

KARADORU GRANİTOİD PLÜTONU YAN KAYAÇLARININ PETROGRAFİSİ VE SKARN ZONUNUN ÖZELLİKLERİ, YENİCE – ÇANAKKALE

PETROGRAPHY OF THE CONTACT ZONE ROCKS AND FEATURES OF THE SKARN FORMATION OF KARADORU GRANITOİD PLUTON, YENİCE – ÇANAKKALE

Namık AYSAL¹, Sinan ÖNGEN¹ ve Nurullah HANILÇI²

¹ İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl. Mineraloji –Petrografi A.B.D. 34320, Avclar/İstanbul
² İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl. Maden Yatakları ve Jeokimya A.B.D. 34320, Avclar/İstanbul
aysal@istanbul.edu.tr

ÖZ: Yenice (Çanakkale) kuzeyinde farklı büyüklüklerde granitoid sokulumları (Karadoru, Nevruz–Çakıroba, Sofular, Soğucak, Yapaztepe) bulunmaktadır. Bu sokulumların çevresinde kontakt metamorfizma ve skarn zonları gelişmiştir. Karadoru Granitoidi dar bir alanda mostra vermesine rağmen, sokulumun çevresinde yaklaşık 7 km² gibi geniş bir alanda kontakt metamorfizma ve skarn zonu oluşturmuştur. Karadoru Granitoidi, Oligosen sonunda Karakaya Kompleksi'nin Nilüfer ve Hodul birimleri içine sokulum yapmış ve birimlerde kontakt metamorfizmaya neden olmuştur. Kontakt metamorfizma derecesinin, albit-epidot hornfels fasiyesinden hornblend hornfels fasiyesine kadar ilerlediği mineral parajenezleri ile belirlenmiştir. Karadoru köy merkezinde ve doğusunda granit–mermer kontaktları boyunca granat-epidot skarn, kuvars-epidot skarn ve diyopsit-granat skarn zonları oluşmuştur. Skarn zonlarındaki granatlar genellikle andradit bileşimine yakındır. Demirin granatın bünyesinde yer alması nedeniyle skarn zonlarında küçük demir oluşukları dışında önemli bir demirli cevher oluşumu meydana gelmemiştir. Epidot skarn zonuna ait sıvı kapanım verileri, skarn oluşumunun 485 °C (508 ile 465 °C arasında) gibi yüksek sıcaklıkta başladığını, ortalama 311 °C'ye (305 ile 318 °C arası) kadar devam ettiğini ve ötektik sıcaklık verileri (Te: -83 °C ile -63 °C arası) çözeltide Li, K ve Mg'un önemli oranda varlığını göstermektedir. Yüksek sıcaklıktaki (ort. 485 °C) solüsyonların 0,6-0,7 gr/cm³ yoğunluğa ve %16–16,8 NaCl eşdeğeri tuzluluğa sahip oldukları tespit edilmiştir. Sıcaklığın azalmasıyla birlikte (ort. 366 °C) muhtemelen sisteme meteorik suyun da katılımı ile genel olarak tuzluluk da azalmıştır (%10–12 NaCl eşdeğeri). Ancak, skarn oluşumunun son evrelerinde sıcaklık ortalama 311 °C'ye indiğinde tuzluluğun (% 17,5–18 NaCl eşdeğeri) arttığı gözlenmiştir. Bu durum, meteorik su katılımı ile kısmen seyrelmiş olan sistemin çözelti-yan kayaç etkileşimi sürecinde yeniden çeşitli katyonlarca (Na, Mg, K, Ca gibi) yüklenerek tuzlulukta bir artışa neden olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Skarn, sıvı kapanım, Karadoru granitoidi, Yenice.

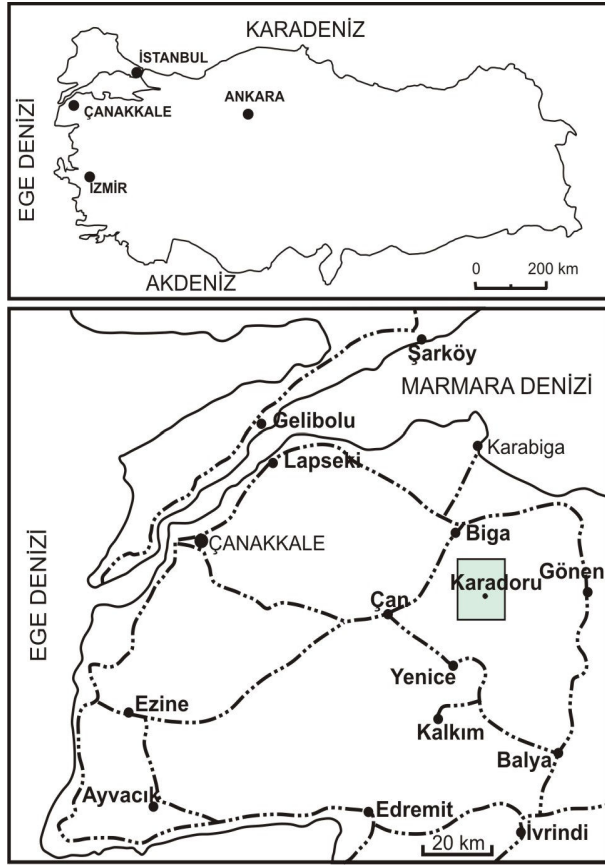
ABSTRACT: There are many pluton or stock size granitoid bodies (i.e. Nevruz–Çakıroba, Sofular, Soğucak, Yapaztepe) in northern Yenice area (Çanakkale). Extended contact metamorphic aureole and skarn zones were developed along the perimeter of these granitoids. Although the Karadoru Granitoid itself is exposed over a restricted area, a well developed contact metamorphic and skarn zone is formed in an area of approximately 7 km². During the Late Oligocene, the Karadoru Granitoid intruded into the Nilüfer and Hodul units of the Karakaya Complex (Triassic age), and caused intense contact metamorphism in these units. The observed mineral paragenesis shows that the progressive path from albite-epidote hornfels to hornblend hornfels facies metamorphism was established. Garnet-epidote skarn, quartz-epidote skarn and diopside-garnet skarn zones formed along the contact of the granite and marble in northern and central parts of the Karadoru village. Garnets have generally andradite-rich composition in the skarn zones. As iron was almost fixed by garnets, no significant iron mineralization was formed in skarn zones except small iron minerals. Microthermometric data obtained from epidote skarn zone show that the skarn formation started at 485°C (between 465 and 508) and continued till 311 °C. The eutectic temperatures (Te: -83 °C and -63°C) indicate high concentration of the Li, K and Mg in the composition of the solution. It is determined that the solutions at the high temperature (average 485 °C) have 0, 6 – 0, 7 gr/ cm³ density and 16 – 16,8 % NaCl equivalent salinity. After the temperature decreased (average 366 °C), the salinity of the solution diminished, probably because of adding of the meteoric water to the system. But,

while temperature decreased to 311 °C averages, the salinity of the solution (17,5-18 % NaCl equivalent) increased in late stage of the skarn formation. This is interpreted as increase of the salinity via addition of cations (such as Na, Mg, K and Ca) by the fluid-wall rock interaction to the diluted solution after meteoric water added to the solution system.

Key Words: Skarn, Fluid inclusion, Karadoru Granitoid, Yenice.

GİRİŞ

İnceleme alanı Çanakkale ili, Yenice ilçesinin kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 1). İnceleme alanı Çan, Biga, Yenice ve Gönen ilçelerine hemen hemen eşit mesafede bulunmaktadır.



Şekil 1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.

Figure 1: Location map of the study area.

Karadoru köyü ve çevresinde geniş bir alanda kontakt metamorfizma ve skarn zonu gözlenmektedir. Yaklaşık 7km²'lik bir alanda kontakt metamorfizma ve skarn zonu geliştiren Karadoru granitoidi çok dar bir alanda yüzeylenmektedir.

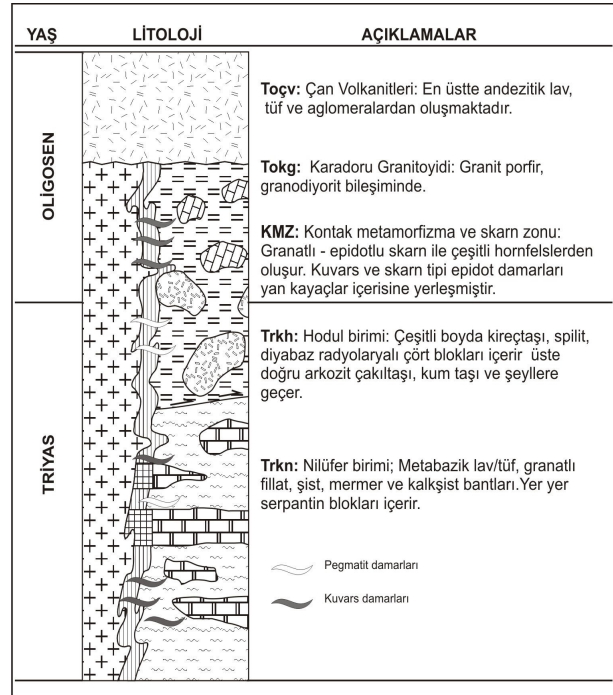
Bu çalışmada; Karadoru granitoidine bağlı olarak gelişen kontakt metamorfizma ve skarn zonu kayaçlarının petrografisi tanımlanarak, skarn zonunun oluşum sıcaklıklarının belirlenmesi için sıvı kapanım çalışmaları ve skarn zonunun maden yatakları açısından değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

JEOLOJİ

Biga yarımadası karmaşık jeolojisi nedeniyle pek çok araştırmaya konu olmuştur. Bölgede endüstriyel hammadde potansiyelinin yüksek olması, aktif fay zonlarının bulunması ve Türkiye jeolojisi için temel birimlerden birisi olan Karakaya kompleksinin en iyi gözlemlendiği yer olması gibi pek çok faktör araştırmacıları Biga Yarımadası'na çekmiştir. Bölgedeki granitoid sokulumlarına bağlı olarak gelişen skarn zonlarında önemli Cu-Pb-Zn yataklarının oluşumu, Neojen yaşlı volkanik kayaçlarla ilişkili endüstriyel kil mineralleri ve yine Neojen yaşlı sedimentler içerisindeki linyit yatakları ekonomik olarak bölgeyi değerli kılmaktadır (Şekil 2-3).

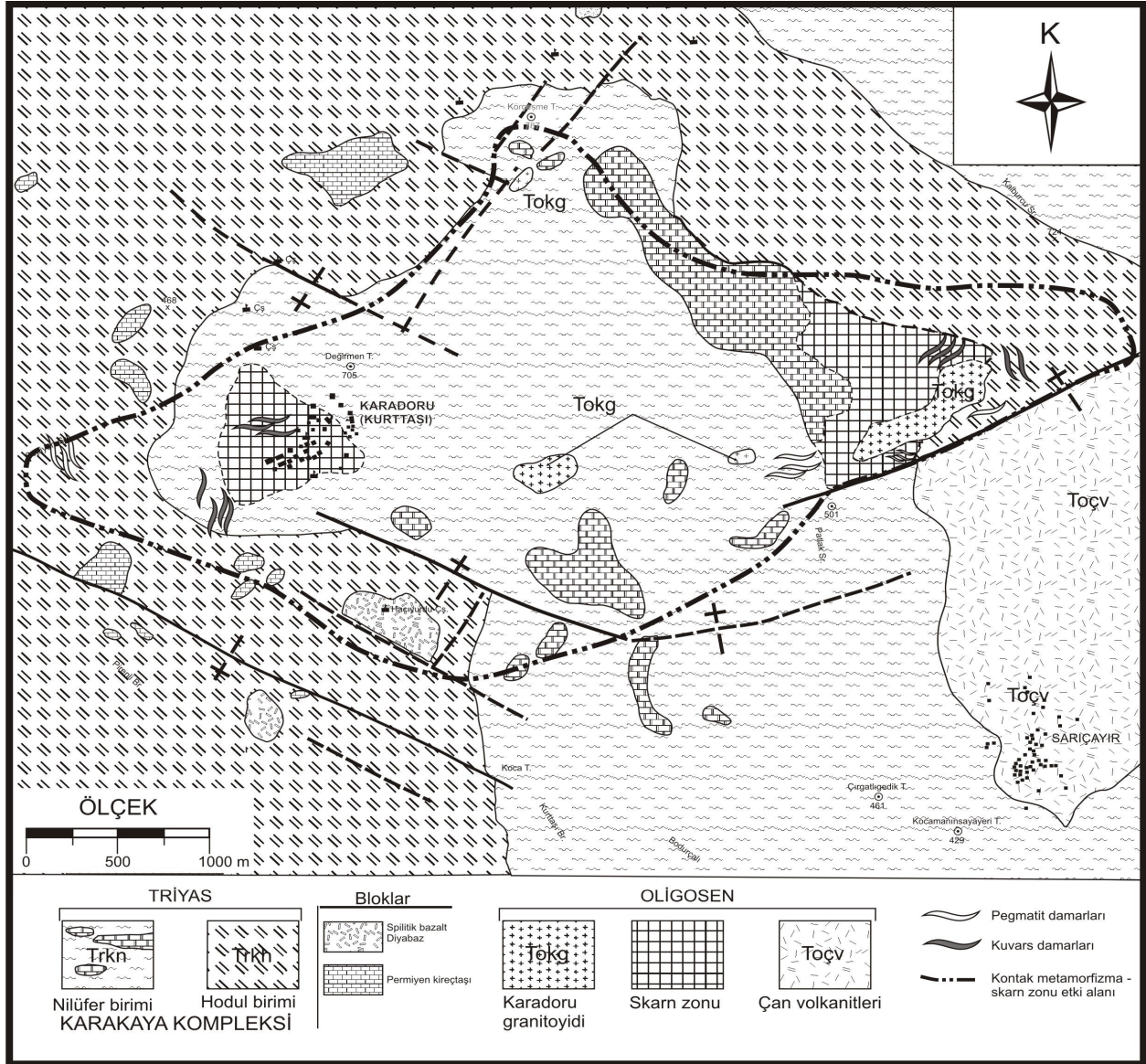
KARAKAYA KOMPLEKSİ

Karakaya Kompleksi benzer yaşta fakat değişik havza koşulları ve tektonik ortamlarda çökelmiş birimlerden oluşur. Bu birimler Nilüfer birimi, Hodul birimi, Orhanlar grovağı ve Çal birimi olarak isimlendirilmiştir (Okay ve diğ., 1990). İnceleme alanında Nilüfer ve Hodul birimleri izlenmektedir.



Şekil 2: İnceleme alanının genelleştirilmiş sütun kesiti.

Figure 2: Generalized stratigraphic columnar section of the study area.



Şekil 3: İnceleme alanının jeoloji haritası (Aysal, 2005).

Figure 3: Geological Map of the study area (Aysal, 2005).

Nilüfer birimi Karakaya kompleksinin en alt tektonik birliğini oluşturmaktadır. Ağırlıklı olarak metabazit, metatüf, fillat ve mermerlerden oluşmaktadır. Yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir. Metamorfizma derecesi yeşilist fasiyesinin üst zonlarına yani granat zonuna kadar çıkmaktadır (Aysal, 2005). Nilüfer birimi içerisinde fosil bulunamamış olmasına rağmen birimin tektonostratigrafik konumu göz önüne alındığında Triyas yaşlı olabileceği ileri sürülmüştür (Okay ve diğ., 1990).

Karakaya Kompleksi içerisinde en yaygın bulunan birim Hodul birimidir. Arkozik çakıltası, kumtaşı ve gri renkli şeyllerden oluşmaktadır. İçerisinde spilit ve rekrystalize kireçtaşı blokları bulunur. Siyah

renkli şeyller içerisinde Üst Triyas için karakteristik olan Halobia, Daonella ve Posidonomya fosilleri bulunmuştur (Kaaden, 1956). Hodul birimi üst seviyelerine doğru olistostromal bir görünüm kazanır. Ayrıca Hodul birimi içerisinde spilitleşmiş bazalt ve diyabaz blokları da gözlenmektedir.

KARADORU GRANİTOYİDİ

İnceleme alanında Karaduru köyü kuzeyinde Körçesme tepede dar bir alanda ve Karaduru-Sarıçayır köy yolu üzerinde gözlenmektedir. Granitoyit çok dar bir alanda yüzeylenmesine rağmen yaklaşık 7 km²’lik bir alanda kontakt metamorfizma ve skarn zonu geliştirmiştir (Şekil 3).

Adlama granitoidin geniş bir kontakt metamorfizma ve skarn zonu geliştirdiği Karadoru köyüne ithafen yapılmıştır (Aysal, 2005). Bölgede Karadoru granitoidi haricinde irili ufaklı başka granit mostralari da bulunmaktadır (Karadoru, Nevruz-Çakıroba, Sofular, Soğucak, Yenice, Namazgâh, Kurtlar, Hıdırlar... vs) (Öngen, 1982).

Karadoru granitoidinde yaş analizi bulunmamaktadır. Ancak yakınında bulunan Sofular stoğu $25,8 \pm 0,5$ my, Yenice doğu stoğu $23,5 \pm 0,6$ my, Yenice kuzey stoğu $24,8 \pm 0,6$ my ve Yenice güney stoğu $24,5 \pm 0,5$ my yaşlı oldukları yani Üst Oligosen-Miyosen yaşlı oldukları belirlenmiştir (Delaloye ve Bingöl, 2000). Ayrıca Nevruz-Çakıroba granitoidinin de $24,1 \pm 0,5$ My yaşında olduğu (Zimmermann ve diğ., 1989) dolayısıyla Karadoru granitoidinin de Üst Oligosen-Miyosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir. Karadoru granitoidi beyazımsı bej renkli, orta tanelidir. Körçeşme tepede gözlenen mostrasında genellikle kenar zonunu karakterize eder. Bu mostrada granitoid granitporfir görünümündedir. Ayrıca Sarıçayır köyüne giden yol üzerinde granit; pembemsi renkli, ince-orta taneli alkali feldspat granit, aplitik granit görünümündedir. Bu kesim Karadoru granitinin son evresinde oluşmuş ve Karadoru granitoidini kesmiş olmalıdır. Aplitik granit çatlaklarında epidot sıvamaları görülür. Benzer bir granitik fasiyese Yenice Namazgâh köyü çevresinde rastlanılmıştır (Öngen ve diğ. 2002). Namazgâh plütonunu keskin bir dokanakla kesen Namazgâh aplit graniti Karadoru granitoidinin aplitik granitine dokusal ve mineralojik özellikleri bakımından büyük benzerlik göstermektedir. Benzer şekilde inceleme alanının hemen güneyinde yer alan Soğucak stoğu da görünüm olarak bu iki aplitik granite benzemektedir (Öngen, 1982).

İnceleme alanında granitoidin asıl kütlesi aşınma yeterince ilerlemediği için yüzeylemektedir. Karadoru granitoidine en yakın granitoid kütlesi Sofular, Soğucak ve Nevruz-Çakıroba granitoidleridir. Nevruz-Çakıroba stoğunun doğu kesimi piroksen monzonit, batı kesimi ise monzodiyorit karakterindedir. Monzo-diyoritlerin mineralojisi ise Yenice güneyindeki stoklar ile hemen hemen aynıdır (Öngen, 1982).

Karadoru granitoidi Karakaya kompleksine ait Nilüfer ve Hodul birimlerini sıcak bir dokanakla kesmiş, kontakt metamorfizma ve skarn zonları geliştirmiştir. Kontakt metamorfizma derecesi albit - epidot hornfels fasiyesinden hornblend hornfels fasiyesine kadar çıkmaktadır. Skarn zonları ise genellikle granatlı-epidotlu skarn, kuvars-epidot skarn ve diopsid-granat skarn karakterindedir. Skarn zonları tipik olarak Karadoru köy merkezinde ve Karadoru-Sarıçayır köy yolunun kuzeyinde izlenmektedir. Karadoru granitoidine bağlı skarn tipi epidot damarları ile kuvars damarları da izlenir. Bu damarlar; kalınlığı 1-5 cm

arasında değişen küçük damarcık sistemlerinden oluşmaktadır.

ÇAN VOLKANİTLERİ

İnceleme alanında Sarıçayır köyü çevresinde yayılım sunmaktadır. Sarıçayır köyü ile Karadoru köyleri arasındaki yol boyunca ve Patlak sırtı doğusunda yüzeylemektedir.

Adlama Ercan ve diğerleri (1995)'den alınmıştır. İlk kez Edremit doğusunda Hallaçlar formasyonu olarak adlanan birim (Krushensky, 1976), Doyran volkanitleri (Siyako ve diğ., 1989), Hisarlıdağ volkanitleri (Saner, 1985) gibi farklı araştırmacılar tarafından farklı isimlendirilmiştir.

Çan volkanitleri andezit, dasit ve riyodasit türde lavlar ile tüf ve aglomeralardan oluşmaktadır. İnceleme alanında yayılım sunan Çan volkanitleri genellikle piroklastik seviyelerden oluşmaktadır. Yer yer içersinde taze andezit blokları içeren birim genellikle beyaz bej ve krem renkli tüf ve aglomeralardan oluşmaktadır. Tüfler içersinde pomza parçaları bulunmaktadır. Alterasyonu sonucu kaolinit ve halloysit mineralleri gelişmiştir (Laçın, 2003). Çan volkanitleri özellikle Çan ve Yenice-Gönen arasında kalın bir volkanik istif oluşturmaktadır.

PETROGRAFI

KARADORU GRANİTOYİDİ

İnceleme alanında Karadoru granitoidinin sadece kenar fasiyesi yüzeylemektedir. Granitoidin esas fasiyesi aşınma derinliği yeterli olmadığı için görülmemektedir. Kenar fasiyesi tipik olarak Körçeşme tepesi güneyinde yaklaşık 100 m²'lik bir alanda yüzeylemektedir. Asıl granitoid fasiyesi inceleme alanının hemen güneyinde Nevruz-Çakıroba granitoidinde görülmektedir. Burada granitoid piroksen monzonit ve monzodiyorit karakterinde izlenmektedir (Öngen, 1982). İnceleme alanı 3km güneyinde yer alan Soğucak stoğu ise Karadoru granitoidine benzer petrografik özellikler göstermektedir. Yine bu granitoidde fazla aşınmamış ve ancak tavan zonu yüzlek vermiştir (Öngen, 1982).

Kenar fasiyesi; el örneklerinde kirli beyaz renklidir ve mafik mineral olarak çok az amfibol ve biyotit içermektedir. Oldukça çatlaklıdır ve çatlak düzlemleri boyunca epidot sıvamaları görülmektedir. Granodiorit bileşimindedir. Başlıca mineralleri; plajyoklas, alkali feldspat, kuvars, biyotit, amfibol (hornblend), sfen, klorit, epidot ve opak minerallerdir. Porfir dokusu gözlenir (Şekil 4A).

Aplitik granit fasiyesi; hemen hemen hiç mafik mineral içermeyen granofirik dokulu aplitik granit görünümündedir (Şekil 4B). Tane boyutu 0,1-3 mm arasında değişir. Eklem düzlemleri boyunca epidot sıvamaları gözlenir. Kireçtaşlarıyla olan dokanakları boyunca skarn zonu oluşturmuştur. Başlıca mineralleri;

alkali feldspat, kuvars, plajiolklas, biyotit, epidot ve turmalindir. Hemen hemen hiç opak mineral içermez. Tüm kristalli, eş taneli granüler doku ve yazı dokusu (mirmekitik doku) gözlenmektedir.

KONTAKT METAMORFİTLER

Kontakt metamorfik kayalar Karadoru köyü, Körçeşme tepe ve Patlak sırtı batısında yaklaşık 7 km² genişliğinde bir alanda yayılım sunmaktadır. Genellikle mafik hornfels türü kayaçların izlendiği kontakt metamorfizma zonunda metamorfizma derecesi albit-epidot hornfels fasiyesinden hornblend hornfels fasiyesine kadar çıkmaktadır. Hornfels zonu içerisinde albit-epidot hornfels, pelitik hornfels, biyotit-kordiyerit hornfels, diyopsit hornfels, kalksilikat hornfels ve bantlı hornfels türü kontakt metamorfik kayaçlar belirlenmiştir.

ALBİT-EPİDOT HORNFELS (MAFİK PROTOLİTLER)

Bu kayaçlar yeşil-koyu yeşil renklidir. Yer yer bantlı hornfels karakterindedir. Foliasyon düzlemlerini değişik açılarda kesen 1-3 cm kalınlığında skarnoid tipi epidot ve granat damarları gözlenir. İnceleme alanında Karadoru - Sarıçayır köy yolu üzerinde ve Karadoru köyü kuzeyinde Değirmen tepe çevresinde yayılım sunmaktadır. Albit-epidot hornfels fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir. Başlıca mineralleri; klorit, aktinolit, epidot, plajiolklas, turmalin, sfen, granat, kalsit ve hematittir. Ender olarak kontakt metamorfizma öncesine ait piroksen ve amfibol içerir. Dokusu ağırlıklı olarak lepidoblastik, porfiroblastiktir ender olarak da fibroblastik doku gelişimi görülür (özellikle dış kontakt zonunda). Plajiolklaslar ise çoğunlukla poligonel taneli şekillidir (Şekil 4C).

AMFİBOL HORNFELS

El örnekleri yeşil renklidir. Protolit kayası muhtemelen kalkşist olan bir kayacın albit-epidot hornfels fasiyesinin üst zonları ile hornblend hornfels fasiyesinde metamorfizması ile gelişmiştir. Başlıca mineralleri; piroksen (diyopsid, salit), plajiolklas, amfiboldür. Kayacın birincil foliasyon düzlemlerini değişik açılarda kesen 1-2 cm kalınlığında amfibol damarları gözlenir. Amfibol damarlarının yanı sıra kayacı kesen skapolitli damarlarda gözlenmiştir (Şekil 4D).

PELİTİK HORNFELSLER (BENEKLİ HORNFELS)

Hornblend hornfels fasiyesinde metamorfizma geçirmiş biyotit-kordiyerit hornfelslerden oluşmaktadır. El örneklerinde kahverengi, kızıl kahve renklidir. Killi ve siltli seviyelerin gözle ayrılması oldukça zordur. Başlıca mineralleri; biyotit, kordierit, kuvars ve opak minerallerdir. Poikiloblastik doku gözlenir (Şekil 4E). Kordiyeritler killi seviyeler içinde gelişmiştir.

KUVARSLI-FELDSPATLI HORNFELSLER (KONGLOMERA HORNFELS)

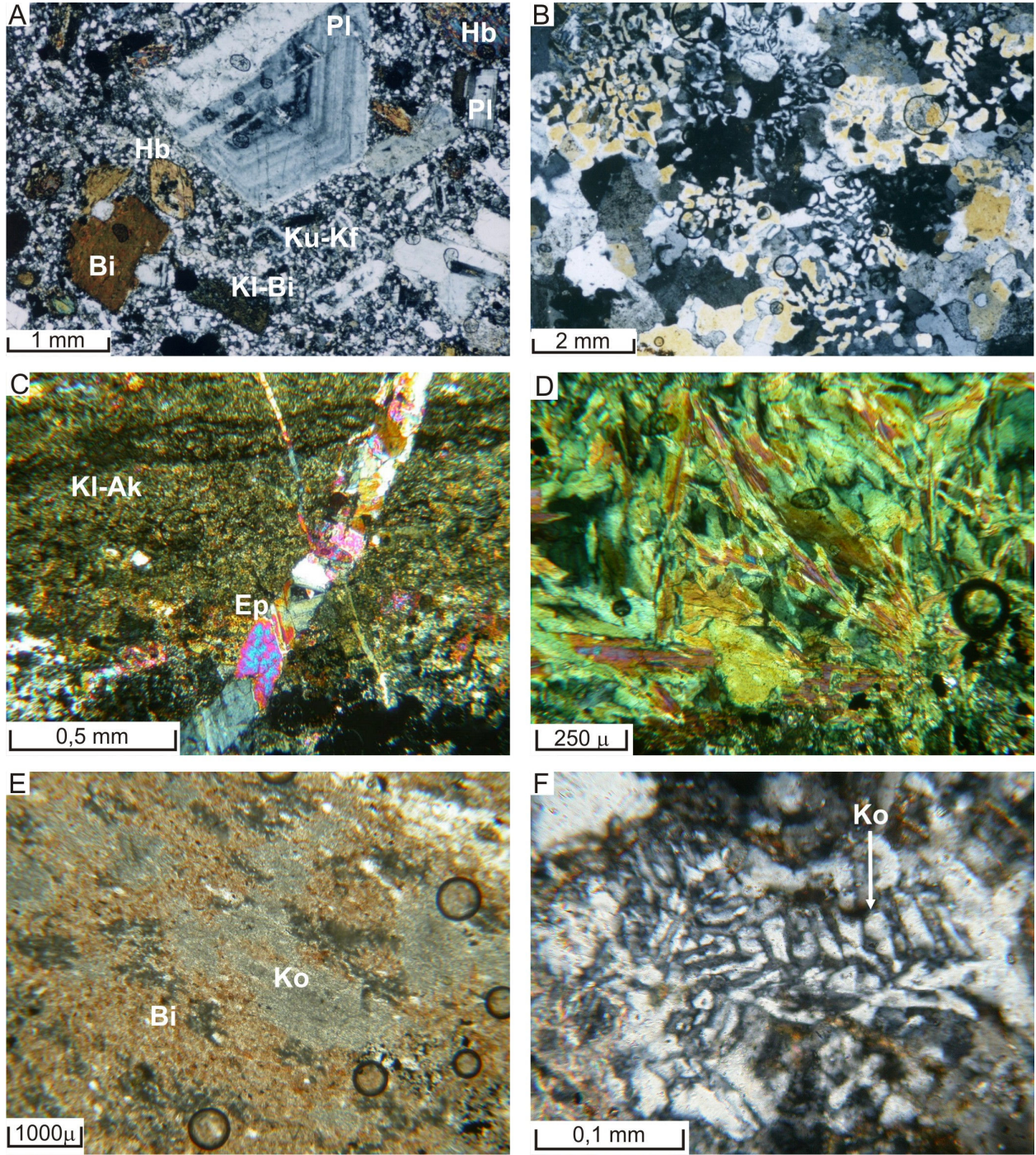
Granitoidin Hodul birimi çakıltışı ve kumtaşları ile dokanakları boyunca gelişmiştir. Çakıltışlarının killi ve karbonatlı çimentosunda çok net bir şekilde yeni mineral gelişimleri izlenebilmektedir. Granoblastik dokulu kuvars ve alkali feldspatların gelişimi, diyopsid ve kordiyerit gibi hornblend hornfels fasiyesinin karakteristik minerallerinin metamorfik oluşumu net bir şekilde izlenmiştir (Şekil 4F). Ayrıca çakıl taşlarını değişik açılarda granatlı-epidotlu skarn damarlarının kestiği gözlenmiştir. Başlıca mineralleri; kuvars, alkali feldspat, kordierit, diopsid, biyotit ve granattır.

SKARN ZONU KAYAÇLARI

Skarn zonunun en geniş mostrası Sarıçayır-Karadoru yolu kenarındaki mostradır ve Karadoru köyü içinde de çok iyi izlenmektedir. Sarıçayır kuzeyinde Armutçuk tepe güneybatısında büyük bir mermer bloğu bulunmaktadır. Granit-mermer dokanağında granat (andradit)-epidot skarn gelişimi belirlenmiştir. Granitin doğusunda yer alan çakıl taşı ve kumtaşlarının çatlak sistemleri boyunca da kalınlıkları 1-3 cm olan epidotlu skarn türü damarlar izlenmiştir. Karadoru köy merkezinde ise ağırlıklı olarak granatlı skarn, granat-epidot skarn karakterindedir. Bununla birlikte hornfelsleri kesen ince damar sistemlerinin de özellikle granat-epidot tipi skarn minerallerinden oluştuğu da belirlenmiştir. Bazı örneklerde sfalerit ve hematit türü cevher minerallerine rastlanmıştır. Demirin andradit türü granat bünyesinde toplanması nedeniyle önemli bir manyetit cevherleşmesi gelişmemiştir.

GRANATLI SKARN

El örneklerinde yeşilimsi sarı ve kahverengidir. Özşekilli granat kristallerinin boyu 2-3 mm kadardır. Tümüyle andradit türü granattan oluşmaktadır. Yapılan XRD analizleri sonucu tamamen andraditten oluştuğu belirlenmiştir. Tek nikelde soluk kahverengi ve yüksek optik engebeye sahiptir. Çift nikelde ise anizotrop özellik gösterir, sektör ikizleri karakteristiktir.



Şekil 4: A) *Karadoru Granitoidi*: Ritmik zonlanma gösteren plajiolklas, biyotit ve hornblend, porfirik dokulu, B) *Granofirik dokulu alkali feldspatlı granit*. C) *Albit – epidot hornfels*: Kayacın foliasyon düzlemlerine dik olarak gelişmiş epidot damarları D) *Hornblend hornfels*: Hornblend demetleri. E) *Biyotit – Kordierit hornfels*: Kızıl kahverengi biyotitler ve poikiloblastik doku gösteren kordieritler. F) *Pelitik hornfelsler*: Metakumtaşı içerisinde kordierit çokuzları.

Figure 4: A) *Karadoru Granitoidi*: Plagioclase with oscillatory growth zonation, biotite and hornblende, porphyre texture, B) *Granophyric textured alkali feldspar granite*, C) *Albite-epidote hornfels*: thin epidote dyke cutting the foliation surface, D) *Hornblende hornfels*: amphibole bunches, E) *Biotite-cordierite hornfels*: Fox-red biotite and cordierite flakes with poikiloblastic grains, F) *Pelitic hornfels*: Multiple twins of cordierite in metasandstone.

GRANAT-EPİDOT SKARN

Makro örnekleri sarı, yeşilimsi sarı renklidir. Çoğunlukla epidot, granat ve özşekilli kuvarslardan oluşmaktadır. Epidot: tek nikelde soluk sarı renklidir. Uzun prizmatik, çubuksal epidot kristalleri demetler ve rozet şeklinde büyümüşlerdir. Kristal aralarındaki boşluklarda ve kırık zonlarında granat ve kuvarsla birlikte büyümüşür (Şekil 5 A-B).

DİOPSİD-GRANAT SKARN

Makro örneklerinde koyu kahverengi renklidir. Kayaç birincil dokusunu tamamen kaybetmiştir. Granitoid sokulumuna en yakın bölgeyi yani iç kontakt zonunu karakterize eder. Başlıca mineralleri; diopsid, andradit, hornblend ve epidottur (Şekil 5 E-F).

SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI YÖNTEM

Karadoru granitoyidi çevresinde gelişen skarn zonundan alınan örneklerde skarn zonunun sıcaklığının belirlenmesi amacıyla sıvı kapanım çalışmaları yapılmıştır. Seçilen örneklerden, 80–100 mikron kalınlığında iki tarafı parlatılmış ince kesitler hazırlanarak sıvı kapanımlar tespit edilmiş ve uygun sıvı kapanımlar Leica DML-polarizan mikroskoba monte edilmiş "Linkham THMG-600 ısıtma-soğutma (heating-freezing) düzeneğinde ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde ısıtma evresi (heating stage) için doğruluk $\pm 0,4$ °C, soğutma evresi için ise $\pm 0,2$ °C'dir.

Ölçüm için uygun sıvı kapanımlar, skarn kuşağındaki epidotlu skarn zonundan alınan örneklerdeki kuvars ve epidot minerallerinde tespit edilmiştir (Şekil 6).

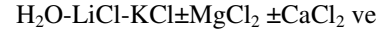
Kapanımlar sıvı (L) ve gazdan (V) oluşan iki fazlı (L+V) kapanımlar ile sadece sıvıdan oluşan tek fazlı kapanımlar şeklindedir. İki fazlı (L+V) kapanımlarda sıvı faz, kapanım hacminin yaklaşık %80-85'ini doldururken, gaz fazı hacmin % 15-20'lik kısmını doldurmaktadır. Kapanımların boyutları 10–40 µm arasında olup, çoğunlukla düzensiz şekillidir. Ölçümler iki fazlı (L+V) kapanımlarda yapılmıştır ve homojenleşmeler sıvı fazda gerçekleşmiştir.

SIVI KAPANIMLARIN MİKROTERMOMETRİK ÖZELLİKLERİ

Sıvı kapanımlar, Roedder (1984), Shepherd ve diğ., (1985) ve Van den Kerkhof ve Hein (2001) tarafından belirlenen kriterler dikkate alınarak birincil, yalancı ikincil ve ikincil kapanımlar şeklinde sınıflandırılmış ve ölçümler birincil ve yalancı ikincil kapanımlardan gerçekleştirilmiştir. Isıtma ve soğutma ölçümleri sonucunda sıvı kapanımlardan elde edilen mikrotermometrik veriler Tablo 1'de verilmiştir.

Skarn oluşum derinliği, sokulum yapan granitik kayaçta tespit edilen turmalin mineraline göre maksimum 2 km olarak değerlendirilmiştir. Bu derinlik dikkate alınarak basınç düzeltilmesi yapılmış ve Tt-kapanlanma sıcaklığı (Trapping temperature) hesaplanması için 60°C sıcaklık farkı (3°C/100m) ölçümlerde elde edilen Th değerlerine eklenmiştir.

Sıvı kapanımların ötektik sıcaklığı (Te) veya ilk ergime sıcaklığını (Tfm) fark etmek her zaman kolay olmamaktadır. Sistemdeki ilk sıvı faz hali, incelenen kapanımların bir kısmında fark edilmiştir. Ölçüm değerlerinde, sıvı kapanımda eser miktarda da olsa bulunabilecek tuzların türü, fark edilen ilk ergime derecelerine göre belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre; tespit edilen Te değerleri (-83 ile -63 arasında) skarnın oluşumu sırasındaki çözeltilerde etkin olan sistemde özellikle Li, K ve Mg' nin önemli oranda varlığına işaret etmektedir. Bu durumda Te değerlerine göre muhtemel çözelti sistemleri (Shepherd ve diğ., (1985);



şeklinde yorumlanmıştır.

SON BUZ ERGİME SICAKLIĞI (TM-İCE)

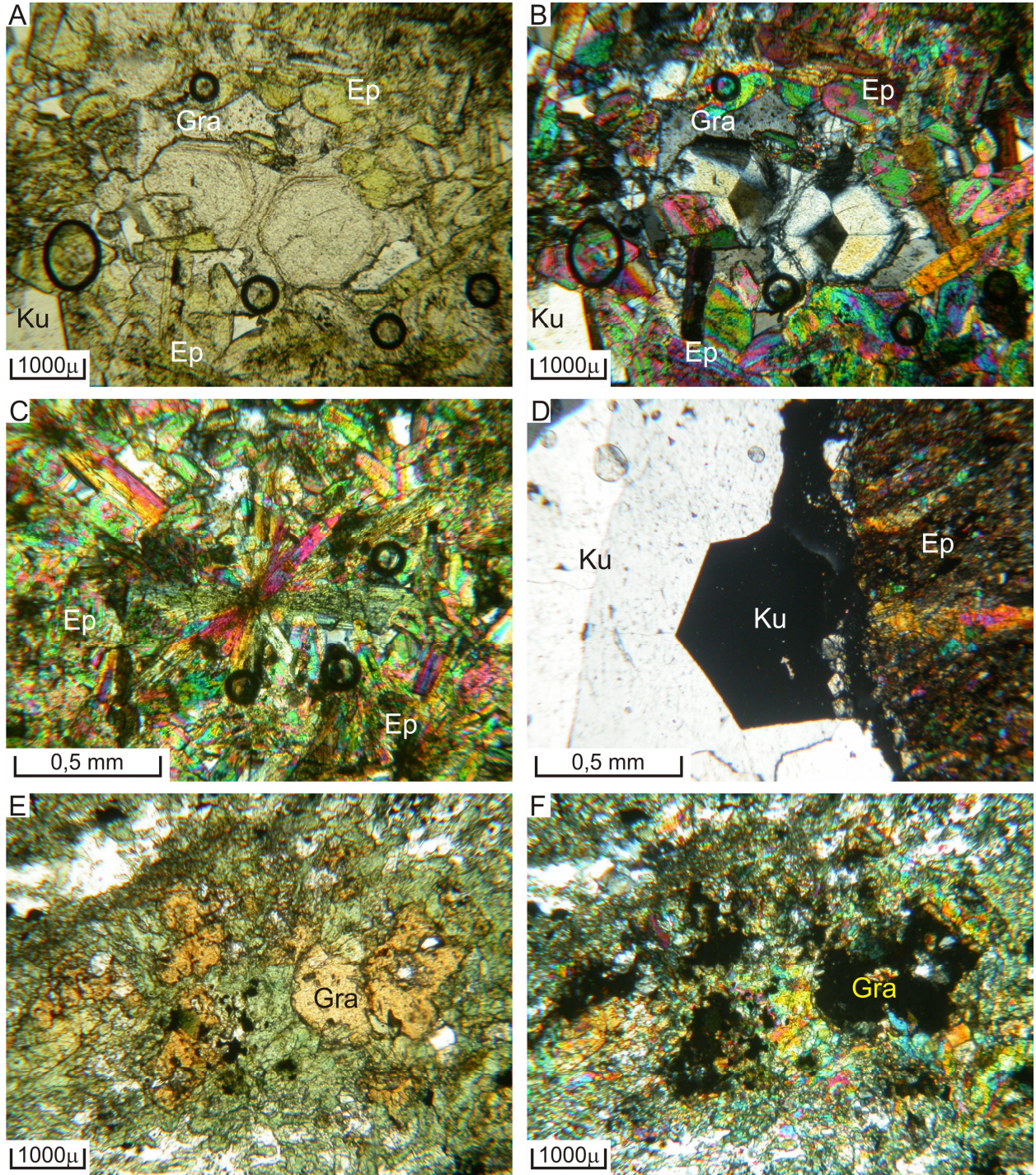
Ölçüm yapılan sıvı kapanımlarda, Epidot-III örneğindeki bazı kuvars minerallerine ait ölçümler hariç, tamamında son buz ergime sıcaklık değerleri (Tm-ice) ölçülmüştür. Tm-ice değerlerine göre skarn minerallerinin oluşumunda etkin olan çözeltilerin %NaCl eşdeğeri tuzluluk hesaplamaları Roedder (1984) ve Crawford'a (1981) göre hesaplanmıştır. Buna göre, epidot ve kuvars minerallerinin oluşumunda etkin olan çözeltilerin % 10,8 ile %20,5 arası NaCl eşdeğerinde tuzluluk değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 7).

HOMOJENLEŞME SICAKLIĞI (TH)

Epidot skarn zonuna ait örneklerden ölçülen Th değerleri (basınç düzeltilmesi eklendikten sonra) 305°C ile 508°C arasında yer almakta ve 3 farklı aralığa düşmektedir. Skarn oluşumunun ilk evrelerinde sıcaklık 508–465°C arasında (ortalama 485°C, n=7), ilerleyen evrede sisteme muhtemelen meteorik suyun da katılımı ile 380–333°C (ortalama 366°C, n=7)' ye ve son evrede ise 318–305°C (ortalama 311°C, n=2)'ye düşmüştür.

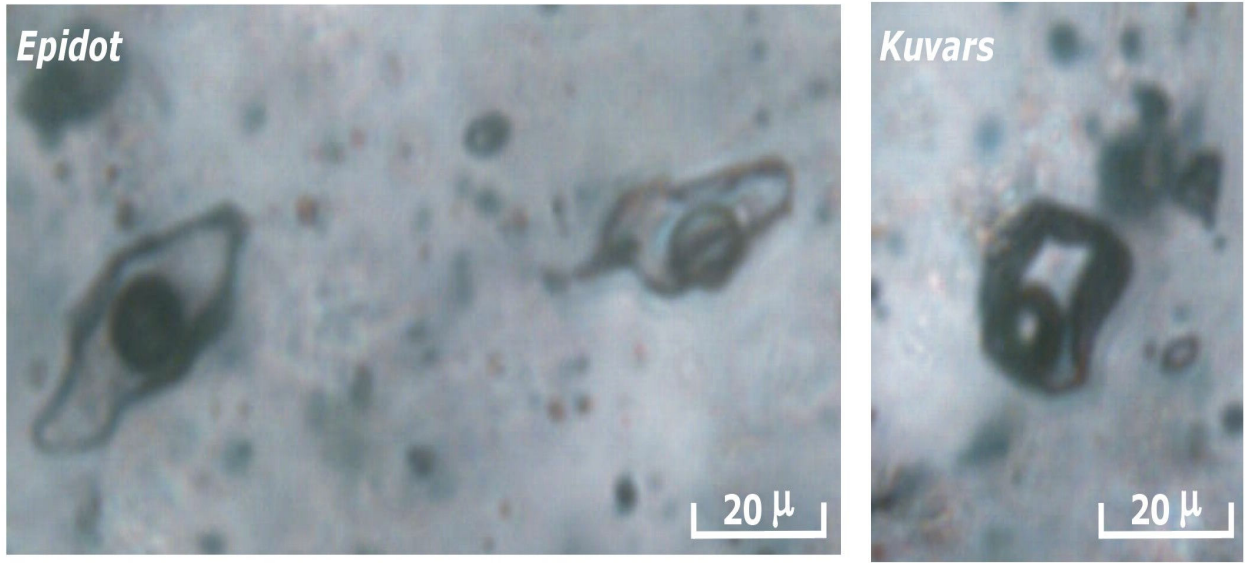
TUZLULUK VE HOMOJENLEŞME SICAKLIĞI İLİŞKİSİ

Homojenleşme sıcaklığı (Th)-%NaCl eşdeğeri tuzluluk değerleri birlikte değerlendirildiğinde (Şekil 7), skarn oluşumunun başladığı ortalama 485°C (508 ile 465°C arasında) gibi yüksek sıcaklıklarda, çözeltilerin 0,6–0,7 gr/cm³ yoğunluğa ve %16–16,8 NaCl eşdeğeri tuzluluğa sahip oldukları görülmektedir. Sıcaklığın ortalama 366°C'ye (380 ile 333°C arası) düşmesiyle birlikte genel olarak tuzluluk da düşmüş (%10–12 NaCl eşdeğeri) çözelti yoğunluğu çok az da olsa (0,7–0,75 gr/cm³) artmıştır. Bu süreçteki tuzluluğun düşmesi, skarn oluşumun ilk evresindeki çözeltiye tuzluluğu daha düşük olan meteorik suyun katıldığına işaret etmektedir. Skarn oluşum sürecindeki sıcaklık ortalama 311°C'ye (305 ile 318°C arası) indiğinde ise çözelti tuzluluğunun arttığı ve buna bağlı olarak da çözelti yoğunluğunun 0,9 gr/cm³'e yükseldiği görülmektedir (Şekil 8).



Şekil 5: A) *Granatlı ve epidotlu skarn örnekleri:* Çoğunlukla iri granatlar ve aralarda prizmatik sarı epidotlardan oluşan granatlı skarn., B) *Anizotrop özellik gösteren sektör ikizli granatlar* (ayni örnek çapraz nikol altında), C) *Rozet şeklinde büyümüş prizmatik epidotlar.* D) *Granatlı - Epidotlu skarnı kesen kuvars damarı,* kuvarslar öz şekilli kristaller halindedir. E-F) *Diyopsit skarn genel görünüşü:* Yüksek girişim renkleri gösteren piroksenler ve izotrop granatlar.

Figure 5: A) *Garnet-epidote bearing skarn:* Coarse idiomorphic garnets and short prismatic yellow epidote minerals, B) *Sector twinning and anisotropic feature of garnets* (same sample under crossed nicols), C) *Epidote rosette* showing stress-free growth conditions, D) *Garnet - Epidote skarn:* thin dyke filled with idiomorphic quartz, E-F) *Diopside skarn* containing brown garnet grains: Garnets are isotropic, diopside shows second order interference colors.

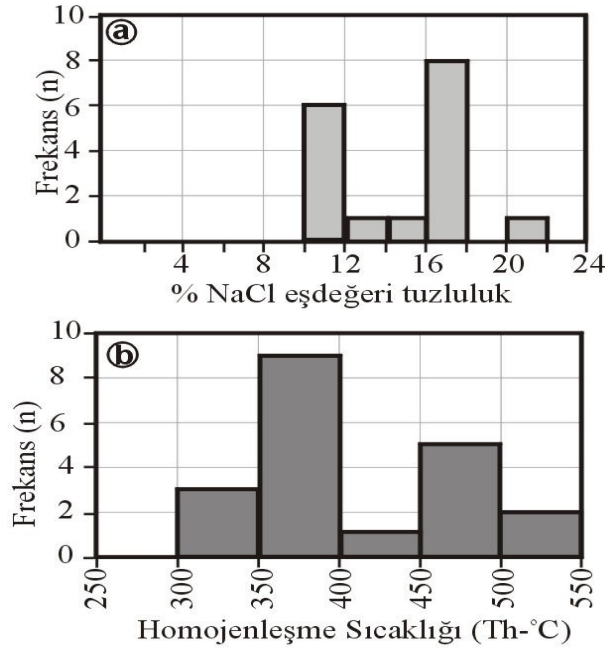


Şekil 6: Epidot ve kuvars kristallerinde tespit edilen, iki fazlı (sıvı ve gaz) birincil sıvı kapanımlar.
Figure 6: Two phases (liquid and vapour) primary fluid inclusions in the epidote and quartz crystal

Table 1: Epidotlu skarn zonunun mikrotermometrik özellikleri (*Th* değerlerine basınç düzeltmesi eklenmiştir. P: Birincil kapanım, PS: Yalancı ikincil kapanım).

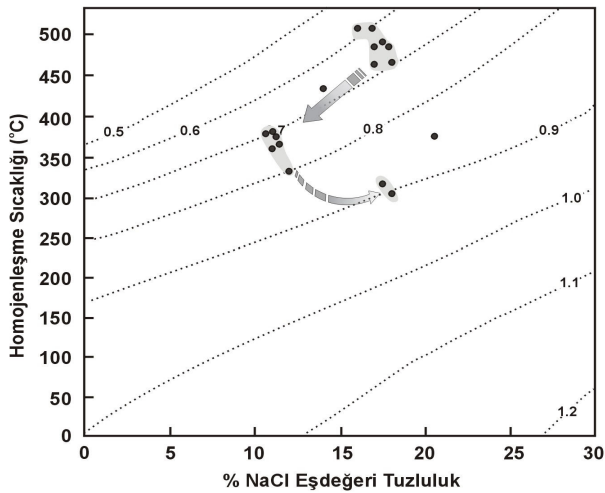
Table 1: Microthermometric features of the epidote skarn zone (pressure correction has been added to *Th* values. P: Primary inclusion, PS: Pseudosecondary inclusion).

Numune No	Mineral	Kapanım Tipi	Ötektik Sıcaklık Te (°C)			Son Buz Ergime Sıcaklığı Tm-ice (°C)			Homojenleşme Sıcaklığı Th (°C)		
			Aralık	n	Ort.	Aralık	n	Ort.	Aralık	n	Ort.
Epidot I	Kuars	P	-68, -63	3	-65	-15 -12	3	-13,5	462-508	5	483
Epidot IV	Epidot	P	-83	1	-83	-14	1	-14	465	2	465
Epidot III	Kuars	P	-	-	-	-	-	-	430	1	430
Epidot II	Kuars	P	-78, -63	3	-68,2	-17 -7,5	3	-12	375-380	2	378
Epidot III	Epidot	P	-	-	-	-10 -5	6	-7	330-375	5	360
Epidot IV	Epidot	PS	-	-	-	-14 -13,8	4	-13,9	305-318	2	308



Şekil 7: Sıvı kapanımlara ait (a) %NaCl eşdeğeri tuzluluk-frekans histogramı ve (b) homojenleşme sıcaklığı-frekans histogramı (Th değerlerine basınç düzeltmesi eklenmiştir).

Figure 7: Histograms for (a) frequency vs. wt % NaCl equivalent salinity and (b) homogenization temperature (Th) vs. frequency (pressure correction has been added to Th values).



Şekil 8: Skarn zonuna ait epidot ve kuvars minerallerinin homojenleşme sıcaklığı – % NaCl eşdeğeri tuzluluk diyagramı (kesikli çizgilerle gösterilen eğriler yoğunluk eğrisi olup Wilkinson, 2001'den aktarılmıştır).

Figure 8: The diagram for the homogenization temperature (Th) vs. wt % NaCl equivalent salinity of the epidote and quartz minerals located in the skarn zone (Dotted lines indicate density curves after Wilkinson, 2001).

Bu durum, meteorik su katılımı ile kısmen seyrelmiş olan sistemin çözelti-yan kayaç etkileşimi sürecinde yeniden çeşitli kanyonlarca (Na, Mg, K, Ca gibi) yüklenerek tuzlulukta bir artışa neden olduğu şeklinde yorumlanabilir.

SONUÇLAR

- Karadoru granitoidi 7 km²'lik bir alanda kontakt metamorfizma ve skarn zonu oluşturmuştur. Granitoid mostraları ise toplam 1 km²'lik bir alanda yüzeylenmektedir. Bu olgu granitoidin üzerindeki örtünün henüz tamamen aşınmadığını bu kütlemin hemen hemen topografyaya paralel olarak yeraltında devam ettiğini göstermektedir.
- Kontakt metamorfizma derecesinin albit-epidot hornfels fasiyesinden başlayıp hornblend hornfels fasiyesine kadar ilerlediği belirlenmiştir.
- Skarn zonunun en fazla 508 °C sıcaklığa ulaştığı, ortamda Li, K ve Mg içeren çözeltilerin etkin olduğu belirlenmiştir. Başlangıçta NaCl eşdeğeri tuzluluğun %20,5 son evrede %10,8 olduğu ve skarn oluşumunun son evrelerinde meteorik suların da ortama katıldığı belirlenmiştir.
- Skarn zonundaki granatların genellikle andradit türü granat olduğu ve demirin granat bünyesinde tutulması nedeniyle küçük manyetit birikimlerinin dışında önemli bir cevher oluşumu gelişmemiştir.

SUMMARY

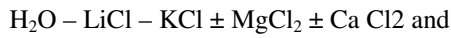
Many granitoid plutons of different size occur in the Biga Peninsula area. One of these is Karadoru Granitoid stock situated in the north of the town of Yenice. Granitoid outcrops are restricted exposures as a result of low level of erosion. Therefore, many outcrops representing the roof of the stock are surrounded by a wide contact aureole. This study concerns the petrography of the contact rocks and skarn occurrences nearby. Detailed fluid inclusion investigations lead us to better understanding of the temperature of skarn formation, salinity and density of solutions. Skarn zone evolution and the possibility of some mineralizations are the following subjects of this study.

The Karadoru Granitoid pluton contains two different facies assemblages. The first one is a marginal facies of porphyry granite located to the north of Karadoru village in the vicinity of Körçeşme Hill. The second one is exposed along the road side around Sarıçayır village and composed of alkaline granitic and aplitic facies. The Karadoru Granitoid was intruded into the Karakaya Complex rocks, causing contact metamorphism. In the contact aureole, albite – epidote hornfels and hornblende hornfels facies rocks are present. Rich mineral paragenesis leads us to recognize different protolite types. Mafic protolites have albite – epidote hornfels and hornblende hornfels assemblages. Under pelitic protolites we observe biotite – cordierite

hornfels and conglomeratic – quartz – feldspar hornfels. Carbonate protolites occur as coarse grained calcite marble.

Near carbonate country rocks and especially at granitoid contact skarn evolution is very obvious. Under skarn rocks we can define garnet skarn, garnet – epidote skarn and diopside – garnet skarn types.

Fluid inclusion measurements were done from epidote and quartz crystals that were taken from garnet – epidote skarn zone. The eutectic temperatures (Te: - 83°C and -63°C) indicate high concentration of the Li, K and Mg in the composition of the solution. According to Te values, possible solution system could be as follow (Shepherd et al, 1985):



If we consider salinity and homogenization temperature values together:

- At the starting temperature of the skarn formation at 485°C (between 508°C and 465°C) the salinity of the solution was 16 – 16,8 % NaCl equivalent and the density was 0,6 – 0,7 gr/cm³.
- After the temperature decreased approximately to 366°C (between 380 and 333°C), the salinity of the solution diminished as well, but the density of the solution slightly increased (0,7 – 0,75 gr/cm³). This phase corresponds to the mixing of meteoric water to the existing solution system.
- It is seen that the salinity and density of the solution increased after the temperature decreased to approximately to 311°C in late stage of the skarn formation (Fig.8). This is interpreted as increase of the salinity via addition of cations (such as Na, Mg, K and Ca) by the fluid-wall rock interaction to the diluted solution after meteoric water added to the system.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin T026/23072002 nolu “Biga (Çanakkale) Doğusunun Mesoyik – Tersiyer Magmatizması ve Metamorfizmasının Petrolojisi” başlıklı doktora tez projesi ile desteklenmiştir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Aysal, N., 2005,** Biga (Çanakkale) Doğusunun Mesozoyik – Tersiyer Magmatizması ve Metamorfizmasının Petrolojisi. Doktora tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. 195 sayfa.
- Crawford, M.L., 1981,** Phase equilibria in aqueous fluid inclusions. In L.S. Hollister and M.L. Crawford (eds.), Short Course in Fluid Inclusions: Applications to Petrology, vol. 6, Mineralogical Association of Canada, 15-100.
- Delaloye, M., AND BİNGÖL, E., 2000,** Granitoids from Western and Northwestern Anatolia: Geochemistry and Modelling of Geodynamic evolution. International Geology Review, Vol 42, p 241–268.
- Ercan, T. Satır, M., Stenitz, G., Dora, A., Sarıfakıoğlu, E., Adis, C., Walter, H.J., Yıldırım, T., 1995,** Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşanlı Adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri. MTA Dergisi, cilt 117, s. 55–86.
- Hem, U.F., 1989,** Microthermometry. Compact course and excercises, IGDL, University of Göttingen, 52 sayfa.
- Kaaden, G.U.R., 1957,** Çanakkale – Biga – Edremit yarımadası bölgesindeki jeolojik saha çalışmaları ve maden yatakları hakkında rapor. MTA Rapor No: 7430.
- Krushensky, R.D., 1976,** Neogene calc - alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar - Yetiller area, north - west Anatolia, Bull. Volcan, 40, p.336 – 360.
- Laçın, D., 2003,** Biga Yarımadası (Çanakkale-Balıkesir) Haloysitlerinin Yataklanma Özellikleri, Mineralojisi ve Oluşumları. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 162 Sayfa.
- Okay, A.İ., Siyako, M. Ve Bürkan, K.A., 1990,** Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. TPJD. Bülteni. Cilt:2/1, 83–121.
- Öngen, S., 1982,** Yenice (Çanakkale) granitoidlerinin ve yan kayaçlarının petrolojisi, İ.Ü. Doçentlik Tezi. 234 Sayfa.
- Öngen, S., Azaz, D., Ve Aysal, N., 2002,** Oligosen yaşlı Namazgah granitoidi ve damar kayaçlarının petrografisi, Yenice (Çanakkale). 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 204–206.
- Roedder, E., 1984,** Fluid Inclusions. Reviews in Mineralogy, Vol.12, 644 pp. Mineralogical Society of America, Washington.

- Saner, S., 1985**, Saros körfezi dolayının çökme istifleri ve tektonik yerleşimi, Ege Denizi, Türkiye. TJK. Bült. 28, 1-10.
- Siyako, M., Bürkan, K.A., Ve Okay, A.İ., 1989**, Biga ve Gelibolu yarımadalarının Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. TPJD. Bült., 1/3, 183-199.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H., Ve Alderton, D.H.M., 1985**, A practical guide to fluid inclusion studies, 239 pp., Blackie-Glasgow.
- Van Den Kerkhof A.M., AND HEIN , U.F., 2001**, Fluid inclusion petrography. Lithos (55), p.27-47.
- Zimmermann, J.L., Saupe, F., Öngen, S., and Anıl, M., 1989**, Oligocene – Miocene K-Ar ages of the quartz-monzonite stocks from Nevruz – Çakıroba (Yenice, Çanakkale, Northwest Turkey). Terra Abstracts, EUG V, Strasbourg, 20 – 23 March 1989.
- Wilkinson, J.J., 2001**, Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits, Lithos, 55-1, sayfa 229-272.

Yayına Geliş - Received : 15.12.2006

Yayına Kabul - Accepted : 16.03.2006