

## BİTLİS-BAYRAMALAN DIŞTEN MİNERALİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Concentration of Kyanite Ore From Bayramalan (Bitlis) Region

Fatma Deniz AYHAN"  
Oktay BAYAT\*"  
Ali AKAR<sup>f\*></sup>

### ÖZET

Bu çalışmada, Bitlis Bayramalan distenlerinin sarsıntılı masa ve flotasyon ile zenginleştirilebilirlik çalışmaları yapılmıştır. Öncelikle karakterizasyon çalışması yapılmış ve -0,3+0,1 mm tane aralığındaki cevherin sarsıntılı masa ile zenginleştirilmesinde masa eğimi, genlik ve hız parametrelerinin ayırma etkisi incelenmiştir. Elde edilen en iyi koşullar -0,5+0,3, -0,3+0,2, -0,2+0,1 mm tane aralıklarında sınıflandırılan örneklerle de uygulanmıştır. 0,1 mm tane boyutunun altındaki örnek ise sadece flotasyon yöntemi ile zenginleştirilmiştir. En iyi koşullarda elde edilen konsantreler  $>54\% \text{ Al}_2\text{O}_3$  tenörü ve  $>70\%$  verimlere sahiptir.

Anahtar Sözcükler: Mavi Dişten, Beyaz Dişten, Sarsıntılı Masa, Flotasyon

### ABSTRACT

In this study, the upgrading studies of Bayramalan (Bitlis) kyanites were carried out using shaking table and flotation methods. First, the ore characteristics of the kyanite were determined and then the effects of operating parameters of shaking table such as tilt angle, stroke and speed on the separation were investigated for -0.3+0.1 mm size fraction. Shaking table tests were also applied to -0.5+0.3, -0.3+0.2 and -0.2+0.1 mm size fractions at the best operating conditions obtained for -0.3+0.1 mm size fraction. The minus 0.1 mm size fraction was processed only by flotation. The concentrates obtained at best conditions contain  $\text{Al}_2\text{O}_3$  higher than 54% and the recovery of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is higher than 70%.

Keywords: Blue Kyanite, White Kyanite, Shaking Table, Flotation

<sup>(</sup> | Dr., Dicle Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, [dayhan@dicle.edu.tr](mailto:dayhan@dicle.edu.tr)

<sup>(\*</sup> / Doç.Dr., Çukurova Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Balcalı, Adana

<sup>(</sup> 'Prof.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh.Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

## 1. GİRİŞ

Silikat mineralleri doğada bulunan minerallerin yaklaşık olarak %30'unu, yer kabuğu bileşiminin ise %90'ını oluşturmaktadır. Yer kabuğunda en fazla bulunan silikatlar; olivin, piroksen, amfibol, mika, kil, feldspat, grönö grubu mineralleri, kuvars ve alüminyum silikatlarıdır. Alüminyum silikat grubu minerallerini ise sillimanit mineralleri (sillimanit, andaluzit, dişten) oluşturmaktadır (Kumbasar, 1977). Dişten  $Al_2SiO_5$ 'in yüksek basınç polimorfudur. Doğada dişten hem metabazaltik nemde metasedimanter kompozisyonlarında eklojik-fasiyes kayaçlarında oluşan ikinci derece bir mineraldir (Comodi vd., 1997). Dişten kendi grubu içinde doğal bir özelliğe ve özgün bir yapıya sahiptir. Alüminyum silikat minerallerinden olan dişten, andaluzit ve sillimanit birbirleriyle yakından ilgilidir ve benzer kimyasal bileşime ( $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ ) sahiptirler (Guanghuan, 1990; Jesse vd., 1987; Karadeniz vd., 1992). Diştenin kimyasal bileşimi sadece çok düşük miktarlarda Fe, Ti, Cr ve alkali ile saf  $Al_2SiO_5$ 'den oluşmaktadır (Ghera vd., 1986). Diştenin mineral bileşimindeki alkali oranlarının fazla olması istenmez (Kay, 1989; Kay, 1991). Bazı dişten minerallerinde Fe ve Cr yüksek konsantrasyonlarda görülebilmektedir (Sobolev vd., 1968).

Dişten minerali 1400 °C üzerindeki sıcaklıklarda ısıtılarak silis ve mullite dönüşmektedir. Alüminyum teknik seramik alanında kolay şekillendirilebilme özelliğine sahip olduğu için yaygın olarak kullanılan önemli bir refrakterdir (Goski vd., 1999). Dişten mullit dönüşümü boyunca siliste bir uzama meydana gelmektedir. Bu uzama %16-18'lik bir ısıl uzamadır ve sadece distende meydana gelir (Brown, 1979). Distende yanma sonrası oluşan bu uzama özelliği kil gibi birleşik materyallerin yanma sırasında meydana gelen çatlamaları önlemek açısından önem taşımaktadır. Buna zıt olarak eğer hacim artışı gerektirmese mullitleşme sürecinde boyutsal kararsızlık özelliğinden dolayı kalsine edilmelidir (McMichael, 1990).

Sillimanit mineralleri kendilerine özgü mineral davranışları nedeniyle seramik sanayinden refrakter sanayine kadar bir çok alanda kullanıma sahiptirler. Dişten düşük basınç ve yüksek sıcaklıklarda kararlı bir yapıya ve tersinmez genişleme özelliğine sahiptir. Bu özelliğinden dolayı ateş killeri ve boksit gibi en çok aranan refrakterlere göre üstünlük sağlamaktadır. Isıl şoka ve yüksek yüke

(yüksek sıcaklıkta) dayanım göstermeleri üstünlükleri arasındadır (Bandao vd., 1998).

