

## Söğüt Seramik Sanayi A.Ş.'ye Hammadde Sağlayan Ocaklarda Üretilen Ürünlerin İncelenmesi

A. E. Arıtan

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Afyon, Türkiye

A.M.Kıhç&Ö.Kıhç

Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

**ÖZET:** Seramik sektörü ülkemizde hızla gelişen sanayi kollarının en önemlilerinden biridir. Seramik hammaddelerinin bileşiminde bulunan safsızlıklar ve pişirme şartları seramik kalitesini etkileyen en önemli parametrelerdendir. Yapılan çalışma ile ülkemizin seramik sektöründe önemli bir yere sahip Söğüt Seramik A.Ş.'ye hammadde temin edilen kaolien sahaları incelenmiştir. Bu sahalar Düvertepe-Bağkiran kaolien. Tozman feldspat ve Çiğdemlik kil sahalarıdır. Düvertepe-Bağkiran kaolien ocağı Balıkesir-Sındırgı-Düvertepe yöresinde, Tozman feldspat ocağı Bilecik-İnhisar yöresinde ve Çiğdemlik kil sahası ise Bilecik-Söğüt yöresinde yer almaktadır. Üç ayrı sahadan alınan örnekler; Düvertepe-Bağkiran kaolien örnekleri ve Çiğdemlik kil örnekleri üzerinde XRF, XRD ve TG-DTA analizleri, Tozman Feldspat sahasından alınan örnekler üzerinde ise XRF analizleri yapılmıştır. Ayrıca, kaolien Örneklerinin beyazlık ölçümü yapılmıştır. Bulunan analiz değerlerine göre üç yörede yer alan hammadde kaynaklarının yapılacak seramik üretimi için standartlara uygun değerler taşıdığı sonucuna varılmıştır.

**ABSTRACT:** The ceramic sector is rapidly growth one of the most important industry, in Turkey. The ceramic raw materials contain impurities and firing conditions are affected ceramic quality, which are die most important parameters. In this study, the raw material open pits of Söğüt Ceramic Co. which is Düvertepe-Bağkiran kaolin in Balıkesir-Sındırgı-Düvertepe, Tozman feldspar in Bilecik-inhisar and Çiğdemlik Clay in Bilecik-Söğüt were investigated. The samples were taken from Uiree open pits, Düvertepe-Bağkiran kaolin and Çiğdemlik Clay were analyzed by XRF, XRD and TG-DTA. Only Tozman feldspar was analyzed by XRF. Also, die witness of kaolin samples was measured. At die end of the tests, the raw materials of open pits were determined to appropriate for ceramic production.

### 1 GİRİŞ

Seramik sektörü ülkemizin hızla gelişen sanayii kotlarının en önemlilerinden birisi olup son yıllarda önemli miktarlarda ihracatlar gerçekleştirilmiştir.

Teknolojik açıdan seramik, anorganik maddelerin dikkatlice hazırlanıp harmanlanması, biçimlendirilmesi ve kurutulup pişirilmesi yoluyla elde edilen ürünler şeklinde tanımlanabilmektedir. Üretilen seramik ürünlerin kullanım amacına bağlı olarak çeşitli spesifik özelliklere sahip olması gerekmektedir; bu da seramiklerin mamul ürün olarak kullanıma hazır hale getirilmesinden önce kullanılan hammadde özelliklerinin belirli bir standarda sahip olması ile sağlanabilmektedir. Seramik üretimi için kullanılan hammaddelerin büyük çoğunluğu kil ve kil grubu minerallerdir. Bunlar;

- \* Kil grubu hammaddeler,
- \* Feldspat türü hammaddeler,
- \* Kaolien grubu hammaddeler ve
- Kuvars grubu hammaddelerdir.

Bu hammaddelerin dışında; dolomit, manyezit, talk, boksit, şamot ve mermer gibi hammaddeler de seramik üretiminde kullanılmaktadır (Tanışan ve Mete, 1988).

#### 1.1 Kil grubu hammaddeler

Killer tane boyutu 0,02 mm'den küçük ince taneli sedimanlar olup; toprağımsı, belirli miktarda su katıldığında plastikliğı artan, alümina ve silis içeriğı yüksek minerallerdir. Killer genellikle belirli şartlar altında, feldspatların ayrışması veya volkanik

kayaçların çözünmesinden, değişmesinden meydana gelmiştir (Evans, 1993; Kurt, 1998).

Literatürde kil minerallerinin sınıflanmasında bir birliklilik mevcut değildir. Killer, sulu alüminyum silikat olup bu sınıflama içerisindeki tüm mineraller için partikül boyu 1/256 mm veya 4 u olarak verilmektedir. Daha büyük boyutlu mineraller kil kavramına dahil edilmemektedir. Kil terimi hem hidrotermal faaliyetin sebep olduğu bozuşma ürünleri için, hem de sedimantasyon yoluyla çökelmiş ianeler için geçerli bir kavram olarak sayılmakta olup, bu tür küçük parçacıkları oluşturan minerallere göre kimyasal sınıflamalar yapılmıştır (Çizelge 1) (DPT, 2001).

