

Bozüyük metamorfitlerinin (Bilecik) petrokimyasal özellikleri

The petrochemical features of metamorphites of Bozüyük (Bilecik-Turkey)

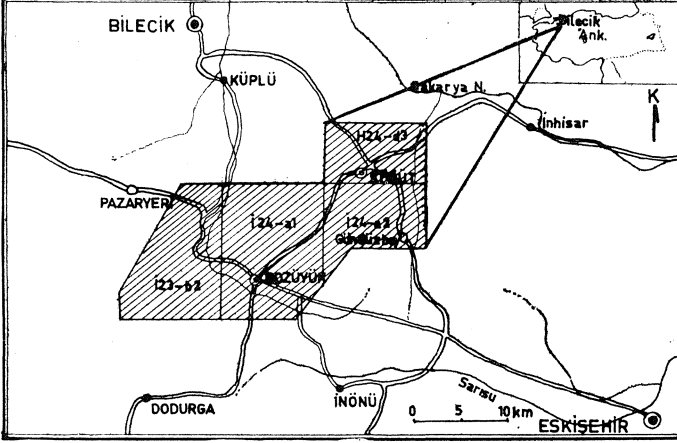
HALÛK AYAROĞLU Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Mineraloji Kürsüsü, Ankara

ÖZ: Bozüyük,-Söğüt (Bilecik) yöresinde Paleozoik oluşukları Bozüyük metamorfitleri olarak adlandırılmıştır. Formasyonu oluşturan kayalar birimlerinden ortogneiss, yeşilşist ve glaukofanlı şistler orto, mikaşistler ise para kökenlidirler. Bunlar bölgedeki kil ve kumlu oluşuklarla granitik bir intrüzyon ürünlerinin bölgesel metamorfizmaya uğramasıyla oluşmuşlardır.

ABSTRACT: Paleozoic formations of the Bozüyük - Söğüt (Bilecik) area are called Bozüyük metamorphites. Of the rock units which comprise this formation, orthogneiss, greenschist and glaucophane schists are of ortho and mica-schists are of para origin. These are formed by regional metamorphism of clay, sand, and granitic intrusion products within the region.

GİRİŞ

İnceleme alanı, Batı Karadeniz bölgesinin güneybatı-sımdadır. Bozüyük ve Söğüt (Bilecik) ilçelerini de içine alan 1/25.000 ölçekli Kütahya İ23-b2, Eskişehir İ24-al,a2 ve Adapazarı H24-d3 paftalarını kapsamaktadır (Şekil 1). Daha



Şekil 1: Yer bul d uru haritası.

Figure 1: Location map.

önceden yapılmış olan çalışmaların çoğu bölgedeki mineral kaynakları üzerine yoğunlaşmıştır (Alpay, 1948; Göksu, 1951; Kaaden, 1957). Brinkmann (1971), Bozüyük ve Söğüt yöresindeki Paleozoyik'e ait metamorfik kayalar ile bunların üzerindeki Üst Jura yaşlı kireçtaşlarına değinmiştir. Altınlı (1973a, b), "Orta Sakarya Jeolojisi" ve "Bilecik Jurasıği" adı altında topladığı çalışmalarında, inceleme alanı ve çevresini içine alan bölgenin kaya stratigrafi birimlerini ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Bingöl (1975), bölgedeki metamorfik kayaları, orta basınç asfibolit fasiyesi ve yeşil şist fasiyesi olarak ayırtlamıştır. Bu çalışmanın da amacı, bölgenin temelini oluşturan ve Bozüyük metamorfiteri olarak adlandırılmış olan litoloji biriminin metamorfizma derecesini ve köken kayalarını belirlemektir. Bu konudan olmak üzere temeli tümüyle tanımlayıcı nitelikteki 12 örnekten majör element analizleri yapılmış, analiz sonuçları ACF-A'FK, de la Roche ve Osann diyagramları yardımıyla yorumlanmıştır. Adı geçen bu litoloji biriminin petrokimyasal özelliklerine başlamadan önce, konuya bütünlük kazandırması bakımından bölgenin genel jeolojisi kısaca sunulacaktır.

GENEL JEOLJİ

Bölgede Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik'e ait oluşuklar yüzeylenmektedir (Şekil 2). En geniş yayılıma sahip olan Paleozoyik oluşukları, Bozüyük metamorf itleri olarak adlandırılmıştır. Bu formasyonun kayaç birimleri fillit, mikaşist, yeşilşist (kloritşist, amfibollü şist), glokofanlı şist (haritaya almamıyacak ölçekte), ortognays, kuvarsit, yarı mermerleşmiş kireçtaşı, serpantin, peridotit, gabro ile metadiyabaz ve metabazalttır. Başlangıçta karbonatlar ile kil

ve kum boyutundaki kayalar ve granitik bir intrüzyonun ürünleri bölgesel metamorfizmanın yeşilşist fasiyesi koşullarından etkilenerek günümüzdeki petrografi özelliklerini kazanmışlardır.

