



Bitlis Masifi'nde (Yolcular Metamorfiti) Na-feldispat bakımından zengin lökograditik kayaçlar: Feldispat kaynağı olarak bir potansiyel

Na-Feldspar-rich leucogranitic rocks in the Bitlis Massif (Yolcular Metamorphic): A potential source for feldspar

Vural OYAN, A. Ümit TOLLUOĞLU

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080 Zeve Kampüsü, VAN

Geliş (received) : 17 Haziran (June) 2005

Kabul (accepted) : 24 Kasım (November) 2005

ÖZ

Bölükyazı-Hizan (Bitlis) arasında Yolcular Metamorfiti içinde gözlenen ve anateksi süreçlerinin etkisiyle gelişmiş granitik bileşimli lökograditik kayaçlar Na-feldispatça zenginleşme göstermektedirler. Bu çalışmada, Yolcular Metamorfiti içindeki lökograditik kayaçların feldispat kaynağı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yolcular Metamorfiti (Alt Birlik) almandin-amfibolit fasiyesindeki metamorfizma koşullarına sahip ve Bitlis Masifi'nin çekirdeğinde yüzeyleyen amfibolitler, mika minerallerince zengin paragnays/sistler, migmatit seviyeleri ve bunları kesen granitik kayaçlar içerirken, Masifin Üst Birliği metapelitler ve metakarbonatlarla karakterize edilirler. Lökograditik kayaçlar Yolcular Metamorfitinin içinde geniş bir alanda gözlenmektedir. Özellikle amfibolit ve biyotit-gnayslarla düzensiz sınır ilişkilerine sahip olan bu kayaçlar, çoğunlukla alterasyona uğramışlardır. Bu kayaç birimleri, mineralojik bileşim olarak kuvars ve feldispat minerallerince zengin olup, özellikle feldispat minerallerinin albit-oligoklaz bileşiminde plajiyoklaz serisi minerallerinden oluştuğu saptanmıştır. Çok ender oranda epidot, sfen ve mika gibi koyu renkli mineralleri içeren bu kayaçların, Na₂O içerikleri %7-8, Fe₂O₃ içerikleri % 0.60-0.70 ve TiO₂ içerikleri % 0.2-0.3 arasında değişmektedir. Bu veriler, lökograditik kayaçların Na-feldispatça zengin olduklarını göstermektedir. Örnekler yaş manyetik ayırma ve flotasyon deneylerine tabi tutulmuştur. Deneysel çalışmalar flotasyonla endüstrinin talebine uygun konsantre üretilebileceğini ortaya koymuştur. Granitik bileşimli lökograditik kayaçlarda Na₂O içeriği % 11.30, Al₂O₃ içeriği % 21.60 ve ağırlık verimi %96.60 olan konsantre üretilmiş ve konsantrenin istenmeyen TiO₂ ve Fe₂O₃ içerikleri sırasıyla % 0.05 ve % 0.12'ye kadar düşürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bitlis Masifi, lökograditik kayaçlar, Na-feldispat, Yolcular Metamorfiti.

ABSTRACT

The granitic leucocratic rocks of the Yolcular Metamorphics which lie between Bölükyazı and Hizan (Bitlis) arose under anatexi conditions, and show Na-feldspar enrichment. In this study, the feldspar potential of these leucogranitic rocks was investigated. The Yolcular Metamorphics, which comprise the Lower Unit of the Bitlis Massif, have metamorphism conditions of almandine-amphibolite facies and include amphibolites, mica rich paragneiss/schist, migmatitic levels and granitic rocks which cross cut these rocks. However, the Upper Unit of the Bitlis Massif is characterized by metapelites and meta carbonates. Leucogranitic rocks are exposed in a wide area in the Yolcular Metamorphics. It is mainly these rocks which have irregular contact relations with amphibolite and biotite gnesis that are altered. These rock units are rich in quartz and feldspar minerals, and mainly consist of plagioclase series as in the albite – oligoclase composition of the feldspar minerals. The Na₂O, Fe₂O₃ and TiO₂ contents of these rocks which have minor amounts of epidote, sphene and mica as dark colored minerals range from 7-8%, 0.6-0.7%, 0.2-0.3% respectively. These data indicate that granitic leucocratic rocks are rich in Na Feldspar. Rock samples were tested through magnetic separation and flotation. Experimental studies indicate that a concentrate acceptable for the demands of industry can be obtained from these rocks. In the flotation tests, the leucocratic rocks yielded a weight recovery of 96.60%, a Na₂O content of 11.30% and an Al₂O₃ content of 21.60% were obtained, and unwanted concentrations of TiO₂ and Fe₂O₃ were reduced to 0.05% and 0.12%, respectively.

Key Words: Bitlis massif, leucocratic rocks, Na-feldspar, Yolcular Metamorphics.

V. Oyan

E-mail: vuraloyan@yyu.edu.tr

GİRİŞ

Bitlis Masifi, düşükten yükseğe kadar değişen P-T koşullarında oluşmuş Türkiye'nin en büyük ve en önemli masiflerinden birisidir. Bu masif, birçok araştırmacıya (Yılmaz, 1975; Tolluoğlu, 1981; Şengün, 1984; Göncüoğlu ve Turhan, 1985) göre Alt Metamorfitle ve Üst Metamorfitle olarak iki farklı ana birime ayrılmaktadır. Alt Metamorfitle; amfibolit, paragnays/şist, eklojit, migmatit seviyeleri ve bu kayaç gruplarını kesen metavolkanitler, granitik ve hololökokratik granitik kayaçlardan oluşurken, Üst Birlik metapelitler ve bunları geçişli olarak örten metakarbonatlar oluşmaktadır (Şengün, 1993).

Feldispat mineralleri tektosilikat grubuna ait, yüzeyin en önemli alüminyum silikat minerallerinden biridir ve yerkabuğunun yaklaşık % 60 içeriğini oluşturmaktadır (Donald, 1994). Feldispatların mineralojik yapısında bulunabilen demir ve titan mineralleri renk verici özelliklerinden dolayı istenmezler. Feldispat cevherlerinde gözlenebilen başlıca kirlilik unsuru mineraller; rutil, sfen, granat, hematit, hornblend, biyotit, muskovittir (Saklar ve Oktay, 2003). Feldispatların zenginleştirilmesinde ana hedef, renk verici minerallerin cevherden uzaklaştırılmasına dayanır (Bayraktar ve Anceshi, 2004).

