | 0.52 | 0.01 | 7.44                           | 24.67                          | 0.80             | 63.23            |
| 5  | 0,07            | 0.24                          | 0.97             | 0.27              | 1.26 | 0.76 | 0.04 | 31.48                          | 17.67                          | 0.32             | 46.34            |
| 6  | --              | --                            | --               | --                | --   | --   | --   | --                             | --                             | --               | --               |
| 7  | 0,27            | 0.25                          | 1.92             | 0.51              | 1.00 | 0.83 | 0.01 | 24.95                          | 14.27                          | 0.62             | 55.16            |
| 8  | 1,05            | 0.79                          | 3.84             | 0.63              | 0.32 | --   | --   | 1.01                           | 23.63                          | 0.72             | 67.54            |
| 9  | 0,03            | 0.19                          | 3.95             | 0.89              | 0.46 | 0.21 | 0.01 | 5.18                           | 18.53                          | 1.03             | 69.34            |
| 10 | 0,29            | 0.09                          | 1.24             | 0.23              | 0.63 | 0.14 | 0.01 | 3.25                           | 27.86                          | 0.86             | 65.29            |
| 11 | 0,05            | 0.19                          | 1.42             | 0.52              | 0.62 | 0.23 | --   | 11.66                          | 20.54                          | 1.12             | 63.33            |
| 12 | 0,14            | 0.21                          | 1.61             | 0.44              | 0.81 | 0.32 | --   | 4.36                           | 25.67                          | 0.82             | 65.43            |

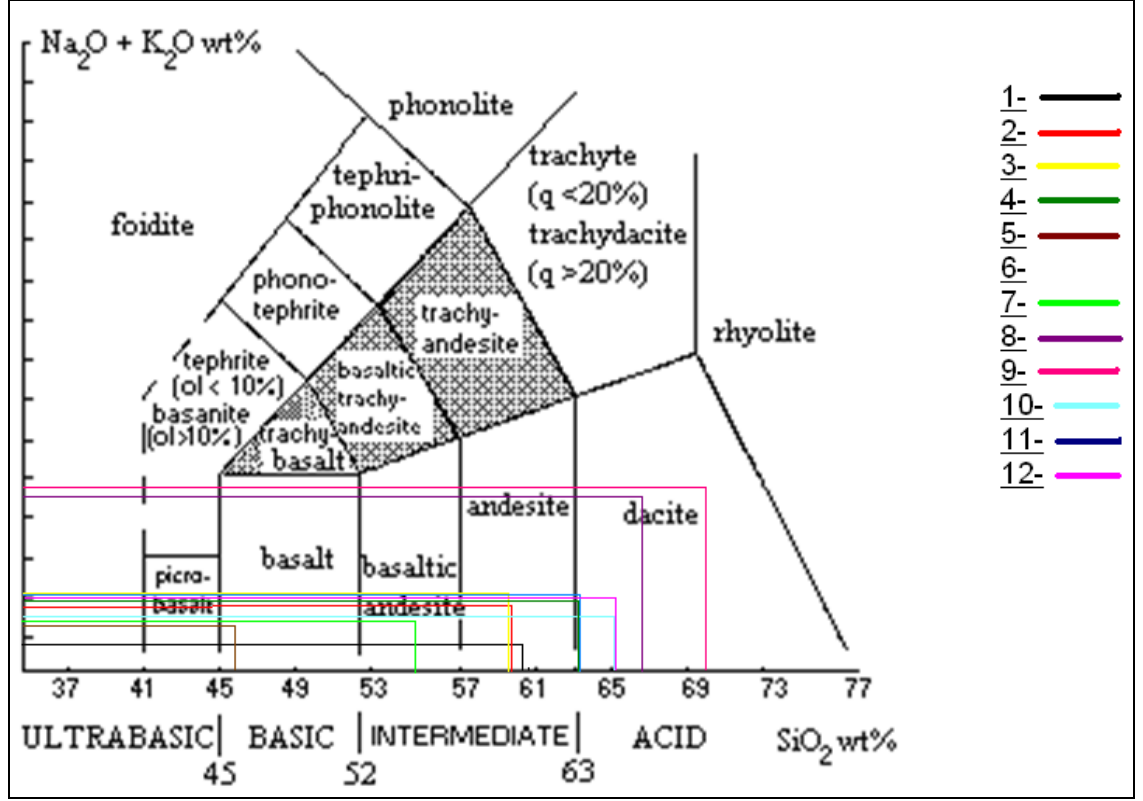
Çizelge 5.7 Ana oksitlerin korelasyon tablosu

|       | SO3  | P2O5 | K2O  | Na2O | CaO  | MgO  | MnO  | Fe2O3 | Al2O3 | TiO2 | SiO2 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| SO3   | 1,0  |      |      |      |      |      |      |       |       |      |      |
| P2O5  | 0,9  | 1,0  |      |      |      |      |      |       |       |      |      |
| K2O   | 0,5  | 0,6  | 1,0  |      |      |      |      |       |       |      |      |
| Na2O  | 0,2  | 0,3  | 0,9  | 1,0  |      |      |      |       |       |      |      |
| CaO   | -0,5 | -0,4 | -0,6 | -0,5 | 1,0  |      |      |       |       |      |      |
| MgO   | 0,2  | 0,8  | -0,2 | -0,2 | 0,8  | 1,0  |      |       |       |      |      |
| MnO   | -0,4 | 0,3  | -0,4 | -0,4 | 0,8  | 0,5  | 1,0  |       |       |      |      |
| Fe2O3 | -0,4 | -0,3 | -0,6 | -0,5 | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 1,0   |       |      |      |
| Al2O3 | 0,3  | 0,1  | 0,2  | 0,1  | -0,2 | -0,4 | -0,3 | -0,8  | 1,0   |      |      |
| TiO2  | -0,2 | -0,2 | 0,3  | 0,4  | -0,7 | -0,8 | -0,8 | -0,6  | 0,2   | 1,0  |      |
| SiO2  | 0,3  | 0,2  | 0,6  | 0,5  | -0,9 | -0,8 | -0,8 | -0,9  | 0,5   | 0,8  | 1,0  |

Grafik 5.2 Örneklerin anaoksit bileşimlerinin ortalama dağılımları (%)

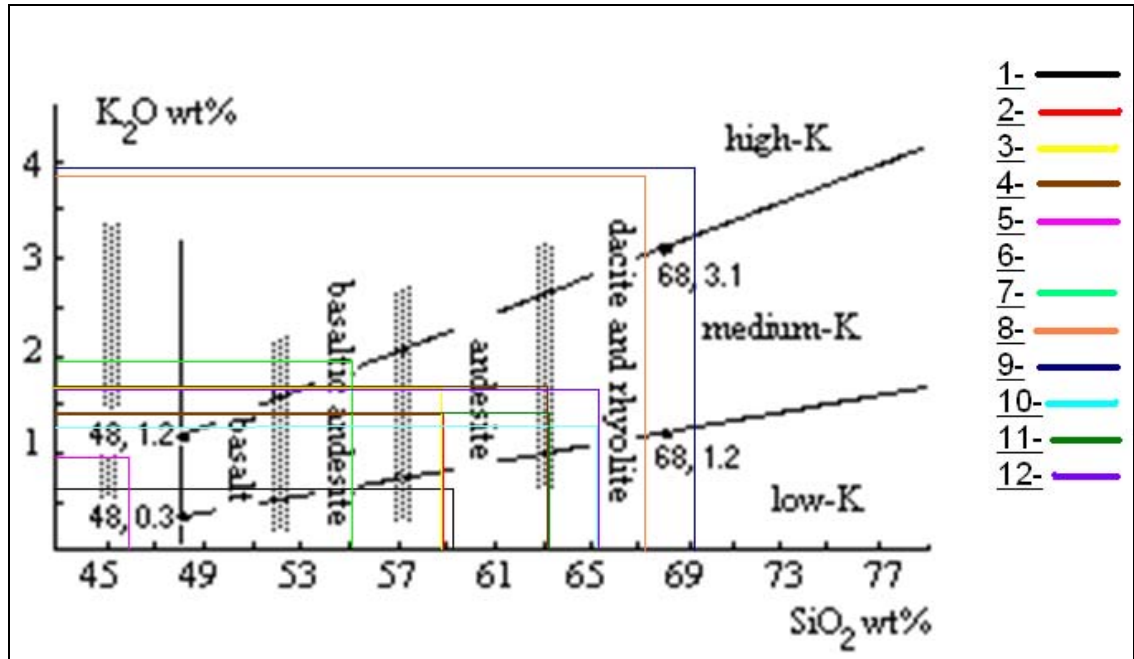


Çizelge 5.8 Volkanik kayaçların jeokimyasal sınıflandırmasında kullanılan TAS Diyagramı [63]



Çizelge 5.2'deki [63] sınıflandırmasına göre 5 numaralı numune bazalt grubuna girmekte ve bazik bir magmadan türediği anlaşılmakta, 7 numaralı numune bazaltik andezit grubuna girmekte ve asidik-bazik arasında bir magmadan türediği anlaşılmakta, 1, 2, 3 numaralı numuneler andezit olarak adlandırılmakta ve asidik-bazik arasında bir magmadan türediği anlaşılmakta, 4, 8, 9, 10, 11, 12 numaralı numuneler dasit grubuna girmekte ve asidik bir magmadan türedikleri anlaşılmaktadır.