Mesozoyik, Jura ve Kretase yaşlı oluşuklarla temsil edilmektedir. Bayırköy Formasyonu (Altınlı, 1973) olarak tanımlanmış olan Alt Jura yaşlı oluşukların litolojisi kumtaşı, marn ve fosilli kireçtaşı olup bunlar, altta Bozüyük metamorf itleri, üstte ise Bilecik kireçtaşı (Granit ve Tintant, 1960) ve Dudaş formasyonu ile açılı uyumsuzdurlar. Kıvrımlı yapıdaki Bilecik kireçtaşları Orta-Üst Jura yaşındadırlar. Bu birimin kendisinden daha genç ve daha yaşlı olan diğer birimlerle dokanağı açılı uyumsuzdur. Dudaş formasyonu, Üst Kretase yaşındadır ve alt dokanakta Bozüyük metamorfiteri, Bayırköy Formasyonu ve Bilecik Kireçtaşı ile açılı uyumsuzdur. Daha genç olan serilerle ilişkisi ise gözlenememiştir. Belirgin litoloji topluluğu killi kireçtaşı, marn ve kumtaşıdır.

İnceleme alanındaki Senozoyik oluşukları Gemiciköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır (Eroskay, 1965). Daha yaşlı olan birimlerle ilgisi açılı uyumsuzluk şeklindedir. Egemen litolojisi kireçtaşı olup, marn ve kumtaşı katkıları da gözlenmektedir.

İncelenen bölgenin yapısal öğelerinin başında bölgesel ölçekteki kıvrımlar, uyumsuzluklar ve faylar gelir. Formasyon içi daha küçük yüzlek faylar, küçük kıvrımlar, çizgisel yapılar, yapraklanma ve eklemlemeler de diğer yapı şekillerini oluştururlar. Hersiniyen ve Alpin dağ oluşum evreleri bölgede etkin olmuştur.

Sahadan alınmış örneklerde yapılmış olan petrografik ve petrokimyasal incelemelerle, bölgenin temelini oluşturan Bozüyük metamorfiterinde metamorfizma şiddetinin kuzeybatıdan güneydoğuya doğru giderek arttığı saptanmıştır. Bozüyük metamorfiterinden sonraki birimlerde metamorfizma etkisinin görülmeysi, metamorfizmanın, Hersiniyen dağ oluşum evresinde gelişmiş olduğunu göstermektedir.

BOZÜYÜK METAMORFİTÜERİNİN PETROKİMYASI

Bozüyük metamorfiterinin petrokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, bu birimde en fazla yayılım gösteren mikaşist, yeşilşist (kloritşist, amfibollü şist) ve glokofanlı şistler ile orto gnayslardan derlenen 12 örneğin majör element analizi incelenmiştir. Örnek yerleri Şekil 2'de, kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Genel Kimyasal özellikler

Kimyasal analizi yapılan tüm örneklerde SiO₂ miktarı, %47.156 ile %77.475 değerleri arasında değişmektedir.

Al₂O₃ miktarı ortalama olarak %14-15 dolayındadır. Muskovitçe zengin örneklerde alüminyum miktarı % 19.720 ye kadar varmaktadır.

Kayaçlardaki MgO miktarı %0.2 - %4 arasında değişmekte olup, yüksek değerler, o örneklerdeki amfibol ve biyotit bolluğunun sonucudur.

(1) Majör element analizleri İngiltere, Oxford Üniversitesi Mineraloji Lab.'da yaptırılmıştır. FeO ayırımı, gravimetrik olarak metavanadit yöntemiyle yapılmış, diğer elementler X-ışınları floresans spektrometresiyle ölçülmüştür.

GÖZLEM NOKTASI (OBSERVATION POINT)	ÖRNEK (SAMPLE)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	ATEŞTE KAYIP VOLATİLES	TOPLAM (TOTAL)
Firanlar 61	Yeşilçist 1	48.426	15.693	3.112	7.970	0.149	5.983	7.937	3.630	1.126	1.648	0.235	4.353	100.262
Bozüyük 81	Ortognays 2	63.681	14.961	2.587	2.000	0.112	2.802	3.500	3.314	3.359	0.423	0.128	1.571	100.438
Bozüyük 102	Ortognays 3	76.217	14.487	-	0.890	0.036	0.297	0.718	4.620	3.381	0.046	0.067	0.627	101.386
Bozüyük 113	Ortognays 4	72.683	14.525	1.355	0.910	0.073	0.620	2.451	3.740	2.498	0.189	0.077	1.521	100.642
Firanlar 147	Mikasıst 5	56.404	19.720	3.959	4.720	0.251	2.623	0.498	1.740	3.430	0.977	0.175	5.581	100.078
Gündüzbey 210	Yeşilçist 6	47.060	14.153	4.484	8.650	0.200	6.082	9.613	2.900	0.460	2.286	0.235	3.680	99.803
Söğüt 217	Ortognays 7	73.597	14.057	-	2.260	0.100	0.526	1.480	4.590	2.836	0.140	0.070	1.011	100.668
Bozüyük 225	Ortognays 8	76.521	13.262	-	1.450	0.068	0.246	1.234	5.220	2.377	0.047	0.052	0.672	101.149
Bozüyük 226	Gabro 9	51.695	11.441	0.877	6.490	0.197	12.072	9.676	1.700	1.404	0.470	0.082	3.228	99.332
Çaltı 238	Ortognays 10	66.296	15.732	0.602	4.330	0.127	2.242	1.311	3.360	2.607	0.587	0.234	2.394	99.823
Söğüt 324	Ortognays 11	77.475	12.821	-	1.030	0.087	0.314	0.529	3.180	3.934	0.125	0.251	0.983	100.729
Düdağ 364	Mik. çist 12	47.156	13.247	5.773	6.120	0.160	3.320	6.973	3.990	1.668	2.450	0.270	6.862	99.989
ORTALAMA (AVERAGE)		63.267	14.508	1.895	3.901	0.130	3.307	3.768	3.514	2.419	0.782	0.156	2.706	100.353

