

**Göynükbelen Granitoyiti (İnegöl-Bursa) İle İlişkili  
Cevherleşmelerin Oluşumunun Belirlenmesinde Sıvı  
Kapanım, LA-ICP-MS, Raman Spektrometresi Ve İzotop  
Jeokimyası İncelemeleri**

**Program Kodu: 3001**

**Proje No: 114Y844**

Proje Yürütücüsü:  
**Yrd. Doç. Dr. Hüseyin SENDİR**

Danışman:

Prof. Dr. Gülcan BOZKAYA

Bursiyerler:

Sevnur KÜNARLIOĞLU

Mehmet TUFAN

KASIM 2017  
ESKİŞEHİR

## ÖNSÖZ

“Göynükbelen Granitoyiti (İnegöl-Bursa) İle İlişkili Cevherleşmelerin Oluşumunun Belirlenmesinde Sıvı Kapanım, La-Icp-MS, Raman Spektrometresi Ve İzotop Jeokimyası İncelemeleri” başlıklı bu proje TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından 114Y844 numaralı fon ile desteklenmiştir.

Projede katkılarından dolayı Prof. Dr. Gülcan Bozkaya (Pamukkale Üniversitesi, Denizli) ve Dr. David Banks’e (Leeds University, Leeds, İngiltere) teşekkür ederim.

Ayrıca bu projedeki fon desteği sayesinde iki öğrenciye burs verilmiştir.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iii
TABLolar LİSTESİ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	4
4. BULGULAR.....	6
4.1 Genel Jeoloji Çalışmaları.....	6
4.2 Mineralojik-Petrografik İncelemeler.....	11
4.3 Hidrotermal Alterasyonlar.....	19
4.4 Cevher Mikroskobisi İncelemeleri.....	21
4.5 Sıvı Kapanım İncelemeleri.....	25
4.5.1 Kapanımların Morfolojik özellikleri.....	26
4.5.2 İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_{FM}$ ).....	28
4.5.3 Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_{mICE}$ ).....	28
4.5.4 Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_H$ ).....	29
4.5.5 Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi.....	30
4.6. Raman Spektrometresi İncelemeleri.....	31
4.7 Lazer Ablasyon (LA-ICP-MS) İncelemeleri.....	31
4.8 Oksijen ve Hidrojen İzotopları Jeokimyası.....	36
5. TARTIŞMA.....	39
6. SONUÇLAR.....	41
7. YARARLANILAN KAYNAKLAR.....	42

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil		Sayfa
4.1	Batı ve Kuzeybatı Anadolu'daki granitik plütonlar ve çalışma alanı (Bingöl, 1989). IASZ: İzmir-Ankara-sütur zonu, SG: Simav grabeni, GG: Gediz grabeni.	7
4.2	Şekil 4.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Küçükayman, 1987 ile Pehlivan ve Orbay, 1987' den yararlanılmıştır).	8
4.3	Çalışma alanının jeoloji ve alterasyon haritası (Yıldırım ve Çelebi 1991'den değiştirilerek).	9
4.4	Devlez metabazitlerinden bir görünüm.	10
4.5	Geyiktepe mermerlerinden bir görünüm.	11
4.6	Kırıklı yapılı mermerlerden bir görünüm.	11
4.7	Ds 1-3 nolu örnekte belirlenen tonalit kayacının ince kesit görüntüsü (Plj: Plajiyoklaz, Q: Kuvars, Biy: Biyotit, Pr: Pirit, Rut: Rutil, tek nikol)	12
4.8	Ds7-3 nolu kuvarslı diyorit kayacının ince kesit görüntüsü (Plj: Plajiyoklaz, Q: Kuvars, Biy: Biyotit, Pr: Pirit, Ap: Apatit, çift nikol)	13
4.9	Ds4-2 nolu Granodiyorit kayacının ince kesit görüntüsü (Plj: Plajiyoklaz, Q: Kuvars, Biy: Biyotit, Pr: Pirit, Or: Ortoklaz, tek nikol)	14
4.10	Ds3-3 nolu Tonalit porfir kayacının ince kesit görüntüsü (Hor: Hornblend, Q: Kuvars, Biy: Biyotit, Pr: Pirit, tek nikol)	15
4.11	Ds8-4 nolu Kuvarslı diyorit porfir kayacının ince kesit görüntüsü (Hor: Hornblend, Q: Kuvars, Biy: Biyotit, çift nikol)	16
4.12	Taneli ve porfirik dokulu kayaçların sondajlardaki dağılımları.	17
4.13	Taneli ve porfirik dokulu kayaçların sondajlardaki dağılımları.	18
4.14a	Ds4-2 nolu Granodiyorit kayacında gözlenen potasik zonun tipik bir görüntüsü(Q: kuvars, Biy1: Birincil biyotit, Biy2: İkincil biyotit, Op: Opak, tek nikol)	20
4.14b	Ds 7-2 nolu Kuvarslı Diyorit kayacında gözlenen potasik zonda birincil kuvarsların (Q1), ikincil kuvarsların (Q2), polisentetik ikizlenmeli plajiyoklazların (plj), ortoklazların (Ort), opak minerallerin (Op) ve serisit-biyotit (Serbiy) minerallerinin tipik bir görüntüsü, çift nikol	20
4.15a	Ds1-3 nolu Tonalit kayacında gözlenen fillitik zonun tipik bir görüntüsü. Q: kuvars, Biy: biyotit, Plj: Plajiyoklaz, Ser: serisit, Klo: klorit, çift nikol	20
4.15b	Ds8-1 nolu Kuvarslı Diyorit kayacında gözlenen fillitik zonda, zonlu yapılı plajiyoklaz (plj) ve yoğun serisitleşmelerin görünümü, çift nikol.	20
4.16a	Ds2-1 nolu Tonalit kayacında Propillitik zonun tipik bir görüntüsü. (Q: kuvars, Biy: biyotit, Ep: epidot, Op: opak, tek nikol)	21
4.16b	Ds2-4 nolu Kuvarslı Diyorit porfir kayacında görülen Propillitik zonda damar dolgusu şeklinde epidotlar (ep). Q: kuvars, Biy: biyotit, çift nikol)	21
4.17	Par 1-1 nolu örnekte gözlenen hipidiyomorf ve holokristalin dokulu kristaller (Pr: Pirit, Sf: Sfalerit, Parlatma kesiti, tek nikol)	22
4.18	Par 3-1 nolu örnekte gözlenen levhamsı pirit (pr) ve iğnemsli molibdenit (mo) kristalleri (Parlatma kesiti, tek nikol)	22
4.19	Par 5-3 nolu örnekte gözlenen breşik dokulu kristaller (Ma: Markazit, Pr: Pirit, Parlatma kesiti, çift nikol)	22
4.20	Par 7.7 nolu örnekte gözlenen sfalerit (sf) içerisinde kalkopirit (kp) kapanımı ve pirit (pr) minerali(Parlatma kesiti, tek nikol)	23

4.21	Par 8-1 nolu örnekte gözlenen piritlerin (pr) kenarlarından itibaren demiroksitleşmeleri (lm) (Parlatma kesiti, tek nikol)	23
4.22	Mikrotermometrik ölçüm yapılan kuvars kristallerinde gözlenen birincil ve ikincil kapanımlar (Örnek No: D-2)	27
4.23	Kuvars kristalleri içinde gözlenen birincil kapanımlar.	27
4.24	Kuvars kristalleri içinde gözlenen ikincil kapanımlar.	27
4.25	Kuvars kristalleri içinde gözlenen gazca zengin kapanımlar (V; Örnek no: D-3)	28
4.26	Kuvars kristalleri içinde tuz ve katı faz içeren kapanımlar.	28
4.27	Birincil kapanımlarda ölçülen son buz erime sıcaklığı ( $T_{ice}$ ) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.	29
4.28	Birincil kapanımlarda homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.	29
4.29	İkincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.	30
4.30	Sıvı kapanımlarının tuzluluk - homojenleşme sıcaklığı diyagramındaki dağılımı ( $T_{ICE}$ ve $T_H$ değerlerinin birlikte ölçülebildiği kapanımlar kullanılmıştır).	30
4.31	Gazca zengin sıvı kapanımlarda $CO_2$ (mavi pik) ve $H_2O$ (kirmizi pik) raman spektrometresi analiz sonucu.	31
4.32	Minerallerdeki sıvı kapanımların LA-ICPMS verilerinin katyon/anyon dağılımı	35
4.33	Göynükbelen cevherleşmesinde cevher oluşturan çözeltilerdeki $\delta D$ - $\delta^{18}O$ (Shepperd, 1986) diyagramındaki konumu.	37
4.34	Göynükbelen Granitoyidine ait $\delta^{18}O$ değerlerinin, seçilmiş bazı granitoid tiplerindeki değerlerle karşılaştırılması (1. Craig (1961), 2. O' Neil (1986), 3, 4, 5. Taylor and Sheppard (1986), 6. Taylor (1979), 7. Harris et al. (1997), 8. Laouar et al. (2002), 9. Brown et al. (1985), 10. Öztürk, 2006, 11. Sendir ve Sariiz, 2012.	38

**TABLULAR LİSTESİ**

<b>Tablo</b>		<b>Sayfa</b>
4.1	Tablo 4.1. Alterasyon zonlarında tespit edilen cevher mineralleri (+ potasik, + fillitik, +propillitik zonları göstermektedir).	24
4.2	Sıvı kapanım incelemeleri sırasında birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülmüş $T_{FM}$ , $T_{ICE}$ , ve $T_H$ değerleri.	25
4.3	Sıvı kapanım örneklerinde belirlenen katı,sıvı ve gaz kapanımlarına ait La-Icp- $Ms$ analiz sonuçları.	32
4.4	Sıvı kapanım örneklerinde belirlenen katı,sıvı ve gaz kapanımlarına ait La-Icp- $Ms$ analiz sonuçları.	32
4.5	Sıvı kapanım örneklerinde belirlenen sıvı ve gaz kapanımlarına ait La-Icp- $Ms$ analiz sonuçları.	32
4.6	Göynükbelen cevherleşmesindeki kuvars ve sıvı kapanımlarındaki suyun O ve H izotopları analiz sonuçları.	36

## ÖZET

Göynükbelen granitoyiti (İnegöl-Bursa) ile ilişkili cevherleşmeler Batı Anadolu'daki granitoid sokulumlarına bağlı olarak gelişen Cu-Mo, Pb, Zn, Fe gibi cevherleşmelerden birisidir. Cevherleşmelerin büyük çoğunluğu Miyosen yaşlı magmatizmayla ilişkili olarak gelişmiştir. Miyosen yaşlı magmatik etkinlik, yaklaşık D-B uzanımlı granitik-granodiyoritik plütonlarla temsil edilmektedir. Çalışma alanında yüzeyleyen en yaşlı kaya birimi mikaşist ve klorit şist litolojisinden meydana gelen Devoniyen yaşlı Devlez Metabazitleridir. Bu birim üzerinde masif, yer yer tabakalı Permiyen yaşlı Geyiktepe Mermerleri açısız uyumsuzluk olarak yer almaktadır. Miyosen yaşlı Göynükbelen Granitoyidi batolit şeklinde tüm birimleri kesmektedir. Göynükbelen Granitoyidi porfirik ve holokristalin doku karakterleri sunmaktadır. Egemen kaya birimlerini; tonalit, granodiyorit, tonalit porfir, granodiyorit porfir, granit oluşturmaktadır. Granitoyid içerisinde potasik, fillitik ve propillitik zonlar belirlenmiştir. Cevherleşmeler Göynükbelen Granitoyidi ile ilişkili olarak saçınımlı ve ağsı şekilde gözlenmektedir. Cevher mineralleri pirotin, pirit, kalkopirit, molibdenit, rutil, bornit, sfalerit, markazit, limonit iken kuvars gang minerali olarak görülmektedir. Sıvı kapanım incelemeleri cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin sıcaklık (200 ile 452°C) ve tuzluluk değerlerinin (% 24,3 ile % 13,1 NaCl eşdeğeri) yüksek olduğunu göstermektedir. Çözeltilerin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesine yönelik yapılan LA-ICP-MS analizleri, cevher oluşturuvcu çözeltilerin yüksek K/Na değerlerinin magmatik bir kaynağı işaret ettiğini göstermekte olup,  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta\text{D}$  analiz sonuçları (7,3 -7,9) ‰ ve (-56 – -79)‰ da bunu desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Göynükbelen, İnegöl, Sıvı kapanım, LA-ICP-MS, izotop

## ABSTRACT

The Göynükbelen mineralization is one of the important deposits from Western Anatolia region which has many mineralizations related with granitoid such as Cu-Mo, Pb, Zn, Fe. The most of these deposits were formed associated with Miocene magmatism. This magmatic activity is represented by approximately E-W trending granitic-granodioritic plutons. Important results will be acquired to search the potential unknown deposits of the regions by means of determination of formation conditions and origin of the Göynükbelen mineralizations. The Devonian schists which are composed of gneiss, mica schist and chlorite schist is the oldest unit of the study area. This units are overlain unconformably by the Permian Geyiktepe Marbles. Miocene granodioritic intrusives cut other rock series and located as a batholite. Magmatic units present porphyric and holocrystalline textures. Granodioritic intrusions are represented by tonalite, tonalite porphyr, granodiorite, granodiorite porphyr, granite. Potassic, phyllitic and prophyllitic zones are determined in granitoid. Mineralizations are observed as disseminated and stockwork types in Göynükbelen granitoid. Ore minerals are pyrotine, pyrite chalcopyrite, molybdenite, rutile, bornite, sphalerite, marcasite and limonite whereas gang mineral represented by quartz.  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta\text{D}$  values range from 7,3 to 7,9 and -56 to -79‰. These values indicate that magmatic or hydrothermal solutions origin. Microthermometry of fluid inclusions shows a wide range of temperatures (200 to 452 °C), and salinities (% 24,3 to % 13,1).

Keywords: Göynükbelen, Inegöl, Fluid Inclusion, LA-ICP-MS, isotope.



## 1.GİRİŞ

Batı Anadolu, maden yatakları açısından oldukça zengin bir bölgedir. Bu bölgede önemli pek çok polimetalik cevherleşmeler bulunmaktadır. Bu cevherleşmeler porfiri Cu-Mo, Pb, Zn, Fe gibi cevherleşmelerdir. Söz konusu cevherleşmeler, bölgede yaygın bir şekilde yer alan metamorfik, volkanik ve granitoyitik kayalarla ilişkilidirler.

Cevherleşmelerin büyük çoğunluğu Tersiyer magmatizmasıyla ilişkili olarak gelişmiştir. Tersiyer yaşlı magmatik etkinlik, yaklaşık D-B uzanımlı granitik-granodiyoritik plütonlarla temsil edilmektedir. Cevherleşmelerin bir kısmı porfiri tipte cevher özellikleri sergilerken, bir kısmı da skarn tipte gözlenmektedir.

Batı Anadolu bölgesindeki yataklar, Türkiye kurşun rezervinin %62'sini, çinko rezervinin %30.5'ini ve bakır rezervinin %1'ini içermektedirler.

Göynükbelen granitoyiti (İnegöl-Bursa) ile ilişkili cevherleşmeler Batı Anadolu'daki granitoid sokulumlarına bağlı olarak gelişen Cu-Mo, Pb, Zn, Fe gibi cevherleşmelerden birisidir. Cevherleşmelerin büyük çoğunluğu Miyosen yaşlı magmatizmayla ilişkili olarak gelişmiştir. Miyosen yaşlı magmatik etkinlik, yaklaşık D-B uzanımlı granitik-granodiyoritik plütonlarla temsil edilmektedir. Göynükbelen granitoyiti ile ilişkili cevherleşmeler çevresinde daha önceki araştırmacılarca temel jeolojik incelemeler yapılmış olmakla birlikte, cevherleşmeleri oluşturan çözeltilerin özellikleri ve kökeni hakkında yapılmış ayrıntılı bir çalışma bulunmamaktadır. Proje kapsamında; cevherleşmeleri oluşturan hidrotermal çözeltilerin fiziko-kimyasal özellikleri ve kökenlerini belirleyebilmek amacıyla gang minerallerinde sıvı kapanım incelemeleri, cevher minerallerinde ise duraylı izotop jeokimyası incelemeleri yapılmıştır. Bu proje çalışması ile Göynükbelen granitoyiti ile ilişkili cevherleşmelerin oluşum koşulları ve kökeni ortaya konularak yörede benzer oluşum modeline sahip potansiyel yatakların araştırılmasına yönelik önemli bulgular elde edilmiştir.

Projede çalışma alanının temelini Devoniyen yaşlı Devlez Metabazitleri oluşturmaktadır. Amfibolit, glokofan-lavsonit şist, hornblend-klorit şist, albit-klorit şist, muskovit şist kayalarından oluşmaktadır. Bu birim üzerine açısız uyumsuzlukla Permiyen yaşlı Geyiktepe Mermerleri gelmektedir. Birim, masif, yer yer kırıklı görümlü, orta kalın tabakalı, beyazımsı renkli bir yapıdadır. Sahada en geniş yayılım gösteren birim ise Göynükbelen Granitoyidi olup diğer birimleri kesmektedir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çalışma alanı ve çevresinde gerek plütonik kütlelerin karakteri ve gerekse yankayaç etkileşimi neticesinde oluşan cevherleşmelerin özellikleri, kökenleri üzerine pek çok araştırmacı çeşitli çalışmalar yapmıştır.

Ataman (1972 ve 1973), Gürgenyayla (Domaniç) granodiyoritinin yaşını Rb-Sr yöntemiyle 145 my. olarak bulmuşlardır.

Bingöl vd., (1982) Göynükbelen granitoidinin yaşını  $18.5 \pm 1.8$ ,  $27.1 \pm 1.0$  my olarak tespit etmiştir. Bulunan bu yaş Miyosene denk gelmektedir.

Taşkın (1983) Bursa-İnegöl yöresi Boğazova granodiyorit masifinde gözlenen cevherleşmelerin metamorfik, hidrotermal tipte olduğunu savunmuştur.

Bacak ve Kuşçu, (2000) bu plüton içerisinde oluşan cevherleşmelerin mezotermal kökenli olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Bayburtoğlu vd. (2001), Bileylikyayla (Domaniç) sahasında detay jeolojik ve jeokimyasal incelemeler yapmışlardır. Sahadaki element dağılımı ve alterasyon değişiminin, yüzeyde epitermal Au-Ag ve skam tip Cu-Pb-Zn, derinde porfiri Cu-Mo-Au cevherleşmelerine işaret edebileceğini belirtmişlerdir.

Cengiz ve Genç, (2003) plütonun granit, granodiyorit, tonalit, granit porfir, granodiyorit porfir, tonalit porfir türü kaya gruplarından oluştuğunu saptamışlardır.

Yılmaz (2005), Muratdere (Bozüyük-Bilecik) yöresinde yaptığı Yüksek Lisans çalışmasında kuvars diyorit ve kuvars diyorit porfir kayaçlarıyla ilişkili porfiri Cu-Mo cevherleşmesinin varlığını saptamıştır. Cevherleşmelerin özellikle fillitik zonda yoğunlaştığını belirtmiştir.

Yıldız (2006)' da yaptığı Yüksek Lisans çalışmasında, Balıkesir-Havran Tepeoba Cu-Mo cevherleşmesinin Eybek plütonuna bağlı olarak oluştuğunu ve cevherleşmenin kata-mezotermal evreyi temsil ettiğini belirtmiştir.

Aydın (2007) Yüksek Lisans çalışmasında, Koyunoba (Simav-Kütahya) yöresinde oluşan cevherleşmelerin intraplütonik olduğunu belirlemiş ve galen, sfalerit, pirit ve kalkopiritlerin egemen cevher mineralleri olduğu sonucuna varmıştır.

Aydoğan ve diğ., (2008), çalışma alanına yakın bir sahada bulunan Baklan granitinin (Banaz-Uşak) kökensel olarak Göynükbelen granitoidine benzediğini belirtmişler, bu granitoidin subalkalen, yüksek potasyumlu, I tipi bir plüton olduğunu saptamışlardır.

Cevherleşmelerin kökensel incelemelerinde sıvı kapanımlar ortamdaki cevher oluşturuç çözeltilerin fizikokimyasal özelliklerini yansıtması açısından oldukça önemli olmaktadır. İnceleme alanına yakın cevherleşmelerde farklı araştırmacılar tarafından sıvı kapanım incelemeleri yapılmıştır.

Aydoğan ve diğ., (2008), Baklan graniti ve civarında yaptıkları çalışmalarda, Baklan Tepe Pb-Zn-Cu cevherleşmesinde 300-320°C, Karabatak tepe Pb cevherleşmesinde 233-391°C, Tepedelen Tepe Zn-Pb cevherleşmesinde 202-349°C homojenleşme sıcaklıkları bulmuştur.

Orhan ve diğ., (2011), aynı bölgede bulunan Susurluk skarn cevherleşmesinde 600°C' den büyük homojenleşme sıcaklığı belirlemişlerdir.

Sendir ve diğ., (2012), Domaniç ve yöresinde yaptıkları çalışmada 380-147°C ve 75.2-128.7°C homojenleşme sıcaklıkları ile 22.3-13.1 ve 10.8-9.2 tuzluluk değerleri belirlemişlerdir.

Oyman ve diğ., (2013), Eğrigöz plütonik kompleksinde demir skarnlarında yüksek sülfit içerikli pirotin, pirit, arsenopirit minerallerini ve ayrıca granat ve piroksen minerallerini saptamışlardır. Sıvı kapanım çalışmalarında 371-600 °C homojenleşme sıcaklığı ve 10,5' den büyük tuzluluk değerleri belirlenmiş ve 3 tip sıvının varlığına işaret edilmiştir.

zen ve Arık, (2013), Simav-Kütahya ve civarında oluşmuş Cu-Pb-Zn mineralizasyonlarında yapılan sıvı kapanım çalışmalarında 235-340°C homojenleşme sıcaklığı ve 0,7-4,49 tuzluluk değerleri elde edilmiştir.