Karmaşık bir yapı ve mineral içeriğine sahip killer, genel olarak; seramik, döküm, gıda, petrol, sondaj, dolgu, kağıt, plastik, ilaç vb. pek çok endüstri kolunda kullanılmaktadır. Ticari killerin hangi endüstri kolu için en uygun olduğunu tespit edilmesi; kilin belirli özelliklerinin ıslahı için yapılan çalışmalar, endüstriyel uygulamalar için büyük önem taşımaktadır (Uz, 1990; önem, 1997).

Seramik sektöründe kullanılan killerde bölgesel standartlar geçerli olmaktadır; örneğin Şile kili, Söğüt kili vb. Söğüt bölgesi fayans-seramik ve döküm killerinin kimyasal Özelliklerine ait standartlar Çizelge 2'de fayans-seramik killerine ait mineralojik Özellikler ise Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çeşitli kil minerallerinin kimyasal bileşimleri (Tanışan ve Meire, 1988)

Mineral	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Toplam
Kaolenil	6.90	37.40	0.66	0.27	0.29	0.84	0.44	0.18	12.95	99.92
Nakrii	4.75	39.48	0.53	0.19	0.13	0.34	0.22	-	14.40	100.94
Dikit	6.86	37.12	1.43	0.09	0.22	0.60	0.07	0.51	12.99	99.89
Halloysit	4.75	36.94	0.31	-	0.11	0.60	-	-	17.42	100.01
Anauxit	4.32	29.96	2.00	0.14	0.32	-	0.37	-	12.64	99.75
Nontronit	0.54	5.19	31.63	0.06	1.92	0.24	0.14	-	20.75	100.47
Klorit	1.44	17.62	-	37.64	-	-	-	-	13.19	99.89
Pioklorit	3.69	21.26	26.52	17.60	3.22	-	-	-	7.63	99.92
Sepiyolit	2.50	0.60	2.99	21.31	0.47	-	-	-	21.27	99.14
Atapulgit	7.85	7.89	2.82	13.44	0.30	0.08	0.53	-	16.95	99.86

Çizelge 2. Söğüt bölgesi fayans-seramik ve döküm killerine ait kimyasal özellikler (DPT, 2001)

Bileşim	Fayans-seramik Kili (%)			Döküm Kili (%)		
	Küre	Yakacık	İnhisar	Küre	Yakacık	İnhisar
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19-22	15-25	18-26	22-25	27-33	25-30
SiO <sub>2</sub>	63-67	57-67	56-65	60-70	48-58	50-60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	M	1.0-5.5	1-3	1-2	1.2-1.4	1-2
CaO	0.7-1	1.0-1.5	0.1-1.1	0.4-0.6	0-0.9	1-2
TiO <sub>2</sub>	0.4-0.6	0.9-1.5	1.5-2.5	0.7-0.9	0-0.4	1.0-1.5
MgO	0.2-1.0	0-1	0.1-0.5	0.3-0.5	0-0.5	0.5-1.5
K <sub>2</sub> O	0.1-2.3	1.5-2.5	1.7-2.0	0.2-0.5	1.0-1.5	1-3
Na <sub>2</sub> O	0.4-1.7	0.7-2.0	1.6-2.1	0.2-0.5	0-1	0.2-1.7
Ateşte Zayıt	7.6-8.4	6-9	6-10	10-14	11-13	8.7-14

Çizelge 3. Söğüt Bölgesi fayans-seramik killerine ait mineralojik analizler (%) (DPT, 2001)

	Küre	Yakacık	İnhisar
Dikit	51.1	-	-63.14
Kuvars	41.5	-	22-31
Muskovit	3.5	-	4.7-5.2
Anorit	2.1	-	-
Mikroklin	-	-	9.2-9.8
Kaolinil	-	-	-54.43
Bakiye	1.8	-	-

## 1.2 Feldspat grubu hammaddeler

Yeryüzünü oluşturan minerallerden en önemlilerinden biri olan feldspatlar, bir mineral grubunun genel adıdır. Feldspatlar, SiO<sub>4</sub> dört köşeli iskeletlerindeki 4 oksijenin paylaşılması ile oluşmuş üç boyutlu kafes yapısı gösteren silikatlardır. % 60 oranındaki dağılım frekansı ile magmatik kayaçların içinde en fazla rastlanan mineral grubunu oluşturmaktadır. Bu minerallerde silisin dörtte biri veya yarısı yerine alüminyum gelmiş olup,

elektriksel denge; sodyum, potasyum veya Feldspat hammaddesi için her sektörde farklı kalsiyumun ilavesi ile sağlanmıştır (Sarız ve hammadde özellikleri İşlenmektedir. Aranan hu özellikler Çizelge 4'de detaylı olarak verilmiştir (DPT, 2001).