Çalışma alanında çok sık gözlenmeyen, ancak Mutki ve çevresinde gözlenen kuvarso-feldispatik – gnaysların eski bir granitik malzemenin orta basınç-yüksek sıcaklık koşullarında metamorfize olarak oluştuğu belirtilmektedir (Tolluoğlu, 1990). Bitlis masifinde gerçekleştirilen Rb-Sr ve K/Ar yaş analizleri Cacas Bölgesi granitleri için 325 ± 3 m.y., (Yılmaz, 1975), Avnik ve Yayla granitoidleri için 347 ± 52 m.y. (Helvacı, 1983; Helvacı ve Griffin, 1983), Muş-Kızılağaç graniti için ise 95 ± 4 m.y. (Göncüoğlu, 1983) yaş vermektedir. Birçok tektonik hareket ve deformasyona maruz kalmış olası Prekambriyen yaşlı granitler, Hizan'dan (Bitlis) yaklaşık D-B, KB-GD hatlar boyunca Avnik (Bingöl)'e kadar Bitlis Masifi'nin Alt Metamorfitleleri içinde gözlenmektedirler. Özellikle Bölükyazı-Hizan çevresindeki granitoid kütleleri ve anateksi süreçlerinin etkisiyle gelişmiş granitik bileşimli lökokratik kayaçlarda yapılan kimyasal analizler, mineralojik çalışmalar ve zenginleştirme işlemleri bu kayaçlardan ekonomik değere sahip Na-feldispat konsantresi üretilebileceğini göstermiştir. Bitlis Ma-

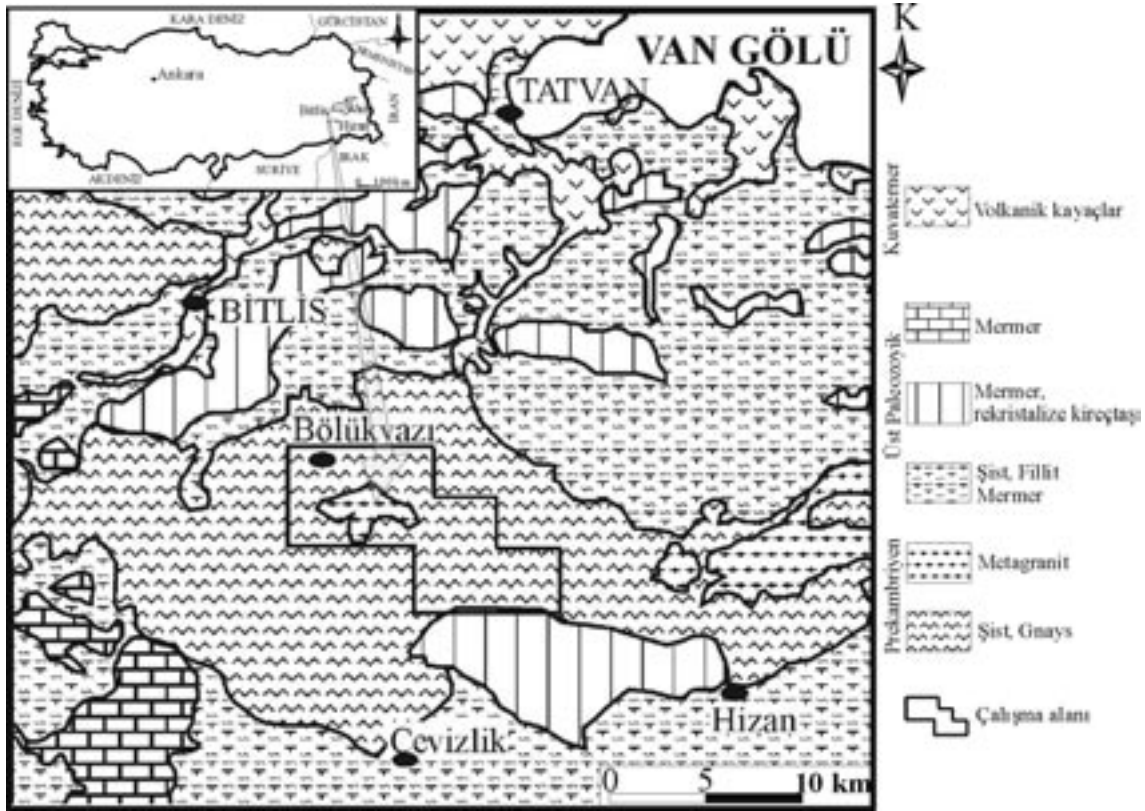
sifi'nin eski granitik kayaçlarının seramik ve cam sektörünün önemli hammaddesi olan feldispatça zengin açık renkli zonlarının değerlendirilmesi ve zenginleştirilebileceğinin ortaya konulması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu amaçla çalışma alanında belirlenen lökokratik kayaçlarda örnekleme çalışmaları, petrografik tanımlamaları ve kimyasal analizler yapılmış olup, bunun sonucunda en iyi feldispat kaynağı olarak belirlenen Keklikdüzü köyü çevresindeki V-5A no.lu mikrogranit örneği üzerinde zenginleştirme çalışmaları yapılarak ve endüstride kullanılabilirliği araştırılmıştır.

STRATİGRAFİ VE JEOLJİ

Çalışma alanı, Van Gölü'nün güneyinde yaklaşık 130 km² lik bir alanı kaplamakta (Şekil 1) ve çoğunlukla Yolcular Metamorfitlelerine (Alt Metamorfitle) ait amfibolit, paragnays/şist, migmatit ve granitoid kayaç gruplarını içermektedir (Şekil 2). Bitlis Masifi'nin orta bölümü, her biri kendi içinde pek çok tektonik dilim kapsayan 3 tektonostratigrafik birimden oluşmakta ve en üstte Bitlis Metamorfik kuşağı, altında dilimli kuşak ve en altta da otokton kuşak yer alırken, Alt Metamorfitle Bitlis metamorfik kuşağı içindeki Hizan Metamorfitleleri olarak adlandırılmaktadır (Göncüoğlu ve Turhan, 1985). Bununla birlikte, çalışma alanında aynı litolojik birimlere ait kayaçlar Bitlis ili Yolcular ilçesi çevresinde yoğun olarak gözleendiğinden, bu kayaç birimleri için Yolcular Metamorfitleleri tanımlanmıştır (Şengün, 1984).

Amfibolitler çalışma alanında çoğunlukla paragnayslar ve lökokratik kayaçlarla düzensiz sınır ilişkisine sahiptirler (Şekil 3a) ve çok büyük mostraları görülmemektedir. Görülebilen en büyük mostralara ise, Hazo Tepe ve çevresinde yaklaşık 1 km²lik alanlar kaplamaktadır. Amfibolitler; yeşil, mavi ve koyu yeşil renk tonlarına sahip masif ve yönlenmiş olarak iki farklı dokusal özellik sunmaktadırlar. Amfibolitlerde zaman zaman biyotit porfiroblastları gözlenmekte (Şekil 3b), aynı zamanda kayaçlarda görülen granat mineralleri ise almandin-amfibolit fasiyesine işaret etmektedir.

