



T.C.
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü



JEM 361

ÖZEL MİNERALOJİ

Dr. Öğr. Üyesi Kıymet DENİZ

6. Hafta

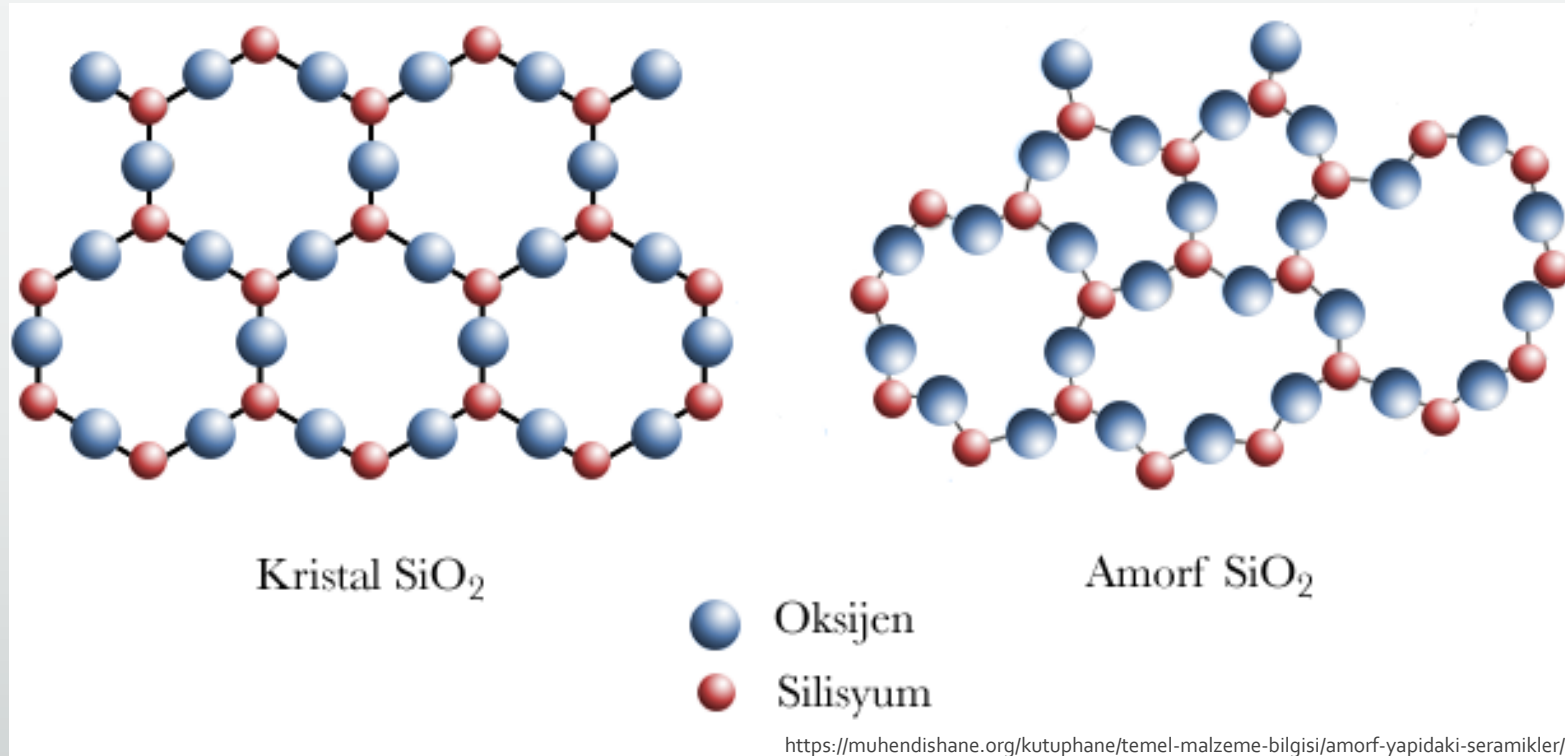
2020-2021 Güz Dönemi

Bu ders notlarının hazırlanmasında Mefail Yenyol'un sunumlarından, Mineraloji kitabından yararlanılmıştır.