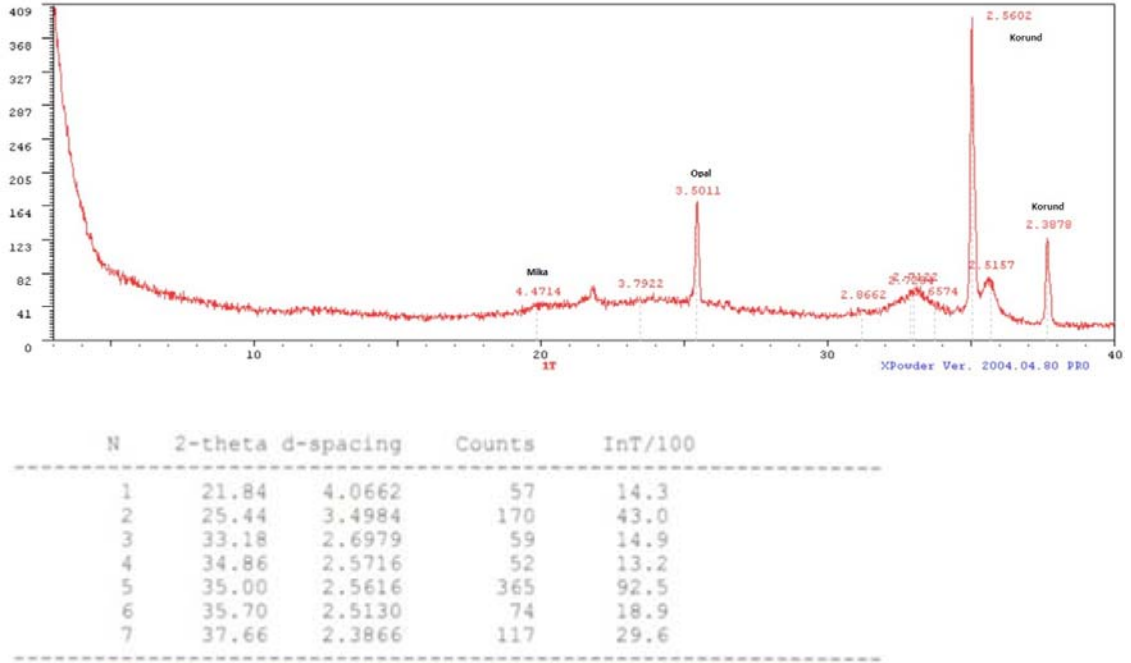
Çizelge 5.9 SiO<sub>2</sub> oranı % 48'den yüksek olan volkanik kayaçların kökenini gösteren diyagram [63]



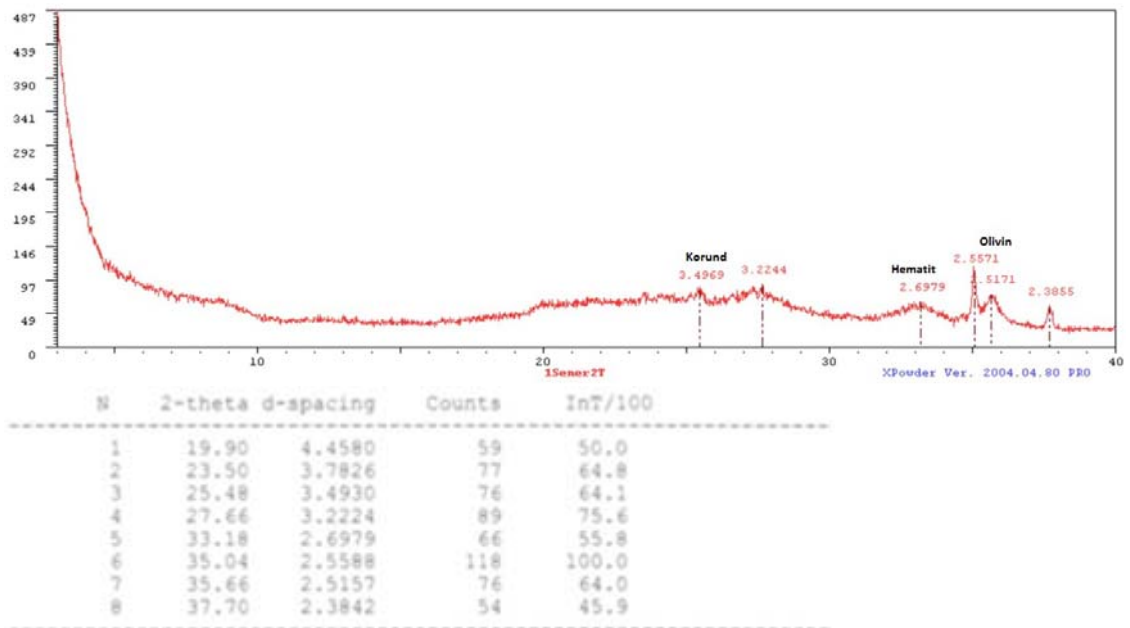
Çizelge 5.7'de numunelerin [63]'in yapmış oldukları sınıflandırmaya göre magma bileşimleri verilmiştir. Bu sınıflandırmaya göre bazalt olarak adlandırılmış olan 5 numaralı numune, andezit olarak adlandırılan 2 ve 3 numaralı numuneler, dasit olarak adlandırılan 4, 10, 11 ve 12 numaralı numunelerin orta potasyumlu bir magmadan, andezit olarak adlandırılan 1 numaralı numunenin düşük potasyumlu bir magmadan, bazaltik-andezit olan adlandırılan 7 numaralı numune ile dasit grubuna giren 8, 9 numaralı numunelerin de yüksek potasyumlu bir magmadan türedikleri anlaşılmaktadır.

### 5.3 X-Ray Bulguları

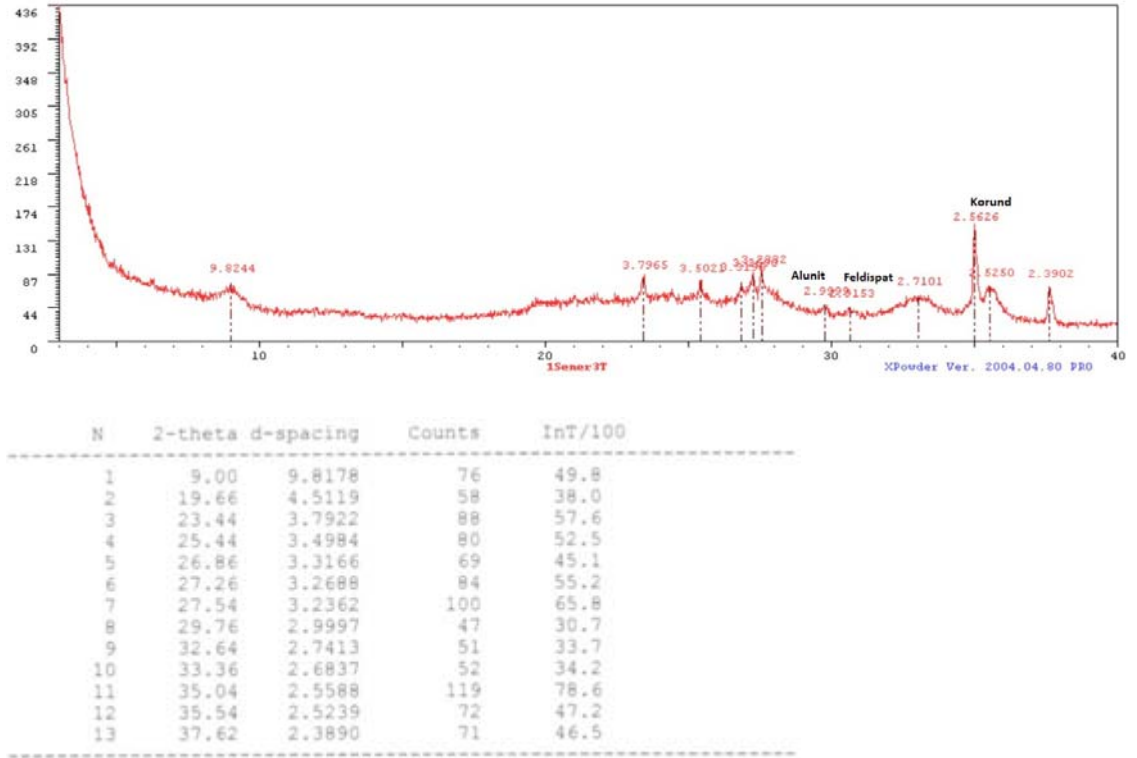
Çalışma alanındaki numunelere ait X-Ray grafikleri Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9, Şekil 5.10, Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14, Şekil 5.15, Şekil 5.16, Şekil 5.17’de verilmiştir.



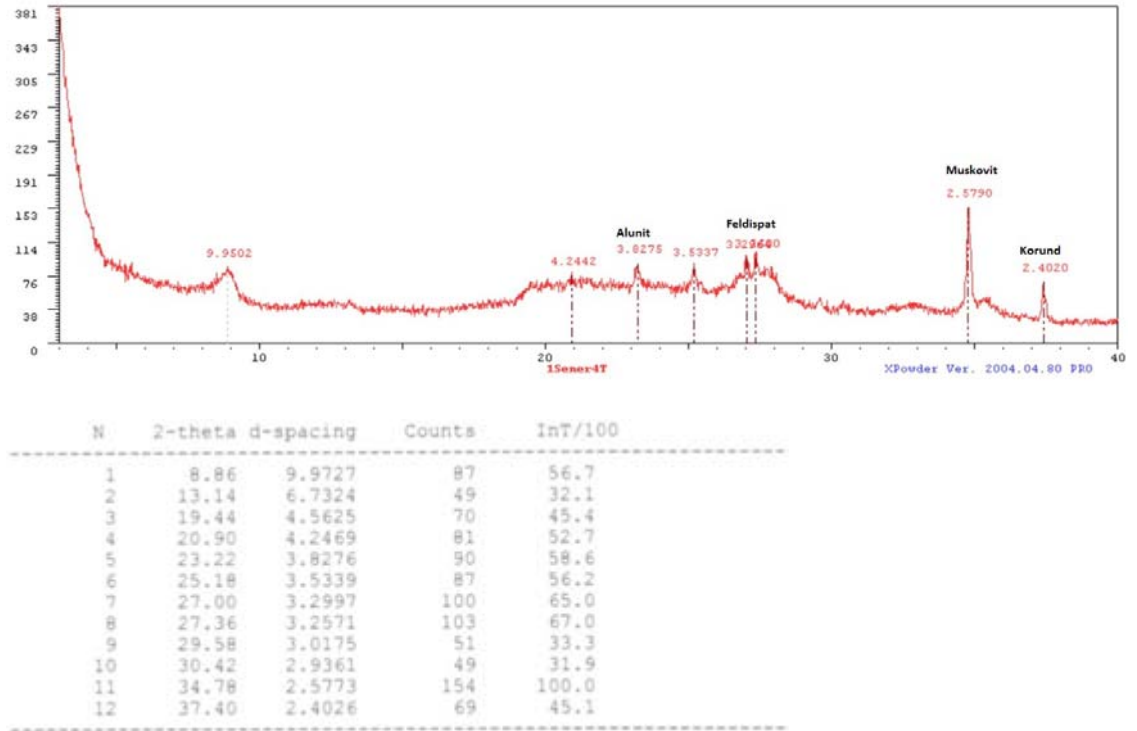
Şekil 5.1 1 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



