

Beyşehir (Ankara) granitinin jeolojisi, mineralojisi ve petrojenezi

Geology, mineralogy and petrogenesis of Beyşehir (Ankara) granite

Cahit HELVACI Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova-İzmir
Süeda BOZKURT Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova-İzmir

Öz

Beyşehir, yöresinde, Orta Sakarya Masifi'ni oluşturan metamorfik kayalar, granit baskın olmak üzere diyorite kadar değişim sunan düşük sıcaklıktaki sığ yerleşimli batolit kütleleri tarafından kesilmiştir.

Beyşehir graniti olarak adlandırılan bu batolit kütleleri, Kırmır Çayı'nın güneyinden itibaren yüzlek verir. Güneye doğru yer yer Paleosen, Eosen ve Miyosen yaşlı birimlerle örtülmesine karşı olasılı olarak Sivrihisar çevresinde yüzlek veren granitlere bağlanır. Batolit kütleleri kendi içinde çok az değişim gösterip, homojen bir yapıya sahiptir. Beyşehir granitinin, fillit, şist ve mermerden oluşan yan kayalarla dokanağı kesindir. Dokanak boyunca kalınlığı 3-10 m arasında değişen hornfelsler gözlenir. Batolit kütlelerinin kenar zonlarında ise yerleşim sırasında yan kayalardan içine almış olduğu anklavlar gözlenir. Demirce zengin metamorfikleri kestiği bazı yerlerde ise silisli demir oluşukları gözlenmektedir.

Granit yerleşimi sırasında soğumasına paralel olarak eklem takımları ve çatlaklar gelişmiştir. Sonraki evrelerde bu çatlaklar boyunca kalınlıkları 10cm-6m ve uzunlukları 10m-350m arasında değişen KD-GB ve KB-GD gidişli aplit ve pegmatit dayıkları oluşmuştur. Batolit kütlelerinin granit ve granodiyorit bileşimli türevleri magmatik ayrılmaya bağlı olarak daha önce oluşmuş monzodiyorit ve diyorit anklavlarını sıkça içerir.

Granitler, başlıca kuvars, plajiyoklas, ortoklas ve az oranda amfibol, biyotit, klorit, zirkon, sfen, apatit ve opak minerallerden oluşur. Diyorite doğru geçişlerde felsik mineraller azalırken, mafik mineraller artmakta ve ek olarak piroksen gözlenmektedir. Plajiyoklaslar ve ortoklaslar sıkça serisitleşme gösterirken, biyotitlerde kloritleşme sunmaktadır. Baskın olarak holokristalin hipidiyomorf, seyrek olarak da mirmekitik ve allotriyomorf doku gözlenir.

AFM ve $(Na_2O+K_2O)/SiO_2$ diyagramları bu kayaların kalkalkalen nitelikte olduğunu gösterir. Ayrışma ve metasomatizma olayları Rb/Sr, K/Rb ve K/Na oranlarını değiştirmiştir. 0.706 ile 0.707 arasında değişen $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranları Beyşehir granitinin eski bir kabuk ergimesi sonucunda oluştuğunu, yöreye olasılıkla Üst Kretase'de sığ olarak yerleşmiş olduğunu gösterir.

Abstract

In the Beyşehir, region, metamorphic rocks of the Middle Sakarya massif are intruded by a low temperature and shallow emplaced batholite. Composition of the batholite body shows variation from granite to diorite, but the granitic rock is predominant overall in the region. The batholitic body, generally named as the Beyşehir granite, outcrops at the south of the Kırmır stream, is probably connected to those granites occurring around Sivrihisar; although it is unconformably overlain by Paleocene, Eocene and Miocene rock units from place to place. The homogeneous batholite has a small variance within its body and shows a sharp intrusive contacts with the surrounding metamorphic rocks, consisting of phyllite, schist and marble. Hornfelses, which range between 3 to 10 m in thickness, are present along the contact zones from place to place. The batholite has xenoliths taken from wall rocks along the marginal parts during its emplacement. Siliceous iron formations are observed in some places wherever the batholite cuts the iron-rich metamorphics.

Joint systems and fractures were formed penecontemporaneously parallel to the cooling of the magmatic body during the granite emplacement. Aplite and pegmatoid dykes which vary 10cm to 6m in thickness and 10m to 350m in length, trending NE-SW and NW-SE are formed along the fracture at the later phase. Granite and granodiorite components of the batholitic body have xenoliths of monzodiorite and diorite, which were formed in an earlier phase according to magmatic differentiation.

Granites consist principally of quartz plagioclase, orthoclase and minor amphibole, biotit, chlorite; zircon, sphene, apatite and opaque minerals. Felsic minerals decrease whereas mafic minerals increase towards the dioritic parts of the body and pyroxene mineral are also observed. Plagioclase and orthoclase show sericitization, whereas biotite show chloritization. Predominantly holocrystaline, hypidiomorphic and less commonly, mirmekitic and allotriomorphic textures are present in the granites.

AFM and $(NaO+K_2O)/SiO_2$ diagrams show calc-alkaline character of these rocks. Alteration and metasomatism have modified Rb/Sr, K/Rb, and K/Na ratios. The initial $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios, ranging between 0.706 and 0.707 indicate that the Beyşehir granites were formed by anatexis of older continental crusts, and are shallowly intruded to the region probably during the Upper Cretaceous time.

GİRİŞ

Çalışma alanı, İç Anadolu Bölgesinde, Ankara ilinin 100 km kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışmanın konusunu oluşturan Beypazarı graniti, Orta Sakarya Masifini oluşturan Paleozoyik yaşlı metamorfite keserek yerleşmiş, Beypazarı'nın güneyinden itibaren yüzlek vermekte ve olasılıkla güneyde Sivrihisar'a kadar uzanmaktadır (Şekil 2).

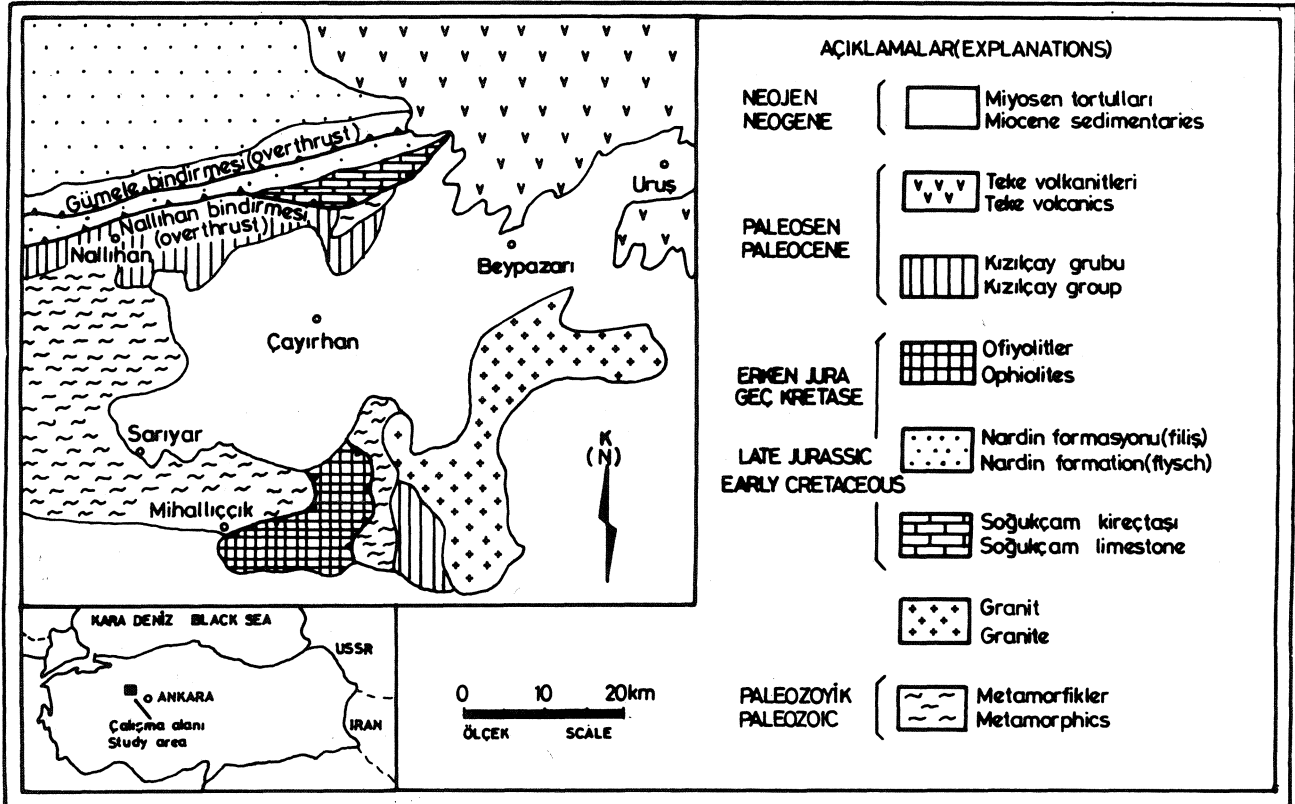
Mohr (1956), Beypazarı yöresindeki granitleri "Sakarya Masifi" adı altında granit ve granodiyorit olarak ikiye ayırmıştır. Masifin batolit intrüzyonu olduğunu savunur. Dayakları, aplit, pegmatit ve porfiri olarak üçe ayırır. Çoğulu (1967) ve Kulaksız (1981), Sivrihisar plütönünü granodiyorit, granit ve siyenit olarak tanımlamışlar, K/Ar yöntemiyle yaptıkları yaş belirlemede 47 ile 74 milyon yıllar arasında değişen yaşlar bulmuşlardır. Ortalama olarak 71 milyon yıl yaş vermişlerdir. Ataman (1973), Mihaliçcik granit kütesinin Rb/Sr yöntemiyle radyometrik yaş belirlemesini yapmış ve 72-77 milyon yıllık değerler bulmuştur. Bingöl (1971,1974), Sivrihisar ve Mihaliçcik granitlerinin I-tipi granitler olduğunu belirtmiş ve bunlara Üst Kretase yaşını vermiştir. Gözler ve diğerleri (1985), Sivrihisar çevresindeki granitik kayaların batıya doğru, diyoritik,