Paragnayslar, çalışma alanında biyotitçe ve muskovitçe zengin olmak üzere, iki farklı tipte gözlenmektedirler. Biyotitçe zengin paragnayslar; gri ve koyu gri ve genellikle foliasyon kazanmış kütleler olarak amfibolitlerle ve lökokratik



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru ve yakın çevresinin jeoloji haritaları (MTA'nın 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasından değiştirilerek alınmıştır).

Figure 1. Location map of the study area and geological map of its close vicinity (modified from MTA's 1/500.000 scale geological map).

seviyelerle düzensiz sınır ilişkilerine ve aplit dayklarıyla keskin sınırlara sahiptirler (Şekil 3c). Muskovitçe zengin gnaisslar çoğunlukla açık sarımsı ve foliasyona sahip kayaç grupları olarak, biyotit gnaisslara oranla daha ender gözlenmektedirler. Paraşistler; çalışma alanında Yolcular Metamorfittleri içinde paragnayslara oranla daha nadir gözlenirken, genellikle biyotitçe zenginleştikleri görülmektedir.

Migmatitler çalışma alanında Keklikdüzü köyü ve Pancarlı köyü civarında çok net olarak izlenmektedirler. Migmatitler, lökosom ve melanosom şeklinde santimetreden metreye kadar değişen litolojiler sunmaktadırlar. Çoğunlukla melanosomların lökosomlar içinde bantlar halinde gözlemlendiği migmatitlerde stromatik migmatit yapıları ve pitigmatik damarlar izlenmektedir. Lökosomlar açık renkli, granitik bileşimli ve çoğunlukla kuvars ve feldspast minerallerinden, melanosomlar ise koyu renkli biyotit, hornblend ve kuvars mineraller-

inden oluşmaktadır (Oyan, 2004; Oyan ve Tolluoğlu, 2005). Çalışma alanında lökosomlar ve melanosomların amfibolitlerle çok sık ardalanmalı ve düzensiz sınır ilişkilerine sahip olmaları, melanosomların çoğunlukla amfibol ve biyotit mineralerince zenginleşmesi, çalışma alanındaki migmatitlerin, amfibolitlerin ve biyotit gnaissların kısmi ergimesiyle oluşabileceklerini göstermektedir. Çağlayan ve Şengün (2003)'ün çalışma alanında amfibolit, biyotit gnaiss ve granitik intrüzyonlar olarak tanımladıkları birim bazı yerlerde migmatit olarak tanımlanmıştır.

Granitik kayaç grupları çalışma alanında, Oyan (2004) tarafından Doğruyol granitoidi ve Hazo granodiyoriti olmak üzere, iki farklı kayaç grubuna ayrılmıştır. Doğruyol granitoidi açık renkli ve çoğunlukla mika minerallerince zenginleşirken, jeokimyasal çalışmalar (Oyan, 2004) sonucunda tonalit ve granit olarak iki farklı gruba ayrılmış ve çoğunlukla amfibolit mercikleri içerdiği göz-

lenmiştir. Hazo granodiyoriti açık renkli, ancak yoğun bir şekilde altere olmuş ve killeşmiştir. Çoğunlukla aplitik daykılarla da kesilmiş olan Hazo granodiyoriti, metapelitik kayalarla kesmiş olarak gözlenmektedir (Şekil 3d).

LÖKOGRANİTİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

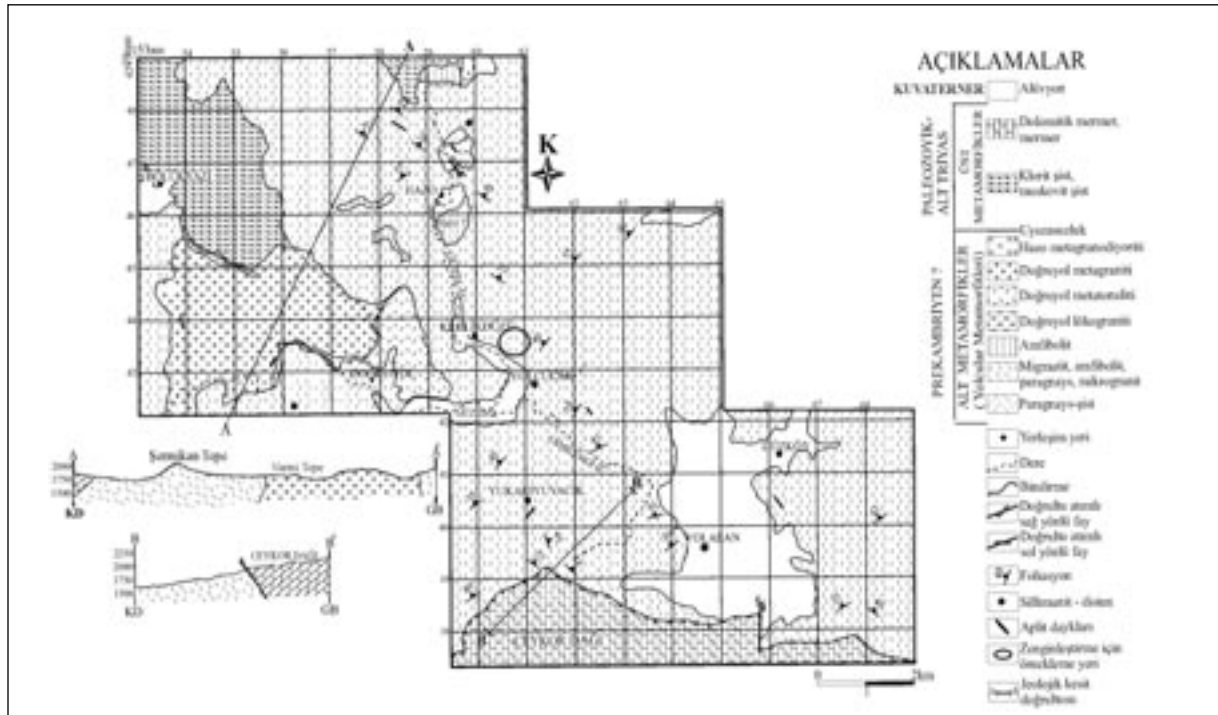
Çalışma alanının büyük bir kısmında gözlenen ve yüksek dereceli metamorfizma koşullarına sahip Yolcular Metamorfiti amfibolit, paragnays / şistler, migmatit seviyeleri ve pegmatoid türü kayalar ile temsil edilmektedir. Bu yapı içerisinde Yolcular Metamorfitin yüzeylendiği geniş bir alanda amfibolit ve biyotit-gneyslarla sık ardalı olarak granitik bileşimli lokokratik kayalar gözlemlenmektedir (Şekil 4). Bu kayalar, petrografik çalışmalar sonucunda mikrogranit ve tonalit olarak adlandırılmışlardır. Çoğunlukla alterasyon sonucu killeşen bu kayalar, koyu renkli minerallerce makro olarak çok fakir görülmektedirler.