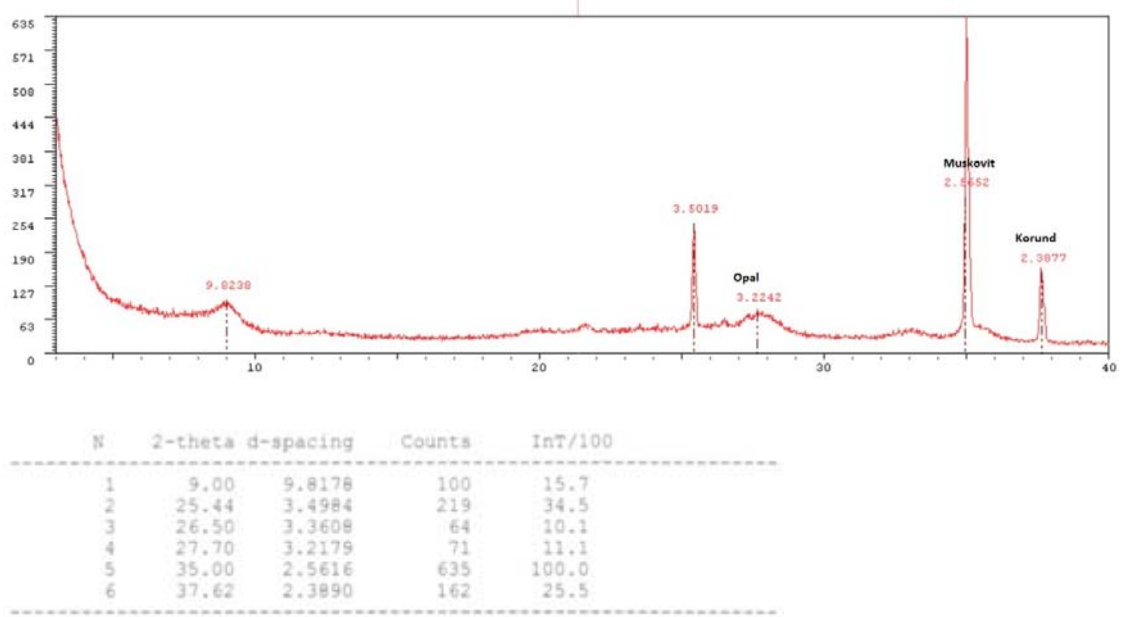
Şekil 5.2 2 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



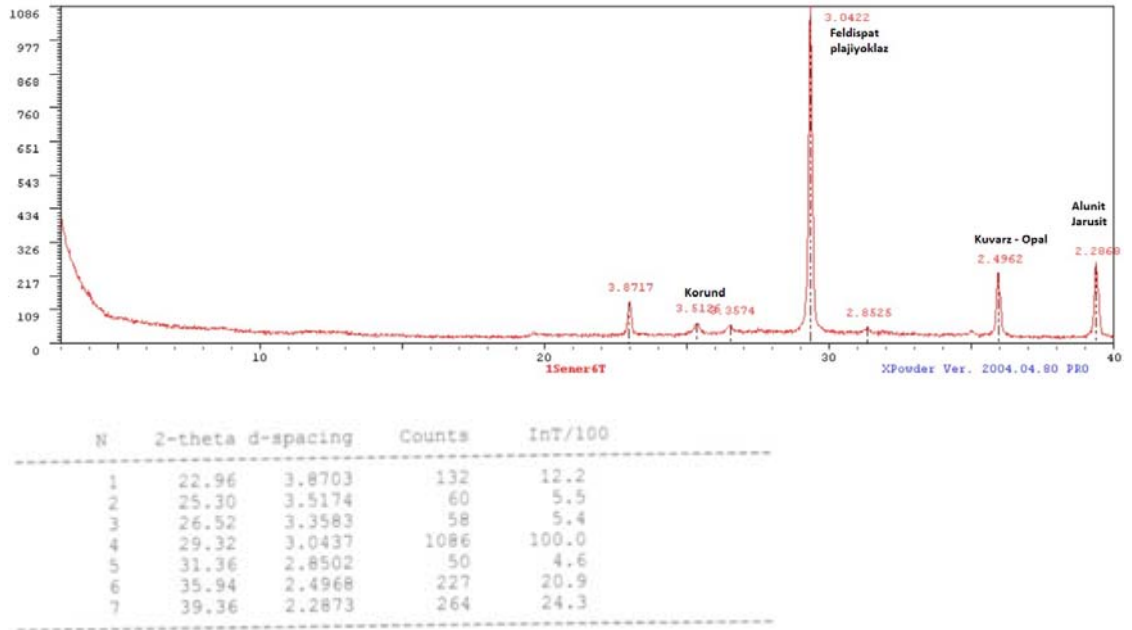
Şekil 5.3 3 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



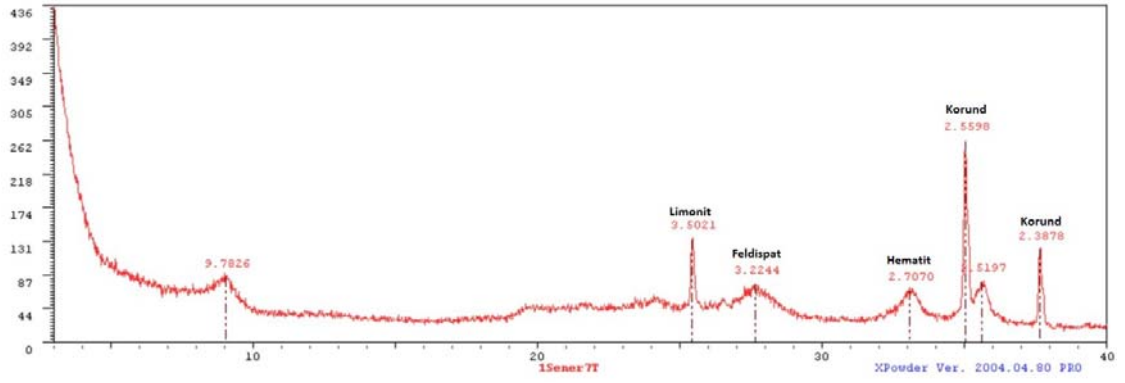
Şekil 5.4 4 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



Şekil. 5.5 5 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları

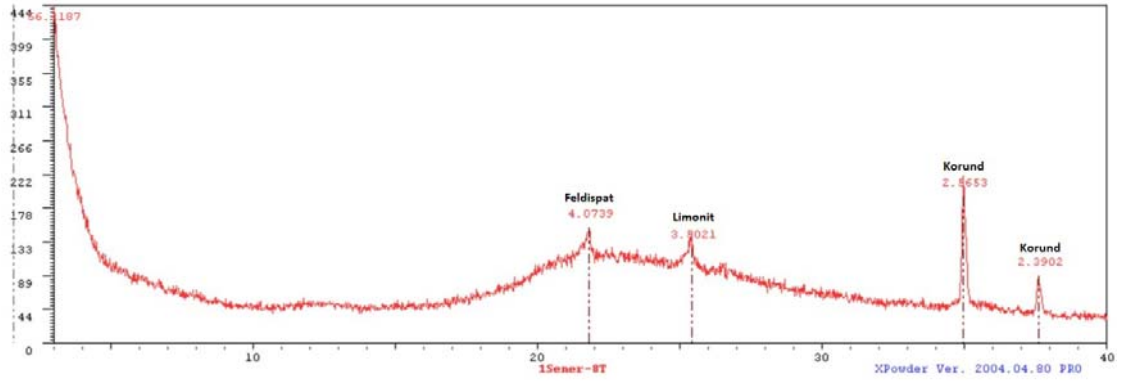


Şekil 5.6 6 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



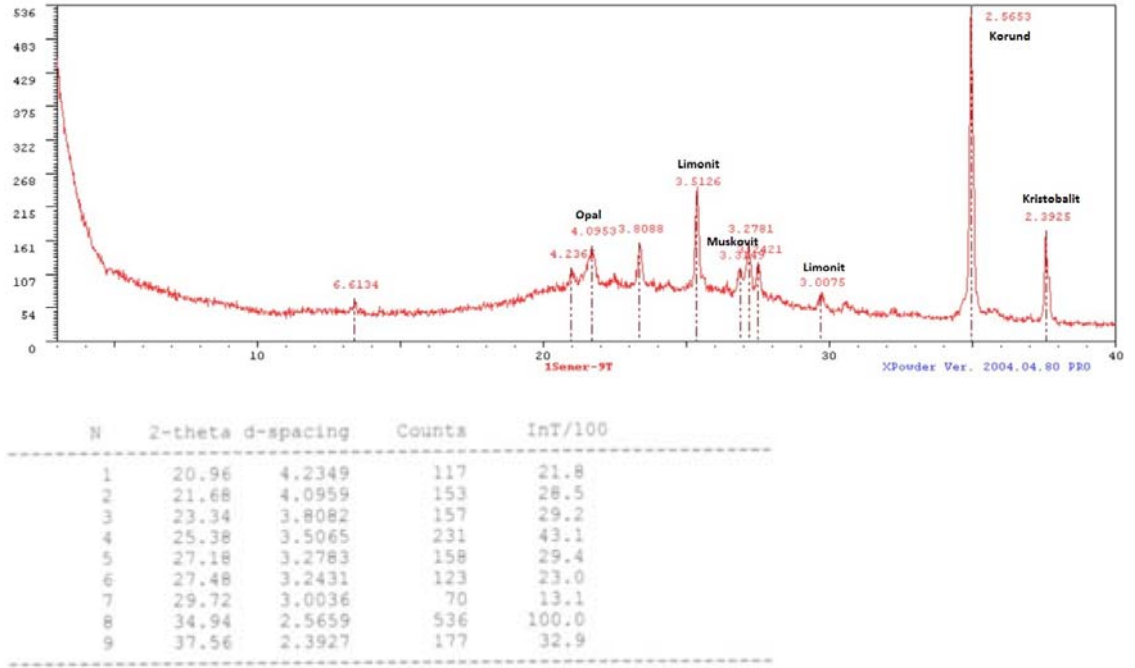
| N | 2-theta | d-spacing | Counts | InT/100 |
|---|---------|-----------|--------|---------|
| 1 | 9.00    | 9.8178    | 79     | 30.1    |
| 2 | 24.10   | 3.6898    | 55     | 21.2    |
| 3 | 25.44   | 3.4984    | 136    | 52.0    |
| 4 | 27.62   | 3.2270    | 69     | 26.4    |
| 5 | 33.08   | 2.7058    | 71     | 27.4    |
| 6 | 35.04   | 2.5588    | 255    | 97.9    |
| 7 | 35.66   | 2.5157    | 80     | 30.8    |
| 8 | 37.66   | 2.3866    | 122    | 46.9    |