Çizelge 1: Bozüyük metamorfitlelerinin kimyasal analizleri.

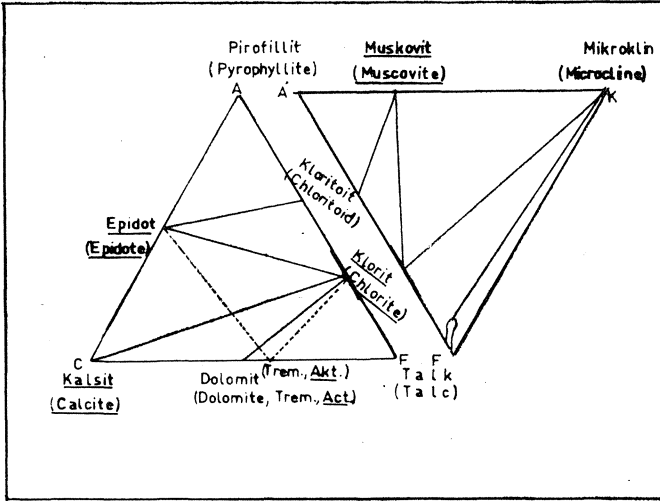
Table 1: Chemical analyses of Bozüyük metamorphites.

Kalsitçe zengin olan kayalarda CaO miktarı %7.937'ye kadar çıkmaktadır. Sodyum ve potasyum miktarları kabaca %3 dolayında değişmektedir. Titan genellikle %1'in altında bulunmakta, %1'in üzerinde bulunduğu değerler amfibollü şistlere karşılık gelmektedir, örneklerde manganez ve fosfor miktarları yaklaşık olarak paralel artışlar göstermekte, demirin büyük kesimi, opak minerallerden gelmektedir.

ACF-A'FK Üçgen Diyagramları: Bozüyük metamorfizminde rejyonel metamorfizmanın yeşilist fasiyesi koşulları etkili olmuştur. İncelenen örneklerde bu koşulları kanıtlayan kimyasal analizlerin yanısıra nokta sayacı ile yapılan çalışmalarda da örneklerin, bu fasiyesin, Barrow tipi subfasiyes koşullarına uygun parajenezler gösterdikleri gözlenmiştir.

Kuvars-Albit-Muskovit-Klorit Subfasiyesi (B.1.1): (Şekil 3).

- a. Silisli karbonat kayalardan oluşan parajenezler:
 — kalsit -f kuvars + klorit (Gözlem No. 211)
 — kalsit + muskovit -f kuvars (Gz. 75)
- b. Killerden oluşan parajenezler:
 — kuvars + albit + muskovit + klorit (Gz. 141)
 — kuvars -f klorit -f muskovit -f aktinolit (Gz. 219)
 — kuvars + epidot + klorit + albit (Gz. 63).



Şekil 3: B.1.1 subfasiyesini gösteren diyagram.

Figure 3: The diagram showing B.1.1 subfacies.

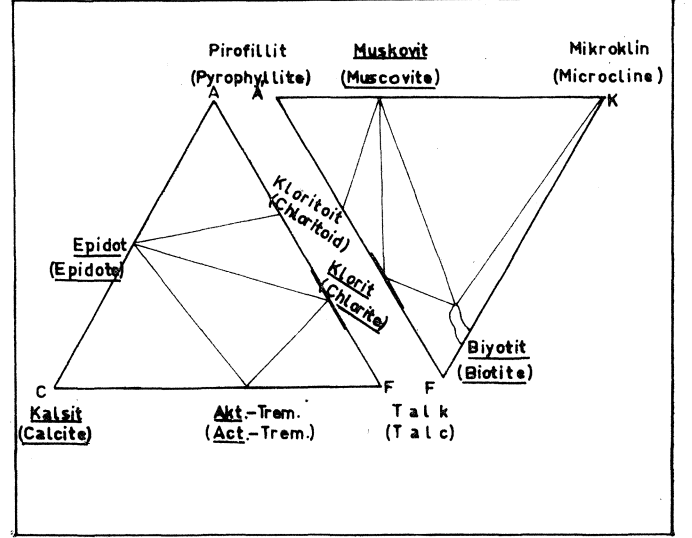
Bu subfasiyesin parajenezlerinde albit, büyük miktarlarda oluşmuştur. Stilpnomelan kritik mineralinin bulunmaması, örneklerdeki Fe+s değerinin, Mg değerinden daha az olduğunu göstermektedir (Winkler, 1967). Aktinolit varlığı, örneklerde, gaz fazındaki CO₂'in az olduğuna işaret etmektedir.

