

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

KİTRELİ (NİĞDE) JEOTERMAL ALANI VE ÇEVRESİNİN  
HİDROJEOKİMYASAL DEĞİŞİMİ VE ALTERASYON ÖZELLİKLERİ

MEMDUH YILMAZ EMRE

Temmuz 2012



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

KİTRELİ (NİĞDE) JEOTERMAL ALANI VE ÇEVRESİNİN  
HİDROJEOKİMYASAL DEĞİŞİMİ VE ALTERASYON ÖZELLİKLERİ

MEMDUH YILMAZ EMRE

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. İbrahim ÇOPUROĞLU

Temmuz 2012

Memduh Yılmaz EMRE tarafından Prof. Dr. İbrahim ÇOPUROĞLU danışmanlığında hazırlanan "Kitreli (Niğde) Jeotermal Alanı Ve Çevresinin Hidrojeokimyasal Değişimi Ve Alterasyon Özellikleri" adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. İbrahim ÇOPUROĞLU (Niğde Üniversitesi)(Danışman)

Üye : Prof. Dr. Mustafa AFŞİN (Aksaray Üniversitesi)

Üye : Yrd. Doç.Dr. Zafer ÖZGÜR (Niğde Üniversitesi)

**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. Osman SİVRİKAYA**

## ÖZET

# KİTRELİ (NİĞDE) JEOTERMAL ALANI HİDROJEOKİMYASAL DEĞİŞİMİ VE ALTERASYON ÖZELLİKLERİ

EMRE, Memduh Yılmaz

Niğde Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim ÇOPUROĞLU

Temmuz 2012, 50 sayfa

Bu çalışma kapsamında, inceleme alanı olan Kitreli (Niğde)'deki tektonizma ve volkanizmaya bağlı olarak açığa çıkmakta olan soğuk ve sıcak sulardan örnekler alınmış olup bölgede bulunan sıcak ve mineralli suların pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC) ve CO<sub>2</sub> gazı değerleri akarsu/kaynak/kuyu başlarında ölçülmüştür. Söz konusu örneklerden yapılan kimyasal analiz sonuçları AquaChem ve PhreeqC gibi programlar yardımıyla değerlendirilmiştir. İnceleme alanındaki su tipleri Kitreli sıcak ve soğuk suları Ca-Na-SO<sub>4</sub> tipinde. Kırkgözler, Melendiz çayı, Ilısu soğuk suyu Ca-Na-HCO<sub>3</sub> tipinde. Ilısu sıcak suyu Na-Ca-HCO<sub>3</sub> biçimindedir.

İnceleme alanında bulunan yaygın olarak andezitler, daha az miktarlarda bazaltlar yüzeylemiştir. İnceleme alanından alınan kayaç örneklerinden incekesit, parlak kesitler yapılmış olup, incelenmeler sonucu mineral içerikleri, yapı-dokuları ile minerallerin alterasyon oranları açığa çıkarılmıştır. Andezitler, çoğunlukla porfirik dokulu, ince ve sıkı yapılı, taze yüzeylerdeki rengi griden yeşilimsi siyah tonlara kadar değişken olup, plajiyoklas, piroksen, amfibol fenokritalleri makroskopik olarak tanınmaktadır. Bazaltlar; Makroskopik olarak, sık dokulu, orta tane boyutlarında, genellikle olivin, piroksen (ojit) ve plajiyoklasların (Labrodorit-bitownit) hakim olduğu porfirik yapılı, koyu gri-siyah renklerde gözlenmektedir. Petrografik incelemelerde sıcak sularla ilişkili olduğu düşünülen birimlerde hidrotermal aktivitenin izleri tespit edilmiştir. Bazaltik

andezitik kayalarda hidrotermal ayrışmayla ana elemetlerden CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, Na<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kayalardan uzaklaşmıştır.

Sonuç olarak; bu çalışma ile Aksaray Ilısu, Kitreli jeotermal alanındaki sıcak ve mineralli suların, hidrojeokimyasal özellikleri, sıcak suların çevre birimlerde oluşturduğu alterasyonları gün ışığına çıkarmıştır.

Anahtar Sözcükler: Niğde, Kitreli, Ilısu jeotermal, yeraltısuyu, hidrojeokimya, alterasyon, mineral kimyası.

## SUMMARY

Hydrogeochemical Investigation and Alteration Features of Kitreli (Niğde) Geothermal Field and Its Vicinity

Niğde University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Geological Engineering

EMRE, Memduh Yılmaz

Supervisor: Prof. Dr. İbrahim ÇOPUROĞLU

July 2012, 50 pages

In this study, the study area Kitreli (Niğde) tectonism and volcanism in the cold and hot water is released, depending on whether samples were taken from hot and mineral waters in the region of pH, temperature, electrical conductivity (EC) and the values of CO<sub>2</sub> gas stream / source . The results of chemical analysis of these samples were evaluated with the help of programs such as Aquachem and PhreeqC . Hot and cold water types in the study area Kitreli waters Ca-Na-SO<sub>4</sub> type. Kırkgöz, Melendiz stream, Ilisu.cold water, Ca-Na-HCO<sub>3</sub> type . Na-Ca-HCO<sub>3</sub> in the form of hot water in the Ilisu.

Andesites are widely found in the study area outcrop with lesser amount of basalts. Thin sections from rock samples taken from the study area, is made of polished sections, as a result of investigation of mineral content, structure-tissue ratios were revealed with the alteration minerals Andesites, mostly porphyritic texture, thin and tight-bodied, fresh surfaces are variable in color from gray to greenish black hues, plagioclase, pyroxene, amphibole known as macroscopic fenokritalleri. Basalts; Macroscopically, the closely packed, medium particle size, typically olivine, pyroxene (augite) and plagioclases (labradorite-bitownit) porphyritic structure is dominated by dark gray-black color is observed. Hydrothermal activity is thought to be associated with warm waters and petrographic investigations were traces The main elements in basaltic andesitic rocks, hydrothermal decomposition of CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, Na<sub>2</sub>O, and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> moved away from rocks.

In conclusion, this study Ilisu, Aksaray, hot and mineral waters Kitreli geothermal field, hydrochemical characteristics, alterations brought to light the hot water created by the environmental departments.

Key words: Nigde, Kitreli, Ilisu, geothermal , mineral waters , hydrogeochemical, alteration, mineral chemistries.

## TEŞEKKÜR

Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği ana bilim dalında yüksek lisans çalışmalarım sırasında yapmış olduğum bilimsel çalışmaların yürütülüşü ve tez yazımı sırasında katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. İbrahim ÇOPUROĞLU' na, Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği ana bilim dalında görev alan Sayın Prof. Dr. Mustafa AFŞİN' e , teşekkür ederim. Ayrıca su kimyası deneylerinin yapımında yardımcı olan Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Hidrojeoloji Mühendisliği bölümünde görev alan Prof. Dr. Serdar BAYARI' ya, mineral kimyası XRF deneyleri yapımında yardımcı olan Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde Prof. Dr. Yusuf Kaan KADIOĞLU' na, Araş. Gör. Bahattin GÜLLÜ' ye, Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde Öğr. Gör. Murat KAVURMACI ve Araş. Gör. Tuğba DAĞ' a teşekkür ederim.

Jeoloji Mühendisi arkadaşım Yusuf BİLEN ve ailesine, her zaman maddi, manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|   |      |
|---|------|
| ÖZET .....  | iii  |
| SUMMARY .....   | v    |
| TEŞEKKÜR .....  | vii  |
| İÇİNDEKİLER .....   | viii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                     | x    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                       | xi   |
| FOTOĞRAFLAR DİZİNİ .....                                    | xii  |
| KISALTMA VE SİMGELER .....                                  | xiv  |
| BÖLÜM I GENEL BİLGİLER .....                                | 1    |
| 1.1 Giriş .....   | 1    |
| BÖLÜM II MATERYAL ve YÖNTEM .....                           | 4    |
| 2.1 Literatür ve Saha Çalışmaları .....                     | 4    |
| 2.2 Mineralojik ve Petrografik Çalışma Yöntemi .....        | 4    |
| 2.3 Hidrojeokimyasal Çalışma Yöntemi .....                  | 4    |
| 2.4 Büro Çalışmaları .....                                  | 5    |
| BÖLÜM III BULGULAR .....                                    | 6    |
| 3.1 Çalışma Alanının Yakın Çevresinin Genel Jeolojisi ..... | 6    |
| 3.1.1 Melendiz dağı tüfleri (Tmt) .....                     | 8    |
| 3.1.2 Melendiz dağı andezitleri (Tma) .....                 | 8    |
| 3.1.3 Hasandağı tuf formasyonu (Qh) .....                   | 9    |
| 3.1.4 Genç andezit (a) ve bazalt (b) .....                  | 10   |
| 3.1.5 Yamaç molozu (Qym) .....                              | 11   |
| 3.1.6 Alüvyon (Qal) .....                                   | 12   |
| 3.2 Yapısal Jeoloji ve Tektonik .....                       | 12   |
| 3.2.1 Hasandağı fay seti .....                              | 12   |
| 3.2.2 Keçiboyduran- Melendiz fayı.....                      | 13   |
| 3.2.3 Tuzgölü- Ecemiş fay sistemi .....                     | 13   |
| BÖLÜM IV HİDROJEOLOJİ VE SU KİMYASI .....                   | 15   |
| 4.1 Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri .....              | 15   |
| 4.1.1 Geçirimli birimler .....                              | 15   |
| 4.1.2 Geçirimsiz birimler .....                             | 15   |

|  |    |
|--|----|
| 4.2 Bölgedeki Su Durumu .....                  | 16 |
| 4.2.1 Soğuk sular .....                        | 16 |
| 4.2.2 Sıcak ve mineralli sular.....            | 19 |
| 4.3 Su Kimyası Çalışmaları .....               | 20 |
| 4.3.1 Suların kimyasal sınıflandırılması ..... | 20 |
| 4.3.1.1 Schoeller diyagramı.....               | 22 |
| 4.3.1.2 Piper diyagramı.....                   | 24 |
| 4.4 Jeotermometre Hesaplamaları .....          | 26 |
| 4.5 Doygunluk İndisi .....                     | 28 |
| 4.6 Sıcak Suların Oluşum Modellemesi .....     | 30 |
| BÖLÜM V ALTERASYON .....                       | 32 |
| 5.1 XRF Çalışmaları .....                      | 34 |
| 5.2 İncekesit Çalışmaları .....                | 35 |
| 5.3 Parlak Kesit Çalışmaları .....             | 44 |
| BÖLÜM VI SONUÇ VE ÖNERİLER .....               | 45 |
| KAYNAKLAR .....                                | 48 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Çizelge 4.1 | İnceleme alanındaki soğuk suların koordinatları .....  | 16 |
| Çizelge 4.2 | İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarının koordinatları .....                                     | 19 |
| Çizelge 4.3 | İnceleme alanındaki sıcak ve soğuk suların fiziksel özellikleri ..                                 | 21 |
| Çizelge 4.4 | İnceleme alanından alınan sıcak ve soğuk suların kurak döneme ait kimyasal analiz sonuçları .....  | 21 |
| Çizelge 4.5 | İnceleme alanından alınan sıcak ve soğuk suların yağışlı döneme ait kimyasal analiz sonuçları..... | 21 |
| Çizelge 4.6 | İnceleme alanındaki suların iyon dizilimleri ile su türleri .....                                  | 22 |
| Çizelge 4.7 | Akifer sıcaklıklarının tahmin edilmesinde kullanılan kimyasal jeotermometreler .....               | 28 |
| Çizelge 4.8 | İnceleme alanındaki suların mineral doygunluk değerleri .....                                      | 29 |
| Çizelge 5.1 | Hidrotermal alterasyon numune alım yerleri .....   | 33 |
| Çizelge 5.2 | Hidrotermal alterasyon mineralleri ve toplulukları ile işaret ettiği sıcaklık aralıkları .....     | 33 |
| Çizelge 5.3 | Çalışma alanına ait numunelerin XRF analiz sonuçları .....   | 35 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Şekil 1.1 | Çalışma alanının yer bulduru haritası ve Orta Anadolu'nun Tektonik durumu .....                                   | 2  |
| Şekil 3.1 | Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti .....  | 6  |
| Şekil 3.2 | Niğde-Kitreli ve dolayının jeoloji haritası .....   | 7  |
| Şekil 3.3 | Keçiboyduran-Melendiz fayı dolaylarının jeolojik haritası.....  | 14 |
| Şekil 4.1 | İnceleme alanındaki suların kurak ve yağışlı döneme ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı .....                 | 23 |
| Şekil 4.2 | İnceleme alanındaki suların kurak ve yağışlı döneme ait Piper diyagramı .....                                     | 25 |
| Şekil 4.3 | İncelenen suların kurak ve yağışlı döneme ait Durov diyagramları .  | 26 |
| Şekil 4.5 | İnceleme alanındaki suların Giggenbach üçgen diyagramı.....   | 27 |
| Şekil 4.6 | İnceleme alanındaki suların mineral doygunluk indisleri.....  | 29 |
| Şekil 4.7 | Kitreli sıcak su kaynağı ile Iısu sıcak su kaynağı arasında kalan alanının hidrotermal sistem model taslağı ..... | 31 |
| Şekil 5.1 | Volkanik kayalar mineral içeriğine göre adlandırılmasında kullanılan “streckeisen” diyagramı .....                | 36 |

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Fotoğraf 3.1 | İnceleme alanında Kitreli sıcaksu kaynakları civarlarında gözlemlenen Melendizdağ tüfleri.....  | 8  |
| Fotoğraf 3.2 | İnceleme alanında yüzeylenen Melendiz dağı andezitlerinin görüntüsü.....  | 9  |
| Fotoğraf 3.3 | İnceleme alanında Hasandağ tüflerine ait genel görüntüsü.....   | 9  |
| Fotoğraf 3.4 | a) İnceleme alanında Ihlara'nın güneyinde tabakalanmış volkanosedimanter birim b) volkanosedimanter birim içerisindeki faylanmaların yakın görüntüsü c) fay ve tabakalı yapının görünümü..... | 10 |
| Fotoğraf 3.5 | a) Iısu kasabasında sıcak su kaynağına yakın yüzeylenen bazaltlar b) Iısu kasabası batısında soğuk su kaynağı kısmında yüzeylenen bazaltlar .....   | 11 |
| Fotoğraf 3.6 | Sahada gözlenen yamaç molozları.....  | 11 |
| Fotoğraf 3.7 | Sahada gözlenen Kükürdün deresindeki alüvyon.....   | 12 |
| Fotoğraf 4.1 | Iısu merkezde Melendiz çayına ait genel görünüm.....  | 17 |
| Fotoğraf 4.2 | Iısu soğuk su kaynağı genel görünümü .....  | 17 |
| Fotoğraf 4.3 | Kırkgözler soğuk su kaynağı.....  | 18 |
| Fotoğraf 4.4 | Kükürdün deresine ait görüntü .....   | 18 |
| Fotoğraf 4.5 | Iısu sıcak su sondajına ait görüntü .....   | 19 |
| Fotoğraf 4.6 | a) Kitreli havuzu sıcak su kaynağı b) Kitreli çeşmesi sıcak su kaynağı .....  | 20 |
| Fotoğraf 5.1 | Gri renkli, içerisinde feno kristallerin gözlemlendiği andezitin makroskopik görünümü .....   | 37 |
| Fotoğraf 5.2 | Siyah renkli, içerisinde feno kristallerin gözlemlendiği bazaltın makroskopik görünümü .....  | 37 |
| Fotoğraf 5.3 | İncekesit No: KÇ 2, + N (a) // N (b), alterasyon (polisentetik ikizlenmeli andezin-oligoklasın kil minerallerine dönüşümü).....   | 38 |

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Fotoğraf 5.4  | İncekesit No: KÇ 3, + N (a) // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matriskin akma doku (trakitik doku) görünümü. Mafik mineraller akma doku içerisinde geopedal dokuya benzer bir yapı göstermektedir ..... | 39 |
| Fotoğraf 5.5  | İncekesit No: KÇ 3, + N (a) // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matriskin akma doku (trakitik doku) görünümü. Mafik mineraller akma doku içerisinde geopedal dokuya benzer bir yapı göstermektedir ..... | 39 |
| Fotoğraf 5.6  | İncekesit No: KÇ 3, + N (a) // N (b), ince taneli ve camsı bir hamurdan oluşan matriks içerisinde opaklaşmış hornblend fenokristali .....  | 39 |
| Fotoğraf 5.7  | İncekesit No: KÇ 3, +N (a) // N (b), ince taneli ve camsı bir hamurdan oluşan matriks içerisinde öz şekilli polisentetik ikizli plajioklas (andezin-oligoklas) fenokristali .....                        | 40 |
| Fotoğraf 5.8  | İncekesit No: KÇ 4, +N (a) // N (b), ince taneli ve camsı bir hamurdan oluşan matriks içerisinde öz şekilli polisentetik ikizli plajioklas (andezin-oligoklas) fenokristali .....                        | 40 |
| Fotoğraf 5.9  | İncekesit No: KÇ 4, +N (a) // N (b), Mafik minerallerin alterasyonu (opaklaşma, kloritleşme, epidotlaşma ve plajioklasların killeşmesi) .....  | 40 |
| Fotoğraf 5.10 | İncekesit No: ISC, + N (a) // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matriskin akma doku (trakitik doku) görünümü. Mafik mineraller akma doku içerisinde geopedal dokuya benzer bir yapı göstermektedir .....  | 41 |
| Fotoğraf 5.11 | İncekesit No: KÇ 2, + N (a) // N (b), mafik minerallerin alterasyonu (opaklaşma, kloritleşme, sezitleşme ve silisleşme).....   | 41 |
| Fotoğraf 5.12 | İncekesit No: KÇ 3, + N (a) // N (b), İri prizmatik mikrolit çubuklarından oluşan Matriks içerisinde, fenokristal olarak olivin .....  | 42 |
| Fotoğraf 5.13 | İncekesit No: KÇ 3, + N (a) // N (b), İri prizmatik mikrolit çubuklarından oluşan Matriks içerisinde fenokristal olarak ojit ...   | 42 |
| Fotoğraf 5.14 | İncekesit No: IS, + N (a), // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matrik içerisinde zonlu plajioklas fenokristali .....   | 42 |
| Fotoğraf 5.15 | İncekesit No: IS, + N (a), // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matrik içerisinde zonlu plajioklas fenokristali .....   | 43 |
| Fotoğraf 5.16 | İncekesit No: ISC, + N (a) // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matriskin akma doku (trakitik doku) görünümü. Mafik mineraller akma doku içerisinde geopedal dokuya benzer bir yapı göstermektedir .....  | 43 |
| Fotoğraf 5.17 | İncekesit No: KÇ 1, + N (a) // N (b), alterasyon (silisleşme) .....  | 43 |
| Fotoğraf 5.18 | Parlakkesit No: ISC, // N, kuru ortam, öz ve yarı öz şekilli manyetit kristalleri .....  | 44 |

## KISALTMA VE SİMGELER

|       |  |
|-------|--|
| KAF   | : Kuzey Anadolu Fay Hattı                        |
| DAF   | : Doğu Anadolu Fay Hattı                         |
| OAVP  | : Orta Anadolu Volkanik Provensi                 |
| KMF   | : Keçiboyduran-Melendiz fayı                     |
| TFZ   | : Tuzgözü fay zonu                               |
| K-G   | : Kuzey-Güney                                    |
| KB    | : Kuzeybatı                                      |
| KB-GD | : Kuzeybatı-Güneydoğu                            |
| GD-KB | : Güneydoğu-Kuzeybatı                            |
| XRF   | : X-Ray Floresans                                |
| LOI   | : Ateş kaybı                                     |
| T     | : Sıcaklık                                       |
| EC    | : Özgül Elektriksel İletkenlik (Mikrosiemens/cm) |
| TDS   | : Toplam çözünmüş madde                          |
| m     | : Metre  |
| cm    | : Santimetre                                     |
| km    | : Kilometre                                      |
| MPa   | : Megapaskal                                     |
| mek/l | : Litrede miliekivalen değeri                    |
| l/s   | : Litre/saniye                                   |
| °C    | : Derecede Santigrat                             |
| DI    | : Doygunluk İndisi                               |
| N     | : Nikel  |
| MTA   | : Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü             |
| APHA  | : American Public Health Association             |