Cam, Seramik ve Çimento Sanayisinde Kullanılan Mineraller

Cam Sanayisinde Kullanılan Mineraller

- ❖ *Kristallenme olmaksızın rijit koşullara soğutulmuş inorganik ergime ürününe **CAM** denilmektedir (ASTM 1945).*
- ❖ *Ergimiş durumdan katı hale kristalizasyon olmaksızın soğuyabilen, termodinamik olarak kararsız, yüksek viskoziteli, kırılğan ve amorf yapılı malzemeler **CAM** olarak tanımlanmaktadır (Akkaya 2019).*



Camın Kullanım Alanları



- **Optik Özellikler** ($\%T$, n_D)
Mikroskop, Teleskop, Gözlük,
Fotoğraf Makinesi Lensi
- **Mekanik Özellikler (Mukavemet)**
Kurşun Geçirmez Camlar, Cam
Kapılar, Oto Camlar
- **Isıl Şok Dayanımı (α)**
Fırın Kapları, Isıya Dayanıklı Kaplar
- **Kimyasal Dayanıklılık**
Laboratuvar Gereçleri, Gıda Kapları,
Şişe ve Kavanozlar,
Cam Elyaf
- **Elektrik Özellikleri**
Ampul Mühürleri, Radar Valfleri



<https://urun.n11.com/dusakabinler/dusakabin-yedek-parca-cami-5mm-temperli-sabit-cam-P262134115>



<https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/gida-ve-rupada-cam-ambalaj-uretimi-yuzde-2-9-buyudu/639091>

Cam Sanayisinde Kullanılan Mineraller

Kuars ve polimorfları

Feldispat grubu mineraller

Feldispatoyid grubu mineraller

Karbonat mineralleri

Bor mineralleri

Bazı kil, sülfat, halit, nitrat, oksit mineralleri

Fiziksel Özellikleri:

S. 7

Ö.A. 2.65

R. Genellikle **renksiz / beyaz**
safsızlıklar nedeniyle her hangi bir
renkte

Kristal Sistemi: Tetragonal, kübik

Dilinimi yok.

Konkoidal kırılma yüzeyli

Cam *cilalı*, bazı türleri ve kırılma yüzeyi
yağ cilalı

Saydam / bulanık

Kuvvetli **piezoelektriklik** ve
piroelektriklik özellikte

Tanınması:

Cam cilası, diliniminin olmaması,
konkoidal kırık yüzeyi ve kristal formu



KUVARS

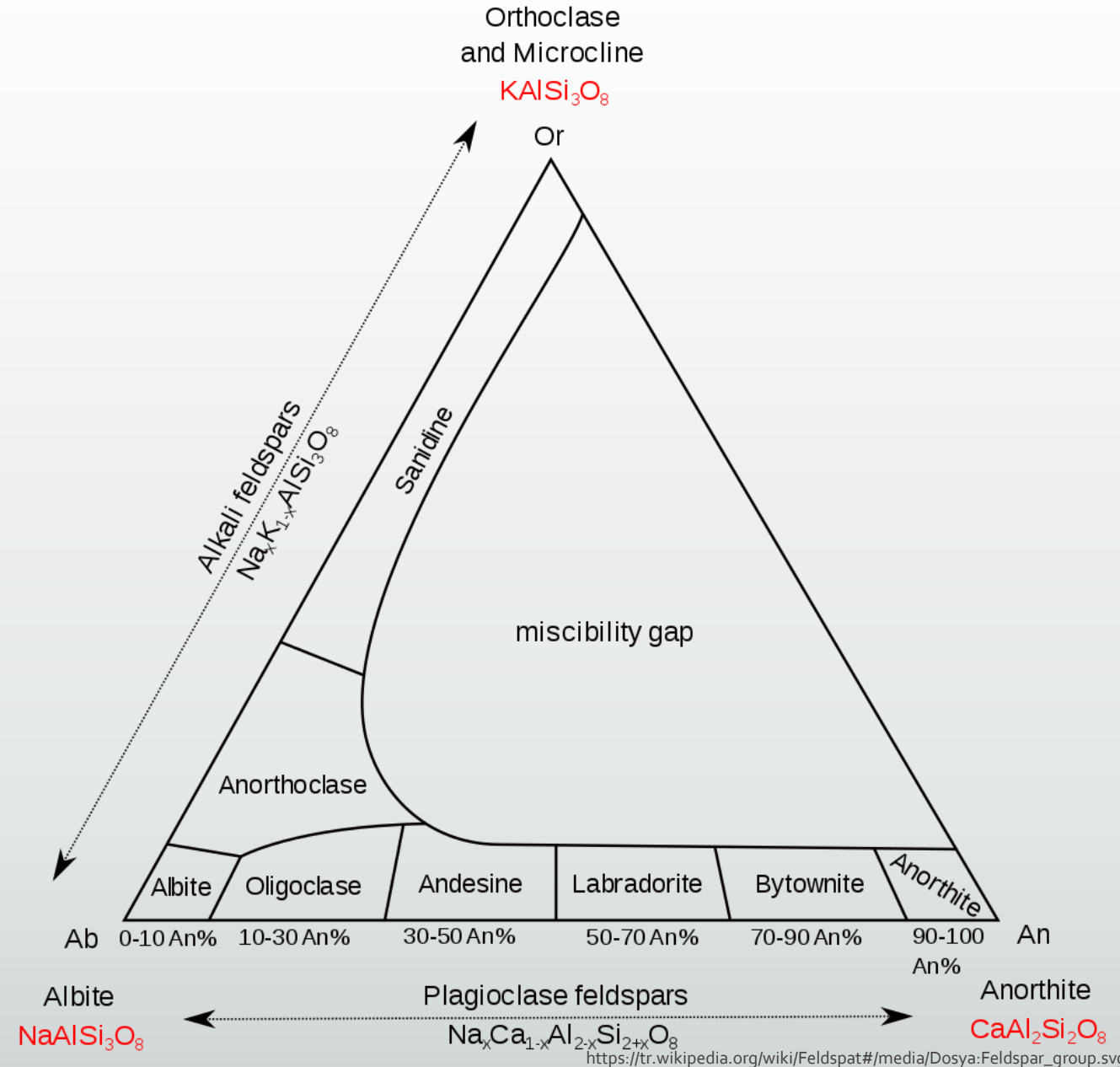
Kuvarsın polimorfları			
Adı	Simetrisi	Özgül ağırlığı	Kırılma indisi
Stişovit	Tetragonal	4.35	1.81
Koesit	Monoklinal	3.01	1.59
Düşük (α) kuvars	Trigonal	2.65	1.55
Yüksek (β) kuvars	Heksagonal	2.53	1.54
Keatit (Sentetik)	Tetragonal	2.50	1.52
Düşük (α) tridimit	Monoklinal / rombusal	2.26	1.47
Yüksek (β) tridimit	Heksagonal	2.22	1.47
Düşük (α) kristobalit	Tetragonal	2.32	1.48
Yüksek (β) kristobalit	Küb	2.20	1.48

FELDİSPAT MİNERALLERİ

Çarpmaya, bükülmeye ve ani ısı değişimlerine dayanıklı karşı dayanıklı camların üretiminde feldispat kullanılır. Akışkanlığı ve termal duraylılığı artırmak için bir miktar feldispat kullanılmaktadır (Temur, 1995).

Feldispat ve feldispatoyid minerallerinin bünyelerinde bulunan Na_2O ve K_2O cam yapıcı oksit moleküllerindeki bağları parçalayıp zayıflattıkları için cemin ergime sıcaklığını düşürürler.

Na_2O ergime sıcaklığını ve viskoziteyi düşürür. Camın termal şok dayanımını ve suya karşı dayanıklılığını azaltır.



FELDİSPATOYİD MİNERALLERİ

- ❖ Kimyasal bakımdan iskelet yapıları
- ❖ feldspatlara benzeyen **susuz silikatlardır**
- ❖ **Na ve K -zengin, SiO₂ -fakir** magma ergiyiklerinden meydana gelirler
- ❖ Feldspatların **2/3** 'ü kadar **Si** içerirler
- ❖ Bazılarında tetraederler 4 ve 6 'lı bağlantılıdır.
- ❖ biraz daha büyük yapısal boşluklar gösterirler
- ❖ Yapıdaki açıklıkların artması ile minerallerin **Ö.A.** azalır
(**Ö.A. 2.15–2.5**)

MİNERAL	FORMÜL	KRİSTAL F.	SERTLİK	Ö.A	ÖZELLİKLER
LÖSİT	KAISi ₂ O ₆ (605°C)	TETRA-KÜBİK	5,5--6	2,5	Seramik endüstrisinde kullanılabilir
NEFELİN	(Na,K)AISiO ₄	HEKZAGONAL	5,5--6	2,6	Seramik endüstrisinde kullanılabilir
SODALİT	Na ₈ (AISiO ₄) ₆ Cl ₂	KÜBİK	5,5--7	2,2	Süs taşı olarak kullanılır
LAZURİT	(Na,Ca) ₈ (AISiO ₄) ₆ (SO ₄ ,S,Cl) ₂	KÜBİK	5--5,5	2,4	Süs taşı olarak kullanılır
PETALİT	Li(AISi ₄ O ₁₀)	MONOKLİNAL	6--6,5	2,4	Önemli lityum cevheridir.

