



## Manyetik ayırma ve flotasyonla magmatik ve metamorfik kayalardan feldispat üretimi

*Feldspar production from magmatic and metamorphic rocks using magnetic separation and flotation*

**Özcan Y. GÜLSOY<sup>1</sup>, E. Caner ORHAN<sup>1</sup>, N. Metin CAN<sup>1</sup>, İrfan BAYRAKTAR<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, ANKARA

<sup>2</sup> Çine Akmaden Madencilik Ticaret A.Ş., 09500 Çine, AYDIN

### ÖZ

Ülkemizde feldispat üretiminin büyük çoğunluğu Menderes Masifi albit cevherlerinden yapılmakta ve bölgede bulunan çeşitli firmalar tarafından manyetik ayırma ve/veya flotasyonla yüksek kaliteli Na-feldispat konsantreleri üretilmektedir. Hem üretim miktarı, hem de konsantre kalitesi ile ülkemiz dünya Na-feldispat üretiminde önemli bir yere sahiptir. Bunun aksine, K-feldispat konsantresi üretimi ise yerel talebi karşılayamamakta ve sanayinin K-feldispat gereksinimi ithalat ile karşılanmaktadır. Bu çalışma kapsamında Menderes Masifi albit cevherlerinin yanı sıra, Manisa-Gördes pegmatitleri, Kırşehir Masifi altere granitoyitleri ve Bursa-Orhaneli syenitlerinden alınan örneklerden kaliteli feldispat konsantrelerinin elde edilebilirliği araştırılmış ve halen işletilen Menderes Masifi'nin yanı sıra farklı bölgelerin feldispat potansiyeli ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar; Manisa-Gördes pegmatitlerinden ve Kırşehir altere granitoyitlerinden yüksek kalitede K-feldispat konsantresi elde edilebildiğini, Bursa-Orhaneli syenitlerinin ise içerdiği renk verici safsızlıkların çok ince tane boyunda serbestleşmesi nedeniyle hem verim, hem konsantre kalitesi bakımından yüksek kalitede feldispat üretimine uygun olmadığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstriyel hammadde, feldispat, flotasyon, manyetik ayırma.

### ABSTRACT

In Turkey, main portion of the feldspar is produced from the albite ores in Menderes Massive and high grade Na-feldspar concentrate is produced by various companies in the region by means of magnetic separation and/or flotation. Turkey is an important country in Na-feldspar production of the world in terms of both concentrate quality and quantity. On the contrary, K-feldspar production cannot meet the local demand and K-feldspar need of the industry is compensated by importing. In this study, the possibility of production of high quality feldspar concentrates from the samples taken from Menderes Massive albite ores as well as Manisa-Gördes pegmatites, altered granitoids of Kırşehir Massive and Bursa-Orhaneli syenites is investigated and besides the currently operated Menderes Massive, the feldspar potential of different districts is put forward. The results show that it is possible to obtain high quality K-feldspar concentrates from Manisa-Gördes pegmatites and altered granitoids of Kırşehir Massive, and that Bursa-Orhaneli syenites are not suitable for high quality feldspar production in terms of both recovery and concentrate quality due to very fine liberation size of colouring impurities.

**Key Words:** Industrial mineral, feldspar, flotation, magnetic separation.

### GİRİŞ

Feldispat, yerkabuğunun yaklaşık % 60'ını oluşturan bir alüminasilik grubudur. Bu grubun en

önemli mineralleri albit ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), ortoklaz/mikroclin ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) ve anortittir ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ).

Dünya Na- ve K-feldispat üretiminin büyük çoğunluğu cam ve seramik sanayi tarafından tüketilmekte, ticari anortit yatağı bulunmadığından Ca-feldispat üretimi yapılmamaktadır.

Dünyada üretilen yaklaşık 12 milyon ton feldispatın yaklaşık % 90'ını seramik (% 55) ve cam (% 35) sanayileri tüketmektedir. Geri kalan % 10'luk kısım ise; emaye, kaynak elektrotları ve boya sanayi vb. tarafından tüketilmektedir. Her tüketim alanı, feldispatları belirli fiziksel ve kimyasal özelliklerde talep etmektedir. Esas tüketim hacmini oluşturan seramik ve cam sektörlerinde en önemli ortak nokta, feldispatların demir ( $Fe_2O_3$ ) içeriğidir. Örneğin, züccaciye camında demirin ( $Fe_2O_3$ ) 400 ppm'in altında olması gerekmektedir. Seramik endüstrisinde ise, demirin yanı sıra, titan oksit ( $TiO_2$ ) içeriği de demir kadar belirleyici olup, demir ve titan içeriği düşükçe pişme rengi beyazlaşmakta ve bu da feldispatın fiyatını arkırcı bir unsur olmaktadır. Özetle, feldispatların satılabilirliğini belirleyen başlıca kimyasal bileşenler; alkali (%  $Na_2O$ , %  $K_2O$ ), demir (%  $Fe_2O_3$ ), titan (%  $TiO_2$ ) içerikleri ile cam endüstrisi için bunlara ek olarak alümina (%  $Al_2O_3$ ) içeriğidir.

Feldispatların geniş kullanım alanları ve görece olarak büyük üretim hacmi içinde, granitoyitik kayaçlar (örn. pegmatitler, alkali siyenitler, metagranitler, gnayslar ve bunların alterasyon ürünleri yani feldispatik kumlar vb.) oldukça önemli bir yer tutar. Çünkü granitoyitler, özellikle inşaat sektöründe kullanılan malzemelerden (sıva kumu, parke taş, yer ve duvar kaplamala-

rı, seramik, cam, vb.) çağdaş yaşamın önemli elementlerinden lityuma ve çok değerli süs taşlarına (beril) yataklık etmektedir. Granitoyitler adı altında; günümüzde seramik ve cam endüstrileri için hammadde üretimine uygun olan kayaçlar ve genel mineralojik içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Granitoyitlerin zenginleştirilmesinden, genelde seramik ve cam endüstrilerinin talebi olan, belirli teknik özelliklere sahip feldispat ve kuvars minerallerinin üretimi anlaşılmaktadır. Ancak, bazı durumlarda mika, özellikle muskovit, alterasyon ürünü killer de yan ürün olarak değerlendirilmektedir. Bazı pegmatitlerde ise spodümen, beril ve tantalum minerallerinin (tantalit, kolumbit) ekonomik değeri feldispat ve kuvarstan fazla olduğundan, temel bileşenler olan feldispat-kuvars yan ürün sayılmaktadır.

Ülkemizde feldispat üretiminin büyük bir kısmı Menderes Masifi albit cevherleri ve küçük bir kısmı da Bursa-Orhaneli siyenitlerinden yapılmaktadır. Ülkemiz, dünya sodyum feldispat üretiminde çok önemli bir paya (~ %25) sahip iken, potasyum feldispat üretiminde ise kendine yeterli bile değildir (Hızal, 1997). Örneğin, Türkiye'nin 2002 yılındaki sodyum feldispat ihracatı 2.162.841 ton iken, potasyum feldispat ihracatı yoktur. Ayrıca, 2002 yılında, Türkiye 19.000 ton potasyum feldispatı ağırlıklı olarak Hindistan'dan ithal etmiştir (Madencilik Bülteni, 2003). Ülkemizin değişik bölgelerindeki feldispat rezervlerinden, feldispat konsantresi üretimini konu alan çalışmalar (Akar, 1994; Bayraktar vd. 1998, 1999, 2001; Çelik vd., 2001; Gülsoy vd.