granodiyoritik kaya özelliği gösterdiğini ve granitik kayaların yaşının Eosen'den genç olduğunu söylemişlerdir. Yağmurlu ve diğerleri (1988), Beypazarı dolayındaki granitik plütönün genç Permiyen ile Paleosen arasında bölgeye yerleştiğini savunurlar.

Bu çalışma, Beypazarı granitinin, saha gözlemlerinin yanısıra petrografik incelemesini, bileşimlerinin yüzde dağılımlarının kaya özelliklerinin saptanmasını, kimyasal analiz sonuçlarının çeşitli diyagramlar kullanılarak sınıflandırılmasını ve oluşum koşullarının belirtilmesini amaçlar. Bu amaçla granitten ve çevre metamorfik kayalardan alınan el örneklerinin ayrıntılı mikroskobik incelenmesi yapılmıştır. Bu kayaların mineral bileşimleri ile birbirleri arasındaki dokusal ilişkileri saptanmaya çalışılmıştır. Ayrıca yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre de kayaların, özellikle granitin kökenine açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

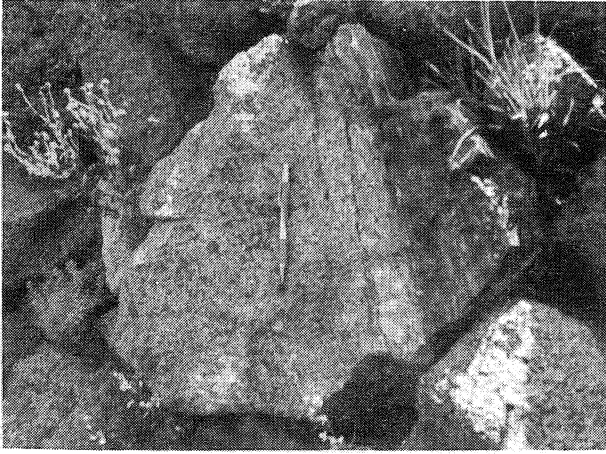
GENEL JEOLJİ

Beypazarı yöresinde, temelde Orta Sakarya Masifi'ni oluşturan Paleozoyik yaşlı metamorfite yer almaktadır. Altın (1973)'ya göre bu metamorfite olasılıkla Permiyen yaşlıdır. Bölgenin en yaşlı kayalarını oluşturan metamorfite, fillit, şist, amfibolit, mermer



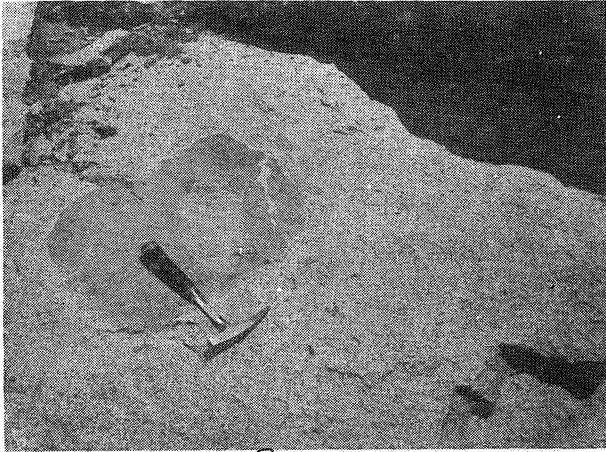
Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.



Şekil 3. Granit ile metamorfitleerin kontağında gözlenen hornfels.

Figure 3. Hornfels occurring along the contacts between granite and metamorphic rocks.



Şekil 4. Granit içinde yer alan anklavlar.

Figure 4. Xenoliths occurring in granites.

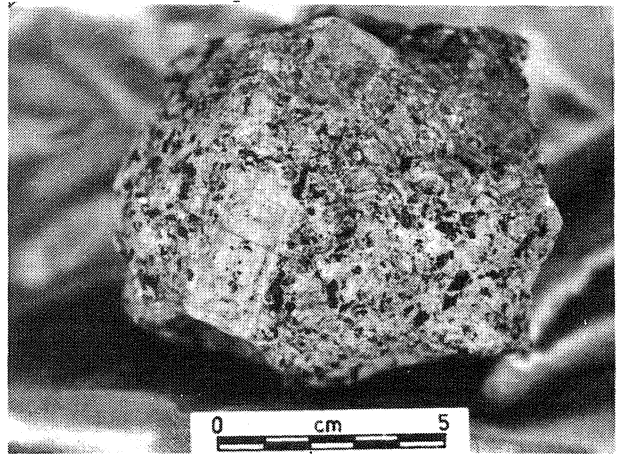
Sarıyar Barajı yakınında ve Koyunağlı köyü güneyinde gözlenen serpantin, metabazit, kırmızı çört ve gabroyik kaya bileşenlerinden oluşan Geç Kretase yaşlı ofiyolitlerin bu sahada granitle dokanağı yoktur, ancak metamorfitle tektonik ilişkilidir (Çoğulu, 1967; Yağmurlu ve diğ., 1988).

Metamorfitle üzerine uyumsuzlukla gelen Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Soğukçam Kireçtaşı ve Nardin Formasyonu kuzeybatıda yer almakta ve batıya kadar uzanmaktadır. Bu bölgelerde Kuzey Anadolu Fayının etkisiyle oluşmuş Nallıhan ve Gümele gibi bindirmeler yer almaktadır (Altınlı, 1976, 1978). Çayırhan'ın kuzeyinde yayılım gösteren Jura-Alt Kretase yaşlı So-



Şekil 5. Granitte meydana gelen ayrışma.

Figure 5. Alteration of granites.



Şekil 6. Granitteki minerallerin dağılımı ve iri ortoklas kristali.