Amerika'da seramik ve refrakter üreticileri dişten konsantresi için şu değerleri kullanmaktadır: %56  $Al_2O_3$  (tipik), %54-60 (genel), %37,6-43,7  $SiO_2$ , %0,4-1,2  $Fe_2O_3$ , %0,7  $TiO_2$ , %0,1  $CaO$ , %0,1  $MgO$ , %0,3 alkali ( $Na_2O+K_2O$ ), boyut aralıkları; -0,43 mm, -0,3 mm, -0,15 mm, -0,075 mm ve -0,045 mm'dir (Bennett vd., 1983; Sweet, 1994).

Bitlis masifi içindeki distenli kuvarsitler metamorfik şistler içinde kalın tabakalar halinde konkordon olarak bulunmakta ve distenler kısmen kaolinite dönüşmektedir (Seyhan, 1979).

Diştenin flotasyonu genellikle şlam atıldıktan sonra yapılmaktadır. Safsızlıkların bileşimine göre; Şlam Atma+Mika Flotasyonu+Fe-Oksit Flotasyonu+Dişten Flotasyonu yapılmaktadır (Akar vd., 1997). Diştenin içerisindeki manyetik mineralleri uzaklaştırmak için Sarsıntılı Masa+Manyetik Ayırma veya Manyetik Ayırma+Flotasyon uygulamaları yapılabilmektedir (Akar, 1987; Andrews, 1995; Yabaşvd., 1999).

Bitlis; Hürmüz, Hürmüz (Ağaçköprü), Orsak-Zinir, Bayramalan, Arzavik ve Şetek olmak üzere farklı alanlarda mavi, beyaz, pembe, yeşil olmak üzere değişik renkte distenler mevcuttur.  $Al_2O_3$  oranları 18 ile 58 arasında değişmektedir. Ayrıca Bingöl-Genç-Halveliyan da  $Fe_2O_3$  oranı yüksek dişten mevcuttur. Bitlis ve Bingöl'de görünür ve muhtemel olmak üzere toplam dişten rezervi 3104538 ton'dur (Ayhan, 2003; Demirhan vd., 1989; 1991; Demirhan, 1990; 1990; Türkbileği vd., 1985).

Dişten doğal haliyle ekonomik değer taşıyabildiği gibi tenorunun düşük olması ve safsızlıklar içermesi durumunda, safsızlıkları oluşturan minerallerin oranına ve serbestleşme tane iriliklerine göre farklı zenginleştirme yöntemlerine tabi tutularak refrakter sanayinde kullanıma uygun konsantreler elde edilebilmektedir.

## 2. MALZEME

Deneylerde mavi ve beyaz dişten kullanılmıştır. Örnekler Bitlis-Bayramalan dişten sahalarından seçilerek alınmış olup kimyasal analiz değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

### 3. YÖNTEM

Kullanılacak mavi ve beyaz dişten örnekleri, kimyasal bileşim oranı açısından doğrudan refrakter hammaddesi olarak kullanıma uygun değildir. Bu nedenle bu çalışmada mineralin  $Al_2O_3$  oranı artırılarak  $SiO_2$  oranının azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaçla distenin mineralojik ve mikroskobik çalışması yapılmıştır. Dişten mineralinin serbestleşmenin en yüksek olduğu boy -0,3 ile -0,1 mm arasındadır. Mineralin serbestleşme tane boyu tespiti üzerine mavi distenin sarsıntılı masa ile zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Örnek, çeneli kırıcıda kırılmış ve ilk olarak -0,3+0,1 mm tane aralığında sınıflandırılarak masa eğim, genlik ve hız parametreleri incelenmiştir. Daha sonra dar tane aralığında (-0,5+0,3, -0,3+0,2, -0,2+0,1 mm) sınıflandırılarak, en iyi masa koşullarında zenginleştirilebilirliği incelenmiştir. -0,1 mm tane boyutlu örnek ise flotasyon yöntemi ile zenginleştirilmiştir. Deneylerde Wilfley tipi sarsıntılı masa, Denver tipi flotasyon aygıtı, 1 litrelik flotasyon hücresi ve ASTM elek serisi kullanılmıştır.

Beyaz dişten minerali, çeneli kırıcıdan geçirildikten sonra, çubuklu değirmen ile aşındırma+kademeli öğütme sistemine tabi tutularak, örneğin 0,1 mm'nin altına geçmesi sağlanmıştır. Çubuklu değirmen boyutları: boy; 295 mm, iç çap; 195 mm ve dış çap; 220 mm'dir.

Kullanılan çubuklar: boy; 292 mm, çap; 22 mm (4 adet), 17 mm (5 adet), 14 mm (5 adet)'dir. Bilyalı değirmen boyutları: boy; 220 mm, iç çap; 195 mm ve dış çap; 220 mm'dir. Bilya çapları; 33 mm, 25 mm, 22 mm ve 15 mm'dir.

### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 4.1. Cevher Karakterizasyonu

Örneğin XRD analizi sonucunda cevherin büyük çoğunluğunu dişten ve kuvarsın oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 1). Mikroskobik çalışmalar sonucunda mineral içerisinde çok az miktarda hematit ve rutil olduğu ve distenin 0,1 mm tane boyutu civarında serbestleştiği belirlenmiştir.