Kuvars-AIMt-Epidot-Biyotit Subfasiyesi (B.1.2): (Şekil 4)

- a. Silisli karbonat kayalardan oluşan parajenezler:
 — kalsit -f kuvars -f muskovit (Gz. 133)
 — kalsit + kuvars + albit + klorit + muskovit (Gz. 132)

b. Killer ve marnlardan oluşan parajenezler:

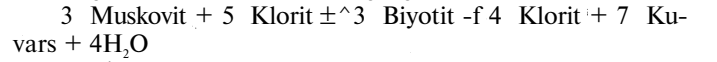
- kuvars-f-albit-fmuskovit-fbiyotit-fklorit (Gz. 360)
 — kuvars-j-serizit-fbiyotit-fjalbit-fpepidot (Gz. 256)
 — kuvars+biyotit+aktinolit-fepidot+albit (Gz. 291)
 — klorit+aktinolit+epidot+albit-fkalsit (Gz. 273).



Şekil 4: B.1.2 subfasiyesini gösteren diyagram.

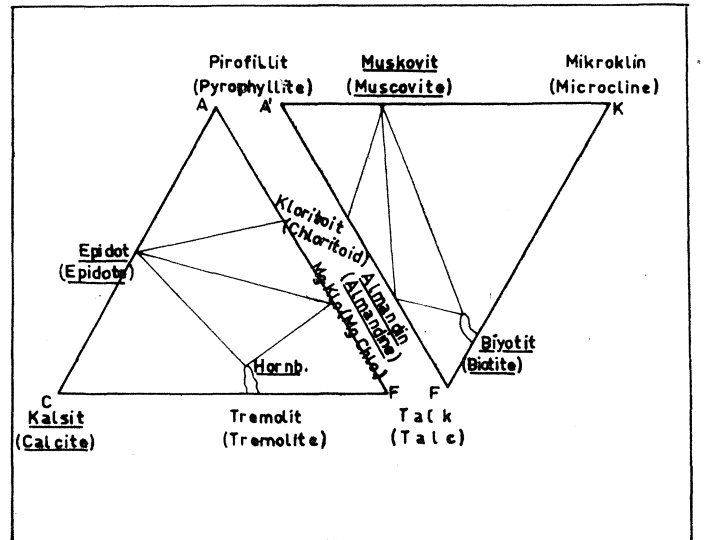
Figure 4: The diagram showing B.1.2 subfacies.

B.1.2 subfasiyesinde, ortama biyotit girmiştir. Kloritin bulunuşu, P-T koşullarına bağlı olup, kayacın kimyası ile ilgili değildir (Turner ve Verhoogen, 1960; Winkler, 1967'den). Bu oluşumu gösteren tepkime şu şekildedir:



Bu subfasiyesteki epidot (pistazit, zoisit ve klinozoisit) oluşumu, 450-470°C sıcaklık ve yükselen gaz basıncına bağlanabilir.

Kuvars-Albit-Epidot-Aimandin Subfasiyesi (B.1.3): (Şekil 5)



Şekil 5: B.1.3 subfasiyesini gösteren diyagram.

Figure 5: The diagram showing B.1.3 subfacies.

- a. Kireçtaşlarından oluşan parajenezler:
 — kalsit-f kuvars-f opak (Gz. 48)
 b. Killerden ve marnlardan oluşan parajenezler:
 — kuvars+albit+biyotit+hornblende-f epidot (Gz. 531)
 — kuvars+albit,-f muskovit+klorit-fbiyotit+granat (Gz. 347)
 — kuvars+biyotit+granat-j-opak (Gz. 300).

Bu subfasiyes, yeşilüst fasiyesinin en yüksek sıcaklık derecesine karşılık gelmektedir (550°C). Burada diğer subfasiyelerden farklı olarak ortama granat ve hornblende girmiştir. Hornblende-albit parajenezi buradaki amfibolit oluşumunu, yüksek dereceli amfibolitlerden ayırmaktadır. Muskovit-klorit beraberliğe dayalı değildir.