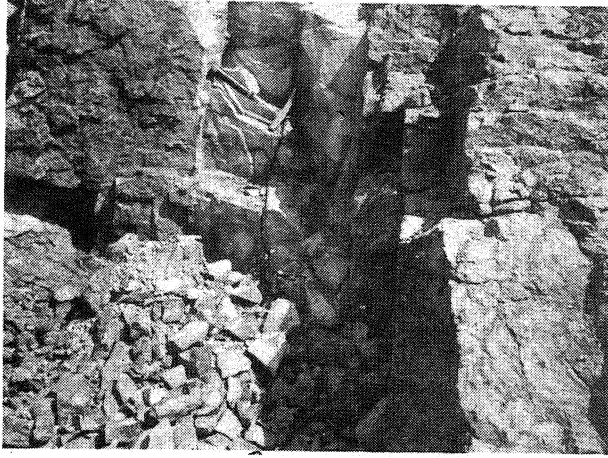
Figure 6. Distribution of minerals in granite and coarse orthoclase crystals.

ğukçam Kireçtaşının genel görünümü beyaz, açık gri olup, çörtlü kireçtaşı, kumtaşı, şeyl araldanmasından, en üstte katmanlı kireçtaşlarından ve yersel tüfit ile andezitik dayk sokulumundan oluşmaktadır.

Üst Kretase yaşlı Nardin Formasyonu, Yeşilyurt ve Çeğiköy üyelerine ayrılmakta, denizaltı bazaltik lav akıntıları içeren kumtaşı-çamurtaşı araldanması ve kırıntılı kireçtaşı ara katkılarında oluşmaktadır (Önal ve diğ., 1988).

Paleosen yaşlı Kızılçay Grubu Beypazarı'nın batısında, Nallıhan civarında ve granitik kütlelerin güneybatısında yüzlek vermektedir. Kırmızımsı, kahverengimsi

BEYPAZARI GRANİTİ



Şekil 7. Granit ile daykın dokanağı.

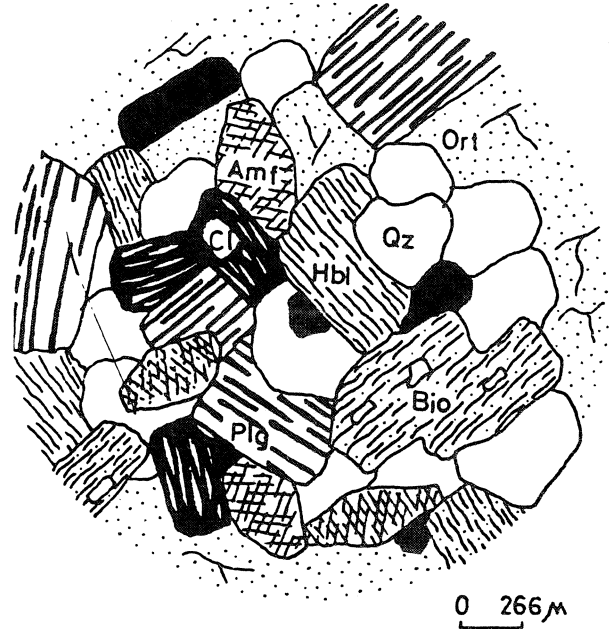
Figure 7. Contact between granite and aplite.

kumtaşı, çakıltaşı, yeşilimsi, tuf, andezit ve bazaltik lavlardan oluşmaktadır (Önal ve diğ., 1988).

Eosen yaşlı Sazak kumtaşı sarımsı-grimsi kalkerli ve kaba taneli kumtaşlarından oluşur ve *Nummulites* fosillerini içerir (Helvacı ve İnci, 1989).

Neojen. yaşlı birimlerden en altta yeralan Çoraklar formasyonu çakıltaşı, kumtaşı, kireçtaşı ve iki farklı linyit damarı içerir. Formasyonun alt bölümlerindeki linyit damarlarının kalınlığı 2-9 m, üst bölümlerdekini kalınlığı ise 3m'dir (Helvacı ve İnci, 1989). Rengi beyazdan açık kahverengiye değişen Hırka formasyonu çamurtaşı, bitümlü şeyl, kalkerli şeyl dolomitik kireçtaşı, silttaşı, çakıltaşı, tüfit ve tuf içerir. Alt bölümlerinde trona, bitümlü şeyl ve kilttaşları ardalanmalıdır. Çayırhan ve Beypazarı arasında geniş bir alan kaplayan Akpınar formasyonu gri renkli kireçtaşı, kilttaşı, çört, katmanlı ve kumlu tüflerden oluşur. Alt Kireçtaşı üyesi, Uykudere üyesi, Üst Kireçtaşı üyesi ve Çakılloba üyesi olmak üzere dört üyeden meydana gelir. Çayırhan formasyonu çakıltaşı, kumtaşı, kilttaşı ve kalkerli çamurtaşı ardalanmasından oluşur. Sapçaalan, Bozçayır ve Zaviye üyelerinden meydana gelmiştir. Kaba çakıltaşı, iyi boylanmış kumtaşlarından oluşan Bozbelen formasyonu, Kozağaç çakıltaşı ve Kızıtepe kumtaşı üyelerine ayrılmıştır. Beypazarı Neojen istifinin en üst bölümünde yeralan Kırmir formasyonu kumtaşı ve jipsli seviyeler içeren yeşil kilttaşlarından oluşmaktadır. Teke volkanitleri Beypazarı havzasının kuzeydoğu bölümünde Teke ve Akşamoldu köyleri çevresinde yayılım gösterir, piroklastik tuf, bazalt ve aglomeralardan oluşur. Altta yeralan piroklastik tüfler, İnözü tufü, üstteki bazalt ise Adaviran bazaltı olarak ayırılmıştır (Helvacı ve İnci, 1989).

Kuvaterner yaşlı alüvyon akarsular çevresinde 5-10 m kalınlıkta gözlenmektedir.



Şekil 8. Granite gözlenen holokristalin hipidiyomorf doku.
Figure 8. Holocrystalline hypidiomorphic texture observed in granite.

PETROGRAFI

Metamorfik Kayalar

Temeli oluşturan metamorfikler fillit, şist, hornfels ve mermer bileşenlerini içerir. Kahverengi, koyu kırmızı, mavi ve yeşil renkler sunarlar.

Şistler, kahverengi taze yüzeyli olup, belirgin şistozite sunmaktadır. Petrografik incelemede porfiroblastik dokuda olduğu, porfiroblastları kuvarsın oluşturduğu gözlenmektedir. Mineral içerikleri kuvars, klorit, biyotit ve opak bileşenlerden oluştuğu, mikroskobik inceleme sonucunda "biyotit-klorit-kuvars şist" olduğu saptanmıştır. Bu bilgiler çerçevesinde şistlerin Barrow tipi rejyonel metamorfizmanın düşük sıcaklıkta olan yeşil şist fasiyesinde olduğu kabul edilebilir.

Mermerlerin taze yüzeyi grimsi mavidir. Mikroskobik incelemede granoblastik doku sunmaktadır. Kalsitler 75 derecelik iki yönde gelişmiş dilinimlere sahip olup, polisentetik ikiz sunmaktadır.

Granit sokulumu ile metamorfiklerin kontakta çok ince de olsa hornfels türü kayalar gelişmiştir. Hornfelsin granitle dokanağı kesindir, kahverengi, mavi renkler sunmaktadır. Kontakta alınan örnekler mikroskobik incelemede porfiroblastik doku göstermektedir. Granit sokulumu sırasında ikincil silis gelimiyle büyüyen kuvars taneleri gözlenmektedir. Mikroskobik inceleme so-

nucunda kontakta oluşan hornfelsin ilksel kayasının "klorit-kuvars-muskovit fillit" olduğu saptanmıştır. Turner ve Verhoogen (1960)'e göre kontaktaki bu kaya alçak basınç, yüksek sıcaklık özelliğindeki hornblend-hornfels fasiyesindedir. Kontaktaki bu kaya mikroskobik inceleme sonucunda Winnkler(1976) tarafından yapılan sınıflamada "beyaz mika+klorit+kuvars" zonuna karşılık gelmektedir.