Çizelge 4 Türkiye feldspat üretim standartları (DPT, 2001)

	Nefelinli siyenit	Massel ik stan-albit	Cam ve frit	Ekstra flote albit	Massel ik K-feldspat	Emaye potasyum-2	Sırlık potasyum-1	Pegmatit massei ik
SiO <sub>2</sub>	60-70	68-69	68-69	68-69	63-64	64-65	63-64	68-70
AhO <sub>2</sub>	16.50	18-20	18-20	19-20	18-20	18-20	20-21	15-16
FezO <sub>2</sub>	2.00	0.20	max 0.10	max 0.05	max 0.40	max 0.4	max 0.3	max 0.8
TiO <sub>2</sub>	0.30	0.20	max 0.15	max 0.12	max 0.30	max 0.3	max 0.10	max 0.50
CaO	0.70	0.2-0.24	0.2-0.4	0.5-1.0	1-1.5	1-1.5	1-1.5	0.7-0.8
MfiO	0.50	0.3-0.4	0.3-0.5	0.3-0.4	0.5-0.6	0.6-0.8	0.5-0.7	0.5-1.0
Na <sub>2</sub> O	5-6	min 8-8.5	min 9.0	min 9.5	3-4	2-3	2.5-3.5	3-3.5
K <sub>2</sub> O	6-6.5	max 0.3-0.4	0.3-0.4	max 0.2	7-7.5	min 0.8	max 8.5	2-2.5
A.Z.	0.20	0.2-0.3	0.2-0.3	0.2-0.3	0.2-0.3	0.2-0.3	0.2-0.3	0.2-0.3
Parça boyutu	Tüvenan	Tüvenan/-5 cm	-1 mm	-74p/-63u	Tüvenan/-10 cm	-64u/-63u	-74u/-63u	Tüvenan
Pişme testi	Krem/Pembe	Krem	Beyaz	Beyaz	Beyaz	Krem/Pembe	Beyaz	Pembe

### 1.3 Kaolen grubu hammaddeler

Kaolen, kil mineralleri içinde yer alan bir alüminyum hidrosilikat kil grubudur. Kaolen grubunun en önemli mineralleri; kaolenit, nakrit, dikit ve hallosittir. Bu minerallerin hepsinin kimyasal kompozisyonu aynı olup, kristal yapıları birbirlerine çok benzemektedir (Kurt, 1998).

Kaolenin pek çok endüstriyel uygulamaları olmasına rağmen halen yeni kullanım alanları keşfedilmektedir. Geniş pH aralığında kimyasal olarak inert olan tek endüstriyel mineraldir. Rengi beyazdır, yumuşaktır, düşük ısı ve elektrik iletkenliğine sahiptir (Malayoğlu ve Akar, 1995; Arık ve Kadir, 2000). Kaolen hammaddesini oluşturan en önemli mineral Kaolenit (Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>(OH)<sub>4</sub>) olup alüminyum hidrosilikat bileşimli bir kil mineralidir. İdeal kaolen bileşimi İse Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O'dir. Kaolen terimi alünda çeşitli genetik modellerle oluşmuş kaolen türleri ve kaolenlik killer yer almaktadır. Oluşum itibariyle, feldspat içeren granitik veya volkanik kayaların feldspatlarının altere olarak kaolenit mineraline dönüşmesi sonucu kaolen ler oluşmaktadır. Ana kayaç içindeki alkali ve toprak alkali iyonların, çözünür tuzlar şeklinde ortamdan uzaklaşması sonucu Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikli sulu silikatça zenginleşen kayaç kaoleniti oluşturmaktadır (Seyhan, 1972; Klein ve Hurlbut, 1993; Önem, 1997; Temur, 1998).

Ülkemizde kaolen, birçok alanda hammadde olarak kullanılmaktadır. Üretilen kaolende kullanıcıların istediği ve üretici firmaların da umması gereken bazı standartlar mevcuttur. Bu standartların başında üretilen ve satışa sunulan kaolenin kimyasal

ve fiziksel özellikleri gelmektedir (Çizelge 5) (Ece ve ark, 1999).

### 1.4 Kuvars hammaddeleri

Kuvars SiO<sub>2</sub> bileşiminde sertliği 7, özgül ağırlığı 2.85 gr/cm<sup>3</sup>, ergime sıcaklığı 1785 °C olan, yerkabuğunda en yaygın minerallerden biridir. Saydam veya mat, renksiz veya beyaz, kırmızı, pembe, mavi, mor gibi çeşitli renklerde oluşabilmektedir. Seramik Sanayiinde kullanılan öğütülmüş kuvarsta istenilen kimyasal Özellikler; SiO<sub>2</sub> % 97-98, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> % 0.25-0.5, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> max % 0.25, CaO % 0.5-1.0, MgO % 0.5-1.0'dir. Porselen sanayiinde ise, minimum % 97 SiO<sub>2</sub> ve maksimum % 0.2 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kalitesinde kuvars kullanılmaktadır (Önem, 1997; DPT, 2001).