Şekil 5.7 7 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları

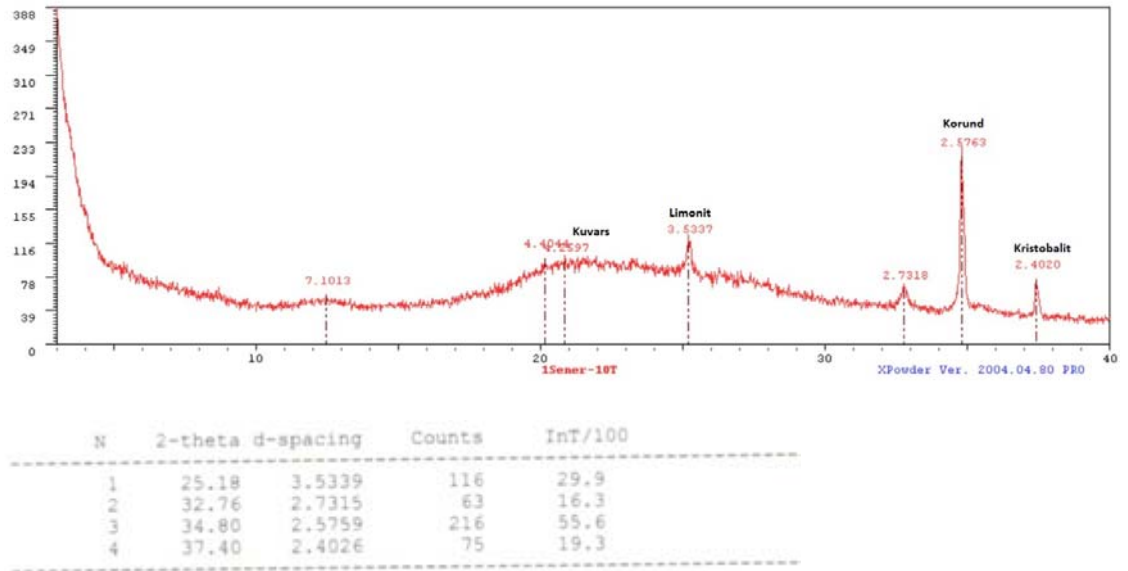


| N | 2-theta | d-spacing | Counts | InT/100 |
|---|---------|-----------|--------|---------|
| 1 | 14.46   | 6.1206    | 45     | 10.0    |
| 2 | 21.80   | 4.0736    | 152    | 34.2    |
| 3 | 25.38   | 3.5065    | 135    | 30.5    |
| 4 | 34.94   | 2.5659    | 192    | 43.3    |
| 5 | 37.60   | 2.3903    | 88     | 19.8    |

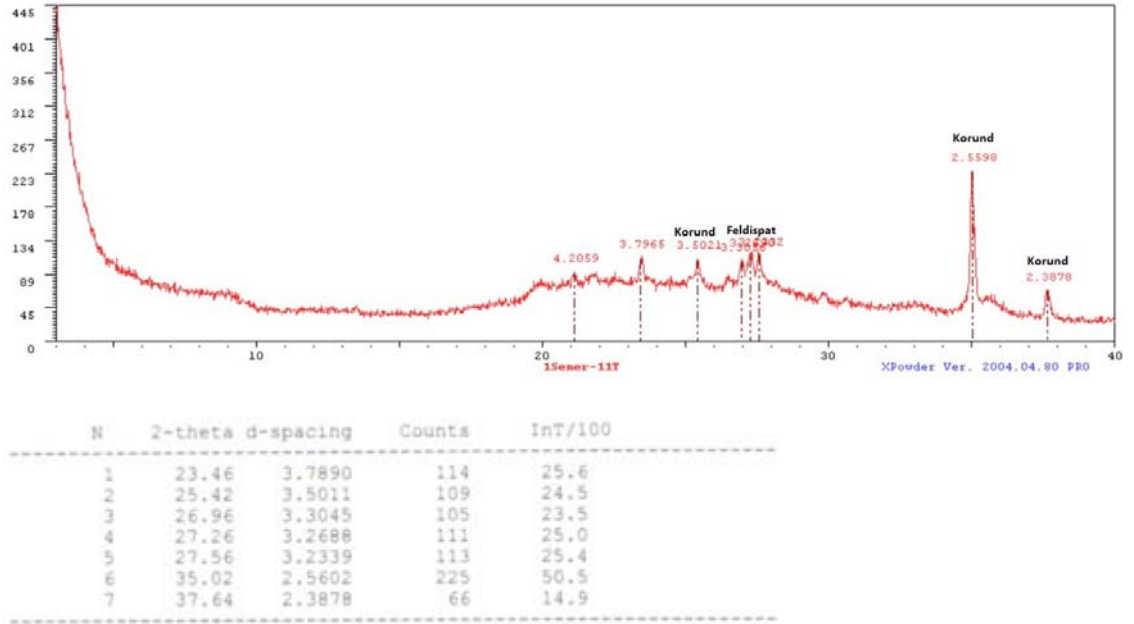
Şekil 5.8 8 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



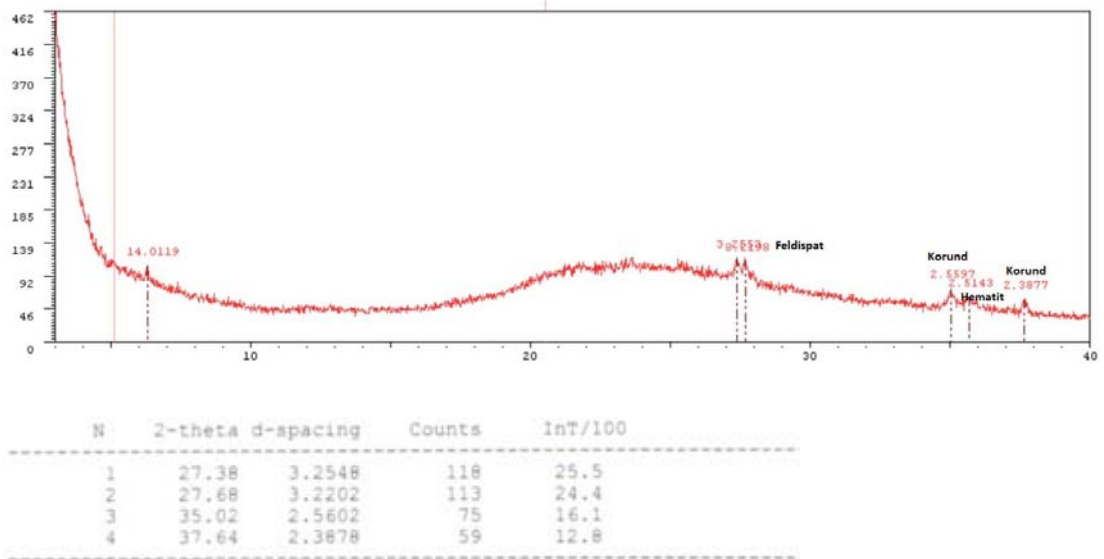
Şekil 5.9 9 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



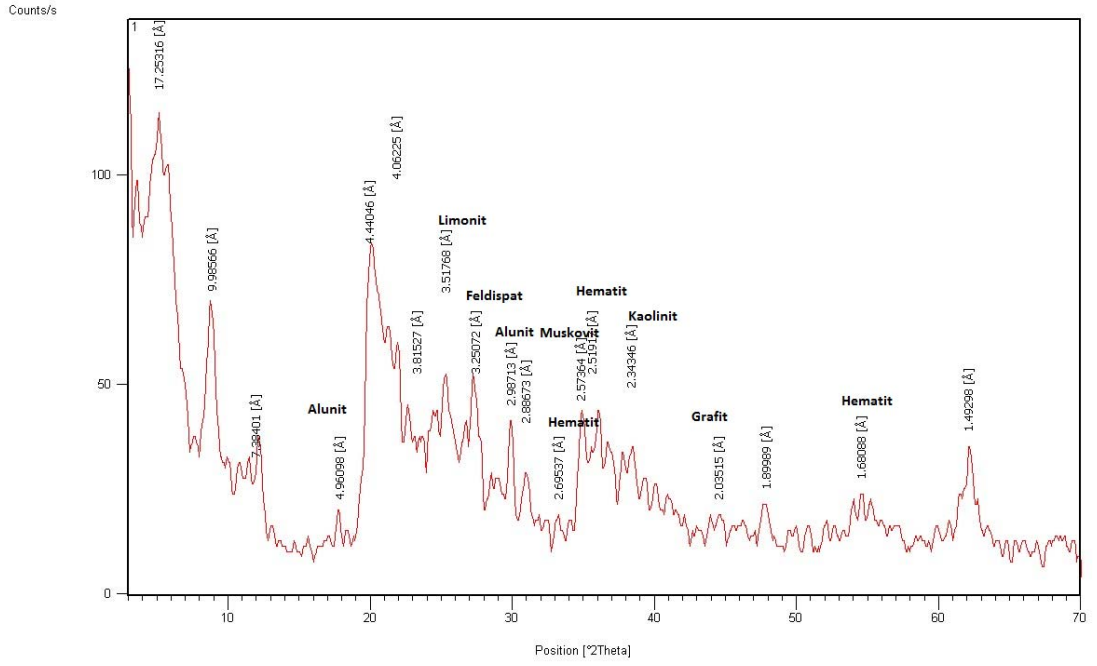
Şekil 5.10 10 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



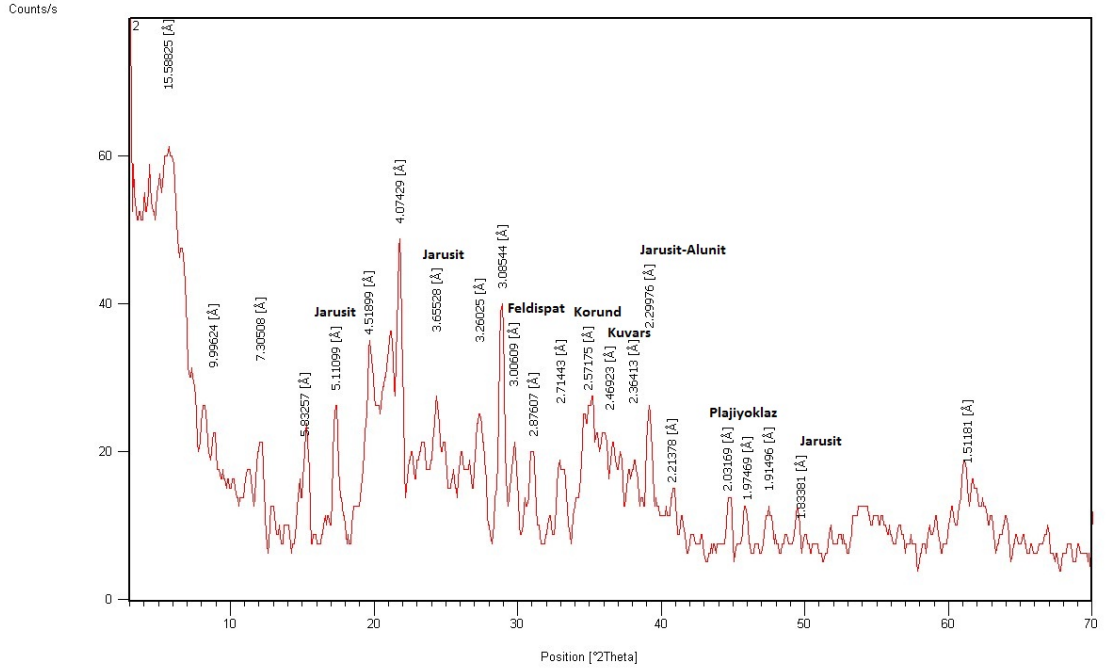
Şekil 5.11 11 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