Beypazarı Granotoyidi

Çalışma alanında oldukça geniş yayılım sunan bu birim el örneklerinde pembe, kahverengi, gri ve hatta yeşile kadar değişen renklerde olup, orta ve iri tanelidir. Mikroskopta holokristalin hipidiyomorf, bazı yerlerde az olarak mirmekitik ve grafik doku göstermektedir (Şekil 8).

Granitin mineral bileşimi kuvars, plajiyoklas, ortoklas, amfibol, biyotit, opak, eser olarak da zirkon, apatit ve sfendir. Kuvars kristalleri az şekilsiz olup, çoğunlukla ara boşluklarda yer almaktadır. Plajiyoklaslar gri renkte, polisentetik ikiz ve zonlu yapı sunmaktadır. Yapılan ölçümler sonucunda bileşimlerinin arasında gelişmiş mirmekitik dokuya rastlanmıştır. Serisitleşme ve epidotlaşma sıkça görülmektedir.

Ortoklas bileşimindeki K-feldspatlar gri renkte olup karlspat ikizi ve pertitleşme sunmaktadır. Bazı yerlerde zonlu yapı sunan ortoklasta mikro ölçekte gelişmiş dayklara rastlanmıştır. Bu dayklar kuvars ve plajiyoklas bileşimindedir.

Granitin ayrılmış kısımlarından alınan örneklerin mikroskobik incelemesinde feldspatlar alterasyon nedeniyle ayrılmaya başlamış, dokusal özelliği kaybolmuş ve killeşmiştir. Plajiyoklaslarda da yer yer karbonatlaşma ve serisitleşme gözlenmektedir.

Amfiboller genelde kahverengi, yeşil renklerde olup, pleokroizması yeşildir. Tek ve iki yönde gelişmiş dilinimleri gözlenmiştir. Bazı yerlerde ikizlenme sunan amfibollerin bileşiminin mikroskobik inceleme sonucunda hornblend türünde olduğu saptanmıştır.

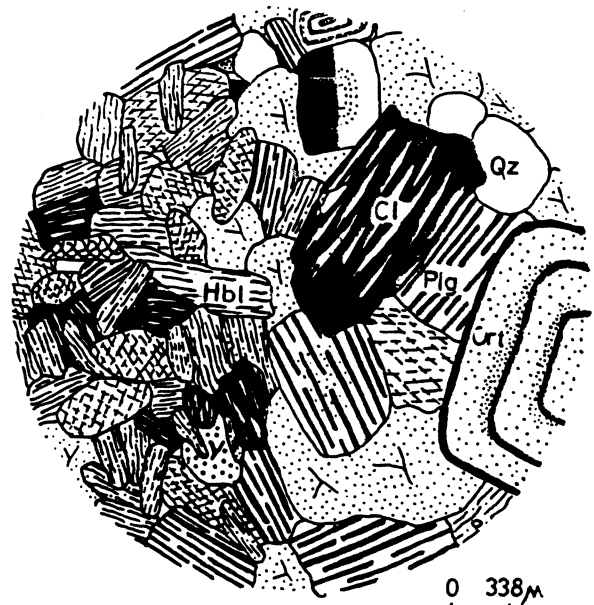
Biyotitler kahverengi olup, gene açık kahverengi pleokroizma göstermektedir. Tek yönde gelişmiş dilinimlere sahiptir. Bazı yerlerde uç kısımlarından itibaren kloritleşmeye başlamış olarak, bazı yerlerde ise tamamen klorite dönüşmüş olarak bulunmaktadır.

Batolit kütesinin kenar zonlarında yerleşim sırasında yan kayalardan ve daha önceki fazda oluşmuş kayalardan içine almış olduğu anklavlar bulunmaktadır. Ön-

ceki fazla oluşmuş kayalardan kopararak oluşturduğu anklavların çapı, yaklaşık 1-5 cm, bazen de 10 cm dolayındadır. Granitle dokanıkları kesindir ve holokristalin doku sunmaktadır (Şekil 9). Yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda Streckeisen (1976)'e göre bileşimlerinin kuvars monzodiyorit olduğu saptanmıştır. Esas bileşimleri plajiyoklas, ortoklas, hornblend, piroksen, biyotit ve çok az miktarda kuvars oluşturur. Zirkon ve apatit ise eser belişenlerdir.

Batolit kütesinin demirce zengin metamorfittleri kestiği bazı yerlerde ise silisli demir oluşukları gözlenmektedir. Kırbaşı'nın kuzeydoğusundaki demir cevherleşmesinden alınan örneğin mikroskobik incelemesinde siyah renkli opak mineraller (hematit), kuvars, klorit ve biyotit gözlenmiştir. Bu işletme kuvars oranının yüksek olması nedeniyle işletilebilirlikten uzaktır.

Yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda "Beypazarı graniti" adı altında toplanan birimin Streckeisen (1976)'e göre granit, granodiyorit, kuvars monzodiyorit ve diyorit bileşiminde olduğu saptanmıştır. Diyoritten granite doğru geçişlerde meydana gelen değişimler, felsik minerallerin azalması, mafik minerallerin artması şeklindedir. Kuvars ve ortoklas miktarı azalırken, plajiyoklas miktarı artmakta ve ek olarak piroksen ortaya çıkmaktadır. Doku gene holokristalin hipidiyomorf, bazen diyoritte allotriyomorf olarak gözlenmektedir.



Şekil 9. Granit ile anklavın kesin sınırı.

Figure 9. Sharp contact between granite and xenolith.

BBEYPAZARI GRANİTİ

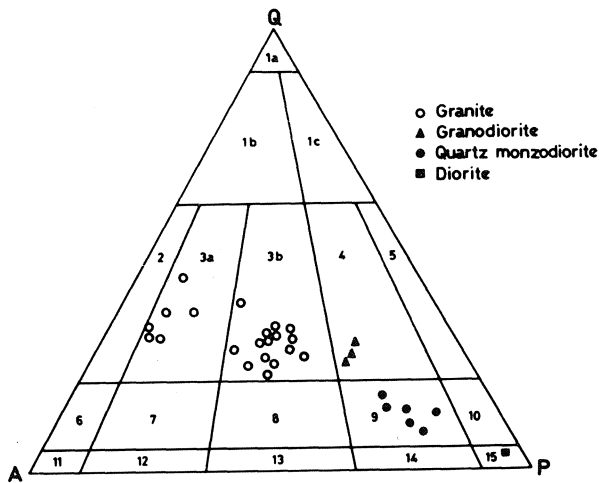
Kuvars monzodiyofit ve diyoritlerde gözlenen piroksenler, kahverengi, sarı renklere olup, pleokroizmaya sahip değildir. Sönme durumlarına göre türlerinin genelde ortopiroksen olduğunu söyleyebiliriz. Ayrışma-dan dolayı aşırı derecede uralitleşmeye uğramıştır. Bazı kesitlerde piroksenden türeyen amfiboller ve ortada henüz çatlakları boyunca uralitleşen piroksen gözlenmektedir (Şekil 10).

Bütün bu sonuçlar ışığı altında örneklerin mineralojik bileşimlerinden faydalanılarak Streckisen (1976) sınıflaması yapılmıştır. Elde edilen QAP üçgen diyagramında Beypazarı batolitinin diyoritten granite kadar değişen ayrılaşmaya uğradığı tesbit edilmiştir (Şekil 11).



Şekil 10. Granodiyoritteki piroksenlerde gözlenen uralitleşme.

Figure 10. Uralitleşme in pyroxenes in granodiorite.



Şekil 11. İncelenen kayaç örneklerinin QAP diyagramındaki yeri.

Figure 11. QAP diagram for investigated rock samples.

Aplit ve Pegmatitler

Granitin yerleşimi sırasında soğumasına paralel olarak meydana gelen eklem takımları boyunca aplit ve pegmatitler gelişmiştir.