Söğüt Madencilik A.Ş., Söğüt Seramik A.Ş.'ye hammadde temin eden ve yurtdışına ihracat kalitesinde kaolen üretilen satan, Söğüt Seramik bünyesinde bir madencilik firmasıdır. 1991 yılında kurulan Söğüt Madencilik A.Ş., geniş kil, feldspat, kaolen sahalarına sahiptir. Seramik hammadde üretimi, ithalat ve ihracatı yapmakta olan firma, Türkiye'nin en büyük kaolen sahalarına sahiptir. Her türlü seramik malzemesi için hammadde ve sırlık kaolen üretimleri ile diğer sektörlerle de hitap edecek yapıya ulaşmıştır. Genelde Söğüt ve Balıkesir bölgesinde yoğunlaşan maden sahalarından Balıkesir bölgesinde kaolen; Söğüt bölgesinde ise kil ve feldspat; Aydın ve Simav bölgesinde de şirketin feldspat sahaları bulunmaktadır.

Çizelge 5. Türkiye kaolen ürün standardı (Ece ve ark., 1999)

	Fayans	Elektro	Porselen	Frit Kaolen	Kağıt		Çimento	
					Dolgu	Kanlama	1	2
SiO <sub>2</sub>	55-80	55-60	58-65	58-78	44-46	25-60	78-80	57-60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13-25	28-30	24-32	15-28	30-35	30-35	13-28	26-28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	max 1.0	max 0.6	max 0.6	max 0.3	max 0.4	max 0.4	max 0.4	max 0.4
TiO <sub>2</sub>	max 0.5	max 0.5	max 0.5		max 0.4	max 0.4	max 0.5	max 0.5
CaO	max 1.0						max 1	max 1
MgO	max 1.0						max 1	max 1
Na <sub>2</sub> O	max 1.0	max 0.10	max 0.2			max 1.0	max 1	max 1
K <sub>2</sub> O	max 1.0	max 0.10	max 0.2		max 2	max 1.0	max 1	max 1
SO <sub>3</sub>	max 0.5	max 0.30	max 0.1	max 0.2	1-5.0	1-5.0	max 1	max 1
A.Z.	5-10	7-9	8-12	5-12	10-14	10-14	5-7	9-11
Beyazlık		min %85	min %89		min %80	min %85		
Tane boyu 2-5 u					min%30-35	min%80 10 M		
Serbest silis					max %8	max 0.4	A.Z.	A.Z.
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>							max 90 Ppm	max 80 ppm
Aşındırma					max 30 mg	max 5mg		
Cins	Ham kaolen	Ham ve tesis	Ham ve tesis	Ham ve tesis	Tesis	Tesis	Ham	Ham

Yapılan çalışma kapsamında, Söğüt Madencilik A.Ş. tarafından, Söğüt Seramik Sanayi A.Ş.'ye hammadde sağlayan; Düvertepe-Bağkırın kaolen, Çiğdemlik kil ve Tozman feldispat sahaları incelenmiş; hammaddelere ait özellikler XRF, XRD ve TG-DTA analizleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Düvertepe-Bağkırın kaolen sahası ve Çiğdemlik kil sahasından alınan örnekler üzerinde XRF, XRD ve TG-DTA analizleri, Tozman feldispat sahasından alınan örnekler üzerinde ise XRF analizleri yapılmıştır. Kaolen örnekleri için ayrıca beyazlık analizleri yapılmıştır. Ayrıca, belirlenen özellikler ile hammaddeler için uygulanan standartlar karşılaştırılarak hammaddelerin kalitesi belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2 MATERYAL VE METOT

### 2.1 Materyal

İncelenen Bağkırın kaolen sahası Balıkesir İli, Sındırgı ilçesi, Düvertepe sınırları içerisinde bulunmakta olup saha; 162.000 ton görünür, 987.048 ton muhtemel rezerve sahiptir. Tozman feldispat sahası Bilecik İli, İnhisar İlçesi sınırları içerisinde bulunmakta olup toplam rezervi 200.000 ton'dur. Yapılacak ayrıntılı çalışmalarla bu rezervin aratacağı düşünülmektedir (Arıtan, 2004). Çiğdemlik kil sahası Bilecik İli, Söğüt İlçesi, Yakacık Köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Sahada fayans kili, yer karosu kili, döküm kili bulunmakta ve düzenli bir üretim yöntemi uygulanmadığı için üretim esnasında problemler

çıkılmaktadır. Yapılan rezerv belirleme çalışmaları ile kil sahasının kil rezervi; fayans kili için 58.260 ton, yer karosu kili için 82.460 ton ve kumlu kil 47.500 ton olarak belirlenmiştir (DPT, 2001).

### 2.2 Metot

Düvertepe-Bağkırın kaolen, Tozman feldispat ve Çiğdemlik kil sahaslarından alınan ocak özelliklerini yansıtır nitelikteki örnekler XRF, XRD, ve TG-DTA analizlerine tabi tutulmuştur. Kaolen örnekleri için ayrıca beyazlık analizleri yapılmıştır. Örneklerin kimyasal analizleri Siemens SRS 3000 X-Ray Floresans cihazı ile, mineralojik analizleri Shimadzu XRD-6000 cihazı ile, termal analiz LINSEIS 81 marka DTA-TG analiz cihazı ile ve beyazlık analizi Canadian Research Instilü model CG-186 reflektometresinde yeşil Filtre kullanılarak yapılmıştır (Arıtan, 2004).