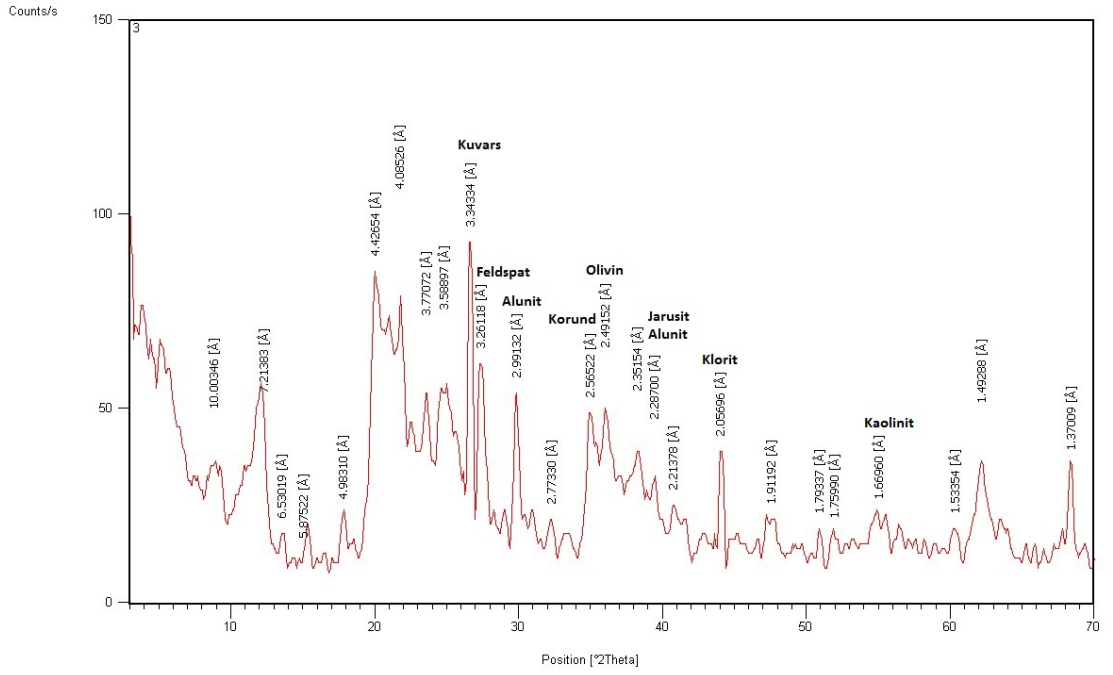
Şekil 5.12 12 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



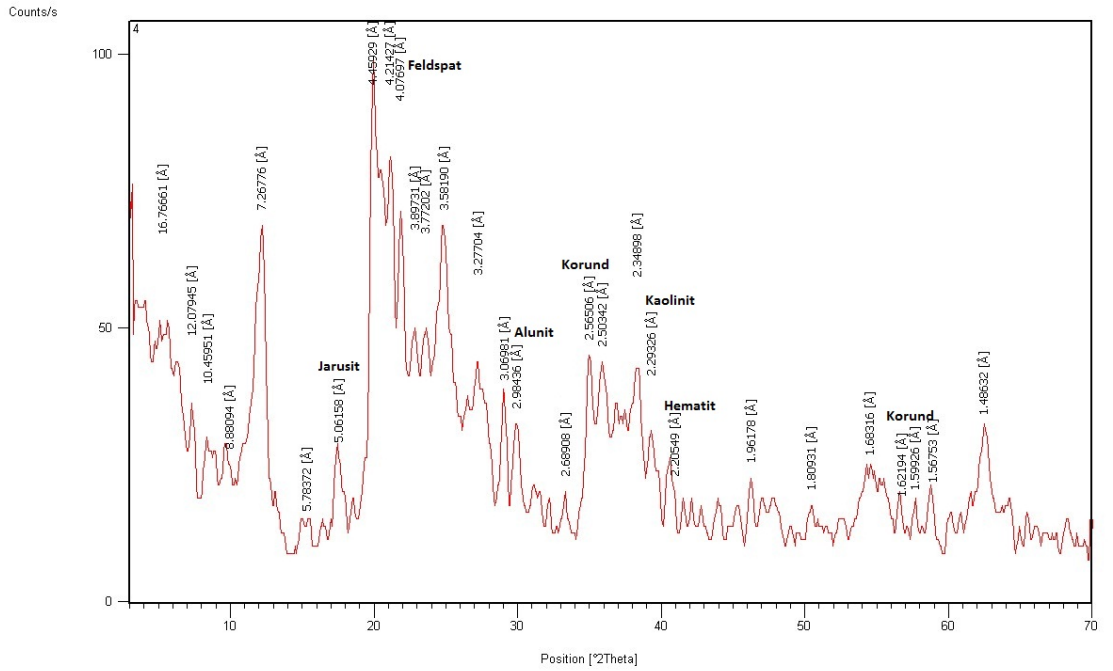
Şekil 5.13 13 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



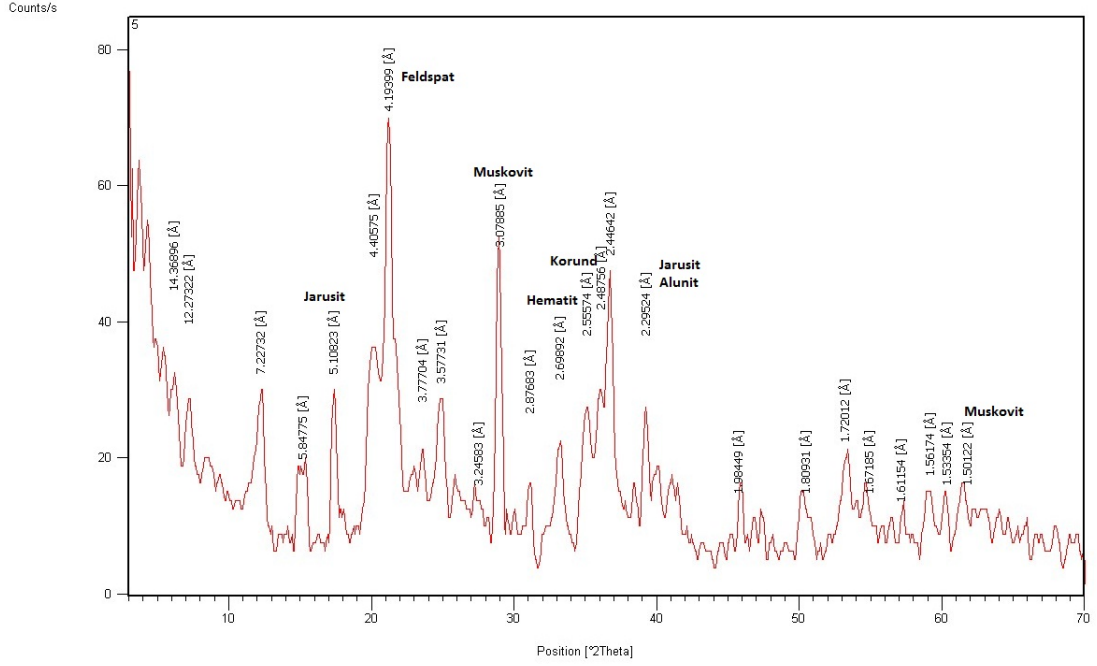
Şekil 5.14 14 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



Şekil 5.15 15 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



Şekil 5.16 16 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları



Şekil 5.17 17 numaralı numuneye ait x-ray difraktomları

Çizelge 5.10 Numunelerde X-Ray analizleri sonucunda belirlenen mineral birliktelikleri

| No | Mineral İçeriği                                                |
|----|----------------------------------------------------------------|
| 1  | Korund, Opal, Mika                                             |
| 2  | Olivin, Hematit, Korund,                                       |
| 3  | Kil, Feldspat, Korund, Alunit,                                 |
| 4  | Mika, Feldspat, Korund, Alunit                                 |
| 5  | Korund, Muskovit, Opal, Kil                                    |
| 6  | Plajiyoklaz, Opal, Kuvars, Feldspat, Korund, Jarusit, Alunit   |
| 7  | Limonit, Korund, Feldspat, Hematit                             |
| 8  | Korund, Feldspat, Limonit                                      |
| 9  | Opal, Korund, Limonit, Muskovit, Kristobalit                   |
| 10 | Korund, Kuvars, Limonit, Kristobalit                           |
| 11 | Feldspat, Korund                                               |
| 12 | Feldspat, Korund, Hematit                                      |
| 13 | Alunit, Limonit, Feldspat, Muskovit, Hematit, Kaolinit, Grafit |
| 14 | Jarusit, Feldspat, Korund, Kuvars, Alunit, Plajiyoklaz         |
| 15 | Alunit, Kil, Olivin, Feldspat, Korund, Alunit, Jarusit         |
| 16 | Alunit, Jarusit, Feldspat, Korund, Kaolinit, Hematit           |
| 17 | Alunit, Jarusit, Feldspat, Korund, Hematit, Muskovit           |

Çizelge 5.5’de çalışma alanında incelenen numunelere ait bulunan özelliklerin birleştirilmiş hali sunulmuştur. Çizelge de numunelerin alındığı kayaçların [62]’e göre isimleri, köken kayaç türleri, magma bileşimleri, ince kesitte tespit edilen mineraller, X-Ray analizleri sonucunda tespit edilen mineraller, ince kesitte yapılan mineral yoğunluğu sayımına göre kayaçların volkanoklastik adlandırılması verilmiştir.

Bu çizelgeye göre numune alınan kayaçlar 5 türdür. Bunlar andezit, dasit, bazaltik andezit, bazalt ve piroksenli andezittir. Kayaçlar köken olarak ağırlıklı orta düzeyde potasyumlu bir magmadan türemiş olup, nadir olarak ta düşük ve yüksek potasyumlu bir bileşim göstermektedir. Oluşum magması genel olarak asidik bir yapı göstermekte olup, bazen de asid-bazik yapıları oldukları anlaşılmıştır.

Yapılmış olan ince kesit çalışmalarında hemen hemen bütün kesitlerde kuvars, plajiolaz, feldspat gözlenmiş olup, bu kristaller genelde özşekilli veya yarı özşekilli olarak görülmüştür. Ayrıca numunelerin yapısına bağlı olarak incekesitlerde pümis, lapillitaş, hornblend, limonit, klorit, biyotit, mikaşist, ojit, enstatit, litik gözlenmiş olup, yapı olarakta kloritleşme, hematitleşme, opasitleşme gözlenmiştir.