H. de la Roche Diyagramları: İnceleme alanında gözlenmiş olan mikaşist, yeşilüst, glokofanlı şist ve gnaysların köken kayalarının belirlemek ve karşılıklı petrokimyasal ilişkilerini göstermek amacıyla yapılmış olan diyagramlarda şu parametreler kullanılmıştır:

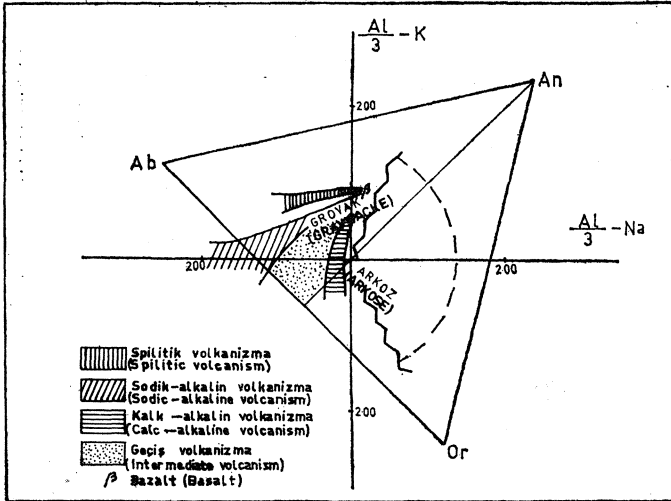
$$I - \frac{Al}{3} - K, \frac{Al}{3} - Na \text{ (De La Roche, 1968)}$$

$$II - \frac{Si}{4} - Fe+Ti, \frac{Si}{4} - (K+Na+Ca) \text{ (Leterrier ve De La Roche, 1972).}$$

La Roche, 1972).

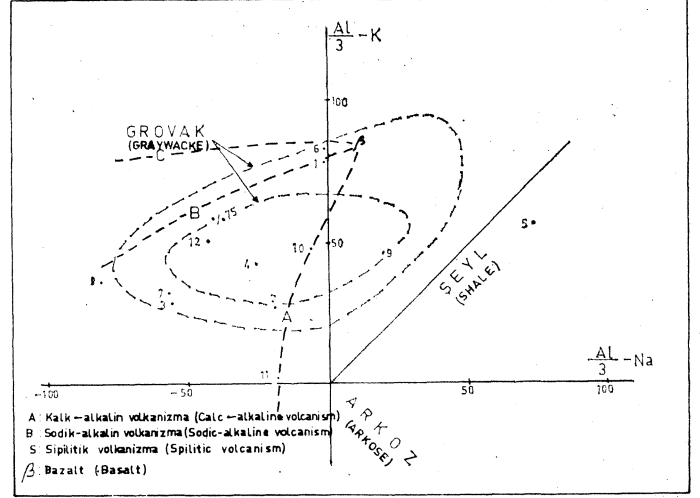
Bu parametreler, kayalardaki elementlerin oksit olarak saptanan analiz değerleri üzerinden, her katyonun % ağırlığından gidilerek, 100 gr'daki her bir katyon miktarının miliatomgram olarak bulunmasıyla saptanmıştır.

Al/3 - K, Al/3 - Na sisteminde Na, K ve Al'un davranışlarına göre sedimanter ve magmatik kökenli kayalar, diyagramlarda belirli bölgeler oluşturmaktadırlar (Şekil 6, 7,8).



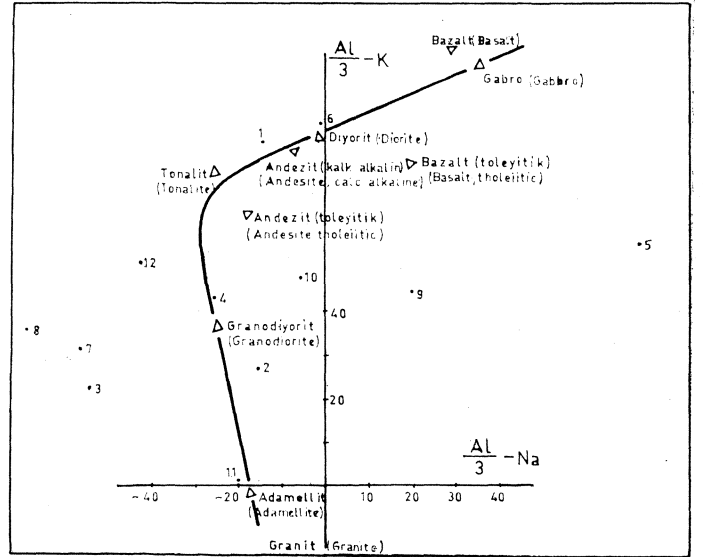
Sekil 6: Na, K ve Al'un farklı davranışları ile sedimanter ve magmatik sahalarda arasındaki karşıt faktörleri gösteren diyagram (de la Roche, 1968).

Figure 6: The diagram showing contrasting factors between sedimentary and magmatic areas as determined by varying attitudes of Na, K and Al (de la Roche, 1968).



Şekil 7: Bozüyük metamorfitlerinin de la Roche diyagramındaki dağılımı.