## 3 BULGULAR

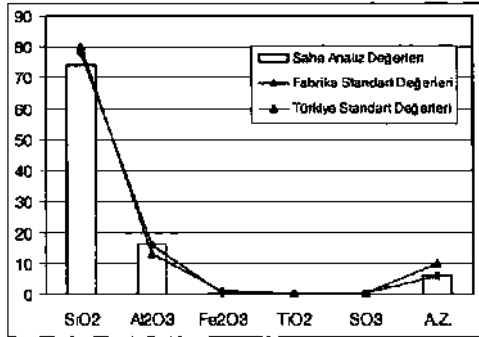
### 3.1 Bağkırın-Düvertepe kaolen sahası

Kaolen sahasından üretim yapılan aynalardan farklı noktalardan ocağı karakterize edecek örnekler alınmış ve bu numuneler üzerinde üretilen kaolenin kalitesinin belirlenmesi amacı ile XRF, XRD ve TG-DTA analizleri gerçekleştirilmiştir. Bağkırın-Düvertepe kaolen sahasından alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen kimyasal analizlere ait sonuçlar Çizelge 6'da verilmiştir.

Cizelge 6. Bağkiran-Düvertepe kaolenlerine ait kimyasal analiz sonuçları

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	A.Z.
71.87±8.08	19.98±5.13	0.49±0.22	0.28±0.14	0.17±0.13	0.19±0.02	0.12±0.10	0.13±0.01	0.09±0.04	7.17±1.85

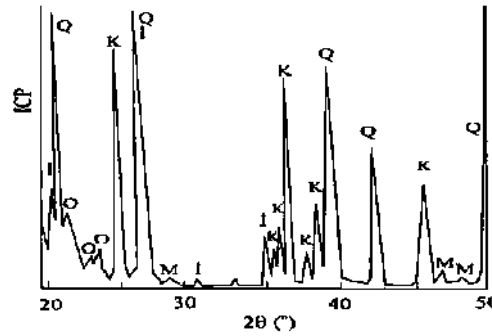
Çizelge 6'dan da görüldüğü gibi, kaolen bünyesinde bulunan safsızlıklar, standartlarda istenen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> değerlerinden daha düşük, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değeri ise daha yüksek miktardadır. Elde edilen sonuçlar, Bağkiran-Düvertepe kaolenlerinin seramik standartlarına ve fabrika standartlarına uygun olduğunu göstermektedir. XRF analizi sonuçları kaolenin seramik sanayinde kullanılabilir özellikte olduğunu göstermektedir (Şekil 1).



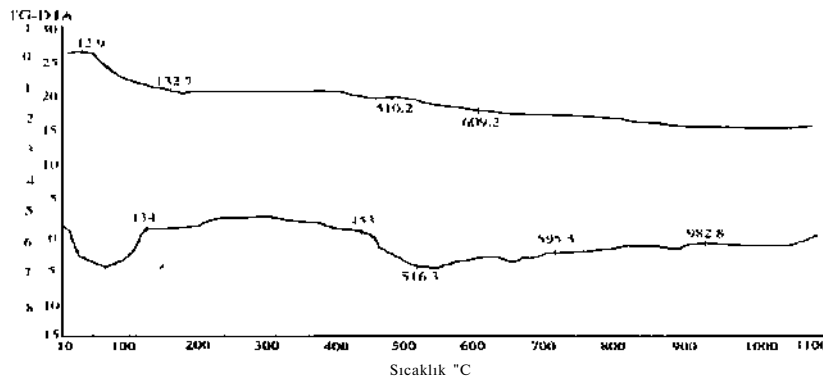
Şekil 1. Kaolen standarttan ve saha analiz sonuçları

Bağkiran-Düvertepe kaolenlerinden alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen XRD analizi sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Analiz edilen örneklerde kaolenin esas mineral olduğu, illite/simektit ortoklas ve kuvars bulunduğu görülmüştür. Elde edilen pikler, literatürde görülen kaolen desenleri ile benzeşmektedir.

Kaolen örnekleri üzerinde yapılan TG-DTA analizi neticesinde 30 °C ve 110 °C'de bir endotermik pik ve 110 °C ile 225 °C arasında da bir endotermik pik (160 °C) görülmüştür (Şekil 3). Birinci pik kaolenin bünye suyunu kaybetmesinden; ikinci pik, kaolenin XRD analizinde tespit edilen simektiten kaynaklanmaktadır. Kaolenin karakteristik endotermik piki 500-700 °C'de gözlenir. Ayrıca 695.5 °C'de smektitin neden olduğu küçük bir endotermik pik de gözlenmektedir. Kuvarsa ait endotermik pik ise kaolenin yer aldığı 500-700 °C aralığında yer alan 573 °C'de belirdiği için kaolene ait endotermik pik arasında yer almıştır. Kaolen örneğinin kafes yapısının 982.9 °C'de ekzotermik bir pik vererek çöktüğü görülmüştür.