Çalışma alanındaki lokokratik kayalardan alınan örneklerin petrografik tanımlamaları polarizan mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Modal mi-

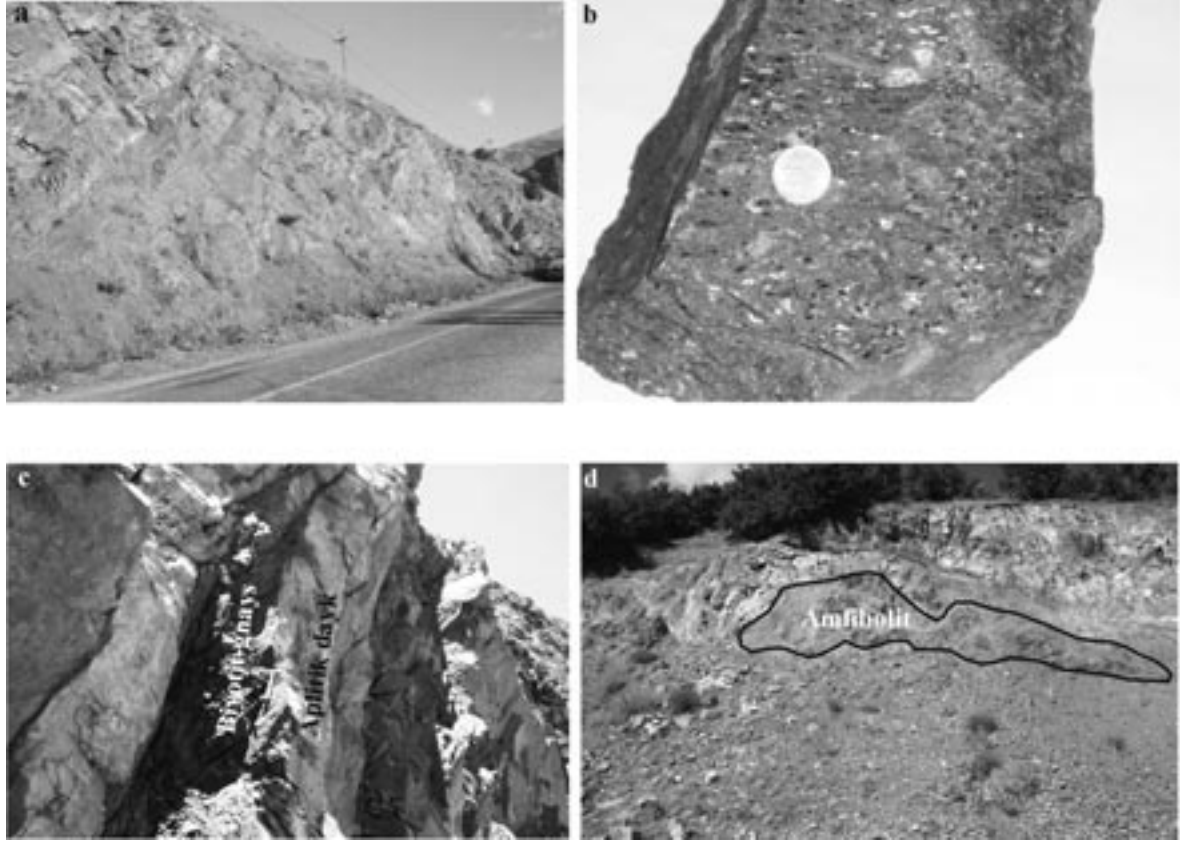
neralojik bileşim olarak mikrogranit olarak tanımlanan kayalarda koyu renkli bileşenler biyotit, muskovit, granat ve epidot olarak saptanmış olup, bunların kayaç içerisinde % 5'den az oldukları gözlenmiştir. Modal mineralojik analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Kuvars mineralleri çoğunlukla özşekilsiz, temiz yüzeyli kristaller halinde ve 0.1 mm'den daha küçük tane boylarında gözlenmektedirler. Özellikle yoğun bir şekilde dalgalı yanıp sönen kuvarların kataklazma izlerini de taşıdığı görülmektedir. Plajiyoklaz kristalleri; çoğunlukla ikizlenmiş ve yer yer alterasyona bağlı olarak serisitleşme göstermekte olup, yaklaşık 1.5 mm tane boyuna sahiptirler. İncekesitlerde plajiyoklaz kristallerine göre feldispat türü olarak daha ender olan ortoklaz kristallerinin serisitleştiği ve killeştiği gözlenirken, çoğunlukla özşekilli ve yarı özşekilli kristallerine rastlanılmaktadır (Şekil 5a). Granat mineralleri küçük tane boyuna sahip (0.7 mm) ve özşekilsiz olup, klorit ve biyotit minerallerine dönüştükleri gözlenmiştir.

Petrografik tanımlamalar sonucunda tonalit olarak adlandırılan lokokratik kayalar ise kuvars, plajiyoklaz açık renkli mineralleri ile sfen, epidot



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Oyan, 2004).
Figure 2. Geological map of the study area (Oyan, 2004).



Şekil 3. (a) Amfibolit ve lökokratik kayaların dokanakları, (b) amfibolit içindeki biyotit porfiroblastları, (c) biyotit gnays ve apilit daykları arasındaki keskin dokanak ve (d) Hazo granodiyoriti ve metapelitik kayaların dokanağı.

Figure 3. (a) Contact between the amphibolite and leucocratic rocks, (b) biotite porphyroblasts in amphibolite, (c) sharp contact between biotite gneiss and aplite dykes, and (d) the contact between Hazo granodiorite and metapelitic rocks.

Çizelge 1. Na-feldspatça zengin örneklerin modal mineralojik analiz sonuçları.
Table 1. Results of the modal mineralogical analysis of Na-feldspar rich samples.