#### 4.2. Sarsıntılı Masa Deneyleri

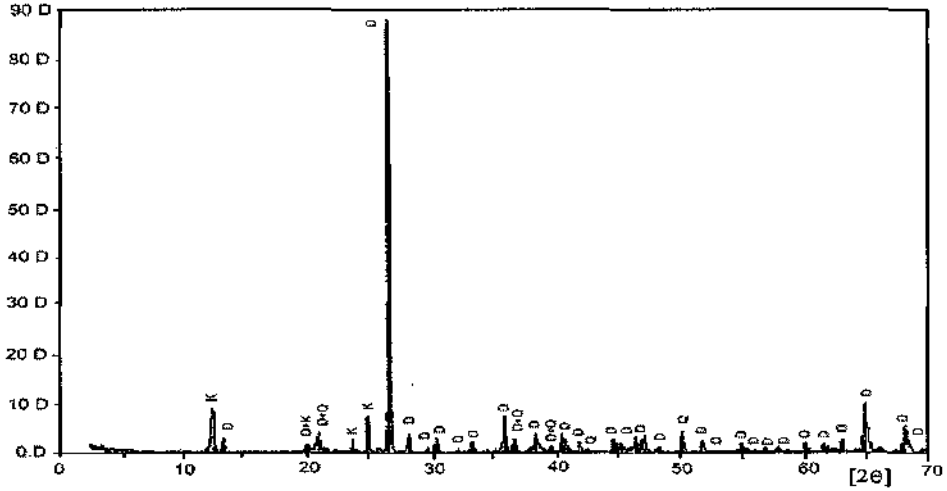
Sarsıntılı masa ile yapılan deneylerde hız, eğim ve genliğin etkisi incelenmiştir. Buna göre bu parametrelerin verim ve tenor üzerine olan etkileri sırasıyla Şekil 2, 3 ve 4'de verilmektedir. Ayrıca her deneyde sabit tutulan parametreler de sonuçlardan önce belirtilmektedir.

Sabit tutulan parametreler;

Tane boyutu : %100'ü; (-0,3+0,1) mm  
Genlik : 12 mm  
Eğim : 1/26

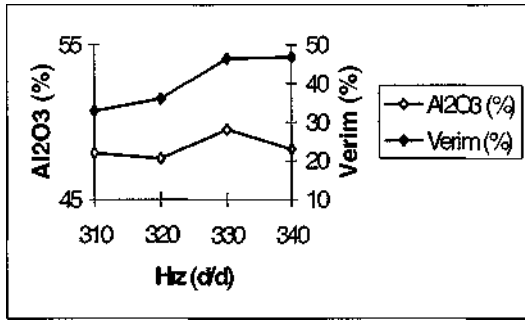
Çizelge 1. Bitlis-Bayramalan Dişten Türlerinin Kimyasal Bileşimi (Ayhan, 2003)

Örnek Dişten Türleri	(%)								
	$Al_2O_3$	$SiO_2$	$Fe_2O_3$	$TiO_2$	$Na_2O$	$K_2O$	CaO	MgO	K.K
Mavi	45,35	50,53	0,20	0,20	0,01	0,06	-	0,02	3,61
Beyaz	32,53	63,89	0,24	0,25	0,02	0,04	0,01	0,01	2,98



D: Disten, K: Kaolin, Q: Kuvars

Şekil 1. Mavi Disten Mineralinin XRD Deseni



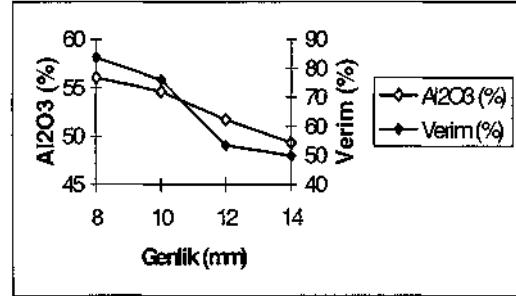
Şekil 2. Sarsıntılı masa hızlarının konsantre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörü ile verimine etkisi (mavi dişten)

Sabit tutulan parametreler;

Tane boyutu :%100'ü; (-0,3+0,1) mm

Hız : 330 d/d

Eğim :1/30



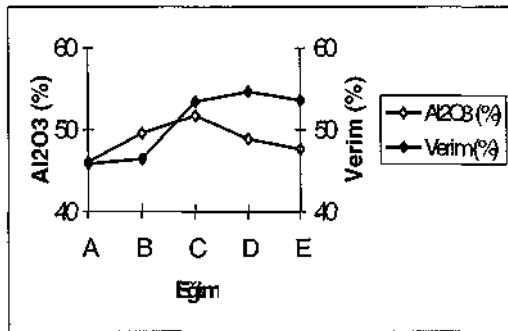
Şekil 4. Sarsıntılı masa genliklerinin konsantre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörü ile verimine etkisi (mavi dişten)

Sabit tutulan parametreler;

Tane boyutu %100'ü;(-0,3+0,1) mm

Hız 330 d/d

Genlik 12 mm



A;1/22, B; 1/26, C; 1/30, D; 1/34; E; 1/38

Şekil 3. Sarsıntılı masa eğimlerinin konsantre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörü ile verimine etkisi (mavi dişten)

Şekil 2, 3 ve 4 incelenerek en iyi koşulların;

Hız 330 d/d

Eğim 1/30

Genlik 8 mm

şeklinde olabileceğine karar verilmiştir.

Yukarıda belirlenen koşullarda, -0,5+0,3,-0,3+0,2 ve 0,2+0,1 mm tane aralıklarında sınıflandırılan örnekler sarsıntılı masa deneylerine tabi tutulmuştur. Sarsıntılı masa deneyleri sonucunda sırası ile -0,5+0,3, -0,3+0,2 ve 0,2+0,1 mm arasında sınıflandırılan örneklerden %54 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve %78,33, %56,40 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve %87,61, %57,10 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve %84,48 kazanma verimleri ile konsantreler kazanılmıştır. Çizelge 2'de

görüldüğü gibi üç boyut arasında yapılan sınıflamada tenor ve verim açısından çok büyük değişimler gözlenmemiştir. Ancak 0,3 mm boyutun altında kalan sınıflandırmada daha yüksek tenor ve verimler elde edilmiştir. Dolayısı ile -0,5+0,1 mm aralığından çok -0,3+0,1 mm tane boyut aralığı mavi dişten minerali için sarsıntılı masa ile zenginleştirilmesi önerilmektedir.