X-Ray difraktogramlarındaki pikler incelendiğinde numunelerin mineral bileşimlerinde ağırlıklı olarak korund göze çarpmaktadır. Korundun yanında X-ray analizlerinde opal, mika, kil, kuvars, alurit, jarusit, feldspat, kaolin, dolomit izlenmiştir.

Gerek X-Ray ve gerekse de incekesit bulgularına bakıldığında birbiriyle ardışık sonuçlar izlenmesine rağmen X-Ray analizlerinde korund ( $Al_2O_3$ ) bileşiminin ağırlıklı olması XRF analiz sonuçlarıyla doğrulanmış ve yüzdesel olarak kükürtten (S) sonra en büyük kısmı tutmaktadır. Korundun bu şekilde belirgin olmasının nedeni jenezinin hidrotermal olduğunu düşündürmektedir.

İncekesitte yapılan mineral yoğunluğu sayım sonuçlarına göre numuneler [62]’nin yapmış olduğu sınıflandırmada genelde kristal - litik tüf sınıfına girmekte olup, daha sonra vitik-kristal/litik tüf ve litik – vitrif - kristal tüf gelmektedir. Bu sınıflandırmaya göre numunelerin özşekilli kayaç parçacıklarından oluştuğu söylenebilir.

Çizelge 5.9 Çalışma alanındaki numune bulgularının genel çizelgesi

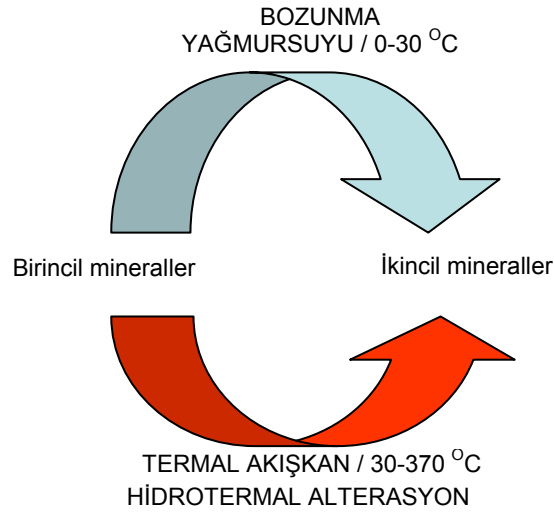
| No | Kayacın İsmi     | Kayacın Kökeni | Magma Türü         | İnce Kesit Mineralleri                                         | X-Ray Mineralleri                                              | Matrix Yoğunluğu İsmi        |
|----|------------------|----------------|--------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1  | Andezit          | Düşük K        | Asidik-Bazik arası | Plajiyoklaz, Kuvars, Feldspat                                  | Korund, Opal, Mika                                             | Litik – Vitrif - Kristal Tüf |
| 2  | Andezit          | Orta K         | Asidik-Bazik arası | Pümis, Kuvars, Plajiyoklaz, Lapillitaş                         | Olivin, Hematit, Korund,                                       | Kristal – Litik Tüf          |
| 3  | Andezit          | Orta K         | Asidik-Bazik arası | Pümis, Plajiyoklaz, Feldspat, Muskovit, Hematit, Limonit       | Kil, Feldspat, Korund, Alunit,                                 | Vitrik - Kristal – Litik Tüf |
| 4  | Dasit            | Orta K         | Asidik             | Litik, Kloritleşme, Feldspat, Opasitleşme, Kuvars, Plajiyoklaz | Mika, Feldspat, Korund, Alunit                                 | Vitrik – Litik Tüf           |
| 5  | Bazalt           | Orta K         | Bazik              | Litik, Hematit, Kuvars                                         | Korund, Muskovit, Opal, Kil                                    | Kristal – Litik Tüf          |
| 6  | Andezit          | Orta K         | Asidik-Bazik arası | Pümis, Amfibol, Feldspat, Kuvars, Lapillitaş, Plajiyoklaz,     | Plajiyoklaz, Opal, Kuvars, Feldspat, Korund, Jarusit, Alunit   | Litik - Kristal – Vitrik Tüf |
| 7  | Bazaltik andezit | Yüksek K       | Asidik-Bazik arası | Pümis, Muskovit, Kuvars, Plajiyoklaz, Feldspat, Litik          | Limonit, Korund, Feldspat, Hematit                             | Kristal – Litik Tüf          |
| 8  | Dasit            | Yüksek K       | Asidik             | Hematit, Limonit, Klorit, Feldspat, Hornblend, Biyotit         | Korund, Feldspat, Limonit                                      | Vitrik – Kristal Tüf         |
| 9  | P. Andezit       | Yüksek K       | Asidik             | Kuvars, Plajiyoklaz, Ojit, Enstatit                            | Opal, Korund, Limonit, Muskovit, Kristobalit                   | --                           |
| 10 | Dasit            | Orta K         | Asidik             | Kuvars, Plajiyoklaz, Pümis                                     | Korund, Kuvars, Limonit, Kristobalit                           | Kristal – Litik Tüf          |
| 11 | Dasit            | Orta K         | Asidik             | Kuvars, Plajiyoklaz, Pümis                                     | Feldspat, Korund                                               | Kristal – Vitrik Tüf         |
| 12 | Dasit            | Orta K         | Asidik             | Kuvars, Plajiyoklaz, Feldspat                                  | Feldspat, Korund, Hematit                                      | Kristal – Litik Tüf          |
| 13 | Dasit            | Yüksek K       | Asidik             | Pümis, Kuvars, Hemait, Limonit, Biyotit                        | Alunit, Limonit, Feldspat, Muskovit, Hematit, Kaolinit, Grafit | Vitrik – Litik Tüf           |
| 14 | Andezit          | Orta K         | Asidik-Bazik arası | Kuvars, Plajiyoklaz, Muskovit, Pümis, Feldspat                 | Jarusit, Feldspat, Korund, Kuvars, Alunit, Plajiyoklaz         | Vitrik – Kristal Tüf         |
| 15 | Bazaltik andezit | Yüksek K       | Asidik-Bazik arası | Hornblend, Biyotit, Mikaşist, Kuvars, Pümis                    | Alunit, Kil, Olivin, Feldspat, Korund, Alunit, Jarusit         | Kristal – Litik Tüf          |
| 16 | --               | --             | --                 | --                                                             | Alunit, Jarusit, Feldspat, Korund, Hematit                     | --                           |
| 17 | --               | --             | --                 | --                                                             | Alunit, Jarusit, Feldspat, Korund, Hematit, Muskovit           | --                           |

## BÖLÜM VI

### HİDROTHERMAL ALTERASYON

#### 6.1 Tanım

Yerkabuğunun göreceli sığ kesimlerindeki kayaların, içlerinde dolaşan ısı yüklü akışkanlarla (hidrotermal) etkilenmesi sonucu oluşan kimyasal ve mineralojik faz değişimleri “hidrotermal alterasyon” olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 6.1 Bozunma ve Hidrotermal alterasyon oluşumunun şematik gösterimi

#### 6.2 Hidrotermal Alterasyon Oluşumu

Hidrotermal alterasyon;

1. Akışkan sıcaklığı,
2. Akışkan kimyası
3. Kayaç tipi,
4. Kayaç kimyası,
5. Porozite,
6. Permeabilite,
7. Litostatik basınç,
8. Hidrostatik basınç ve
9. Zamana bağlı olarak jeotermal akışkan ile kayaların etkileşimi sonucu (su-kayaç ilişkisi) değişen yoğunlukta (şiddette) ve derecelerde oluşabilmektedir.

### 6.3 Alterasyon Derecesi

Hidrotermal alterasyon sonucu kayalarda oluşan yeni mineraller ile jeotermal akışkanın sıcaklığı arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişkiden hareketle

Hidrotermal alterasyon sonucu oluşan hidrotermal alterasyon minerallerinin temsil ettiği değerler alterasyon derecesi olarak kullanılmaktadır. Örneğin;

| <u>Mineral</u> | <u>derece ( °C)</u> |
|----------------|---------------------|
| Morderit       | 120                 |
| İllit          | 220                 |
| Epidot         | 250                 |

### 6.4 Alterasyon Tipleri

Alterasyon yoğunluğu ve derecesine bağlı olarak oluşan minerallerin birlikteliklerine göre alterasyon tiplerinin yaygın olarak bilinenleri aşağıdaki şekilde ayrılmaktadır:

1. Potasik,
2. Serisitik,
3. Arjilik ve
4. Pirofillitik olmak üzere 4 tip ayırtlanmakla birlikte;
  1. Profillitik (Klorit, Epidot, Aktinolit).
  2. Serisitik (Serisit)
  3. Potasik (Biyotit, K-feldispat, Adularya)
  4. Albitik (Albit)
  5. Silisifikasyon (Kuvars)
  6. Karbonizasyon (Karbonat mineralleri)
  7. Alunitik (Alunit)
  8. Arjillik (Kil Mineralleri)
  9. Zeolitik (Zeolit Mineralleri)
  10. Serpantinleşme (Serpantin, Talk)
  11. Oksidasyon (Oksit mineralleri) şeklinde de tiplere ayrılarak detaylandırılabilmektedir.

### 6.5 Hidrotermal Alterasyon Mineralleri ve Sıcaklık

Hidrotermal alterasyon sonucu oluşan minerallerin  $^{\circ}\text{C}$  olarak sıcaklık değeri karşılıkları aşağıdaki şekilde verilmektedir:

| <b><u>Mineral</u></b> | <b><u>Sıcaklık( <math>^{\circ}\text{C}</math>)</u></b> |
|-----------------------|--------------------------------------------------------|
| Şabazit               | 70                                                     |
| Mezolit (Natrolit)    | 90                                                     |
| Stilbit               | 110                                                    |
| Kaolinit (Asidik)     | 120                                                    |
| Simektit (Nötral)     | 140                                                    |
| Klorit (Alkali)       | 230-250                                                |
| Biyotit               | 325                                                    |

### 6.6 Örnekleme

Çalışma sahasından alınan ve XRD analizleri gerçekleştirilen örneklere ait sonuçlar Çizelge x de sunulmuştur. Çizelgeden hareketle;

Tüm kayaç mineral birlikteliği olarak korund, mika, kil mineralleri, feldispat, jarusit, alurit, opal ve kuvars mineralleri değişen oranlarda gözlenmektedir. Tüm kayaç mineral birlikteliklerinde; Korund mineralinin bir örnek dışında tüm örneklerde gözlenmesi, korund-mika birlikteliği, jarusit ve alurit minerallerinin varlığı dikkat çekmektedir.