Figure 7: Distribution of Bozüyük metamorphites in de la Roche diagram,



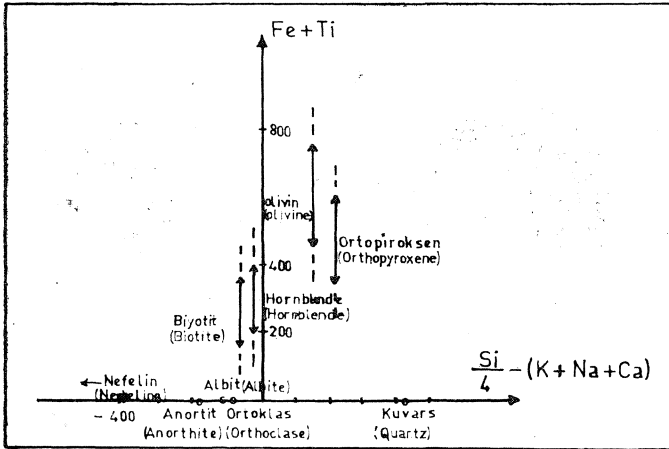
Sekil 8: $\frac{Al}{3} - K$ ve $\frac{Al}{3} - Na$ parametrelere göre Bozüyük metamorfitlerine ait örneklerin dağılımı.

Figure 8: Distribution of samples from Bozüyük metamorphites in the de la Roche diagram with $\frac{Al}{3} - K$ and $\frac{Al}{3} - Na$ parameters.

Şekil 6 ve 7'de görüldüğü gibi grovaklar, granodiyoritlerin çok yakınında yoğunlaşan bir dağılım göstermektedirler. Grovaklar ile granodiyoritler arasındaki bu kimyasal benzerlik, genellikle bazik kökenli olan grovakların ender de olsa bazı hallerde granodiyoritlerin ayrışmasıyla da oluşabileceğine işaret etmektedir.

Analizi yapılan örneklerden ortognaylara ait 2, 10, 11 no.lu örnekler, kalkalkalin yolkanizmanın oluşturduğu alan içinde yer almakta, 3, 4, 7, 8 no.lu ortognaylar ile 12 no.lu glokofanlı şist örneği geçiş volkanizmasını göstermektedir. Yeşilistlere ait 1 ve 6 no.lu örnekler, bazaltik volkanizmayı belirlemektedir. 5 no.lu mikaşist, tipik olarak para köken vermekte ve sedimanter alanın şeyi kesimine düşmektedir. 9 no.lu örnek, bu sistemde belirgin bir özellik vermemektedir.

Demirin kimyasal-mineralojik diyagramında (Leterrier ve De La Roche, 1972), Fe+Ti ile Si/4- (K+Na+Ca) parametreleri kullanılarak, plutonik kayalarla bazalt ve andezitik kayaların dağılım yerleri diyagram üzerinde verilmiştir (Şekil 9, 10). Bu sistem içinde, analizi yapılan örneklerden ortognaylar iki grupta toplanmaktadır (Şekil 11). Bunlardan 2 ve 10 no.lu örnekler, köken kayalar olarak granodiyoritlere karşılık gelirken, 3, 4, 7, 8, 11 no.lu örnekler granitlere doğru yönelmektedirler. 1, 6 ve 12 no.lu örneklerin Fe ve Ti değerleri oldukça yüksektir ve toleyitik bazalt ile andezitler arasında yer almaktadır. 9 no.lu örnek, kalkalkalin andezit magmasından türemiştir.



Şekil 9: Demir in kimyasal-mineralojik diyagramı (Leterrier ve De La Roche 1972).

Figure 9: The chemical-mineralogical diagram of Fe (Leterrier and De La Roche, 1972).

Osann Diyagramları:* Bozüyük metamorfiteğini oluşturan temel kayaç birimlerinin yukarıda açıklanan diyagramlarla saptanmış olan sonuçlarını başka bir yöntemle kanıtlamak amacıyla aynı örnekler Osann diyagramlarına uygulanmıştır (Osann, 1942; Ayan, 1973'den). Parametre değerleri şu şekilde hesaplanmıştır:

$$Al = Al_2O_3$$

$$S = SiO_2 + TiO_2 + P_2O_5$$

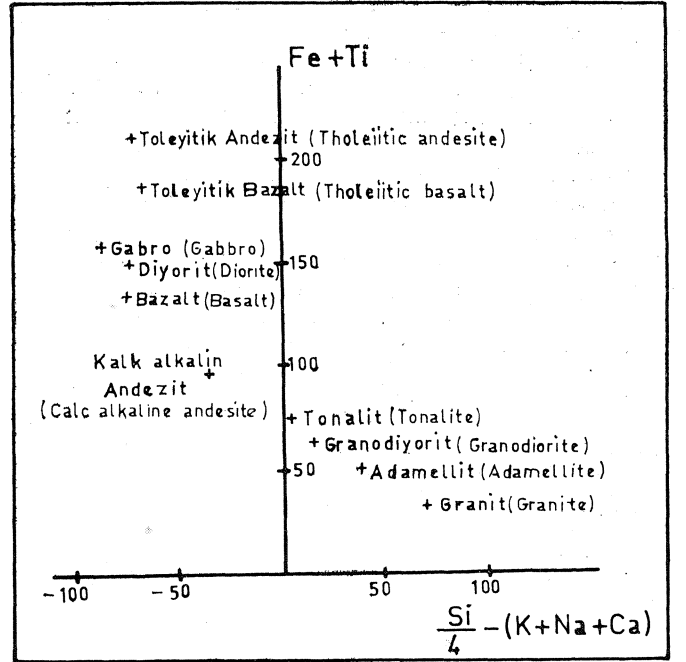
$$F = Fe_2O_3 + FeO + CaO + MgO + 3MnO$$