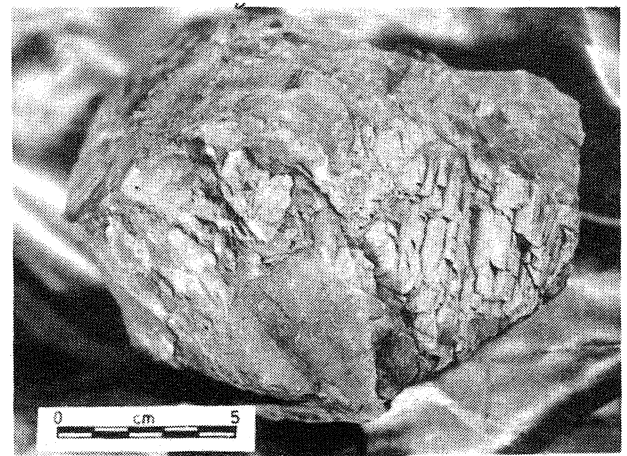
Aplit daykları açık gri, beyazımsı pembe renklere sahiptir. Doğrusal ve merceksele uzanımlar sunmaktadır. Kalınlıkları 10cm-6m, uzunlukları ise 10m-350m arasında değişmektedir. Mineralojik olarak feldspat, kuvars ve az miktarda mafik mineraller içermektedir. Mineraller genellikle eş boyutludur. Daykların granitle olan dokunağı çok keskin ve düzgündür. Aplit dayklarının mikroskopta dokuları farklılık göstermektedir. Küçük kristalli dayklar grafik, mirmekitik, allotrimorf taneli doku sunmakta ve pertileşme göstermektedir.

Pegmatit damarları arazide beyazımsı, pembe renklere gözlenmektedir. Pegmatit damarlarında 1.5m'ye varan kuvars kristalleri yanında, ortoklas, plajiyoklas, turmalin, beril ve rutile rastlanmıştır (Şekil 12). Pegmatitlerin bu mineral bileşimlerine ve Mulligan (1962)'in yaptığı tanıma göre damarların pegmatit olduğu saptanmıştır.

BEYPAZARI GRANİTİNİN KİMYASI VE KÖKENİ

Beypazarı granitinin kimyası

Beypazarı graniti olarak adlandırılan batolit kütlelerine ait granit bileşimindeki örneklerin SiO_2 oranı % 77, TiO_2 oranı % 0.10, Al_2O_3 oranı % 12.46, Fe_2O_3 % 1, MnO oranı % 0.01, MgO oranı % 0.1, CaO oranı % 0.01, Na_2O oranı % 1.86, K_2O oranı % 11.78, P_2O_5 oranı % 0.02, diyorit bileşimindeki örneklerin SiO_2 oranı % 53, TiO_2 oranı % 0.80, Al_2O_3 oranı % 18.80, Fe_2O_3



Şekil 12. Pegmatit damarı içinde gözlenen iri kuvars ve ortoklas kristali.

Figure 12. Coarse quartz and orthoclase crystal occurring in pegmatoid vein.

oranı % 8.5, MnO oranı % 0.18, MgO oranı % 4, CaO oranı % 8.3, Na₂O oranı % 3.76, K₂O oranı % 1.76, P₂O₅ oranı % 0.23 olduğu saptanmıştır. Ana elementlerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Harker (1919) diyagramlarında oksitlerin SiO₂'ye göre değişimleri incelenmiştir. SiO₂ yüzdesi arttıkça TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, P₂O₅ yüzdeleri azaldığı, K₂O yüzdesinin arttığı, bunlara karşı Na₂O yüzdesinin ise belli bir değişim göstermediği görülmüştür. Oksitlerin düzenli değişimi, fraksiyonel kristallenmeyi yansıtmaktadır (Şekil 13).

İz elementlerden Nb, Ni, Rb, Sr, Y ve Zr'un kimyasal analizleri yapılmıştır. Granit bileşimindeki örneklerin Nb oranı % 2, Ni oranı % 0, Rb oranı % 642, Sr oranı % 46, Y oranı % 5, Zr oranı % 66, diyorit bileşimindeki örneklerin Nb oranı % 8, Ni oranı % 16, Rb oranı % 54, Sr oranı % 2099, Y oranı % 29, Zr oranı % 168 olduğu saptanmıştır. İz elementlerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

İz elementlerin SiO₂'ye göre değişimleri incelendiğinde, SiO₂ yüzdesinin artışına bağlı olarak Zr, Y, Nb, Sr değerlerinin azaldığı, Rb değerinin arttığı, Ni değerinin ise belli bir yönlenme sunmadığı gözlenmiştir (Şekil 14),

K/Rb ile Rb/Sr diyagramlarının her ikisinde de dağınık bir yapı sunduğu gözlenmiştir. Ayrışma, metasomatizma ve hidrotermal alterasyon gibi nedenlerde ye-

Çizelge 1. Beypazarı graniti ana element kimyasal analiz sonuçları (%.)

Table 1. Chemical analyses for major element of Beypazarı granites (%).

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
BG-12	60.618	0.637	16.261	6.534	0.135	2.622	5.854	2.465	3.222	0.167
BG-13	65.665	0.431	15.105	4.724	0.102	1.804	4.136	2.551	4.140	0.102
BG-18R	56.359	0.737	16.241	7.162	0.085	3.913	6.739	3.208	3.099	0.197
BG-19	65.691	0.374	15.816	3.942	0.085	1.195	4.395	2.835	4.118	0.139
BG-26	60.060	0.610	16.084	6.620	0.142	2.812	5.577	2.490	3.303	0.519
BG-27	60.537	0.610	16.372	6.460	0.138	2.733	5.631	2.673	3.470	0.170
BG-2R	74.599	0.137	12.468	1.425	0.025	0.322	0.954	1.946	6.078	0.031
G-1	62.398	0.535	15.843	5.541	0.126	2.035	5.132	2.764	3.661	0.172
G-15	60.356	0.648	16.435	6.716	0.144	2.510	5.899	2.523	2.756	0.157
G-2	60.441	0.653	15.694	6.826	0.139	2.783	5.814	2.383	3.101	0.175
G-3	61.181	0.588	15.724	6.219	0.134	2.724	5.110	2.593	3.718	0.150
G-4	61.046	0.587	16.215	6.294	0.136	2.697	5.385	2.501	3.429	0.154
G-5	55.714	0.785	17.268	8.451	0.157	3.531	7.411	2.478	2.635	0.231
G-6	62.364	0.424	15.727	4.329	0.136	1.175	4.206	2.857	4.796	0.177
G-7	63.019	0.169	18.782	0.928	0.019	0.204	0.604	1.859	11.784	0.042
G-8	76.800	0.097	12.457	0.910	0.040	0.099	0.871	2.980	4.712	0.019
HD-28	63.125	0.473	16.021	4.963	0.122	1.619	5.106	2.882	3.653	0.183
TG-15	62.057	0.567	16.003	5.949	0.156	2.141	5.309	2.634	3.417	0.190
TG-17	62.282	0.541	16.550	5.388	0.144	2.056	5.315	2.764	3.542	0.173
TG-19	62.853	0.589	15.878	5.886	0.177	2.175	6.732	2.301	1.760	0.174
TG-2	57.361	0.740	17.105	7.760	0.138	3.384	6.750	2.539	2.774	0.186
TG-31	52.963	0.756	18.527	7.809	0.135	3.071	8.300	3.757	2.372	0.198
TG-35	60.401	0.581	16.226	6.245	0.126	2.605	5.659	2.463	3.143	0.154
TG-6	64.536	0.389	17.453	3.700	0.074	1.430	5.172	2.644	3.481	0.104

niden oluşan K, Rb ve Sr değerleri değişmiştir (Şekil 15 ve 16).

Beypazarı granitinin petrojenezi

Kimyasal analiz sonuçlarına göre Mac Donald ve Katsura'nın (1964), (Na₂O+K₂O)/SiO₂ diyagramı, Irvine ve Baragar'm (1971), AFM diyagramı yapılmış ve sonuçta örneklerin kalkalkalen bölgeye düştüğü gözlenmiştir (Şekil 17 ve 18).