SPODÜMEN

MİNERAL	FORMÜL	KRİSTAL F.	SERTLİK	Ö.A	TÜR	ÖZELLİKLER
SPODÜMEN	LiAlSi ₂ O ₆	MONOKLİNAL	6,5--7	3	Sodyumlu Piroksenler	Mücevher taşı ve lityum kaynağı olarak kullanılır.

Bulunması:

Hemen hemen daima **Li - pegmatitlerde** Göreceli olarak seyrek bir mineral olmasına karşın ara sıra çok büyük kristaller halinde de bulunabilir.

Kullanım:

Mücevher taşı ve **Li** kaynağı olarak kullanılır. Gres yağlarında, seramiklerde, Li pillerinde ve kaynaklarda eritken olarak kullanılır.

Lityum oksidin erimeyi hızlandırıcı etkisi tartışmalıdır. Az miktarda LiO ilavesi ile camın genleşme katsayısı ve viskozitesi gibi birçok özelliği büyük oranda değişebilmektedir.

KARBONAT MİNERALLERİ

MİNERAL	FORMÜL	KRİSTAL F.	SERTLİK	Ö.A	TÜR	ÖZELLİKLER
KALSİT	CaCO ₃	TRİGONAL	3,	2,7	KALSİT GRUBU	Çimento ve kireç yapımında kullanılır
DOLOMİT	CaMg(CO ₃) ₂	TRİGONAL	3,5--4	2,9	DOLOMİT G.	inşaat malzemelerinde kullanılır.
SODA(NATRON)	Na ₂ CO ₃ --10H ₂ O	MONOKLİNAL	1--1,5	2	SULU KARBONAT	

Cam üretiminde karbonat mineralleri ağ yapı düzenleyici olarak bilinirler (Akkaya 2019).

Düşük sıcaklıklarda viskoziteyi önemli ölçüde arttırıp, yüksek sıcaklıklarda düşürürler.

CaO ve MgO camın suya karşı dayanıklılığını arttırır, mekanik özelliklerini iyileştirir.

Fakat yüksek oranda kullanımı camın devitrifikasyonuna sebep olmaktadır (Akkaya 2019).

BOR MİNERALLERİ

MİNERAL	FORMÜL	KRİSTAL F.	SERTLİK	Ö.A	ÖZELLİKLER
BORAKS	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	MONOKLİNAL	2-2,5	1,7	En yaygın kullanımı ızalasyon, tekstil ve cam yünü yapımı.
KOLEMANİT	Ca ₃ B ₃ O ₄ (OH) ₃ ·H ₂ O	MONOKLİNAL	4-4,5	2,4	Bir bor kaynağıdır.
ULEKSİT	NaCaB ₅ O ₉ ·8H ₂ O	TRİKLİNAL	2,5	2	Bir bor kaynağıdır.
PANDERMİT (PRİSEİT)	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ ·7H ₂ O	TRİKLİNAL	3-3,5	2,4	Bir bor kaynağıdır.
KERNİT	Na ₂ B ₄ O ₇ ·4H ₂ O				
PROBERHİT	NaCaB ₅ O ₉ ·5H ₂ O				
TİNKALKONİT	Na ₂ B ₄ O ₇ ·5H ₂ O				
İNYOİT	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ ·13H ₂ O				
MEYERHOFFERİT	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ ·7H ₂ O				
HOVLİT	Ca ₄ Si ₂ B ₁₀ O ₂₃ ·5H ₂ O				
HİDROBORASİT	CaMgB ₆ O ₁₁ ·6H ₂ O				
İNDEBBORİT	CaMgB ₆ O ₁₁ ·11H ₂ O				

Cam üretiminde bor mineralleri cam (ağ) yapıcılar olarak bilinirler (Akkaya 2019). Camlaştırıcı etkisi yüksektir.

Düşük sıcaklık viskozitesini artırır. Yumuşama noktasından ergime bölgesine kadarki bölgede de viskoziteyi önemli ölçüde düşürür. Dolayısıyla camın ergime sıcaklığını düşürücü etkiye sahiptir.