Çizelge 1. Ticari magmatik ve metamorfik kayaçların içerdiği mineraller.

Table 1. Minerals in commercial magmatic and metamorphic rocks.

Kayaç	Feldispat türü	Diğer ana mineraller	Tali mineraller	
Granit				
Granodiyorit		Kuvars	Apatit	Sfen
Monzonit	K-feldispat	Mikalar	Zirkon	Rutil
Siyenit	Na- ve Ca-feldispat	Amfibol	Kassiterit	İlmenit
Alaskit				
Pegmatit			Spodümen	Kolumbit
Aplit	K-feldispat	Kuvars	Lepidolit	Tantalit
		Mikalar	Kassiterit	Turmalin
			Beril	
Gnays	K-feldispat	Kuvars	Turmalin	İlmenit
	Na-feldispat	Mika	Sfen	Apatit
		Amfibol	Rutil	Zirkon

2003; Seyrankaya, 2003), bu konuda ciddi bir ekonomik potansiyelin varlığını göstermektedir. Bu çalışma kapsamında, ülkemizin çeşitli feldispat oluşumlarından, seramik ve cam endüstrilerinin gereksinimi olan feldispat konsantrilerinin elde edilebilirliği teknik ve ekonomik ölçütlerle birlikte irdelenmiştir. Bu doğrultuda; Demirci-Gördes yöresi düşük kaliteli pegmatitleri, Kırşehir Masifi altere granitoyitleri (Gülsoy vd., 2003), Menderes Masifi albit cevherleri ve Bursa-Orhaneli siyenitleri olmak üzere 4 farklı bölgeden alınan örnekler üzerinde mineralojik tanımlanmasını takiben yapılan manyetik ayırma ve flotasyon deneylerinden elde edilen sonuçlar verilmiştir.

## MALZEME VE YÖNTEM

### Malzeme

Deneyisel çalışmalar sırasında kaliteli feldispat konsantrisi üretmek amacıyla Demirci-Gördes pegmatitleri, Kırşehir Masifi altere granitoyitleri, Menderes Masifi albit cevherleri ve Bursa-Orhaneli siyenitlerinden (Şekil 1) alınan örneklerin öncelikle mineralojik tanımlamaları yapılmıştır.

**Demirci-Gördes pegmatitleri:** Demirci-Gördes yöresi pegmatitleri, pertitik dokuya sahip ortok-

lazlarla birlikte, muskovit, biyotit, turmalin, sfen ve rutil minerallerinden oluşmuştur. Ortoklaz, kuvars ve mika mineralleri genelde iri taneli olup, boyları 0.5-20 mm arasında değişmektedir. Ancak sfen ve rutil mineralleri ortoklaz içinde 20-600 µm arasında değişen inklüzyonlar halindedir. Cevherin kimyasal bileşimi Çizelge 2'de verilmiştir.  $K_2O/Na_2O$  oranının düşük (~1.89) olması ve görece yüksek kuvars içeriği nedeniyle düşük kaliteli olarak sınıflandırılmıştır.

**Kırşehir Masifi altere granitoyitleri:** Kırşehir Masifi (Ağaçören-Panlı, Balıseyh-Kilevli ve Kaman-Başköy) altere granitoyitleri, Aksaray ilinin kuzeybatısından başlayıp, kuzeye doğru Sulakyurt ilçesine kadar takip edilen, buradan doğuya dönerek Sivas iline kadar devam eden Orta Anadolu granitoyitlerinin porfirik dokulu ve arenalaşmış bölümlerini temsil etmektedir. Orta Anadolu granitoyitleri genellikle monzogranit, kuvars monzonit, granodiyorit ve yer yer kuvars siyenit bileşimi gösterirler (Erlar ve Bayhan, 1995). Kayacın arenalaşmasına bağlı olarak ve ortoklaz mega-kristallerinin doğal olarak serbestleşmesine yol açan alterasyon zonu yüzeyden itibaren genellikle 80 m ve yer yer 150 m derinliğe kadar takip edilebilmektedir (Çakır, 2003). Altere granitoyitler üzerindeki çalışmalar kapsamında, Ağaçören (Panlı) - Aksaray, Balı-



Şekil 1. Deneylerde kullanılan örneklerin alındığı bölgeler.  
Figure 1. The locations of the samples used in the experiments.

Çizelge 2. Demirci-Gördes pegmatit örneği kimyasal bileşimi.  
Table 2. Chemical composition of Demirci-Gördes pegmatite sample.

Bileşen	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	K.K.*
İçerik (%)	73.10	15.70	0.54	0.09	0.41	0.61	5.94	3.14	0.49

\* K.K.: Kızdırma kaybı

şeyh (Kılevli) - Kırıkkale ve Kaman (Başköy) - Kırşehir bölgelerinden, yerinde harmanlama ve dörtleme yoluyla 200'er kg'lık örnekler alınmıştır. Örnekler yaş elenerek boyut fraksiyonlarına ayrılmış ve bu fraksiyonlardaki potasyumca zenginleşme incelenmiştir. Örnekler, alterasyon nedeniyle doğal olarak ufalanmış olduklarından herhangi bir kırma işlemini gerektirmemektedir. Balıseyh-Kılevli bölgesinden alınan örnek üzerinde yapılmış olan tane boyu analizlerine göre hiçbir boyut küçültme işlemi uygulanmadığı durumda genel dağılımın ve K<sub>2</sub>O ile Na<sub>2</sub>O içeriklerinin Çizelge 3'te verilen sınırlarda olduğu belirlenmiştir. Örneklerin tümü kuvars monzonit bileşiminde ve porfirik dokulu olup, ileri derecede arenalaşma göstermektedir. Yapılan mineralojik incelemelerdeki en önemli gözlemlerden birisi, genel olarak örneğin ağırlıkça yaklaşık % 20'sini tane boyu 5-50 mm arasında değişen özşekilli ortoklaz kristallerinin oluşturmasıdır. 2 mm'den daha ince taneli olan genel hamur dokusu ise ortoklaz, plajiyoklaz, hornblend, biyotit ve kuvars minerallerinden oluşmaktadır. Tali mineraller ise, bölgelere göre değişik oranlarda tita nit, apatit, granat (muhtemelen melanit, Ca ve Fe'li granat) ve demir oksit mineralleridir. Ortoklaz mineralleri genellikle alterasyona uğramamış veya hafif şekilde killeşme göstermesine karşın, yapının yaklaşık % 30'unu oluşturan plajiyoklaz mineralleri ileri derecede serisitleşme

ve killeşme göstermektedir. Bölgedeki bütün altere granitoyitlerde, ortoklaz fenokristalleri plajiyoklazlara oranla alterasyondan etkilenmediği için, doğal olarak iri fraksiyonlarda yoğunlaşmıştır. Bu nedenle, eleme yapıldığında iri boyarlarda önemli bir potasyum zenginleşmesi olmaktadır.

**Menderes Masifi albit cevherleri:** Menderes Masifi'nde Çine-Milas arasında uzanan Karadere zonunda yer alan pek çok açık ocakta esasen albitçe zengin gnayslar işletilmektedir. Bu gnayslar içinde masif albitleşmeler ve yerel değişiklikler olmakla birlikte, genel olarak albitçe zengin gnaysların mineralojik ve kimyasal bileşimi Çizelge 4'te verilmiştir. Deneyleerde kullanılan albit örneği Çine Akmaden Madencilik Tic. A.Ş.'den temin edilmiş olup, kimyasal bileşimi Çizelge 5'teki gibidir.