Bozkaya ve diğ., (2014), Tesbihdere yöresinde (Biga Yarımadası) yaptıkları sıvı kapanım incelemelerinde, cevherleşmeleri oluşturan çözeltilerin 360–170oC arasında değişen geniş bir sıcaklık aralığına ve %10–0.5 NaCl eşdeğerli tuzluluk oranına sahip oldukları, son buz ergime sıcaklıklarından da zeltilerin NaCl'e ilaveten önemli miktarda Ca içerdikleri belirlenmiştir. Araştırıcılar LA-ICP-MS ve crush-leach analiz incelemelerinde zeltelerde Na'un ana katyon olduğunu ve ona Mg, K ve Ca'nın eşlik ettiğini belirlemişlerdir.

Bozkaya ve Banks (2015), Arapucandere Pb-Zn-Cu cevherleşmelerinde yaptıkları sıvı kapanım çalışmalarında çözeltilerin tuzluluklarının düşük ve sıcaklıklarının 360°C ile 160°C arasında olduğunu belirlemişlerdir.

Benzer alışmalar dünyada da yapılmıştır.

Partida and Levresse (2003), La Verde (Meksika) bölgesindeki porfiri cevherleşmelerde yaptıkları çalışmalarda, Ca-Na-K hidrotermal alterasyonlarını saptamışlardır. Sıvı kapanımlarında homojenleşme sıcaklıklarını 480-780°C, ergime sıcaklıklarını 430-570 °C ve tuzluluk değerlerini 50-65 % olarak belirlemişlerdir.

Hezarkhani (2006), İran' da Sar-Cheshmeh porfiri Cu-Mo cevherleşmesinde ana kayacın diyorit, granodiyorit, kuvars monzonite kadar değişik karakterli olduğundan bahsetmiştir. Sıvı kapanım ağırlıklı bu çalışmasında potasik zonda 350-520 °C belirlerken, profilitik zonda 220-310 °C sıcaklık aralıkları belirlemiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1 Arazi Çalışmaları

Çalışma alanında yer alan Acikulak tepe, Eğridere tepe, Oba tepe, Yassı tepe, Doruk tepe civarlarındaki cevherleşme ile ilişkili lokasyonlardan ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından yapılan sondajlardan alınan örnekler üzerinde mineralojik ve petrografik incelemeler yapılmıştır. MTA tarafından yapılan sondajlar, Dos-1, Dos-2, Dos-3, Dos-4, Dos-5, Dos-7 ve Dos-8 nolu sondajlar olup, tamamı Göynükbelen granitoyid kütlesi üzerinde yapılmıştır.

#### 3.2 Mikroskopi Çalışmaları

Bu çalışmalar kapsamında, cevherleşmeye etki eden yankayaç özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hazırlanan örneklerin ince kesitleri Pamukkale Üniversitesinde yaptırılmıştır. Bu örnekler polarizan mikroskop yardımıyla incelenmiş ve cevherleşmeye yataklık eden kayaç türleri belirlenmiştir. Ayrıca bu kaya türleri içerisinde gelişmiş olan hidrotermal alterasyon zonlarındaki minerallerin varlığı, dokusal özellikleri, sınır ilişkileri, cevher minerallerinin durumları ise cevher mikroskobu ile tespit edilmiştir. Ardından seçilen örnekler içerisinde cevherleşmelerin belirlenmesi amacıyla parlak kesitler yapılmış ve üstten aydınlatmalı mikroskop yardımıyla incelenmiştir. Böylece cevherleşmeyi oluşturan mineraller, birbirleriyle dokusal ilişkileri ve oluşum sıraları belirlenmiştir.

#### 3.3 Sıvı Kapanım İncelemeleri

Sıvı kapanım incelemeleri, proje sahası içinde yapılmış sondajlara ait karot örneklerindeki kuvars minerallerinde gerçekleştirilmiştir. Örneklerden hazırlanan, 80-100 µm arasındaki kalınlıklarda ve 3x5 cm ebatlarında, iki yüzü parlatılmış özel kesitler, Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki Sıvı kapanım Laboratuvarında bulunan ve OLYMPUS mikroskopa monte edilmiş, LINKAM THMS-600 ve TMS-92 tipi ısıtma - soğutma sisteminde incelenmiştir. Dondurma işlemlerinde sıvı azot gazı kullanılmıştır.

#### 3.4 Raman Spektrometresi İncelemeleri

Sıvı kapanımlarında gözlenen gaz ve katı fazların bileşimlerinin belirlenmesi için gazca zengin kapanım içeren örnekler üzerinde Raman spektrometresi çalışmaları Leeds Üniversitesi'nde yapılmıştır.

### 3.5 LA-ICP-MS Analizleri

LA-ICP-MS incelemeleri İngiltere'de bulunan Leeds Üniversitesi, LA-ICP-MS (Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometer Lab.) laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Laser-ablation sisteminde, Geoglas kapanım sistemine entegre edilmiş Agilent 7500c kütle spektrometresi ile sıvı kapanım ve sıvı kapanım ile ilişkili grupların bileşimi belirlenmiştir. Geoglas ablation sistemi, 193 nm dalga boyunda Compex 103 ArF Tek tek içerikler veya küçük ilişkili inklüzyon grupları lazer ablasyonla indüktif olarak bağlanmış kütle spektrometresi (LA-ICP-MS) ile analiz edilmiştir. Bu sistem bir Compex 103 ArF sistemi ile numune yüzeyinde 193 nm dalga boyu ve 10 ve 15 joule gücünde bir enerji yoğunluğu oluşturmaktadır.

### 3.6 İzotop İncelemeleri

Oksijen ve hidrojen izotopu çalışmalarının en önemli kullanımı cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerdeki suyun kökeninin belirlenmesidir. Hidrojen izotop analizleri sıvı kapanımlarında hapsolmuş sular üzerinde gerçekleştirilirken oksijen izotop analizleri oksijen içermeyen minerallerde mineral içindeki sıvı kapanımlarında hapsolmuş sular üzerinde, oksijen içeren minerallerde ise mineralin oksijen izotopları bileşimi analiz edildikten sonra mineral ile denge halinde bulunan suyun  $\delta^{18}\text{O}$  değeri hesaplanarak gerçekleştirilmektedir.

İncelemelerde daha önce sıvı kapanım incelemeleri yapılmış örneklerden ayrılmış kuvars ayırımları kullanılmış olup, mineral ayırma işlemleri ağır sıvı ve stereo mikroskop yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

Oksijen ( $\delta^{18}\text{O}$ ), hidrojen ( $\delta\text{D}$ ) izotop analizleri kuvars mineralleri üzerinde ACTLABS Duraylı İzotop Laboratuvarları'nda hizmet alımı karşılığında gerçekleştirilmiştir.

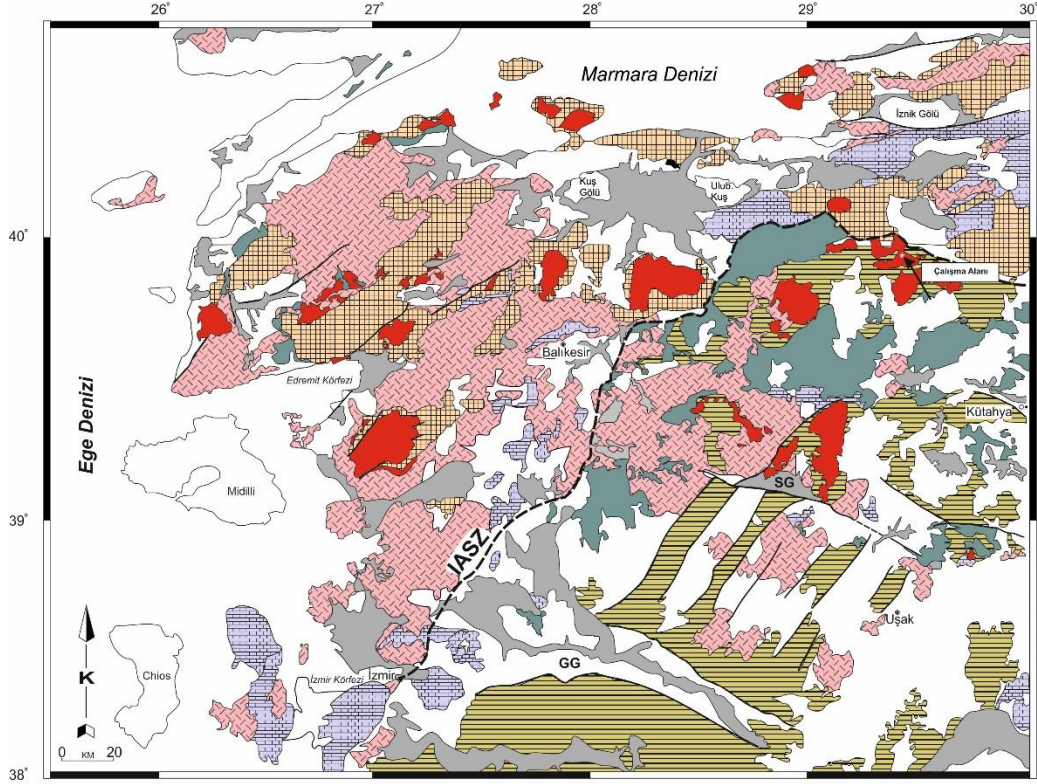
Hidrojen izotop analizleri için sıvı kapanımcı zengin kuvars örnekleri kuvars tüplerde radyofrekans indüksiyonu ile 1500°C'yi aşkın sıcaklıklara kadar dereceli olarak ısıtılıp serbestleşen su 800°C de ocakta  $\text{H}_2$  'ye indirgenmiştir (Donnelly et al. 2001). Açığa çıkan gaz  $\text{Hg}$ 'li basınç ölçerde kantitatif olarak ölçülür ve toepler pompası ile toplanır. Biriken gaz VG 602D kütle spektrometresi ile analiz edilmiştir.

Oksijen izotop analizleri için tüm örnekler ısı kaynağı olarak  $\text{CO}_2$  laser kullanılarak  $\text{CIF}^3$  ile reaksiyona sokularak lazer florinasyon tekniği ile analiz edilmiştir (1500°C'den fazla, Sharp, 1990).

## 4. BULGULAR

### 4.1 Genel Jeoloji Çalışmaları

İnceleme alanının içinde yer aldığı Batı Anadolu bölgesinde Geç Oligosen' den itibaren gelişen iki evreli bir genişlemeli tektonik deformasyon gözlenmekte olup, bunlar Delibaş ve diğ. (2012) tarafından şu şekilde tanımlanmıştır: Bu deformasyonun ilk evresinde gelişen Simav sıyrılma fayı, ana fayın kuzey kesiminde yer almaktadır (Delibaş vd., 2012; Pourteau vd., 2010, Seyitoğlu ve Scott, 1992). Simav sıyrılma fayı ile birlikte Geç Oligosen-Orta Miyosen yaş aralığında Menderes masifinin kuzey kenarı yüzeylenmiş ve gelişen deformasyon etkisiyle Menderes masifi metamorfik birimleri yoğun olarak milonitlemiştir (Ar-Ar muskovit yaşı  $22,86 \pm 0,47$ my.; Işık vd., 2004). Milonitik deformasyonun son evresinde başlıca granit, granodiyorit, monzonit ve az oranda diyorit ve monzodiyoritlerden oluşan ve yaygın olarak porfirik, eş taneli doku sunan granitik kütleler sokulum yapmıştır (Işık, 2004; Işık vd., 2004) (Şekil 4.1). Bu granitoidlerin yerleşim yaşlarının genel olarak Miyosen olduğu önceki çalışmalarda yapılan radyometrik yaş tayinleri ile ortaya konulmuştur (örn: Baklan Granitoidi: 19,4-17,8 my., Aydoğan vd., 2008; Eğrigöz Granitoidi: 20,19 my., Işık vd., 2004;  $19,4 \pm 4,4$  my. Hasözbek vd., 2010a; Koyunoba Granitoidi: 21,02 my., Ring and Collins, 2005;  $21,7 \pm 1,0$  my., Hasözbek vd., 2010a; Alaçam Granitoidi:  $20 \pm 1,4$ my,  $20,3 \pm 3,3$ my., Hasözbek vd., 2010b). Önceki çalışmalarda bölgede yüzeylenen sin-tektonik granitoid kütleleri jeokimyasal olarak kalk-alkalin, I-tipi, magmatik kütleler olarak tanımlanmaktadır (Dilek vd., 2009).

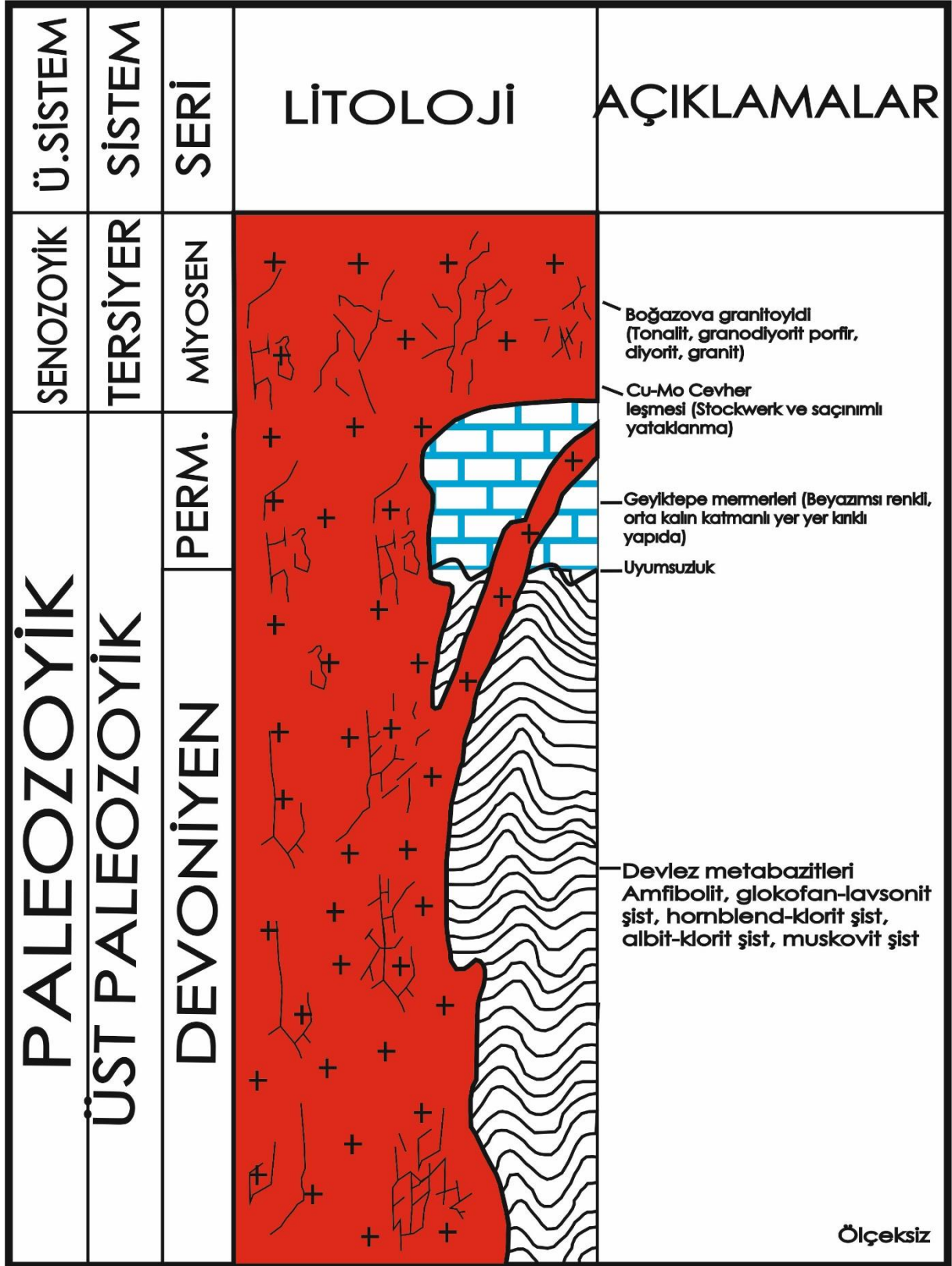


#### AÇIKLAMALAR

Menderes Masifi'nin metamorfik kayaları	Kireçtaşları ve kırıntılı kayalar (Mesozoyik)	Granitoidler (Geç Oligosen-Erken Miyosen)	Kıtasal sedimanter kayalar (Neojen)
Sakarya Kitası'nın metamorfik kayaları	Ofiyolit, melanj ve olistrostromal filiş birlikleri	Volkanik birlikler (Erken-Orta Miyosen)	Alüvyon (Kuvaterner)

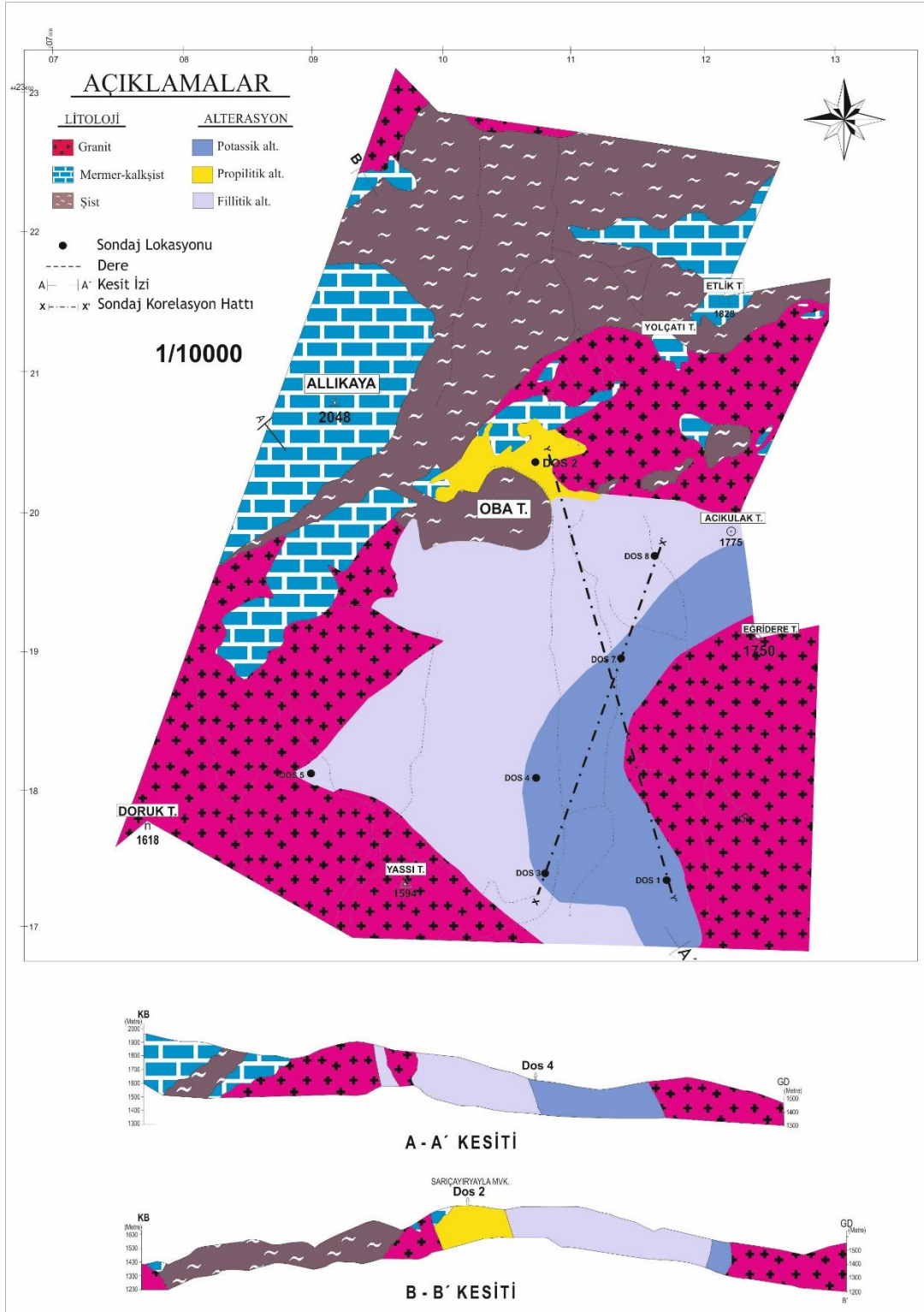
Şekil 4.1. Batı ve Kuzeybatı Anadolu'daki granitik plütonlar ve çalışma alanı (Bingöl, 1989). IASZ: İzmir-Ankara-sütur zonu, SG: Simav grabeni, GG: Gediz grabeni.

Projede çalışma alanının temelini Paleozoyik yaşlı Devlez Metabazitleri oluşturmaktadır. Amfibolit, glokofan-lavsonit şist, hornblend-klorit şist, albit-klorit şist, muskovit şist kayalarından oluşmaktadır. Bu birim üzerine açısız uyumsuzlukla Paleozoyik yaşlı Geyiktepe Mermerleri gelmektedir. Birim, masif, yer yer kırıklı görümlü, orta kalın tabakalı, beyazımsı renkli bir yapıdadır. Sahada en geniş yayılım gösteren birim ise Göynükbelen Granitoidi olup diğer birimleri kesmektedir. Porfirik ve holokristalin doku karakterleri sunmaktadır. Egemen kaya birimlerini; tonalit, tonalit porfir, granodiyorit, granodiyorit porfir, granit, diyorit, diyorit porfirler oluşturmaktadır. Çalışma alanında yüzeyden derine doğru yüzeysel alterasyon, propilitik zon, fillitik zon ve potasik zonlar bulunmaktadır. Bu zonlarda irili ufaklı birçok cevherleşme göze çarpmaktadır (Şekil 4.2 ve 4.3).



Şekil 4.2. Çalışma alanının dikme kesiti (Bacak, 2000' den değiştirilerek).





Şekil 4.3. Çalışma alanının jeoloji ve alterasyon haritası (Yıldırım ve Çelebi 1991'den değiştirilerek).

Çalışma alanında gözlenen birimlerin ayrıntılı özellikleri aşağıda verilmiştir.