$$C = CaO$$

$$Al = Al_2O_3$$

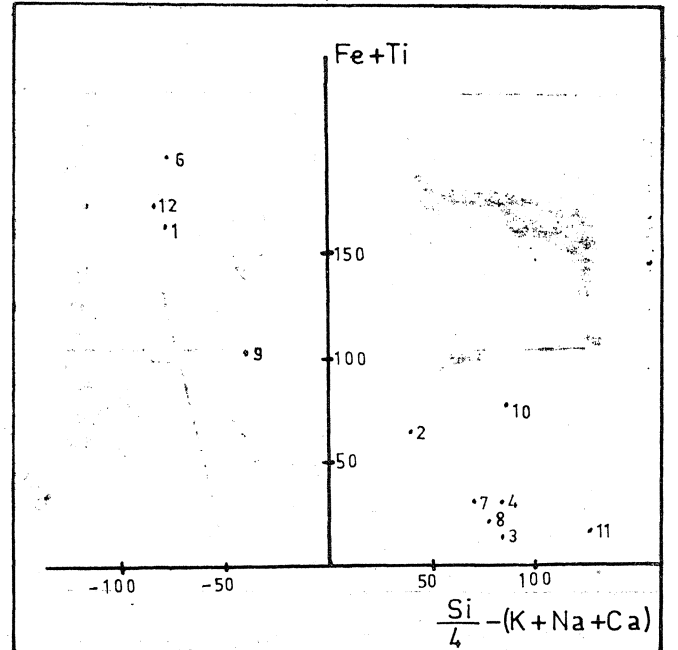
$$Alk = Na_2O + K_2O$$

Bulunan değerler toplanıp 100'e tamamlanmış ve her parametrenin % oranı saptanmıştır (Şekil 12).



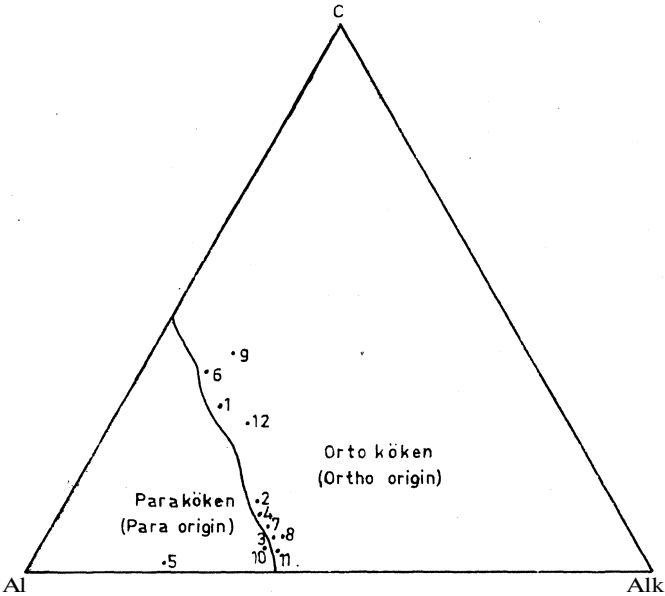
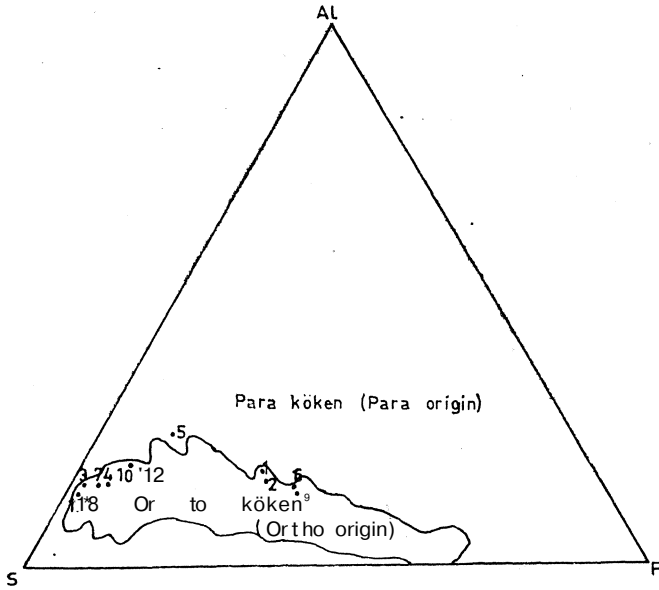
Şekil 10: Demirin kimyasal-mineralojik diyagramında belirli bileşimdeki kalkalkalin serilere ait plutonik kayalar ile farklı tipteki bazalt ve andezitlerin dağılımı (Leterrier ve De La Roche, 1972).