Camın termal şoklara karşı dayanıklılığını artırır.

SÜLFAT MİNERALLERİ

MİNERAL	FORMÜL	KRİSTAL F.	SERTLİK	Ö.A	TÜR	ÖZELLİKLER
ANHİDRİT	CaSO ₄	ROMBUSAL	3--3,5	3	BARİT G.	Topağı ıslah etmek amacıyla kullanılır.
GLAUBERİT	Na ₂ Ca(SO ₄) ₂	MONOKLİNAL	2,5--3	2,75	BARİT G.	
TENARDİT	NaSO ₄	ROMBUSAL	2,5--3	3	BARİT G.	kağıt,deterjan,cam,tekstilde kullanılır.

Cam üretiminde sülfat mineralleri afinan (redoks) malzemesi olarak bilinirler (Akkaya 2019).

HALİT MİNERALLERİ

MİNERAL	FORMÜL	KRİSTAL F.	SERTLİK	Ö.A	ÖZELLİKLER
HALİT	NaCl	KÜBİK	2,5	2,1	Kimya endüstrisinde kullanılır. Sofra tuzu .
FLORİT	CaF ₂	KÜBİK	4	3,1	Kimya sektöründe kullanılır.

Cam üretiminde halit mineralleri özellikle NaCl afinan (redoks) malzemesi olarak bilinirler (Akkaya 2019).

Fluoritin ise erimeyi hızlandırıcı etkisi olması nedeniyle tercih edilmektedir (Akkaya 2019).

NİTRAT MİNERALLERİ

MİNERAL	FORMÜL	KRİSTAL F.	SERTLİK	Ö.A	ÖZELLİKLER
(NİTRATİN) SODANİTER	NaNO ₃	TRİGONAL	1,5-2	2,25	Uzun bir süre gübre olarak kullanılmıştır.
(GÜHERÇİLE) NİTER	KNO ₃	ROMBUSAL	2	2	Barut yapımı ve gübre olarak kullanılır.

Cam üretiminde nitrat mineralleri afinan (redoks) malzemesi olarak bilinirler (Akkaya 2019).

KİL MİNERALLERİ

Kil mineralleri grubu	
Kaolinit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
Smektit	$\text{M}^+(\text{Al}, \text{Mg})_{2-3} \text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Vermikülit	$(\text{Mg}, \text{Al})_3(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Sepiolit	$\text{Mg}_4\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Paligorskit	$(\text{Mg}, \text{Al})_5\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Talk	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
Pirofillit	$\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Cam üretiminde kil mineralleri alüminyumca zengin olmalarından dolayı tercih edilirler.

Al_2O_3 SiO_2 yerine düşük oranda kullanıldığında viskoziteyi azaltır.

Termal ve mekanik şoklar ile suyun etkilerine karşın cama dayanıklılık verir.

RENKLENDİRİCİLER

- Renklendiriciler: Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , CoO , Mn_2O_3 , Se , $\text{Fe}^{3+}/\text{S}^{2-}$

Pirolüzit

Antimon

Arsenopirit

Seramik Sanayisinde Kullanılan Mineraller



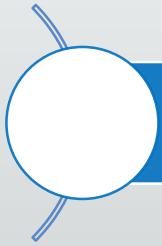
Feldispat grubu mineraller



Fedispatoyid grubu mineraller



Kil mineralleri



Zeolit grubu mineraller

Feldispat Grubu Mineraller

Feldispatlar eritken olarak sadece seramik gövdelerinde kullanılmamakta bunun yanı sıra sırlarda, camlarda ve porselen emayelerde de kullanılabilir (Kadıoğlu, 2001; Özcan, 2002; Yeşilbaş, 2002). Feldispatların %70'i genellikle cam üretiminde kullanılırken %30'u seramik ve diğer ürünlerde kullanılmaktadır (Potter, 1996). Sodyum (Na) miktarı yüksek olan feldispatlar potasyum (K) miktarı yüksek olan feldispatlara göre daha düşük viskoziteye ve sırlanma sıcaklığına sahiptirler (Ryan, 1978; Köprülü, 1997; Tayçu, 2009). Ayrıca pişirme süresince meydana gelen büzülmelelere daha yatkındırlar (Ryan, 1978). Görüldüğü üzere feldispat grubu minerallerin neredeyse hepsi cam ve seramik üretiminde farklı amaçlarla kullanılabilir.