**Devlez Metabazitleri:** Çalışma alanı ve çevresinde Gürgenyayla, Bileylikeyla, Kaleyeri tepe ve Arapdede tepe civarlarında mostra vermektedir. Makroskobik olarak serizit, kuvars, epidot ve aktinolit minerallerinde oluşur. Küçükayman (1987) tarafından Devlez Metabazitleri olarak adlandırılmıştır. Birim siyahımsı ve koyu gri renkli, iyi derecede foliasyonlu süt kuvars bant ve mercekleri içerir. Kaaden (1959), Middleear (1975) ve Bingöl (1976)' e göre Devoniyen yaşı verilmiştir. Okay (1984)' e göre bu birim Tavşanlı Zonu' nun Orhaneli Birliği' ne dahil edilmiştir. Küçükayman (1975) şistlerde metamorfik mineral parajenezlerini amfibolit, glokofan-lavsonit şist, hornblend-klorit-epidot-glokofan şist, albit-klorit-lavsonit şist, muskovit-albit-kuvars şist olarak saptamıştır. Bu birim denizaltı lavları, piroklastik kayaları ve tüfleri temsil etmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Devlez metabazitlerinden bir görünüm.

**Geyiktepe Mermerleri:** Devlez metabazitleri üzerinde uyumsuz olarak Permiyen yaşlı Allıkaya (Geyiktepe) mermerleri yer almaktadır. Mermerler, yörede Allıkaya tepe, Zambaklık tepe, Yolçatı ve Adelle tepe dolayında mostra vermektedirler. Mavimsi açık gri ve bej renkte, oldukça eklemlili, kırıklı ve kıvrımlı bir görünüm sunmaktadır. Granitoyid intrüzyonları nedeniyle ilksel konumları bozulmuş ve parçalanmışlardır. Birim Pehlivan (1979) tarafından "Allıkaya Mermerleri", Küçükayman (1987) tarafından ise "Geyiktepe Mermerleri", olarak adlandırılmış ve Permiyen yaşı verilmiştir. Yer yer kalsit damarcıklarıyla kesilmiş olarak gözlenen mermerlerin şistlerle olan dokanaklarında kalkşistler gözlenir (Şekil 4.5, Şekil 4.6)



Şekil 4.5. Geyiktepe mermerlerinden bir görünüm.



Şekil 4.6. Kırıklı yapılı mermerlerden bir görünüm.

**Göynükbelen Granitoyidi:** Birim çalışma alanının yaklaşık % 60' lık bir dilimini oluşturmaktadır. Çalışma alanı ve civarında Sarıçayırıyayla, Eğritepe, Düzgürgen tepe, Yassı tepe civarlarında gözlenmektedir. Eş taneli ve porfiri dokular egemendir. Başlıca kuvars, feldispat ve mafik minerallerden oluşmaktadır.

Birim, önceki çalışmacılar tarafından; "Boğazova (Göynükbelen) Diyoriti" (Özkoçak, 1969), "Gürgenyayla (Domaniç) Granodiyoriti" (Ataman, 1973), "Oylat ve Boğazova Granodiyoriti" (Bürküt, 1975), "Boğazova-Domaniç Granodiyoriti" (Taşkın, 1983), "Alaçam Graniti" (Küçükayman, 1987), "Domaniç Granodiyoriti" (Yıldırım ve Çelebi, 1991) gibi değişik adlarla anılmıştır. (Ataman, 1973) çalışma alanı ve çevresinde incelemelerde bulunmuş, Rb/Sr yöntemiyle yaptığı yaş tayininde 45 milyon yıl sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca (Taşkın, 1983 ve Pehlivan, 1987) sahaya ilgili jeolojik raporlarında plütonun yaşını Tersiyer (Eosen) olarak belirlemişlerdir. Bingöl vd., (1982) Göynükbelen granitoidinin yaşını  $18.5 \pm 1.8$ ,  $27.1 \pm 1.0$  my olarak tespit etmiştir.

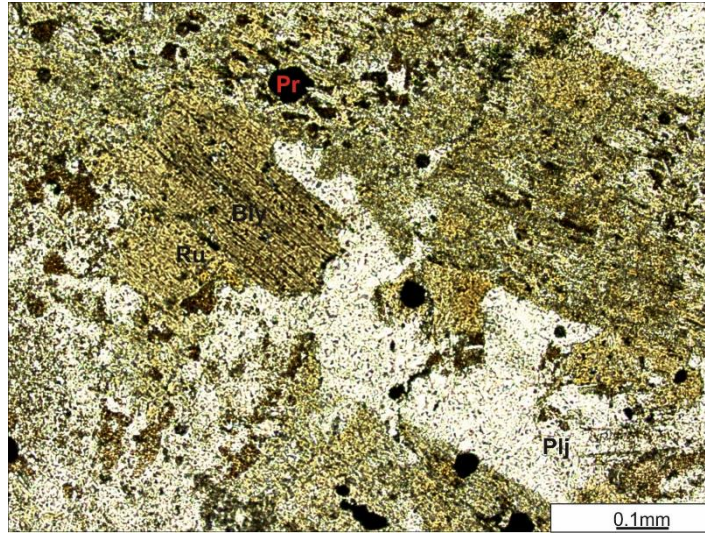
#### 4.2 Mineralojik-Petrografik İncelemeler

Çalışma alanında yer alan Acıkulak tepe, Eğridere tepe, Oba tepe, Yassı tepe, Doruk tepe civarlarında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından yapılan sondajlardan alınan örnekler üzerinde mineralojik ve petrografik incelemeler yapılmıştır. Bu sondajlar, Dos-1, Dos-2, Dos-3, Dos-4, Dos-5, Dos-7 ve Dos-8 nolu sondajlardır. Söz konusu sondajların tamamı Göynükbelen granitoyid kütlesi üzerinde yapılmıştır.

Taneli dokulu magmatik kayalar holokristalin doku özellikleri sergilemektedirler. Ortalama tane boyutları 2-3 mm arasındadır. Ana mafik mineralleri biyotit ve hornblend olarak tespit edilmiştir. Porfirik doku özelliği gösteren kayaların en önemli özelliği mikrokristalin olarak dağılmış olarak gözlenen 0,5-1 cm boyutunda feldispat, hornblend gibi fenokristaller içermeleridir. Bunun yanı sıra taneli doku özelliği gösteren kısımları da bulunmaktadır.

Holokristalin kayaları tonalit, kuvarslı diyorit, granodiyorit ve granit olarak saptanmıştır. Tonalitler, makro el örneği düzeyinde açık yeşil-gri renklerde olup alterasyon yüzeyleri sarımsı,

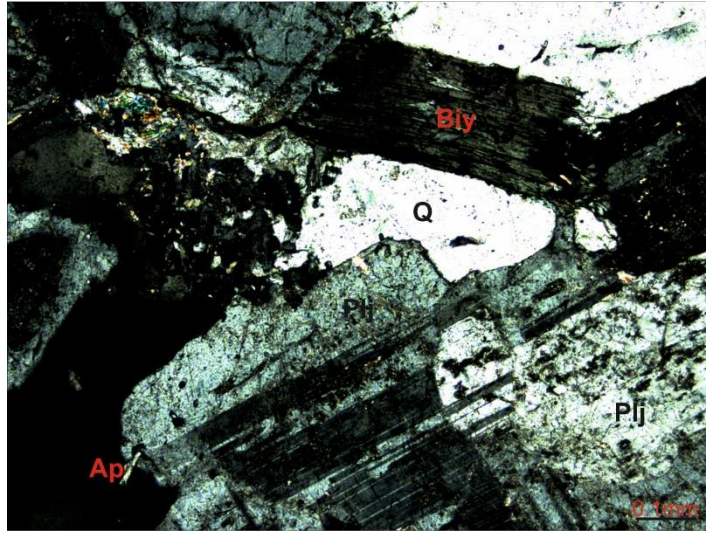
beyazımsı, grimsi tonlardadır. İnceleme alanında Topuk Dere civarında ve Yassı Tepenin doğu yamaçlarında görülmektedir. Tonalit örneklerinin ince kesitlerinde kuvars, plajiyoklaz ve ortoklaz minerallerinin yanı sıra biyotit, hornblend ve az oranda apatit, zirkon, rutil mineralleri de tespit edilmiştir. Ayrıca cevher mineralleri olarak özşekilli pirit mineralleri (opak) görülebilmektedir. Plajiyoklazlar özşekilli ve yarı özşekilli kristaller halindedir. Polisentetik ikizlenmeler yoğun bir şekilde izlenmektedir. Plajiyoklazlarda çoğunlukla killeşme ve serisitleşmeler göze çarpmaktadır. Boyutları 2-5 mm arasında değişmektedir. Ortoklaz mineralleri yaklaşık 1-2 mm tane boylarındadır. Tonalitlerde belirlenen ikinci en yoğun mineral olan kuvars, çoğunlukla özşekilsiz mineraller halinde ve minerallerin arasını doldurur vaziyettedir. Yer yer de kümeler ve damarlar oluşturmaktadırlar. Boyutları 2-3 mm. arasında değişmektedir. Mafik mineraller olarak biyotit ve hornblend mineralleri belirlenmiştir. Biyotitler özşekilli ve yarı özşekilli levhamsı kristaller halinde, 1-3 mm arasında değişen tane boylarına sahiptir. Tali mineraller zirkon, apatit ve rutildir. Apatitler özşekilli ve yarı özşekilli küçük kristal özellikleri sergilemekte olup, plajiyoklazların içerisinde kapanım oluşturmuşlardır. Zirkon, özşekilli ve yarı özşekilli olarak biyotitler içinde kapanım olarak gözlenmektedirler. Rutiler ise iri taneli biyotitlerin kloritleşmesi sonucu iğnemsî kristaller olarak göze çarpmaktadırlar (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Ds 1-3 nolu örnekte belirlenen tonalit kayacının ince kesit görüntüsü (Plj: Plajiyoklaz, Q: Kuvars, Biy: Biyotit, Pr: Pirit, Rut: Rutil, tek nikel).

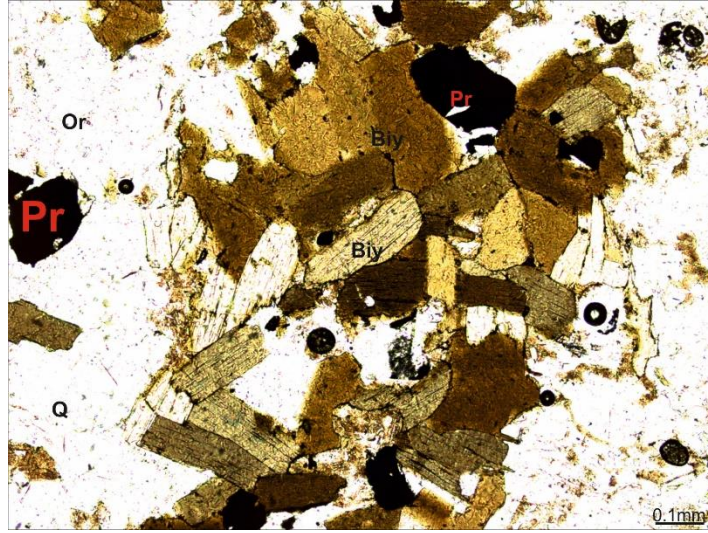
Kuvarslı diyoritler makro el örneği düzeyinde tonalitlerle benzerlik göstermekte olup, renkleri açık yeşilimsi-gri tonlarda, altere kesimleri ise sarımsı kırmızımsı ve beyazımsı tonlardadır. İnce kesitlerde esas mineraller kuvars, plajiyoklaz ve ortoklazdır. Plajiyoklazların boyutları yaklaşık 3-4 mm, özşekilli ve yarı özşekilli kristaller halinde oldukları, polisentetik ikizlenmeler gösterdikleri görülmüştür. Zonlu yapı sıkça gözlenir. Bu minerallerde killeşme ve

serisitleşmelere sıkça rastlanmaktadır. Kuvarlar özşekilsiz kristal formlarında, diğer minerallerin arasını doldurmaktadır ve 1-2 mm. tane boyuna sahiptir. Mafik minerallerden biyotitler özşekilli ve yarı özşekilli özellikte olup kahverengimsi renge sahiptir. Boyutları 1-3 mm. arasındadır. Hornblendler prizmatik formlarıyla tanınmıştır ve 1-2 mm. tane boylarındadır. Apatit, özşekilli ve yarı özşekilli doku özelliklerinde ve genellikle plajiyoklaz mineralleri içerisinde kapanım şeklinde gözlenmektedir (Şekil 4.8). Zirkon özellikle biyotitler içinde kapanımlar sunar. Rutiller iğnemsiz özelliktedirler. Kuvarlı diyorit porfirlerle tedrici geçişlidir. Bu geçiş zonlarında yer yer breşik bölümler yer almaktadır.



Şekil 4.8. Ds7-3 nolu kuvarlı diyorit kayacının ince kesit görüntüsü (Plj: Plajiyoklaz, Q: Kuvars, Biy: Biyotit, Pr: Pirit, Ap: Apatit, çift nikol).

Granodiyoritler makro el örneği düzeyinde grimsi, beyazımsı renk tonlarında gözlenmektedir. Altere yüzeyleri sarımsı-kırmızımsı renklindedir. Mineralojik bileşimleri plajiyoklaz, kuvars ve ortoklaz bileşimindedir. Mafik mineraller hornblend ve biyotit olup, zirkon, apatit ve rutil tali mineralleri oluşturmuştur. Holokristalin dokulu kayacın mineralleri 2-3 mm. boyutlarındadır. Plajiyoklazlar özşekilli yarı özşekilli kristaller halinde olup, polisentetik ikizlenmeleri yaygındır. Bu kayaç grubunda zonlu plajiyoklazlara daha az rastlanmıştır. Serisitleşme ve killeşme yaygındır. Kuvarlar özşekilsiz ve diğer minerallerin arasını doldurmuştur. Düzensiz dağılımlar da sergilemektedir. Mafik minerallerden biyotitler iri ve ince taneli olarak belirlenmiştir. İri taneliler, özşekilli ve yarı özşekilli bağımsız taneler halinde, ince taneliler ise kümecikler halinde bulunmaktadır. Yer yer hornblendlere de rastlanılmıştır. Tali minerallerden sfen, özşekilli kristaller halindedirler. Düzensiz bir dağılım sergilemektedirler. Zirkon ve apatit, özşekilli ve yarı özşekilli kristaller halinde diğer minerallerle kapanımlar sunarlar. Rutil iğnemsiz formları ile tipiktir. (Şekil 4.9).



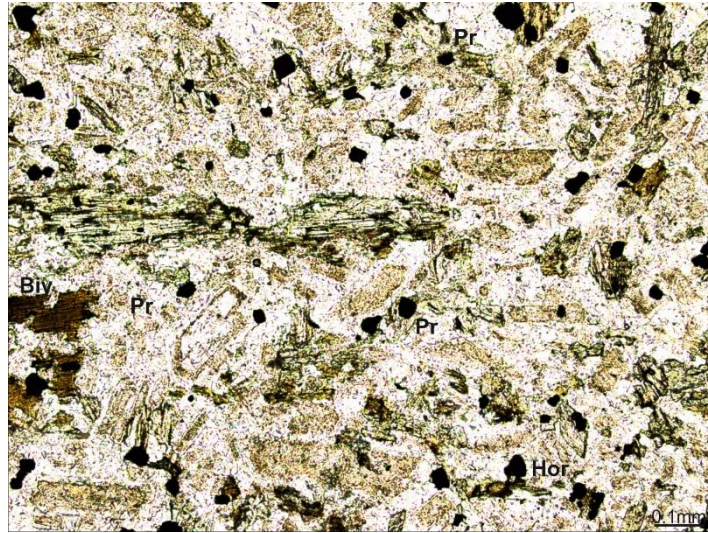
Şekil 4.9. Ds4-2 nolu Granodiyorit kayacının ince kesit görüntüsü (Plj: Plajiyoklaz, Q: Kuvars, Biy: Biotit, Pr: Pirit, Or: Ortoklaz, tek nikol).

Granitler makro el örneği düzeyinde beyazımsı-grimsi renklerde gözlenmektedir. Altere olmuş kesimleri ise sarımsı renklere sahiptir. Kayacın ana bileşenleri kuvars, ortoklaz ve plajiyoklazdır. Mafik mineral olarak biyotitler gözlenirken, tali mineraller sfen, zirkon ve apatittir. Kayacın ana feldispat minerali olan ortoklaz yarı özşekilli ve özşekilsiz kristal formlarındadır. Kuvars, ortoklazdan sonra en bol görülen mineral olup, diğer minerallerin aralarını doldurmuştur. Yer yer dalgalı sönme, yer yer de killeşmeler ve serisitleşmeler görülmektedir. Biotitler kahverengimsi renklerde, özşekilli ve yarı özşekilli formlar sunmaktadır. Sfen eşkenar dörtgen görünümlü kristal yüzeylerine sahiptir. Zirkon biyotitler içerisinde kapanım özellikleri ile tipiktir. Apatitler ise küçük, özşekilli kristaller halinde bulunmaktadır. Tonalit ve kuvarslı D-diyorit porfir kayaçlarına geçiş tedricidir.

Porfirik dokulu magmatik kayaçlar, çalışma alanında Karanlık Dere, Topuk Dere ve Katran Dere civarlarında taneseli dokulu kayaçlar içerisinde mercemek görünümüne sahip olarak bulunmaktadır. En göze çarpan özellikleri, yaklaşık 1 cm'ye kadar büyüklüklere varan nitelikte kuvars, ortoklaz, hornblend ve biyotit fenokristalleri içermeleridir. Porfirik dokulu magmatik kayaçların; tonalit porfir, kuvarslı diyorit porfir, granodiyorit porfir, granit porfir ve diyorit porfir karakterine sahip oldukları belirlenmiştir.

Tonalit porfirler makro el örneği düzeyinde yeşilimsi, siyahımsı, grimsi renklerde gözlenmektedir. Altere olan kısımları sarımsı, beyazımsı renklindedir. Porfirik özellikleriyle diğer magmatik kayaçlardan kolaylıkla ayrılabilir. Tonalit porfirlerin mineralojik bileşimleri, plajiyoklaz, kuvars, ortoklaz, biyotit ve hornblendlerden ibarettir. Apatit, zirkon ve rutil tali mineralleri oluşturmaktadır. Tonalit porfirlerin en belirgin özelliği, 0,5-1 cm boyutlarına varan plajiyoklaz, kuvars, biyotit, ortoklaz ve hornblend fenokristallerinin, yine aynı

minerallerin küçük kristalleri ile beraber heterojen bir görünüm sunmalarıdır. Plajiyoklaz fenokristalleri, genellikle özşekilli ve yarı özşekilli olup, zonlu yapıdadırlar. Kenarlarından itibaren killeşmeler ve serisitleşmeler görülmektedir. Kuvars fenokristalleri düzensiz olarak dağılmışlardır. Ortoklaz yarı özşekilli kristal şeklinde kuvars ile birlikte diğer minerallerin arasında görülür. Killeşme ve serisitleşmeler çok yaygındır. Biotit ana mafik mineral olarak göze çarpmaktadır. Özşekilli ve yarı özşekilli bir görünüm sunar. Kahverengimsi-sarımsı renklerde izlenmektedir. Daha küçük kristalleri yeşilimsi renk tonlarında gözlenmektedir. Hornblend fenokristalleri özşekilli olup, yeşilimsi renklindedir. Tali minerallerden apatit prizmatik küçük kristaller şeklinde olup, genellikle kapanımlar halinde görülmektedir. Zirkon biyotitin içerisinde kapanımlar oluşturmakta, rutiller iğnemsî kristaller sunmaktadır (Şekil 4.10).

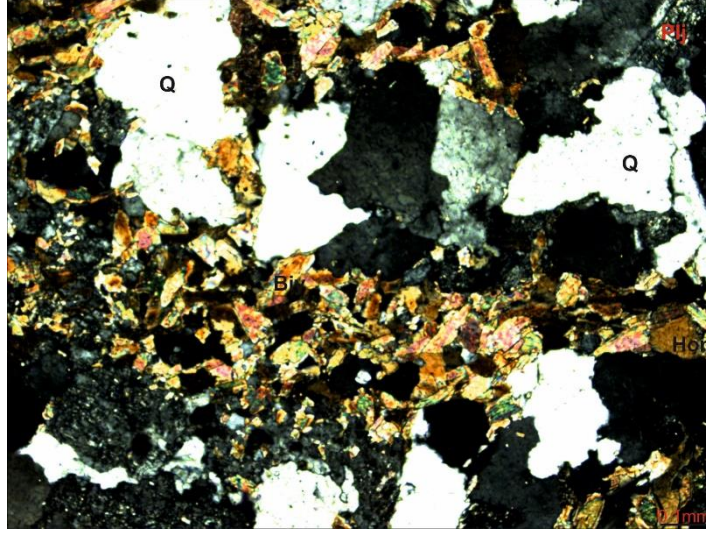


Şekil 4.10. Ds3-3 nolu Tonalit porfir kayacının ince kesit görüntüsü (Hor: Hornblend, Q: Kuvars, Biy: Biotit, Pr: Pirit, tek nikol).

Kuvarslı diyorit porfirler, Makroskobik olarak koyu yeşilimsi ve yeşilimsi renk tonlarına sahiptir. Altere kısımları beyaz-sarı renkler göstermektedirler. Plajiyoklaz fenokristalleri özşekilli ve yarı özşekilli, zonlu yapıları gözlenmekte olup kenarlarından itibaren killeşmiş ve serisitleşmişlerdir. Kuvars daha az oranlarda izlenmektedir. Diğer minerallerin aralarını doldurdukları gibi küçük kristaller halinde de yer almaktadır. Biotitler özşekilli ve yarı özşekilli, düzensiz dağılımlıdır. Fenokristallerde opasitleşme ve kloritleşmeler yaygındır. Hornblend biyotitten daha az oranlardadır. Yeşilimsi tonlarda özşekilli kristallidirler (Şekil 4.11).

Granodiyorit porfirler, makroskobik olarak yeşilimsi-siyahımsı renklere sahip olup, altere kısımları beyazımsı-sarımsı olarak gözlenmiştir. Mineralojik bileşimi kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz, hornblend ve biyotitten ibarettir. Tali mineraller apatit, zirkon ve rutildir. Mikroskop

altındaki genel görünümüleri, kuvars ve feldispattan oluşan mikrokristalin kristallerinin yaklaşık 0,5 cm tane boylu kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz, hornblend ve biyotit fenokristallerinin içerisinde dağılmış olmasıdır.