Çizelge 2. Tane Aralıkları Sarsıntılı Masa Deney Ürünlerinin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Analiz Sonuçları (mavi dişten)

Tane Boyutu (mm)	Ürünler	(%) Ağırlık	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	
			Tenor	Verim
-0,5+0,3	Konsantre	66,16	54,00	78,33
	Atık	33,84	29,20	21,17
	Besleme	100,00	45,60	100,00
-0,3+0,2	Konsantre	72,08	56,40	87,61
	Atık	27,92	20,50	12,39
	Besleme	100,00	46,34	100,00
-0,2+0,1	Konsantre	65,48	57,10	84,48
	Atık	34,52	19,90	15,52
	Besleme	100,00	44,26	100,00

Çizelge 2'den de görüldüğü gibi sınıflandırılan tane aralıklarında yapılan sarsıntılı masa deney sonuçlarına göre kimyasal bileşim oranı açısından refrakter sanayiye uygun özelliklerde konsantreler elde edilmiştir. Sarsıntılı masa akım şeması ve malzeme balansı Şekil 5'de verilmiştir. Masa ürünleri konsantre ve atık şeklinde iki ürün olarak alınmıştır. Atığın tenorunun yüksek olması nedeniyle öğütülerek tekrar kazanımı sağlanabilir.

#### 4.3. Öğütme

Dişten mineralinin gevrek bir yapıya sahip olması, özellikle kısa ve uzun eksenleri arasında belirgin bir şekilde sertlik farkının olması nedeniyle boyut küçültme aşamasında çok fazla şlam oluşumu söz konusudur. Aynı zamanda dişten mineralinin ve gang minerallerinin ince tane büyüklüğünde serbestleşmesi mineralin daha fazla öğütme gereksinimini gerektirmektedir. Bu da klasik öğütme (kritik hızın %56'sı) sistemin öğütülebilirlik konusunda kısıtlama getirmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, öğütme sisteminde darbe kuvvetlerini etkisiz duruma getirmek için değirmen hızı azaltılmış ve sürtünme kuvvetleri etkin duruma getirilmiştir. Bu şekilde aşındırarak öğütme ile birlikte 5'er dakika aralıklarla dişten çıkarılarak

0,1 mm'lik elekten elenmiş ve dişten tekrar sisteme verilmiştir. Şlam oluşumunu en aza indirmek amaçlı yapılan bu çalışmada bilyalı değirmen ve çubuklu değirmen için aşındırma+ kademeli öğütme ile klasik öğütme sistemi incelenmiştir.

Öğütme koşulları;

Değirmen tipi : Çubuklu/Bilyalı değirmen  
 Şarj oranı : 1/10 (cevher/bilya-çubuk)(w/w)  
 Öğütme tipi : Kuru  
 Öğütme hızı : Klasik (58 d/d),  
 Aşındırma+Koruyucu (30 d/d)  
 Öğütme süresi : 5dk-40 dk - 40 dk

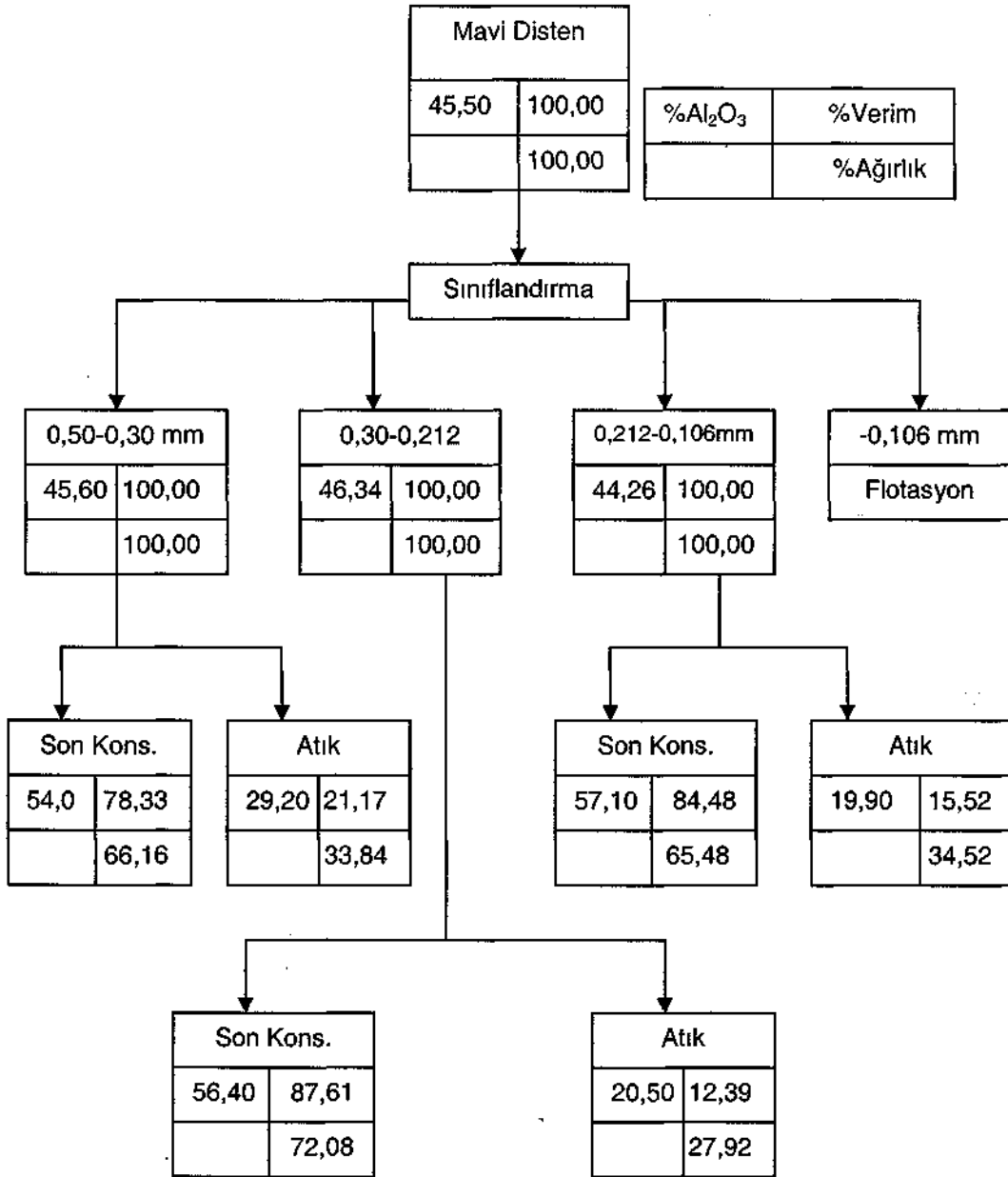
Çizelge 3. Öğütme Sistemlerinin Şlam Oluşumu Açısından Karşılaştırılması