**Bursa-Orhaneli siyenitleri:** Deneyleerde kullanılan siyenit örneği Matel Hammadde San. Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Cevherin kimyasal ve mineralojik bileşimi Çizelge 6'da verilmektedir. İnce kesit çalışmaları, cevherin yaklaşık %80 alkali feldispat, %8 hornblend ve %5 kuvars minerallerinden oluştuğunu göstermektedir. Cevher ayrıca, yaklaşık %2 plajiyoklaz, %1-2 tita nit (sfen), %1 rutil, %1 apatit ve %1 opak mineral içermektedir. Cevher bünyesindeki alkali feldispat, ortoklaz (%60) ve mikrokliinden (%20) oluş-

Çizelge 3. Balıseyh (Kılevli) örneğinin tane boyu dağılımı ve fraksiyonların kimyasal analizi.  
Table 3. Particle size distribution and fractional chemical composition of Balıseyh (Kılevli) sample.

Tane boyu (mm)	Ağırlık*		K <sub>2</sub> O		Na <sub>2</sub> O	
	En az	En çok (%)	En az	En çok (%)	En az	En çok (%)
+9.5	4	8	9.5-10.6		2.0	2.3
-9.5+8	2	5	7.5-9.5		2.2	2.4
-8+5.6	3	7	6.8-8.0		2.3	2.5
-5.6+0.15	70	80	4.0-5.0		> 2.5	
-0.15	8	15	2.0-3.0		> 3.0	

\* Alterasyon ürünü olduğundan bölgesel değişimler gözlenmektedir.

Çizelge 4. Menderes Masifi'ndeki albitçe zengin gnaysların genel mineralojisi ve kimyasal bileşimi.  
Table 4. Mineralogy and chemical composition of albite ores in Menderes Massive.

Mineral	Tane boyu (µm)		Bileşen	İçerik (%)
	En az	En çok		
Plajiyoklaz (albit, oligoklaz)	160	5700	SiO <sub>2</sub>	65-69
Mikalar (muskovit, biyotit)	75	7000	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17-20.5
Kuvars	90	800	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.04-0.40
Ortoklaz, perit	150	4400	TiO <sub>2</sub>	0.1-0.4
Apatit	70	370	MgO	0.01-0.30
Sfen	35	250	CaO	0.4-2.0
Rutil	20	400	K <sub>2</sub> O	0.15-0.60
Zirkon	40	300	Na <sub>2</sub> O	9.0-10.7
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15-0.40
			K.K.	0.2-1.3

Çizelge 5. Menderes Masifi albit örneğinin kimyasal bileşimi.  
Table 5. Chemical composition of Menderes Massive albite sample.

Bileşen	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K.K.
İçerik (%)	65.03	20.11	0.33	0.27	0.20	1.87	10.20	0.48	0.20	0.52

Çizelge 6. Bursa-Orhaneli siyenit örneğinin mineralojik ve kimyasal analiz sonuçları.  
Table 6. Mineralogical and chemical analysis results of Bursa-Orhaneli syenite sample.

Mineral	Ort. tane boyu (µm)	Bileşen	İçerik (%)
Hornblend	200-1000	SiO <sub>2</sub>	67.37
Hornblend (kapanım)	1000-3000	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.06
Titanit	100-200	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.385
	50-300	TiO <sub>2</sub>	0.370
Rutil	300-800	CaO	1.48
	20-100	MgO	0.03
Kuvars	100-500	Na <sub>2</sub> O	4.65
Opak min.	100-1000	K <sub>2</sub> O	6.97
Hematit	10-500	KK	0.68
	10-100		

maktadır ve tane boyları 500 µm'dan büyüktür. Bunun yanı sıra, cevher içerisindeki renk verici ana mineral olan hornblendin %90 civarındaki önemli bir bölümünün 200 µm'da serbestleşmesine rağmen, yaklaşık %1'lik kısmı K-feldispatlar içerisinde kapanım halinde bulunmakta ve 100 µm'dan daha ince tane boylarında serbestleşmektedir. Cevher içerisinde renk verici diğer minerallerden rutil (%1) ve titanit (%2) ise düşük miktarda olmasına karşın, titanit yaklaşık 50 µm'da, rutil ise yaklaşık 20 µm'da serbestleştiğinden pişme rengini önemli ölçüde etkileyecek bileşenler olarak ortaya çıkmaktadır. Bunlara ek olarak, ince çatlaklar içerisinde yer alan ikincil hematit mineralleri (%2) ince tane boylarında

serbestleştiğinden pişme rengini etkileyecek diğer bir unsur olarak görülmektedir.

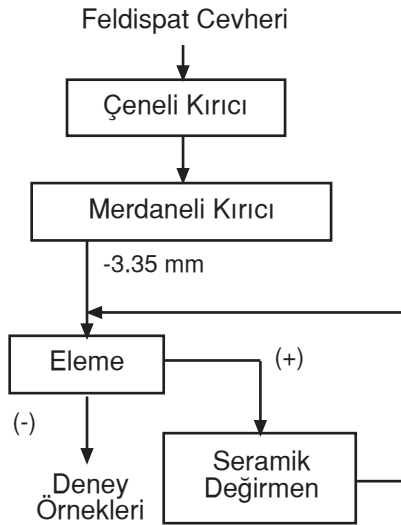
### Yöntem

Feldispat üretiminde yaygın bir şekilde kullanılan flotasyon ile son yıllarda kullanımı hızla yaygınlaşan ve nadir toprak elementlerinden üretilen kalıcı mıknatıslı (REM-rare earth magnets) kuru manyetik ayırıcıların, farklı örneklerden elde edilen konsantrelerin verimi ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Sadece Bursa-Orhaneli siyenit örneğinden flotasyonla elde edilen konsantr kalitesinin yükseltilebilmesi için flotasyon konsantrresi yaş manyetik ayırıcıdan geçirilmiş-

tir. Deneysel çalışmalarda, manyetik ayırma ve flotasyon deney örneklerinin hazırlanması için cevher; ilk olarak çeneli kırıcı ve merdaneli kırıcıda -3.35 mm'ye kırılmış ve daha sonra seramik değirmen ve elekten oluşan kapalı devrede öğütülerek, istenilen tane boyunda gerekli deney örnekleri hazırlanmıştır. Şekil 2'de deney örneklerinin hazırlanmasında izlenen akım şeması verilmektedir.

Kuru manyetik ayırma deneylerinde yüksek alan şiddetli kalıcı mıknatıslı rulo tipi kuru manyetik ayırıcı (Permroll) kullanılmıştır. Deneyler sırasında sabit tutulan kuru manyetik ayırma deney koşulları Çizelge 7'de verilmektedir.

Flotasyon deneyleri, Denver D-12 flotasyon makinasında, 1.5 L'lik hücrede yapılmıştır. Flotasyon deneylerinden önce işlemi olumsuz yönde etkileyen -25  $\mu\text{m}$ 'luk fraksiyon (şlam) dekantasyonla ayrılarak kalan örnek flotasyon deneyine



Şekil 2. Deney örnekleri hazırlama akım şeması.  
Figure 2. Test samples preparation flowsheet.

Çizelge 7. Kuru manyetik ayırma deney koşulları.  
Table 7. Dry magnetic separation test conditions.