### 6.7 Hidrotermal Alterasyon Özellikleri

Yapılan incelemeler sonucunda inceleme alanından alınan örneklerde ve dolayısı ile Pliyosen yaşlı Melendizdağ tüflerinde potasik alterasyon ve ileri arjilik alterasyon (Kil minerallerinin egemen olduğu) gelişmiştir.

Bu sonuçlardan hareketle Niğde merkezinde gözlenen hidrotermal alterasyon jeotermal sistemde 120-150  $^{\circ}\text{C}$  lık bir akışkan varlığından söz edilebilecektir.

Bu alterasyon özellikleri Niğde Narköy jeotermal sistemine benzerlikler sunmakta olup, [65] sonuçları ile potasik alterasyon haricinde uyumludur.

## BÖLÜM VII

### SONUÇLAR

Niğde ve yakın yöresinin jeotermal kaynak potansiyeline yönelik hidrotermal alterasyon ağırlıklı olarak yapılan bu çalışmada;

1. Alınan örneklerde; korund, mika, feldispat, kil, jarusit, alurit mineralleri saptanmış,
2. Örneklerin kimyasal analizleri sonucunda SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O değerleri diğer değerlere göre yüksek çıkmış,
3. Bu sonuçlardan hareketle Niğde il merkezinde ileri arjilikbir alterasyon gelişmiş,
4. Bu alterasyona göre 120-150 °C lik bir jeotermal akışkan öngörülmüş,
5. Niğde il merkezi ile Narköy jeotermal sistemlerinde farklı alterasyonların geliştiği saptanmış,
6. Orta Anadolu Kristalin Kompleksi içinde yer alan Niğde Jeotermal sisteminde önceki yıllarda açılan kuyularda soğuk su konumu nedeni ile yeterli sıcak su elde edilemediği,
7. Çalışmaların sürdürülmesi halinde Niğde ve yakın yöresinde orta entalpili jeotermal alanlar bulunabileceği,
8. İz element sonuçlarının sunulduğu çizelgede Cr, Co, Ni değerlerinin yüksek çıkması bozuk kayalardan piroklastik kayalara malzeme geldiğinin bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Tchihatcheff, P., Asie Mineure IV, Geologie I, 490, 552s. Paris 1867.
- [2] Schaffer, E. X., Peterm Mitteilgh Erganzgsh., 151s, Cicilia, 1903.
- [3] Blumenthal, M.N., Niğde ve Adana Vilayetleri Dahilindeki Torosların Jeolojisine Umumi Bir Bakış, M.T.A. Yayınları, Ankara, Seri:B, No:6, 8-16s., 1941.
- [4] Tromp, S.W., Niğde-İncesu-Kızılırmak ve Tuzgölü Sahaları Arasının Jeolojik Etüdü, M.T.A. Raporları, Ankara, Rapor No: 1456, 1942.
- [5] Blumenthal, M.N., Toroslarda Yüksek Aladağ Silsilesinin Coğrafyası Stratigrafisi ve Tektoniği Hakkında Yeni Etütler, M.T.A. Yayınları, Ankara, Seri D, No:6, 1952.
- [6] Okay, A.C., Kayseri, Niğde ve Tuzgölü Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, M.T.A. Raporları, Ankara, Rapor No: 2252, 1957.
- [7] Okay, A.C., Niğde-Çamardı (Maden) ve Ulukışla Arasındaki Bölgenin Jeolojisi, M.T.A. Raporları, Ankara, Rapor No:2381, 17-20s., 1955.
- [8] Metz, K., Aladağ ve Karanfıldağının Yapısı ve Bulguların Klikya Torosunu Temsil Edilen Batı Kenarları Hakkında Malumat Hulusu İçin Yapılan Jeolojik Etüt, M.T.A. Dergisi, Ankara, No:48, 1956.
- [9] Abdüsselamoğlu, S., Kayseri Adana Arasındaki Doğu Toroslar Bölgesinin Jeolojisi Hakkında Rapor”, M.T.A. Yayınları Derleme Raporu, Ankara, No: 3264, 3-8s., 1962.
- [10] Beekman, P.H., The Pliocene and Quaternary Volkanism in The Hasandağı-Melendizdağı Region, M.T.A. Bull., Ankara, 66, 99-106p., 1966.
- [11] Kleyn, Van Der, P.H., Recommendation in the Niğde-Çamardı Massif, M.T.A. Raporları, Ankara (yayımlanmamış), Rapor No: 4345, 1968.
- [12] Kleyn, Van Der, P.H., Recommendation of Exploration for Mineralizations in the SW Part of The Niğde-Çamardı Massif, M.T.A. Raporu, Ankara, Rapor No:4345, 1970.

- [13] Kleyn, Van Der, P.H., Geologie Reconnaissance Mapping in The Aladağlar, MTA Rap. (M. Etüt Rap.), 1971.
- [14] Oktay, F.Y., Sedimentary and Tectonic History of The Ulukışla Area, Southern Turkey, Doctoral Thesis, University of London, 414s. (yayınlanmamış), 1973.
- [15] Yoldaş, R., Niğde-Ulukışla Bitümlü Şist Alanının Jeolojisi ve Ekonomik Olanakları, M.T.A. Raporları, Ankara (yayınlanmamış), Rapor No: 5050, 1973.
- [16] Arpat, E., ve Şaroğlu, F., Türkiye'deki Bazı Genç Tektonik Olaylar, TJK Bülteni, Ankara, No: 18, 91-101s. 1975.
- [17] Özgül, N., Torosların Bazı Temel Özellikleri, TJK Bülteni, Ankara, Cilt:19, 65-75s., 1976.
- [18] Göncüoğlu, M.C., Niğde Masifinin Jeolojisi, M.T.A. Yayınları, Derleme Raporu, Ankara, No: 7856, 7-80s., 1977.
- [19] Göncüoğlu, M.C., Orta Anadolu Masifinin Güney Ucundan Jeokronolojik Yaş Bulguları, M.T.A. Dergisi, Ankara, 105-106, 111-124, 1985.
- [20] Batum, İ., Nevşehir Güney Batısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Volkanitlerinin Jeokimyası ve Petrolojisi, Yerbilimleri Dergisi, Ankara, Cilt 4, Sayı:1-2, 70-78s., 1978.
- [21] Batum, İ., Nevşehir Güney Batısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Volkanitlerinin Jeoloji ve Petrografisi, Yerbilimleri Dergisi, Ankara, Cilt 4, Sayı:1-2, 50-59s, 1978.
- [22] Yetiş, C., Çamardı Yöresinin Stratigrafi Çalışmaları, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 91-93s. İstanbul, 1978.
- [23] Özgüneyli, A., Niğde Çamardı Kristalin Masifinin Genel Prospeksiyon Çalışması, MTA. Raporları, Ankara (yayınlanmamış), Rapor No: 6851, 1978.
- [24] Göncüoğlu, M.C., Niğde Masifi Paragneyslerinde Zirkon U/Pb Yaşları, TJK Bülteni, Ankara, C:25, S:1, 61-66s., 1982.
- [25] Göncüoğlu, M.C., Niğde Masifi Batı Yarısının Jeolojisi M.T.A. Raporları, Ankara, Rapor No:1858, 48, 50-55, 58-61s. 1985.

- [26] Yalçın, M.G., Gümüşler (Niğde) Bölgesi Polimetallik Antimon-Cıva Cevherleşmesinin Mineralojisi ve Jeolojisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana, 1995.
- [27] Ağadayı, R., Niğde Yöresi Perlit Yatakları, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 1997.
- [28] Keskin, Ş., Ecemiş Fay Kuşağı Bloğundaki Çamardı ve Çanaktepe Formasyonlarının Sedimentolojik Özellikleri, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1998.
- [29] Korkanç, M., Ecemiş Koridoru ve Eynelli Bademdere (Çamardı-Niğde) Yöresinin Sedimentolojik ve Tektonik Özellikleri, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 1998.
- [30] Korkanç, M., Niğde Yöresi Bazaltlarının Alternatif Agregat Olarak Değerlendirilmesi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 226 sayfa (yayınlanmamış), İstanbul, 2003.
- [31] Temel, D., Çiftehan, Kemerhisar Ve Dertalan (Niğde) Sıcak ve Mineralli Sularının Su Kimyası ve İzotopik Yöntemlerle Karşılaştırılması, Tıbbi ve Biyoiklimsel Değerlendirilmesi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 2007.
- [32] Özbilge, T., Misli Ovası (Niğde) Yeraltısularının Hidrojeokimyasal ve Çevresel İzotopik Bileşiminin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji(Hidrojeoloji) Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2008.
- [33] Özkan, Y., Bor-Niğde Yöresi Traverten Oluşumlarının Jeokimyasal özellikleri, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 2009.
- [34] İller Bankası, JTE- 51/007 (NJ-1) Numaralı Sıcak su Sondaj Raporu.
- [35] Atabey, E. ve Ayhan, A., Niğde-Ulukışla-Çamardı-Çiftehan yöresinin jeolojisi, MTA Raporu, Ankara, Rapor No: 957, 1986.
- [36] Ketin, İ., Türkiye jeolojisine genel bir bakış, İTÜ Yayını, 1259,595s., 1983.

- [37] Pasquare, G., Outlines of the Neogene and Quaternary Volcanism of Asia Minor, *Accad. Naz. Die Linç.*, 40, 1077-1085, 1966.
- [38] Beekman, P.H., Hasan Dağı-Melendiz Dağı Bölgesinde Pliosen ve Kuvaterner Volkanizma Faaliyetleri, *M.T.A Dergisi*, Ankara No:66, 90-105s., 1966.
- [39] Göncüoğlu, M.C., Niğde masifinin jeolojisi; TÜBİTAK birinci jeotravers projesi bildirileri, 1986a.
- [40] Güncüoğlu, M.C., and Toprak, V., Neogene and Quaternary volcanism of Central Anatolia, A volcano-structural evaluation, *Bulletin de La Section Volcanologie*, 26, 1-6, 1993.
- [41] Güncüoğlu, M.C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., ve Olgun, E., Orta Anadolu Masifinin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. ODTÜ – AGUDÖS, 140 s., Ankara, 1991.
- [42] Güncüoğlu, M.C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., ve Olgun, E., Orta Anadolu Masifinin batı bölümünün jeolojisi”, ODTÜ – AGUDÖS, 140 s., Ankara, 1991.
- [43] Kuşçu, İ. ve Erler, A., Deformation of stibnites and pyrites in the Madsan Antimony deposit Niğde, Turkey, Implications for pressure-temperature conditions of local deformation. *Tr. J. of Earth Sciences*, 8,57-66, 1999.
- [44] Göncüoğlu, M.C., Nigde Masifi batı yarısının jeolojisi. MTA Raporları, Ankara (yayınlanmamış), Derleme Rapor No. 5883 1985.
- [45] Demircioğlu, R. ve Eren, Y., Çamardı (Niğde) civarında Nigde Masifi örtü birimlerinin yapısalözellikleri. Haymana-Tuzgölü-Ulukısla basenleri uygulamalı çalışma (Workshop), N.Ü. Aksaray Mühendislik Fakültesi, Aksaray, Bildiri özleri, s.6, 2000.
- [46] Göncüoğlu, M.C., Geochronological data from the southern part (Niğde area) of the Central Anatolian Massif. *Bull. Mineral Resarch and Exploration*, 105/106: 83-96, 1986.
- [47] Pasquare, G., Geology of Cenozoic volcanic area of Central Anatolia. *Atti. Accad. Naz. Lincei (Roma)*, 9, 53-294, 1968.