Şekil 2. Kaolen örneklerine ait XRD analizi sonucu (K: Kaolen, M: montmorillonit, Q: kuvars, I: illit, O: ortoklas)



Şekil 3. Kaolen örneklerine ait TG-DTA eğrileri

Kaolen örnekleri için beyazlık ölçümleri yapılmış ve sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, fabrikada istenen değerlerle uyumaktadır. Fabrika standardında ~%80 beyazlık istenmektedir. Beyazlık analizi sonuçları Bağırkan kaoleninin seramik üretimi için uygun olduğunu göstermektedir.

Çizelge 7. Beyazlık ölçüm sonuçları

Örnek	Ham Beyazlık (ft)	1150°C Pişme Rengi	1150°C Pişme Durumu	Pişmiş Beyazlık %
1	86.5	Beyaz	Pişmiş	92.2
2	79.5	Beyaz	Pişmiş	85.3
3	86.5	Beyaz	Pişmiş	93.2

### 3,2 Tozman feldspat sahası

Tozman feldspat sahasında üretim yapılan aynalardan farklı noktalardan ocağı karakterize edecek örnekler alınmış ve bu numuneler üzerinde üretilen feldspatın kalitesinin belirlenmesi amacı ile XRF analizi yapılmıştır. Çizelge 8'de verilen Tozman feldspat sahasından alınan örneklerin XRF analizi sonuçlarına bakıldığında; alkali toplamı %6.5-7 olarak bulunmuştur. Bulunan değer standartlarda verilen %5-7 değer aralığı içerisinde yer almaktadır. Alkali oranı ayrıca feldspatın kalitesini de göstermektedir, istenilmeyen CaO ve TiO<sub>2</sub> değerlerine bakıldığında ise; standartlarda en fazla %0.50 olan TiO<sub>2</sub>, örnekler için en fazla %0.39 olarak elde edilmiştir. CaO'nun ise % 0.1 civarında ve yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4). Ancak bu değerler üretimde herhangi bir sorun yaratmayacağı düşünülmektedir. Kimyasal analiz sonuçları da feldspatın kullanılabilirliğini destekler niteliktedir.

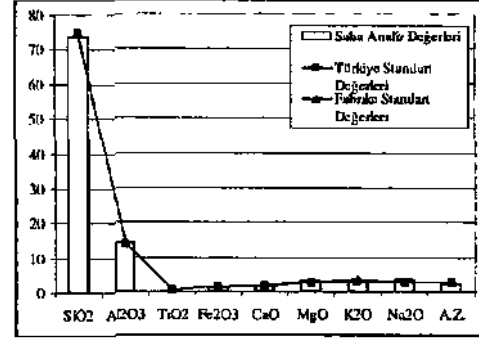
Çizelge 8. Tozman feldspatların a ait kimyasal analiz sonuçları (%)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	A.Z.
71.72±0.62	13.97±0.55	0.29±0.11	1.23±0.11	1.66±0.08	3.51±0.29	3.38±0.47	3.32±0.13	-	2.42±0.19

Çizelge 9. Çiğdemlik killere ait kimyasal analiz sonuçları (%)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	A.Z.
63.63±2.32	18.02±5.07	0.65±0.13	6.09±5.06	0.75±0.18	2.02±0.67	1.32±1.02	0.72±0.26	6.96±0.57

Çiğdemlik kil sahasının mineralojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan XRD analizleri sonucunda hem yer karosu ve hem de fayans üretiminde kullanılan kilin XRD sonuçlarının aynı



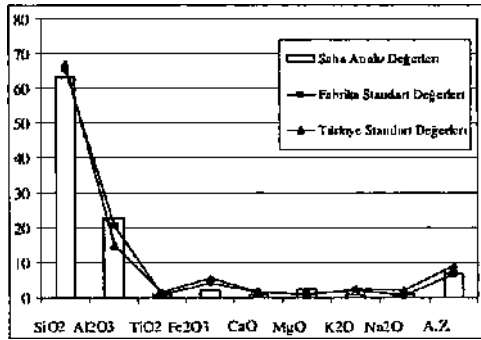
Şekil 4. Feldspat standartları ve saha analizi sonuçları

### 3.3 Çiğdemlik kil sahası

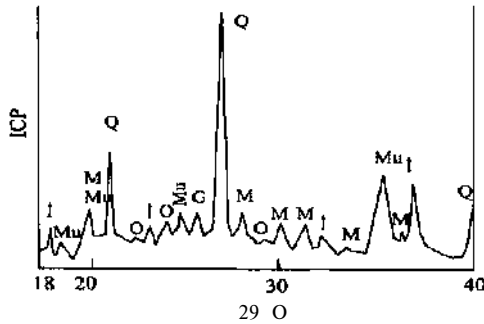
Çiğdemlik kil sahasından üretim yapılan aynalardan farklı noktalardan ocağı karakterize edecek örnekler alınmış ve bu numuneler üzerinde üretilen kaolenin kalitesinin belirlenmesi amacı ile XRF, XRD ve TG-DTA analizleri gerçekleştirilmiştir.