Analiz sonuçlarına göre ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr izotop oranının 0.706 ile 0.707 arasında değiştiği gözlenmiştir (Şekil 19). Bu değerler kıtasal kabuğu karşılık gelmektedir. Ataman (1973), bulduğu benzer sonuçlar ışığı altında granit magmasının eski bir kıtasal kabuğun ergimesi sonucunda oluştuğunu söylemiştir.

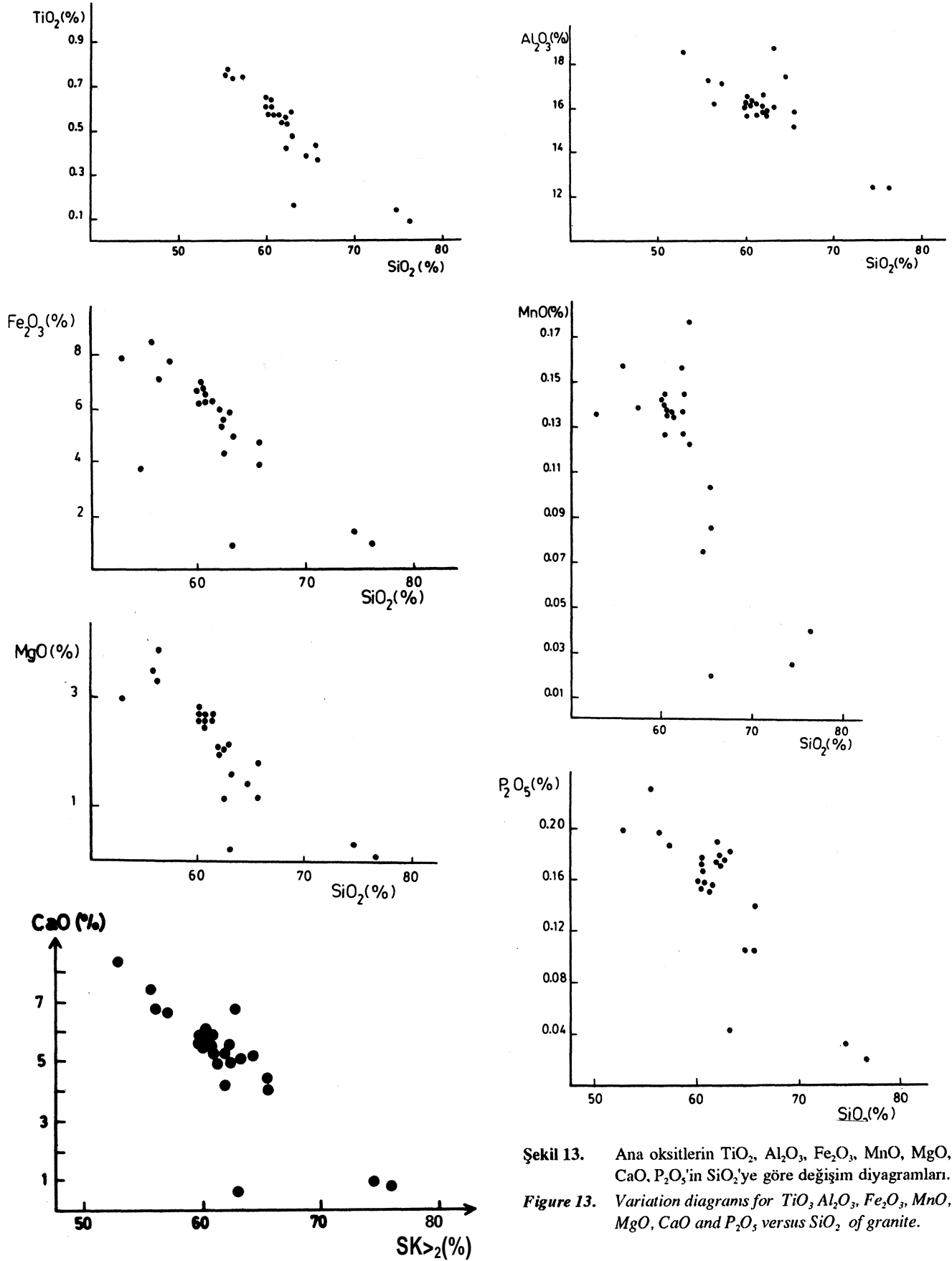
Beypazarı granitinin mineralojik bileşiminde amfibol (hornblend), biyotit ve piroksen gibi mafik mineraler bulunmaktadır. Benzer dokulu, mafik minerallerce zengin yan kayalardan ya da daha önceki fazlarda oluşmuş kayalardan kopararak oluşturduğu anklavlar içermektedir. Kimyasal olarak NaO'nun değeri % 1.9-3.8 arasında değişmektedir. SiO₂, batolit kütlelerinde geniş dağılım sunar ve SiO₂'ye göre yapılan diyagramlarda diğer oksitler düzenli değişim sunmaktadır. Bütün bu veriler ışığı altında Beypazarı granitinin Chappel

Çizelge 2. Beypazarı graniti iz element kimyasal analiz sonuçları (ppm).

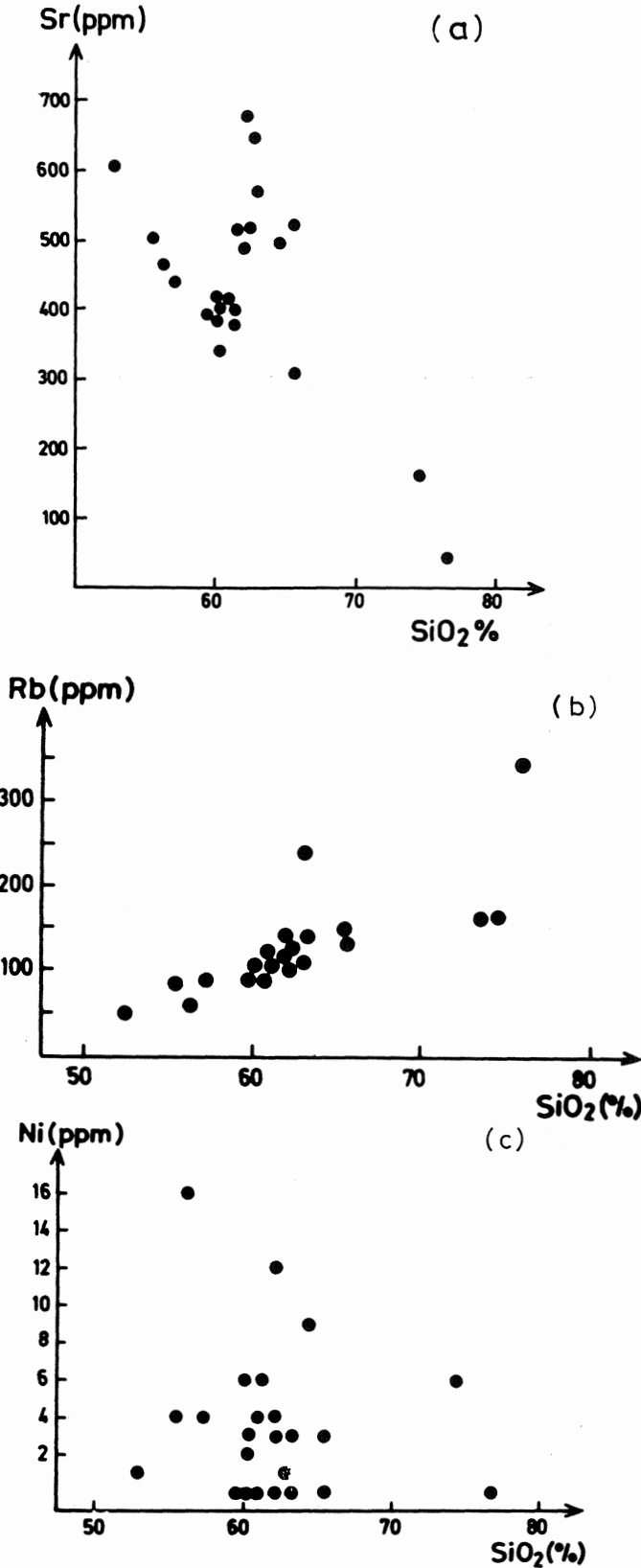
Table 2. Chemical analyses of trace elements of Beypazarı granites (ppm).