Deney koşulları	
Mıknatıs dizilimi	Çelik: Mıknatıs = 1:4
Bant kalınlığı	0.125 mm
Şlam tane boyu	0.075 mm
Devir	Deney sırasında ayarlanır
Bıçak konumu	Deney sırasında ayarlanır
Kademe sayısı	2

tabi tutulmuştur. Flotasyon deneyleri sırasında toplayıcı olarak tallow amin asetat (Armac T), sodyum oleat, petrolyum sülfonat (R840) ve sukkinamat (R845) kullanılmıştır. Armac T Akzo Nobel'den, R840 ve R845 Cyanamid'den temin edilmiş, sodyum oleat ise laboratuvarında zeytinyağı kullanılarak hazırlanmıştır. Köpürtücü olarak 1:1 oranda çam yağı ve metil izobütil karbinol (MIBC) karışımı kullanılmıştır.

Kuru manyetik ayırma ile yeterli verimin sağlanamadığı Bursa-Orhaneli siyinit örneğinin zenginleştirme deneylerinde yaş manyetik ayırma ile kaliteli konsantre elde edilebilirliği araştırılmış ve bu amaçla yüksek alan şiddetli matriks tipi yaş manyetik ayırıcı (Carpco) kullanılmıştır.

## DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### Manyetik Ayırma

**Demirci-Gördes pegmatitleri:** Örnek içindeki,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  içeriği nedeniyle istenmeyen minerallerin ayrılması amacıyla Şekil 2'deki akım şeması ile -600  $\mu\text{m}$ 'a öğütülen örnek içerisinde kuru manyetik ayırma işlemi olumsuz yönde etkileyen -75  $\mu\text{m}$ 'luk fraksiyon ayrılmıştır. Çizelge 8'de Demirci-Gördes pegmatit örneğinin kuru manyetik ayırma deney sonuçları verilmektedir.

Çizelge 8'deki atıkta  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'ün artış nedeni az miktarda da olsa cevherdeki killeşmeden;  $\text{K}_2\text{O}$  ve  $\text{Na}_2\text{O}$ 'nun artış nedeni ise, potasyumlu mikalarla birlikte ortoklaz ve plajiyoklazların gerek di-

Çizelge 8. Demirci-Gördes pegmatit örneğine uygulanan manyetik ayırma deney sonuçları.

Table 8. Magnetic separation test results of Demirci-Gördes pegmatite sample.

Bileşen	Besleme (%)	Konsantre (%)	Atık* (%)
$\text{SiO}_2$	73.10	76.40	64.60
$\text{Al}_2\text{O}_3$	15.70	13.60	21.10
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.54	0.20	1.42
$\text{TiO}_2$	0.09	0.04	0.22
$\text{MgO}$	0.41	0.12	1.16
CaO	0.61	0.60	0.61
$\text{K}_2\text{O}$	5.94	5.86	6.15
$\text{Na}_2\text{O}$	3.14	2.96	3.60
K.K.	0.49	0.23	1.16
Ağırlık	100.00	72.10	27.90

\* Şlam (-75  $\mu\text{m}$ ) dahil

linimleri ve gerekse kuvarsa göre daha kolay öğütüldüklerinden şlam fraksiyonuna geçmesidir. Mika ve turmalin içindeki demir ve titanın yaklaşık % 70'i atığa gitmekte, beyaz pişme renkli ve alkali içeriği % 8.82 olan bir feldispat-kuvars konsantresi elde edilmektedir. Bu düşük kaliteli pegmatitten üretilen konsantre seramik sektöründe kullanılabilir nitelikte olmakla birlikte, teknik ve ekonomik açıdan değerli bir konsantre olmadığı görülmektedir. Bu tip bir cevherde, -600+75 µm tane boyunda, serbestleşmeye bağlı olarak kuru manyetik ayırma ile ancak bu kalitede bir konsantre elde edilebilmektedir.

**Kırşehir Masifi – Ağaçoören (Panlı), Balıseyh (Kilevli) ve Kaman (Başköy) altere granitoyitleri:** İri boylarda potasyumca zenginleşmenin incelenmesi amacıyla örnekler yaş elenerek boyut fraksiyonlarına ayrılmıştır (bkz. Çizelge 3). Örnekler, alterasyon nedeniyle doğal olarak ufalanmış olduklarından, herhangi bir kırma işlemini gerektirmemektedir. Örnekler, yeterince serbestleşmenin görüldüğü -600 µm'a öğütülerek manyetik ayırma deneyine tabi tutulmuştur.

Yapılan manyetik ayırma sonunda +5.6 mm fraksiyonundan elde edilen konsantre orijinal beslemenin yaklaşık olarak % 8-10'unu, aynı yöntem -5.6 mm fraksiyonuna uygulandığında ise, elde edilen konsantre beslemenin yaklaşık % 50-55'ini oluşturmaktadır. Ancak, beslemenin çok büyük bir kısmının bulunduğu -5.6 mm fraksiyonu K<sub>2</sub>O içeriği açısından fakir (~% 5 K<sub>2</sub>O)

olup, kuru manyetik ayırma işlemi sonunda elde edilen konsantrenin Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği % 0.35'ten aşağı düşürülememektedir. -5.6 mm fraksiyonundan manyetik ayırma ile yüksek kalitede bir konsantre üretilmeyeceği ortaya konmuştur. Farklı bölgelerden alınan örneklerde, K<sub>2</sub>O içeriği yüksek konsantreler üretmenin mümkün olduğu +5.6 mm fraksiyonuna uygulanan kuru manyetik ayırma deney sonuçları Çizelge 9'da verilmiştir.

Altere granitoyit oluşumlarının delme-patlatma gerektirmemesi, basit eleme/yıkama ile feldispat fenokristallerinin ayrılması, yatırımı ve işletmeciliği görece ucuz olan yeni REM manyetik ayırıcılarla zenginleştirilmesi ve ayrıca, atık olarak ayrılan kısımların da sıva kumu ve kiremit tuğla üretimi gibi alanlarda kullanılabileceği göz önüne alındığında, masifin pek çok yerinde ekonomik olarak uygulanabilir projeler oluşturulabileceği açıktır. Zaten bölgede 2 yıldır faaliyette olan küçük ölçekli bir işletme de mevcuttur (Bayraktar vd., 2001).

**Menderes Masifi albit cevherleri:** Bu bölgedeki cevherlerde manyetik ayırma uygulaması, mika kaynaklı demirin ve Al<sup>+3</sup> ile yer değiştirerek mika bünyesine giren Ti<sup>+4</sup> ün mika mineralleri ile birlikte ayrılması ile bir ölçüde titanın da temizlenmesi için yapılabilir. Zira ne rutil, ne de sfenin manyetik duyarlılığı bu mineralleri REM'lerle atık fazına geçirmeye yeterli değildir. Çizelge 10'da oldukça fazla biyotit içeren Eğlence Deresi cevheri -500+75 µm fraksiyonu üzerinde yapılan

Çizelge 9. Altere granitoyitlerin +5.6 mm fraksiyonuna (600 µm'a öğütülüp şlam ayrıldıktan sonra) uygulanan kuru manyetik ayırma deney sonuçları.

Table 9. Dry magnetic separation test results of +5.6 mm fraction (after grinding to 600 µm and desliming) of altered granitoids.