Şekil 4.11. Ds8-4 nolu Kuvarslı diyorit porfir kayacının ince kesit görüntüsü (Hor: Hornblend, Q: Kuvars, Bi: Biyotit, çift nikol).

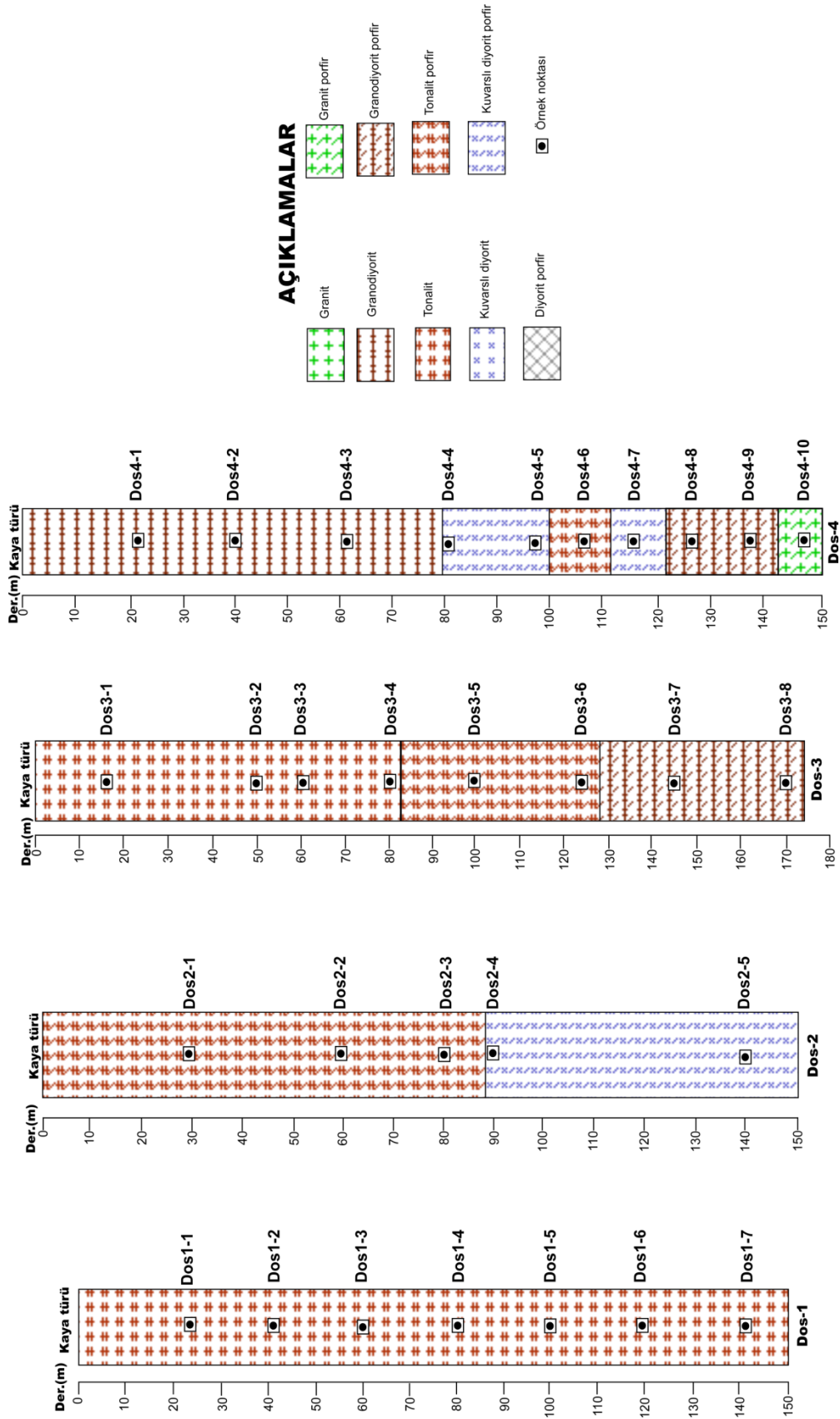
Kuvars kristalleri özşekilsiz ve dalgalı sönme özelliklerindedir. Plajiyoklazlar, özşekilli ve yarı özşekilli, zonlu yapılıdır. Yaygın olarak serisitleşme ve killeşmeler mevcuttur. Biyotitlerde kloritleşme ve opasitleşme görülmektedir. Hornblendler altıgen şekilli ve çift yönlü dilinimleriyle belirgindir. Apatitler küçük özşekilli kristaller, zirkon biyotitlerin içerisinde kapanımlar sunarken rutiller iğnemsî formlardadır.

Diyorit porfirler, makroskobik olarak yeşilimsi-siyahımsı renklindedir. Kayacın mineralojik bileşimi, plajiyoklaz, hornblend, biyotit, ortoklaz ve kuvarstan ibarettir. Fenokristaller yaklaşık 0,5 cm. boyutunda plajiyoklaz, hornblend ve biyotitlerden oluşmaktadır. Bunların arasında mikrokristalin kristaller bulunmaktadır. Plajiyoklaz kristalleri yoğun oranda killeşmiş ve serisitleşmişlerdir. Hornblend mineralleri çift yönde dilinim özellikleriyle hemen belirlenebilmektedir.

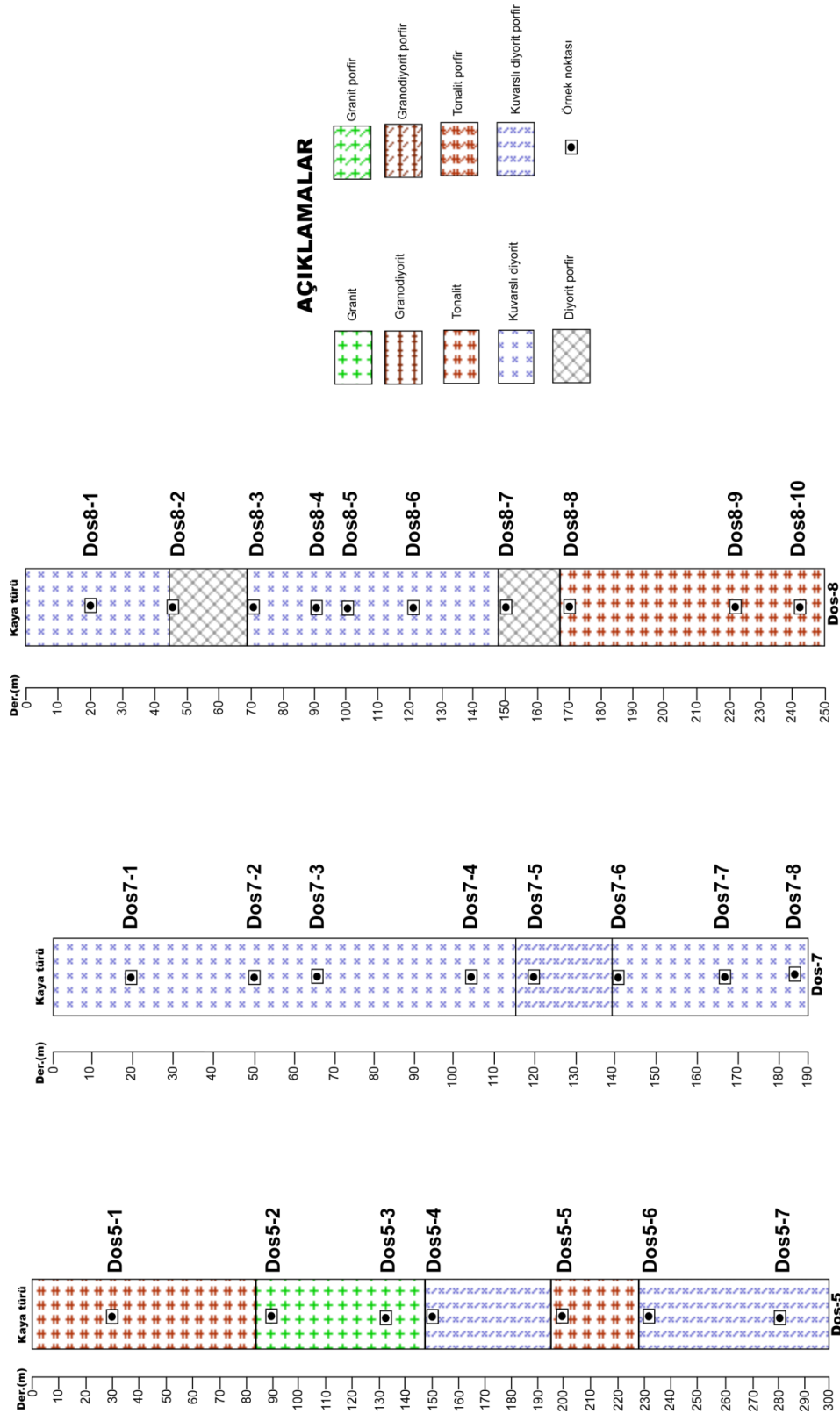
Granit porfirler, makroskobik olarak sarımsı-beyazımsı renklere olup ince tanelidir. Kayacın ana bileşenleri kuvars ve ortoklazdır. Mafik mineraller biyotit ve hornblendlerdir. Fenokristaller ve mikrokristaller tipik olarak izlenmektedir. Kuvars kristalleri özşekilsiz olup dalgalı sönme gösterir. Ortoklazlar yarı özşekilli ve özşekilsizdir. Killeşme ve serisitleşme çok yaygındır.

Gerek taneli dokulu ve gerekse porfiri dokulu kayaların sondajlardaki dağılımları Şekil 4.12 ve 4.13'de verilmiştir.





Şekil 4.12. Taneli ve porfirik dokulu kayaların sondajlardaki dağılımları.

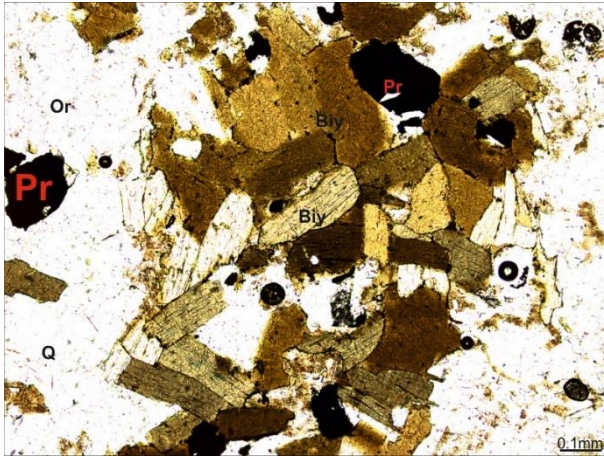


Şekil 4.13. Taneli ve porfirik dokulu kayaların sondajlardaki dağılımları.

### 4.3 Hidrotermal Alterasyonlar

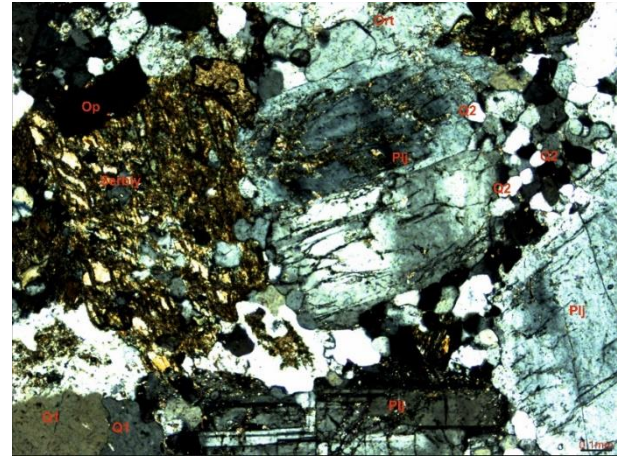
Karotlardaki renk tonları ve mikroskop altında gözlenen ikincil mineral oluşumları ve doku değişiklikleri hidrotermal yankayaç alterasyonu olarak, sondaj karotlarında yüzeyden itibaren yaklaşık 1-2 m. izlenen sarımsı, kırmızımsı renkli, killi toprağımsı kesimler ise yüzeysel alterasyon olarak adlandırılmıştır. Sondajlarda yüzeyden derine doğru belirlenen ayrışım zonları sırasıyla; yüzeysel alterasyon, propilitik zon, fillitik zon ve potasik zon olarak saptanmıştır.

Potasik zonda ana alterasyon mineralleri biyotit ve kuvarsdır. Daha az oranlarda ortoklaz, serisit, albit, klorit, kalsit, rutil ve apatit belirlenmiştir. Kesitlerde belirlenen tipik özellikleri, ikincil biyotitlerin çok yaygın olması ve oldukça fazla kuvars içermesidir. Plajiyoklazların ornatılması ile yoğun kümecikler oluşturan biyotitlerin boyutları 1 mm'ye kadar ulaşabilmektedir. Çoğunlukla özşekilli, yarı özşekilli, sarımsı kahverengimsi renklerde olanlar birincil biyotitler olarak tanımlanmıştır. Bu özellikteki biyotitlerin boyutları yaklaşık 4-5 mm. civarındadır. Birincil biyotitlerde kloritleşme ve serisitleşmelerin yanı sıra kenarlardan itibaren siyah oluşumlar şeklinde opasitleşme de gözlenmektedir. Alterasyon etkisiyle oluşmuş biyotitler ise ikincil biyotitler olarak adlandırılmıştır. Bu özelliktekiler, ince taneli, bazen pulsu görünümlü ve özşekilli kristaller halindedir. İnce kesitlerde açık yeşilden koyu yeşile, sarıdan kahverengiye varan renk tonlarında izlenmektedir (Şekil 4.14a). Kuvarslar, genellikle küçük kristaller halinde olup özellikle porfir dokulu kayaçlarda kümeler oluşturmuşlardır. Küçük ve yuvarlağımsı bir görünüm sunmalarının yanında dalgalı sönme göstermektedirler. Bu özelliktekiler ikincil kuvarslardır ve özşekilsiz ve ince taneler halinde biyotit kümecikleri içinde dağılmış olarak veya damarcık şeklinde gözlenmektedir. Birincil kuvarslar ise biraz daha iri görünümlüdürler. Ortoklazlar, biyotit ve kuvarslardan sonra gözlenen diğer yaygın bir mineraldir. İnce taneli, yarı özşekilli kristaller şeklinde olup, ikincil gelişen biyotit-kuvars kümecikleri içerisinde gözlenmektedir. Plajiyoklazlar genellikle albit karakterli olup, ikincil biyotit ve kuvars agregatlarının oluşturduğu kümecikler içinde düzensiz olarak dağılım gösterirler. Polisentetik ikizlenmeleri ile tipiktirler. Bu alterasyon zonunda klorit ve serisit oluşumlarına da sıkça rastlanmıştır. Serizitler, ikincil kuvarslarla birlikte damarcıklar ve düzensiz dağılımlar şeklindedir. Tali minerallerden apatit ve rutiler göze çarpmaktadır. Ayrıca opak mineraller de (pirit) dikkat çekmektedir (Şekil 4.14b).



a

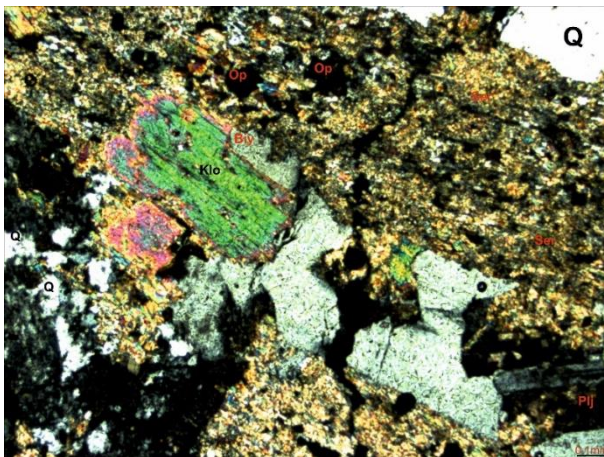
Şekil 4.14a. Ds4-2 nolu Granodiyorit kayacında gözlenen potasik zonun tipik bir görüntüsü. Q: kuvars, Biy1: Birincil biyotit, Biy2: İkincil biyotit, Op: Opak, tek nikol).



b

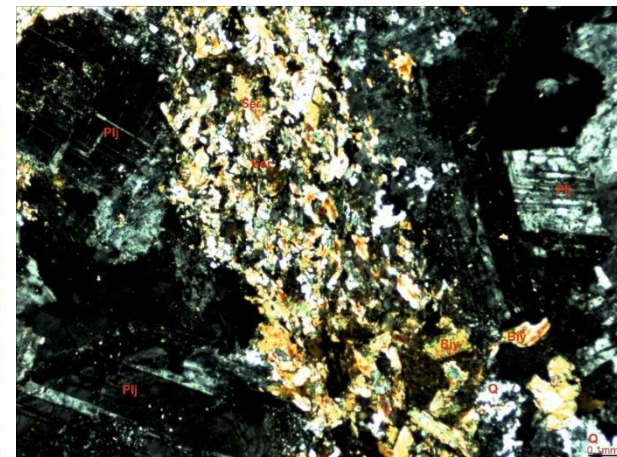
Şekil 4.14b. Ds 7-2 nolu Kuvarslı Diyorit kayacında gözlenen potasik zonda birincil kuvarsların (Q1), ikincil kuvarsların (Q2), polisentetik ikizlenmeli plajiyoklazların (plj), ortoklazların (Ort), opak minerallerin (Op) ve serisit-biyotit (Serbiy) minerallerinin tipik bir görüntüsü, çift nikol).

Fillitik zonda başlıca serisit, kuvars, klorit, illit ve yer yer de kalsit mineralleri saptanmıştır. Göze çarpan en büyük özellik kuvars hariç diğer minerallerin serisite dönüşmüş olmasıdır. İnce taneli pulsu görünümüyle serisitler kolaylıkla ayırt edilirler. Biyotitler büyük oranda kloritleşmişlerdir. Bunun yanı sıra opak mineraller de içerirler. Kuvarslar çok ince taneler halindedir. Porfirik dokulu kayaların hamurunda sıkça rastlanılmaktadır (Şekil 4.15a). Zonlu yapı plajiyoklazlar aynı zamanda polisentetik ikizlenmeler de gösterirler. Yoğun bir serisitleşme hakimdir (Şekil 4.15b).



a

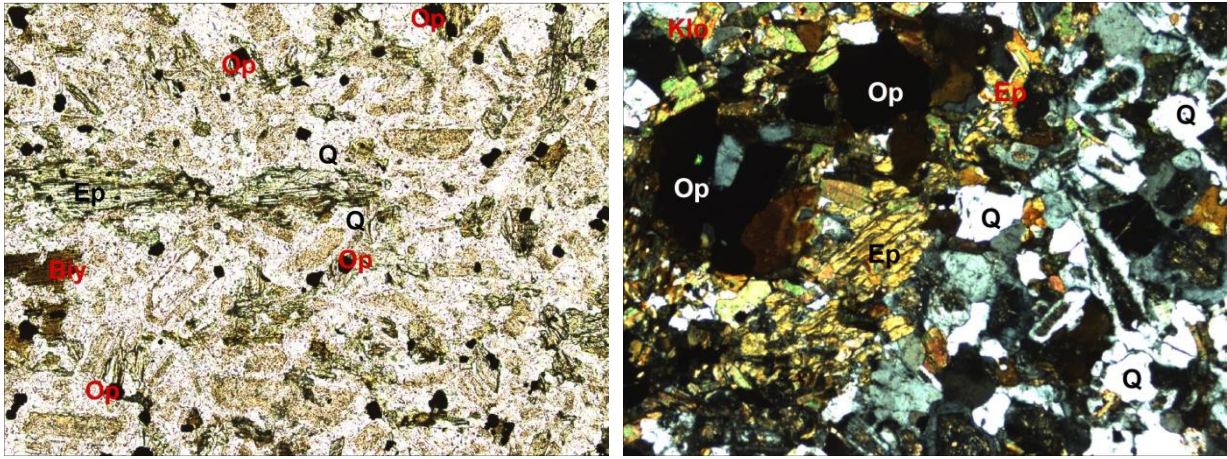
Şekil 4.15a. Ds1-3 nolu Tonalit kayacında gözlenen fillitik zonun tipik bir görüntüsü. Q: kuvars, Biy: biyotit, Plj: Plajiyoklaz, Ser: serisit, Klo: klorit, çift nikol).



b

Şekil 4.15b. Ds8-1 nolu Kuvarslı Diyorit kayacında gözlenen fillitik zonda, zonlu yapı plajiyoklaz (plj) ve yoğun serisitleşmelerin görünümü, çift nikol).

Propilitik zonda klorit, epidot, kalsit ve kuvars kristalleri gözlenmektedir (Şekil 4.16a). Epidotlar, ince taneler biçiminde, damarcıklar şeklinde kendini göstermektedir. Yer yer düzensiz dağılımlar şeklinde karbonatlaşmalar göze çarpmaktadır (Şekil 4.16b).



Şekil 4.16a. Ds2-1 nolu Tonalit kayacında Propilitik zonun tipik bir görüntüsü. (Q: kuvars, Biy: biyotit, Ep: epidot, Op: opak, tek nikol).

Şekil 4.16b. Ds2-4 nolu Kuvarslı Diyorit porfir kayacında görülen Propilitik zonda damar dolgusu şeklinde epidotlar (ep). Q: kuvars, Biy: biyotit, çift nikol).

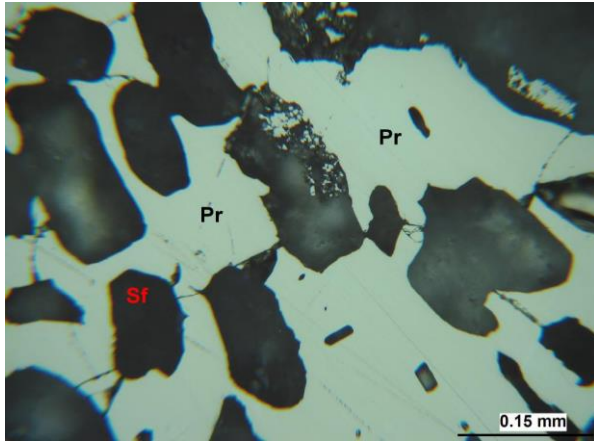
Çalışma alanındaki sondajların ilk metrelerindeki sarımsı, kırmızımsı renklere, dağınık bir biçimde toprağımsı görünümlü kısımlar yüzeysel alterasyon olarak isimlendirilmiştir. Bunların yüzey sularının etkisiyle oluştuğu söylenebilir. Pirit, yüzey sularıyla yıkanırken bozularak bu görünümlerin oluşmasına neden olmuştur.