Tane Boyutu (mm)	Aşındırarak+ Kademeli Öğütme (40 dk)		Klasik Öğütme (40 dk)	
	Çubuklu Değ.	Bilyalı Değ.	Çubuklu Değ.	Bilyalı Değ.
	Ağırlık (%)	Ağırlık (%)	Ağırlık (%)	Ağırlık (%)
-0,1	86,78	67,15	44,12	23,80
-0,045	13,22	32,85	38,75	57,23
Toplam	100,00	100,00	82,87	81,03

Değirmenin hızı, çubukların darbe etkisine (düşmesine) izin verilmeyecek şekilde, kayarak yuvarlanma hızında (Demirel, 1994) tamamen sürtünme kuvvetlerinin hakim olduğu bir ortama ulaşabilmek için ön denemeler yapılarak bulunmuştur. Öğütülen örnekler 5 dakikada bir 0,1 ve 0,045 mm'lik eleklerden geçirilerek Çizelge 3'deki değerler elde edilmiştir. Öğütme aşamasında beyaz dişten için çubuklu değirmen ile yapılan aşındırma+kaademeli öğütme sisteminde öğütme işlemine beslenen ürünün %13,22'sinin şlam olduğu tespit edilmiştir (Ayhan, 2003).

#### 4.4. Flotasyon

Dişten pH 4,2-5 arasında asit ortamda (Beer, 1952; Beer 1953) ya da pH 7,5-8 (Rule vd., 1973) veya pH 9,22de bazik ortamda (Wyman, 1955) yüzdürülmektedir (Andrews, 1995). Ayhan tarafından yapılan çalışmada Bitlis distenin pH 4'de yüzdüğü belirlenmiştir (Ayhan, 2003). Dişten flotasyonunda toplayıcı olarak petrol sülfonatlar 590-680 g/t (Browning vd., 1970) ve 450 g/t (Browning vd., 1956), 1500 g/t (Akar, 1987),



Şekil 5. Mavi distenin sarsıntılı masa akım şeması ve malzeme balansı

1000 g/t (Akar vd., 1997) miktarlarında kullanılarak dişten yzdrlebilmektedir. Ayhan tarafından yapılan çalışmada Bitlis distenlerinin yzdrlebilirliği ile ilgili olarak petrol sülfonat, oleik asit ve petrol sülfonat+alkil sksinit asit ile değişik miktarlarda ve ikili reaktif karışımında farklı oranlarda deneyler yapılmış ve en iyi sonuç petrol slfonatlardan (Aero 801, 500 g/t) ve alkil süksinik asitlerden disodyum n-oktadesil slfosksinamit (Aero 830, 300 g/t) ile alınmıştır (Ayhan, 2003).

Mavi ve beyaz dişten için uygulanan kaba flotasyon koşulları şu şekildedir (Ayhan, 2003);

Serbestleşme Boyutu	: %100', -0,1 mm
Karıştırma Hızı	: 1000 d/d
Katı Oranı	: %50
pH	: 4 (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile)
Bastına	: Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ; 5000 g/t
Canlandırıcı	: Aerodiri 100; 1500 g/t
Toplayıcı	: Aero 801 (500 g/t) + Aero 830 (300 g/t)
Köpürtücü	: am yağ ı; 100 g/t
Koşullandırma Sresi	: 10+10+10+5 dk
Flotasyon Sresi	: 12 dk

Temizleme flotasyonu koşulları (mavi ve beyaz dişten için) şu şekildedir (Ayhan, 2003).

Karıştırma Hızı	1000 d/d
pH	4 (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile)
Koşullandırma Sresi	30 dk
Flotasyon Sresi	8+6 dk (mavi disten)- 8+6+4 dk (beyaz )

#### 4.4.1. Mavi Dişten Flotasyonu

Çeneli ıkışı sınıflandırılan dişten, şlam atma işleminden sonra kaba flotasyon deneyine tabi tutulmuştur. Yukarıda verilen kaba flotasyon koşullarında 12 dk boyunca yüzdürülen kaba dişten konsantresi için iki aşamalı temizleme yapılmıştır. Temizleme flotasyonu, reaktif kullanılmaksızın ve pH 4'de sabit tutularak yapılmıştır. Son rn %66,03 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve %70,92 verimle kazanılmıştır (izelge 4). Mavi dişten flotasyon akım şeması ve malzeme balansı şekil 6'da verilmiştir. Safsızlık oranları; %0,19 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0,13 TiO<sub>2</sub>, %0,06 Na<sub>2</sub>O, %0,06 MgO, %0,13 K<sub>2</sub>O ve %0,01 CaO şekindedir. Son rn içerisindeki safsızlıkların oranları refrakter sanayi kullanımına uygundur.