Litoloji	Mikro granit	Mikro granit	Mikro granit	Tonalit	Tonalit	Tonalit
Örnek No.	V-5A (%)	V-8 (%)	V-17 (%)	V-12 (%)	V-32 (%)	V-105 (%)
Kuars	60-65	55-60	55-60	50-55	50-55	45-50
Plajiyokaz	10-15	15-20	15-20	20-25	15-20	15-20
Ortoklaz	5-10	10-15	10-15	5	5	5-10
Biyotit	5	-	5	-	-	-
Granat	2-3	3-5	5	3-5	3-5	3-5
Epidot	-	-	-	3-5	3-5	3-5
Sfen	-	-	-	3-5	3-5	3-5
Diğer min.	5	5	5	-	-	-



Şekil 4 Keklikdüzü köyü çevresindeki amfibolit ile lökokratik seviyelerin arazi görünümü (bakış yönü: GD).

Figure 4. Field view from the leucocratic layers with amphibolite around Keklikdüzü village (view from SE).

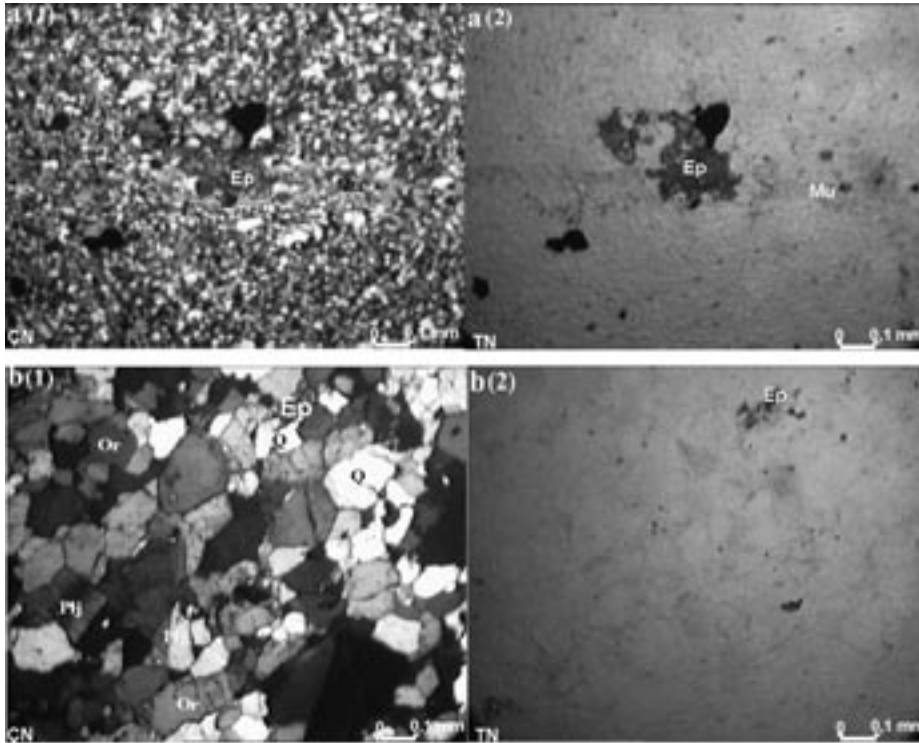
ve granat koyu renkli bileşenlerinden oluşmakta ve hipidiyomorf tanesel doku sunmaktadır. Mikrogranite oranla açık renkli minerallerinin daha iri olduğu gözlenen tonalitlerde plajiyoklaz mineralleri ikizlenmiş ve altere olmuş (killeşme), ku-

vars kristallerinin ise özşekilsiz ve kuvvetli dalgalı yanıp söndüğü gözlenmiştir. Tonalitlerdeki koyu renkli minerallerden granatlar bol çatlaklı olup, çatlaklarında demir oksitlenmeler gözlenirken, epidotların pistazit bileşiminde, özşekilsiz ve yüksek optik engebeli olduğu gözlenmiştir (Şekil 5b).

Bu mineralojik yapı içerisinde lökokratik seviyelerin açık renkli bileşenlerce zenginleşme gösterdiği saptanmıştır. Koyu renkli bileşenlerin (cam ve seramik endüstrisinde renk verici mineraller olarak tanımlanan ve istenmeyen mineraller) çok ender gözlenmesi ve feldispat türlerinden plajiyoklaz serisi (albit-oligoklaz) minerallerin daha yoğun olması, bu örneklerin mineralojik olarak fedispat yönünden endüstriyel anlamda kullanılabilir olabileceklerini göstermektedir.

LÖKOGRANİTİK KAYAÇLARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Saha çalışmaları ve mineralojik çalışmalardan sonra Na-feldispatça zengin olduğu düşünülen zonlardan alınan 6 adet kayaç örneğinin ana ok-



Şekil 5. (a) Mikrogranit örneğinin mikroskop görüntüsü: (1) çiftnikol görüntü, (2) teknikol görüntü, (b) tonalitik örneğin mikroskop görüntüsü: (1) çiftnikol görüntü (2) teknikol görüntü (Plj:Plajiyoklaz, Q: Kuvars, Ep: Epidot, Or: Ortoklaz).

Figure 5. (a) Microscopic view of the microgranite sample: (1) view XP, (2) view PPL, (b) microscopic view of the tonalitic sample: (1) view XPL, (2) view PPL, (Plj: Plagioclase, Q: Quartz, Ep: Epidoteite, Or: Ortoclase).

sit kimyasal analizleri XRF yöntemi kullanılarak Potsdam Üniversitesi'nde (Almanya) yaptırılmıştır. Örneklerin kimyasal analizleri ve lokasyonları Çizelge 2'de verilmiştir. Mikrogranitlerin % SiO₂ içerikleri 72-75 arasında toplam % alkali içeriği (Na₂O + K₂O) 7-8 arasında değişmekte olup, V-8, V-17 no.lu örneklerin %TiO₂ içerikleri seramik ve cam sektörü için istenilen düzeyde, % Fe₂O₃ içeriği yüksek ve V-5A no.lu örneğin ise sektör için hem % Fe₂O₃, hem de % TiO₂ içerikleri yüksek oranlar vermiş ve örneklerde zenginleştirme işlemlerinin yapılması gerekliliği görülmüştür (Çizelge 2). Tonalit örneklerinin % SiO₂ içerikleri 73-79 arasında, % toplam alkali içeriği (Na₂O + K₂O) 5-7 arasında değişmektedir. Tüm tonalit örneklerinin Fe₂O₃ içerikleri yüksek görülürken, V-32 ve V-105 no.lu örneklerin %TiO₂ içerikleri düşük, buna karşın V-12 no.lu örneğin ise yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Kimyasal analiz sonuçlarına göre tüm örneklerin SiO₂ içeriklerinin oldukça yüksek çıkması, kayaların serbest kuvars içeriğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Bu kimyasal analiz sonuçlarına göre; çalışma alanındaki V-5A no.lu mikrogranit örneğinin %Na₂O oranı bakımından tüm örneklerle oranla en iyi sonucu verdiği gözlenmiş ve zenginleştirme çalışmaları ile % TiO₂ ve % Fe₂O₃ içeriklerinin istenilen düzeylere çekilmesi ile endüstriyel