#### 4.4 Cevher Mikroskobisi İncelemeleri

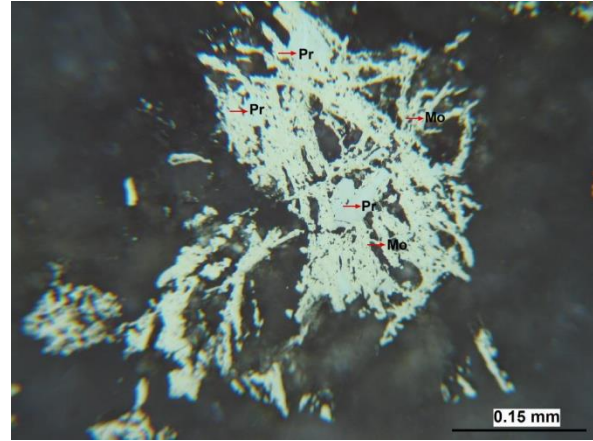
Arazi gözlemleri ve sondaj karot incelemeleri Göynükbelen Granitoidine bağlı olarak gelişen cevherleşmelerin ağsı (stockwork) tipte olduğu, bunun yanı sıra saçınımlı tipte cevherleşmelerin de yaygın olduğunu vurgulamaktadır. Yaygın olarak gözlenen ağsı (stockwork) tipte cevherleşmelerde cevher mineralleri, kalınlığı 1 mm ile 3 cm arasında değişen kuvars damarcıklarına bağlı olarak gelişim göstermektedir. Saçınımlı tip cevherleşmelerde ise cevher mineralleri genellikle kayaç içinde kuvars ile birlikte düzensiz olarak dağılmış, saçılmış olarak gözlenmektedir. Saçınımlı cevher mineralleri potasik zon ile fillitik zonalarda daha fazla gözlenmiştir. Kuvars damarcıkları beyazımsı ve grimsi renklere dağılım sunmaktadır.

Çalışma alanındaki cevherleşmeler çeşitli dokusal özellikler sergilemektedir. Bileşen türleri baz alındığında cevherleşmelerin kırıntılı ve holokristalin dokuda oldukları dikkat çekmektedir. Kristaller çok büyük oranda hipidiyomorf karakter taşımaktadır (Şekil 4.17) (Par 1-1) (Potasik zon). Tane veya kristal biçimlerine göre kristaller levhamsı ve iğnems

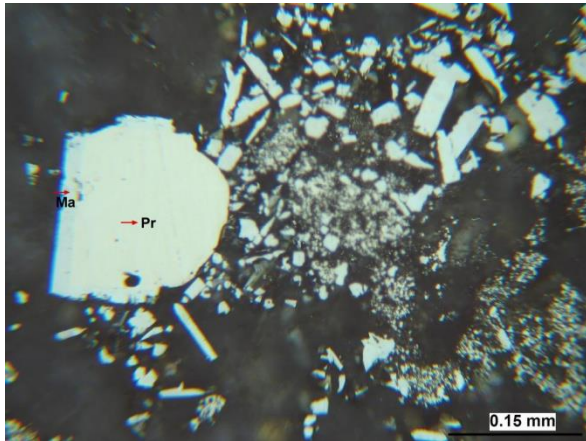
görüntüler sundukları gibi (Şekil 4.18) (Par 3-1) (Fillitik zon), yer yer breşik doku özellikleri de görülmektedir (Şekil 4.19) (Par 5.3) (Fillitik zon).



Şekil 4.17. Par 1-1 nolu örnekte gözlenen hipidiyomorf ve holokristalin dokulu kristaller (Pr: Pirit, Sf: Sfalorit, Parlatma kesiti, tek nikol).



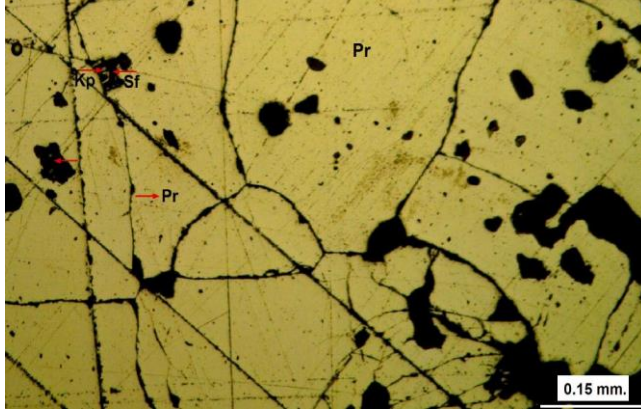
Şekil 4.18. Par 3-1 nolu örnekte gözlenen levhamsı pirit (pr) ve iğnemsı molibdenit (mo) kristalleri (Parlatma kesiti, tek nikol).



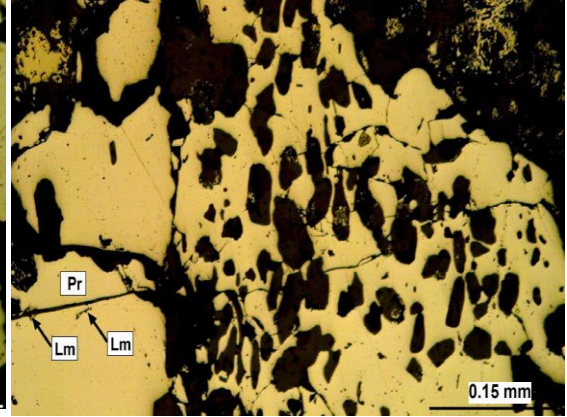
Şekil 4.19. Par 5-3 nolu örnekte gözlenen breşik dokulu kristaller (Ma: Markazit, Pr: Pirit, Parlatma kesiti, çift nikol).

Dokular ayrıca cevherleşmenin oluşumu hakkında önemli ipuçları taşımaktadır. Bu olayın tespitinde birincil ve ikincil dokular önem kazanmaktadır. Birincil dokular, hidrotermal süreçlerle oluşan minerallerin, kayaçların kırık ve çatlaklarıyla ilişkili olarak büyümeleriyle ilgilidirler. Mikroskop incelemelerinde yaygın olarak izlenmektedir. İkincil dokular ise minerallerin oluşumundan daha sonra gelişen dokulardır. Bunlar soğumaya, deformasyona ve yer almaya bağlı olarak gelişen dokulardır. İncelemeler sırasında çoğunlukla soğumaya ve yer almaya bağlı doku çeşitlerine rastlanmıştır. Soğumaya bağlı dokular sfaleritler içerisindeki kalkopirit ayrışmaları inklüzyon dokusu olarak kendini göstermektedir (Şekil 4.20; Par 7.7) (Fillitik zon). Yer almaya bağlı dokulara en güzel

örnek piritlerin kenarlarından itibaren demiroksitleşmelerdir (Şekil 4.21; Par 8-1) (Fillitik zon).



Şekil 4.20. Par 7.7 nolu örnekte gözlenen sfalerit (sf) içerisinde kalkopirit (kp) kapanımı ve pirit (pr) minerali (Parlatma kesiti, tek nikol).



Şekil 4.21. Par 8-1 nolu örnekte gözlenen piritlerin (pr) kenarlarından itibaren demiroksitleşmeleri (lm) (Parlatma kesiti, tek nikol).

Cevher mineralleri, damar içinde düzensiz olarak dağılmaktadır. Damar tip cevherleşmede mineral parajenezlerine bakıldığında, en yaygın gözlenen mineralin pirit olduğu göze çarpmaktadır. Bolluk sırasına göre diğer cevher mineralleri kalkopirit, molibdenit, rutil, bornit, sfalerit ve pirotindir. Damarcıklar porfirik dokulu damar kayaçların, derinlik kayaçlarıyla olan dokanaklarında ağsal yapı kazanmışlardır. Minerallerin oluşum sıraları göz önüne alındığında Pirotin → Pirit → Kalkopirit → Molibdenit → Rutil → Bornit → Sfalerit → Markazit → Limonit olarak belirlenmiştir. Saçınımlı cevher mineralleri, daha çok potasik alterasyonda gözlenmektedir. Cevherleşmeler, cevherleşme-yankayaç ilişkileri sondaj karotlarında düşey olarak ayrıntılı bir şekilde irdelenmiştir.

Cevher minerallerinin alterasyon zonlarındaki dağılımları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Alterasyon zonlarında tespit edilen cevher mineralleri (+ potasik, + fillitik, +propillitik zonları göstermektedir).

Sondaj No	Alterasyon zonu			Cevher Mineralleri									Cevherleşme tipi	
	Potasik	Fillitik	Propillitik	Pirit	Kalkopirit	Molibdenit	Rutil	Bornit	Pirofin	Sfalerit	Markazit	Limonit		
Dos-1	+	+		+++	+		++			+				Saçınımlı+ağsı (stockwork)
Dos-2	+		+	+	+						+			Ağsı (stockwork)
Dos-3	+	+		++	++	+	++				+		++	Saçınımlı+ağsı (stockwork)
Dos-4	+	+		++	++	+	+					+	++	Ağsı (stockwork)
Dos-5	+	+		++	++	+	++			+				Saçınımlı+ağsı (stockwork)
Dos-7	+	+		+	+		+	+		++				Saçınımlı+ağsı (stockwork)
Dos-8	+	+		++	++	+	++			+				Ağsı (stockwork)



#### 4.5 Sıvı Kapanım İncelemeleri

Sıvı kapanım incelemeleri, cevher damarlarını temsil eden karotlardan hazırlanmış iki yüzü parlatılmış kesitler içerisindeki kuvars kristalleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. İncelemeler sırasında; ilk erime sıcaklığı ( $T_{FM}$ ), son buz erime sıcaklığı ( $T_{MICE}$ ) ve homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Tablo 4.2' de toplu halde görülmektedir.

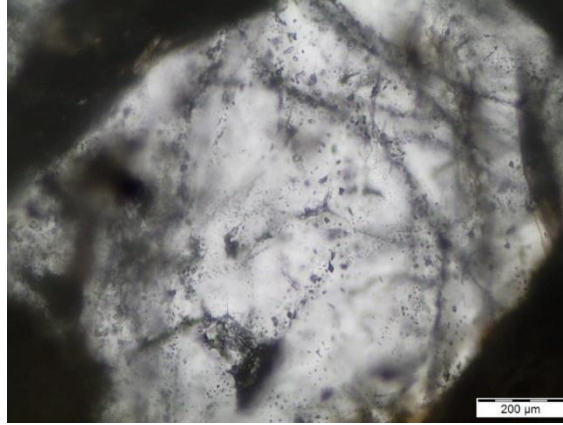
**Tablo 4.2.** Sıvı kapanım incelemeleri sırasında birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülmüş  $T_{FM}$ ,  $T_{MICE}$ , ve  $T_H$  ve tuzluluk değerleri.

Örnek No:	Birincil Kapanımlar				İkincil Kapanımlar			
	$T_{FM}$	$T_{MICE}$	Tuzluluk(%)	$T_H$	$T_{FM}$	$T_{MICE}$	Tuzluluk(%)	$T_H$
DOS2 (61m-79,2)	-52	-14,9	18,55	252,9	-	-		-
	-55	-15,5	19,04	232,8	-	-		-
	-	-		257,7	-	-		-
	-	-		219,5	-	-		-
	-	-		189,2	-	-		-
	-	-		186,5	-	7,3		89
	-	-		188,4	-	-6	9,2	89,5
	-	-		145,5	-	6,5		95
	-60	-17,8	20,82	-				
	-	-		407,6				
	-	-		252				
	-55	-		480				
-	-		425					
DOS3 (115,45-141,3)	-	-10	13,93	138,3	-50	-7	10,48	75,2
	-	-11	14,97	254,3	-	-		121,9
	-	-10,3	14,25	228,7	-	-		-
	-	-		191,1	-	-		-
	-	-		380	-	-		-
	-	-		349	-	-		-
	-	-17	20,22	-	-	-		-
	-	-22	23,69	-	-	-		-
	-	-21	23,04	310	-	-		-
	-	-18	20,96	275	-	-		-
	-	-16,2	19,6	261	-	-		-
	-	-		307	-	-		-
-	-15	18,63	295,5	-	-		-	
	-52	-12,2	16,14	187,4	-	-		-
	-	13,1	16,98	140,7	-	-		-
	-52	-12,4	16,33	325,7	-	-		-
	-	-		254,6	-	-		-
DOS4 (32,5m-43,1m)	-	-		243,5	-	-		-
	-65	-10,5	14,46	280				
	-	-14	17,78	329				
	-	-		276				
	-	-10,5	14,46	355				
	-55	-		289				
-	-14	17,78	295					

DOS4 (81,9m- 104,7m)	-55	-23	24,33	306				
	-56	-		200				
	-55	-		310				
	-	-23	24,33	302				
	-	-23	24,33	305				
		-5,3	8,27	240				
DOS5	-52	-13,1	16,98	197,8	-	-		128,7
	-50	-13,2	17,07	352,8	-	-		106
	-55	-18,8	21,54	197,6	-	-		-
	-	-13,3	17,16	343,7	-	-		-
	-	-12,7	16,61	366,7	-	-		-
	-	-		229,6	-	-		-
	-	-		240,9	-	-		-
	-	-		327,1	-	-		-
	-	-		219,5	-	-		-
	-	-12,9	16,8	198,7	-	-		-
	-	-		166,7	-	-		-
DOS7	-50	-16,3	19,68	351,6	-	-		-
	-	-9,5	13,39	275,3	-	-		-
	-	-13,9	17,69	380,2	-	-		-
	-	-12,2	16,14	341,2	-	-		-
	-	-15,6	19,12	343,8	-	-		-
	-	-15,1	18,71	268,4	-	-		-
	-	-19,9	22,3	278,3	-	-		-
	-	-17,2	20,37	337,2	-	-		-
DOS8 (132,5m- 146m)	-50,5	-15,7	19,2	358,1	-	-		-
	-	-17,7	20,74	295,2	-	-		-
	-	-18	20,96	400				
	-	-		447				
	-	-30	28,65	383				

#### 4.5.1 Kapanımların Morfolojik Özellikleri

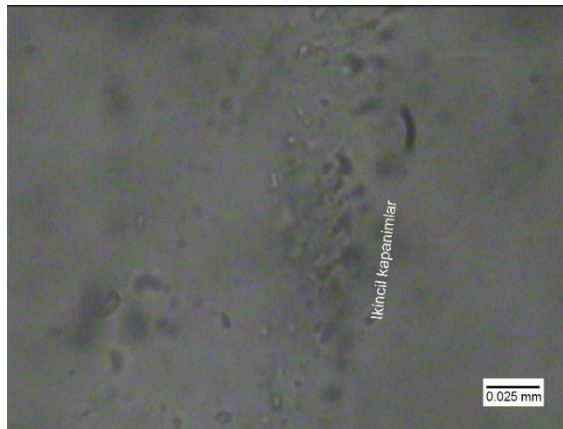
Kuars kristalleri içindeki sıvı kapanımları, birincil ve ikincil kapanımlar şeklinde gözlenmektedirler (Şekil 4.22). Kapanımlar, değişik boyutlarda (5-20  $\mu\text{m}$ ) ve değişik dış şekillidirler. Birincil kapanımlar daha yaygın olup, kuvars kristalleri içinde düzensiz olarak dağılmışlardır (Şekil 4.23). İkincil kapanımlar ise kuvars kristallerini kesen çatlaklar boyunca dizilmiş olarak gözlenmektedirler (Şekil 4.24). Kuvars kristallerindeki sıvı kapanımların petrografik incelemelerinde, iki fazlı, L+V, sıvıca zengin, L, (sıvı %70), gazca zengin, V, (gaz %70) ve katı faz içeren (çoğunlukla tuz kristali ve opak mineral) sıvı kapanım toplulukları ayırtlanmıştır (Şekil 4.23, 4.24, 4.25, 4.26). Örneklerde yer yer tuz (Şekil 4.25), katı faz (Şekil 4.26) ve hem tuz hem de katı faz içeren kapanımlar da görülmektedir (Şekil 4.27).



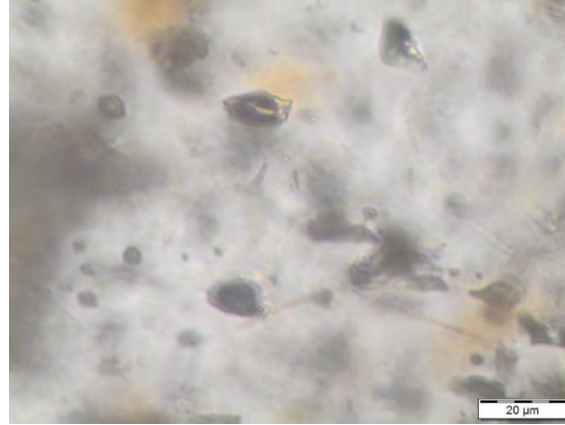
Şekil 4.22. Mikrotermometrik ölçüm yapılan kuvars kristallerinde gözlenen birincil ve ikincil kapanımlar (Örnek No: D-2).



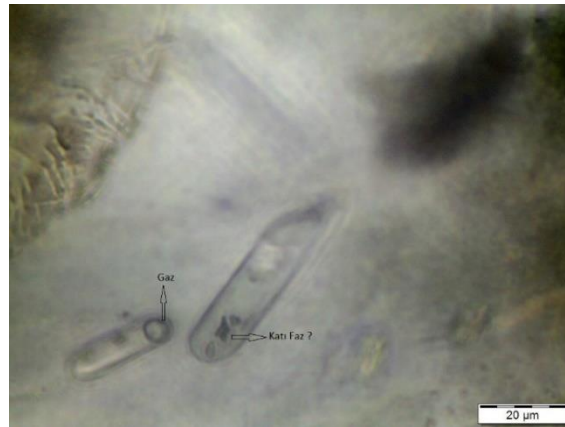
Şekil 4.23. Kuvars kristalleri içinde gözlenen birincil kapanımlar.



Şekil 4.24. Kuvars kristalleri içinde gözlenen ikincil kapanımlar.



Şekil 4.25. Kuvars kristalleri içinde gözlenen gazca zengin kapanımlar (V; Örnek no: D-3)



Şekil 4.26. Kuvars kristalleri içinde tuz ve katı faz içeren kapanımlar.

#### 4.5.2 İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_{FM}$ )

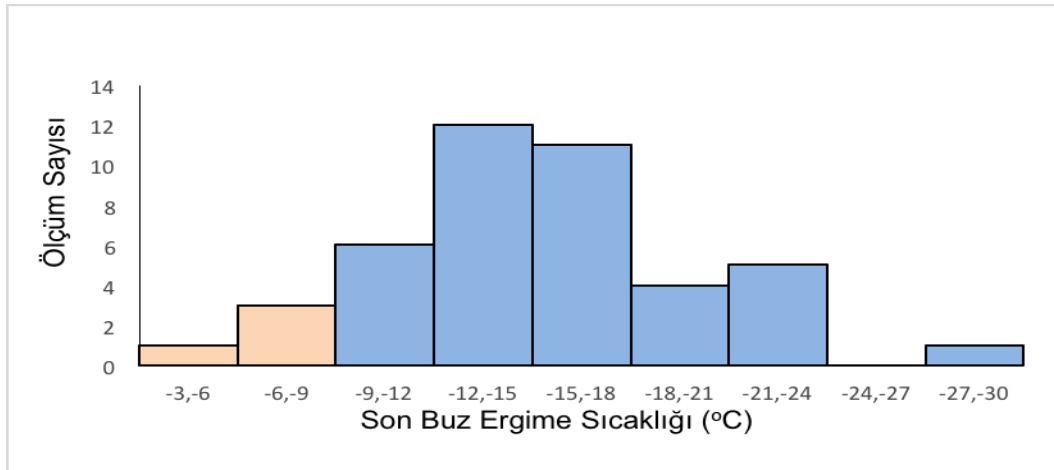
Her iki kapanım türünde de  $-50.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında değişen  $T_{FM}$  değerleri ölçülmüştür. Ölçülen bu sıcaklık değerleri, çeşitli su-tuz sistemlerinin öteklik sıcaklıkları ile karşılaştırıldıklarında, cevher oluşturuçu çözeltiler içinde  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_2$  gibi tuzların bulunduğu işaret etmektedir (Shepherd ve diğ., 1985; Gökçe, 2000).

#### 4.5.3 Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_{MICE}$ )

Birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülen  $T_{MICE}$  değerlerinin istatistiksel dağılım grafikleri Şekil 4.27'de görülmektedir.

Farklı kapanım tiplerinden elde edilen son buz erime sıcaklıkları şu şekildedir: İki fazlı (L-V) kapanımlarda  $-5$  ila  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında (ort.  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), gazca zengin (V) kapanımlarda ortalama  $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve üç fazlı kapanımlarda  $-16$  ila  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında (ort.  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) değişmektedir. Bilindiği gibi son buz erime sıcaklığı değerlerinden yararlanılarak çözeltilerin tuzluluğu hesaplanabilmektedir. Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş eşitlik yardımıyla, bu değerlere karşılık gelen tuzluluk değerlerinin %  $\text{NaCl}$  eşdeğeri olarak; iki fazlı (L-V) kapanımlara ait en

düşük ve üç fazlı (L-V-S) kapanımlardaki en yüksek değerlerde %10 ila %35 NaCl olarak belirlenmiştir.