AWWA : American Water Work Association

WPCF : Water Pollution Control Federation

# BÖLÜM I

## GENEL BİLGİLER

### 1.1 Giriş

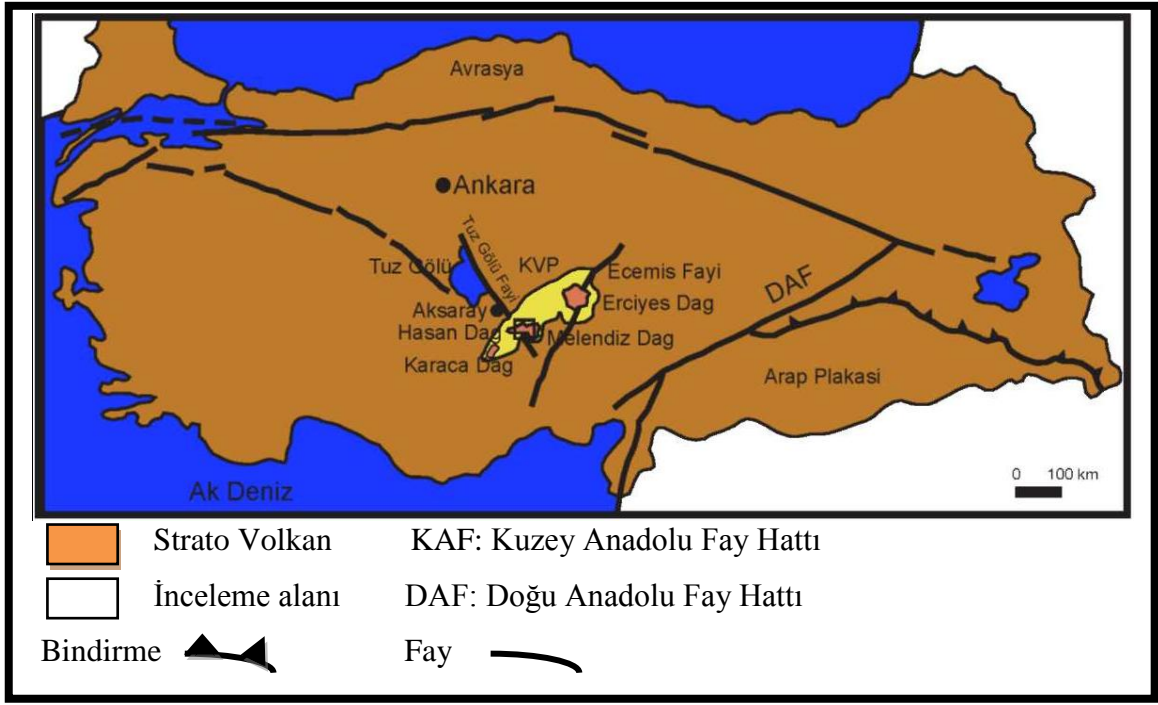
Bu tezde, öncelikle Kitreli jeotermal alanı ve çevresindeki sıcak ve mineralli sularının hidrojeokimyasal özelliklerini ve kaynakların karşılaştırmalı köken değerlendirmesi yapılmıştır.

Tezin amacı, önceki çalışmaların ötesinde bilgi sağlayacak güncel verilerin üretilmesidir. Bu bağlamda, inceleme alanında seçilmiş su kaynaklarında arazide fiziksel-kimyasal parametrelerin ölçümünün yanı sıra, majör iyon kimyası, analizleri ile yeraltı suyu beslenme bölgeleri ve beslenme şartları da belirlenmiştir. Bölgedeki fayların jeotermal sisteme olan etkileri araştırılmış; elde edilen verilerin diğer bölgelerle karşılaştırmaları yapılarak suların birbirleriyle olan etkileşimleri açıklanmıştır. Jeokimyasal, petrografik ve mineralojik çalışmalar kapsamında alınan kayaç örnekleri ince kesit ve jeokimyasal analizleriyle kaynak alanındaki alterasyonlar saptanmıştır.

İnceleme alanı olan Orta Anadolu Bölgesi, Tuz Gölü ve Keçiboyduran-Melendiz Fay zonu arasında bulunmaktadır (Şekil 1.1).

[1] tarafından Niğde ile Aksaray arasındaki volkanik sahanın 1:25000 ölçekli haritasını yapmıştır. ‘Riyodasitik lavların meydana çıkmasıyla ignimbirit volkanizmasının devrini tamamlamış olduğunu’ saptamıştır. Bu dönemde andezit-bazalt volkanizmasının başladığını vurgulamış ve bunu piroksen hornblend bazaltlarının takip ettiğini, bazalt volkanizmasının olivin bazaltların depozisyonu ile sonuçlandığı yorumunu yapmıştır.

[2], [3] Neojen-Kuvaterner arasında Orta Anadolu’da etkili olmuş volkanizmanın; Avrasya ile Afro-Arap plakalarının çarpışması sonucunda; Üst Miyosende başlayan gerilmeye bağlı olarak üç aşamada (1) andezit; (2) ignimbirit; (3) andezit-bazalt strato volkanlar ile asit monojenik volkanların etkili olduğu sonucuna varmıştır.



Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası ve Orta Anadolu'nun Tektonik durumu ([4], [5]'den değiştirilerek alınmıştır)

[6] Orta Toroslarda Neojen yaşlı volkanik aktiviteleri araştırmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda volkanizmanın Üst Miyosen'de başlamış olduğunu tespit etmiş. Arap levhası ile Avrupa levhasının çarpışması neticesinde ileri gelmiş olan bir volkanik faaliyet olabileceğini belirtmiştir.

[7] Orta Anadoludaki Senozoyik volkanitlerinin jeokimyasal ve petrografik özelliklerini, yaş sorunlarını belirlemiş ve plaka tektoniği hakkında yorumlar yapmıştır.

[5] Üst Miyosen-Kuvaterner'de Orta Anadoluda volkanik aktivitenin Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattı ve Doğu Anadolu Fay (DAF) hattının oluşumu ile doğrudan ilişkili olduğunu saptamıştır.

[8] Neojen-Kuvaterner yaş aralığında Orta Anadoluda kıtasal çarpışma neticesinde kalkalkalin özellikte volkanizmanın oluştuğunu, Orta Anadolu Volkanik Provensi (OAVP) olarak adlandırılan bu kısım monojenik volkan merkezleri, stratovolkanlar, riolitik ignimbiritler ile temsil edildiğini belirtmiştir ve bölgede diğer çalışmalarla elde edilen stratigrafik verileri birbirleri ile karşılaştırarak yorumlamıştır.

[9] Tuzgözü fayının Hasandağ volkanı dolaylarını incelemiştir. Tuzgözü fayının birbirine paralel KB-GD gidişli üç fay setinden oluştuğunu ve doğudaki fay sınırının Hasandağ-Keçiboyduran volkanlarının sınırladığını saptamıştır.

[10] Ilısu ve Ihlara (Aksaray) sahalarında ön etüt niteliğinde jeoloji çalışmaları ile sıcak ve mineralli su kaynaklarının Melendiz çayından sürekli soğuk su karışımının olduğunu yapmış olduğu ölçümler ile belirlemişlerdir.

[11] Belediye sınırları içerisindeki jeotermal sahaların belirlenmesi amacıyla Kitreliye ait genel jeoloji ve sahanın 1/25000'lik genel jeoloji haritası hazırlanmış ve bölgedeki jeotermal suların kimyasal özelliklerini hakkında yorumlarda bulunmuştur.

Üst Miyosen-Kuvaterner sürecinde yoğun bir volkanik etkinliğe sahne olan bölge, çoğunlukla piroklastik akıntılardan (blok ve kül akıntısı, ignimbirit, lahar), pümsce zengin geri düşme çökellerinden, piroklastik yayılma ürünlerinden, ayrıca çok sayıda polijenetik (Melendiz, Keçiboyduran, Tepeköy, Çınarlı, Erciyes, Hasandağı vd.) ve monojenetik volkandan (cüruf ve tuf konileri, maar, vs.) oluşmaktadır. Bu birimlerin dışında volkanoklastik kayalar bölgede geniş yüzeyleme sunar ve volkanik kompleksi çevrelerler. Volkaniklastik kayalar değişik yaşta farklı litolojilerden oluşur ve genelde kıtasal çökellerle ara katkılı olup ; bölgeden bölgeye değişen dikey ve yatay fasiyeler gösterirler [1], [2], [6], [8], [12]. Bu aktiviteyi daha sonra çok sayıda dayk çıkışları (Bor ve Kitreli lavları gibi) izlemiştir. Bu yapılan çalışmalar ile bölgenin jeolojisi, litolojiler arasındaki stratigrafik ilişkiler ve birimlerin oluşum ortamları ortaya konulmuştur.

Tüm bu bilimsel araştırmalara rağmen, Niğde-Kitreli yöresindeki sıcak ve mineralli suların fiziksel-kimyasal özellikleri ve su çıkışı gözlenen yerlerde oluşan alterasyonların belirlenmesine yönelik bulgular halen eksiktir.

## BÖLÜM II

### MATERYAL ve YÖNTEM

#### 2.1 Literatür ve Saha Çalışmaları

İnceleme alanı ile ilgili hidrojeokimyasal, mineralojik-petrografik ve jeokimya verileri derlenmiştir. Analizler için su örneklerinin alınması ve kaynak/kuyu/akarsu başlarında suların pH, sıcaklık, debi, tuzluluk, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen ve CO<sub>2</sub> ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca suların yağışlı ve kurak dönemlerdeki kimyasal özelliklerinin belirlenmesi için su numuneleri ve suların kayalar üzerindeki alterasyon etkilerinin belirlenmesi için kayalar örnekleri de alınmıştır. Örnek noktalarının koordinatları Magellan 600 GPS cihazı ile belirlenmiştir. Arazi çalışmaları 2010 yılı Kasım ve 2011 yılı Mayıs aylarında gerçekleştirilmiştir.

#### 2.2 Mineralojik ve Petrografik Çalışma Yöntemi

İnceleme alanından yüzeysel hidrotermal alterasyona neden olan akışkanların fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla etrafındaki alterasyona uğramış ve alterasyona uğramamış birimlerden Kasım 2010'da arazi çalışmalarıyla alınan 10 adet kayalar örneklerinin XRF ve LOI deneyleri Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji ve Petrografi Laboratuvarlarında, analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları farklı diyagramlarda incelenip değerlendirilmiştir. Araziden alınan kayalar numunelerinden seçilen 7 tanesinin incekesit, 2 adet'de parlak kesit MTA Genel Müdürlüğü (Ankara) laboratuvarlarında yapılmıştır. Bu kesitler Niğde Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Optik laboratuvarında Olympus BH2 ve Nikon marka araştırma mikroskopları ile incelenerek ve mikro fotoğrafları çekilmiştir.

#### 2.3 Hidrojeokimyasal Çalışma Yöntemi

İncelenen alanda seçilmiş soğuk ve jeotermal su noktalarından örneklemeler mevsimsel değişimleri yansıtabilecek şekilde kurak (Kasım 2010) ve yağışlı (Mayıs 2011) dönemlerde 12 numune alınmıştır. Su örnekleri, çift kapaklı polietilen şişelere alınmış olup, sıcaklık

ve pH ölçümleri WTW pH 330i / SET; çözünmüş oksijen WTW OXI 340i / SET; elektriksel iletkenlik, WTW LF 330i / SET, bulanıklık WTW TURB 355 IR (Portable Turbidimeter / 0-1100 NTU) cihazları kullanılarak arazide yapılmıştır. Kasım 2010 (kurak) döneminde alınan su örnekleri kimyasal (majör-minör iyonlar, ağır metal, kirlilik, iz element) analizleri Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği laboratuvarında APHA, AWWA ve WPCF standartlarına uygun şekilde yapılmıştır. Mayıs 2011 (yağışlı) dönemde alınan su numuneleri Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Bölümü APHA, AWWA ve WPCF tarafından hazırlanan test standartlarına uygun şekilde yapılmıştır.

#### **2.4 Büro Çalışmaları**

Bu çalışmalar kapsamında elde edilen tüm verilerin jeolojiyle ilgili paket programlar kullanılarak çizelge ve grafikler değerlendirilmiştir. İnceleme alanında yapılan önceki çalışmalardan yararlanılarak ve arazide yapılan gözlemlerle bölgeye ait jeolojik haritalar yeniden düzenlenmiştir. Literatürden ve araziden derlenen veriler ile hidrojeolojik, hidrojeokimyasal, mineralojik-petrografik çalışmalardan elde edilen sonuçlar, çalışmanın her aşamasında değerlendirilip ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Son olarak da bu çalışma Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirtmiş olduğu tez yazım kurallarına göre yazılmıştır.

## BÖLÜM III

### BULGULAR

#### 3.1 İnceleme Alanının ve Yakın Çevresinin Genel Jeolojisi

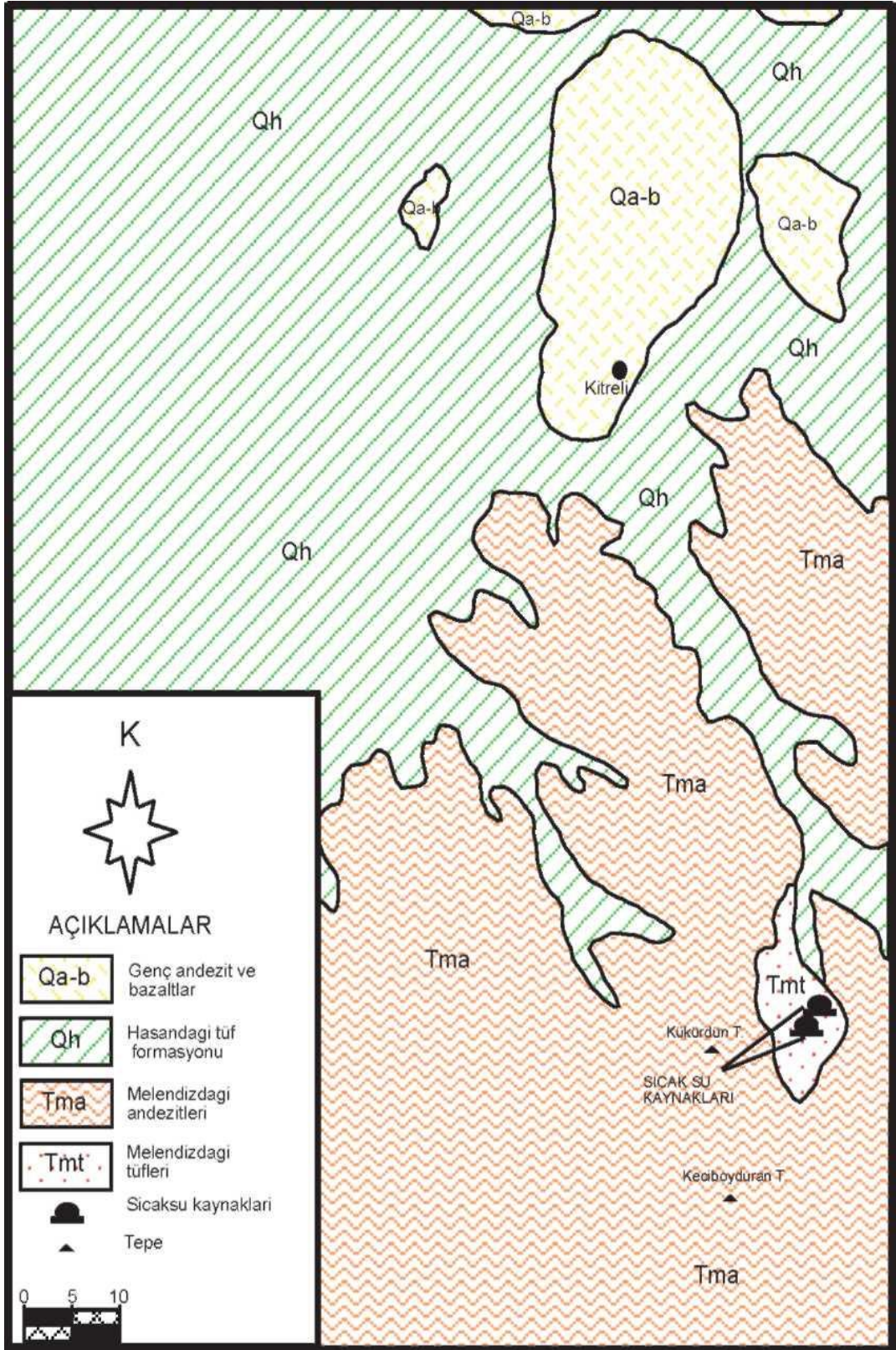
İnceleme alanının yakın çevresinin stratigrafik dizilimi yaşlıdan gence doğru kısa açıklamalarıyla sunulmuştur (Şekil 3.1).

| Üst Sistem | Sistem                | Seri        | Kat                       | Grup            | Simge                             | Formasyon ve Kaya Birimleri             | Litoloji |  |  |  |  |            |
|------------|-----------------------|-------------|---------------------------|-----------------|-----------------------------------|---|----------|--|--|--|--|------------|
| Senozoyik  | Tersiyer-Kuvaterner   | Holosen     | Versiliyen                |                 | Qal                               | Alüvyon<br>Yamaç<br>Molozu<br>Traverten |          | Çakıl-Kum-Mil  |  |  |  |            |
|            |                       |             |                           |                 | Qym                               |   |          | Blok-Çakıl-Kum                                       |  |  |  |            |
|            |                       |             |                           |                 | Qtr                               |   |          | Traverten  |  |  |  |            |
|            |                       |             |                           |                 |                                   |   |          |  |  |  |  | Uyumsuzluk |
|            |                       |             |                           |                 | Qç                                | Curuf Konileri                          |          | Curuf Konisi Malzemeleri                             |  |  |  |            |
|            |                       |             |                           |                 | Qa-b                              | Genç Andezit ve Bazaltlar               |          | Andezit-Bazalt                                       |  |  |  |            |
|            |                       |             |                           |                 | Qh                                | Hasandağı Tüfleri                       |          | Kül-Tüf-Volkanik Kum                                 |  |  |  |            |
|            |                       |             |                           |                 | Th                                | Hasandağı Andezit ve Bazaltları         |          | Andezit-Bazalt                                       |  |  |  |            |
|            |                       | Tma         | Melendiz Dağı Andezitleri |                 | Andezit, Andezitik Piroklastikler |   |          |  |  |  |  |            |
|            |                       | Tmt         | Melendiz Dağı Tüfleri     |                 | Tüf                               |   |          |  |  |  |  |            |
|            | Üst Eosen Alt Miyosen |             |                           |                 | Tm                                | Mezgit Grubu                            |          | Çakıltaşı-Kumtaşı                                    |  |  |  |            |
|            | Alt Eosen             |             |                           |                 | Tça                               | Çayraz Formasyon                        |          | Çakıltaşı, Kumtaşı, Kıltaşı, Kireçtaşı<br>Uyumsuzluk |  |  |  |            |
| Mesozoyik  | Kretase               | Üst Kretase |                           |                 | Kog                               | Orta Anadolu Granitoyiti                |          | Granit-Granodiyorit<br>Tektonik Dokanak              |  |  |  |            |
| Paleozoyik | Alt Paleozoyik        |             |                           | Kırşehir Masifi | Pb                                | Bozçaldağ                               |          | Mermer   |  |  |  |            |
|            |                       |             |                           |                 | Pt                                | Kaleboynu                               |          | Kalk Şist- Kuvarşist- Gnays                          |  |  |  |            |

Şekil 3.1 İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti [13]

İnceleme alanında yüzeylenen birimler : Melendizdağı andezitleri (Tma), Melendizdağı tüfleri (Tmt), Hasandağı tüf formasyonu (Qh) ve Holosen yaşlı genç andezit ve bazaltlar

(Qa-b), yamaç molozları (Qym), alüvyon (Qal)' dur. Bu birimler önceden yapılmış çalışmalardan yararlanılarak alttan üste doğru sıralanarak açıklanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Niğde-Kitreli ve dolaylarının jeoloji haritası [10]

### 3.1.1 Melendiz dağı tüfleri (Tmt)

Birim [1] tarafından isimlendirilmiş olup Melendiz Keçiboyduran dağları arasında bulunan Kükürdün dere civarında tf, aglomera ve tf breşi gözlenmiştir. İnceleme alanında saha çalışmalarında birim içerisinde, limonitleşme ve ince tabakalar halinde silileşme gözlenmiştir. Limonit, silisten başka kkrt okelleri de bu formasyon içerisinde, çatlaklarda ve tüfler içinde dağınık şekilde ince tabakalar halinde bulunmaktadır (Fotoğraf 3.1).