hammadde olarak kullanılacak niteliklere ulaşabileceği görülmüştür. Feldispat minerallerinin seramik sektöründe eriticiler olarak kullanıldığı düşünülürse, toplam alkali miktarlarının yüksek olması erime sıcaklığını düşürmekte, ayrıca kil, kuvars ve kaolinden oluşan seramik hamuru içinde feldispat göreceli olarak dağılmakta ve seramik bünyeye dayanım kazandırmaktadır. Bu nedenle, feldispatça zengin kayalarda toplam alkali miktarının 8'in altına düşmemesi istenir (DPT, 2001). Kimyasal analiz sonuçlarında V-5A no.lu mikrogranit örneğinin en uygun sonuçları vermesi ve toplam alkali oranlarının yaklaşık 8 olmasından dolayı, zenginleştirme işlemleri için uygun olan örnek olarak görülmüştür. V-5A no.lu örneğin hem toplam alkali içeriklerini yükseltmek, hem de bunları demiroksit ve titan gibi renk verici minerallerden arındırmak ve feldispat cevherini kuvarstan da ayırarak satılabilir bir ürün elde etmek için bir dizi zenginleştirme işlemlerinin V-5A no.lu mikrogranit örneği üzerinde yapılması uygun görülmüştür.

ZENGİNLEŞTİRME İŞLEMLERİ

Saha çalışmaları ile mineralojik ve kimyasal analizlerin sonucunda çalışma alanında Na-feldispatça zenginleşme gösteren mikrogranit örnekleri üzerinde manyetik ayırma ve flotasyon işlemleri yapılarak örneklerin Na₂O ve Al₂O₃ içe-

Çizelge 2. Na-feldispatça zengin örneklerin ana element analiz sonuçları.
Table 2. Results of the major element analysis of Na-feldspar rich samples.

Litoloji	Mikrogranit	Mikrogranit	Mikrogranit	Tonalit	Tonalit	Tonalit
Örnek No.	V-5A	V-8	V-17	V-12	V-32	V-105
Lokasyon	X: 259715 Y: 4243713	X: 260930 Y: 4243552	X: 260070 Y:4242910	X: 261530 Y:424270	X: 257320 Y:4242210	X: 257760 Y:4247760
SiO ₂ %	72.80	77.30	74.50	73.80	77.90	79.06
TiO ₂	0.28	0.05	0.01	0.48	0.02	0.092
Al ₂ O ₃	15.70	12.40	15.20	15.80	12.80	12.16
Fe ₂ O ₃	0.46	0.35	0.10	0.86	0.69	0.213
(Töt)						
MnO	0.013	0.005	<0.004	0.010	0.02	0.006
MgO	0.12	0.09	0.09	0.08	0.09	0.032
CaO	1.52	0.84	1.74	1.70	1.23	0.203
Na ₂ O	7.31	3.97	6.54	6.08	5.86	6.365
K ₂ O	0.25	3.71	0.54	0.15	0.32	1.32
P ₂ O ₅	0.06	0.02	0.03	0.010	0.03	0.013
CO ₂	0.05	0.07	0.10	0.03	0.06	0.007
H ₂ O	0.52	0.42	0.55	0.65	0.43	0.20
Toplam	99.11	99.27	99.41	99.69	99.24	99.74

rikleri yükseltilmeye, TiO_2 ve Fe_2O_3 içerikleri azaltılmaya ve seramik ve cam sektöründe kullanılabilir düzeyde bir feldispat konsantrisi elde edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, çalışma alanındaki V-5A no.lu mikrogranit örneğinden 70 kg örnek alınarak MTA Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi, Cevher Zenginleştirme Laboratuvarlarında zenginleştirme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma öncesinde 70 kg'lık örnek ilk aşamada minerallerin tane boyunu belirlemek amacıyla mineralojik analize tabi tutulmuş ve kayacı oluşturan bileşenlerin en küçük ve en büyük tane boyları belirlenmiştir (Çizelge 3). Daha sonra sırasıyla; çeneli, konik ve merdaneli kırıcılardan geçirilerek kırılan örnek porselen bilyalı seramik değirmende kontrollü bir şekilde kuru olarak öğütülmüş ve daha sonra ham cevherin kimyasal analizi yapılmıştır. Bu kimyasal analizler sonucunda örneğin toplam alkali içeriği (Na_2O % 6.7, K_2O % 0.1) % 6.8, TiO_2 oranı % 0.27 ve Fe_2O_3 içeriği 0.62 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre özellikle toplam alkali oranının endüstriyel anlamda yeterli olması için gerekli olan %8 değerinden düşük olduğu görülmüş ve zenginleştirme çalışmalarına geçilmiştir.

Deneyler, farklı tane büyüklüğündeki örnekler üzerinde uygulanmıştır. Yaş manyetik ayırma ve flotasyon sonrası elde edilen konsantre öncelikle pişme deneyine gönderilmiş ve alınan pişme deneyi sonuçlarına göre çalışılacak tane boyuna karar verilmiştir. Çizelge 4' den görüleceği gibi, pişme rengi ve beyazlık değeri olarak en iyi sonuç -80 +25 mikron tane boyu aralığında sağlanmıştır. 80 mikronun üzerindeki tane boylarında demir mineralleri açısından serbestleşmenin tam olarak sağlanamamış olması ve bu boyutun altındaki tane boylarında ise yaş manyetik ayırma deneylerin de ağırlıkça düşük manyetik konsantre elde edilmesi, cevherdeki Fe_2O_3 içeriğinin daha fazla düşürülemeyeceğini göstermiş ve bu cevher için -80 +25 mikron tane boyu aralığında zenginleştirme çalışmaları yapılması uygun görülmüştür (Cicelekoğlu ve Erdem, 1987).

Yaş manyetik ayırma deneyleri, yüksek alan şiddetli manyetik ayırma cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Manyetik ayırma işlemi özellikle örneklerin içerdiği demir ve titan kaynaklı minerallerin uzaklaştırılması amacıyla yapılmıştır. Bunun için iki kez manyetik ayırıcıdan geçirilen örnekte % ağırlık olarak 8.42 manyetik atık ve 91.58 manyetik konsantre -80 +25 mikron tane boyunda elde edilmiştir.

Çizelge 3. Na-feldispatça zengin V-5A no.lu mikrogranit örneğinin tane boyu değerleri.

Table 3. Grain size of Na-feldspar rich V-5A microgranite sample.