	Nb	Ni	Rb	Sr	Y	Zr
BG-12	4	3	97	420	20	136
BG-13	3	3	146	307	18	130
BG-18R	4	16	62	464	28	125
BG-19	6	0	137	522	17	122
BG-26	5	0	106	395	22	152
BG-27	8	0	103	408	26	164
BG-2R	5	6	164	163	24	80
G-1	6	0	123	519	22	163
G-15	6	0	98	340	23	154
G-2	6	2	100	414	24	141
G-3	6	4	119	383	25	156
G-4	6	6	111	400	24	155
G-5	5	4	36	504	27	153
G-6	6	3	137	677	20	136
G-7	3	3	240	2099	12	108
G-8	2	0	346	46	5	66
HD-28	5	0	138	569	20	139
IG-15	7	4	110	489	26	153
IG-17	8	12	115	516	26	144
IG-19	6	1	112	642	26	149
IG-2	4	4	89	440	23	155
IG-31	3	1	54	605	29	183
IG-35	3	6	98	398	20	134
IG-6	2	9	103	494	13	97

BEYPAZARI GRANİTİ

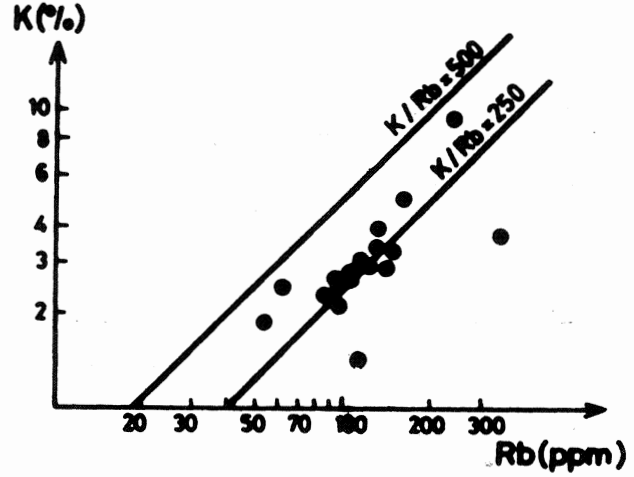


Şekil 13. Ana oksitlerin TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, P₂O₅'in SiO₂'ye göre değişim diyagramları.
 Figure 13. Variation diagrams for TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO and P₂O₅ versus SiO₂ of granite.



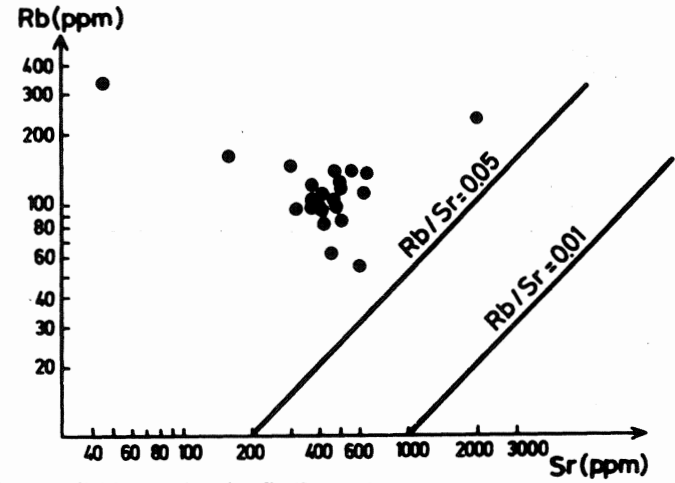
Şekil 14. Sr, Rb ve Ni'nin SiO_2 'ye göre değişim diyagramları.

Figure 14. Variation diagrams of Sr, Rb and Ni versus SiO_2 .



Şekil 15. Granite K/Rb oranları.

Figure 15. K/Rb ratios for granites.



Şekil 16. Granite Rb/Sr oranları.

Figure 16. Rb/Sr ratios for granites.

White (1974) ile White ve Chappel (1997) tarafından tanımlanan I-tipi granit grubuna benzerlik sunduğu söylenebilir. Kontakta gözlenen hornfelsler Turner ve Verhoogen (1960)'a göre hornblend-hornfels fasiyesinde olup, alçak basınç-yüksek sıcaklık özelliğindedir. Winnkler (1976)'in yaptığı sınıflamada birinci zon olan "beyaz mika+klorit+kuvars" zonuna karşılık gelmektedir. Hornfelslerin dar bir zonda gelişmesi Beypazarı granitinin sık yerleşimli bir batolit kütle olduğunu gösterir.

SONUÇLAR

Çalışma alanında temeli Paleozoyik-Permiyen yaşlı metamorfiter oluşturmaktadır (Altınlı, 1973). Metamorfiter genelde fillit, şist ve mermer türündedir. Bunları keserek yerleşen batolit kütlelerinin Jura ve Kretase yaşlı birimlerle dokanağı yoktur, ancak üzerine uyumsuzlukla Paleosen, Eosen ve Miyosen birimleri gelmiştir. Bu yüzden granit Permiyen'den genç, Paleosen'den yaşlı, olasılıkla Üst Kretase yaşlı verilmiştir.

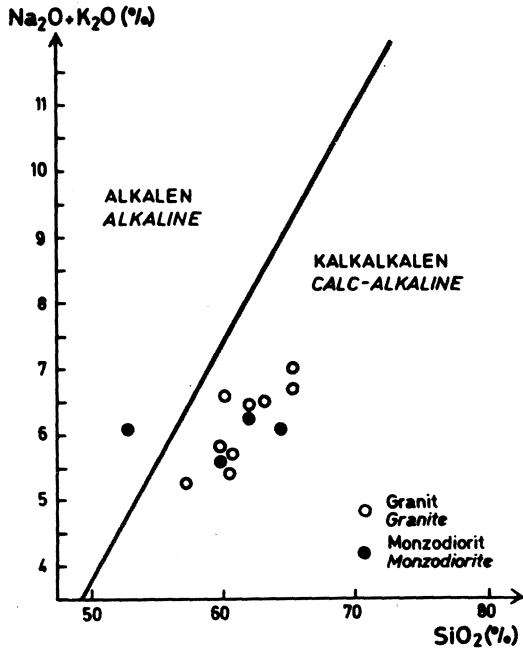
BEYPAZARI GRANİTİ

Granitin sokulumu sırasında nrietamorfitlet ile olan dokanağında kontak metamorfizma gelişmiştir. Burada kalınlığı 3-10m arasında değişen hornfels gözlenmektedir. Hornfelsler Turner ve Verhoogen (1960)'a göre hornblend-hornfels fasiyesinde olup, alçak basınç-yüksek sıcaklık özelliğindedir. Hornfelslerin dar bir zonda gelişmesi Beypazarı granitinin sığ yerleşimli bir batolit kütleli olduğunu gösterir.

Beypazarı graniti olarak adlandırılan batolit kütlelerinin bileşimi diyorit ile granit arasında değişim sunmaktadır. İncelenen kaya türlerinin mineral bileşimi kuvars, plajiyoklas, ortoklas, piroksen, amfibol, biyotit, zirkon, apatit ve sfendir. Diyorite doğru geçişlerde piroksen ortaya çıkmakta, silis miktarı azalmaktadır. İri ortoklas kristallerinin gelişmesi muhtemelen metasomatizma olayının olduğunu göstermektedir. Ayrıntılı mikroprop çalışmaları bu konuya sağlıklı şekilde ışık tutacaktır.

Batolit kütlelerinin kenar zonlarında yan kayalardan içine almış olduğu anklavlar gözlenir. Yan kayalardan içine alarak oluşturduğu anklavlar demir cevherleşmesi olarak kendini gösterir.