	Ağaçoören		Balıseyh		Başköy	
	Besleme	Konsantre	Besleme	Konsantre	Besleme	Konsantre
SiO <sub>2</sub>	66.50	66.70	67.82	66.90	63.00	62.80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.70	17.65	17.20	17.50	20.20	20.50
CaO	0.80	0.71	1.27	0.55	1.18	1.27
MgO	0.03	0.03	0.18	0.01	0.19	0.20
Na <sub>2</sub> O	2.75	2.28	2.39	2.12	2.53	2.41
K <sub>2</sub> O	10.50	11.50	9.11	11.10	10.42	11.42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.65	0.22	1.05	0.24	0.78	0.18
TiO <sub>2</sub>	0.05	0.03	0.04	0.01	0.04	0.03
K.K.	1.02	0.88	0.94	1.57	1.66	1.19
Ağırlık*	100.00	63.50	100.00	59.60	100.00	68.50

\* Cevherin içindeki +5.6 mm'ye göre

Çizelge 10. Eğlence Deresi mikalı albit cevheri manyetik ayırma deney sonuçları.  
Table 10. Magnetic separation test results of Eğlence Deresi micaceous albite ore.

Bileşen	Besleme (%)	Konsantre (%)	Atık*
SiO <sub>2</sub>	65.03	65.41	63.59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.11	20.30	19.42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.33	0.06	1.48
TiO <sub>2</sub>	0.27	0.12	0.93
MgO	0.20	0.08	0.72
CaO	1.87	1.93	1.65
Na <sub>2</sub> O	10.20	10.56	8.57
K <sub>2</sub> O	0.48	0.21	1.61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	0.22	0.12
K.K.	0.52	0.17	1.87
Ağırlık	100.00	80.5	19.5

\* -75 µm (şlam) dahil

manyetik ayırma deneyinin sonuçları verilmiştir. Çizelge 10'dan görüleceği üzere, biyotit kaynaklı demir önemli oranda (yaklaşık % 87) atılabilmektedir. Titan ayırmasının verimi ise, yukarıda sözü edilen nedenlerden ancak yaklaşık % 67 olmaktadır. Elde edilen konsantre, cam sanayinin (düz cam) demir limitinin (% 0.2 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) çok altında kalmakta ve ayrıca yüksek Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği de ek bir avantaj sağlamaktadır. Bu yöntemin tek dezavantajı, -75 mikron fraksiyonunun ayrılma zorunluluğu nedeniyle ağırlık veriminin düşük olmasıdır.

Çine bölgesine ait başka bir araştırmada da Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriğinin % 0.32'den % 0.099'a, TiO<sub>2</sub> içeriğinin de % 0.36'dan % 0.088'e düşürüldüğü belirtilmektedir (Çelik vd., 2001). Genel olarak manyetik ayırma ile demirin ve mika bünyesindeki titanın önemli ölçüde ayrılmasına karşın, bölgedeki farklı cevherlerde farklı sonuçlara ulaşılabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle zenginleştirme çalışmaları öncesi mutlaka ayrıntılı proses mineralojisi ve deney çalışmaları yapılmalıdır.

**Bursa-Orhaneli siyenitleri:** Bursa-Orhaneli siyenitinin içermiş olduğu Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve TiO<sub>2</sub> içeriklerinin düşürülebilmesi amacıyla, görece daha ince öğütmeden sonra -300+75 µm tane boyu fraksiyonuna uygulanan 4 aşama kuru manyetik ayırma deneyi sonucunda elde edilen ürünlerin yüzde ağırlıkları ve kimyasal analizleri Çizelge 11'de sunulmuştur.

Çizelge 11. Bursa-Orhaneli siyenit örneği -300+75 µm fraksiyonuna uygulanan 4 aşama kuru manyetik ayırma deney sonuçları.

Table 11. 4 stages of dry magnetic separation test results of Bursa-Orhaneli syenite sample's -300+75µm fraction.

Bileşen	Şlam	Artık	Konsantre	Besleme
SiO <sub>2</sub>	65.97	66.86	73.18	67.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.47	17.35	14.58	17.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	1.52	0.218	1.385
TiO <sub>2</sub>	0.38	0.42	0.040	0.370
CaO	1.66	1.42	1.43	1.48
MgO	0.05	0.03	0.00	0.03
Na <sub>2</sub> O	4.89	4.64	4.19	4.65
K <sub>2</sub> O	6.91	7.16	6.04	6.97
KK	1.07	0.59	0.32	0.68
Ağırlık (%)	24.63	63.82	11.55	100.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi (%)	27.92	70.26	1.82	100.00

Çizelge 11'den görüleceği üzere, -300 µm tane boyunda cevher kuru manyetik ayırıcıdan 4 aşama geçirildiğinde Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve TiO<sub>2</sub> içeriği düşük, kaliteli bir konsantre elde edilmekte, ancak konsantre ağırlık verimi %11.55 gibi çok düşük bir düzeyde kalmaktadır. Bu değerler, cevher üzerinde yapılan mineralojik çalışmalarda elde edilen bulguların ışığında beklenen bir sonuç ortaya koymakta ve cevher içerisindeki renk verici, manyetik özellik gösteren minerallerin serbestleşmesi ile ilgili sorunu açıkça göstermektedir. Cevher içerisinde bulunan renk verici minerallerin oldukça ince tane boylarında serbestleşmesi nedeniyle feldispatın büyük bir bölümü atığa gitmekte, bu da konsantre ağırlık veriminin düşük olmasına yol açmaktadır. Daha ince tane boylarında yapılan kuru manyetik ayırma deneyleri ise, şlam olarak atılacak miktarın oldukça arttığını göstermekte ve tesis ölçeğinde ekonomik olmayacak bir durum sergilemektedir. Bu nedenle, daha ince tane boylarında yaş manyetik ayırma denenmiş ve optimum sonuçlar -106 µm fraksiyonunda elde edilmiştir. Çizelge 12'de Bursa-Orhaneli siyeniti -106 µm fraksiyonuna uygulanan yaş manyetik ayırma deney sonuçları görülmektedir.

Cevherin oldukça fazla miktarda hornblend içermesi ve bunun kapanımlar halinde olması ve çatlak dolguları halinde hematitin varlığı nedeniyle, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği ancak % 0.303'e düşmektedir. Konsantrenin TiO<sub>2</sub> içeriği ise % 0.06 düzeylerine inmektedir. Ancak görece ince tane boyuna rağmen serbestleşmenin yeterli ölçüde ol-



Çizelge 12. Bursa-Orhaneli siyeniti -106 µm fraksiyonuna uygulanan 4 aşama yaş manyetik ayırma deney sonuçları.

Table 12. 4 stages of dry magnetic separation test results of Bursa-Orhaneli syenite sample's -106µm fraction.