Mineral	En küçük tane boyu (mm)	En büyük tane boyu (mm)
Kuvars	0.09375	0.78125
Plajiyoklaz	0.3125	1.09375
Ortoklaz	0.15625	0.46875
Piroksen	0.03125	0.15625
Biyotit	0.09375	0.3125
Granat	0.15625	0.78125
Epidot	0.09375	0.15625

Aynı örnekte üç aşamalı mika, oksit ve feldispat flotasyonu uygulanmıştır. Flotasyon deneyleri, laboratuvar tipi flotasyon makinesi ve cihaza ait 1 litrelik fiber-glass malzemeden yapılmış hücre içerisinde gerçekleştirilmiştir. V-5A no.lu mikrogranit örneği üzerinde gerçekleştirilen flotasyon deney koşulları Çizelge 5'te, flotasyon akım şeması Şekil 6'da ve flotasyon ile elde edilen konsantre örneğin ve ham cevherin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelge 6'dan görüleceği gibi, mikrogranit örneklerinden -80 +25 mikron boyutlarında flotasyon yoluyla %11.30 Na_2O içerikli örnek elde etmek mümkün olmuştur. Bu konsantre örnekte -25 mikron şlam miktarı ayrılmış ve konsantre % 96.60 ağırlık verimi ile elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda; elde edilen alkali içeriği ve açık bejimsi erime bünyesi, seramik ve cam sektörünün kullanılabilir düzeyde çıkmış ve TS-11325 (TSE, 1994) ve TS-5121 (TSE, 1987) standartlarına göre kullanılabilir olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 4. V-5A no.lu mikrogranit örneğinin pişme deneyi sonuçları ve beyazlık değerleri.

Table 4. Results of firing test and whiteness values of V-5A microgranite sample.

Tane boyu (Mikron)	Pişme rengi ve durumu	L (beyazlık) % değerleri
-150 +25	Bej renkte erime	65.45
-80 + 25	Açık bejimsi renkte erime	75.11
-55 + 25	Çok ufak siyah benekler içeren kirli bej renkte erime	65.26

Çizelge 5. Optimum flotasyon deney koşulları.
Table 5. Optimum flotation experiment conditions.

Koşullar	Mika flotasyonu	Oksit flotasyonu	Feldispat flotasyonu
Palp katı/sıvı oranı (koşullandırma)	% 70 (ağırlıkça)	% 70 (ağırlıkça)	% 70 (ağırlıkça)
Palp katı/sıvı oranı (flotasyon)	% 30 (ağırlıkça)	% 30 (ağırlıkça)	% 30 (ağırlıkça)
Toplayıcı türü ve miktarı	Tallow amin asetat (Armac T), 100 g/t	Na-oleat, 1500 g/t	Tallow amin asetat (Armac T), 100 g/t
Koşullandırma süresi	3 dakika	5 dakika	
pH	3 H ₂ SO ₄ ile	5.5 H ₂ SO ₄ ile	2.5-3 HF ile
Köpürtücü türü ve miktarı	Metil izobütil karbinal (MIBC) + çamyacağı, 50 g/t	Metil izobütil karbinal (MIBC) + çamyacağı, 50 g/t	-

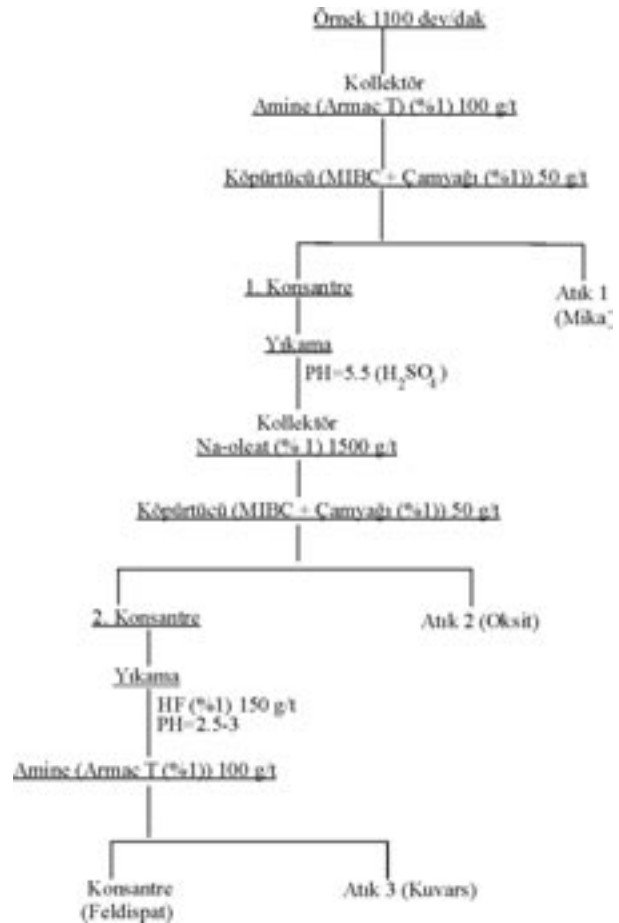
SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bitlis Masifi'nin Alt Metamorfileri içinde gerçekleştirilen bu çalışmada, masifin feldispat minerallerince zenginleştiği görülmüştür. Özellikle kayaçların açık renkli bileşenlerce zengin olması, koyu renkli mineralleri az miktarda içermeleri ve kimyasal analiz sonuçlarına göre Na₂O'ca zengin olmaları granitik bileşimli lökokratik kayaçların Na-feldispatça zenginleştiğini göstermektedir. Çalışma alanında mikrogranit ve tonalit olarak tanımlanan bu kayaç gruplarından V-5A no.lu mikrogranit örneği en zengin örnek olarak görülmüştür. Bu kayaç gruplarının biyotit-

Çizelge 6. V-5A no.lu mikrogranit için konsantré örneğinin ve ham cevherin kimyasal analiz sonuçları.

Table 6. Results of the chemical analysis of concentrate material and raw material of V-5A microgranite sample.

Örnek türü	Ham cevher	Konsantré örnek
SiO ₂ (%)	77.00	65.45
TiO ₂	0.27	0.05
Al ₂ O ₃	13.50	21.60
Fe ₂ O ₃ (Tot)	0.62	0.12
MnO	<0.10	0.005
MgO	0.20	0.05
CaO	1.00	1.05
Na ₂ O	6.70	11.25
K ₂ O	0.10	0.10
P ₂ O ₅	0.05	0.02



Şekil 6. V-5A no.lu mikrogranit örneğinin flotasyon testi akım şeması.