#### 4.4.2. Beyaz Dişten Flotasyonu

Çeneli kırıcıda kırılan örnek aşındırmalı+kademeli öğütme sistemine tabi

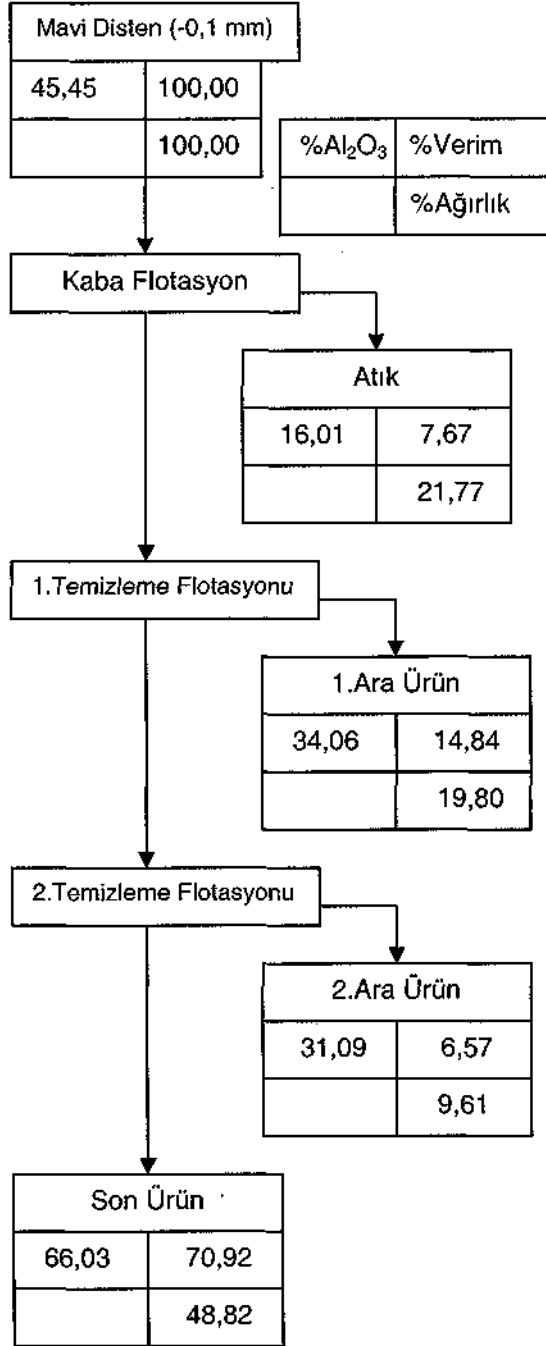
tutularak %100' 0,1 mm'nin altına geçirilmiştir. şlam atma işleminden sonra yukarıda verilen kaba flotasyon koşullarında kaba flotasyon yapılmış ve  aşamalı temizleme sonucunda nihai ürün elde edilmiştir. Temizleme flotasyonu reaktif kullanılmadan ve pH 4'de sabit tutularak yapılmıştır. Son rn %57,80 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörü ve %77,39 kazanma verimi ile kazanılmıştır (izelge 5). Beyaz dişten flotasyon akım şeması ve malzeme balansı şekil 7'de verilmiştir. Elde edilen konsantre; demir oksit (%0,3), diğer safsızlıkların miktarı (%0,18 TiO<sub>2</sub>, %0,05 Na<sub>2</sub>O, %0,02 MgO, %0,04 K<sub>2</sub>O, %0,01 CaO) ve konsantre tenörü ve safsızlıkların oranı açısından refrakter sanayinde kullanıma uygun özelliktedir.

Çizelge 4. Mavi Distenin İki Aşamalı Temizleme Flotasyonu Deney rnlerinin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Tenör ile Verim Analiz Sonuçları

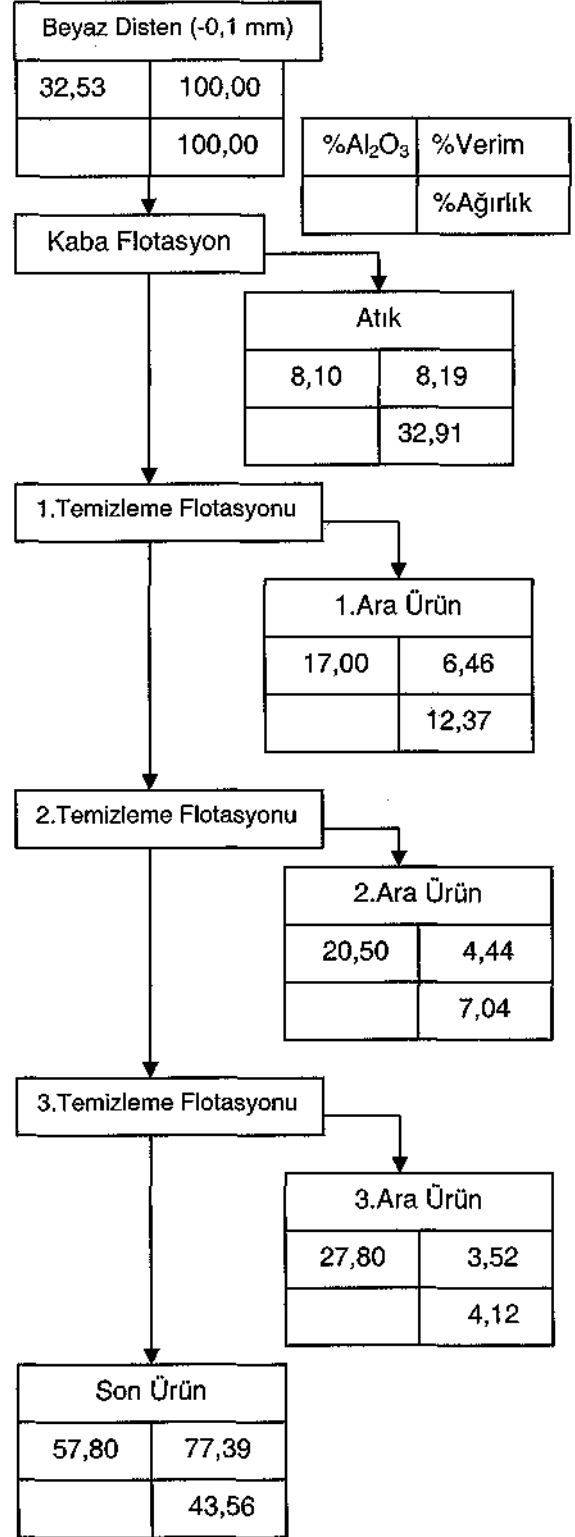
rn	Ağırlık (%)	Mavi Dişten Konsantresi (%)			
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Verim	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Dağılım
Son rn	48,82	66,03	70,92	J9	48,13
İL Ara rn	9,61	31,09	6,57	0,20	9,96
I. Ara rn	19,80	34,06	14,84	0,21	21,58
Atık	21,77	16,01	7,67	0,18	20,33
Besleme	100,0	45,45	100,0	0,19	100,00