Fotoğraf 3.1 İnceleme alanında Kitleli sıcaqsu kaynakları civarlarında gözlenen Melendizdağ tüfleri

### 3.1.2 Melendiz dağı andezitleri (Tma)

İnceleme alanında Kükürdün dere doğusunda yüzeylenmiştir. Melendiz dağına ait volkanik faaliyet sonucu oluşan andezitler, kahve ve kahvemsi gri renklidir. Melendiz dağı andezitleri yine Melendiz dağına ait aglomeralar, tf, tf breşi üzerinde bulunur. Birimin yaşı [14]'a göre st Miyosen'dir (Fotoğraf 3.2).



Fotoğraf 3.2 İnceleme alanında yüzeyleyen Melendiz dağı andezitlerinin görüntüsü

### 3.1.3 Hasandağı tüf formasyonu (Qh)

Birim [1] tarafından tanımlanmıştır. Melendiz ve Hasandağı'nın kuzey ve batı kısımlarında gözlenmiş olup, açık kahve ve bej dış görünüşe sahiptir (Fotoğraf 3.3). Hasandağı tüfleri, Belisırma ve Ihlara civarında Kızılkaya ignimbiritlerini üzerler [1].



Fotoğraf 3.3 İnceleme alanında Hasandağ tüflerine ait genel görüntü (Bakış yönü batıya doğrudur)

Hasandağı'nın G ve GB'sında homojen kül ve lapilli çökeltileri ve bu tüfler içerisinde dağılmış orta boy pomza çakılları bulunmaktadır. Ihlara'da tabakalanmış şekilde volkano sedimanter birim, irili ufaklı lav ve tuf blokları yer almaktadır. Ihlara'nın güneyinde Kırkgözler kaynağının kuzeyinde tabakalanmış bu birim içerisinde ince faylanma ve çatlaklar bulunmakta, kırık ve çatlaklar kalsit dolguludur (Fotoğraf 3.4).



Fotoğraf 3.4 a) İnceleme alanında Ihlara'nın güneyinde tabakalanmış volkanosedimanter birim b) volkanosedimanter birim içerisindeki faylanmaların yakın görüntüsü c) fay ve tabakalı yapının görünümü

### 3.1.4 Genç andezit (a) ve bazalt (b)

İnceleme alanında Kitreli'de Hasandağı tuf formasyonunun üzerinde, Iısu civarında ise Kızılkaya ignimbritlerinin üzerinde yer almakta olup, dış görünümü siyah, grimsi siyah renkli, sert ve gaz boşlukludur (Fotoğraf 3.5).



Fotoğraf 3.5 a) Iısu kasabasında sıcak su kaynağına yakın yüzeyleyen bazaltlar b) Iısu kasabası batısında soğuk su kaynağı kısmında yüzeyleyen bazaltlar

### 3.1.5 Yamaç molozu (Qym)

İnceleme alanında kahvemsı gri renkli köşeli blok ve çakıl boyutunda andezit, bazalt kökenli moloz malzeme Kükürdün dere üst seviyelerinde yüksek topoğrafyadan düşerek ve yuvarlanarak birikmiştir. Kuvaterner yaşlı olan bu birim kendinden önce çökelen bütün birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Fotoğraf 3.6).



Fotoğraf 3.6 Sahada gözlenen yamaç molozları

### 3.1.6 Alüvyon (Qal)

İnceleme alanının güncel çökelleridir. Bunlar yağış sularını taşıyan dere yataklarında ve bazı düzlüklerde gözlemlenmiştir. Alüvyon malzeme yarı yuvarlak, yuvarlak olup, kum, çakıl boyutunda bölgede bulunan tüf, andezit, bazalt kökenlidir. Alüvyon, Kuvaterner yaşlı olup, kendinden yaşlı olan bütün birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Fotoğraf 3.7).



Fotoğraf 3.7 Kükürdün deresindeki alüvyon

## 3.2 Yapısal Jeoloji ve Tektonik

İnceleme alanınında içinde bulunduğu OAVP'de volkanik hareketlerle yaşıt iki fay sistemi mevcuttur. Bunlar; Tuzgölü-Ecemiş fay sistemi ve OAVP uzun eksenine paraleldir [15], [16]. İkinci sistemin fayları OAVP'nin gelişiminde etkin olmuş, ancak Pliyo-Kuvaterner'de aktivitesini yitirmiştir. KMF Tuzgölü-Ecemiş fay sistemine ait olup Kuvaterner öncesinde etkinliğini kaybetmişlerdir [17].

### 3.2.1 Hasandağı fay seti

İnceleme alanında TFZ geniş bir fay setidir ve KB- GD yönlerinde uzanan paralelden yarı paralele birkaç fay segmentinden oluşur [18]. Hasandağı fay seti, iki baskın yönlü faydan meydana gelmiştir. KB-GD fayları Hasandağı strato volkanının çevresinde

yoğunken K-G doğrultulu fayları volkanın güneyinde yer alır. KB-GD fayları Keçiboyduran dağının batı yamacında ölçülmüş düzlüklerde olduğu gibi sağ yönlü doğrultu atımlıdır. Diğer yandan K-G yönlü normal faylar, fay izlerine paralel uzanan silindir konilerinin yönleriyle karakterize edilmiştir [19].

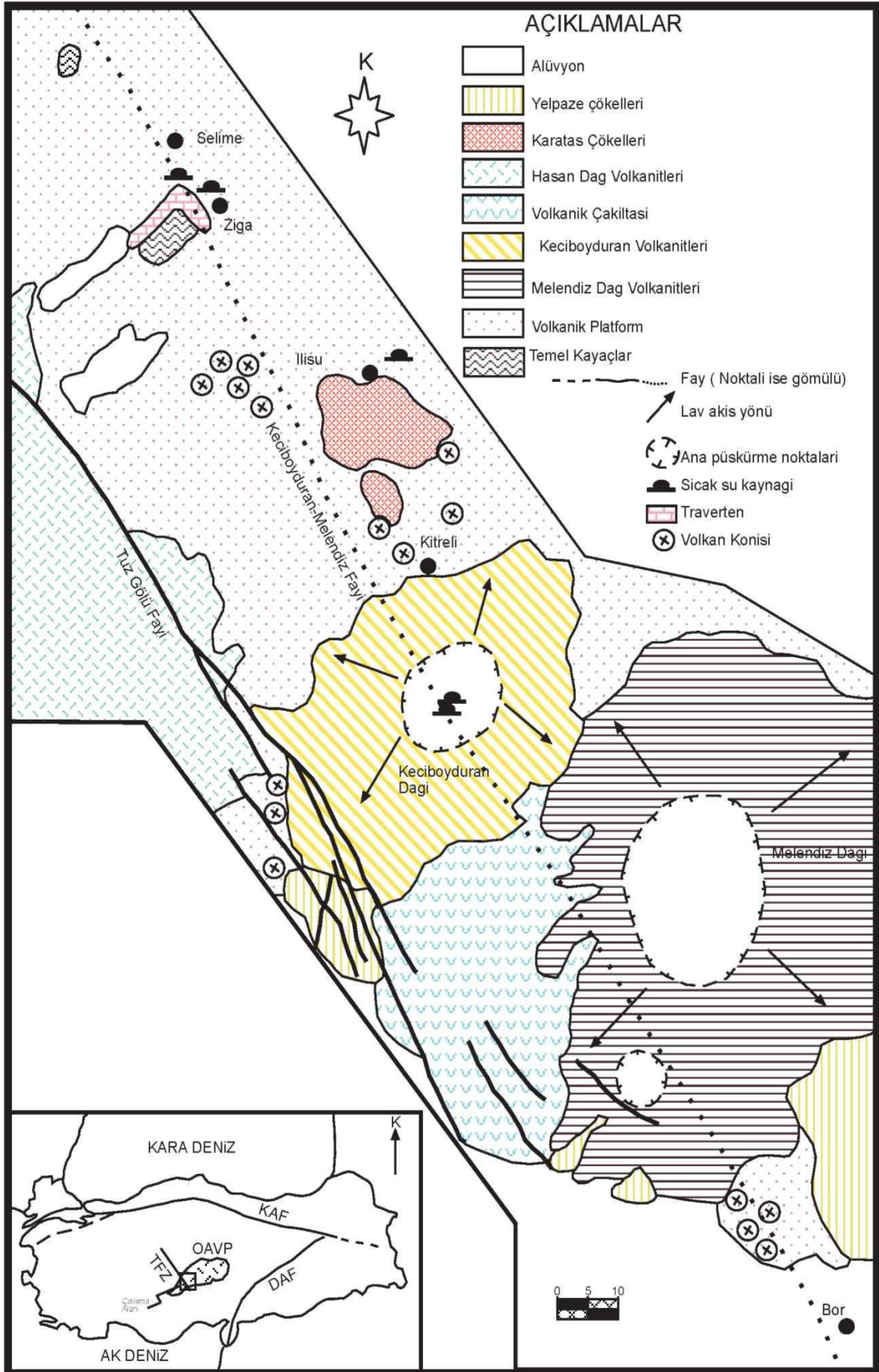
### **3.2.2 Keçiboyduran-Melendiz fayı**

Bu fay zonu Hasandağı fay setine paralel olup erken Pliyosen yaşlı Melendiz ve Keçiboyduran kompozit volkanlarının lokasyonunu kontrol eder. Genellikle güncel volkanik püskürtülere ait lav ve kül akıntıları altında gömülüdür. Bu fayın delilleri aşağıda sunulmuştur [20].

1. Volkanitlerden türemiş Pliyo- Kuvaterner yaşlı çakıltaşı set çökelleri Melendiz ve Keçiboyduran volkanik kompleksi arasındaki fayın batı bloğunda bulunur. Bu çakıltaşları stratovolkanların oluşturduğu semer şeklindeki topografyanın diğer tarafında yer almaz. Çakıltaşlarının kaynağına inildikçe daha yüksek alanlarda lav akıntıları çakıltaşlı ara katkılı çökellerin birbirini izleyen gelişime sahip olduğunu ve KB bloğunun aşamalı olarak yükseldiğini gösterir. Bir merceksi akarsu çökeli, Selime etrafındaki fayın batı bloğunda oluşmuştur [20].
2. Birçok silindir koni Melendiz volkanının güney yamacında ve Keçiboyduran volkanının kuzey yamacında yoğunlaşmıştır. Bu yoğunlaşmalar alanın diğer bölümlerinde anlatıldığı gibi genellikle tansiyonel çatlaklara denk gelir [20].
3. KMF üzerinde gelişimi faya bağlı olan sıcak su kaynakları ve traverten oluşumları gözlenmiştir. Sıcak sular, Selime'nin güneybatısında (Ziga kaplıcası), Ilısu içinde ve Keçiboyduran volkanik kütesinin püskürme merkezinde yer alır [20].

### **3.2.3 Tuzgözü- Ecemiş fay sistemi**

Tuzgözü- Ecemiş fay sistemi, uzun eksenler boyunca hemen hemen dike yakın açılarla OAVP'yi kesen fay zonlarından oluşur. Faylar KB'den GD'ye doğru bulunmaktadır. Fayların genel görünümü ve jeolojik birimlerle olan ilişkisi Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Keçiboyduran-Melendiz fayı dolaylarının jeolojik haritası [17]

## BÖLÜM IV

### HİDROJEOLJİ VE SU KİMYASI

#### 4.1 Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri

##### 4.1.1 Geçirimli birimler

İlisu'da yüzeyde bulunan ignimbiritler içerisindeki kırık ve çatlaklar boyunca suların derinlere süzülmesini sağlarlar. Bölgeki andezit ve bazaltlar faylanmadan ötürü ikincil gözenekliliğe sahip olup, geçirimsizlik özellikleri artmıştır.

İhlara güneyinde bulunan Kırkgözler soğuk su kaynağı için yüzeyde bulunan volkanosedimanter seviyeler birincil gözenekliliğe sahiptir; alt seviyelerde bulunan bazaltlar oluşumları sırasında kazandıkları soğuma çatlakları ve faylanmadan ötürü oluşan kırık, çatlaklar etkisi ile geçirimsiz özellik gösterir.

İnceleme alanında Kitreli sahasında andezit ve bazaltlarda fayların etkisi ile gelişen kırık ve çatlaklar boyunca ikincil gözeneklilik kazanmış olup, sıcak suyun birincil rezervuarı oluşturabilir. Volkanik çakıl, breşli seviyeler birincil gözenekliliğe sahip olup, geçirimsiz birimlerdir ve sığ rezervuarı oluştururlar. Yüzeysel beslenme alanında faylar boyunca oluşan ikincil gözenekliliği oluşturur ve yağış sularının derinlere taşınmasını sağlar.

##### 4.1.2 Geçirimsiz birimler

İnce taneli yapılarından dolayı gözeneklerindeki suyun geçmesine izin vermeyen kayaçlar geçirimsizdir. Geçirimsiz özellikteki kayaçlar jeotermal rezervuarı örterek dışarıdan gelecek soğuk su karışımlarına karşı korur ve soğumayı önler. Örtü kayaçlar inceleme alanında volkanizmaya bağlı olarak tüflerdir..

Kitreli sıcak suyunun bulunduğu alanda ; Üst Miyosen yaşlı Melendiz dağı andezitleri (Tma) ve Hasandağı tuf formasyonu (Qh) hidrolik iletkenliklerinin düşük olması nedeniyle geçirimsizdirler. Melendiz dağı tüfleri ve genç andezit-bazaltlar (Qa-b)

birimleri oluşumları sırasında kazandıkları soğuma çatlakları ve tektonizmadan ötürü oluşan kırık, çatlaklı yapıları dolayısıyla az geçirimlidir. Kırık ve çatlaklı yapı yaygın bir şekilde gözlemlendiği için yağış sularının yeraltına süzülmesini sağladığı düşünülmektedir. Orta Miyosen yaşlı Melendiz dağı andezitlerinin (Tma) incelenen alanının geçirimli birimidir [21].

## 4.2 Bölgedeki Su Durumu

### 4.2.1 Soğuk sular

Ilısu kasabasından geçmekte olan Melendiz çayı yaklaşık 60 km uzunlukta ve GD-KB akım yönlüdür. Mevsimsel olarak su seviyesinde ve renginde değişimler gözlemlenir. Sellenmenin olduğu yağışlı dönemlerde koyu kahve renkli kurak ve suların azaldığı dönemlerde ise berraklaşır. Ilısu kasabası Melendiz çayının membaya en yakın orta kısmında bulunmaktadır. Blok ve çakıllar çoğunlukla andezit ve bazalt kökenlidir, blok ve çakıllar yarı yuvarlak, yuvarlak olması; memba kısmından uzaklaşıldığını kayaçların taşınma sırasında yuvarlanarak köşeli yapılarını kaybettiğini göstermektedir. İnceleme alanına ait suların koordinatları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 İnceleme alanındaki soğuk suların koordinatları

| Örnek No | Örnek Yeri       | Koordinatlar              | Rakım (m) |
|----------|------------------|---------------------------|-----------|
| 1.       | Kitreli soğuk su | 38 07 245K<br>034 22 061D | 2068      |
| 2.       | Melendiz çayı    | 38 14 031K<br>034 20 672D | 1302      |
| 3.       | Ilısu soğuk su   | 38 13 924K<br>034-19-713D | 1295      |
| 4.       | Kırkgözler       | 38 13 024K<br>034 18-951D | 1301      |

Ilısu kasabası içerisinde yapılan çalışmalarda Melendiz çayı içerisine kırık ve çatlaklarla taşınarak boşalan sıcak su kaynaklarının olduğu gözlenmiştir (Fotoğraf 4.1).



Fotoğraf 4.1 Ilısu merkezde Melendiz çayına ait genel görünümü

Ilısu kasabasının batısında bazaltlardan boşalan mevsimsel yağışlarla boşalım seviyesinde farklılık gösteren soğuk su kaynakları mevcuttur (Fotoğraf 4.2).



Fotoğraf 4.2 Ilısu soğuk su kaynağı genel görünümü (ok yönü su seviyesinde yağışlı dönemden kurak döneme giderken düşme yönüdür)

Ihlara kasabasının güneyinde bulunan Kırkgözler su kaynağı kasabanın içme suyu ve tarımsal sulamalarda kullanılmaktadır. Debisi yaklaşık 100 l/s'dir. Kırkgözler kaynağı bölgede bazaltlardan çıkmakta ve dereler aracılığıyla Melendiz çayına boşalmaktadır (Fotoğraf 4.3).



Fotoğraf 4.3 Kırkgözler soğuk su kaynağı

Kitreli’de Melendiz dağından boşalan debileri değişen çok sayıda küçük kaynakların oluşturduğu ve mevsimsel yağış sularının taşındığı Kükürdün deresi bulunmaktadır (Fotoğraf 4.4). Su kimyası çalışmaları için derenin memba kısmına yakın yerden numune alınmıştır. Dere tabanında; kum, çakıl, blok boyutu materyal mevcuttur. Blok ve çakıllar köşeli, yarı köşeli olup fazla taşınmamışlardır daha çok andezit, tuf ve bazalt kökenlidir. Dereye boşalan sıcak su kaynakları da gözlemlenmiştir.



Fotoğraf 4.4 Kükürdün deresine ait görüntü

#### 4.2.2 Sıcak ve mineralli sular

Sıcak su kaynağı meteorik suların geçirimli zonlar boyunca (kırık, çatlak vs.) derinlere inerek ve geçirimli jeolojik birimlerde su-kayaç etkileşimi ile su kimyası açısından zenginleşip, ısıdıktan sonra yine kırık ve çatlak düzlemleri üzerinden yeryüzüne çıkmaktadır.

İnceleme alanı içerisinde bulunan Ilısu sıcak su kaynakları kasaba içerisinde Hamam ve Cami altı kaynakları mevcuttur. Ayrıca kasaba içerisinde Melendiz çayına kırık ve çatlaklar boyunca taşınarak boşalan sıcak su kaynakları da gözlemlenmiştir kaynak sıcaklığı 34 °C debisi ise, 0,7 l/s'dir. Bölgede Ilısu beledisince yaptırılan hamam çevre halkı tarafından kullanılmaktadır Çizelge 4.2'de ve Fotoğraf 4.5 'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 İnceleme alanındaki sıcak su kaynaklarının koordinatları

| Örnek No | Örnek Yeri              | Koordinatlar                | Rakım (m) |
|----------|-------------------------|-----------------------------|-----------|
| 1.       | Kitreli sıcak su havuzu | 38 07 156 K<br>034 21 983 D | 2039      |
| 2.       | Kitreli sıcak su çeşme  | 38 07 038 K<br>034 21 812 D | 2054      |
| 3.       | Ilısu sondaj            | 38 14 051K<br>034 20 660D   | 1306      |



Fotoğraf 4.5 Ilısu sıcak su sondajına ait görüntü

İnceleme alanının diğer sıcak ve mineralli su kaynağı Kitreli kasabasının yaklaşık 7 km güneyinde Melendiz dağının kuzey eteğinde Kükürdün deresinin kenarında 2 noktadan çıkan sıcaklıkları 28°C-29°C arasında değişiklik gösteren kaynaklardır. Bu sıcak su kaynakları hakkında henüz ayrıntılı çalışma yapılmamış ve herhangi bir tesis kurulmamıştır. Kitreli belediyesince kaynak etrafında yapılan bir havuz bulunmaktadır. Havuz bölgede yaşanan sellenme ve taşkınlar nedeniyle kullanılamaz durumdadır (Fotoğraf 4.6a). Havuz kaynağının biraz daha üst kodlarında bulunan çeşme halindeki sıcak su kaynağı Fotoğraf 4.6b'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 4.6 a) Kitreli havuzu sıcak su kaynağı b) Kitreli çeşmesi sıcak su kaynağı

### 4.3 Su Kimyası Çalışmaları

#### 4.3.1 Suların kimyasal sınıflandırılması

İnceleme alanında bulunan sıcak ve mineralli suların fiziksel özellikleri Çizelge 4.3'de verilmiştir, alınan numunelerin yağışlı ve kurak dönemine ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de verilmiştir.