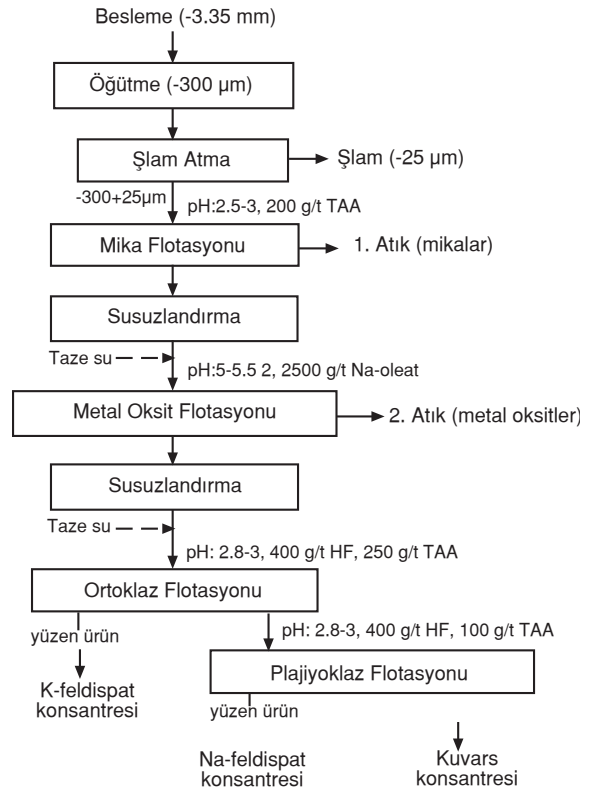
Bileşen	Man. Atık (%)	Konsantre (%)	Besleme (%)
SiO <sub>2</sub>	65.13	68.41	67.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.46	17.80	17.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.730	0.303	1.385
TiO <sub>2</sub>	1.052	0.060	0.370
CaO	3.34	0.62	1.48
MgO	0.00	0.05	0.03
Na <sub>2</sub> O	4.06	4.92	4.65
K <sub>2</sub> O	5.84	7.49	6.97
KK	1.38	0.35	0.68
Ağırlık (%)	31.58	68.42	100.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Verimi (%)	85.03	14.97	100.00

maması nedeniyle hornblend ve hematitin yanı sıra bağlı taneler halinde oldukça yüksek miktarda feldispat da manyetik atığa gitmektedir. Hornblend ve hematit cevherin yaklaşık %10'unu oluşturmakla birlikte, bağlı taneler halinde atığa giden feldispat bu miktarı % 31.58'e çıkarmaktadır.

## Flotasyon

**Demirci-Gördes pegmatitleri:** Demirci-Gördes yöresi pegmatitlerine uygulanan flotasyon deney koşulları Çizelge 13'te, flotasyon deney akım şeması Şekil 3'te, flotasyon deney sonuçları Çizelge 14'te verilmiştir. Çizelge 14'ten görüleceği üzere, bölgede atık olarak adlandırılan pegmatitten -300+25 µm tane boyunda flotasyon yoluyla % 13.44 alkali (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) içerikli konsantre üretmek mümkün olmuştur. Feldispat konsantrisinde ortoklaz-albit ayrımı yapıldığında ise, K-feldispat konsantrisinde K<sub>2</sub>O içeriği % 12.65'e yükseltilmiştir. Ayrıca üretilen kuvars hem seramik, hem de cam sektöründe kullanılabilir niteliktedir.

Aynı bölgeden alınan benzeri bir örnek üzerinde yapılan dikkate değer, özenli ve ayrıntılı bir çalışmada, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği flotasyonla % 0.40'ın altına düşürülemediğinden, flotasyon konsantrisi, yaş, yüksek alan şiddetli bir manyetik ayırıcıdan geçirildikten sonra Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği, bu cevherler için çok iyi sayılabilecek % 0.12 düzeyine düşürülmüştür (Seyrankaya, 2003).



Şekil 3. Demirci-Gördes pegmatit örneği flotasyon deneyi akım şeması.

Figure 3. Flotation test flowsheet of Demirci-Gördes pegmatite sample.

**Kırıkkale-Balışeyh-Kılevli altere granitoyitleri:** Cevherin içindeki renk verici içeriklerin (mika, amfiboller, Fe ve Ti oksitler vb.) manyetik ayırma yerine sadece flotasyonla uzaklaştırılması amacıyla potasyumca zengin +5.6 mm fraksiyonuna flotasyon uygulanmıştır. Böylece kuru manyetik ayırma işleminde zorunlu olarak ayrılan 0.075 mm fraksiyonu yerine daha ince boyda (-25 µm) şlam atarak kayıpların azaltılması ve manyetik ayırmaya oranla daha kaliteli konsantreler üretilmesi tasarlanmıştır. Amaç, sadece renk verici içeriklerin flotasyonla ayrılabilirliğini ortaya koymak değil, aynı zamanda K<sub>2</sub>O içeriği açısından da daha yüksek tenörlü bir konsantre elde etmektir. Buna göre +5.6 mm fraksiyonu hiçbir ön zenginleştirme işlemine tabi tutulmadan -0.3 mm'ye öğütülmüş ve hem metal oksit, hem de ortoklaz/plajiyoklaz flotasyonu ile nihai konsantreler üretilmiştir. Uygulanan flotasyon deney koşulları Çizelge 15'te flotasyon deneyi sonunda elde edilen ürünlerin kimyasal bileşimleri ve ağırlık yüzdeleri ise Çizelge 16'da sunulmuştur.

Çizelge 13. Demirci-Gördes pegmatit örneği flotasyon deney koşulları.  
Table 13. Flotation test conditions of Demirci-Gördes pegmatite sample.

		Mika flotasyonu	Fe-Ti oksit flotasyonu	Ortoklaz flotasyonu	Plajiyoklaz flotasyonu
Katı içeriği (%)	Koşullandırma	45	55	40	40
	Flotasyon	40	40-45	35	35
pH	Koşullandırma	2.5-3.0	5.0-5.5	2.8-3.0	2.8-3.0
	Flotasyon	3.0	5.0-5.5	3.0	3.0
Köpürtücü dozajı* (g/t)		30	30	30	30
NaCl dozajı (g/l)		—	—	20	—
HF dozajı (g/t)		—	—	400	400
Toplayıcı		TAA** (Armac TD)	Na-oleat	TAA** (Armac TD)	TAA** (Armac TD)
Toplayıcı dozajı (g/t)		200	2500	250	100
Koşullandırma süresi (dk)		3	4	4	4
Flotasyon süresi (dk)		4	4	4	4

\* %50 MIBC + %50 çam yağı

\*\* TAA: tallow amin asetat

Çizelge 14. Demirci-Gördes pegmatit örneği flotasyon deneyi sonuçları.  
Table 14. Flotation test results of Demirci-Gördes pegmatite sample.

Bileşen	Feldispat konsantresi	K-feldispat konsantresi	Na-feldispat konsantresi	Kuvars konsantresi
K <sub>2</sub> O	9.22	12.65	4.33	0.12
Na <sub>2</sub> O	4.22	3.10	5.82	0.17
CaO	0.89	0.33	1.32	0.15
MgO	0.06	—	—	0.11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.14	0.11	0.18	0.04
TiO <sub>2</sub>	0.03	0.04	0.02	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21.62	—	—	1.00
SiO <sub>2</sub>	63.60	—	—	98.24
K.K.	0.19	—	—	0.04
Ağırlık	48.54	28.54	20.00	29.03

Çizelge 15. Balışeyh +5.6 mm fraksiyonuna (-300 µm'a öğütüldükten sonra) flotasyon deney koşulları.  
Table 15. Flotation test conditions of Balışeyh +5.6 mm fraction (after grinding to -300 µm).