Çizelge 5. Beyaz Distenin  Aşamalı Temizlemeli Flotasyonu Deney rnlerinin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Tenör ile Verim Analiz Sonuçları

rn	Ağırlık (%)	Beyaz Dişten Konsantresi (%)			
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Verim	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Dağılım
Son rn	43,56	57,80	77,39	J9	48,53
III. Ara rn	4,12	27,80	3,52	0,30	4,57
II. Ara rn	7,04	20,50	4,44	0,40	10,54
I. Ara rn	12,37	17,00	6,46	0,50	22,97
Atık	32,91	8,10	8,19	0,11	13,46
Besleme	100,0	32,53	100,0	0,26	100,00



Şekil 6. Mavi disten flotasyon akım şeması ve malzeme balansı



Şekil 7. Beyaz disten flotasyon akım şeması ve malzeme balansı



## 5. SONUÇLAR

Bitlis-Bayramalan distenlerinin büyük bir kısmını dişten ve kuvarsitler oluşturmaktadır. Ayrıca çok az miktarda hematit ve rutil bulunmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan mavi ve beyaz dişten hammadde türlerinin kimyasal analizi sırası ile; %45,35  $Al_2O_3$ , %50,53  $SiO_2$ , %0,20  $Fe_2O_3$ , %0,20  $TiO_2$ , %0,01  $Na_2O$ , %0,06  $K_2O$ , %0,02  $MgO$  ve beyaz %32,53  $Al_2O_3$ , %63,89  $SiO_2$ , %0,24  $Fe_2O_3$ , %0,25  $TiO_2$ , %0,02  $Na_2O$ , %0,04  $K_2O$ , % 0,01  $CaO$ , %0,01  $MgO$  değerlerinde saptanmıştır.

Dişten minerali 0,1 mm civarında serbestleşmektedir.

Dişten çeneli kırıcıda kırılmış ve -0,3+0,1 mm tane aralığında sınıflandırılarak masa eğim, genlik ve hız parametreleri incelenmiştir. En iyi sonuçlar; -0,5+0,3, -0,3+0,2, -0,2+0,1 mm tane aralıklarında sınıflandırılmış ve sarsıntılı masa deneyleri sonucunda sırası ile -0,5+0,3, 0,3+0,2 ve 0,2+0,1 mm tane aralıklarında sırasıyla; %54,00, %56,40 ve %57,10 tenörleri ile %78,33, %87,61 ve %84,48 kazanma verimlerinde kazanılmıştır.

Çeneli çıkışı sınıflandırılan mavi dişten, şlam atma işleminden sonra dişten flotasyonu yapılmış ve iki aşamalı temizleme ile satılabilir ürün elde edilmiştir. Son ürün %66,03  $Al_2O_3$  ve %70,92 verimle kazanılmıştır. Safsızlık oranları ; %0,19  $Fe_2O_3$ , %0,13  $TiO_2$ , %0,06  $Na_2O$ , %0,06  $MgO$ , %0,13  $K_2O$  ve %0,01  $CaO$  değerlerinde bulunmuştur.

Çeneli kırıcıda kırılan örnek aşındırıcı+kademeli öğütme sistemine tabi tutularak %100'ü 0,1 mm'nin altına geçirilmiştir. Öğütme aşamasında beyaz dişten için çubuklu değirmen ile yapılan aşındırıcı+kademeli öğütme sisteminde öğütme işlemine beslenen ürünün %13,22'sinin şlam olduğu tespit edilmiştir. Şlam atma işleminden sonra kaba flotasyon yapılmış ve üç aşamalı temizleme flotasyonu sonucunda nihai ürün elde edilmiştir. Nihai ürün %57,80  $Al_2O_3$  tenöründe ve %77,39 kazanma verimi ile kazanılmıştır. Elde edilen konsantre; %0,3  $Fe_2O_3$ , %0,18  $TiO_2$ , %0,05  $Na_2O$ , %0,02  $MgO$ , %0,04  $K_2O$  ve %0,01  $CaO$  oranlarında safsızlık içermektedir.

Elde edilen sarsıntılı masa ve flotasyon konsantreleri kimyasal bileşimi ve oranları açısından refrakter sanayinde kullanıma uygun özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

Akar, A., 1987; "Endüstriyel Hammaddeler ve Zenginleştirme Yöntemleri", Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İzmir, 210.

Akar, A., Sarıfakıoğlu, E., Türkbileği, H., Malayoğlu, U., 1997; "Demirci-Gördes Asmasifinde Üşümüş Köyü Civarındaki Distenli Şistlerden Distenin Zenginleştirilmesi", Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17 Ekim, İzmir, 247-252.

Andrews, P.R.A., 1995; "The Beneficiation of Canadian Refractory Silicate Minerals-Kyanite, Sillimanite and Andalusite, Industrial Minerals, CIM Bulletin, 87-89

Ayhan, F.D., 2003; "Bitlis Masifi Dişten Cevherinin Zenginleştirme Koşullarının Araştırılması", Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 159.