İnceleme alanındaki suların iyon bolluk dizilimleri Çizelge 4.6'de verilmiştir. Her iki dönemde de benzer iyon dizilimleri ( $\text{Ca}^{+2} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$ ) göstermiştir. Bu durum soğuk suların benzer kökenli ve/veya aynı beslenme hattına sahip olduklarını göstermiştir. Bölgedeki kaynak ve sondaja ait suların yarı logaritmik Schoeller diyagramı ile yapılan yorumlar birbirini desteklemektedir. Alandaki diğer suların iyon dizilimleri; Kitreli sıcak su kaynağında  $\text{Ca}^{+2} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{SO}_4^- > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$  ve Ilısu sıcak su kaynağında  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$  biçimindedir.

Çizelge 4.3 İnceleme alanındaki sıcak ve soğuk suların fiziksel özellikleri

| Örnek No | Örnek Yeri              | T (°C) | pH   | EC (µS/cm) | TDS (mg/L) | Çözülmüş oksijen (mg/L) | Eh (Mv) | Bulanıklık (Ntu) |
|----------|-------------------------|--------|------|------------|------------|-------------------------|---------|------------------|
| 1.       | Kitreli soğuk su        | 12,2   | 6,24 | 12,8       | 9          | 8,21                    | 35,8    | 4,12             |
| 2.       | Melendiz çayı           | 15,3   | 8,45 | 69,3       | 47         | 8,9                     | 92,5    | 1,46             |
| 3.       | İlisu soğuk su          | 15,2   | 8,02 | 52         | 35         | 8,25                    | 64,4    | 0,20             |
| 4.       | Kırkgözler              | 12,4   | 7,61 | 32,0       | 22         | 8,87                    | 42,1    | 0,00             |
| 5.       | Kitreli sıcak su havuzu | 29,7   | 6,54 | 376        | 251        | 1,35                    | 19,6    | 51,61            |
| 6.       | Kitreli sıcak su çeşme  | 28,6   | 6,16 | 350        | 241        | 0,28                    | 22      | 3,63             |
| 7.       | İlisu sondaj            | 34,0   | 7,20 | 100,2      | 66         | 3,64                    | 19,1    | 4,92             |

Çizelge 4.4 İnceleme alanından alınan sıcak ve soğuk suların kurak döneme ait kimyasal analiz sonuçları (Örnekleme tarihi : 06/11/2010)

| Örnek No                | EC µs/cm | pH   | T (°C) | Ca     | Mg    | Na    | K     | Cl    | SO <sub>4</sub> | HCO <sub>3</sub> | CO <sub>3</sub> | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> | PO <sub>4</sub> | NH <sub>4</sub> | F     | Br   | Li    |
|-------------------------|----------|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|------|-------|
| 1-Kitreli sıcak su      | 1638     | 6    | 29     | 324,7  | 19,94 | 147,8 | 20,48 | 4,592 | 1095,82         | 56,2             | 0,00            | 0,00            | 0,10            | 0,00            | 0,00            | 0,00  | 0,04 | 0,00  |
| 2-Kitreli çayı          | 89       | 7,03 | 3,5    | 8,556  | 1,752 | 5,102 | 2,947 | 0,161 | 14,915          | 18,04            | 0,00            | 0,00            | 0,11            | 0,00            | 0,00            | 0,00  | 0,05 | 0,00  |
| 3-Kırkgözler soğuk su   | 142      | 7,23 | 12,3   | 17,16  | 5,082 | 10,37 | 1,364 | 1,94  | 4,075           | 119,25           | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,154           | 0,50            | 0,00  | 0,02 | 0,02  |
| 4-İlisu Melendiz çayı   | 357      | 8,27 | 9,6    | 24,905 | 4,95  | 6,87  | 2,184 | 1,055 | 12,318          | 87,6             | 0,00            | 0,099           | 4,58            | 0,147           | 0,76            | 0,004 | 0,02 | 0,009 |
| 5-İlisu sıcak su sondaj | 423      | 6,93 | 35,1   | 32,02  | 11,9  | 58,07 | 23,58 | 2,39  | 14,124          | 339,4            | 0,00            | 0,00            | 14,48           | 0,155           | 0,00            | 0,009 | 0,01 | 0,06  |
| 6-İlisu soğuk su        | 229      | 7,81 | 15,2   | 26,08  | 13,75 | 13,15 | 2,95  | 2,03  | 11,43           | 213,5            | 0,00            | 0,00            | 12,36           | 0,145           | 0,97            | 0,022 | 0,02 | 0,03  |

Çizelge 4.5 İnceleme alanından alınan sıcak ve soğuk suların yağışlı döneme ait kimyasal analiz sonuçları (Örnekleme tarihi : 30/05/2011)

| Örnek No                | EC µs/cm | pH   | T (°C) | Ca    | Mg    | Na     | K     | Cl    | SO <sub>4</sub> | HCO <sub>3</sub> | CO <sub>3</sub> | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> | PO <sub>4</sub> | NH <sub>4</sub> | F    | Br    | Li   |
|-------------------------|----------|------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|-------|------|
| 1-Kitreli sıcak su      | 1818     | 5.74 | 28.45  | 328.9 | 15.08 | 113.43 | 16.53 | 4.10  | 1147.05         | 50.83            | 0               | <0.01           | 0.32            | <0.01           | <0.01           | 0.57 | <0.01 | 0.01 |
| 2-Kitreli çayı          | 44       | 6.67 | 4.08   | 5.99  | 0.86  | 2.16   | 1.23  | 0.28  | 15.79           | 12.87            | 0               | <0.01           | 0.29            | <0.01           | <0.01           | 0.02 | <0.01 | 0.01 |
| 3-Kırkgözler soğuk su   | 153      | 7.58 | 12.34  | 19.79 | 4.66  | 8.68   | 1.27  | 1.86  | 4.40            | 101.67           | 0               | <0.01           | 6.10            | <0.01           | 0.65            | 0.12 | <0.01 | 0.01 |
| 4-İlisu Melendiz çayı   | 149      | 8.07 | 12.73  | 21.05 | 5.09  | 6.16   | 2.13  | 2.00  | 13.61           | 81.33            | 0               | 0.098           | 5.12            | <0.01           | 0.97            | 0.09 | <0.01 | 0.01 |
| 5-İlisu sıcak su sondaj | 495      | 7.32 | 32.58  | 39.19 | 11.48 | 49.63  | 17.97 | 17.68 | 12.85           | 271.11           | 0               | <0.01           | 14.66           | <0.01           | <0.01           | 0.23 | <0.01 | 0.01 |
| 6-İlisu soğuk su        | 160      | 7.90 | 15.29  | 28.39 | 11.64 | 10.48  | 2.25  | 2.06  | 10.17           | 162.67           | 0               | <0.01           | 10.76           | <0.01           | 1.02            | 0.23 | <0.01 | 0.01 |

Çizelge 4.6 İnceleme alanındaki suların iyon dizilimleri ile su türleri (Örnekleme tarihi a: 06/11/2010, b: 30/05/2011)

| Numune yeri         | İyon Dizilimi (a)  | Su Türü                | İyon Dizilimi (b)  | Su Türü                |
|---------------------|--|------------------------|--|------------------------|
| Kırkgözler          | $Ca^{+2} > Na^{+} > Mg^{+2}, HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ | Ca-Na-HCO <sub>3</sub> | $Ca^{+2} > Na^{+} > Mg^{+2}, HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ | Ca-Na-HCO <sub>3</sub> |
| Kitreli Sıcak Su    | $Ca^{+2} > Na^{+} > Mg^{+2}, SO_4^{-2} > HCO_3^{-} > Cl^{-}$ | Ca-Na-HCO <sub>3</sub> | $Ca^{+2} > Na^{+} > Mg^{+2}, SO_4^{-2} > HCO_3^{-} > Cl^{-}$ | Ca-Na-HCO <sub>3</sub> |
| Kitreli Çayı        | $Ca^{+2} > Na^{+} > Mg^{+2}, HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ | Ca-Na-HCO <sub>3</sub> | $Ca^{+2} > Na^{+} > Mg^{+2}, HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ | Ca-Na-HCO <sub>3</sub> |
| İlisu Sıcak Su      | $Na^{+} > Ca^{+2} > Mg^{+2}, HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ | Na-Ca-HCO <sub>3</sub> | $Na^{+} > Ca^{+2} > Mg^{+2}, HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$ | Na-Ca-HCO <sub>3</sub> |
| İlisu Melendiz Çayı | $Ca^{+2} > Na^{+} > Mg^{+2}, HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ | Ca-Na-HCO <sub>3</sub> | $Ca^{+2} > Na^{+} > Mg^{+2}, HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ | Ca-Na-HCO <sub>3</sub> |
| İlisu Soğuk Su      | $Ca^{+2} > Na^{+} > Mg^{+2}, HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ | Ca-Na-HCO <sub>3</sub> | $Ca^{+2} > Na^{+} > Mg^{+2}, HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ | Ca-Na-HCO <sub>3</sub> |

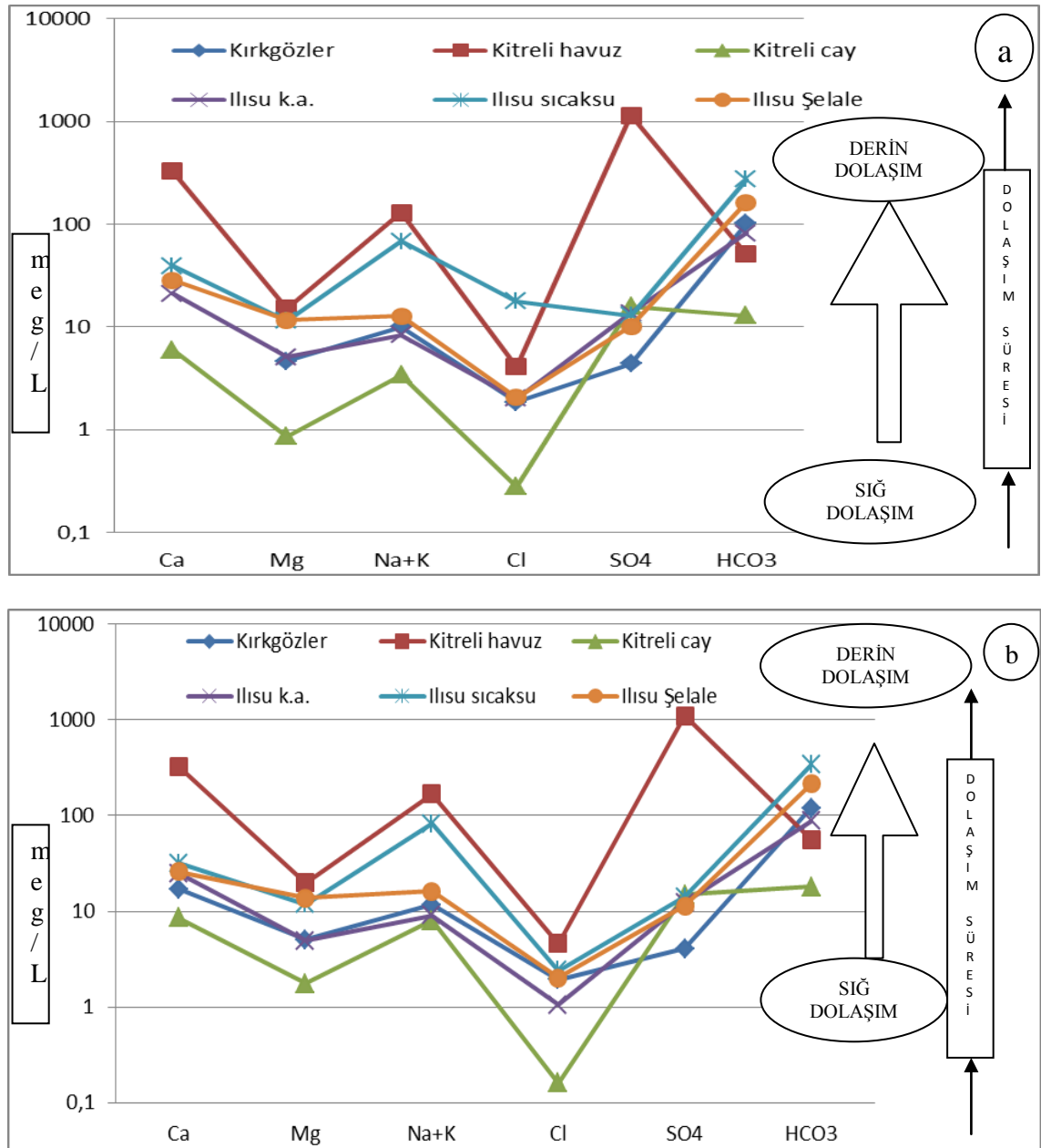
#### 4.3.1.1 Schoeller diyagramı

İnceleme alanından alınan her iki döneme ait hidrokimyasal analiz sonuçları yarı logaritmik Schoeller diyagramına [22] göre; inceleme alanındaki sular; katyonları  $Ca^{+2}$ - $Na^{+}$ + $K^{+}$ - $Mg^{+2}$  anyonları  $HCO_3^{-}$ + $CO_3^{-}$ - $SO_4^{-2}$ - $Cl^{-}$  şeklinde dizilmektedirler (Şekil 4.1). Melendiz çayı ile Kırkgözler kaynak suları benzer iyon konsantrasyonu nedeniyle aynı kökenli sular olabilir, Ilisu soğuk su kaynağı da benzer ortak iyon etkisinden dolayı bu sular ile aynı kökenli sular grubuna dahil edilebilir [23]. Bu üç su kaynağının beslenimi bölgede yüzeylenmiş bulunan bazaltlarla etkileşimde olabilir. Kitreli sıcak suyunun diğer sulardan farkı  $SO_4^{-2}$  ve  $Ca^{+2}$  bakımından zenginleşmesidir. Buradaki baskın iyonlar  $Ca^{+2}$ - $Na^{+}$ - $Mg^{+2}$ ,  $SO_4^{-2}$ - $HCO_3^{-}$ - $Cl^{-}$  şeklindedir. Kitreli çayı suyu inceleme alanındaki diğer sulardan çok farklı değerler göstermesi, bünyesindeki suların akış sırasında içeriğindeki iyonların çökeldiğini göstermekte bu durum ise etkileşimde olduğu kayalarda görülen alterasyon ile desteklemektedir. Buradaki iyonlar  $Ca^{+2}$ - $Na^{+}$ - $Mg^{+2}$ ,  $SO_4^{-2}$ - $HCO_3^{-}$ - $Cl^{-}$  şeklindedir. Ilisu sıcak suyunun yine bu bölgedeki soğuk su ile benzer iyon özelliği göstermesi, sıcak ve soğuk suların yeryüzüne yakınlaştığı yerlerde birbiri ile karıştığını göstermektedir. Sıcak suyun katyonları  $Na^{+}$ - $Ca^{+2}$ - $Mg^{+2}$  anyonları ise  $HCO_3^{-}$ - $SO_4^{-2}$ - $Cl^{-}$  Ilisu soğuk sularının katyonları  $Ca^{+2}$ - $Na^{+}$ - $Mg^{+2}$  anyonları  $HCO_3^{-}$ - $SO_4^{-2}$ - $Cl^{-}$  şeklindedir.

$SO_4$  derişimi derin dolaşımli termal sularda genel olarak düşüktür, ancak  $H_2S$ 'in oksitlenmesi ile bu oranda artış gözlenir ve pH'ı düşük olan sular meydana gelir [24]. Kitreli sıcak sularında  $SO_4$  derişiminin yüksek olması  $H_2S$ ' in oksitlenmesinden dolayıdır. Ayrıca çözülmüş  $CO_3$ ,  $CO_2$  gazı olarak çözüldüden uzaklaşması  $HCO_3$

oranının düşmesinede neden olmuştur. Bu yüzden suların kökeninin belirlenmesi için kükürt izotop çalışması yapılmalıdır.

Kırkgözler, Kitreli Çayı, Melendiz Çayı, Ilısu soğuk su kaynaklarının derin dolaşım yapmadıkları, yüzeydeki kırık ve çatlaklar boyunca su dolaşımına katılarak kayalar ile uzun süreli bir temasta bulunmadan yeniden yeryüzüne döndüğü söylenebilir (Şekil 4.1 a-b).



Şekil 4.1 İnceleme alanındaki suların kurak döneme (a-Örnekleme Tarihi:06/11/2010) ve yağışlı döneme (b- Örnekleme Tarihi:30/05/2011) ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı [22]

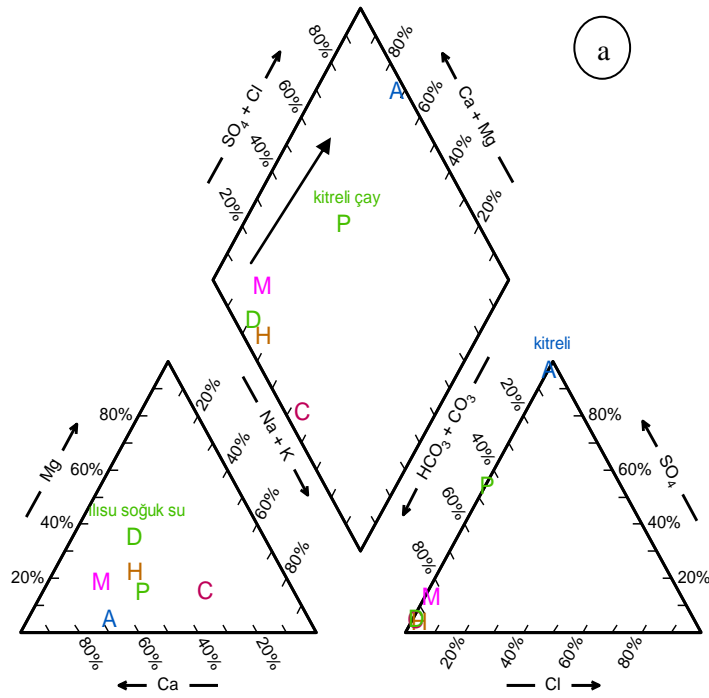
#### 4.3.1.2 Piper diyagramı

Her iki dönemde yapılan hidrokimyasal analiz sonuçlarının Piper diyagramına yerleştirilmiştir (Şekil 4.2 a-b). Örneklerin diyagram üzerindeki dağılımları genel olarak incelendiğinde  $Ca^{+2}-Mg^{+2}$ ,  $SO_4-HCO_3$  su tipinde yer almaktadırlar. Bu sular her iki dönemde aynı bölgelere düşmüştür.