Figure 10: Distribution of the plutonic rocks belonging to calcalkaline series having certain composition also different types of basalts and andesites in the chemical-mineralogical Fe diagram (Leterrier and De La Roche, 1972).



Şekil 11: Demirin kimyasal-mineralojik diyagramındaki Bozüyük metamorfiteğini dağılımı.

Figure 11: Distribution of Bozüyük metamorphites in the chemical-mineralogical diagram of Fe.



Sekil 12: Al-S-F ve C-Al-alk diyagramlarında, Bozüyük metamorfitlerine ait örneklerin dağılımı (Osann, 1942; Ayan, 1973 den).

Figure 12: Distribution of samples of Bozüyük metamorphites in the Al-S-F and C-Al-alk diagrams (Osann, 1942; In Ayan 1973).

Al-S-F diyagramında 5 no.lu örnek dışında tüm örnekler orto kökeni vermektedirler.

C-Al-alk diyagramında ise 5 no.lu mikaşist örneği yine para kökeni belirten sahaya düşmüş, diğer örnekler orto kökeni vermiştir. Sadece 10 no.lu ortognays örneği bu diyagramda, para ve orto kökeni ayıran sınırın çok yakınında ve para köken kesiminde yer almıştır.

SONUÇLAR

Yapılan değişik analizler birbirlerini destekler ve tablolar şeklinde olup, bunların sonuçları, Bozüyük metamorfitlerini oluşturan kayalardan gnays, yeşilist ve glokofanlı şistlerin orto, mikaşistlerin ise para kökenli olduklarını ve köken kayaların, bölgede gelişen metamorfizmadan, yeşilist fasiyesinin Barrow tipi subfasiyes koşullarına kadar etkilenmiş olduğunu göstermiştir.

KATKI BELİRTME

Bu yazı, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Mineraloji Kürsüsünde yapılmış olan doktora tezinden hazırlanmıştır. Yazar, adı geçen çalışmada yardımlarını gördüğü tez yöneticisi Doç. Dr. M. Ayan ile Prof. Dr. A. S. Erk, Prof. Dr. M. Tokay ve Doç. Dr. S. Alpan'a teşekkür eder.

Yazının geliş tarihi : 28.9.1978
Düzeltilmiş yazının geliş tarihi : 19.1.1979
Yayıma verildiği tarih : 25) t.1979

DEĞİNİLEN BELGELER

- Alpay, B., 1948, Firanlar-Alinea (Bilecik) arasındaki maden oluşumları: M.T.A. Der. Rap. No. 3838, Ankara, yayımlanmamış.
- Altınlı, İ.E., 1973a, Bilecik Jurasığı: 50. Yıl Yer Bil. Kong. Teb, Ankara, 159-192.
- Altınlı, İ.E., 1973 b, Orta Sakarya Jeolojisi: 50. Yıl Yer Bil. Kong. Teb, Ankara, 103-112.
- Ayan, M., 1973, Gördes Migmatitleri: M.T.A. Dergisi, Ankara, 81, 140-141.
- Bingöl, E., 1975, 1/250000 ölçekli Türkiye metamorfizma haritası ve bazı metamorfik kuşakların jeotektonik evrimi üzerinde tartışmalar: M.T.A. Dergisi, Ankara, 83, 178-185.
- Brinkmann, R., 1971, Kuzeybatı Anadolu'daki gene Paleozoyik ve eski Mesozoyik: M.T.A. Dergisi, Ankara, 76, 61-75.
- De La Roche, H., 1968, Comportement géochimique différentiel de Na, K et Al dans les formations volcaniques et sédimentaires. Tjn guide pour l'etude des formations métamorphiques et plutoniques: C.R. Acad. Sci. Fr., Paris, 267, Série D, 39-42.
- Eroskay, O.S., 1965, Paşalar boğazı - Gölpazarı sahasının jeolojisi: İst. Üniv. Fen Fak. Mec. Seri B, XXX/3-4, 135-170.
- Göksu, E., 1951, Dudag antıman madeni ve civarının jeolojik etüdü: M.T.A. Dergisi, Ankara, 41, 35-53.
- Granit, Y., ve Tintant, EL, 1960, Observations préliminaires sur le Jurassique de la region de Bilecik (Turquie): C.R. Acad. Sci. Parish 251, 1801-1803.
- Kaaden v.d., G., 1957, Bilecik ili Sögüt kazası Dudas köyü güneyindeki volfram-antıman zuhuru hakkında rapor: M.T.A. Der. Rap. No. 2560, Ankara, yayımlanmamış.
- Le terrier, X, ve De La Roche, H., 1972, Extension aux basaltes d'une typologie chimique des roches ignées acides et intermediaires: C.R. Acad. Sci. Fr., Paris, 274, SSrie D, 788-791.
- Winkler, H.G.F., 1967, The genesis of metamorphic rocks: Springer-Verlag, Berlin, 320 s.