Kil sahasından alınan örnekler üzerinde yapılan kimyasal analizler sonucunda (Çizelge 9) standartlarda kil içerisinde istenmeyen, Fe<sup>2+</sup> ve CaO miktarlarının maksimum sınırların altında olduğu açıkça görülmektedir. Çiğdemlik kilinin kimyasal analiz sonuçlarının Söğüt Bölgesi için tespit edilmiş standartlar ve fabrikanın kendi standartları ile birlikte değerlendirilmesi sonucunda kilin seramik üretimi için uygun olduğu görülmektedir (Şekil 5). Çiğdemlik kil sahası kil rezervinin göz ardı edilecek kadar az olmadığı düşünüldüğünde, Söğüt Seramik A.Ş. için seramik üretiminde kullanılmasının herhangi bir problem oluşturmayacağı ve iyi bir hammadde olduğu düşünülmektedir.

olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6'da verilen piklerden de görüldüğü gibi, kil içerisinde kuvars ve illitin yanı sıra ortoklas mineralinin varlığı açık olarak gözlenmiştir.



Şekil 5. Kil standartları ve saha analiz sonuçları



Şekil 6. Çiğdemlik kilinin XRD analizi sonucu (M: moumoullonit, Q: kuvars, İ: illit, O: ortoklas, Mu: rauskovit, G: Götit)

Çiğdemlik kil sahasında bulunan fayans yer karosu üretiminde kullanılan kil örnekleri üzerinde yapılan TG-DTA analizi sonuçları Şekil 7 ve 8'de verilmiştir. Şekil 7'de verilen TG-DTA analizi sonucunda yer karosu kilinin 544 °C'de kristal suyunu kaybetmesi nedeni ile endotermik bir pik, 639 °C'de ise ekzotermik bir pik verdiği görülmektedir. Fayans kilinde 587 °C'de kristal suyun kaybedilmesi ile endotermik bir pik, 623.5 °C'de ise ekzotermik bir pik görülmektedir (Şekil 8). Bu pikler literatürde verilen seramik killeri pikleri ile örtüşmektedir.

#### 4 SONUÇLAR

Bağkiran kaolen ocağından alınan örnekler üzerinde yapılan XRF, XRD, DTA-TG ve beyazlık ölçümü analizleri sonucunda; kaolenin fabrika standartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir. Bağkiran kaolen ocağında kurulacak yıkama tesisi ile kaolen

kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olacaktır. Ocakta sondajlarla kaolen kalitesinin tespit edilmesi ve buna göre üretim yapılması sahada mevcut bulunan kaliteli kaolenlerin; örneğin kağıt kaoleninin, diğer kalite kaolenlere karıştırılmadan üretimini mümkün kılacaktır. Tozmen Feldspat sahasından alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre feldspat kalitesinin fabrika standartlarına uygun olduğu ve seramik üretimi için kullanılabilir özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

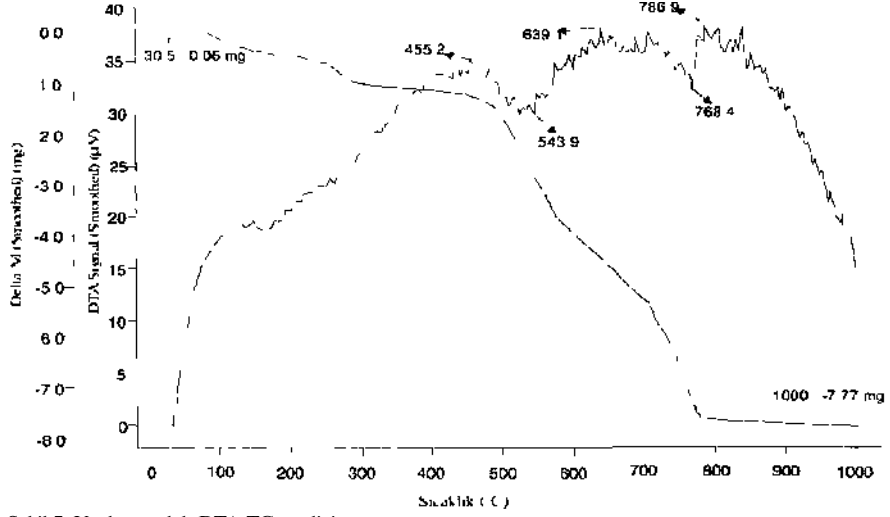
Çiğdemlik kil sahasından alınan kil örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları ile uygulamada olan standartlar karşılaştırıldığında; Çiğdemlik Kili'nin, Söğüt Bölgesi için tespit edilmiş standartlara ve fabrikanın kendi standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir. Söğüt Seramik A.Ş.'nin kullanmakla olduğu bu killerin rezervinin oldukça fazla olması nedeniyle seçimli olarak üretimine devam edilmeli ve üretim planlamasında yapılacak acil düzenlemelerle kaliteli fayans, yer karosu ve kumlu kil rezervi kayıpsız olarak kazanı I malıdır. Ayrıca, her üç sahada yapılacak detaylı rezerv aramaları ve yeterli sayıda araştırma sondajları ile ürün üretim planlamaları yapılarak hammaddelerin gereksiz sarfiyatı önlenmelidir.