- [48] Dirik, K., and Göncüoğlu, M.C., Neotectonic characteristics of the Central Anatolia, *International Geology Review*, 38, 807-817, 1996.
- [49] Kuşçu, İ., Çamardı (Niğde) dolayısındaki yapısal elemanların sınıflaması, Niğde Üniversitesi, Müh-Mim Fak., Ecemiş Fay Kuşağı Çalışma Grubu Workshop-I Bildiriler, 138-149, 2001.
- [50] Kuşçu, İ., Erler, A., and Göncüoğlu, M.C., Geology of the Çamardı (Niğde-Turkey) region, *Geosund* 23:1-15, 1993.
- [51] Kuşçu, İ., Geology of the Çamardı (Niğde) region, and the Madsan Antimony Deposit, Y. Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara, 1992,
- [52] Henden, i., Uzay görüntülerinden Türkiyenin Çizgisellik Haritası ve Maden Aramaları için hedef sahaların seçilmesi, bölgesel çizgiselliklerin Deprem ve sıcak su kaynakları ile ilişkisi, *MTA dergisi* 95/96, s 68-76, Ankara, 1983.
- [53] Erguvanlı, K., Eski ve Yeni Taş Çıkarma ve İşleme Yöntemleri, *Mühendislik Jeolojisi Bülteni*, No 6, 2-9s., 1984.
- [54] Kaplıcalar Yönetmeliği, Sayı, 24472, 2001.
- [55] Hem, J.D., Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 263p., 1985.
- [56] Afşin, M., Canik, B. ve Notsu, K., Farklı Dolaşım Sıcak ve Mineralli Suların Hidrojeokimyası, Dertalan, Kemerhisar ve Çiftehan Kaynakları (Niğde), Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, 149-160, 2003.
- [57] Piper, A.M., A graphical procedure in the geochemical interpretation of water analyses, *American Geophysical Union Transactions*, 25, 914-923, 1944.
- [58] Arnorsson, S., Sigurdsson, S., and Svavarsson, H., The Chemistry of Geothermal Waters in Iceland I. Calculation of Aqueous Speciation from 0°C to 370°C, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46, 1513-1532p., 1982.

- [59] Thoroddur, B., and Thorlindsson T., Manifest predictors of past suicide attempts in a population of Icelandic adolescents, *Suicide and Life-Threatening Behavior*, 24, 350-358, 1994.
- [60] Reed, M.H., and Spycher N.F., Calculation of pH and mineral equilibria in hydrothermal water with application to geothermometry and studies of boiling and dilution, *Geochim Cosmochim. Acta*, 48, 1479-1490, 1984.
- [61] Fisher, R.V. and Schmincke H.U., *Pyroclastic rocks* by Springer-Verlag, Berlin, New York, No of pages: 472, 1984.
- [62] Pettijohn, F.J., *Sedimentary Rocks*, 2nd ed., New York, Harper and Row, 718 p., 1957.
- [63] Le Bas, M.J. and Streckeisen A.L., The IUGS systematics of igneous rocks, *J. Geol. Soc. London* 148, 825-833p., 1991.
- [64] Türkecan, A., Akcay, A.E., Satir, M., Donmez, M., ve Ercan, T., Melendiz Dağları (Niğde) volkanizması, 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, 16,17s., 2003.
- [65] Kazancı, N. and Gevrek, A.İ., Nevşehir-Acıgöl maarının tortul dolgusundaki (Kuvaterner) fasiyeslerinin gelişimine jeotermal süreçlerin etkileri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, C. 39, Sayı 1, 55-67s., 1996.

## EK-1 Jeokimyasal Değerlendirme

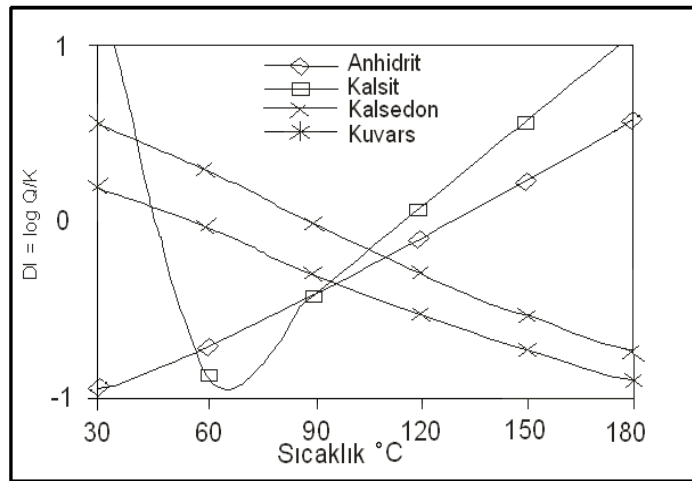
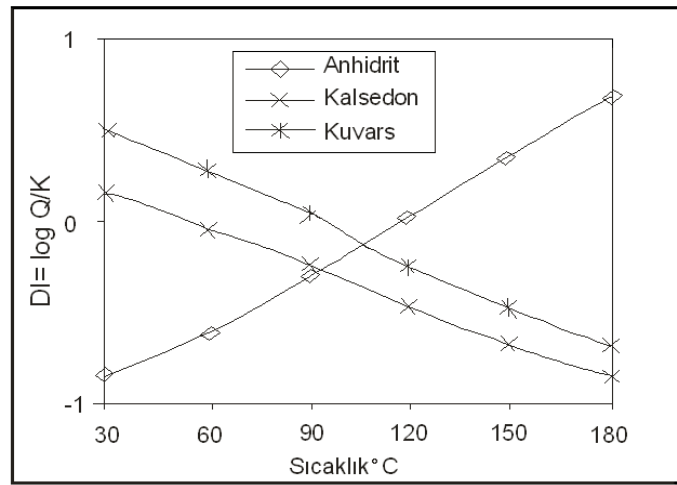
Kuyuda yapılan jeokimyasal değerlendirme verilerinde en baskın katyonu Ca oluşturmakta olup, Mg ikinci derecede önem taşımaktadır. Na ve K analizi bulunmamasına karşın anyon katyon dengesi fazla miktarda çözünmüş olabilecek Na ve K göstermemektedir. Buna göre Kokar-1 suyu Ca-Mg SO<sub>4</sub> ve HCO<sub>3</sub>, diğer iki su ise Ca- SO<sub>4</sub> ve HCO<sub>3</sub> su tipindedir. Yer altı sıcaklığının tahmini için yapılan değerlendirmede Na ve K analizleri bulunmadığından öncelikle yalnız kuvars ve kalsedon jeotermometreleri kullanılmıştır. Bu jeotermometre sonuçları da WATCH kimyasal türleştirme programı [58, 59] ile hesaplanmış olup, 55 ile 90°C arasında değişen bir sıcaklık değeri vermektedirler. Her iki suyun çıkış sıcaklığı da 30°C olduğundan bu SiO<sub>2</sub> jeotermometre sonuçları oldukça makul değerler vermektedir. Yani çok yüzeysel bir değerlendirme ile 55 ile 90°C değişen bir hazneden söz edilebilir.

[60] tarafından hazne sıcaklığının tahmin edilmesi için geliştirilen mineral doygunluk jeotermometrelerine şekile göre 90-95°C civarında değişen sıcaklıkta ve dengeye erişmemiş karışım sularından oluşan bir hazneden söz edilebilir. Bu yöntem kısaca suyun kimyasal analizi sonucunda çeşitli minareler ile bu minarelerin her bir sıcaklık değerinde ayrı ayrı doygunluk indekslerinin ( $SI = \log |AP/Kt|$ ) hesaplanması ve bu sıcaklık değerleri ile doygunluk indeksi değerlerinin birebir doğrularını içeren mineral denge diyagramlarının çizilerek yorumlanması ilişkisine dayanır.

Bu yorumlamada, minerallerin çözünürlük denge sabitleri sıcaklıkla yakın ilişkili olduğundan, bir grup mineral doğrusu denge doğrusunu ( $SI=0$  doğrusunu) belirli bir sıcaklık değeri civarında oturuyorsa, bu doğruların kesişim yerine karşılık gelen sıcaklık değeri en iyi akifer (hazne) sıcaklığını vermektedir. Dİ denge doğrusunun aşağısında (negatif kısımda) olabilecek kesişmeler farklı sıcaklıktaki akışkanların karışımını ve dolayısıyla bu akışkanların sıcaklıklarını belirtebilir. Denge doğrusunun yukarısında gerçekleşen kesişimler sudan buhar ayrılması ile farklı sıcaklık karışımlarını gösterebilir. Burada denge hesaplamaları için WATCH [58, 59] programı kullanılmıştır.

Mineral doygunluk hesaplamaları akifer koşullarında kalsedon jeotermometre sonucuna (60 °C civarı) göre yapılmıştır. Kimyasal analizlerin sınırlı olması

nedeniyle oldukça az mineral ile denenen mineral doygunlukları göstermektedir ki; amorf silis her iki suda da her sıcaklıkta çözünür durumdadır. Çok yüzeysel bir değerlendirme ile bu sulara kalsit ve anhidrit kabuklaşması görülme olasılığı yüksektir. Yorumlarda belirtildiği gibi bu değerlendirmeler çok yüzeyseldir. Bu nedenle bu sular ayrıntılı jeokimyasal çalışmalar yapılması gerekmektedir. Yapılacak analizler için (farklı sulardan da gerektiğinde karşılaştırmak için ) daha fazla su örneği alınmalı ve kimyasal analizler de daha kapsamlı (Na, K, B, F, Al, Fe, Sr vb bazı eser elementleri de kapsayan) olmalıdır. Eğer mümkünse O-18, döteryum ve trityum izotop analizleri de jeokimyasal yorumlamaları güçlendirebilir.



**Şekil:** Kokar-1 ve Dertalan Kaplıcası sıcak sularının mineral denge-sıcaklık diyagramları ( Üstteki şekil Kokar-1'e alttaki şekil Dertalan Kaplıcasına aittir).