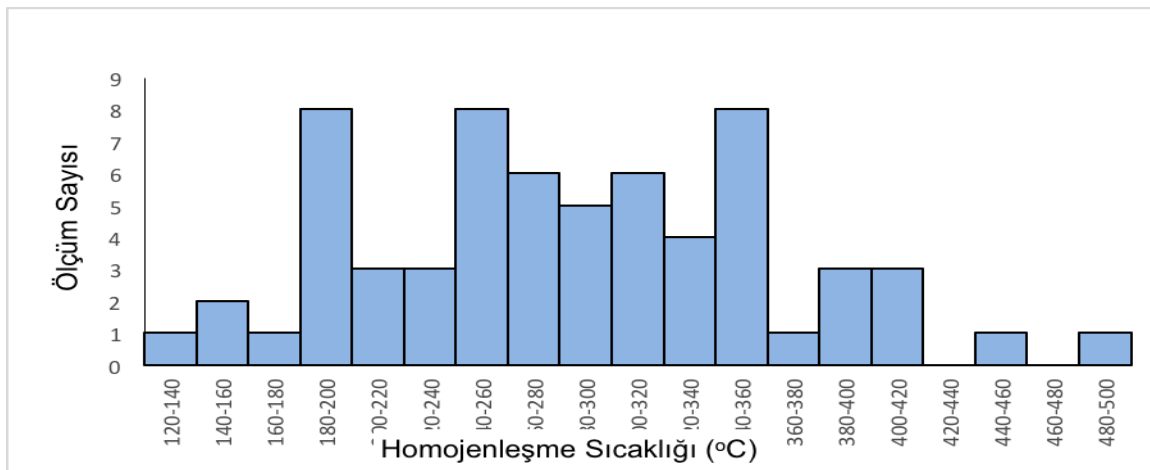


Şekil 4.27. Birincil ve ikincil (pembe renk) kapanımlarda ölçülen son buz erime sıcaklığı ( $T_m$ ) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.

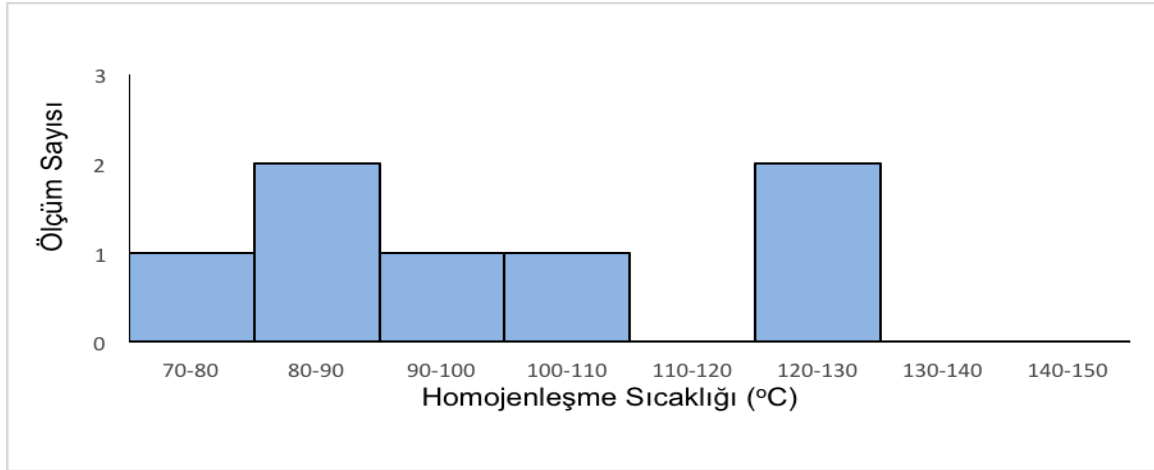
#### 4.5.4 Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri ( $T_H$ )

Birincil ve ikincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı değerlerinin istatistiksel dağılım grafikleri Şekil 4.28 ve Şekil 4.29' da görülmektedir.

Birincil kapanımlarda  $T_H$  değerleri; 200 ile 452 °C arasında (ort. 327 °C) değişmektedir. Ölçülen  $T_H$  değerleri; kuvars kristallerinin oluşumu sırasında hidrotermal çözeltilerin sıcaklıklarının 452 ile 200°C arasında değiştiğini göstermektedir. İkincil kapanımlarda ise  $T_H$  değerleri; 75,2 ile 128,7 °C arasında (ort. 100,8 °C) değişmektedir. Tek bir örnekte ölçülen tuz kristali içeren kapanımlar da tuzun homojenleşme sıcaklığının 480 °C olduğu görülmüştür.



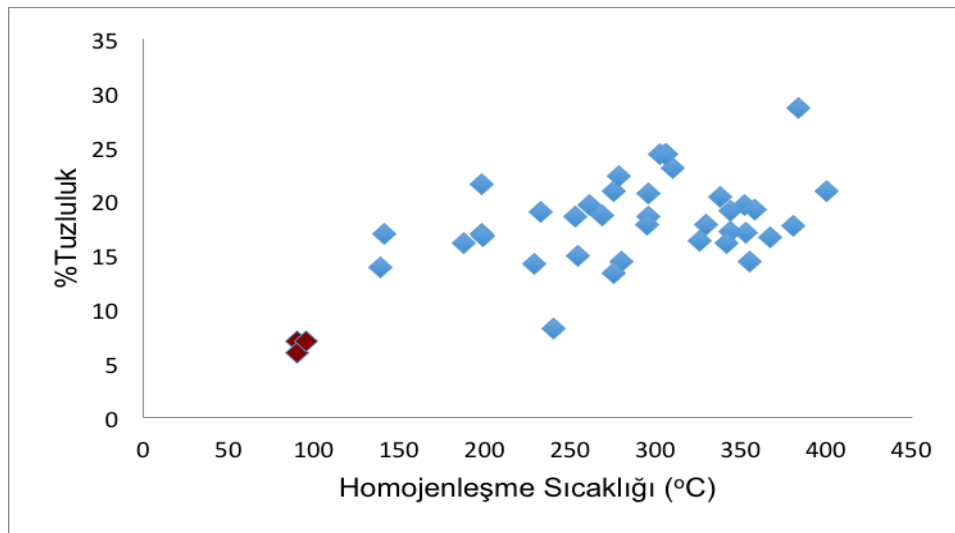
Şekil 4.28. Birincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.



Şekil 4.29. İkincil kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı ( $T_H$ ) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.

#### 4.5.5 Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi

Birincil ve ikincil kapanımlarda tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı ilişkisi incelendiğinde; kuvarslardaki birincil kapanımlar ile temsil edilen cevherleşmeden sorumlu hidrotermal çözeltilerin tuzluluk ve sıcaklıklarının yüksek, kuvarsların oluşumundan daha sonraki geç evreyi temsil eden çözeltilerin ise tuzluluk ve sıcaklıklarının düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.30).

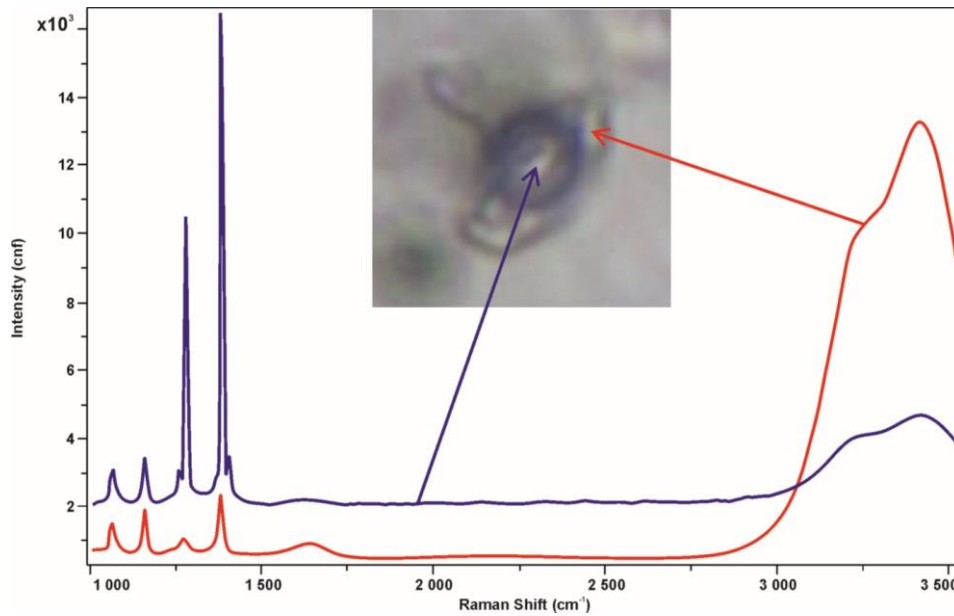


Şekil 4.30. Sıvı kapanımlarının tuzluluk - homojenleşme sıcaklığı diyagramındaki dağılımı ( $T_{ICE}$  ve  $T_H$  değerlerinin birlikte ölçülebildiği kapanımlar kullanılmıştır).

Porfiri tipte cevherleşmelerin egemen olduğu bölgelerdeki yataklarda homojenleşme ve tuzluluk değerleri oldukça geniş bir aralık sunmaktadır. Porfiri Cu- Mo yataklarının homojenleşme sıcaklıkları 200-700°C ve tuzluluk değerleri ise 10-80 (%NaCl eşdeğeri olarak) arasında değişmektedir (Roedder, 1984). Çalışma alanındaki sıvı kapanım çalışmalarında, birincil kapanımların daha yaygın olduğu gözlenmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi birincil kapanımlar, mineraller kristallenirken oluşmaktadır. Buradan elde edilen homojenleşme sıcaklıkları, gerek oksijen ve gerekse kükürt izotoplarından elde edilen sıcaklıklarla yakınlık göstermektedir.

#### 4.6 Raman Spektrometresi İncelemeleri

Sıvı kapanımlarında gözlenen gaz ve katı fazların bileşimlerinin belirlenmesi için gazca zengin kapanım içeren örnekler üzerinde Raman spektrometresi çalışmaları yapılmıştır (Şekil 4.31). Örneklerin gaz içeriklerinin yetersiz olması ve CH<sub>4</sub> bileşimine sahip olmaması nedeniyle yalnızca CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O dışında herhangi bir sonuç elde edilememiştir.



**Şekil 4.31.** Gazca zengin sıvı kapanımlarda CO<sub>2</sub> (mavi pik) ve H<sub>2</sub>O (kırmızı pik) raman spektrometresi analiz sonucu.

#### 4.7 Lazer Ablasyon (LA-ICP-MS) İncelemeleri

Sıvı kapanımlarındaki element konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla LA-ICP-MS yöntemiyle multi-element kantitatif analizleri yapılmıştır. Mutlak (toplam) konsantrasyonlar ve katyonların ağırlık oranları, standart olarak seçilen Na kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar elementlerin Na konsantrasyonuna oranı şeklinde Tablo 4.3, 4.4 ve 4.5' de topluca verilmiştir.

Tablo 4.3. Sıvı kapanım örneklerinde belirlenen katı, sıvı ve gaz kapanımlarına ait LA-ICP-MS analiz sonuçları.

L-V-S	Na/Na	K/Na	Ca/Na	Mn/Na	Fe/Na	Cu/Na	Zn/Na	As/N	Ag/Na	Au/Na	Pb/Na
a	1	0,300371	0,386863	0,166522	0,578548	6,28E-05	0,115853	0,0003901	2,95E-05	0	0,0218132
	1	0,1168	0,321082	0,134955	0,269577	0,0027989	0,0747583	0,0017152	0,0001162	4,42E-05	0,0082543
b	1	0,329994	0,0769788	0,0347139	0,286478	0,0051109	0,0435785	0,0022012	0,0002087	3,06E-05	0,0047949
	1	0,493787	0,0987085	0,0538811	0,175136	0,0006555	0,202538	0,0005082	-9,29E-06	-6,29E-05	0,020265
	1	0,19311	0,0969419	0,035866	0,0493764	0,0003428	0,0227822	-0,0001371	2,10E-05	2,92E-05	0,0063178
	1	0,199644	0,163157	0,0872209	0,286541	0,0004006	0,097291	-3,61E-05	1,27E-05	-2,64E-06	0,010089
	1	0,103255	0,189466	0,0517179	0,0809098	0,0001915	0,0241286	0,0001997	8,13E-05	-1,10E-05	0,002135
c	1	0,294941	0,406543	0,204488	0,754302	0,0013754	0,146471	8,87E-05	0,0006427	-2,85E-05	0,0220224
	1	0,149842	0,425987	0,0666914	0,165766	0,0050649	0,0275388	0,0013881	-8,14E-05	5,83E-05	0,0029177
	1	0,0972326	0,286017	0,0481923	0,294278	0,0046052	0,0396936	0,0028738	-7,02E-05	7,79E-05	0,0050311
	1	0,349556	0,22894	0,0430034	0,336503	0,0057449	0,094241	0,006008	0,0018886	-0,0002191	0,0125522
	1	-1,78479	-0,136432	-1,90404	-4,90614	-0,0267372	-0,654191	0,0511808	-0,0046433	0,0016937	-0,0514881
	1	0,259882	0,210777	0,0879127	0,693274	0,0013278	0,0989378	0,0008383	-0,0002471	-0,0001414	0,0108176
	1	0,736516	0,359818	0,129894	0,687653	0,0044322	0,0571891	-0,000927	-9,71E-05	-0,0001352	0,0153683
d	1	2,02733	0,442785	0,0473609	0,396644	0,204517	0,2226	0,0241895	0,0013708	0,0019086	0
	1	0,355278	0,383838	0,181149	0,541665	0,0023675	0,170091	0,0024759	0,0010863	0,0001194	0,024715
	1	0,210649	0,809492	0,202218	0,211362	0,0226098	0,503164	-0,0054022	0,0060873	0,0006054	0,0041144
	1	5,29358	7,08953	2,0882	17,8606	2,20612	1,54578	0,247972	0,0507682	0,0088358	0,274515
e	1	-0,398321	-0,0678922	-0,0779206	-104,043	-1,45375	-1438,28	-0,0287069	-0,330298	0	-0,364778
	1	-3,09392	-0,818764	-0,352869	-114,578	-2,74051	-3455,1	0,134759	-0,711597	0	-0,812879

Tablo 4.4. Sıvı kapanım örneklerinde belirlenen gazca zengin kapanımlara ait LA-ICP-MS analiz sonuçları.

V-rich	Na/Na	K/Na	Ca/Na	Mn/Na	Fe/Na	Cu/Na	Zn/Na	As/N	Ag/Na	Au/Na	Pb/Na
	1	-1,36971	-0,264622	0,23051	-9,67218	-3,03021	-1,24732	-0,0404869	-0,0042423	-0,0228154	0,0026704
	1	1,77625	15,6144	0,0520458	12,695	0,827259	1,10918	0,174709	0,0029136	0	0,0539889
	1	-0,205837	-1,09379	-0,0016173	-0,802402	-0,158696	-0,176495	-0,0162861	-0,0008532	0,0036546	-0,0141048
	1	0,22937	0,268843	0,048011	0,151027	0,0062591	0,0464072	-4,08E-05	0,0012553	-0,0004805	0,0071083
	1	0,443904	0,129892	0,132236	3,84825	-0,0030244	0,557337	0,049562	0,0055246	0	0,0037341
	1	1,64686	0,258649	0,0314046	0,360571	0,117183	3,1952	-0,0142237	0,0133759	0,0013303	0,0762142

Tablo 4.5. Sıvı kapanım örneklerinde belirlenen sıvı ve gaz kapanımlarına ait LA-ICP-MS analiz sonuçları.

L-V	Na/Na	K/Na	Ca/Na	Mn/Na	Fe/Na	Cu/Na	Zn/Na	As/N	Ag/Na	Au/Na	Pb/Na
a	1	0,906626	2,27895	0,625049	0,308537	0,0336236	6,89933	-0,0032055	0,0042697	0,002565	1,54964
	1	0,396793	0,164523	0,0005701	0,375519	0,149912	3,23512	0,0065573	0,0079868	0	0,479095
	1	0,478091	0,162345	0,0035027	0,0114336	0,0244365	1,51649	0,0036082	0,0016277	0,0002486	0,357954
	1	0,269592	0,0812194	0,0010151	0,0157866	0,0117923	1,5869	0,0112928	0,0022601	0,0002999	0,237943
	1	0,0050401	0,0513511	0,0003213	0,0013692	0,0069062	0,0201027	-6,00E-07	4,89E-05	1,52E-05	0,0018573
	1	0,270963	0,0431679	-0,0004592	0,273815	0,0154172	1,31295	0,0080484	0,0010847	0	0,0898038
	1	0,306162	0,0558515	0,0040744	0,0281877	0,0186569	1,48151	0,0048666	0,0054166	0,0002847	0,0824259