Ayhan, F.D., 2003; "Türkiye Distenlerinin Genel Bir Değerlendirmesi", III. GAP ve Sanayii Kongresi (Baskıda)

Beer, H.L., 1952; "Batch Flotation Tests and Pilot-Mill Run on Shipments of Kyanite Ore from J.J. Kenmey, North Bay: Part 2-Pilot-Mill Run", Industrial Minerals Report 136, CANMET, Energy, Mines and Resources Canada, A-51

Beer, H.L., 1953; "Flotation Concentration of a Sample of Kyanite Ore from the Property of Strategic Metals Limited, Claridon, ", Industrial Minerals Report 206, CANMET, Energy, Mines and Resources Canada, A-52

Bennett, B.J. and Castle, J.E., 1983; " Kyanite and Related Minerals", Nonmetallics Other Than Fuels, 2, 799-807.

Brandao, P.R.G. and Mendes, S.L.C., 1998; "Kyanite from Minas Gerais, Brazil: Characterization for Use in Ceramic Materials", Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Mineral Processing Symposium, Istanbul, Turkey, 15-17 September, 295-300.

- Brown, J.J., 1979; "Effect of Particle Size on the Apparent Expansion of Kyanite During Conversion", American Ceramic Society Bulletin, 58, 617-622.
- Browning, J.S., Bennett, P.E., 1970; "Beneficiation of Georgia Kyanite Ore" RI Bureau of Mines Report of Investigations 7376, April, 1-8 (Unpublished).
- Browning, J.S., Clemmons, B.H., McVay, T.L., 1956; "Recovery of Kyanite and Sillimanite from Florida Beach Sands", Bureau of Mines Report of Investigations 5274, 1-12, (Unpublished).
- Comodi, P., Zanazzi, P.F., Poli, S. and Schmidt, M.W., 1997; "High-Pressure Behavior of Kyanite: Compressibility and Structural Deformations", American Mineralogist, 82, 452-459.
- Demirel, H., 1994; "Öğütme", Cevher Hazırlama El Kitabı, Editor; G. Önal, G. Ateşok, Yurt Madencilikini Geliştirme Vakfı, İstanbul, 57-71
- Demirhan, M., Kapkaç, F., Bahçeci, A., 1989; "Bitlis Merkez-Hürmüz Köyü ÖİR-736 No'lu Dişten Sahası Maden Jeoloji Raporu", MTA Rapor No: 8879, 3-24 (Yayımlanmamış).
- Demirhan, M., Kapkaç, F., Bahçeci, A., 1991; "Bitlis Merkez-Arzivik ve Bayramalan Köyleri AR-28496, ÖİR-2254 Ruhsat No'lu Dişten Sahası Maden Jeoloji Raporu", MTA Rapor No: 9270, 3-36 (Yayımlanmamış).
- Demirhan, M., 1990; "Bitlis Merkez-Şetek (Ortakapı) Köyü ÖİR-2074 Ruhsat No'lu Dişten Sahası Maden Jeoloji Raporu", MTA Rapor No: 9015, 3-8 (Yayımlanmamış).
- Demirhan, M., 1990; "Bingöl-Genç-Yeniçevre (Halveliyan) Köyü AR-25516, ÖİR-2078 No'lu Dişten Sahası Maden Jeoloji Raporu", MTA Rapor No: 8966, 8-30 (Yayımlanmamış).
- Ghera, A., Graziani, G. and Lucchesi, S., 1986; "Uneven Distribution of Blue Colour in Kyanite", Neues Jahrbuch fuer Mineralogie, Abhandlungen, 155, 109-127.
- Guanghuan, W., 1990; "Chinese Resources and Processing Technology for Kyanite Minerals", Industrial Minerals, March, 95-98.
- Goski, D.G., Caley, W.F., 1999; "Reaction Sintering of Kyanite and Alumina to Form Mullite Composites", Canadian Metallurgical Quarterly, 38, (2), April, 119-126
- Jesse, J. and Brown, J.R., 1987; "Current Status of Kyanite", Ceramic Bulletin, 66 (6), 866.
- Karadeniz, M. ve Kumru, C. 1992; "Dişten Cevheri ve Zenginleştirme Üzerine Literatür Araştırması", Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı Cevher Zenginleştirme Birim Yöneticiliği, 15.
- Kay, C. 1991; "Kyanite", Ceramic Bulletin, 70 (5), 868-870.
- Kay, C. 1989; "Kyanite", Ceramic Bulletin, 68 (5), 1051-1052.
- Kumbasar, I. 1977; "Silikat Mineralleri", İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsüyü, Sayı 1098, 181s.
- Mc Michael, B., 1990; "Alumino-Silicate Minerals, Refractories Steel The Show", Industrial Minerals, October, 27-43.
- Rule, A.R., Me. Clain, R.S., 1973; "Beneficiation of Idaho Kyanite-Bearing Materials", RI Bureau of Mines Report of Investigations 7745, US, 1-12
- Seyhan, I., 1979; "Bitlis Masifi Bayramalanı ve Halveliyan Dişten Yatakları", MTA Rapor No:7427. (Yayımlanmamış).
- Sobolev, N.V., Kuznetsova, I.K. and Zıuzın, N.I., 1968; "The Petrology of Grosopydite Xenoliths from the Zagodochnaya Kimberlite Pipe in Yakutia", Journal Petrology, 9, 253-280.
- Sweet, P.C., 1994; Kyanite and Related Minerals, Industrial Minerals and Rocks, 6 th. Edition, 921-927.
- Turkbileği, H., Tekin, A., 1985; "Bitlis-Merkez-Hürmüz (Ağaçköprü) Dişten Yatağı Maden Jeoloji Raporu", MTA Rapor No: 7809, 4-12 (Yayımlanmamış).
- Wyman, R.A., 1955; "Laboratory and Pilot plant Flotation Studies on a Kyanite Ore from the Sudbury Area"; Industrial Minerals Research Report 189, CANMET, Energy, Mines and Resources Canada, A-63.
- Yabaş, Z., Akar, A., Sarıfakioğlu, Z., 1999; "Üşümüş Köyü (Demirci-Manisa) Distenli Şistlerinin Manyetik ve Gravimetrik Yöntemler ile Zenginleştirilmesi", 1. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu, İzmir, 205-215