Figure 6. Flotation test flow chart of V-5A microgranite sample.

gnays ve amfibolitlerle sık aralıklarla değişen sınırlara sahip olmaları, migmatitik seviyelerin varlığı ve biyotit-gnayslardaki sillimanit-disten bulguları bu kayaçların anateksi süreçleriyle oluştuğunu göstermektedir. Kayaçlar üzerinde gerçekleştirilen zenginleştirme çalışmaları olumlu sonuçlar vermiş ve -80 +25 mikron boyutlarında flotasyonla % Na₂O oranı 6.7'den 11.30'a, %Al₂O₃ oranı %12.5'den %21.60'a yükseltilmiş, %TiO₂ oranı %0.27'den %0.05'e, % Fe₂O₃ oranı %0.62'den %0.12'ye çekilmiş ve 1260°C'de yapılan pişme testlerinde açık bejimsi renkte erime ve bej-beyaz renk tonları elde edilmiştir. Bu sonuçlar seramik ve cam sektörünün istediği düzeylerde bir feldispat konsantrisi elde edildiğini göstermektedir. Bu kayaç türlerinin en önemli dezavantajları biyotit-gnays ve amfibolitlerle olan sınır ilişkilerinin düzensiz ve bu birimlerle sık aralanmalı olarak bulunmalarıdır. Bu litolojik veri, bu kayaç gruplarında rezerv bakımından bir olumsuzluk göstermektedir. Ancak yapılmış olan alansal, petrografik, kimyasal ve zenginleştirme çalışmaları Yolcular Metamorfiteğinde feldispatça zengin kayaç gruplarının olduğunu göstermektedir. Bu çalışmalar üzerine gerçekleştirilecek rezerv ve sondaj gibi çalışmalarla feldispat potansiyelinin ekonomikliği belirlenebilecektir. Çalışma alanının limanlara olan uzaklığı ve Na-feldispat satış grafiğinin düşük olması bu tür bir feldispat cevherinin şu an için ekonomik olamayacağını gösterse de, elde edilen sonuçlardan seramik ve cam sektöründe gelecekte bölgeye yapılabilecek yatırımlarla sektörün feldispat gereksiniminin karşılanabileceği görülmektedir.

Bu çalışma, Bitlis Masifi'nde feldispatça zengin bölgeler olduğunu göstermektedir. Bitlis Masifi'nin Alt Metamorfiteğinde Hizan (Bitlis)'dan başlayıp Avnik (Bingöl)'e kadar D-B ve KB-GD hatlar boyunca uzanan, olası Prekambriyen yaşlı ve büyük kütleler halinde izlenen granitik kütlelerinin lökokratik seviyeleri üzerinde, bu çalışmaların genişletilmesi daha zengin yatakların bulunabileceğini ve endüstriye kazandırılacağını göstermektedir.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, örneklerin kimyasal analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Dokuz Eylül Üniversitesi'nden Osman Candan ve Potsdam Üniversitesi'nden (Almanya) Roland Oberhansli'ye te-

şekkür ederler. Ayrıca bu çalışma 2003-MİM-060 no.lu proje ile Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı ve 104-Y-057 no.lu proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Bayraktar, İ. ve Anceshi, G., 2004. Çok kaliteli porselelen yer karoları için ultrabeyaz sodyum feldispat üretimi. 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, A. Akar ve A. Seyrenkaya (editörler), 1-5.
- Cicelekoğlu, S. ve Erdem, A., 1987. Karabük Yenice yöresi feldispatlarının zenginleştirme çalışmaları. MTA Rapor No. 2293 (yayımlanmamış).
- Çağlayan, M. A. ve Şengün, M., 2003. Bitlis Masifi Tatvan-Şirvan çevresinin jeolojisi. Doğu Anadolu Endüstriyel Hammadde Çalıştayı Bildiri Özleri Kitabı, E. Atabey (ed.), 74-94.
- Donald, D. D., 1994. Industrial Minerals and Rocks. Littleton, Colorado.
- DPT, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı seramik kileri, kaolen, feldispat, pirofillit, wolastonit, talk çalışma grubu raporu. Devlet Planlama Teşkilatı, 2418, Ankara, Cilt I (yayımlanmamış).
- Göncüoğlu, M. C., 1983. Muş-Kızılağaç metagranitinin başkalaşımı ve yaşı. MTA Dergisi, 99-100 (1), 19-34.
- Göncüoğlu, M. C. ve Turhan, N., 1985. Bitlis Metamorfik kuşağı orta bölümünün temel jeolojisi. MTA Rapor No. 7707 (yayımlanmamış).
- Helvacı, C., 1983. Bitlis Masifi Avnik (Bingöl) bölgesi metamorfik kayaçlarının petrojenezi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 26 (2), 117-132.
- Helvacı, C., and Griffin, W. L., 1983. Metamorphic feldspathization of metavolcanics and granitoids, Avnik area, Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology, 83, 309-319.
- Oyan, V., 2004. Bölükyazı-Hizan (Bitlis Masifi) çevresindeki Na-feldispat oluşumlarının jeolojik özellikleri ve ekonomik önemi. Yüksek Mühendislik Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van (yayımlanmamış).
- Oyan, V. ve Tolluoğlu, A. Ü., 2005. Bölükyazı-Hizan (Bitlis Masifi) çevresindeki feldispatça zengin lökogradit ve apilit dayklarının mineralojik ve endüstriyel özellikleri. 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Ankara, 285-287.
- Saklar, S. ve Oktay, C., 2003. Yozgat bölgesi granitlerinin feldispat yönünden zenginleştirilmesi. MTA Dergisi, 127 (1), 103-108.
- Şengün, M., 1984. Bitlis Masifi Tatvan güneyinin jeolojik/petrografik incelenmesi. Doktora Tezi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara (yayımlanmamış).

- Şengün, M., 1993. Bitlis Masifi'nin metamorfizması ve örtü çekirdek ilişkisi. MTA Dergisi, 115 (1), 1-13.
- Tolluoğlu, A. Ü., 1981. Mutki (Bitlis) yöresi metamorfiklerinin petrografisi/petrolojisi. Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara (yayımlanmamış).
- Tolluoğlu, A.Ü., 1990. A geochemical approach to the origin of quartzo-feldspathic-gneiss in the Mutki area, Bitlis Massif SE Turkey. METU Journal of Pure and Applied Sciences, 21 (1), 447-460.
- TSE, 1987. Feldispat, seramik sanayinde kullanılan. Türk Standartları Enstitüsü, TS 11325, Ankara (yayımlanmamış).
- TSE, 1994. Feldispat, cam sanayinde kullanılan. Türk Standartları Enstitüsü, TS 5121, Ankara (yayımlanmamış).
- Yılmaz, O., 1975. Cacas bölgesi (Bitlis Masifi) kayaların petrografik ve stratigrafik incelenmesi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18 (1), 33-41.