Daha önceki fazlarda oluşmuş kayalardan içine alarak oluşturduğu anklavların bileşimi ise genelde kuvars monzodiyorittir. Granitin soğuması paralel olarak KD-GB, KB-GD yönlü eklem takımları meydana gelmiş ve



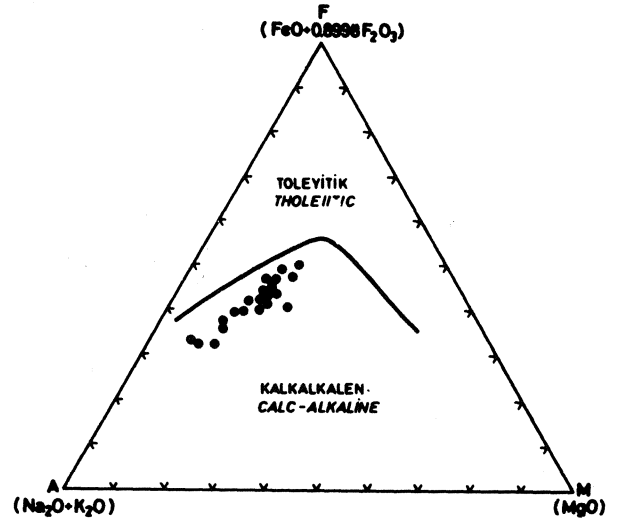
şekil 17. Beypazarı granitinin $(Na_2O+K_2O)/SiO_2$ diyagramı.

Figure 17. (Na_2O+K_2O) versus SiO_2 diagram for Beypazarı granites.

eklem takımlarına bağlı olarak özellikle soğan kabuğu şeklinde ayrışmalar oluşmuştur. Son fazla gelen kuvars ve feldspatça zengin malzeme bu eklem takımları doğrultusunda yerleşerek apolit ve pegmatitler oluşturmuştur.

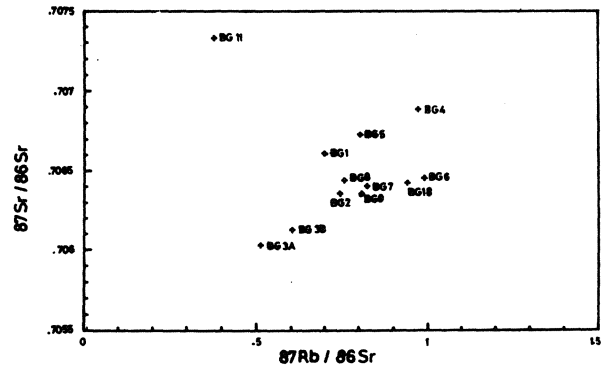
Mikroskobik incelemede serisitleşme, uralitleşme, killeşme, karbonatlaşma, epidotlaşma ve kloritleşme gibi değişimler sıkça rastlanmaktadır.

Kimyasal analiz sonucu yapılan AFM ve $(Na_2O+K_2O)/SiO_2$ diyagramları bu kayaların kalkalkalen nitelikte olduğunu gösterir. Aynışma nedeniyle Rb/Sr, K/Rb oranları değişmiştir. Oranlardaki bu değişim ile minerallerde meydana gelen değişimler granitin ayrıştığını gösterir. Bu yüzden kesin bir yaş verilememiştir. $^{87}Sr/^{86}Sr$ oranı 0.706 ile 0.707 arasındadır, bu değer de kıtasal kabuğa karşılık gelmektedir.



şekil 18. Beypazarı granitinin AFM diyagramı.

Figure 18. AFM diagram for Beypazarı granites.



şekil 19. $^{87}Sr/^{86}Sr$ izotop oranı analiz sonuçları.

Figure 19. Results of $^{87}Sr/^{86}Sr$ isotope ratios for granites.

Beypazarı graniti'nin mineralojik bileşiminde amfibol, biyotit ve piroksen gibi mafik mineraller bulunması, benzer dokulu, kesin dokanaklı, daha mafik olan anklavlar içermesi, Na_2O değerinin 9 1.86-3.76 arasında olması, SiO_2 'ye göre yapılan diyagramlarda diğer oksitlerin düzenli değişmesi bu kütleinin, kıtasal kabuğun ergimesi sonucunda oluştuğunu gösterir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, kısmen TÜBİTAK'ın TBAG-685 nolu projesi ile desteklenmiştir. Yazarlar, çalışma sırasında gösterdikleri yakın ilgi ve kolaylıklardan dolayı T.K.I. OAL Müessesesi yöneticileri ile teknik elemanlarına, çizim işlemlerini gerçekleştiren M.Gürle'ye teşekkür ederler.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Altınlı, İ. E., 1973, Orta Sakarya Jeolojisi: Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliği Kitabı, 159-191.
- Altınlı, İ. E., 1976, Geology of the northern portion of the middle Sakarya river: I.Ü. Fen Fak. Mecmuası, S.B. 41, 15-56, İstanbul.
- Altınlı, İ. E., 1978, Geology of the eastern territory of Nallıhan: I.Ü. Fen Fak. Mecmuası, S.B. 41, 29-44, İstanbul.
- Ataman, G., 1973, Mihalıççık (Eskişehir) granit kütesinin radyometrik yaşı üzerine çalışma: TÜBİTAK IV. Bilim Kongresi, Yerbilimleri Seksiyonu Tebliği Kitabı, 1-5.
- Bingöl, E., 1971, Granit sorunu ve jeolojisi: MTA Yayınları, Eğitim Serisi, No: 10, Ankara.
- Bingöl, E., 1974, Magmatik kayalar petrolojisi: MTA Yayınları, Eğitim Serisi, No:9, Ankara.
- Chappel, B.W. ve White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite types: Pacific Geology, 8, 173-174.
- Çoğulu, E., 1967, Etude petrographique de la region de Mihalıççık (Turquie): Doktora Tezi, Zürich, Imprimerie Leemann S.A.
- Gözler, M.Z., Cevher, F. ve Küçükayman, A., 1985, Eskişehir civarının jeolojisi ve sıcak su kaynakları: MTA Dergisi, 103/104, 40-55.
- Harker, A., 1919, Petrology for students. Cambridge the University Press.
- Helvacı, C. ve İnci, U., 1989, Beypazarı trona yatağının jeolojisi, mineralojisi, jeokimyası ve yörenin trona patonsiyeli: TÜBİTAK Raporu, Proje No: TBAG-685, İzmir.
- Irwin, N. ve Baragar, W. R. A., 1971, A guide to the a chemical classification of the common rocks: Can. J. Earth Sci. 8, 523-548.
- Kulaksız, S., 1981, Sivrihisar kuzeybatı yöresinin jeolojisi: Yerbilimleri, 8, 103-124.
- Mac Donald, G. A. ve Katasura, J., 1964. Chemical composition of Hawaiian lavas: Journal of Petrology, 5, 82-133.
- Mohr, A., 1956, Beypazarı bölgesinde jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar. MTA, Derleme, No: 2554, Ankara.
- Mulligan, R., 1962, Origin of the lithium and beryllum bearing pegmatites: The Canadian, mining and Metallurgy, IXV, 413-422.
- Önal, M., Helvacı, C, İnci, U., Yağmurlu, F., Meriç, E. ve Tansel, İ., 1988, Çayırhan, kuzeybatı Ankara kuze-yindeki Soğukçam Kireçtaşı, Nardin Formasyonu ve Kızılcay Grubunun stratigrafisi, yaşı, fasiyes ve depolama ortamları: TPJD Bülteni, C-1/2, 153-163.
- Streckeisen, A., 1976, Classification and nomenclature of igneous rocks: NJb, Miner. Abl., 107, Stuttgart.
- Turner, O. F. ve Verloogen, J., 1960, Igneous and metamorphic petrology: Mac Graw Hill Book Company, new York.
- White, A. J. R. ve Chappel, B. W., 1977, Ultrametamorphism and granitoid genesis: Tectonophysics, 43, 7-22.
- Winkler, H. G. F., 1976, Petrogenesis of metamorphic rock: Springer-Verlag, Berlin, 334.
- Yağmurlu, F., Helvacı, C, İnci, U. ve Önal, M., 1988, Tectonic characteristics and structural evolution of the Beypazarı and Nallıhan Neogene basin, central Anatolia: Metu Journal of Pure and Applied sciences, 21, 1-3, 127-143.