Piper diyagramında inceleme alanındaki su örnekleri  $Ca^{+2}-Na^+-Mg^{+2}$ ,  $SO_4^- -HCO_3^- - Cl^-$  bölgelerinde yer alan Kitreli sıcak ve soğuk suları  $Ca-Na-SO_4$  tipinde. Kırkgözler, Melendiz çayı, Ilısu soğuk suyu  $Ca^{+2}-Na^+-Mg^{+2}$ ,  $HCO_3^- -SO_4^- -Cl^-$  bölgelerinde yer alıp  $Ca-Na-HCO_3$  tipinde. Ilısu sıcak suyu  $Na^+-Ca^{+2}-Mg^{+2}$ ,  $HCO_3^- - Cl^- -SO_4^-$  bölgelerinde  $Na-Ca-HCO_3$  su tipinde sulardır.

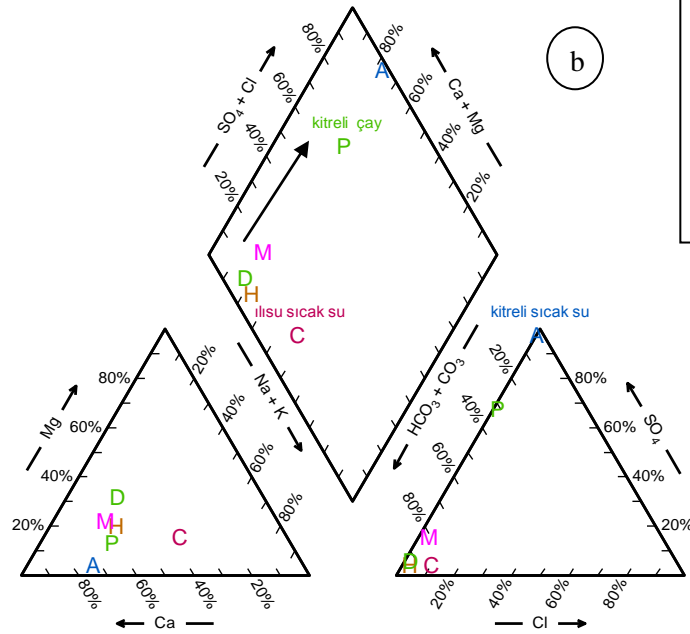
Melendiz, Ilısu soğuk suyu ve Kırkgözler kaynak suları karbonat sertlikleri %50' nin üzerindedir ve bu sular  $Ca-HCO_3$ 'lü sulardır. Kitreli Çayı karbonat olmayan alkalinitesi, karbonat alkalinitesinden yüksek, karbonat olmayan alkalinitesi %50' den fazla, alkaliler ve güçlü asitlerin olduğu  $KCl$ ,  $NaSO_4$ ,  $NaCl$ , gibi çok acı suların düştüğü bölgede yer almakta olup, bu bölgede bulunan Kitreli'ye ait kükürtlü sulardır.

İnceleme alanından alınan örnekler Durov diyagramına göre her iki dönemde de sular aynı bölgelerde bulunmaktadır. Buna göre, Kitreli sıcak ve Kitreli Çay suları hariç diğer sular  $HCO_3+CO_3$  bakımından zengindir. Ayrıca Kitreli sıcak suyunun TDS değeri diğerlerinden farklı olarak da 1500 mg/l'nin üzerindedir. Kitreli sıcak suyu ve Kitreli çayı suları pH değerleri diğerlerinden düşük olarak asidik, diğer kaynaklar ise bazik karakterlidir (Şekil 4.3).



AÇIKLAMA

- A Kitreli
- P Kitreli çay
- H Kırkgözler
- M Melendiz
- C Ilisu sıcak su
- D Ilisu soğuk su



AÇIKLAMA

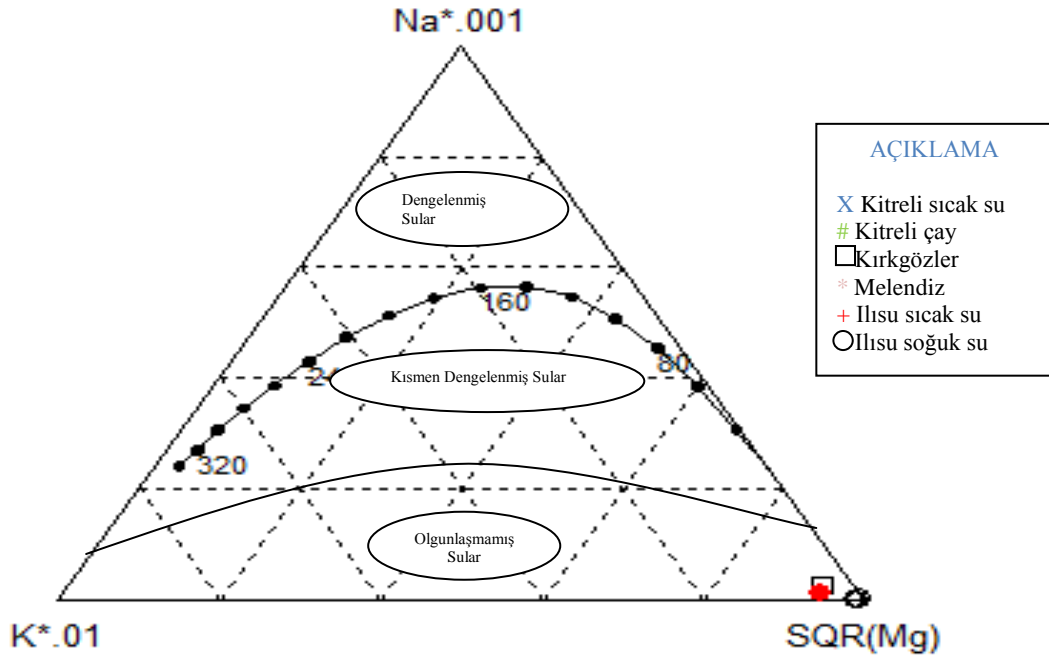
- A Kitreli
- P Kitreli çay
- H Kırkgözler
- M Melendiz
- C Ilisu sıcak su
- D Ilisu soğuk su

Şekil 4.2 İnceleme alanındaki (a) kurak döneme ait (b) yağışlı döneme ait Piper diyagramı (Ok suların hidrojeokimyasal gelişim yönünü göstermektedir)



geliştirilmiştir. Bu diyagrama göre katyon jeotermometresinin kullanılabilmesi için inceleme alanındaki suların diyagramda bulunan denge durumundaki sular bölümünde bulunması gerekmektedir. Olgun olmayan sular bölümündeki suların katyon jeotermometre sonuçları hatalı sonuçlar verdiği için kesin olmayan yorumlara neden olmaktadır.

Giggenbach diyagramı [25]; a) su kayaç ilişkisinin dengede olduğu, b) su kayaç ilişkisinin dengede olmadığı, c) kısmen dengede olduğu suların olduğu üç bölümden ibarettir. Buna göre inceleme alanındaki sular diyagram üzerinde gösterildiğinde dengede olmayan (olgunlaşmamış sular) sular bölümünde yer aldığı için, katyon jeotermometresinin güvenilir bilgi vermeyeceği sonucuna varılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 İnceleme alanındaki suların Giggenbach üçgen diyagramına [25] göre konumları

İnceleme alanındaki suların hazne kaya sıcaklıklarının belirlenmesinde daha güvenilir olan katyon jeotermometresinin kullanılamaması durumunda, mineral çözünürlüğüne bağlı kimyasal jeotermometre olan silis jeotermometreleri kullanılmıştır. Bu jeotermometre uygulaması su-kayaç ilişkisinde sıcaklığa bağlı denge sıcaklığını verir. Bulunan sonuçlar neticesinde sıcak suların kaynak sıcaklıklarının altında sonuç veren kristobalit  $\beta$  ve amorf silise bağlı hazne kaya sıcaklığı değerleri değerlendirmeye alınmamıştır. Silis jeotermometresi verilerine göre muhtemel en yüksek sıcaklığa Ilısu

sıcak suyunda 144°C, en düşük hazne kaya sıcaklığının ise 38°C olarak belirlenmiştir. Kitreli sıcak suyu incelendiğinde silis jeotermometre hesaplarına göre muhtemel en yüksek sıcaklığın 84°C en düşük sıcaklığın ise 30°C olabileceği hesaplanmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 Akifer sıcaklıklarının tahmin edilmesinde kullanılan kimyasal jeotermometreler

| Jeotermometre            | Kitreli sıcak su    | Ilısu sıcak su      | Kaynaklar |
|--------------------------|---------------------|---------------------|-----------|
|                          | Hesaplanan sıcaklık | Hesaplanan sıcaklık |           |
| Kristobalit alfa         | 30°C                | 94°C                | [26]      |
| Kalsedon                 | 49°C                | 119°C               | [26]      |
| Kuvars                   | 80°C                | 144°C               | [26]      |
| Kuvars (Buhar kaybı)     | 84°C                | 139°C               | [26]      |
| K/Mg                     | 41°C                | 38°C                | [27]      |
| Na-K-Ca Mg (Düzeltilmiş) | 149°C               | 69°C                | [26]      |
| Kaynak suyunun sıcaklığı | 28,5°C              | 31,6°C              |           |

#### 4.5 Doygunluk İndisi

Yeraltı suları dolaşımı sırasında kayaç ve diğer akışkanlarla karşılaşması durumunda bünyesinde bulunan mineral içeriğinin durumuna göre basınç, sıcaklık, pH, süre, dokanak yüzeyi gibi faktörlere bağlı olarak mineralleri çözerek bünyesine alacak ya da kendisinde bulunan fazla minerali çökeltecektir. Sularda çözünen mineraller doygunluk derecesine ulaştığında çökebilirler. Yeraltı sularında doygunluk sınırına öncelikli ulaşan iyonlar  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{SiO}_2$ 'dir. Bu iyonlar çökerek kalsit, dolomit, kalsedon, halit, jips, aragonit, anhidrit, kuvars, gibi mineralleri oluşturabilirler.

Doygunluk indisi suların mineral içeriğindeki denge durumuna göre üç şekilde tanımlanır [28];

DI < 0 : Doygun olmayan su (Su ilgili minerale doygun değildir.)

DI = 0 : Doygun su (Su ilgili mineral ile dengededir.)

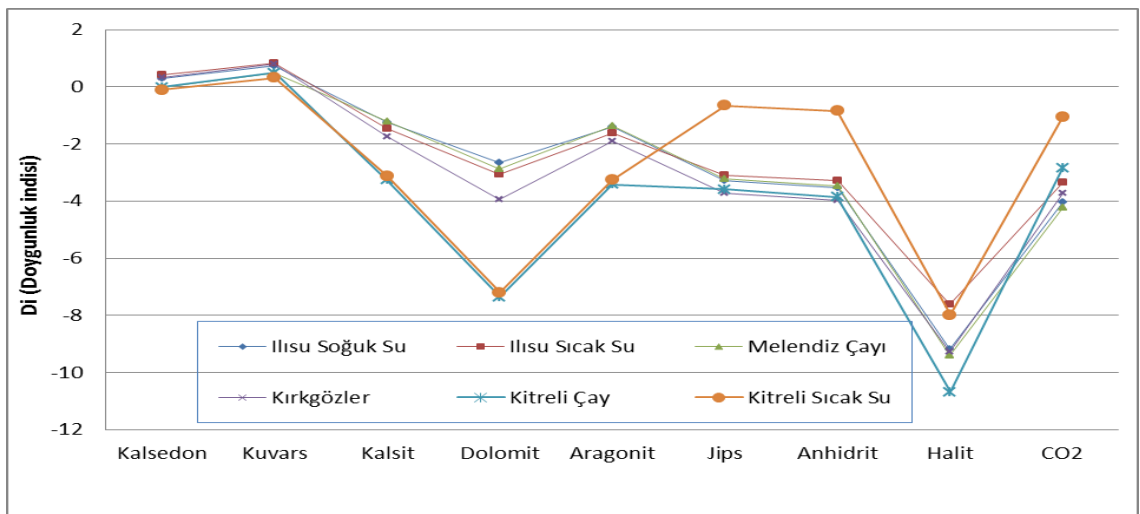
DI > 0 : Aşırı doygun su (Mineral çöktürücü özelliindedir.)

Sularda karbonat mineralleri olan kalsit, dolomit, aragonit'in çözümlükleri pH, sıcaklık ve suda çözülmüş olan CO<sub>2</sub>'nin kısmi basıncı ile kontrol edilir. Serbest CO<sub>2</sub> gazı CaCO<sub>3</sub>'ün çözümlükünü dengeleyen CO<sub>2</sub> gazından az ise CaCO<sub>3</sub> çökelir, fazla ise çözümlük [29].

Bu amaçla inceleme alanındaki suların kalsedon, kuvars, kalsit, dolomit, aragonit, jips, anhidrit, halit ve CO<sub>2</sub> bakımından doygunluk indisleri PhereqC programı yardımıyla hesaplanmıştır (Çizelge 4.8, Şekil 4.6). İnceleme alanındaki sulardan Ilısu sıcak ve soğuk suyu, Kitreli soğuk suyu, kalsedon mineralince doygundur. Ilısu sıcak ve soğuk suyu, Kitreli sıcak ve soğuk suyu, Melendiz çayı ve Kırkgözler suları kuvarsa doygun olup, bunları çökeltebilir. Yalnız bu sular kalsit, dolomit, aragonit, jips, anhidrit, halit ve CO<sub>2</sub>'ce doygun olmayıp bunları çözebilen özelliktedir.

Çizelge 4.8 İnceleme alanındaki suların mineral doygunluk değerleri

| Mineraller      | Ilısu soğuk su | Ilısu sıcak su | Melendiz çayı | Kırkgözler | Kitreli çay | Kitreli sıcak su |
|-----------------|----------------|----------------|---------------|------------|-------------|------------------|
| Kalsedon        | 0,28           | 0,41           | -0,01         | 0,34       | -0,01       | -0,11            |
| Kuvars          | 0,74           | 0,82           | 0,49          | 0,81       | 0,49        | 0,31             |
| Kalsit          | -1,25          | -1,47          | -1,22         | -1,74      | -3,26       | -3,12            |
| Dolomit         | -2,67          | -3,05          | -2,89         | -3,94      | -7,35       | -7,20            |
| Aragonit        | -1,4           | -1,61          | -1,38         | -1,89      | -3,42       | -3,26            |
| Jips            | -3,27          | -3,11          | -3,22         | -3,73      | -3,59       | -0,65            |
| Anhidrit        | -3,53          | -3,29          | -3,47         | -3,98      | -3,85       | -0,85            |
| Halit           | -9,17          | -7,63          | -9,41         | -9,29      | -10,68      | -7,98            |
| CO <sub>2</sub> | -4,04          | -3,36          | -4,22         | -3,73      | -2,85       | -1,07            |



Şekil 4.6 İnceleme alanındaki suların mineral doygunluk indisleri

#### 4.6 Sıcak Suların Oluşum Modeli

Sıcak suların, yeryüzüne doğru yavaş olarak hareketi sırasında ve/veya yeryüzüne ulaşmadan yüzeye yakın seviyelerde sıcak suyun hareket yönündeki değişimler sıcak suyun mevcut ısısının kondüktif olarak yan kayaçlar ile teması sonucu azalır [30]. Bu tür etkileşimle soğuma, daha çok sığ rezervuarda ve sığ derinliklerde yatay akış gösteren sularda daha fazla gözlemlenir.

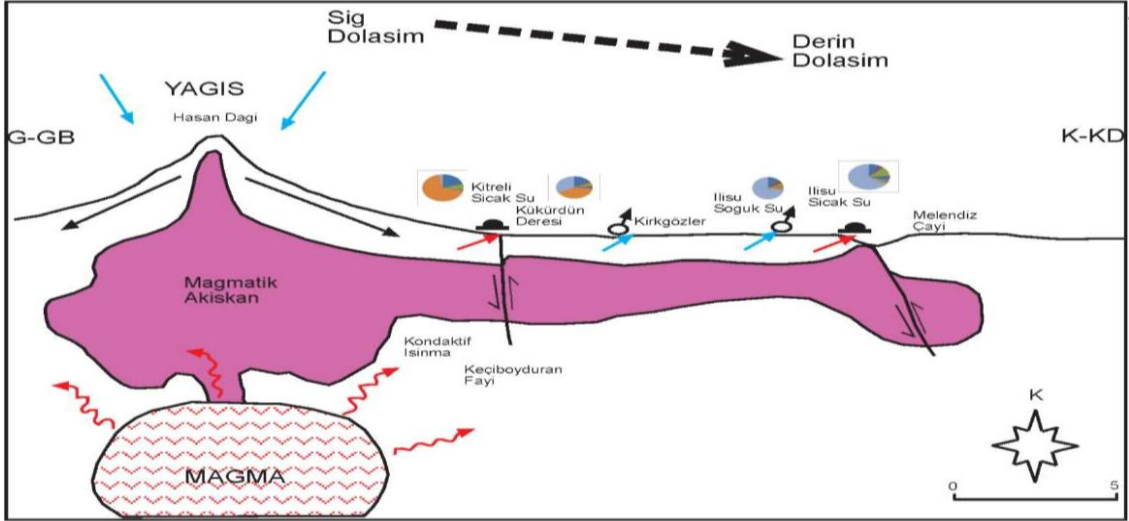
Yeryüzüne düşen yağışların bir kısmı yüzey akışları ile derelerde toplanırken, bir kısmında geçirgen birimler ve yer yüzündeki fay, kırık, çatlaklar ile yerin altına iletilirler. Suların yer altına süzülmesi sırasında derinlik artışı, basınç, ısıtıcı kaynak, bölgede bulunan magma odacıkları, radyoaktif mineraller ve sülfürlü mineral oksidasyonları ile sular ısınabilirler. Yeraltında ısınan bu sular fay, kırık ve çatlaklar ile yeryüzüne sıcak su ve/veya buhar şeklinde çıkarlar.

İnceleme alanında sıcak suların oluşmasında etkili olan faktörler daha çok meteorik suların geçirimli birimlerce yer altına süzülüp rezervuarda depolanarak jeotermal gradyan ile ısınmasıdır. Hasandağı volkanizmasının oluşumunda halen soğumamış olan magma odalarının suların ısınmasında etkin faktörünün olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, Kitreli'de sülfürlü mineral oksidasyonu da sıcak suların oluşumunda önemli bir faktör olarak değerlendirilebilir.

İnceleme alanında bulunan bazalt ve andezitler oluşumları sırasında meydana gelen akma yapıları ve sonradan oluşan faylanmalar sonunda kazandıkları gözeneklilik Kitreli bölgesindeki sıcak suların rezervuar özelliklerini göstermektedir. Bu kayaçlar üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmalar yoğun hidrotermal alterasyon belirtileri göstermektedir. Bu belirtiler incekesit ve XRF çalışmaları sonucunda belirlenmiş olup bazı elementlerin tükendiğini, bazı minerallerin ise bu tükenen minerallerin yerlerine dolduğunu göstermiştir. Kitreli bölgesindeki sıcak suların hidrokimyasal verilerine göre, Mg'ce zenginleşme olduğu saptanmış, bu da bölgede sıcak suların bazaltlar ile etkileşimde olmalarına işaret etmektedir.

İlisu bölgesinde yapılan incelemeler neticesinde buradaki sıcak suların Selime tüfleri tarafından örtüldüğünü rezervuar kayacı olarak yine bazalt ve andezitlerin olduğu

söylenbilir, ancak Selime tüflerinin yapısındaki kırıklı, çatlaklı yapı yüzey sularının sıcak suya karışmasını sağlamaktadır. Kırkgözler soğuk su kaynağı üzerinde bulunan volkanosedimanter birimler geçirimli, tüfler ise yarı geçirimli bir yapı sergilemektedir. İnceleme alanına ait hidrotermal model taslağı Şekil 4.7’da verilmiştir.



Şekil 4.7 Kırkgözler sıcak su kaynağı ile Iısu sıcak su kaynağı arasında kalan alanın hidrotermal sistem model taslağı [31]

## BÖLÜM V

### ALTERASYON

Hidrotermal alterasyon; Yerkabuğundan süzülen meteorik suların ve ısıtılmış kayaçların çatlak ve gözenekleri arasında dolaşımı sırasında ve yeraltında ısınan akışkanın, kayaçlarda bulunan mineralleri doğrudan çözerek bünyesine alması ve fazla mineralleri çözeltmesi sonucu oluşur

Hidrotermal alterasyon ile oluşan mineral topluluğu kendisini oluşturan akışkanların sıcaklık ve kimyasal bileşimi hakkında bilgiler verir. Bu nedenle, alterasyonla kayacın kimyasal bileşiminde gelişen değişimlerin saptanması için XRF analiz çalışmaları ve incekesitlerin mikroskop altındaki incelemeleri ile yaklaşık alterasyon oranları belirlenmiştir.

İnceleme alanında alterasyon çalışmaları kapsamında Kırkgözler soğuk su kaynağı civarı, Kitreli ve Ilısu çevresi ele alınmıştır. Alınan numunelerin koordinat ve rakımları Çizelge 5.1'de verilmiştir. Hidrotermal alterasyon ana kayaç olarak Melendiz dağ andezitleri, Melendiz dağ tüflerini etkilemiştir. Alterasyon yer yer değişim gösterdiğinden, seçimli numuneleme yöntemi ile araziye temsil edecek şekilde taze ve altere kayaç şeklinde tanımlanarak 12 adet numune alınmıştır.

İnceleme alanında saha çalışmaları sırasında, arazi gözlemleri ile kayaç matriks ve minerallerinde gözle görülür bir alterasyon bulunmuyorsa numune taze kayaç olarak tanımlanmıştır. Kayaç üzerinde gözle görülür şekilde bir alterasyon gözlemlenmiş mineral ayrımı yapılamayacak şekilde olan kayaçlar ise altere kayaç olarak kayda alınmıştır.

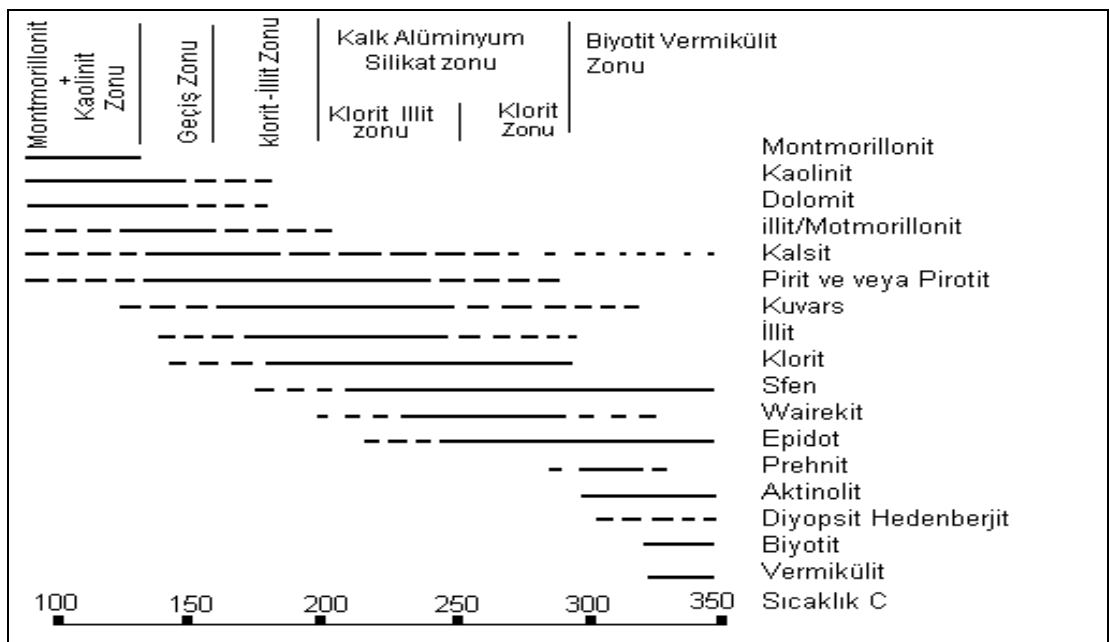
Alterasyonun derecesi kayaç ile suyun etkışimine bağılı olarak; az altere, altere ve çok altere terimleri ile ifade edilir. Hidrotermal alterasyonun yayılımını ve derecesini; Su/kayaç oranı, sistemin geçirirmliliğı ve gözenekliliğı, suyun debisi ve su ile kayaç arasında gerçekleşen kimyasal reaksiyon süresi etkileyen faktörlerdir.

İnceleme alanında yapılan ince kesit çalışmaları sonucunda kayaçlar üzerinde meydana gelene alterasyon belirtileri olan kuvars ve klorit mineralleri hidrotermal alterasyon mineralleri ve toplulukları ile işaret ettiği sıcaklık aralıklarına göre mevcut jeotermal sistemin sıcaklığının derinlerde minimum 150°C olabileceğine işaret etmektedir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.1 Hidrotermal alterasyon numune alım yerleri

| Örnek No | Örnek yeri                                      | Koordinat                   | Rakım (m) | Açıklama   |
|----------|---|-----------------------------|-----------|--|
| 1. KGY   | Kırkgözler yol ayrımı volkanosedimanter malzeme | 42 309 45 K<br>36 614 663 D | 1329      | 4 seviye volkanosedimanter malzeme örnek alınmıştır  |
| 2.KÇ     | Kitreli Çağlayan -1-                            | 42 197 86 K<br>36 619 810 D | 2060      | Suyun temas ettiği alterasyon gözlemlendiği kayaçlar |
| 3.KÇ     | Kitreli Çağlayan -2-                            | 42 197 63 K<br>36 619 795 D | 2065      | Suyun temas ettiği alterasyon gözlemlendiği kayaçlar |
| 4.KÇ     | Kitreli Çağlayan -3-                            | 42 197 58 K<br>36 619 790 D | 2065      | Suyun temas ettiği alterasyon gözlemlendiği kayaçlar |
| 5.KÇ     | Kitreli Çağlayan -4-                            | 42 197 62 K<br>36 619 777 D | 2077      | Su teması olmayan kayaçlar Andezit-Bazaltlardan      |
| 6.IS     | İlisu Köprü üstü                                | 42 325 39 K<br>36 617 730 D | 1306      | Sıcak suyun bulunduğu yer                            |
| 7.ISÇ    | İlisu Çağlayan                                  | 42 323 14 K<br>36 616 286 D | 1311      | Soğuk suyun bulunduğu yer                            |

Çizelge 5.2 Hidrotermal alterasyon mineralleri ve toplulukları ile işaret ettiği sıcaklık aralıkları [32]



## 5.1 XRF Çalışmaları

İnceleme alanına ait XRF verilerine göre; Iısu'daki sıcak ve soğuk suların civarında bulunduğu bazaltlardan alınan örnekler benzer özellik göstermiştir. Kitreli jeotermal sahasında taze kayada  $\text{SiO}_2$  içeriği %63,98-62,81 arasında iken, altere kayada bu değer % 50,04-58,25 değerlerine düşmektedir, bu durum silis alterasyon oluşumu sırasında asidik özellikli bir hidrotermal akışkan ile yıkandığını gösterir.  $\text{SO}_3$  değeri taze kayada % 0,19-0,59 değerlerine sahipken hidrotermal akışkan ile temas halinde olan altere kayalarda %1,73-2,52 değerlerine ulaşmaktadır, bu durum akışkanın bünyesinde bulundurduğu kükürt'ün etkileşimde bulunduğu kayalara bıraktığını göstermektedir. CaO değeri taze kayada % 5,29-4,27 iken alterasyona uğramış kayalarda % 0,25-1,60 değerlerindedir, buna göre asidik karakterli hidrotermal akışkanın kayalardaki Ca'u çözerek bünyesine almış olabilir.  $\text{Na}_2\text{O}$  değeri taze kayada %3,74-4,10 arasında iken altere kayada %0,26-2,77' dir. LOI değeri taze kayada %1,24-4,32 arasında iken altere kayada %10,73-23,17 değerlerine ulaşmaktadır. Genel olarak bu sahadaki ana oksitler ve LOI değişimlerinde taze kayadan altere kayaya doğru giderken CaO ve  $\text{SiO}_2$  miktarında azalma,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'de göreceli azalış,  $\text{Na}_2\text{O}$  değerinde azalma,  $\text{K}_2\text{O}$  ve LOI miktarında artış saptanmıştır.

Kırkgözler'den alınan volkanosedimanter numunelerinin XRF değerlerine göre  $\text{SiO}_2$  değeri 1-2-3 seviyelerde %53,75-56,83, 4. seviyede %64,92, MgO değeri 1-2-3. seviyelerde %2,49-3,94 iken, 4. seviyede 1,92 dir. FeO değeri 1-2-3. seviyelerde %6,65-8,54 iken, 4. seviyede %4,65'dir.  $\text{Na}_2\text{O}$  değeri 1-2. Seviyelerde %1,57-1,87 iken, 3-4. seviyelerde %2,18-2,38 değerlerindedir. CaO değeri 1-2-3. Seviyelerde %4,94-7,62 iken, 4. seviyede %3,41'dir.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  değeri ise göreceli olarak değişiklik göstermektedir. LOI değeri 1-2-3. seviyelerde 3,57-10,36 iken 4. seviyede 7,39'dur. Bu durum volkanik bu sedimanterlerin farklı dönemlerdeki volkanik erüpsiyonlar sonucu oluştuğunu göstermektedir. Ayrıca bu sedimanlar arasında kırık ve çatlaklar boyunca kalsit çökelleri gözlenmiştir. 1-2-3. seviyelerdeki CaO değerlerinin 4. seviyeye oranla daha yüksek olması bu kalsit çökellerinden daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Genel olarak bu alanda 1. seviyeden 4. seviyeye doğru gidildikçe;  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  değerlerinde artış, CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MgO değerlerinde azalma, LOI'de ise dalgalı bir değişim gözlenmiştir. Volkanosedimanter malzemenin dört farklı dönemde alınan numune incelendiğinde materyal 4. seviyeden itibaren bazaltik karaktere dönüşmüştür.

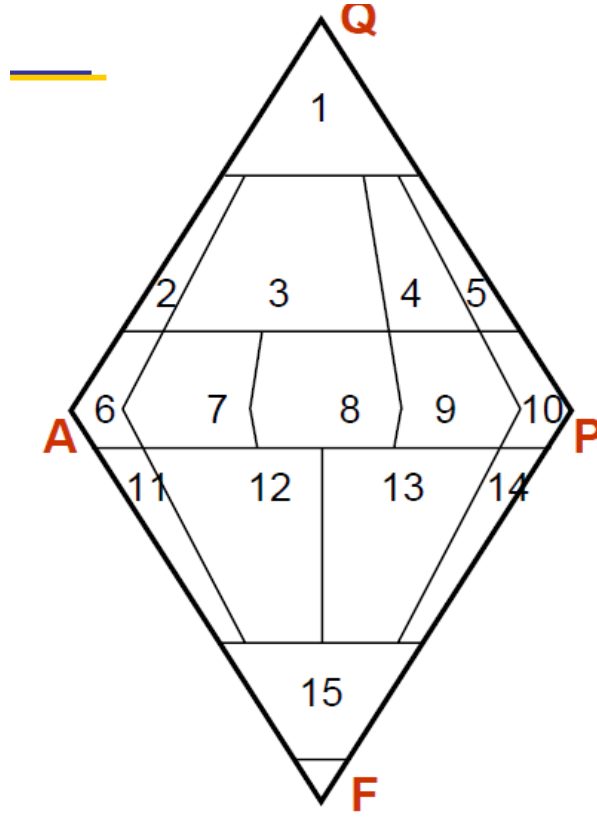
Çizelge 5.3 İnceleme alanına ait numunelerin XRF analiz sonuçları

|                                       | Numune              | Koordinat |         | Rakım<br>(m) | Na <sub>2</sub> O | MgO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>3</sub> | Cl   | K <sub>2</sub> O | CaO  | TiO <sub>2</sub> | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | LOI   |
|---------------------------------------|---------------------|-----------|---------|--------------|-------------------|------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|------|------------------|------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|-------|
|                                       |                     | Y         | X       |              | %                 | %    | %                              | %                | %                             | %               | %    | %                | %    | %                | %                             | %                              | %    | %                              | %     |
| İlisu                                 | IS                  | 36617730  | 4232539 | 1306         | 4,44              | 3,50 | 16,71                          | 55,10            | 0,56                          | 0,20            | 0,13 | 1,58             | 8,35 | 1,15             | 0,03                          | 0,02                           | 0,13 | 7,96                           | 0,14  |
|                                       | ISC                 | 36616286  | 4232314 | 1311         | 3,61              | 4,15 | 16,59                          | 52,18            | 0,52                          | 0,36            | 0,11 | 1,34             | 9,34 | 1,19             | 0,03                          | 0,03                           | 0,15 | 8,89                           | 1,40  |
| Kırkgöller Yolhano<br>sünlümler binn. | KYS-1               | 36614663  | 4230945 | 1329         | 1,87              | 3,94 | 15,08                          | 53,75            | 0,32                          | 0,17            | 0,12 | 1,64             | 7,62 | 1,33             | 0,04                          | 0,02                           | 0,13 | 8,54                           | 4,92  |
|                                       | KYS-2               |           |         |              | 1,57              | 2,49 | 13,98                          | 56,45            | 0,18                          | 0,19            | 0,11 | 1,90             | 4,94 | 0,98             | 0,02                          | 0,01                           | 0,09 | 6,65                           | 10,36 |
|                                       | KYS-3               |           |         |              | 2,38              | 3,73 | 14,76                          | 56,83            | 0,28                          | 0,18            | 0,12 | 1,78             | 6,60 | 1,19             | 0,02                          | 0,03                           | 0,12 | 7,88                           | 3,57  |
|                                       | KYS-4               |           |         |              | 2,18              | 1,92 | 14,01                          | 62,92            | 0,12                          | 0,17            | 0,12 | 2,35             | 3,41 | 0,69             | 0,01                          | 0,01                           | 0,07 | 4,65                           | 7,39  |
| Kireli                                | KİÇ-1               | 36619810  | 4219786 | 2060         | 0,26              | 1,59 | 16,22                          | 50,04            | 0,25                          | 2,39            | 0,10 | 3,08             | 0,25 | 0,38             | 0,01                          | 0,01                           | 0,01 | 2,32                           | 23,17 |
|                                       | KİÇ-2               | 36619810  | 4219786 | 2060         | 0,33              | 1,75 | 17,34                          | 53,48            | 0,28                          | 2,52            | 0,09 | 3,17             | 0,46 | 0,36             | 0,01                          | 0,01                           | 0,01 | 2,34                           | 17,96 |
|                                       | KİÇ-3               | 36619795  | 4219763 | 2065         | 2,21              | 1,52 | 13,98                          | 63,98            | 0,04                          | 0,59            | 0,10 | 4,25             | 1,16 | 0,63             | 0,02                          | 0,00                           | 0,02 | 0,85                           | 10,80 |
|                                       | KİÇ-4               | 36619790  | 4219758 | 2065         | 2,77              | 1,53 | 14,13                          | 58,25            | 0,35                          | 1,73            | 0,10 | 3,75             | 1,60 | 0,50             | 0,02                          | 0,01                           | 0,02 | 4,58                           | 10,73 |
|                                       | Andezit<br>(Altere) | 36619777  | 4219762 | 2077         | 3,74              | 1,68 | 15,27                          | 62,81            | 0,19                          | 0,14            | 0,08 | 2,20             | 4,27 | 0,57             | 0,01                          | 0,00                           | 0,08 | 4,69                           | 4,32  |
|                                       | Bazalt<br>(Altere)  | 36619777  | 4219762 | 2077         | 4,10              | 1,76 | 16,16                          | 63,21            | 0,20                          | 0,16            | 0,10 | 2,08             | 5,29 | 0,56             | 0,02                          | 0,00                           | 0,08 | 4,84                           | 1,24  |

## 5.2 İncekesit Çalışmaları

İnceleme alanında bulunan, andezitler, çoğunlukla porfirik dokulu, ince ve sıkı yapılı, taze yüzeylerdeki rengi griden yeşilimsi siyah tonlara kadar değişken olup, plajiyoklas, piroksen, amfibol feno kritalleri makroskopik olarak tanınmaktadır. Mineralojik örnekler içeriklerine göre Streckeisen diyagramında [33] bazalt-andezit bölgesine düşmektedir (Şekil 5.1).

Mikroskop altında, glomerofirik, porfirik ve seri dokusu göstermekte olup, yaygın olarak gözlenen fenokristaller sodik ve kalsik plajiyoklaslar (Oligoklas-andezin, % 90), Ca'ca zengin klinopiroksenler (ojit), Mg'ce zengin ortopiroksenler (enstatit-hipersten), Mg'ce zengin hornblend ve biyotitler ile Fe-Ti oksitlerden (titanomagnetit) oluşmaktadır. Alkali feldispatlar % 0-10, kuvars % 0-20; mafik minerallerin oranı ise % 35'den daha az miktarlardadır.



Şekil 5.1 Volkanik kayaları mineral içeriğine göre adlandırılmasında kullanılan “streckeisen” diyagramı. Andezit ve bazalt 9-10 nolu bölgede yer almaktadır [33] (Çift üçgenin köşeleri, Q = kuvars, A = Alkali-feldispat, P = Plajiyoklas ve F = Feldispatoyid)

Bazaltlar inceleme alanında daha çok Kitreli, Kırkgözler ve Ilısu bölgelerinde yaygın olarak yüzeylemektedir. Makroskopik olarak, sık dokulu, orta tane boyutlarında, genellikle olivin, piroksen (ojit) ve plajiyoklasların (labrodorit-bitovnit) baskın olduğu porfirik yapı, koyu gri-siyah renklerde gözlenmektedir (Fotoğraf 5.1-5.2).

Mikroskop altında, açık renkli minerallerden plajiyoklas (labrodorit-bitovnit) tüm feldspatların % 90-100'ünü, alkali feldspatlar % 10'unu oluşturmaktadır çok eser miktarlarda kuvars ve feldspatoyidler bulunmaktadır. İnce kesitlerde koyu renkli mineraller klinopiroksen (ojit), yer yer klinopiroksenler, ortopiroksenler (hipersten), olivin, koyu kahverenginde biyotit ve siyah renkli hornblendler oluşturur ayrıca tali olarak da apatit, titanomagnetit bulunmaktadır. Toplam mafik mineral miktarı % 35'in üzerindedir.



Fotoğraf 5.1 Gri renkli, içerisinde feno kristallerin gözlendiği andezitin makroskopik görünümü



Fotoğraf 5.2 Siyah renkli, içerisinde feno kristallerin gözlendiği bazaltın makroskopik görünümü

Kayacın adı : Andezit

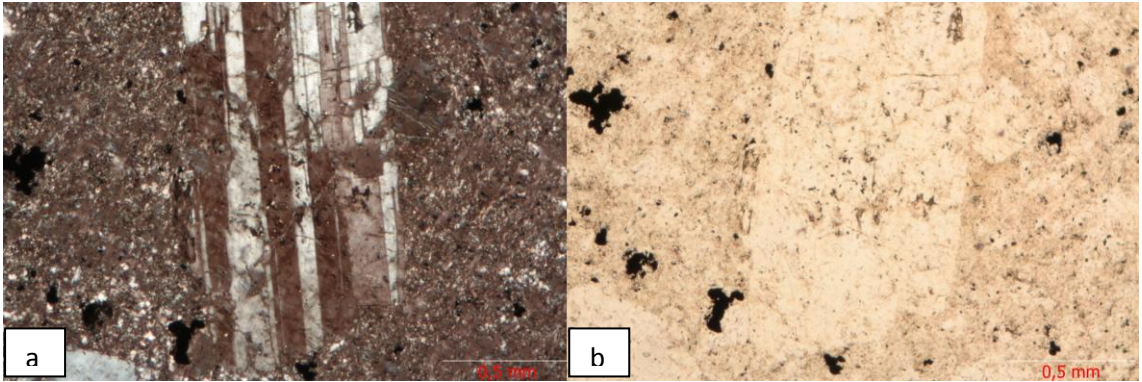
Lokasyon: (KÇ 2, KÇ 3, KÇ 4, ISÇ)

İnceleme alanında bulunan bazaltlar oluşumları sırasında meydana gelen soğuma yapıları ve çökeltme alanında bulunan tektonik faaliyetlerle oluşan kırık-çatlaklar hidrotermal aktivitenin özelliğini arttırmıştır.