#### 5 KAYNAKLAR

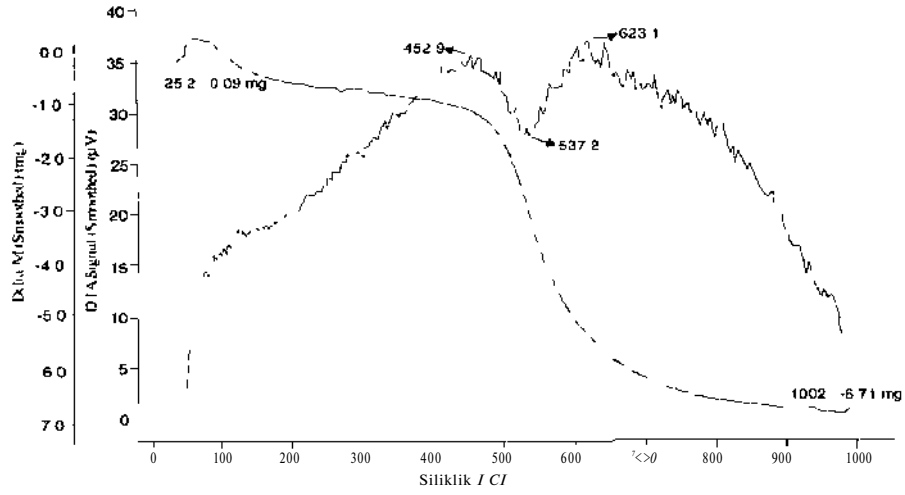
- Ank. H. ve Kadir, S., 2000; Balıkesir-Düvrcüce Kaoleninin Sıcaklığa Bağlı Faz Dönüşümleri ve Refrakterlik Özelliğinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi Fen Bil. Ensi. Dergisi, Cilt:13. Sayı 4. s. 1081-1093.
- Antan, A. E., 2004; Söğüt Seramik Sanayi A.Ş. Hammadde Ocaklarında Üretim Yöntemi ve Ürün Kalite Standardını Belirlemeye Yönelik Çalışmalar, Ç.Ü, Fen Bil. En-t. Y. Lisans Tezi, s. 83, Adana.
- DPT, 2001; Seramik Killeri-Kaolen-Feldspat-Pirofillit-Wollastonit-Talk Çalışma Grubu Raporu. DPT 2611, ÖİK622.
- Ece, İ., Girgin, Ş. ve Özpeker, İ., 1999; İllit içeren Ticari Killeri, Türkiye Endüstriyel Mineraller Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği Yayını, s. 73-76.
- Evans, A., M., 1993; Ore Geology and Industrial Minerals, Thud Edition, Blackwell Sei. Pub., p. 389, London.
- Klein, C. Hurlburt. C. S., 1993; Manual of Mineralogy (B. Harmon Ed.) 21st Edition, John Wiley and Sons Inc., p. 681.
- Kurt, H., 1998; Maden Mühendisleri İçin Mineraloji ve Petrografi, Selçuk Üniversitesi Yayını. ISBN 975-96685-0-5, Aksis Grafik, s. 184. Konya.
- Malayoğlu, İ., Akar, A., 1995; Killerin Sınıflandırılmasında ve Kullanım Alanlarının Saptanmasında Aranan Kriterlerin İrdelenmesi, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, s. 125-133. İzmir.
- Önem, Y., 1997; Sanayi Madenleri, s. 368, Ankara.

Özpeker, I., 1999; Feldspat Envanteri, Türkiye Endüstriyel Mineraller Envanteri. İstanbul Maden İhracatçıları Birliği Yayını, s. 50.  
Sanız, K ve Nuhoglu, K., 1992; Feldspat, Endüstriyel Hammaddeler Yatakları ve Madenciligi, Anadolu Üniversitesi Yayın No.636, s. 124-132, Eskişehir  
Seyhan, T., 1972; Kaolin, Bentonit, Kil ve Tuğla-Kiremit Toprakları Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Eğitim Serisi Yayınları, No 13, s. 24-26, Ankara

Tanişan, H. H. ve Mete, Z., 1988; Seramik Teknolojisi ve Uygulaması, s. 12-25, Soğut.  
Temur, S., 1998, Endüstriyel Hammaddeler. 352 s., Konya.  
Uz, B., 1990; Mineraller, (Krisallografi-Mineraloji), Kuruş Matbaası. İstanbul Teknik Üniversitesi, 436 s., İstanbul-



Şekil 7. Yer karosu kılı DTA-TG analizi sonucu



Şekil 8. Fayans kili DTA-TG analizi sonucu