	Mika flotasyonu		Metal oksit flotasyonu		Ortoklaz flotasyonu	
	Koşul	Yüzdürme	Koşul	Yüzdürme	Koşul	Yüzdürme
pH (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	2.5-3	3	5.5-6.0	6.0	2.2-2.8	2.8-3.0
HF (g/t)	—	—	—	—	600	—
Amin* (g/t)	200+200+100	—	—	—	100	—
Oleat** (g/t)	—	—	2000+1000	—	—	—
Palp yoğ. (%)	> 45	> 40	> 50	> 50	> 40	> 35
Süre (dk)	3	3-4	4	2-3	4	4-5
NaCl (g/l)	—	—	—	—	20	—
Köpürtücü (g/t)	30	30	30	30	30	30

\* Tallow amin asetat

\*\* Sodyum oleat

Çizelge 16. Balıışeyh +5.6 mm fraksiyonuna (-300 µm'a öğütüldükten sonra) uygulanan flotasyon ürünlerinin ağırlık yüzdeleri ve kimyasal bileşimleri.

Table 16. Weights and chemical compositions of flotation products from Balıışeyh +5.6 mm fraction (after grinding to -300 µm).

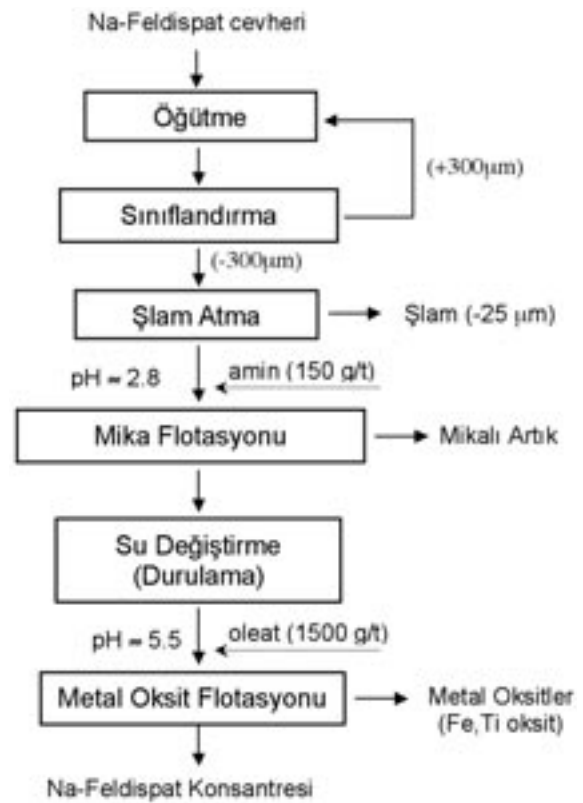
	Ağırlık (%)	İçerik (%)								
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K.K.
Konsantre	42.3	63.88	18.60	0.75	0.01	2.42	12.48	0.16	0.002	1.71
Ara ürün*	39.9	74.70	14.20	1.87	0.02	2.65	5.91	0.31	0.002	0.34
Artık+şlam	17.8	61.80	20.80	1.15	0.94	1.75	8.29	4.81	0.220	0.30
Toplam	100.0	67.80	17.20	1.27	0.18	2.39	9.11	1.05	0.040	0.91

\* Potasyumca zengin kısım yüzdürüldükten sonra hücrede kalan, renk verici içeriklerinden arındırılmış kısım

Çizelge 16'dan görüleceği üzere, konsantre oldukça yüksek potasyum (% 12.48) içeriğine sahip ve beslemenin ağırlıkça % 42.3'ü kadardır. Bu miktar, sadece manyetik ayırma uygulanarak elde edilen konsantre ile yaklaşık olarak aynıdır. Miktarı arttırmak amacıyla daha fazla ürün yüzdürülmeye çalışıldığında, yüzen ürünün tenörü düşmekte ve ürün kalitesi göreceli olarak bozulmaktadır. Flotasyonla üretilen konsantre, manyetik ayırmayla elde edilen konsantreye göre daha yüksek potasyum, daha düşük titan ve demir içermektedir. Flotasyon sonunda elde edilen konsantrenin demir içeriği % 0.16-0.17 düzeylerinde kalmakta ve oldukça beyaz ve parlak bir pişme rengi (1260 °C) vermektedir. Nihai konsantrenin CaO ve Na<sub>2</sub>O içerikleri de kabul edilebilir üst sınırların altındadır.

Oldukça kaliteli bir K-feldispat konsantresi elde edilebilmesine karşın, +5.6 mm fraksiyonunun cevherin % 9-20'sini (bkz. Çizelge 3) oluşturmakta ve bu miktarın ancak % 42.3'ü konsantre olarak elde edilebilmektedir. Bu durum, tesis ölçeğinde zenginleştirmenin ekonomikliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

**Menderes Masifi albit cevherleri:** Oldukça fazla biyotit içeren Eğlence Deresi cevheri üzerindeki flotasyon çalışmaları Şekil 4'te verilen akım şemasına göre yapılmıştır. Şekil 4'teki akım şemasına ve koşullara göre yapılan flotasyon deneyinin sonuçları Çizelge 17'de verilmiştir. Çizelge 17'den görüleceği üzere, mika ve metal oksit flotasyonlarını takiben Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği % 0.01 ve TiO<sub>2</sub> içeriği % 0.035 olan oldukça yüksek kaliteye sahip bir Na-feldispat konsantresi elde etmek mümkün olmaktadır. Cevher içerisinde bulunan floroapatitin Na-oleat kullanılarak yapılan metal oksit flotasyonu sırasında



Şekil 4. Na-feldispat cevheri genel flotasyon akım şeması.

Figure 4. Flotation flowsheet of Na-feldspar ores.

yüzerek atığa gitmesi sonucunda, konsantre P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve CaO içeriği düşmektedir.

**Bursa-Orhaneli siyenitleri:** Bursa-Orhaneli siyenit örneğine uygulanan flotasyon deneylerinden önce, işlemi olumsuz yönde etkileyen -25 µm fraksiyon dekantasyonla ayrıldıktan sonra kalan kısım flotasyona tabi tutulmuştur. Bu amaçla cevher içerisindeki renk verici Fe-Ti

Çizelge 17. Eğlence Deresi cevheri flotasyon deney sonuçları.

Table 17. Flotation test results of Eğlence Deresi ore.

Bileşen	Besleme (%)	Konsantre (%)	Atık* (%)
SiO <sub>2</sub>	65.03	66.87	63.59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.11	20.54	19.42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.33	0.010	1.48
TiO <sub>2</sub>	0.27	0.035	0.93
CaO	1.87	1.58	0.72
MgO	0.20	0.01	1.65
Na <sub>2</sub> O	10.20	10.73	8.57
K <sub>2</sub> O	0.48	0.19	1.61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	0.01	0.12
K.K.	0.52	0.03	1.87
Ağırlık	100.00	87.58	19.5

\* -25 µm (şlam) dahil

oksit/silikat mineralleri sülfonat ve sukkinamat tipi toplayıcılar ile pH 3-3.5'te yüzdürülmüştür. Bu doğrultuda, R840 ve R845 toplayıcıları ile yapılan deney koşulları ve sonuçları Çizelge 18'de verilmiştir.

Flotasyon deney sonuçları, Bursa-Orhaneli siyenitinin zenginleştirilmesinde, sukkinamat

Çizelge 18. Bursa-Orhaneli siyenit örneği -106 µm fraksiyonuna uygulanan flotasyon deney koşulları ve deneyler sonucunda elde edilen konsantrelerin kimyasal bileşimi.

Table 18. Flotation test conditions and chemical compositions of the concentrates obtained from -106 µm fraction of Bursa-Orhaneli syenite sample.