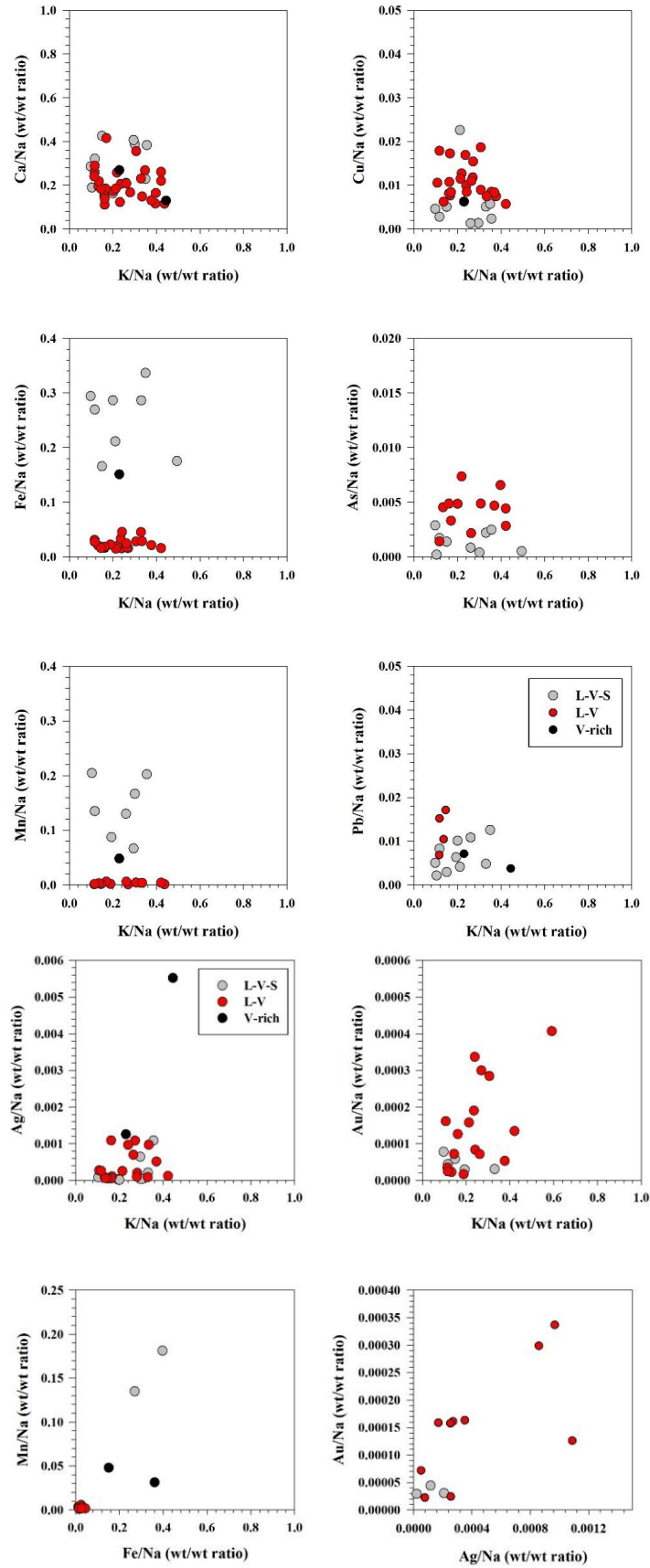


<b>b</b>	1	0,616404	0,377065	0,0703355	2,89028	0,0834712	0,422455	0,0191374	0,0095058	0	0,0528113
	1	1,19159	0,249784	0,0211649	0,0814509	0,0211689	0,542772	0,0034753	0,0028996	9,39E-05	0,152757
	1	2,98525	0,90875	0,0239588	0,13504	0,0809085	3,01085	-0,0023719	0,0683716	0,0005768	1,82899
	1	0,0853789	0,0399336	0,0018149	0,0029308	0,0035438	0,710721	0,0028439	0,0003517	0,0001632	0,113741
	1	0,394744	0,116045	0,0111688	0,207429	0,0572112	2,66999	0,0207124	0,0221833	0	3,69885
<b>d</b>	1	1,35641	0,554939	0,0123626	0,0707623	0,587378	16,5636	0,118894	0,0726703	0,0028909	1,56909
	1	0,199929	0,172431	0,0008487	0,0708122	0,0335604	2,3166	0,0048467	0,0049034	0,0005689	0,213779
	1	0,23242	0,122947	0,0079318	0,0503164	0,0212123	1,09326	0,0099195	0,0030218	0,0006473	0,112805
	1	0,164743	0,0874901	0,0095686	0,21312	0,0172524	1,25954	0,0103387	0,0014704	0,0005849	0,116144
	1	0,239298	0,0587297	0,0124729	0,0154379	0,0099359	1,52494	0,010226	0,0009678	0,0003369	0,176628
	1	0,162136	0,111231	0,0135208	0,016566	0,0107491	1,25634	0,0127732	0,0010873	0,0001262	0,211059
	1	0,107095	0,0404402	0,0064697	0,0499635	0,0105587	0,721179	0,0049585	0,00027	0,0001611	0,130621
	1	0,263468	0,0831719	0,0118591	0,0173664	0,0110008	0,757741	0,009418	0,0006941	0,0004069	0,113537
<b>e</b>	1	0,595752	0,302321	0,0158272	0,0217907	0,0786816	1,8322	0,0110859	0,0025652	-0,0003369	0,433118
	1	0,21836	0,257675	0,0131312	0,0195576	0,0127084	1,68786	0,0073582	0,0015447	-3,71E-06	0,38724
	1	0,133168	0,195252	0,019711	0,0201996	0,0022353	0,375484	0,0045367	7,73E-05	2,24E-05	0,088511
	1	0,891641	0,0949309	0,0086359	0,0070461	0,0034834	0,25392	0,001005	0,0002381	7,97E-06	0,0874724
	1	0,165836	0,184797	0,0133479	0,0058566	0,0076419	0,962391	0,0124406	0,0001073	-0,0001838	0,175279
	1	0,306875	0,356006	0,04371	0,0938591	0,0089347	1,30158	0,0110087	0,001643	-0,0002115	0,419052
	1	0,23581	0,205841	0,0151686	0,0330669	0,0169197	1,0992	0,0101508	0,0017378	0,0001902	0,242626
	1	0,213097	0,184944	0,0169182	0,0148162	0,0114749	1,84415	0,0184146	0,0002529	0,0001576	0,258686
	1	0,160303	0,15245	0,0096591	0,0169335	0,0080896	0,797485	0,0048621	0,0022824	-0,0001135	0,199156
	1	0,347444	0,268699	0,0157391	0,194705	0,0243285	1,79465	0,0157043	0,0061776	-0,0003072	0,460451
<b>f</b>	1	1,77437	2,04853	0,0081523	1,1094	0,982872	10,2297	0,0740489	0,0726318	0,0041057	3,01283
	1	1,47857	7,96643	0,0277928	1,03446	0,935077	4,75315	0,0047333	0,0678659	0,0007415	1,01153
	1	0,591179	0,744993	0,077803	6,18582	0,116584	1,98142	0,0476929	0,0249817	0,0004072	0,27943
	1	2,4628	1,61946	0,117501	0,422592	0,289928	3,6251	0,0146836	0,0733887	0	2,11003
	1	3,94111	3,01606	0,0229881	1,21212	0,213113	1,92405	0,0238265	0,483643	0,0002164	2,67638
	1	2,97381	1,36026	0,0326107	0,646086	0,119796	1,47451	-0,0011398	0,0282485	0	1,79016
<b>g</b>	1	1,2634	1,32534	0,0063222	0,230601	0,294827	1,53596	0,0099589	0,0087191	0,0006007	0,973499
	1	0,24138	0,42967	0,0065906	0,0454202	0,008488	0,18531	0,0012886	-1,50E-05	8,36E-05	0,134662
	1	0,188526	0,420411	0,0016877	0,022378	0,0478388	0,155784	0,0001426	-4,43E-06	1,66E-05	0,0329115
	1	0,16211	0,138749	0,0071672	0,0185109	0,0038017	0,142315	0,0003727	5,21E-05	0	0,147671
	1	0,436516	0,115943	0,0011801	0,629862	0,0628677	0,114217	0,0145508	0,0024584	0	0,234337
	1	0,0669818	0,472727	0,0013042	0,0871753	0,0055481	0,0028131	0,0007374	2,00E-05	0	0,0043402
<b>h</b>	1	0,56982	0,579115	0,0003419	0,916708	0,0141505	1,00988	-7,76E-19	-0,0002584	0	0,176439
	1	0,328906	0,230688	0,0092697	0,0451231	0,004621	0,301524	-0,0016106	8,44E-05	0	0,0561433
	1	0,0380787	0,550497	0,0018948	0,0181151	0,0009125	0,0087253	-5,35E-05	-4,73E-06	1,07E-05	0,0011697
	1	0,280818	0,767404	0,0068938	0,215707	0,0340126	0,194738	-0,0003196	0,0002025	0	0,150622
	1	0,115824	0,260509	0,0013013	0,0308652	0,002995	0,0079964	-0,0004317	2,63E-06	0	0,0068255
	1	0,354537	0,627104	0,0817168	0,440886	0,0084792	2,02864	-0,0019702	0,0020648	0	0,368074
	1	1,12463	0,367499	0,0045727	0,34134	0,0103652	0,653721	-0,0031611	0,0007809	0	0,196329
	1	0,520631	0,284985	0,0092312	0,034612	0,0130035	2,34506	0,0087831	-7,42E-05	0,001488	0,166152
	1	0,420836	0,261477	0,0103551	0,0840679	0,0044063	0,565321	0,0044161	-1,01E-05	0,0001345	0,301045
	1	0,421369	0,220008	0,0039487	0,0159187	0,0057033	0,385501	0,0028332	0,0001172	0	0,416113
<b>i</b>	1	0,376793	0,130553	0,0067234	0,0212728	0,0074737	0,202123	-0,0001592	3,80E-05	5,29E-05	0,159973
	1	0,047137	0,554796	0,0015721	0,0522687	0,0009836	0,0262412	9,14E-05	1,96E-06	8,20E-06	0,0116966
	1	0,261798	0,207473	0,0056452	0,0244236	0,0011311	0,247589	0,0021627	0	7,15E-05	0,177661
	1	0,472326	0,214522	0,009463	0,0244325	0,0070576	0,441034	0,0024912	0,0001708	0,0001585	0,2599
	1	0,169555	0,415697	0,0057154	0,693509	0,0084217	0,21793	0,0033099	3,03E-05	0	0,0832448
	1	0,279184	0,166833	0,0088192	0,0495342	0,0013301	0,21436	0,0001375	9,85E-05	0	0,129086

	1	0,0441301	0,0375249	0,0011072	0,0110092	0,0016971	0,0750105	3,19E-05	3,04E-05	2,12E-05	0,0275832
	1	0,333974	0,148291	0,0035363	0,0285086	0,0074581	0,299693	-0,0007279	0,000968	0	0,167249
	1	0,733614	0,359417	0,786532	0,209696	0,0286719	2,15283	0,0176294	0,0016183	0	0,0408983
	1	0,64308	0,400215	0,0053198	0,0879873	0,0212149	0,619675	0,0057964	0,0008587	0,0002989	0,0641169
	1	0,0299219	0,495337	0,0015074	0,0497651	0,0017166	0,0037468	5,09E-05	7,54E-06	0	0,0002252
	1	0,566838	0,323577	0,0017298	0,0436362	0,271058	0,98698	0,0152569	0	0,0003725	0,155681
j	1	0,145126	0,184521	0,0014686	0,0160032	1,17073	0,462917	-0,0021565	5,16E-05	7,19E-05	0,017086
	1	0,135506	0,218012	0,0029227	0,253751	0,0062329	0,435101	0,0014772	5,83E-05	-0,0001091	0,0104195
	1	0,114563	0,240327	0,0011762	0,0591631	0,0040487	0,679502	-0,0022019	2,48E-05	3,46E-05	0,103848
	1	0,0374378	0,519663	0,0019837	0,0878571	0,0019377	0,0422266	-3,86E-05	5,26E-06	7,32E-06	0,0011225
	1	0,116732	0,289295	0,0016743	0,0272967	0,0178867	0,324705	0,0013981	0,000255	2,43E-05	0,0151985
	1	0,0364395	0,549432	0,0015335	0,0528642	0,0011831	0,0068488	-2,03E-05	-8,02E-07	1,50E-06	0,0002758
	1	1,00757	6,22049	0,0090739	0,980192	0,202662	1,24668	0,0602201	0,0037159	-0,0005207	0,598226
	1	0,368594	0,458981	0,0060445	0,0519186	0,0083916	0,389734	0,0046802	0,0005119	0,0003926	0,0429589
	1	0,039031	0,567503	0,0016915	0,0817823	0,0033466	0,0097116	-0,000163	2,37E-05	-8,95E-06	0,000813
	1	0,0725094	0,259881	0,0020772	0,15961	0,0065997	0,0265354	0,0052805	0,000765	-3,77E-05	0,0116511
	1	0,0317597	0,479389	0,0015066	0,0809441	0,0011411	0,0041571	0,0001924	2,63E-05	-1,35E-06	0,0007762
	1	0,0387293	0,405171	0,0015054	0,0751765	0,0016833	0,0189665	1,63E-05	2,29E-05	6,90E-06	0,0070871
	1	1,2526	0,723743	0,002741	0,0917228	0,0199514	0,475911	-0,0008355	0,0014692	-0,0003897	0,22839
	1	0,0048469	0,0193446	0,0003915	0,0265261	0,0007257	0,0086974	0,0009849	0,0001235	9,55E-06	0,001027

Sıvı kapanımlardaki Na, K, Mg ve Ca gibi element konsantrasyonları sıvı/kayaç etkileşiminin veya farklı litoloji ve/veya farklı sıcaklıklarla dengedeki sıvıların karışımının belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Farklı tipteki (L-V-S, L-V ve V) sıvı kapanımlarında yapılan LA-ICP-MS analizlerine ait verilerden itibaren hesaplanan katyon/anyon dağılımlarına ait diyagramlar Şekil 4.32' de görülmektedir.

Cevher oluşturuçu çözeltilerdeki yüksek K/Na değerleri magmatik bir kaynağı işaret etmektedir. Farklı tipteki (L-V-S, L-V ve V) sıvı kapanımlarında K/Na ve Ca/Na değerleri aynı dağılım aralığına sahiptir, bu durum potasik zondaki alterasyon sonucunda K/Na oranının azalması, Ca/Na oranının artması şeklinde de görülebilir. Fe/Na ve Mn/Na karşı K/Na verileri L-V-S ve V tipteki kapanımlarda oldukça belirgin bir farklılık sunarlar, Fe içeriği Mn'a göre daha fazladır ki bu da magmatik bir sistemi işaret eder. Ag/Na oranı tüm kapanım tipleri için benzerlik göstermekle birlikte, L-V-S kapanımlar en düşük Au/Na oranına sahiptir.



Şekil 4.32. Minerallerdeki sıvı kapanımların LA-ICP-MS verilerinin katyon/anyon dağılımı.

#### 4.8. Oksijen ve Hidrojen İzotopları Jeokimyası

Hidrojen ve oksijen izotop analizlerinde standart olarak okyanus suyu (SMOW / Standart Mean of Oceanic Water) kullanılmış olup analiz sonuçları  $\delta D$  SMOW ve  $\delta^{18}O$  SMOW şeklinde ifade edilmektedir.

Hidrotermal çözeltileri oluşturan suyun oksijen izotopları bileşimi kuvars kristallerine ait  $\delta^{18}O$  değerlerinden yararlanılarak kuvars ile denge halindeki suyun izotopsal ayrılma faktörünü belirleyen ( $1000 \ln \alpha$ ) değerler ortalama oluşum sıcaklığı sıvı kapanım incelemelerinden örneklere ait ortalama değerler kabul edilerek, kuvarslar için ise (Sharp & Kirschner, 1994) tarafından geliştirilmiş eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmıştır.

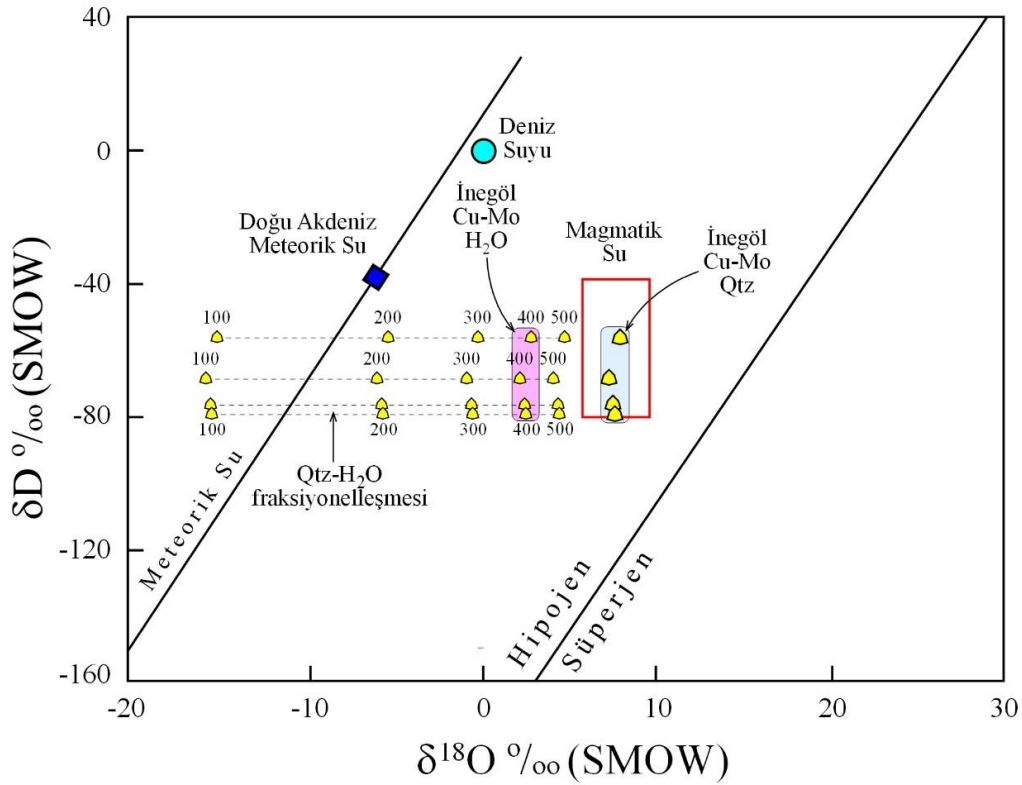
İncelemeler sırasında saptanan oksijen ve hidrojen izotoplarına ait analiz sonuçları Tablo 4.6'da toplu halde görülmektedir.

Tablo 4.6. Göynükbelen cevherleşmesindeki kuvars ve sıvı kapanımlarındaki suyun O ve H izotopları analiz sonuçları.

Örnek No	Mineraldeki $\delta^{18}O$ değeri	Homojenleşme Sıcaklığı (TH)	$10^3 \ln \alpha$	Mineral ile denge halindeki su için hesaplanan $\delta^{18}O$ değeri	Sıvı kapanımları içindeki suyun $\delta D$ değeri
D-2	7,3	400	5,16	2,14	-68
D-3	7,5	400	5,16	2,34	-76
D-4	7,6	400	5,16	2,44	-79
D-5	7,9	400	5,16	2,74	-56

Bilindiği üzere magmatik akışkanların izotop bileşimleri esas alınarak tanımlanan magmatik akışkanların ve  $\delta^{18}O$  ve  $\delta D$  değerleri sırasıyla +5,5 ila +13 ‰ ve -40 ila -80 ‰ (SMOW) arasında değişmektedir (Taylor, 1974; Sheppard, 1985).

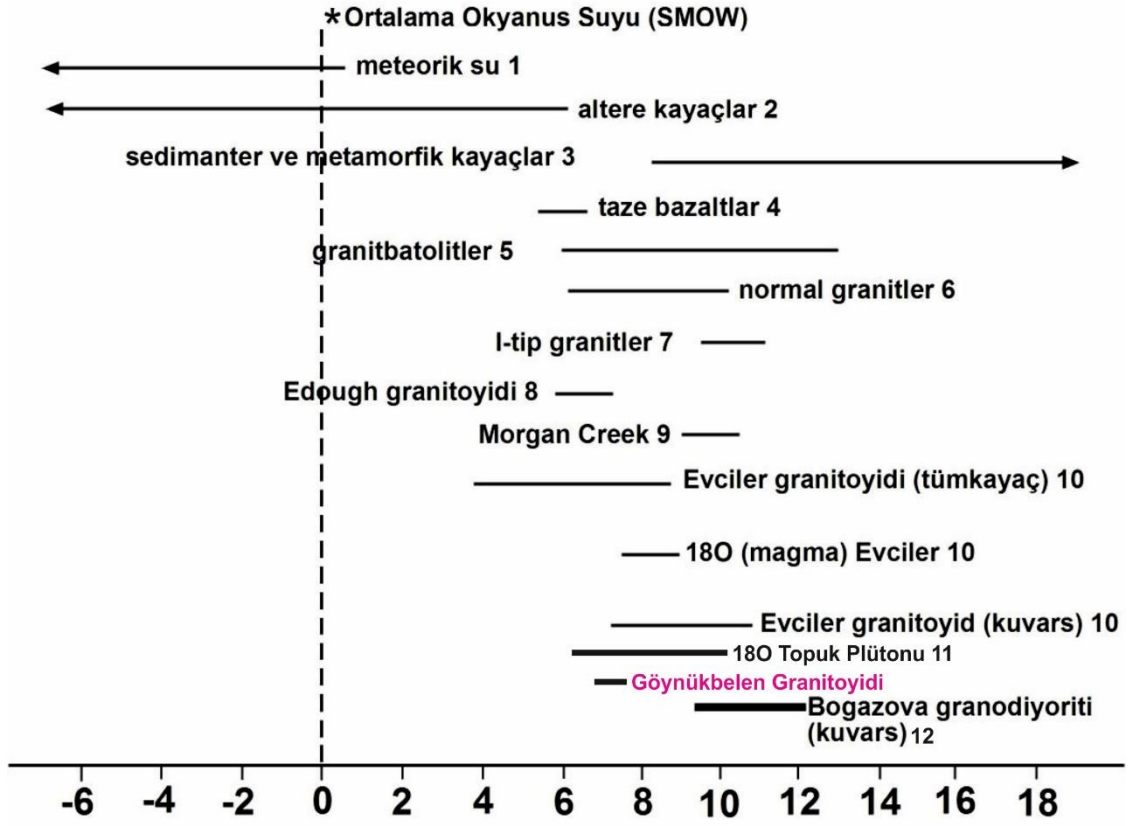
Kuvarsa ait  $\delta^{18}O$  değeri 7.3 ile 7.9 ‰ aralığında değişmekte olup ortalama 7.5 ‰ (n= 4) olarak ölçülmüştür. Kuvarsa ait değerlerden itibaren kuvars ile denge halindeki su için hesaplanmış  $\delta^{18}O$  değerlerinin 2.14 ile 2.74‰ arasında değiştiği görülürken, sıvı kapanımları içindeki suyun  $\delta D$  değerleri ise -79 ile -56 ‰ (n=4) aralığında, değişmektedir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Göynükbelen cevherleşmesinde cevher oluşturan çözeltilerdeki  $\delta D$  -  $\delta^{18}O$  (Shepperd, 1986) diyagramındaki konumu.

Sonuçlar değerlendirilerek çizilen şekilde akışkanı taşıyan ergiyiğin kökeninin birincil magmatik su olduğu belirlenmiştir.

Göynükbelen Granitoyidine ait  $\delta^{18}O$  değerleri, seçilmiş bazı granitoid tiplerindeki değerlerle karşılaştırılmış ve sonuçları Şekil 4.34' de verilmiştir. Magmatik kayaların (granit, granodiyorit, tonalit gibi)  $\delta^{18}O$  değerleri 5,5 ile 13 ‰ ve  $\delta D$  değerleri de -40 ile -80 ‰ arasında değişmektedir (Sheppard, 1977; Evans, 1987). Bu bağlamda çalışma alanındaki örneklerin magmatik kökeni temsil ettiği saptanmıştır.



Şekil 4.34. Göynükbelen Granitoyidine ait  $\delta^{18}\text{O}$  değerlerinin, seçilmiş bazı granitoid tiplerindeki değerlerle karşılaştırılması (1. Craig (1961), 2. O' Neil (1986), 3, 4, 5. Taylor and Sheppard (1986), 6. Taylor (1979), 7. Harris et al. (1997), 8. Laouar et al. (2002), 9. Brown et al. (1985), 10. Öztürk, (2006), 11. Orhan vd. (2017), 11. Sendir ve Sarız, (2012).

## 5. TARTIŞMA

Göynükbelen granitoyiti (İnegöl-Bursa) ile ilişkili cevherleşmeler, Batı Anadolu'daki Miyosen yaşlı magmatizmayla ilişkili olarak gelişen porfiri Cu-Mo, Pb, Zn ve Fe cevherleşmelerden birisidir.

İnceleme alanının yer aldığı bölgede, Geç Oligosen'den itibaren iki evre halinde gelişen tektonik bir deformasyon söz konusudur. İlk evrede Simav sıyrılma fayı oluşmuştur (Delibaş vd., 2012; Pourteau vd., 2010, Seyitoğlu ve Scott, 1992). Bu fay, Geç Oligosen-Orta Miyosen yaş aralığında yoğun deformasyonların oluşmasına neden olmuş ve Menderes masifi metamorfik birimleri yoğun olarak milonitlemiştir (Ar-Ar muskovit yaşı  $22,86 \pm 0,47$ my.; Işık vd., 2004). Milonitik deformasyonun son evresinde başlıca granit, granodiyorit, monzonit ve az oranda diyorit ve monzodiyoritlerden oluşan ve yaygın olarak porfirik, eş taneli doku sunan granitik kütleler sokulum yapmıştır (Işık, 2004; Işık vd., 2004). Bu granitoidlerin yerleşim yaşlarının genel olarak Miyosen olduğu önceki çalışmalarda yapılan radyometrik yaş tayinleri ile ortaya konulmuştur (örn: Baklan Granitoidi: 19,4-17,8 my., Aydoğan vd., 2008; Eğrigöz Granitoidi: 20,19 my., Işık vd., 2004; 19,4±4,4 my. Hasözbek vd., 2010a; Koyunoba Granitoidi: 21,02 my., Ring and Collins, 2005; 21,7±1,0 my., Hasözbek vd., 2010a; Alaçam Granitoidi: 20±1,4my, 20,3±3,3my., Hasözbek vd., 2010b).

Göynükbelen Granitoidine bağlı olarak gelişen cevherleşmeler ağsı (stockwork) ve saçınımlı tipte olup, stockwork tipte cevherleşmelerde cevher mineralleri, kalınlığı 1mm ile 3cm arasında değişen kuvars damarcıklarına bağlı olarak gelişim göstermektedir. Saçınım tip cevherleşmelerde ise cevher mineralleri genellikle kayaç içinde kuvars ile birlikte düzensiz olarak dağılmış, saçılmış olarak gözlenmektedir. Saçınımlı cevher mineralleri potasik zon ile fillitik zonlarda daha fazla gözlenmiştir. Cevher mineralleri, damarlar içinde düzensiz olarak dağılmakta olup, parajenezde başta pirit olmak üzere kalkopirit, molibdenit, rutil, bornit, sfalerit ve pirotin gözlenmektedir. Benzer cevherleşmeler ve alterasyon zonları, Eybek plütunu (Yıldız, 2006), Koyunoba plütunu (Simav-Kütahya) (Aydın, 2007), Baklan granitoyidi (Aydoğan ve diğ., 2008) ve çevresinde gözlenmiştir.