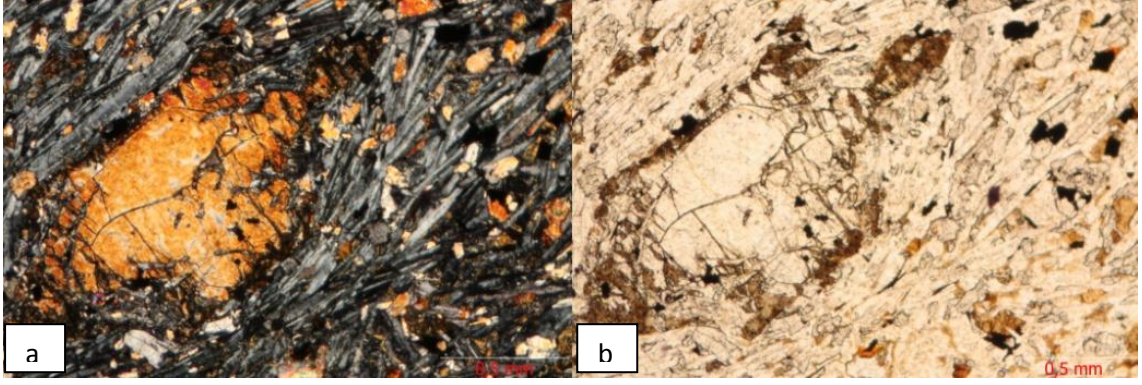
Kitreli’de arazi çalışmaları sırasında gözlemlenen bazaltların boşluklarında ve kırık, çatlaklarında limonit azda olsa hematit mineralleri ve kükürt mineralleri ile sıvanmış yüzeyler tespit edilmiştir, [35] ve [36] bu çökelleri 150°C’nin üzerindeki hidrotermal suların taşıyabileceğini belirtmiştir. Bu yoruma göre, bölgede bulunan sıcak suyun derinlerde yüzeyde ölçülenden daha sıcak olduğu, bölgede yapılacak sondaj çalışmaları sonucunda derinlerde daha sıcak bir jeotermal akışkanın bulunabileceği öngörülebilir.

Plajiyoklas (andezin-oligoklas) polisentetik ikizlenmeli, oldukça iri taneli zonlu fenokristallerden oluşmuş olup, ileri derece kırık, çatlak ve kenarları boyunca alterasyona uğrayarak kil minerallerine, mafik minerallerden ise, kloritleşme, epidotlaşma ve opaklaşma özellikleri göstermektedir. Alterasyon miktarı yer yer % 50’ye kadar çıkmaktadır. Titano magnetitler ve ilmenitten’den oluşan opak mineraller ince orta ve bazen iri taneler halinde saçılımlı olarak izlenmektedir. Matriks ise, ince taneli mikrolitlerden oluşmuştur.

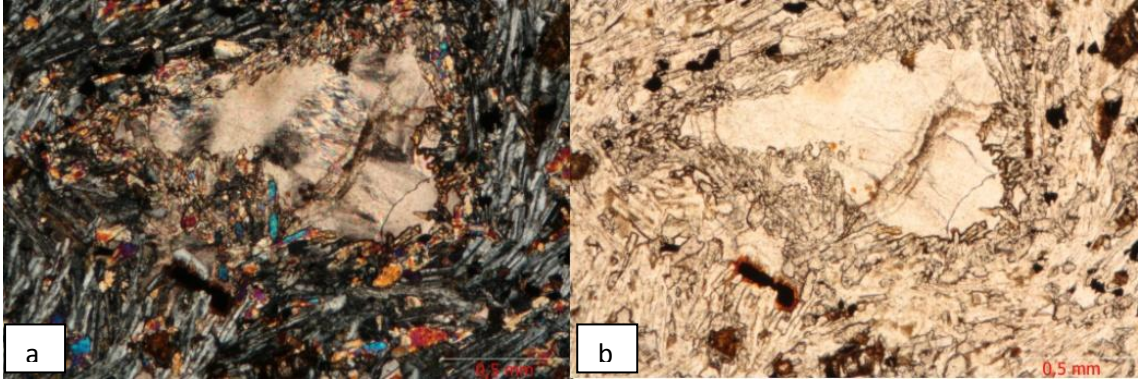
Plajiyoklas (andezin-oligoklas), mafik minerallerden oluşan fenokristaller iri taneli, ancak diğer andezitlere göre daha az, matriks çok ince taneli, camsı hamurdan oluşmakta, alterasyon daha ileri boyutta. Opak mineralleri çok daha az ve saçılımlı olarak bulunmaktadır.



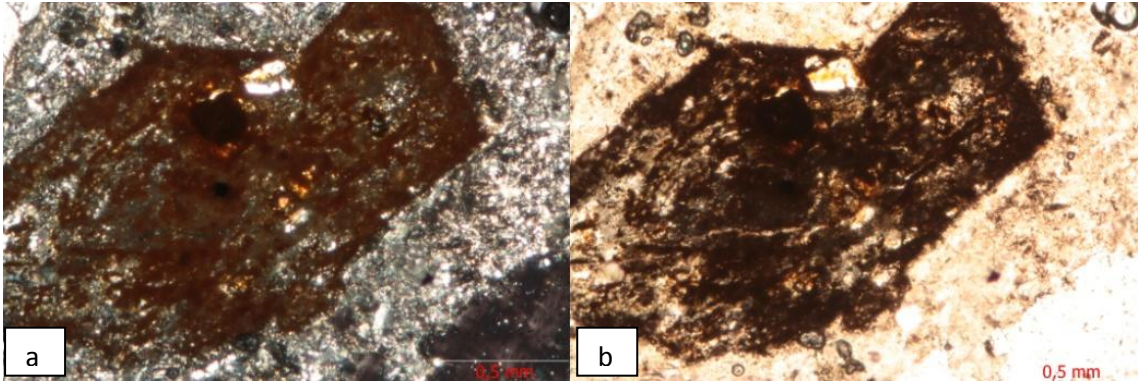
Fotoğraf 5.3 İncekesit No: KÇ 2, + N (a) // N (b), alterasyon (polisentetik ikizlenmeli andezin-oligoklasın kil minerallerine dönüşümü)



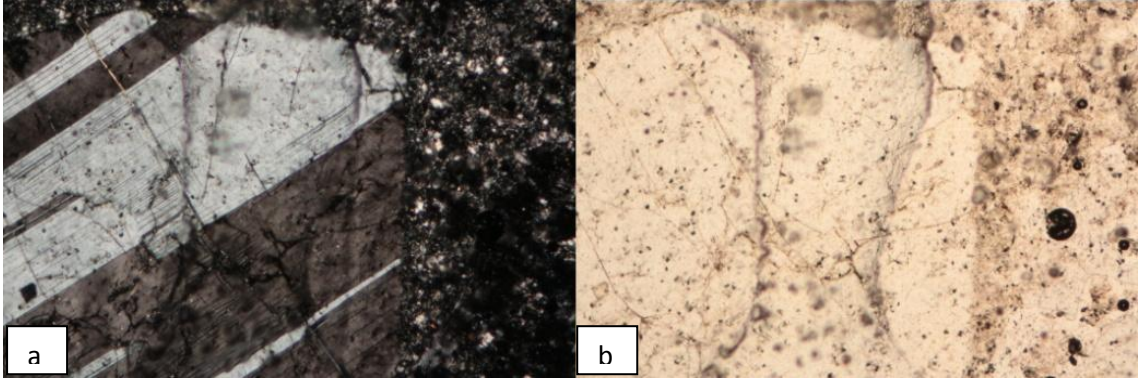
Fotoğraf 5.4 İncekesit No: KÇ 3, + N (a) // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matriskın akma doku (trakitik doku) görünümü. Mafik mineraller akma doku içerisinde geopedal dokuya benzer bir yapı göstermektedir



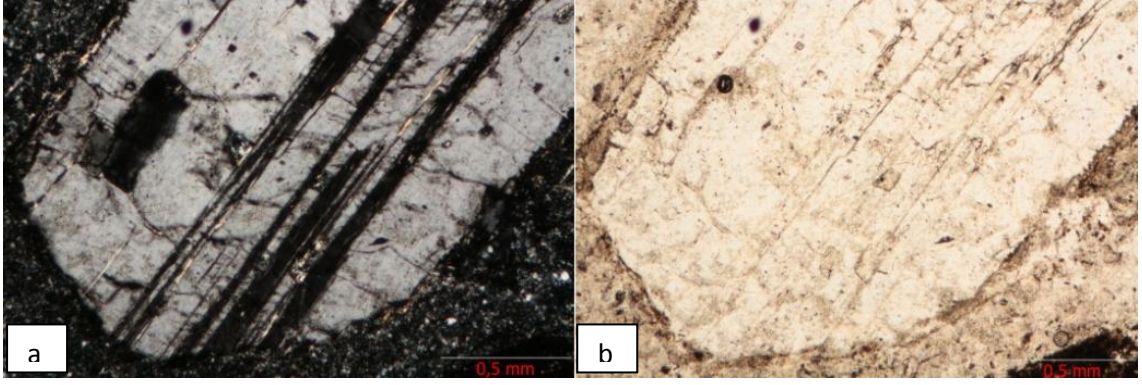
Fotoğraf 5.5 İncekesit No: KÇ 3, + N (a) // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matriskın akma doku (trakitik doku) görünümü. Mafik mineraller akma doku içerisinde geopedal dokuya benzer bir yapı göstermektedir



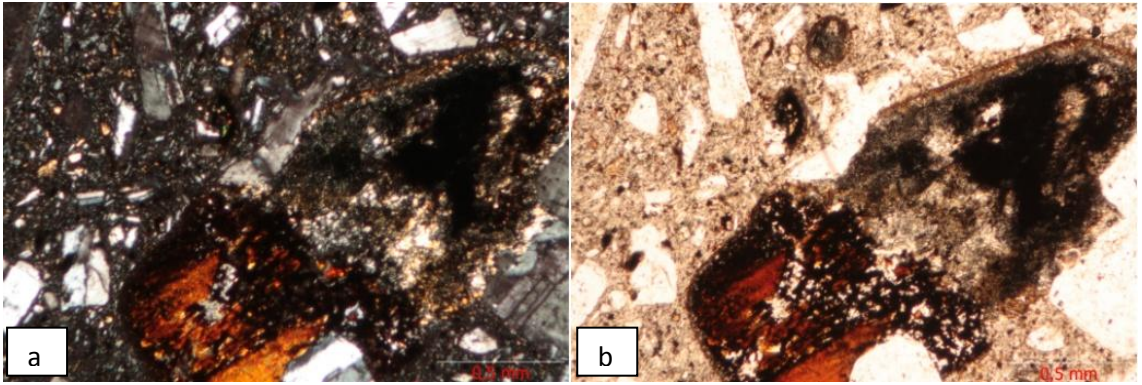
Fotoğraf 5.6 İncekesit No: KÇ 3, + N (a) // N (b), ince taneli ve camsı bir hamurdan oluşan matriks içerisinde opaklaşmış hornblend fenokristali



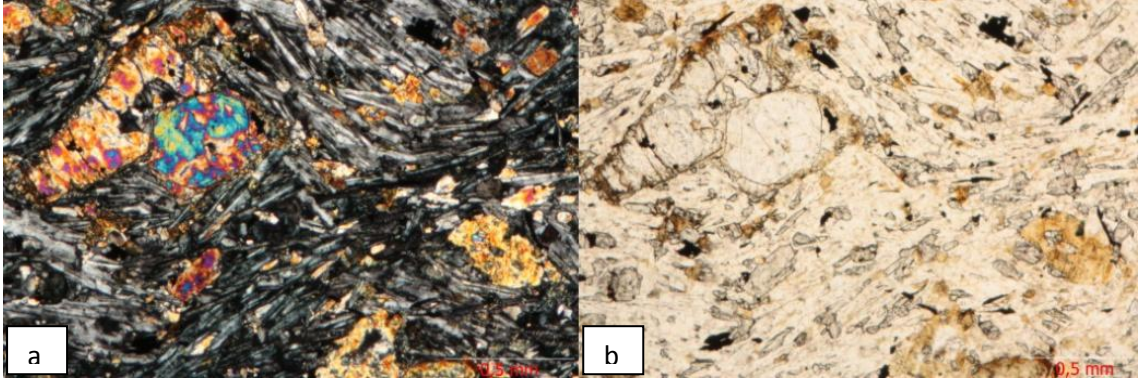
Fotoğraf 5.7 İncekesit No: KÇ 3, +N (a) // N (b), ince taneli ve camsı bir hamurdan oluşan matriks içerisinde öz şekilli polisentetik ikizli plajiyoklas (andezin-oligoklas) fenokristali



Fotoğraf 5.8 İncekesit No: KÇ 4, +N (a) // N (b), ince taneli ve camsı bir hamurdan oluşan matriks içerisinde öz şekilli polisentetik ikizli plajiyoklas (andezin-oligoklas) fenokristali



Fotoğraf 5.9 İncekesit No: KÇ 4, +N (a) // N (b), Mafik minerallerin alterasyonu (opaklaşma, kloritleşme, epidotlaşma ve plajiyoklasların killeşmesi)

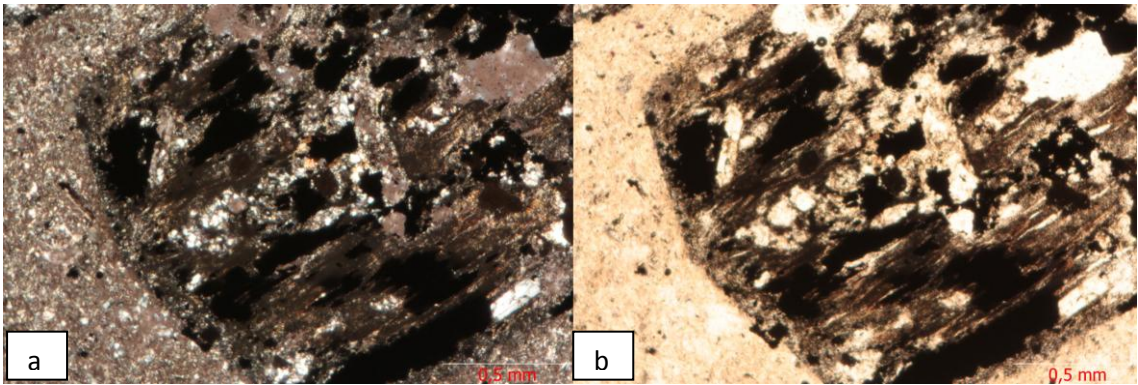


Fotoğraf 5.10 İncekesit No: ISÇ, + N (a) // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matriskin akma doku (trakitik doku) görünümü. Mafik mineraller akma doku içerisinde geopedal dokuya benzer bir yapı gösterir

Kayacın Adı: Bazalt

Lokasyon: (KÇ 2, KÇ 3, IS, ISÇ)

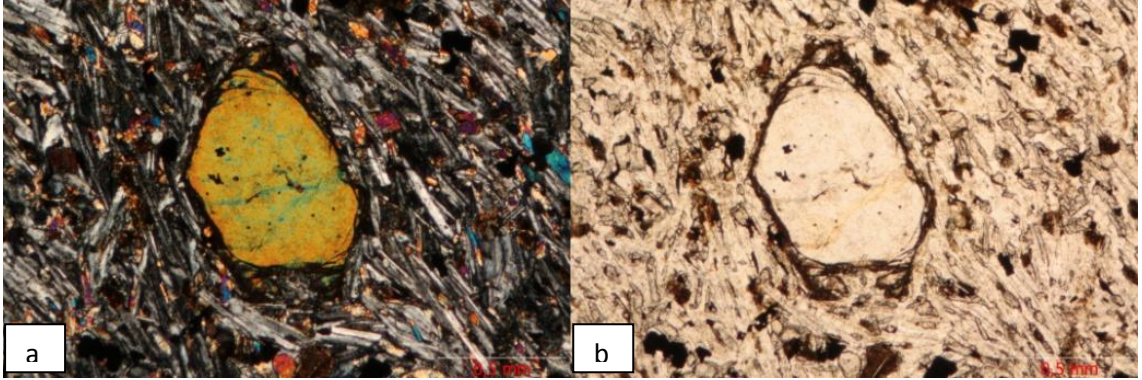
Mikrolitler iri çubuksu (pirizmatik), intersertal dokulu, yer yer akma doku oluşmuş, plajiyoklas (labradorit-bitovnit) ve klinopiroksen (ojit), olivin ve klinopiroksenler içerisinde lamelli kuşak şeklinde ortopiroksen (hipersten) oluşumları izlenmektedir. Alterasyon bazı kesimlerde % 50 civarında olup, plajiyoklaslar kil minerallerine, mafik mineraller, kloritleşme, epidotlaşma ve opaklaşma olarak gözlenmektedir (Fotoğraf 5.11-12-13).



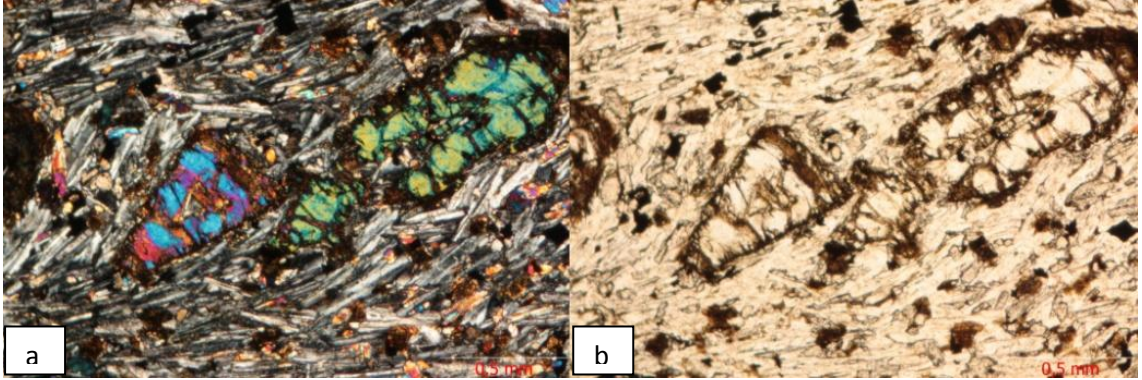
Fotoğraf 5.11 İncekesit No: KÇ 2, + N (a) // N (b), mafik minerallerin alterasyonu (opaklaşma, kloritleşme, serizitleşme ve silisleşme)

İri taneli mikrolit çubuklarının oluşturduğu intersertal dokulu, çok iri taneli plajiyoklas (labradorit-bitovnit), mafik mineraller klinopiroksen (ojit), olivin oldukça fazla,

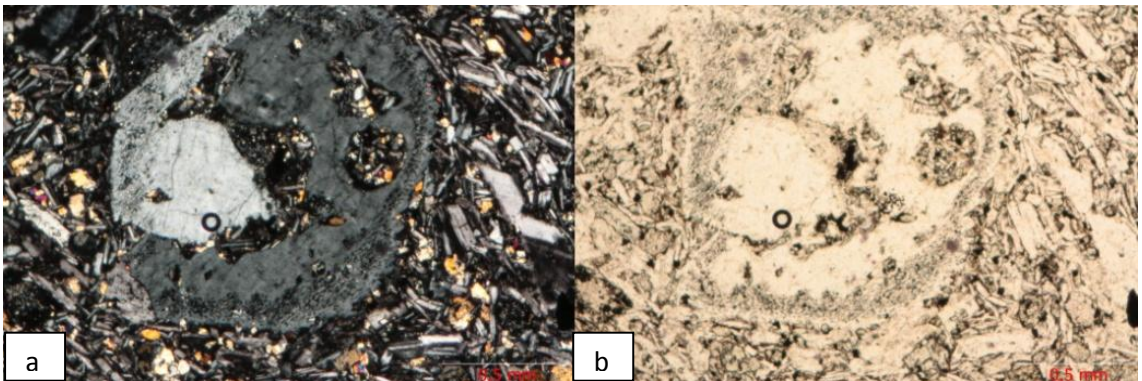
alterasyon az miktarlarda (% 20 civarında, dış kısımlarda ise % 70'e kadar çıkmaktadır) (Fotoğraf 5.14-5.15-5.16).



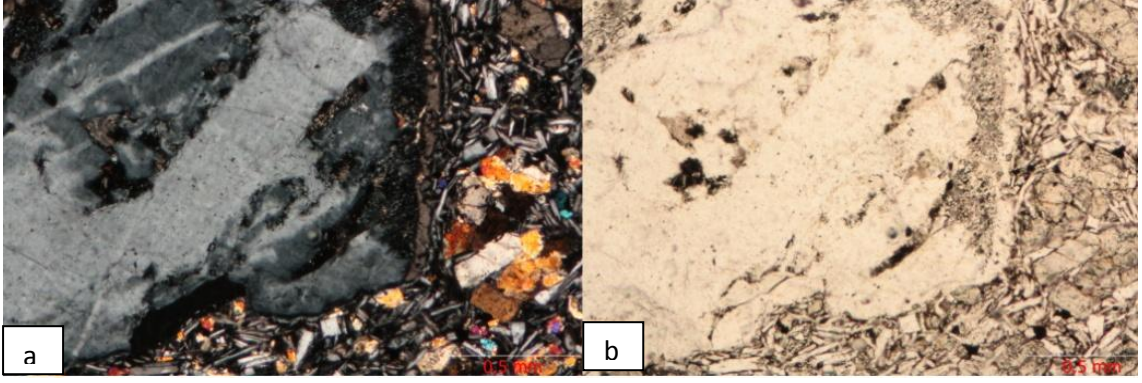
Fotoğraf 5.12 İncekesit No: KÇ 3, + N (a) // N (b), İri prizmatik mikrolit çubuklarından oluşan matriks içerisinde, fenokristal olarak olivin



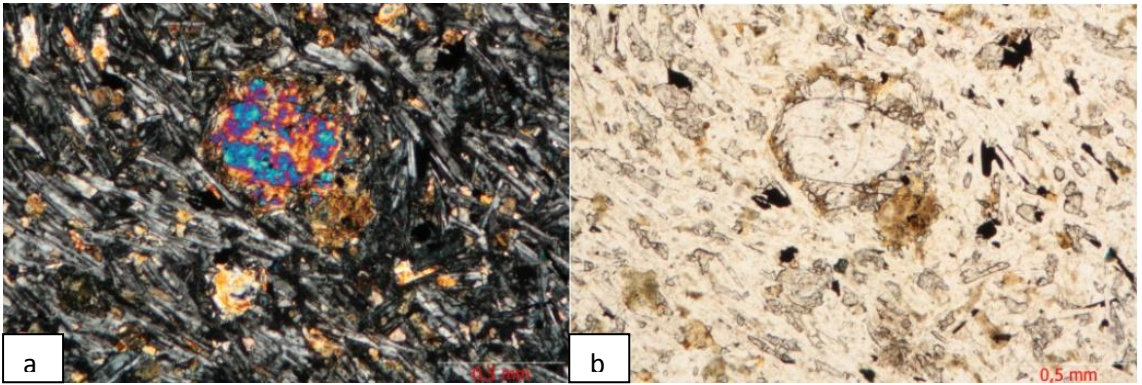
Fotoğraf 5.13 İncekesit No: KÇ 3, + N (a) // N (b), İri prizmatik mikrolit çubuklarından oluşan matriks içerisinde fenokristal olarak ojit



Fotoğraf 5.14 İncekesit No: IS, + N (a), // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matriks içerisinde zonlu plajiyoklas fenokristali



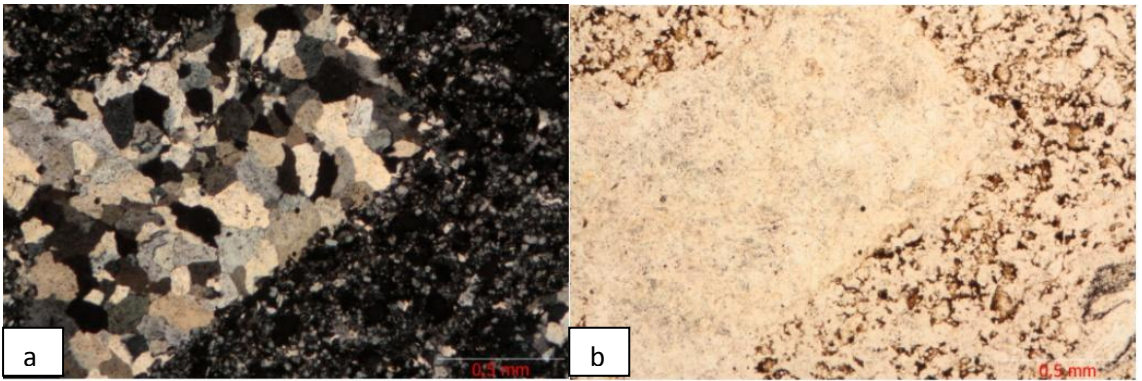
Fotoğraf 5.15 İncekesit No: IS, + N (a), // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matriks içerisinde zonlu plajiyoklas fenokristali



Fotoğraf 5.16 İncekesit No: ISÇ, +N (a) // N (b), iri mikrolitlerden oluşan matrikskin akma doku (trakitik doku) görünümü. Mafik mineraller akma doku içerisinde geopedal dokuya benzer bir yapı gösterir

#### Silisifiye kayaç (KÇ 1)

İnce taneli matriks ve öz şekilli çubuksu, prizmatik kristallerin tamamı dış yapısını koruyarak iç kısımları silisleşmiş tanelerden oluşmaktadır (Fotoğraf 5.17).

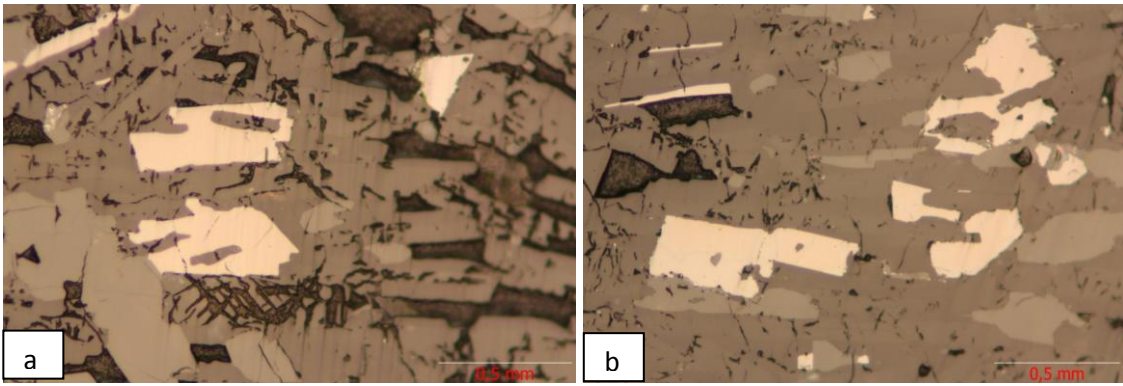


Fotoğraf 5.17 İncekesit No: KÇ 1, + N (a) // N (b), alterasyon (silisleşme)

### 5.3. Parlak Kesit Çalışmaları

Cevher mikroskop incelemelerinde, andezitler içerisinde ufak taneli saçılımlı şekilde manyetit (Fotoğraf 5.18.) ve az hematit cevher mineralleri, bazaltlar içerisinde ise, titanomagnetit, ilmenit cevher mineralleri belirlenmiştir.

Ayrıca cevher minerallerinin silikatlar, silikatların da kapanım şeklinde biri birilerinin içerisinde bulunmaları, her iki tür minerallerin aynı zamanda oluştuğuna işaret etmektedir.



Fotoğraf 5.18 Parlak kesit No: ISÇ, // N, kuru ortam, öz ve yarı öz şekilli manyetit kristalleri

## BÖLÜM VI

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile Niğde-Kitreli ilçe sınırında bulunan ve Aksaray Ihlara sınırlarında Kırkgözler, Ilısu sınırlarındaki sıcak ve mineralli suların hidrokimyasal ve alterasyon değerlendirilmesi yapılmıştır. Kaynakların hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi için su kimyası kayaç kimyası ve bölgenin jeolojik, volkanik ve tektonik özellikleri göz önünde bulundurulmuştur.

Kitreli ve Ilısu sıcak su kaynaklarının temelini andezitlerin oluşturduğunu ve bunlara sokulum yapan daha genç yaşlı bazaltların bulunduğu ayrıca bölgede etkin rol oynayan tektonik faaliyetlerde rol oynamaktadır.

İnceleme alanında Ilısu kasabası merkezindeki debisi 0,7 l/s, sıcaklığı 34°C olan sıcak su kaynağı, Ilısu'nun batısında bulunan bazaltlardan boşalan soğuk su kaynağı, Ihlara'nın güneyinde debisi yaklaşık 100 l/s olan Kırkgözler kaynağı ve Kitreli kasabasının yaklaşık 7 km güneyinde Melendiz dağı eteğinde Kükürdün deresi kenarında bulunan sıcaklıkları yaklaşık 28°-29°C olan debileri 0.5-1 lt/s olan birbirlerine yakın 2 sıcak su kaynağı bulunmaktadır.

İnceleme alanındaki su örnekleri, Kitreli sıcak ve soğuk suları Ca-Na-SO<sub>4</sub> tipinde. Kırkgözler, Melendiz çayı, Ilısu soğuk suyu Ca-Na-HCO<sub>3</sub> tipinde. Ilısu sıcak suyu Na-Ca-HCO<sub>3</sub> su tipindedir.

İnceleme alanında bulunan volkanik kayaçlar yaygın olarak andezitler, daha az miktarlarda yüzeylenen bazaltlardan oluşmaktadır. Andezitler, çoğunlukla porfirik dokulu, ince ve sıkı yapılı, taze yüzeylerdeki rengi griden yeşilimsi siyah tonlara kadar değişken olup, plajiyoklas, piroksen, amfibol fenokristalleri makroskopik olarak tanınmaktadır.

Bazaltlar; makroskopik olarak, sık dokulu, orta tane boyutlarında, genellikle olivin, piroksen (ojit) ve plajiyoklasların (labrodorit-bitovnit) baskın olduğu porfirik yapılı, koyu gri-siyah renklerde gözlenmektedir.

Petrografik incelemelerde sıcak sularla ilişkili olduğu düşünölen birimlerde hidrotermal aktivitenin izleri tespit edilmiştir. Bazaltik andezitik kayalarda ana elementlerden CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, Na<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hidrotermal ayrışma ile kayalardan uzaklaşmıştır.

İnceleme alanında silis jeotermometresine göre muhtemel hazne kaya sıcaklığı en yüksek sıcaklığa İlisu sıcak suyunda 144°C, düşük sıcaklığının ise 38°C olarak belirlenmiştir. Kitreli sıcak suyu incelendiğinde muhtemel en yüksek sıcaklığın 84°C en düşük sıcaklığın 30°C olabileceğini belirtilmiştir.

İlisu sıcak ve soğuk suyu, Kitreli soğuk suyu, Melendiz çay suyu, Kırkgözler suları kalsedon mineralince doygundur. İlisu sıcak ve soğuk suyu, Kitreli sıcak ve soğuk suyu, Melendiz çayı ve Kırkgözler suları kuvarsa doygun sular olup çökelebilirler yalnız bu sular kalsit, dolomit, aragonit, jips, anhidrit ve halit'ce doygun olmayan sulardır.

Sıcak sularda ve kaplıca atık sularının yüzey suları ile karışması bölgeye tehlike oluşturabilecek standartlar üzerinde olabilir. Bu durum tarımsal ürünler üzerinde olumsuz etkiler bırakabilir. Bu gibi olumsuz etkileri giderebilmek için bu sahada sondaj çalışmaları sırasında yine bir reenjeksiyon da yapılmalıdır.

Kitreli sıcak ve mineralli suları içerisinde bulunan kükört bölgede çökel oluşturmaktadır, bu durumda sahada yapılacak çalışmalarda göz önünde bulundurulmalıdır.

Söz konusu sıcak sulardan faydalanabilmek için sondaj çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Ancak bu çalışmalardan önce bölgede jeofizik ve ayrıntılı izotop çalışmalarının yapılması, suların oluşumları hakkında daha net bilgi sunacaktır.

İlisu ve Kitreli sıcak su kaynaklarının yakınlarında mevsimsel değişiklik gösteren çok sayıda soğuk su kaynağı da gözlenmiştir. Bölgenin genel jeolojisine bakıldığında sıcak su kaynaklarının Miyosen yaşlı tüfitler üzerinde bulunduğu ve bölgede yaygın olarak bulunan Miyosen yaşlı andezitlerin varlığı dikkat çekmektedir. Ancak suların yaşı ve dolaşım süreleri hakkında daha kesin bilgiler

elde edebilmek ve suların dolaşım modellerinin çıkartılabilmesi için bu alandaki sularda izotop çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Beekman, P.H., Hasandağı - Melendiz dağı bölgesinde ki Pliyosen ve Kuvaterner volkanizma faaliyetleri. MTA Dergisi.,66,88-103, 1966.
- [2] Pasquare, G., Geology of the Cenozoic Volcanic Area of Central Anatolia, Atti Della Accademia Nazionale Des Lincei Memorie Serie VIII, IX, Rome, 53-204 p 1968.
- [3] Pasquarè, G., Poli, S., Vezzoli, L., Zanchi, A., Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey. Tectonophysics. 146, 217-230., 1988.
- [4] McKenzie, D.P., Active tectonics of Mediterranean Region, Geophysical Journal of Royal Astronomical Society, 30, 109-185, 1972.
- [5] McKenzie, D., Yılmaz, Y., Deformation and volcanism in Western Turkey and the Aegean. Bulletin of Technical University, İstanbul, 44 (1/2), 344-373, 1991.
- [6] Innocenti, F., Mazzuoli, G., Pasquare, F., Radicati di Brozola, F. and Villari, L., The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia: geochronological data on Kayseri-Niğde area, Geol. Mag., 112,349-360, 1975.
- [7] Ercan, T., Orta Anadoludaki Senezoik Volkanizması, MTA Dergisi 107-140, 1986.
- [8] Le Pennec, J.L., Bourdier, J.L., Froger, J.-L., Temel, A., Camus, G. and Gourgaud, A., Neogene ignimbrites of Nevşehir Plateau (Central Turkey): stratigraphy, distribution and source constraints, J. Volcanol. Geotherm. Res., 63, 59-87, 1994.
- [9] Toprak, V., Tuz Gölü Fay Kuşağı Hasandağı Kesiminin Özellikleri. Haymana-Tuz Gölü-Ulukışla basenleri uygulamalı çalışma Aksaray, TPJD özel sayı 5, 71-84, 2000.
- [10] Kopar, E. ve Görgülü, H., Iısu (Aksaray) Belediyesi Jeotermal Ön Etüt Raporu, İller Bankası Konya Bölge Müdürlüğü, Konya, 2006.
- [11] Kireli (Niğde) Jeotermal Etüt Raporu, Rapor No: İLB-JTE/91 İller Bankası Genel Müdürlüğü, Ankara, 2008.
- [12] Toprak, V., Vent distribution and its relation to regional tectonics, Cappadocian Volcanics, Turkey. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85, 55-67, 1998.
- [13] Burçak, M., Aksaray Jeotermal Sahaları (Acıgöl-Ziga-Şahinkalesi) Jeotermal Isı kaynaklarının Araştırılması ve Jeotermal Sistemlerin Kavramsal Modellenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Mühendislik Tezi, Niğde Üniversitesi, Niğde, 2006.
- [14] Batum, I., Petrographische und geochemische Untersuchungen in den Volkangebieten Göllü Dağ und Acıgöl (Zentralanatolien/Turkei). PHD thesis Univ. Freiburg, pp 1-101, 1975.

- [15] Uygun, A., Tuzgölü havzasının jeolojisi, evaporit oluşumları ve hidrokarbon olanakları. Türkiye Jeoloji Kurumu, İç Anadolunun Jeolojisi Sempozyumu, Ankara, 66-71, 1981.
- [16] Yetiş, C. 1984., New observation on the age of the Ecemiş Fault. In: Tekeli, O. and Göncüoğlu, M.C. (eds) Geology of the Taurus belt. Mineral Research and Exploration Institute, Ankara, 159-164, 1984.
- [17] Toprak, V., Göncüoğlu, M.C., Tectonic control on the evolution of the Neogene-Quaternary Central Anatolian Volcanic Province, Turkey. Geol. Jour. 28, 357-369, 1993.
- [18] Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Neogene and Quaternary volcanism of central Anatolia: a volcano-structural evaluation. Bull. de la Section de Volcanologie Soc. Géol. France. 26, 1-6, 1992.
- [19] Olanca, K., Vidal, P.H., Gourgaud, A. and Gillot, P.Y., Calkalkaline Volcanism From Central Anatolia in Quaternary: geochemistry and mineralogy, Keele, England, Abstracts, p.42, 1992.
- [20] Toprak, V., Göncüoğlu, M. C., Kuşçu, I., Erler, A. ve Olgun, E., Orta Anadolu Masifi'nin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO Rap. No. 2909, 140 s., 1991.
- [21] Doğdu, M.Ş., Melendiz Havzası (Aksaray) Hidrojeoloji İncelemesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hidrojeoloji Anabilim Dalı, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 1995.
- [22] Schoeller, H., Les eaux souterraines, Paris: Mason et Cie., 1962.
- [23] Freeze, R.A. and Cherry, J.A., Groundwater, Prentice-Hall USA, 604p., 1979.
- [24] Nicholson, K. N., Geothermal Fluids. Chemistry and Exploration Techniques, xv + 263 pp. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer-Verlag. Price DM 138.00, 6s 1076.40, SFr 138.00 (hard covers). ISBN 3 540 56017 3., 1993.
- [25] Giggenbach, W. F., Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators. Geochim. et Cosmochim. Acta. 52., 2749-2765., 1988.
- [26] Fournier, R. O., Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. Geothermics, 5,41-50., 1977.
- [27] Giggenbach, W.F., Gonfiantini, R., Jangi, B.L. and Truesdell, A.H., Isotopic and chemical composition of Parbatia Valley geothermal discharges, NW Himalaya, India. Geothermics, 12,199-222., 1983.

- [28] Stumm W, Morgan JJ., Aquatic Chemistry: an Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters, Wiley-Interscience, Toronto., 1981.
- [29] Şahinci, A., Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri. Reform Matbaası, No.37/4 Beyler-İzmir, 247 s., 1991.
- [30] Fournier, R.O., Chemical geothermometer. Geotherm. Res council Trans., 3, 221-224., 1979.
- [31] Şimşek, Ş., Ihlara (Kapadokya) Özel Koruma Bölgesinin ve Bölgede Yer Alan Termal Kaynakların Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Araştırması ve Korumaya İlişkin Öneriler. Özel Çevre Koruma Kurumu Teknik Raporu 6, 116 s. Ankara., 1993.
- [32] Elders, W.A., Hoagland, J.R. and McDowell, S.D., Cobo, J.M., Hydrothermal mineral zones in the geothermal reservoir of Cerro-Prieto. Geothermics, v. 8 201-209., 1981.
- [33] Streckeisen, A., Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks: recommendations and suggestions of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks: Geology, v. 7, p. 331–335., 1979.
- [34] Siegel, F. R., Review of research on modern problems in geochemistry. International association for geochemistry and cosmochemistry, 290p., 1979.
- [35] Barnes, H. L., Geochemistry of hydrothermal ore deposits. John Wiley and sons, 798p, 1979.