Parametre	R840	R845
pH	3.5	3.5
Toplayıcı dozajı (g/ton)	2000	1200
Koşul. süresi* (dk)	1+5	1+5
Köpürtücü dozajı (g/ton)	40	40
Bileşen	Konsantre kimyasal bileşimi	
SiO <sub>2</sub>	68.96	69.39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.70	17.54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.253	0.263
TiO <sub>2</sub>	0.016	0.013
CaO	0.20	0.24
MgO	0.06	0.05
Na <sub>2</sub> O	4.66	4.56
K <sub>2</sub> O	7.79	7.70
KK	0.36	0.24
Ağırlık (%)	60.83	64.49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Verimi (%)	11.11	12.25

\* pH + toplayıcı koşullandırma süresi

(R845) kullanıldığında; sülfonata (R840) oranla daha yüksek bir verimle (%64.49) konsantre elde edileceğini göstermektedir. Ayrıca sukkinamat kullanımı, sülfonattan daha düşük dozajlarda (1200 g/t) konsantre elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak, R840 kullanılan deneyde elde edilen konsantrenin Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (%0.253) ise, sukkinamat ile elde edilen konsantrenin Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriğinden (%0.263) daha düşük olmaktadır. Ayrıca, hem sukkinamat ile elde edilen konsantrenin veriminin oldukça yüksek olması, hem de sukkinamat dozajının sülfonat dozajından daha düşük olması, ekonomik değerlendirmenin yapılmasında toplayıcı fiyatları ile birlikte değerlendirilmesi gereken konulardır.

Konsantre kalitesini yükseltmek amacıyla flotasyon konsantreleri bir aşama yaş manyetik ayırıcıdan geçirildiğinde elde edilen sonuçlar Çizelge 19'da sunulmuştur. Çizelge 19'dan görüleceği üzere, flotasyon konsantreleri yaş manyetik ayırıcıdan bir aşama geçirildiğinde her iki konsantre de birbirine oldukça yakın Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriklerine sahip olmaktadır. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriklerinin %0.20'nin altına düşürülebilmesi ise, cevher içerisinde bulunan hornblend kapanımlarının ve çatlak dolgusu halinde bulunan hematitin çok ince tane boylarında serbestleşmesinden kaynaklanmaktadır. Cevherden optimum sonuçlar -106 µm'da elde edilmekle birlikte, gerek tane boyunun görece ince (-106 µm) olması, gerek beslemenin en iyi koşulda bile yaklaşık

Çizelge 19. Bursa-Orhaneli siyenit örneği -106µm flotasyon konsantresine uygulanan yaş manyetik ayırma deney sonuçları.

Table 19. Magnetic separation test results of Bursa-Orhaneli syenite sample's -106 µm flotation concentrate.

Bileşen	Konsantre kimyasal bileşimi	
	R840	R845
SiO <sub>2</sub>	69.51	70.51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.65	17.42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.216	0.208
TiO <sub>2</sub>	0.019	0.009
CaO	0.21	0.20
MgO	0.05	0.03
Na <sub>2</sub> O	4.39	4.10
K <sub>2</sub> O	7.69	7.27
KK	0.26	0.25
Ağırlık (%)	88.27	87.81
Tüvenana göre ağı. (%)	53.69	56.63

%43'ünün atık olarak atılması ve konsantre  $K_2O:Na_2O$  oranının 1.75 düzeylerinde olması nedeniyle bölge siyenitlerinden feldispat üretecek bir tesisin kurulması günümüz pazar koşullarında geri dönüş hızı yüksek bir yatırım olmayacaktır.

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Menderes Masifi albit yatakları mineralojik ve teknik açıdan dünyanın en kaliteli Na-feldispat rezervlerini barındırmaktadır. Yerel değişimler gözlenmekle birlikte, renk verici safsızlıkların serbestleşmesi açısından önemli bir sorun bulunmamakta ve gerek manyetik ayırma, gerekse flotasyonla yüksek kaliteli Na-feldispat üretimi mümkün olmaktadır. Nitekim Çine ve Milas yöresinde Menderes Masifi albit cevherlerinden manyetik ayırma ve/veya flotasyon ile Na-feldispat üreten birçok tesis bulunmakta ve sürekli yeni yatırımlar yapılmaktadır.

Ülkemiz, özellikle sodyum feldispat kaynakları açısından nicelik ve nitelik olarak çok zengindir. Ancak, feldispat içeren masiflerin daha ayrıntılı incelenmesi halinde potasyum feldispat üretimi açısından da kendine yeterli olmanın çok ötesinde olduğu görülecektir. Özellikle Demirci-Gördes pegmatitleri ve Kırşehir Masifi bu açıdan büyük önem taşımaktadır. Bursa-Orhaneli siyenit cevheri, günümüz pazar koşullarında yüksek kalitede feldispat konsantresi üretimi açısından ekonomik görülmemektedir.

### KATKI BELİRTME

Yazarlar; mineraloji çalışmaları sırasındaki yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Üner Çakır (Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü)'a, örnek temini ve kimyasal analiz konusundaki yardımlarından dolayı Çine Akmaden Madencilik Tic. A.Ş.'ye ve Matel Hammadde Sanayi Ticaret A.Ş.'ye teşekkür eder.

### KAYNAKLAR

- Akar, A., 1994. Evaluation of Gördes Köprübaşı district feldspar industrial raw material deposits. *Progress in Mineral Processing Technology*. H. Demirel and S. Ersayın (eds.), *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Mineral Processing Symposium, Turkey*, 243-249.
- Bayraktar, İ., Ersayın, S., and Gülsoy, Ö.Y., 1998. Magnetic separation and flotation of albite ore. *Innovations in Mineral and Coal Processing*. S. Atak, G. Önal and M.S. Çelik (eds.), *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Mineral Processing Symposium, Turkey*, 315-318.
- Bayraktar, İ., Ersayın, S., Gülsoy, Ö.Y., Ekmekçi, Z. ve Can, M., 1999. Temel seramik hammaddelerimizdeki (feldispat, kuvars ve kaolin) kalite sorunları ve çözüm önerileri. 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, İzmir, 22-33.
- Bayraktar, İ., Gülsoy, Ö.Y., Can, N. M. ve Orhan, E.C., 2001. Feldispatların zenginleştirilmesi. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, İzmir, 97-105.
- Çakır, Ü., 2003. Kişisel görüşme. Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe-Ankara.
- Çelik, M.S., Pehlivanoğlu, B., Aslanbaş, A., and Asmatülü, R., 2001. Flotation of colored impurities from feldspar ores. *Minerals and Metallurgical Processing*, 18 (2), 101-105.
- Erlar, A. ve Bayhan, H., 1995. Orta Anadolu granitoidlerinin genel değerlendirmesi. *Yerbilimleri*, 17, 49-67.
- Gülsoy, Ö.Y., Bayraktar, İ. ve Can, N.M., 2003. Altered granitlerden yüksek potasyumlu feldispat üretimi. *Madencilik*, 42 (3), 3-9.
- Hızal, M., 1997. Potasyum feldispatların dünü, bugünü ve yarını. 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, İzmir, 31-39.
- Madencilik Bülteni, 2003. TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 66, 70 s.
- Seyrankaya, A., 2003. Upgrading low-grade feldspar ores for use in the ceramic and glass industries by combination of froth flotation and magnetic separation methods. *Yerbilimleri / Geosound*, 42, 223-235.