Sıvı kapanım incelemeleri, cevher damarlarından alınan örneklerdeki kuvars mineralleri üzerinde yapılmıştır. Kuvars kristallerindeki sıvı kapanımların petrografik incelemelerinde, sıvıca zengin, gazca zengin ve katı faz içeren (çoğunlukla tuz kristali ve opak mineral) sıvı kapanım toplulukları ayırtlanmıştır. İncelenen kapanımlar çoğunlukla potasik zonu temsil etmektedir. L-V-S kapanımlar ile birlikte gözlenen eriyik kapanımlar cevher oluşturucu çözeltilerin magmadan türediğine işaret etmektedir. Homojenleşme sıcaklıkları 200 ila 500°C arasında değişmekte olup, çoğunlukla 300°C ila 400°C aralığındadır. Çözeltilerin tuzlulukları iki fazlı (L-V) kapanımlara ait en düşük ve üç fazlı (L-V-S) kapanımlardaki en yüksek

değerlerde %10 ila %35 NaCl eşdeğeridir. Porfiri tipte cevherleşmelerin egemen olduğu bölgelerdeki yataklarda homojenleşme ve tuzluluk değerleri oldukça geniş bir aralık sunmaktadır. Porfiri Cu- Mo yataklarının homojenleşme sıcaklıkları 200-700 °C ve tuzluluk değerleri ise 10-80 (%NaCl eşdeğeri olarak) arasında değişmektedir. (Roedder, 1984).

İnceleme alanına yakın cevherleşmelerde farklı araştırmacılar tarafından sıvı kapanım incelemeleri yapılmıştır. Aydoğan ve diğ., (2008), Baklan graniti ve civarında yaptıkları çalışmalarda, Baklan Tepe Pb-Zn-Cu cevherleşmesinde 300-320°C, Karabatak tepe Pb cevherleşmesinde 233-391°C, Tepedelen Tepe Zn-Pb cevherleşmesinde 202-349°C homojenleşme sıcaklıkları bulmuştur. Yine aynı bölgede bulunan Susurluk skarn cevherleşmesinde 600°C' den büyük homojenleşme sıcaklığı belirlenmiştir (Orhan ve diğ., 2011). Sendir ve diğ., (2012) Domaniç ve yöresinde yaptıkları çalışmada 380-147°C ve 75.2-128.7°C homojenleşme sıcaklıkları ile 22.3-13.1 ve 10.8-9.2 tuzluluk değerleri belirlemişlerdir. Simav-Kütahya ve civarında oluşmuş Cu-Pb-Zn mineralizasyonlarında yapılan sıvı kapanım çalışmalarında ise (Özen ve Arık, 2013), 235-340°C homojenleşme sıcaklığı ve 0,7-4,49 tuzluluk değerleri elde edilmiştir. Eğrigöz plütonik kompleksinde demir skarnlarında yüksek sülfat içerikli pirotin, pirit, arsenopirit minerallerini ve ayrıca granat ve piroksen mineralleri saptanmıştır. Sıvı kapanım çalışmalarında 371-600°C homojenleşme sıcaklığı ve 10,5' den büyük tuzluluk değerleri belirlenmiş ve 3 tip sıvının varlığına işaret edilmiştir (Oyman ve diğ., 2013).

Sıvı kapanım incelemelerinden elde edilen veriler göz önünde bulundurulduğunda Göynükbelen Cu-Mo cevherleşmesinin porfiri tip bir sistem içerisinde geliştiği; erken evrede cevher oluşturucu çözeltilerin sıcaklıklarının ve tuzluluklarının yüksek, geç fazı temsil eden çözeltilerin sıcaklıklarının ve tuzluluklarının ise düşük olduğu görülmektedir. Sıvı kapanımlarda yapılan LA-ICP-MS analiz verileri farklı tipteki kapanımlara ait kimyasal bileşimlerin magmatik kökeni işaret ettiğini göstermektedir. Oksijen ve hidrojen izotopları analiz sonuçları da Göynükbelen Cu-Mo cevherleşmesini oluşturan çözeltilerin magmatik kökenli olduğunu işaret etmektedir. Benzer şekilde Göynükbelen Granitoidine ait  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri, seçilmiş bazı granitoid tiplerindeki değerlerle karşılaştırılmıştır (Craig (1961), O'Neil (1986), Taylor and Sheppard (1986), Taylor (1979), Harris et al. (1997), Laouar et al. (2002), Brown et al. (1985), Öztürk, (2006), Orhan vd. (2017), Sendir ve Sarıiz, (2012). Bu bağlamda çalışma alanındaki örneklerin magmatik kökeni temsil ettiği saptanmıştır.



## 6. SONUÇLAR

Bu projede Göynükbelen Granitoyiti (İnegöl-Bursa) ile ilişkili cevherleşmelerin oluşumunun belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda şu sonuçlara ulaşılmıştır:

Çalışma alanında yüzeyleyen en yaşlı kaya birimi mikaşist ve klorit şist litolojisinden meydana gelen Devoniyen yaşlı Devlez Metabazitleridir. Bu birim üzerinde masif, yer yer tabakalı Permiyen yaşlı Geyiktepe Mermerleri açısız uyumsuzluk olarak yer almaktadır. Miyosen yaşlı Göynükbelen Granitoyidi batolit şeklinde tüm birimleri kesmektedir. Göynükbelen Granitoyidi porfirik ve holokristalin doku karakterleri sunmaktadır. Egemen kaya birimlerini; tonalit, granodiyorit, tonalit porfir, granodiyorit porfir, granit oluşturmaktadır.

Çalışma alanında yüzeyden derine doğru yüzeysel alterasyon, propillitik zon, fillitik zon ve potasik zonlar bulunmaktadır. Potasik zonda; biyotit, kuvars, daha az oranlarda ortoklaz, serisit, albit, klorit, kalsit, rutil ve apatit mineralleri belirlenmiştir. Fillitik zonda başlıca serisit, kuvars, klorit, illit ve yer yer de kalsit mineralleri saptanmıştır. Propillitik zonda ise klorit, epidot, kalsit ve kuvars kristalleri gözlenmektedir.

Göynükbelen Granitoyidine bağlı olarak gelişen cevherleşmelerin ağsı (stockwork) ve saçınımlı tipte olduğu belirlenmiştir. Saçınım tip cevherleşmelerde ise cevher mineralleri genellikle kayaç içinde kuvars ile birlikte düzensiz olarak dağılmış, saçılmış olarak gözlenmektedir. Saçınımlı cevher mineralleri potasik zon ile fillitik zonlarda daha fazla gözlenmiştir.

Kuvars kristallerindeki sıvı kapanımların petrografik incelemelerinde, sıvıca zengin, gazca zengin ve katı faz içeren (çoğunlukla tuz kristali ve opak mineral) sıvı kapanım toplulukları ayırtlanmıştır. İncelenen kapanımlar çoğunlukla potasik zonu temsil etmektedir. L-V-S kapanımlar ile birlikte gözlenen eriyik kapanımlar cevher oluşturucu çözeltilerin magmadan türediğine işaret etmektedir.

Sıvı kapanım incelemelerinden elde edilen veriler göz önünde bulundurulduğunda Göynükbelen Cu-Mo cevherleşmesini oluşturan hidrotermal çözeltilerin sıcaklıkları 200 ila 500°C arasında değişmekte olup, çoğunlukla 300°C ila 400°C aralığındadır. Çözeltilerin tuzlulukları iki fazlı (L-V) kapanımlara ait en düşük ve üç fazlı (L-V-S) kapanımlardaki en yüksek değerlerde %10 ila %35 NaCl eşdeğeridir. LA-ICP-MS analizleri cevher oluşturucu çözeltilerde Na, K, Ca, Fe ve diğer metallerce zengin olduğunu göstermektedir.  $\delta^{34}\text{S}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta\text{D}$  izotop verileri cevher oluşturucu çözeltiler ve cevher minerallerindeki kükürtün magmatik kökenli olduğunu işaret etmektedir. Elde edilen veriler erken evre magmatik kökenli çözeltilerin üretkenliğinin belirlenmesine imkan vermiştir.

## 7. YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Asghari, O., ve Hezarkhani, A. 2010. Sungun Porfiri Bakır Yatağında (İran) Sıvı Kapanımı Mikrotermometresine Dayalı Alterasyon Zonu İncelemeleri, MTA Dergisi, 140, 21-36.
- Aydın, B., 2007. Koyunoba plütönu (Simav-Kütahya) Karakoca yöresi polimetalik damar tipi cevherleşmesinin jenetik incelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 50s.
- Ataman, G. 1972. Orhaneli Granodiyoriti Kütlesinin Radyometrik Yaşı, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 15/2.
- Ataman, G. 1973. Gürgenyayla (Domañıç) granodiyoritik kütlesinin radyometrik yaşı, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 16/1.
- Aydoğın, M.S., Çoban H., Bozcu, M., and Akıncı, Ö. 2008. Geochemical and mantle-like isotopic (Nd, Sr) composition of the Baklan Granite from the Muratdağı Region (Banaz, Uşak), western Turkey: Implications for input of juvenile magmas in the source domains of western Anatolia Eocene–Miocene granites, Journal of Asian Earth Science, 33, 155-176.
- Bacak, G., ve Kuşçu, M. 2000. Kütahya-Domañıç Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Özellikleri ve Kökeni, Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, 683-697, MTA, Ankara.
- Baker, T. and Lang, J.R., 2003. Reconciling fluid inclusion types, fluid processes and fluid sources in skarns: an example from the Bismark deposit, Mexico, Mineralium Deposita, 38, 474-495.
- Bayburtoğlu, B., Cengiz, İ., Çakır, C., Yıldız, H., ve Yıldırım, S., 2001. Bilelykyayla (Domañıç-Kütahya) Altın Cevherleşmesi Jeoloji ve Jeokimya Raporu, MTA Der. Rap. No:10491, Ankara (yayımlanmamış).
- Bingöl, E., Delaloye, M., Ataman, G. 1982. Granitic Intrusions in Western Anatolia: A Contribution to the Geodynamic Study of this Area, Eclogae Geologicae Helvetiae, 75: 2, 437-446.
- Brown, P.E., Bowman, J.R., and Kelly, W.C., 1985. Petrologic and Stable Isotope Constraints on Source and Evolution of Skarn-Forming Fluids at Pine Creek, California, Economic Geology, 80, 72-95.
- Bodner, R.J., 1993. Revised Equation and Table for Determining the Freezing Point Depression of H<sub>2</sub>O-NaCl Solutions, Geochemica et Cosmochimica Acta, 57, 683-684.
- Calagari, A.A., 2003. Fluid Inclusion Studies in Quartz Veinlets in the Porphyry Copper Deposit at Sungun, East-Azarbaidjan, Iran, Journal of Asian Earth Sciences, 23, 179-189.
- Cengiz, İ., Genç, Y. 2003. Domañıç (Kütahya) Bakır-Molibden Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Alterasyon Özellikleri, Jeoloji Müh. Der. 27, 47-75.
- Craig, H., 1961. Standart for Reporting Concentrations of Deuterium and Oxygen 18 in Natural Waters, Science, 133, 1833-1834.

- Delibaş ve diğ., 2012. Pınarbaşı Granitoidi (Gediz-Kütahya) Mo-Cu, Pb-Zn ve Sb±Ag Cevherleşmeleri: Polimetalik Cevherleşmelere Orta-Batı Anadolu'dan Bir Örnek, *Yerbilimleri*, 33 (2), 151-176.
- Dilek, Y., Altunkaynak, Ş., and Öner, Z., 2009. Structure and geochemistry of Tethyan ophiolites and their petrogenesis in subduction rollback systems, *Lithos*, 113 (1-2), 1-20.
- Edwards, R. and Atkinson, K. 1986. *Ore Deposit Geology and its influence on mineral exploration*, Chapman and Hall, 1986, 466p.
- Einali, M., Alirezaei, S., Zaccarini, F., 2014. Chemistry of magmatic and alteration minerals in the Chahfiruzeh porphyry copper deposit, south Iran: implications for the evolution of the magmas and physicochemical conditions of the ore fluids, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 23, 147-165.
- Evans, A.M., 1987. *An Introduction to Ore Geology*, Blackwell Sci. Publ. (second edit., 358 s.
- Gilg, H.A., Lima, A., Somma, R., Belkin, H.E., De Vivo, B., Ayuso, R.A. 2001. Isotope geochemistry and fluid inclusion study of skarns from Vesuvius Mineral. *Petrol.* 73, 145–176.
- Gökçe, A. 2009. *Maden Yatakları*, Cumhuriyet Üni. Yay. No: 111, 336s.
- Harris, C., Faure, K., Diamond, R.E., and Scheepers, R., 1997. Oxygen and Hydrogen Isotope Geochemistry of S-and I-Type Granitoids: The Cape Granite Suite, South Africa, *Chemical Geology*, 143, 95-114.
- Hasözbeek et al., 2010a. Early Miocene granite formation by detachment tectonics or not? A case study from the northern Menderes Massif (Western Turkey), *Journal of Geodynamics*, 50 (2), 67-80.
- Hasözbeek et al., 2010b. Early Miocene post-collisional magmatism in NW Turkey: geochemical and geochronological constraints, *International Geology Review*.
- Hezarkhani, A., 2006. Mineralogy and Fluid Inclusion Investigations in the Reagan Porphyry System, Iran, the Path to An Uneconomic Porphyry Copper Deposit, *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 598-612.
- Işık, V., 2004. Kuzey Menderes masifinde Simav makaslama zonunun mikro-tektonik özellikleri, *Batı Anadolu, Türkiye. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 47 (2), 49-91.
- Işık, V., Tekeli, O., and Seyitoğlu, G., 2004. The  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age of extensional ductile deformation and granitoid intrusion in the northern Menderes core complex: implications for the initiation of extensional tectonics in western Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 23, 555-566.
- Kwak, T.A.P. 1986. Fluid inclusions in skarns (carbonate replacement deposits), *J. Metamorphic Geol.*, 4, 363-384.
- Laouar, R., Boyce, A.J., Ahmed-Said, Y., Ouabadi, A., Fallick, A.E., and Toubal, A., 2002. Stable Isotope Study of the Igneous, Metamorphic and Mineralized Rocks of the

- Edough Complex, Annaba, Northeast Algeria, *Journal of African Earth Sciences*, 35, 271-283.
- Layne, E.T.C. and Spooner, G.D. 1991. The Jc Tin Skarn Deposit, Southern Yukon Territory; Geology, Paragenesis and Fluid Inclusion Microthermometry, *Econ. Geol.*, 86, 29-47.
- Mathieson, G.A., Clark, A.H. 1984. The Cantung E Zone scheelite skarn orebody, Tungsten, Northwest Territories: a revised genetic model. *Econ. Geol.* 79, 883-901.
- Orhan, A., Mutlu, H., and Fallick, E. 2011. Fluid infiltration effects on stable isotope systematics of the Susurluk skarn deposit, NW Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 40, 550-568.
- Orhan, A., Demirbilek, M., Mutlu, H., 2017. Geochemistry of the Topuk Pluton associated with the Kozbudaklar W-skarn deposit (Western Anatolia, Turkey): Implication for crystallization conditions, *Journal of African Earth Sciences*, 130, 141-160.
- O'Neil, J.R., 1986. Theoretical and Experimental Aspects of Isotopic Fractionation, In *Stable Isotopes in High Temperature Geologic Processes*, *Reviews in Mineralogy*, 16, 1-40.
- Oyman, T., Ozgenç, İ., Tokçaeer, M. 2013. Petrology, geochemistry, and evolution of the iron skarns along the northern contact of the Egrigoz Plutonic Complex, Western Anatolia, Turkey, 22, 61-97.
- Özen, Y. and Arık, F. 2013. Fluid inclusion and sulfur isotope thermometry of the Inkaya (Simav-Kütahya) Cu-Pb-Zn-(Ag) mineralization, NW TURKEY, *Central European Journal of Geosciences*, 5, 435-449.
- Öztürk, Y.Y., 2006. Evciler Granitine (Kazdağ-Kuzeybatı Anadolu) Bağlı Gelişen Skarn Alterasyon Zonlarının Mineralojik ve Petrografik İncelemesi, Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 181 s.
- Partida, E.G., and Levresse, G., 2003. Fluid Inclusion Evolution at the La Verde Porphyry Copper Deposit, Michocan, Mexico, *Journal of Geochemical Exploration*, 78-79, 623-626.
- Pourteau et al., 2010. High-pressure metasediments in central Turkey: Constraints on the Neotethyan closure history, *Tectonics*, 29 (5).
- Ring, U. And Collins, A.S., 2005. U-Pb SIMS dating of synkinematic granites: timing of core-complex formation in the northern Anatolide belt of western Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 162, 289-298.
- Roedder, E., 1984. *Fluid Inclusions*. *Reviews in Mineralogy*, 12, Mineral. Soc. Am., Washington, DC.
- Sendir, H., Sariz, K. and Bozkaya, G. 2012. Fluid inclusions characteristics of Domaniç (Kütahya) porphyry Cu-Mo mineralization. EGU General Assembly, 22-27 April 2012, Vienna.
- Seyitoğlu, G. & Scott, B. C. 1992. Late Cenozoic volcanic evolution of the northeastern Aegean region. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 54, 157-176.

- Sharp, Z.D., Kirschner, D.L., 1994. Quartz-calcite oxygen isotope thermometry: a calibration based on natural isotopic variations. *Geochim. Cosmochim. Acta* 58, 4491-4501.
- Sheppard, S.M.F., 1977. Identification of the Origin of Ore-Forming Solutions by the Use of Stable Isotopes, In *Volcanic Processes In Ore Genesis*, Spec., Publ., 7, Geol. Soc., London.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H., and Alderton, D.H.M., 1985. *A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies*, Blackie and Son Son Limited,, Glaskow (UK), 235p.
- Sheppard, S.M.S., 1986. Characterization and isotopic variations of natural waters. In: Valley, J.W., Taylor Jr., H.P., O'Neil, J.R. (Eds.), *Stable Isotopes in High-Temperature Geological Processes: Mineralogical Society of America. Reviews in Mineralogy* 16, pp. 165-183.
- Singoyi, B. ve Zaw, K. 2001. A petrological and fluid inclusion study of magnetite-scheelite skarn mineralization at Kara, Northwestern Tasmania, Implications for ore genesis, *Chemical Geology*, 173, 239-253.
- Taşkın, İ. 1983. Bursa-İnegöl Yöresi Boğazova ve Domaniç Granodiyorit Masifleriyle İlgili W-Mo-Pb-Zn-Cu Cevherleşmelerine Ait Jeoloji Raporu (KAVAP-V), MTA Der. Rap. No:7675, Ankara (yayımlanmamış).
- Taylor, H.P., 1979. Oxygen and Hydrogen Isotope Relationships in Hydrothermal Mineral Deposits, *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, New York, Wiley Inters., 236-277.
- Taylor, H.P., and Sheppard, S.M.F., 1986. Igneous Rocks. I. Processes of Isotopic Fraction and Isotope Systematics, *Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes, Reviews in Mineralogy, Mineral Society of America, Washington, DC*, 16, 222-227.
- Yıldız, T., 2006. Balıkesir-Havran ilçesi Tepeoba Cu-Mo oluşumunun maden jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 78s.
- Yılmaz, B., 2005. Muratdere (Bozüyük-Bilecik)' deki Cu-Mo ve Au cevher oluşumlarının maden jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 108s.
- Weixuan, F., Shefeng, Y., Zhengtao, L., Xinglin, W., and Baochen, Z., 2007. Geochemical Characteristics and Significance of Major Elements, Trace Elements and REE in Mimeralized Altered Rocks of Large-Scale Tsagaan Suvarga Cu-Mo Porphyry Deposit in Mongolia, *Journal of Rare Earths*, 25, 759-769.

**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje Yürütücüsü:	Yrd. Doç. Dr. HÜSEYİN SENDİR
Proje No:	114Y844
Proje Başlığı:	Göynükbelen Granitoyiti (İnegöl-Bursa) İle İlişkili Cevherleşmelerin Oluşumunun Belirlenmesinde Sıvı Kapanım, La-Icp-Ms, Raman Spektrometresi Ve İzotop Jeokimyası İncelemeleri
Proje Türü:	3001 - Başlangıç AR-GE
Proje Süresi:	24
Araştırmacılar:	
Danışmanlar:	GÜLCAN BOZKAYA
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ESKİŞEHİR OSMANGAZI Ü. MÜHENDİSLİK MİMARLIK F. JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/06/2015 - 01/09/2017
Onaylanan Bütçe:	89000.0
Harcanan Bütçe:	64438.73
Öz:	<p>ÖZET</p> <p>Göynükbelen Granitoyiti (İnegöl-Bursa) ile ilişkili cevherleşmeler Batı Anadolu'daki granitoid sokulumlarına bağ?lı olarak geliş?en Cu-Mo, Pb, Zn, Fe gibi cevherleşmelerden birisidir. Cevherleşmelerin büyük çoğunluğu Oligosen-Miyosen yaşlı magmatizmaya ilişkili olarak gelişmiştir. Oligosen-Miyosen yaşlı magmatik etkinlik, yaklaşık D-B uzanımlı granitik granodiyoritik plütonlarla temsil edilmektedir. Çalışma alanında yüzeyleyen en yaşlı kaya birimi gnays, mikaşist ve klorit şist litolojisinden meydana gelen Paleozoyik yaşlı Devlez Metabazitleridir. Bu birim üzerinde masif, yer yer tabakalı Paleozoyik yaşlı Geyiktepe Mermerleri açısal uyumsuzluk olarak yer almaktadır. Paleosen yaşlı Göynükbelen Granitoyidi batolit şeklinde tüm birimleri kesmektedir. Göynükbelen Granitoyidi porfirik ve holokristalin doku karakterleri sunmaktadır. Egemen kaya birimlerini; tonalit, granodiyorit, tonalit porfir, granodiyorit porfir, granit oluşturmaktadır. Granitoyid içerisinde potasik, fillitik ve propillitik zonlar belirlenmiştir. Cevherleşmeler saçınım ve ağsı şeklindedir. Cevher mineralleri pirotin, pirit, kalkopirit, molibdenit, rutil, bornit, sfalerit, markazit, limonit olarak belirlenmiştir. ?18O ve ?D analiz sonuçları sırasıyla (7,5 -7,9)% ve (-56 -79)%. Bu sonuçlar akışkanın magmatik kökenli olduğunu göstermektedir. Sıvı kapanım mikrotermometre çalışmaları neticesinde geniş aralıklı sıcaklık değerleri (200 ile 452 oC) ve tuzluluk değerleri (% 24,3 ile % 13,1) olarak belirlenmiştir.</p>
Anahtar Kelimeler:	Anahtar Kelimeler : Göynükbelen, İnegöl, Sıvı kapanım, LA-ICP-MS
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Preliminary Microthermometric Data of Göynükbelen Mineralizations in (İnegöl-Bursa) (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum),