

## METASOMATİK GELİŞMEDE YENİ BİR PROBLEM : ENDOSKARN ÇEŞİTLİLİĞİ

### A NEW PROBLEM CONCERNING THE METASOMATIC EVOLUTION : DIVERGENCE OF ENDOSKARN

Sinan ÖNGEN

İ. Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar-İSTANBUL

**ÖZ:** Kuzeybatı Türkiye'de yaygın olan granitoid plütonlarının kenar zonlarında gelişen metasomatik etkiler sonucu hibrid görünümlü endoskarn kayalar gelişmiştir. Eksoskarn türlerinden kalsik skarn Bayramic Karaköy'de, magnezyumlu skarn ise Kırklareli Dereköy'de gözlenmiştir. Eksoskarn ile paralel gelişen endoskarn yüksek ısı veya düşük ısı mineral topluluklarını içermekte ve dokanaktaki akışkan dolaşımı endoskarnı doğrudan etkilemektedir. Endoskarn zonu kalın olmamasına rağmen çok farklı mineralojisi ile sahada ayırtılabilmektedir. Kalsik endoskarnlarda piroksen ve ortoklas artarken granitoidteki olağan mineraller parçalanıp kaybolmuşlardır. Uchida ve Iyama (1982) nın deneysel veriler sonunda ortaya koyduğu mineral topluluğu Karaköy dokanağında saptanmıştır. Burada, yüksek ısı/düşük ısı sınırı 430 °C ile belirlenmiştir. Magnezyumlu endoskarn daha ender bir oluşum olup içeriğinde piroksenin yanında olivin de yer almaktadır. Diğer tüm minerallerde de Mg artışı olağandır. Bu ortamda demirin serbest kalması ile demir cevherleşmesi oluşurken, kalsik skarnlarda demir, granat içinde tutulmaktadır. Farklı endoskarn oluşumu aşağıdaki üç nokta ile açıklanabilir:

- endoskarn en çok granitoid/kireçtaşı dokanağında magma kayacının değişimi ile oluşmaktadır, endoskarn gelişiminde difüzyon - infiltrasyon etkinliği önemli bir rol oynar,
- endoskarn kalınlığı yan kayaç geometrisi ile kontrol edilir (yer, boyut, konum),
- endoskarn mineralojisini etkileyen en önemli unsur karbonatlı yan kayaç türüdür.

**Anahtar sözcükler :** metasomatizma, endoskarn, granitoid, KB - Türkiye

**ABSTRACT :** Numerous granitoid plutons occur in NW-Turkey where we recognize hybrid rocks making endoskarns at their margin due to intense metasomatic activity. Exoskarn type rocks like calcic skarns were observed at Bayramic Karaköy area and magnesian skarns were observed at Kırklareli Dereköy area. The paralel development of the endoskarn with exoskarn show high or low temperature mineralogical assemblage and this is directly influenced by the circulating fluids at contact. At field, endoskarn is easily recognized with its distinct mineral assemblage. In calcic endoskarn we observe higher concentration of orthoclase and pyroxene where the common minerals of the granitoid become unstable. Resultant minerals of the experiments conducted by Uchida and Iyama (1982) are similar to those of the Karaköy granitoid contact. The high and low temperature boundary corresponds to 430 °C. Magnesian endoskarns are rare; the main difference is the occurrence of olivine with clinopyroxene. Other minerals are also enriched in Mg. Iron liberated by the reactions forms magnetite ore deposits; in calcic skarns iron enters in andradite garnet structure. Diversity of endoskarns is obvious in three points:

- endoskarn forms on the magmatic rock site of granitoid/limestone contacts, role of diffusion - infiltration is very important in endoskarn development,
- thickness of the endoskarn zone is depended by the geometry of the wall rock (localisation, dimension, orientation),
- endoskarn mineralogy is controlled by the chemical composition of the carbonate wall rock.

**Keywords :** metasomatism, endoskarn, granitoids, NW - Turkey

### GİRİŞ

Bu çalışmada, ayrıntılı mineralojik ve kimya analizleri ışığında, endoskarn çeşitliliği KB Türkiye'den iki örnek yerde gösterilmeye çalışılacaktır (Şekil.1).

Öncelikle karbonat kayacı dokanağında assimilasyon (özümleme) sonucu normal granitoid hibrid görünümlü bir kayaca dönüşür. Buna endoskarn denilmek-

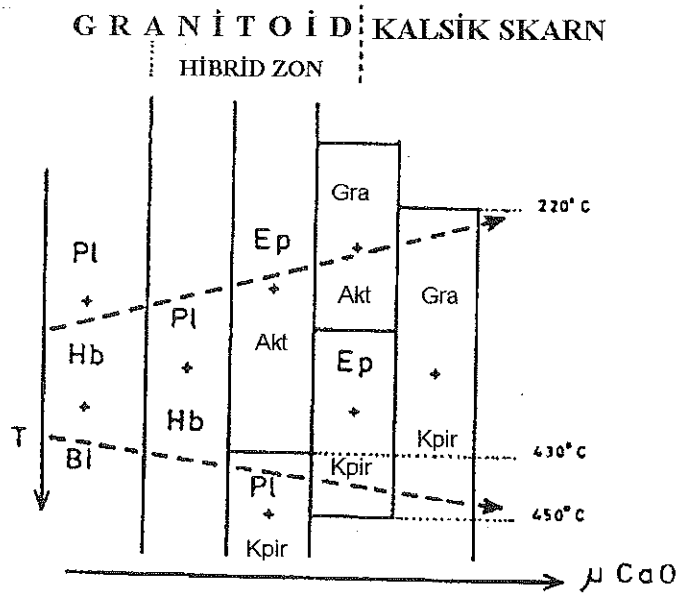
tedir (iç skarn). Skarn dokanağında granitoid hibrid zonları oldukça ilgi çekici olup bu konuda birçok araştırmacı gözlemlerde bulunmuştur (Read, 1925; Osborne, 1931; Joplin, 1935; von Eckermann, 1950; Gindy, 1953; Burnham, 1959; Kesler, 1968; Thompson, 1968; Compton, 1960; van der Auwera, 1990). California Crestmore kontak zonunda Burnham (1959) 1 metre kalınlıkta desilisifiye zonda diopsit ve alkalifeldspat gözlemiş,



Şekil 1. Çalışma sahasının bulduru haritası.  
Figure 1. Location map of the study area.

CIPW normunda ise vollastonit hesaplamıştır. Kesler (1968) ise Haiti'de Terre Neuve monzoniti ile Meme mermeri dokanağında 5-40 m kalınlıktaki hibrid zonda syenodiorit karakterli kayada klinopiroksen, anortit ve özşekilsiz ortoklas beraberliğini vurgulamıştır. Doğu Pirenelerde Panticosa granitoidi ve kalker arasında Thompson (1968) ufak taneli açık yeşil renkli hibrid zonda kuars, plajiolklas ve diopsit ve bol sfen gözlemiş, ayrıca plajiolklas kristalleri içinde anortit artışı gösteren bir halka zonun varlığını kanıtlamıştır. Kimya anali-

zi Si, Ca, Mg artışı buna karşın K, Fe, Al, Ti azalmasını ve normatif vollastoniti hesaplamıştır. Nabelek (1988) Notch Peak graniti dokanak zonunda önemli ortoklas zenginleşmesini ve syenit bileşimli hibrid kayadaki Rb, Sr, Ba değişimini gözlemiş ve desilisifiye zonu eksoskarndaki vollastonit bolluğuna bağlamıştır. Nihayet Uchida ve Iyama (1982) deneysel çalışmalarda Ca aktivitesinin farklı ısı düzeylerinde oluşturabileceği mineralojik zonları ortaya koymuşlardır (Şekil.2) :



Şekil 2. Kalsiyumun kimyasal potansiyeline ve kontak ısısına bağlı olarak gelişen mineralojik bileşim değişimleri (Uchida ve Iyama, 1982). Oklar düşük ısı ve yüksek ısı endoskarın izledikleri yolu göstermektedir.  
Figure 2. Evolution of mineralogical assemblages depending of potential chemical activity of calcium and of contact temperatures (Uchida and Iyama, 1982). Arrows show the compositional path with high and low temperature conditions.

Yüksek ısıda

Pl + Bio / Pl + Hb / Pl + Kpir /// Gra + Kpir

Düşük ısıda

Pl + Bio / Pl + Hb / Ep + Akt (Klo) / Gra + Akt /// Gra + Kpir

Bu çalışmaların sentezi şöyle açıklanabilir: granitoid – kireçtaşı dokanağında, magma kayacı içinde hornblendin yerini piroksenin aldığı, biotit ve magnetitin kaybolduğu, plajioklas anortit değerinin arttığı, sfenin bolluğu bir hibrid zon oluşur.

Söz konusu alanlarda önceki çalışmacıların gözlemlerinden bazıları saptanmıştır. Birinci örnek yerde Evciler granitoid plütunu kalsiyumlu skarn dokanağındaki hibrid zon, ikinci örnek yerde ise Dereköy granitoid plütunu magnezyumlu skarn dokanağındaki hibrid zon incelenecek, ayrıca mineral bileşimindeki değişimlerinde önem kazandığı ortaya konulmaya çalışılacaktır.

#### BAYRAMIÇ KARAKÖY KALSİK SKARN ZONU

Bayramiç Karaköy'ün 2 km KD da Kurca Tepe – Katır Tepe arasında Evciler plütouna ait Karaköy granodiorit fasiyesi kayaçları (KAGR, KUGR) Kazdağ Grubuna ait metamorfik karbonat seviyelerini kesmektedir. Dokanakta 1-5 m kalınlıkta endoskarn zonu gelişmiştir. Bu alanda iki tür endoskarn saptanmıştır :

- **kuru endoskarn (yüksek ısı);** KAGR, KADİ, KAMO örnekleri) Katır Tepe sahasındaki dokanak,
- **sulu endoskarn (düşük ısı);** KUGR, KU-113, KU-114, KU-1 örnekleri) Kurca Tepe sahasındaki dokanak (Tablo 1 ve 2).

#### Kuru Endoskarn (yüksek ısı) :

Katır Tepe skarn zonu güney kenarı dokanağında bir çok yüzlelerde granodioritin değiştiği gözlenir. Normal granodioritten hareketle :

- ultramafik ve amfibol hornfels yakınında 1 m kalınlığında biotitin kaybolduğu diorit bileşimli bir kayaç (KADİ) yer alır. Mineralojik bileşimi % 70 andezin ( $An_{44}-An_{36}$ ), metasomatik diopsit, ender ortoklas ve boşlukları dolduran kuarstan oluşur. Bazı plajioklaslarda iç kalsik çerçeve gözlenir ( $An_{41}-An_{48}-An_{36}$ ). Klinopiroksen saf diopsite çok yakın bileşimdedir :  $Ca_{49.4} Fe+Mn_{8.5} Mg_{42.1}$  ve  $Ca_{49.9} Fe+Mn_{5.5} Mg_{44.6}$ . Amfibol ise edenit bileşimine yakın ufak yeşil kristaller halinde bulunur. Plajioklas iri özşekilli prizmatik andezinlerle temsil edilir.

- Mermer dokanağı yakınında gözlenen açık renkli, hafif yeşil benekli bir kayaç monzonit bileşimine benzerdir (KAMO). Kalınlık 1-10 m arasında değişir. Bu hibrid zonda granodioritin hem biotiti hemde amfibolu kaybolmuştur. Bunların yerine ferro-magnezyumlu mineral olarak metasomatik diopsit geçmiştir. Ayrıca kuars ve magnetitin de bulunmadığı bu kayaçta taneli bir doku gözlenebilmektedir. Özşekilsiz girintili çıkıntılı kenarlı plajioklas kristalleri mikroskopta zonlu yapı göstermedikleri halde mikroprob analizleri andezin-oligoklas sınırında normal bir zonlanmayı ortaya çıkarmıştır. Polisentetik ikizli ve ortoklas sınırında yuvarlanmış özşekilsiz plajioklasta  $An_{33}-An_{29}$  değişimi bulunmuştur. Buna karşın prizmatik kristalde merkezden kenara doğru  $An_{43}-An_{37}-An_{41}-An_{36}$  zonları gelişmiştir. Bu zonlanma genelde granodiorit plajioklaslarında gözlenenden farklıdır. Ortoklas özşekilsiz plajioklasların yerine geçmekte ve arada albit oluşmaktadır. Özşekilsiz iri ortoklasların  $Or_{90}$  bileşimi granodiorit (KAGR) ortokalsına  $Or_{80}$  görede farklıdır. Piroksen 2 mm irilikte özşekilsiz taneler, açık yeşil renkte olup optik özellikleriyle ( $2V = 60^\circ$ ;  $Z^c = 42^\circ$ ) diopsite yakındır. Fakat mikroprob analizlerinde hedenbergit molekülünün artışı gözlenmiştir ( $Hd_{23}-Hd_{46}$ ). Yer yer saçaklı görünüşte aktinolit dönüşüm ikincil kökenlidir. İri kristallerde diopsitin rengi hedenbergit bileşenine bağlı kalarak merkezden kenara doğru soluk yeşil – yeşil arasında değişir. Ufak piroksenlerin rengi her yerde yeşildir. Aksesuar mineral oranı % 3 e ulaşır, apatit ve bal rengi özşekilli sfen kristalleri olağandır. Sonuçta monzonitin oldukça dengesiz bir mineralojik yapısı olduğu ortaya çıkmaktadır. Diopsitin hornblend ve biotitin yerine kristalizasyonu  $H_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$  ve  $CaO$  göçünü gerektirmektedir.

#### Sulu endoskarn (düşük ısı) :

Kurca Tepe skarn zonu güney kenarında mermer blokunun ucu granodiorit tarafından çevrilmiş olup bu alanda hidrotermal aktivite ilk endoskarnın özelliklerini değiştirmiştir (Tablo.2):

- endoskarn içinde yeşil klinopiroksen granodioritteki (KUGR) biotit ve hornblendin yerini almıştır. Bu esnada magnetit de bozunmaya başlamıştır. Genel olarak bu değişimde biotit daha hassas bir davranış içindedir. Biotitin bozulması bol sfen kristalizasyonunda oluşturmuştur. Aynı anda hornblendin ince aktinolit iğnelere dönüştüğünü gözlenir (KU-113). Aktinolit de yer yer kalsite dönüşmektedir. Ufak taneli yeşil klinopiroksen aktinolit iğnecikleriyle beraberdir. Bol bulunan sfen özşekilli ve iri tanelidir. Plajioklas ise kal-

**Tablo 1.** Karaköy Kurca Tepe – Katır Tepe dokanağında hibrid granitoidlerin kimyası ve CIPW normu.  
**Table 1.** Chemistry and norm of hybrid granitoids at Karaköy Kurca Tepe – Katır Tepe contact.

|                                | KAGR  | KUGR  | KADI  | KAMO  | KU-113 | Anal.3 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 66.65 | 63.64 | 60.63 | 58.21 | 50.08  | 60.22  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.46  | 0.57  | 0.69  | 0.33  | 0.77   | 0.80   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.61 | 15.63 | 17.11 | 16.96 | 17.22  | 14.56  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.89  | 0.77  | 0.25  | 0.55  | 1.10   | 0.60   |
| FeO                            | 2.25  | 3.45  | 1.12  | 2.45  | 4.95   | 2.93   |
| MnO                            | 0.11  | 0.11  | 0.08  | 0.15  | 0.56   | 0.86   |
| MgO                            | 2.30  | 2.37  | 2.77  | 2.15  | 2.78   | 1.64   |
| CaO                            | 4.61  | 4.47  | 8.83  | 7.83  | 11.33  | 7.31   |
| Na <sub>2</sub> O              | 3.34  | 3.40  | 4.17  | 3.72  | 3.35   | 3.36   |
| K <sub>2</sub> O               | 3.17  | 3.52  | 1.65  | 5.42  | 0.60   | 6.97   |
| H <sub>2</sub> O               | 0.52  | 0.67  | 1.39  | 0.73  | 5.49   | 0.60   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  |       | 0.13  | 0.14  | 0.17  | 0.24   | 0.17   |
| <b>Toplam</b>                  | 99.91 | 98.73 | 98.83 | 98.67 | 98.47  | 99.22  |
| <b>Ba</b>                      |       | 810   | 505   | 1567  | 139    |        |
| <b>Sr</b>                      |       | 478   | 598   | 878   | 691    |        |
| <b>V</b>                       |       | 116   | 140   | 72    | 69     |        |
| <b>Rb</b>                      |       | 124   | 44    | 271   | 21     |        |
| <b>Qu</b>                      | 21.51 | 16.35 | 11.31 |       | 2.25   | 1.41   |
| <b>Or</b>                      | 18.75 | 20.82 | 9.76  | 32.06 | 3.55   | 41.01  |
| <b>Ab</b>                      | 28.23 | 28.74 | 35.24 | 31.10 | 28.31  | 28.32  |
| <b>An</b>                      | 18.19 | 16.94 | 23.06 | 13.51 | 30.14  | 4.04   |
| <b>Ne</b>                      |       |       |       | 0.18  |        |        |
| <b>Di</b>                      | 3.79  | 3.61  | 15.63 | 18.78 | 20.38  | 16.08  |
| <b>Hy</b>                      | 6.75  | 9.10  | 0.44  |       | 4.75   |        |
| <b>Wo</b>                      |       |       |       | 0.57  |        | 5.00   |
| <b>Ol</b>                      |       |       |       |       |        |        |
| <b>Mt</b>                      | 1.29  | 1.12  | 0.36  | 0.80  | 1.60   | 0.87   |
| <b>Ilm</b>                     | 0.87  | 1.08  | 1.31  | 0.63  | 1.46   | 1.52   |
| <b>C</b>                       |       |       |       |       |        |        |
| <b>Ap</b>                      |       | 0.28  | 0.31  | 0.37  | 0.52   | 0.37   |

**KAGR** : Karaköy fasiyesi "normal" granodiorit biotit, hornblend, andezin, ortoklas, kuars, magnetit ve sfen içerir.

**KUGR** : Mafik hornfelslere 5m mesafede iri ortoklaslı granodiorit. Mineral bileşiminde biotit, hornblend, plajiyoklas (zonlu yapı gösteren andezin), özşekilli ortoklas, kuars, magnetit, apatit, sfen içerir.

**KADI** : Ultramafik hornfels dokanağında diorit. Mineral bileşimi: plajiyoklas (labradorit %70 modal bileşimi oluşturur), metasomatik klinopiroksen, ender ortoklas ve kuars.

**KAMO** : Kalsik eksoskama 5m mesafede monzonit. Mineral bileşimi: metasomatik klinopiroksen, ortoklas ve az plajiyoklas, sfen, apatit içerir.

**KU-113** : Doku görünümüyle granodiorit (KUGR) benzer fakat piroksen eksoskama dokanağında metasomatik dönüşümden etkilenmiştir. Mineral bileşimi: az aktinolit, metasomatik klinopiroksen, bol sfen; plajiyoklasların yerini kalsit+kuars beraberliği almıştır.

**Anal.3** : Crestmore dokanağında syenit (Burnham, 1959).

sit ve kuarsa dönüşmüş olup psödomorfları belirgindir. Tane şekilleri ve kalık doku itibarıyla kayacın granodiorit olduğu açıktır (KU-113).

- karbonat dokanağında bulunan kayaç (KU-114) mozaik dokusu göstermektedir. Plajiyoklas kristallerinin yeri kuars ve kalsitle doldurulmuş, bunun dışında kayaçta epidot ve yeşil klorit yer almaktadır. Epidot çoğunlukla yeşil renkli bir smektite dönüşmüştür.
- Granodiorit mermer dokanağı örneği (KU-1) apatit hariç, tüm endoskama mineralojisi ve dokusunu temsil

etmektedir. Ufak taneli kuars ve kalsit matriksi içinde yeşil diopsit, epidot ve izotrop grossular + kuars beraberliği (plajiyoklas yerine) gözlenmektedir. Burada da eksoskama olduğu gibi geç faz skarn boşluklarında Fe-aktinolit kristallenmiştir.

#### Hibrid zonda element alış verışı

Granodiorite göre monzonitte bazı elementlerin artışı belirgindir : K<sub>2</sub>O (% 4 - % 10), Rb (250 ppm – 500

**Tablo 2.** Karaköy kalsik skarn zonunda petrografik-jeokimyasal gözlemler.

Table 2. Petrographic-geochemical observations of calcic skarn zone at Karaköy.

**SULU ENDOSKARN (DÜŞÜK ISI; KURCA TEPE)**

|                | KUGR   | KU-113  | KU-114   | KU-1  |
|----------------|--|---|--|---|
| Sfen           | +  | +++   | +  | -   |
| Magnetit       | +  | -   | -  | -   |
| Apatit         |  |   |  |   |
| Biotit         | İri psödoheksagonal kristallerde pl, ap, mag kapantılı   |   |  |   |
| Klinopiroksen  |  | Ufak, yuvarlak,                               | Ufak taneler renksiz taneler   | İri yeşil kristaller, yer yer ferroaktinolite dönüşüm               |
| Amfibol        | Magnezyumlu hornblend özşekilli kristaller halinde, yer yer biotite dönüşüm, mag, ap kapantıları | İşinsal aktinolitler, yer yer kalsite dönüşüm | Yeşil klorit ve epidot amfibol yerine geçer, smektit (nontronit) ayrışması | Özşekilsiz epidot   |
| Plajjioklas    | Andezin (An <sub>41-34</sub> ), kristal ortasında salınlı zon yapısı                             | Tamamen kuars ve kalsite dönüşüm              | Kuars ve kalsitten oluşan köşeli taneler                                   | Kuars+kalsitten oluşan matriks, izotrop granat ve kuars agregatları |
| Alkalifeldspat | Ortoklas (Or <sub>85</sub> ), 2 cm'den büyük iri kristallerde zonal kapantı dağılımı             |   |  |   |
| kuars          | özşekilsiz   | özşekilsiz                                    | özşekilsiz   | Özşekilsiz, boşluklarda kristallenme                                |
| % CaO          | 4  | 11  | 24, Cu 500ppm  |   |

**KURU ENDOSKARN (YÜKSEK ISI, KATIR TEPE)**

|                    | KAGR   | KADI   | KAMO  |
|--------------------|--|--|---|
| Sfen               | +  | ++   | +++ özşekilli   |
| Magnetit           | +  | -  | -   |
| Apatit             | +  | ++   | +++ heksagonal  |
| Biotit             | Psödoheksagonal kristaller   |  |   |
| Klinopiroksen      |  | Diopsit (Hd <sub>13</sub> ) renksiz iri kristaller   | Yeşil Fe-diopsit (Hd <sub>23</sub> -Hd <sub>46</sub> ), 3mm'den büyük özşekilsiz kristaller   |
| Amfibol            | Aktinolitik hornblend, 1cm'den büyük özşekilli kristaller  |  |   |
| Plajjioklas        | Andezin, prizmatik kristaller An <sub>43</sub> -An <sub>29</sub> , salınlı zonlu kristal merkezi | Andezin, özşekilsiz salınlı zonlar, An <sub>44</sub> -An <sub>33</sub> ; prizmatik kristal ortasında kalsik çerçeve An <sub>41</sub> -An <sub>48</sub> -An <sub>36</sub> | Andezin, ufak özşekilsiz kristaller, kalsik çerçeve An <sub>42</sub> -An <sub>37</sub> -An <sub>48</sub> -An <sub>36</sub> ; ufak kristaller An <sub>33</sub> -An <sub>29</sub> |
| Alkali feldspat    | Yarıözşekilli, iri ortoklas, 1cm den büyük (Or <sub>80</sub> )                                   | Ortoklasların araları kuars ile sıvanmış ve yuvarlanmış kristaller   | İri özşekilsiz ortoklas kristalleri (Or <sub>83</sub> ), taneler arası albit oluşumu  |
| kuars              | özşekilsiz   | Ufak kristaller  |   |
| % CaO              | 4.6  | 8.8  | 7.8   |
| % K <sub>2</sub> O | 3.2  | 1.6  | 5.4   |
| Norm CIPW          | hipersten  | diopsit  | vollastonit, nefelin  |

ppm), Sr (150 ppm – 790 ppm), Ba (250 ppm – 2160 ppm). Endoskarnın desilisifiye özelliği tamamen eksoskarndaki vollastonit oluşumuna bağlıdır. Metasomatik evrenin sonuna kadar silis göçü sürmüştür.

Granitoidte kuars azalması,  $K_2O$ ,  $Al_2O_3$ , CaO artışını getirmiştir. K ya paralel olarak Rb artışı monzonitte belirgindir. Sr ise kireçtaşından Ca la beraber gelmiştir. Ancak Al un granitoidten mermere doğru göçü zor açıklanabilir: genellikle endoskarnda Al azalması hornblend yerine klinopiroksen kristalizasyonunu kolaylaştırmaktadır. Eksoskarn yönünde Al akışı vollastonit yanında epidot oluşumunu, mafik hornfelslerde ise damarcıklarda klinozoisit oluşumunu gerçekleştirmiştir.

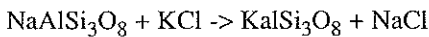
Karbonat kayacındaki dekarbonatlaşma reaksiyonu ve endoskarn parajenezi Ca un granitoid yönündeki göçünü sağlamıştır. Monzonitte CaO oranı granodiorite göre iki kez daha fazladır (Tablo 2). Endoskarnda Ca artışı aşağıdaki mineralojik değişimi gösterir :

- metasomatik diopsit
- eksoskarnda klinozoisit oranı artışı
- biotit, hornblend ve magnetitin bozunmasıyla bol sfen kristalizasyonu
- epidot ve kuars ile temsil edilen geç faz metasomatik bozunma.

Karaköy endoskarnda granitoid yönünde Ca göçü plajioklas oluşumuna yer vermemiştir, çünkü Al un aksi yönde göçü ile ortamdaki bol Ca endoskarnda ancak diopsit oluşumunu gerçekleştirmiştir (Şekil.2).

### Endoskarn içinde ortoklas oluşumu

Monzonit bileşimli endoskarnda ortoklas ve klinopiroksenin bol bulunması  $CO_2$  ortamını, yani mermeredeki dekarbonatizasyon reaksiyonu ile açıklanabilir.  $CO_2$  ortamında magmadaki suyun çözünmesi engellenmiş (Holloway, 1976; Swanson, 1979) ve piroksenin biotit+hornblend yerine kristalizasyonu kolaylaştırılmıştır. Bununla beraber Swanson'un (1979) verileri Ku-Or-Ab sistemindeki ötektik nokta albit ucu yönünde ( $CO_2$  ortamı) hareket etmekte ve ilk magma bileşimini K-Feldspat alanına kaydırmaktadır. Bunun yanında Ba ve Sr un artışı granitoid magmasının yoğun  $CO_2$  ortamındaki davranışı ile açıklanabilir. Bu ortamda K nın tek kaynağı magmada olup tüm eksoskarlarda  $K_2O$  % 1'den azdır. Orville (1963) magma kristalizasyonunun (ısıtım düşmesi) devamında 700 → 500 °C akışkan, yakınında kristallenmiş Na lu minerallerle aşağıdaki reaksiyonun oluştuğunu saptamıştır :



Bu reaksiyon albit – ortoklas değişimini göstermektedir.

Biotit ve hornblendin bozunmasıyla ortaya çıkan K, plajioklasın Na oranının artışıdan kaynaklanan Al boşluklardaki ortoklas oluşumuna işaret etmektedir. Ortamdaki  $CO_2$  artışı da plajioklasların içindeki taç dokusunu geliştirmiştir.

Granodiorit üzerindeki geçirimsiz kireçtaşı örtüsü magmanın susuz ve birazda ısınmasına neden olmaktadır. Lakin metasomatik olaylar bu fazın kısa ömürlü olmasına neden olmuştur. Endoskarndaki magmatik dokunun korunmuş oluşu endoskarn gelişiminin granitoidin kenar zonlarının katılmasından hemen sonra başladığını göstermektedir. Ufak taneli kenar zonunun bulunmayışı özşekilsiz plajioklas ve ortoklas bulunuşu metasomatik evre kristalizasyonu düşüncesini kuvvetlendirir. Monzonitik hibrid zonun az kalınlıkta bulunuşu endoskarn olayının kireçtaşı bloklarına bağlı olarak yersel geliştiğini göstermektedir. Diopsit oluşumu 500 → 550 °C arasında ısıyı diopsitin sonra kısmen aktinolite dönüşümü en az 450 °C ısıyı belirler.

### Sonuç

Granodioritte dokanağa 10 m yaklaşıldığında değişimin izleri gözlenmeye başlar. Bu değişim ile önemli endoskarn zonu bulunması durumunda pre-skarn dokanağının yerinde (in situ) izlenmesini de sağlamaktadır.

Yüksek ısı endoskarnda özellikler : metasomatik diopsit kristalizasyonu, biotit + hornblendin kayboluşu, plajioklas iç kısmında kalsik çerçeveler, bol sfen kristalizasyonu, özşekilsiz ortoklasın bulunuşu şeklindedir.

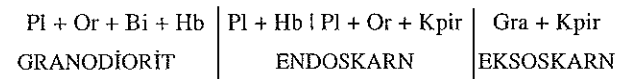
Kayacın kimya analizi ve CIPW hesapları Al, Mn, Ca (fazla), Na, K (fazla) artışı Si, Fe, Mg, Ti azalışını ve normda vollastonit ve nefelinin yer alışı ise endoskarnda diğer tipik özellikleridir.

Eğer endoskarn hacminin ve yoğunluğunun fazla değişmediğini kabul edersek Greesen (1967) formülünden kütle dengesini (granodiorit-endoskarn arasında) hesaplayabiliriz. Endoskarnda granodiorite göre değişim oranları:

MnO için + % 36, CaO için + % 70,  $Na_2O$  için + % 11,  $K_2O$  için + % 71 ve

$SiO_2$  için - % 13,  $TiO_2$  için - % 28.  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ , MgO değişim belirgin değil.

Silis azalması vollastonit eksoskarn oluşumuna bağlanır. Aşağıdaki mineralojik değişimler granite doğru olan Ca aktivite potansiyeline göre dizilir:



### KIRKLARELİ DEREKÖY MAGNEZYUM SKARN KONTAKTI

Dereköy Plütünü granitoidleri ile Dolapdere formasyonuna ait dolomitik mermer ve dolotaşları (Kapaklı ünitesi) arasında Dereköy'ün 2 km kuzeyinde (Bahtiyar Tepe, Çakmakbaşı, Kalyoncu Tepe) endoskarn zonu gelişmiştir (Şekil 1). Sahada hibrid zonu kalınlığı gabro/dolotaşı dokanağının eğimine bağlıdır. Esasen zon kalınlığı 10 m geçmemektedir. Plütön içinde endoskarna gelmeden gözlenen granodiorit/gabro sınırında geçişli olup yavaş yavaş koyu renkli minerallerin artışı ile gabro fasiyesi ayırtlanabilmektedir. En iyi görülen mostralarda (Çıplak Tepe ve Kale Tepe) diorit/gabro geçişi gözlenmektedir. Dokanakta gabro içinde ufak taneli sülfür mineralleri oluşumunda göze çarpmaktadır. Kapaklı dolomitli mermer ve saf dolotaşlarının yaşı muhtemelen Üst Juradır. Mikroskopta poligonal mozaik doku altında kalsit ve dolomit kristalleri yer almaktadır. Plütön güney kontaktına yakın yerlerde dolotaşları içinde gabroların

yüzlek vermesi plütön tavanının az derinde devamlılığını belirtmektedir. Sahada yan kayaç bileşimine bağlı olarak Dereköy plütönü monzonit fasiyesine yakın iki tür endoskarn bulunmaktadır. Bunlar da monzonitik bileşimli Beyendik Tepe ve gabro bileşimli Çakmakbaşı endoskarnlarıdır (Tablo.4).

#### Monzonit (BT-2; Tablo.3)

Dereköy plütönüne ait iri alkali feldspat (2cm) içeren açık renkli bir fasiyestir. Kristalografik incelemelerde monoklinal sistemde kristallerin önemli albit bileşeni içeren bir alkali feldspat ( $Or_{60}Ab_{40}$ ) olduğu saptanmış, Karlsbad ikizi ve apatit-opak taneler kapantıları gözlenmiştir. Optik özelliklerde sanidine yakınlığı belirtmektedir. Plajioklas sınırında mirmekitler yaygındır. Özsekilli plajioklas kombine Karlsbad-Albit ikizli olup An oranı 30-21 arasındadır. Bu yönde Or oranında 1.6 dan 6.0 a bir evrim göstermektedir. Bu tür plajioklaslar subvolkanik kayaçlarda yaygındır. Kırmızı kahve renkli

**Tablo 3.** Dereköy granitoid/dolotaşı kontak zonu hibrid kayaçların kimyası.

**Table 3.** Chemistry of hybrid rocks along granitoid/dolomite contact at Dereköy.

|   | MONZONİT<br>BT-2 | ENDOSKARN<br>BT-1 BT-1A |       | EKSOSKARN<br>BT-1A* | DOLOTAŞI<br>BT-12 |
|---|------------------|-------------------------|-------|---------------------|-------------------|
| SiO <sub>2</sub>                            | 59.57            | 57.65                   | 41.58 | 35.13               | 0.11              |
| TiO <sub>2</sub>                            | 0.65             | 0.46                    | 0.43  | 0.38                |                   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>              | 18.73            | 19.27                   | 8.23  | 5.95                | 0.04              |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>+</sup> | 4.35             | 6.19                    | 17.14 | 23.08               | 0.08              |
| MnO   | 0.08             | 0.11                    | 0.39  | 0.52                | 0.12              |
| MgO   | 1.53             | 3.04                    | 16.48 | 18.98               | 20.10             |
| CaO   | 3.31             | 6.28                    | 9.07  | 8.29                | 32.22             |
| Na <sub>2</sub> O                           | 4.34             | 3.67                    |       | 0.10                |                   |
| K <sub>2</sub> O                            | 6.22             | 1.60                    | 2.83  | 2.80                |                   |
| H <sub>2</sub> O                            | 0.88             | 1.28                    | 2.69  | 3.44                | **46.05           |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>               | 0.52             | 0.19                    | 0.14  | 0.33                | 0.03              |
| Toplam                                      | 100.18           | 99.74                   | 98.98 | 99.00               | 98.75             |
| Cu  | 58               | 666                     | 30633 | 5000                | 10                |
| Rb  | 267              | 54                      | 340   | 477                 | 10                |
| Sr  | 600              | 320                     | 148   | 19                  | 189               |
| Zn  | 47               | 61                      | 177   | 232                 | 10                |
| Ap  | 1.14             | 0.33                    | 0.28  |                     |                   |
| Ilm   | 1.23             | 0.83                    | 0.74  |                     |                   |
| Mt  | 1.13             | 1.59                    | 4.04  |                     |                   |
| Or  | 36.65            | 9.47                    | 15.06 |                     |                   |
| Ab  | 36.63            | 31.24                   |       |                     |                   |
| An  | 12.99            | 29.28                   | 12.70 |                     |                   |
| Di  |                  |                         | 23.26 |                     |                   |
| Hy  | 8.27             | 14.29                   |       |                     |                   |
| Ol  |                  |                         | 38.50 |                     |                   |
| Ne  |                  |                         | 2.80  |                     |                   |
| C   | 0.17             | 0.73                    |       |                     |                   |
| Q   | 0.65             | 10.83                   |       |                     |                   |
| Wo  |                  |                         |       |                     |                   |

+ toplam demir, \*\*CO<sub>2</sub> değeridir.

biotit kısmen klorite değişmiş (pennin), yüksek Ti oranı (%5) kontak metamorfik fasiyese uygunluk göstermektedir. Amfibol aktinolit iğnecikleriyle temsil edilir. Kayaçta önemli oranda aksesuar mineraller bulunur, bolluk sırasına göre: özşekilli sfen, zirkon, allanit ve apatit. Kuars enderdir. Kayacın ince çatlakları dolomitte doldurulmuştur. Bu durum dokanaktan 10 m içerde alınan bu örnekte, metasomatizmanın izlerine rastlandığını gösterir (Tablo.4).

etmektedir. Kayacın %20 sini iri özşekilsiz alkali feldspatlar oluşturur. Bileşimi sanidine yakın bu kristallerin Karlsbad ikizini göstermesi ve Na yanında Ca da içermesi ilginçtir ( $Or_{46}Ab_{43}An_{11}$ ). Tekrardan dolotaşı özümlemesi sanidin analizinde çıkan %1 MgO şeklinde kendini kanıtlamaktadır. Kayacın desilisifiye karakteri norm hesaplarında nefelin ve hipersten yerine olivin+diopsit bulunması ile ortaya konulmuştur. Ayrıca kimya analizinde Cu ve Zn normal monzonite göre beş

**Tablo 4.** Dereköy magnezyumlu skarn zonunda petrografik gözlemler.

**Table 4.** Petrographic observations at Dereköy magnesian skarn contact.

| Magma kayacı                     | Endoskarn                                     |                      | Eksoskarn   |                | Kontak metamorfite                             | Yan kayaç              |
|----------------------------------|---|----------------------|---|----------------|--|------------------------|
| <b>MONZONİT</b><br>Beyendik Tepe | Olivin+ortopiroksen endoskarn<br>Cu+Zn cevher |                      | Magnezyumlu skarn<br>Klinopiroksen+olivin içerir<br>Cu ve Fe cevher |                | Magnezyumlu mafik hornfels<br><br>Az Fe cevher | Kapaklı dolotaşı üyesi |
| <b>MONZONİT</b><br>Çakmabayır    | Gabro bileşimli endoskarn                     | Skapolitli endoskarn | Granat skarn  | Piroksen skarn | Kalsit veya dolomitli mermer                   | Kapaklı dolotaşı üyesi |

#### **Endoskarn (olivinli monzonit veya kentallenit; BT-1A; Beyendik Tepe) :**

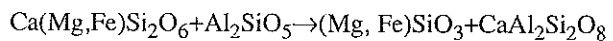
Bu hibrid kayaç dolotaşı dokanağında oluşur. Kalınlığı 1-5m arasında değişir. Çok ender gözlenen bu kayaç desilisifiye-alkalen karakterli, fakat Mg açısından da zengindir. Olivin hem kayaçta gözlenir hem de norm hesaplarında ortaya konmuştur. Özşekilli kristalleri Ti-magnetit içerir. Lizardit ve bovingit ayrışması gösterir. Bileşimi ise krizolite yakındır ( $Fe_{75}$ ). Etrafında ortopiroksenden (bronzit) oluşan iki fazlı bir reaksiyon korona yapısı gelişmiştir, yani olivin hiç bir şekilde plajioklasla dokanak halinde bulunmaz. 500m kalınlığındaki zonda retrograd reaksiyonlar rol oynamıştır: Krizolit – bronzit – diopsit – andezin. Bu şekilde oluşan zonda normal olarak spinel bulunması gerekirken Dereköy'de olivinin Fe den zengin olması spinelin bulunmayışını kanıtlar. Plajioklardan göçen bir kısım Ca ile diopsit iğnecikleri gelişmiştir. Dolayısıyla daha Na lu bir plajioklasa rastlamaktayız. Yeşilimsi renkli özşekilli klinopiroksen plajioklasla net sınırlar oluşturur ve basit ikizleri bulunur. Kristalin merkezinde olivin, biotit ve magnetit kapantıları tane ye poikilitik bir görünüş kazandırmıştır. Kırmızı-kahve biotit monzonitte bulunan biotitlerin özelliklerini taşır. Kenarındaki ilmenit analizlerinde %5 Mg ve %1 Mn saptanmıştır. Plajioklas özşekilli zonlu ve andezin bileşimindedir. Kristallerin merkezi ile kenarı arasındaki yerde labradorit ( $An_{55}$ ) bileşimli bir çerçeve oluşmuştur. Kenar zonu kapantı içermemektedir. Muhtemelen plajioklaslarda gözlenen bu üç zon sırasıyla magmatik evreyi, dolotaşı özümlemesini ve metasomatizmayı temsil

katı olarak gözlenmiştir. Rb/Sr oranının 2'yi aşması mafik-alkalen tür kayaçlara özgüdür.

**Eksoskarn (BT-1A\*)** örneğinde saydam olivin ( $Fe_{98}$ ), fassait, diopsit ( $En_{48}Fs_{02}Wo_{50}$ ) makrokristallerinin yanısıra matrikste klinoklor, filogopit, serpantin, magnetit, pirotin ve kalkopirit yer almıştır. Kimya analizinde 5000ppm Cu ve  $Fe^{3+}$  nin  $Fe^{2+}$  den fazla oluşuda dikkati çekmektedir. Bu sahada magnetit yatakları daha önceden işletilmiştir.

#### **Endoskarn (gabro bileşimli; BT-1; Çakmabayır)**

Genellikle dolomitik kireçtaşları dokanağında gelişme göstermektedir. Kalınlığı 3-5m arasında fakat Çakmabayır maden ocağında 10m yi geçen hibrid zon gözlenmiştir. Çakmabayır maden sahasında 1-2m kalınlıkta koyu renkli diorit-gabro bileşimli, sahada düzensiz dağılımlı bir kayaç skarn dokanağında bulunmaktadır. Alkali feldspat tamamen kaybolmuştur. Plajioklaslar karmaşık bir evrim göstermektedir. Özşekilli kristallerde labradorit ve bitovnit bileşimleri yaygındır. Sadece kristal kenarları andezin bileşimindedir. Bu hibrid zonu dolotaşı özümlemesi ile geliştiği belirgindir. Klinopiroksen tanelerinde aktinolit+magnetite ayrışma yaygındır. Ortopiroksen bileşimi ( $En_{65}Fs_{30}Wo_{05}$ ) hiperstene karşı gelmektedir. Biotitler iri kristaller görünüşünde olup daha ufak taneler kırmızı renkli ve opak mineralleri sarmaktadır. Özümleme reaksiyonu:



Salite

Hipersten

Anortit



Kayacın mutlaka dolotaşlarının altındaki Al-lu çökellerden etkilendiği de ortaya çıkmaktadır.

### Endoskarn (skapolitli; BT-3)

Yüzlekte iri taneli porfir görünüşlü bir kayaçta mikroskopta plajioklasların tümüne yakını skapolitlere değişmiştir (Me<sub>24</sub>), yan ürünler kalsit ve epidottur (Pis<sub>24</sub>). Kalık kesimler ise albittir. Bu değişim Cl, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O dan zengin akışkanın pnömatolitik evredeki sonucudur. Kayaç matriksinde ufak kristaller ortoklas (Or<sub>95</sub>) ve diopsittir (Hd<sub>20-25</sub>). Shay (1975) monzonit dolomitik mermer dokanağını anlatırken önemli bir skapolitleşme zonunu Ca, Mg ve Si göçüne bağlamaktadır (Demange ve diğ., 1998). Bu elementlere göre demirli bir diopsit ve daha kalsik bir skapolit oluşumu sağlanabilmiştir. Dereköy de skapolit oluşumunun dengesi öncelikle yüksek Cl oranına (3730ppm) bağlıdır meionit oranı ise Shay (1975) ile karşılaştırılabilir. Skapolitin esasen anortit+kalsit reaksiyonundan da kaynaklanmıştır. Deneysel çalışmalarda öncelikle marialit skapolitin yüksek ısılarda dengeli olduğu saptanmıştır.

### Eksoskarn (BT-4 ve 5) sahada iki kesimden oluşur :

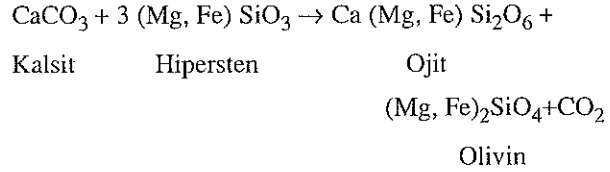
- piroksen-magnetit bandlı granat skarnda andradit (Ad<sub>100-95</sub>) ve diopsit (En<sub>49</sub>Fs<sub>02</sub>Wo<sub>49</sub>) ayrıca yüksek Cu oranı (>5000 ppm) saptanmıştır
- piroksen skarnda diopsit (En<sub>47</sub>Fs<sub>02</sub>Wo<sub>51</sub>) kısmen aktinolite dönüşmüş, boşluklarda geç fazda epidot, kuars, kalsit ve stilbit bulunmaktadır.

### Tartışma : dolotaşı dokanağında endoskarn

Farklı bileşimde karbonat kayaçlarını özümleyen granitoidte normalden farklı minerallerin bulunabileceği doğaldır. Bu olay iki yönde gözlenir :

- dokanağa bir kaç metre içinde normal granodiorit yerini kuars ve alkali feldspatın az olarak bulunabileceği bir piroksendiorit (veya gabro) görünümündeki kayaç ve
- karbonat kayacına yaklaşıldığında olivin ve piroksenin bulunduğu bir monzonit görünümündeki kayaç söz konusu olacaktır. Burada kuars az bulunmasına rağmen alkali feldspat oranı önemli artış gösterir.

Bu iki kayacı plütonun esas fasiyesi granodiorite göre karşılaştırırsak silise az doygun, fakat magnezyumlu, biotit ve hornblendin yerini piroksene bıraktığı bir hibrid zon ortaya çıkmaktadır. Hemen dokanakta ise alkali feldspat oranı artış göstermektedir. İlgili reaksiyon:



Burada olivin yarı dengede bir fazı oluşturmaktadır. Benzer bir oluşum Arizona, Crestmore dokanağında da gözlenmiştir (Burnham, 1959); monzonit, karbonat kayacını özümlemesi sonucu yüksek alkalin karakterli bir syenite dönüşmüştür (%80 ortoklas, %12 piroksen, %5 vollastonit, %1 sfen). Dereköy'de bu bileşim aynen gözlenememesine rağmen norm hesabı,, vollastonit ve nefelinin bulunabileceğini, silise az doygunluğu işaret etmektedir (Tablo.3).

### SONUÇ : ENDOSKARN ÇEŞİTLİLİĞİ

Tartışmalarda üç konu öne çıkmıştır (Öngen, 1992):

- endoskarn her zaman granitoid/karbonat kayacı dokanağında, granitoidin yerini alarak difüzyon/infiltrasyon yoluyla gelişir (bimetasomatik skarn; Korzhinski, 1970).
- Kontak geometrisi (yer, boyut, yön) endoskarn kalınlığını kontrol eder
- Karbonat kayacı türü endoskarn mineral bileşimini belirler

Endoskarn/eksoskarn sınırını basit geometrik konumlarda pre-skarn keskin hattı ile oldukça iyi belirlemek olanaklıdır. Lakin yan kayaçta pelitik ve volkanik elemanlar bulunursa metamorfizma sonucu bunlar magmatik kayacı andıran dokular kazanabilirler (örneğin volkano-çökel bir istifin kontak metamorfizmasında hem endoskarnda hem de eksoskarnda andradit skarnı oluşmaktadır).

Kontak geometrisi akışkanların hareketini dolayısıyla endoskarn kalınlığını kontrol eder. Ufak taneli, kalın bir karbonat seviyesi akışkanların serbest dolaşımını engeller ve skarn kalınlığı da düşük seviyede kalır. Buna karşın az kalın bir karbonat seviyesinin granitoid tarafından sarıldığı yerde en kalın endoskarn oluşumuna rastlanmaktadır (Öngen, 1992). Magma kayacı dokanağına göre yan kayaç bloklarının konumu da endoskarn kalınlığını kontrol eden diğer bir elemandır. Eğer blok eksenini dokanağa az çok paralel uzanırsa, az kalın fakat uzun (1km) yüksek ısılu kuru endoskarn zonu izlenmekte; aksi halde ise, az çok dikey konumda, akışkan dolaşımı kolaylaşmakta düşük ısılu sulu bir endoskarn gözlenmektedir. Doğal olarak yan kayaç bileşimine, dokanaktaki oksijen fugasitesine ve erken endoskarnın ayrış-

ma derecesine bağlı diğer başka tür endoskarnlarda oluşabilir.

Endoskarnında eksoskarn gibi iki grupta toplanabilir (Öngen, 1992):

- kalsik endoskarn : kalsitli karbonat kayacı dokanağında,
- magnezyumlu endoskarn saf dolotaşı dokanağında oluşmaktadır.

## SUMMARY

Numerous granitoid plutons occur in NW-Turkey where we recognize hybrid rocks making endoskarns at their margins due to intense metasomatic activity. Difference in nature of wall rocks determines the diversity of endoskarns. Here we study calcic skarn formation at Bayramic Karaköy and magnesian skarn formation at Kırklareli Dereköy.

Wall rock thickness, its dimension and its geometry control the fluid activity at pluton contact and made the mineralogical record of high and low temperature endoskarn formations. Chemical potential of Ca causes the replacement of biotite+hornblend by pyroxen in original granodiorite samples which in turn gains a monzonitic appearance because of silica deficiency. This hybrid zone thickness is rather low (until 10m) but its observation at field becomes easier because of the clear colour.

High contact temperatures allow formation of dry silicate minerals but at lower temperatures endoskarn mineralogy is made of calcite, epidote, actinolite (chlorite) and sphene. The pair of grossular garnet+quartz has replaced the plagioclase of the original granitoid.

Alcaline character of the hybrid rocks is observed in microscope by numerous orthoclase crystals. Another sign of limestone assimilation is recognized by the presence of calcic zones in plagioclase crystal interiors.

With the crystallizing wollastonite and the release of CO<sub>2</sub> at exoskarn we observe higher contact temperatures where dry silicate minerals become stable in endoskarn. The critical limite of 430 C is very obvious in the experiments by Uchida and Iyama (1982).

At magnesian skarn occurrences we recognize clinopyroxene+olivine pair in monzonite-like endoskarn. The composition changes to a gabbro-like endoskarn with the calcite found in carbonate wall rocks. But all minerals show anomalous higher Mg values. Easily the iron (Fe<sup>2+</sup>) goes to the magnetite formation. Howe-

ver in calcic skarns iron participates in the formation of andradite garnet.

As a result after examined some endoskarn of different nature we founded three main points:

- endoskarn formation is related to the magmatic rock on granitoid/limestone contacts with an imported role of diffusion/infiltration phenomena,
- endoskarn zone thickness is controlled by the geometry of the wall rock (localisation, dimension, orientation),
- endoskarn mineralogy is largely depended by the composition of the carbonate wall rock.

In this study we examined two extrem cases for better understanding the endoskarn typology. But we can find more complex formation and late hydrothermal activity also changes the original endoskarn mineralogy.

We also recommend a simplified classification of endoskarns:

- calcic endoskarn at pure calcitic limestone contacts,
- magnesian endoskarn at pure dolomite contacts.

## DEĞİNİLEN BELGELER

**van der Auwera, J., 1990,** The porphyritic facies and the endoskarns of the Traversella monzodiorite: Implications for the evolution of the main intrusion (Ivrea, Italy). Schweiz.Mineral. Petrogr. Mitt., 70: 237-245.

**Burnham, C. W., 1959,** Contact metamorphism of magnesian limestones at Crestmore, California. Geol. Soc. Am. Bull., 70: 879-920.

**Compton, R.R., 1960,** Contact metamorphism, Santa Rosa Range, Nevada. Bull.Geol.Soc.Am., 71: 1394-1418.

**Demange, M., Berson, F., Fonteilles, M., Pascal, M., Öngen, S., Forette, M., 1998,** Wollastonite-garnet skarns of Demir Tepe, Tahtaköprü (Vilayet de Bursa, Turquie). C.R.Acad.Sci.Paris, 326: 771-778.

**von Eckermann, H., 1950,** A comparison of Fennoscandian limestone contact minerals and those of the Alnö alkaline rocks, associated with carbonates. Min. Mag., 29: 304-312.

**Gindy, A. R., 1953,** Progressive replacement of limestone inclusions in granite at Bally na Carrich, Donegal. Geol. Mag., 90: 152-158.

**Greesen, R.L., 1967,** Composition-volume relationships of metasomatism. Chem. Geol., 2: 47-65.

- Holloway, J. R., 1976**, Fluids in the evolution of granitic magmas: consequences of finite CO<sub>2</sub> solubility. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87: 1513-1518.
- Joplin, G. A., 1935**, The exogenous contact zone at Ben Bullen, New South Wales. *Geol. Mag.*, 72: 385-400.
- Kesler, S. E., 1968**, Contact localised ore formation at the Meme mine, Haiti. *Econ. Geol.*, 63: 541-552.
- Nabelek, P. I., Hanson, G. N., Labotka, T. C. ve Papike, J. J., 1988**, Effects of fluids on the interaction of granites with limestones: the Notch Peak Stock, Utah. *Cont. Min. Petr.*, 99: 49-61.
- Öngen, S., 1992**, Les échanges métasomatiques entre granitoides et encaissants particuliers (calcaires, dolomies, ultrabasites, séries manganésifères): L'exemple de la Turquie NW. These d'état, Univ. Nancy, France, 554p.
- Öngen, S., 1993**, Metasomatic wollastonite deposits from the Biga Peninsula, NW-Turkey. IGCP Project-No.291, Metamorphic fluids and mineral deposits, Prag: 41-43.
- Orville, P. M., 1963**, Alkali ion exchange between vapor and feldspar phases. *Am. J. Sci.*, 261: 201-237.
- Osborne, G. D., 1931**, The contact metamorphism and related phenomena in the neighbourhood of Marulan, New South Wales. *Geol. Mag.*, 68: 291-314.
- Read, H.H., 1925**, Metamorphism and migmatitisation in the Ythan Valley Aberdeenshire. *Trans. Edinburg. Geol. Soc.*, 15: 265-279.
- Shay, K., 1975**, Mineralogical zoning in scapolite bearing skarn body on San Gorgonio Mountain, California. *Am. Min.*, 60: 785-797.
- Swanson, S. E., 1979**, The effect of CO<sub>2</sub> on phase equilibria and crystal growth in the system  $KAlSi_3O_8$ - $NaAlSi_3O_8$ - $CaAl_2Si_2O_8$ - $SiO_2$ - $H_2O$ - $CO_2$  to 8000 bars. *Am. J. Sci.*, 279: 703-720.
- Thompson, R. N., 1968**, A calcic marginal facies of the Panticosa Granodiorite, Spanish Pyrenees. *Proc. Geol.Ass.London.*,79: 219-226.
- Uchida, E. ve Iyama, J. T., 1982**, Physico-chemical study of skarn formation in the Shinyama iron-copper ore deposit of the Kamaishi mine, NE Japan. *Econ. Geol.*, 77: 809-822.

**Makalenin geliş tarihi** : 30.12.1998  
**Makalenin yayına kabul tarihi** : 28.02.2000  
**Received** : December 30, 1998  
**Accepted** : February 28, 2000