Seramik sanayiinde kullanılacak feldispat sınıflarının istenen kimyasal bileşimleri (TS 11325).

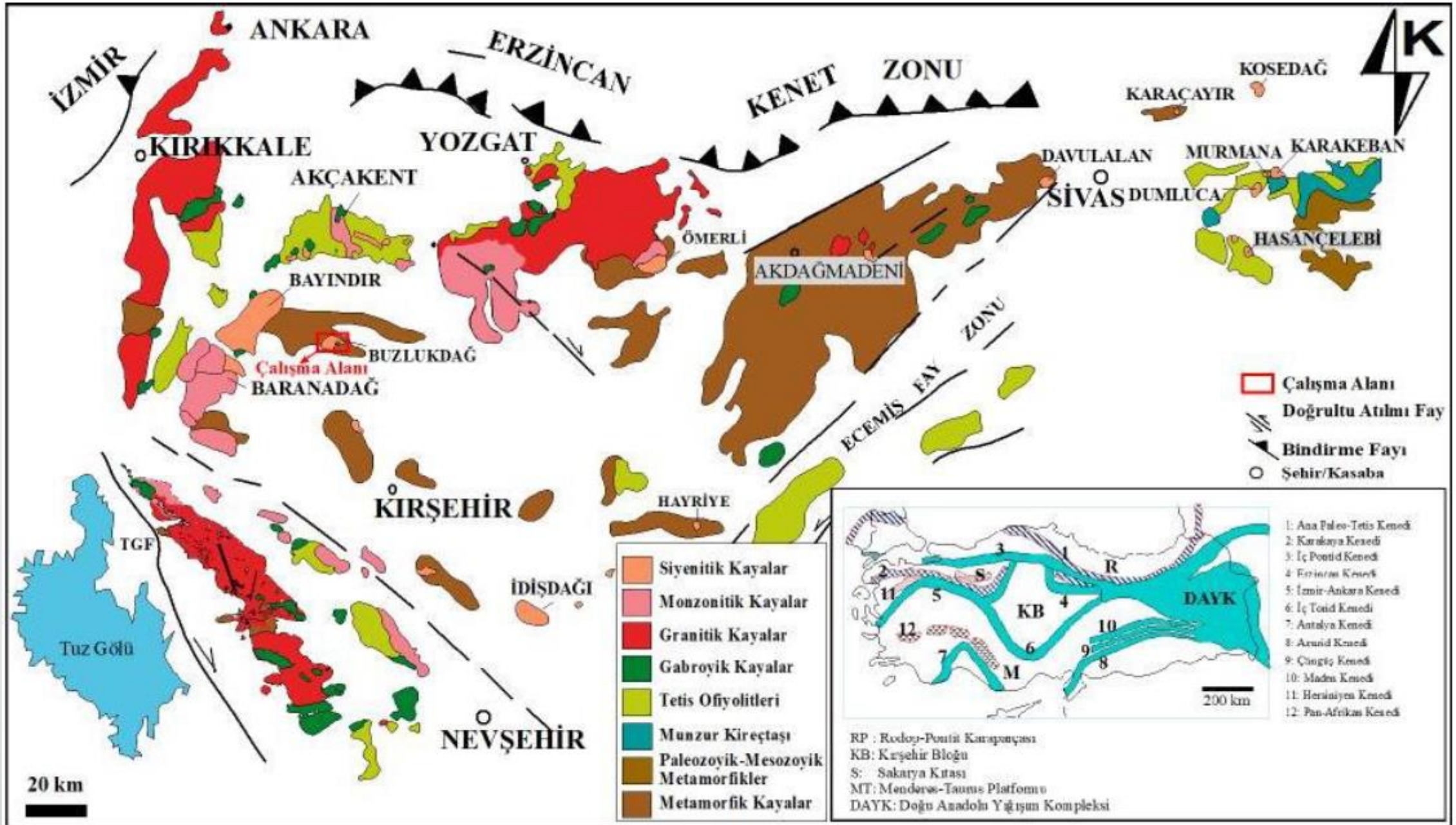
Feldispat Kimyası (%)	I.Sınıf	II.Sınıf	III.Sınıf
Na ₂ O+K ₂ O	10.0	9.00	8.00
K ₂ O	9.00	7.00	-
Na ₂ O	3.00	3.50	-
Fe ₂ O ₃	0.10	0.20	0.50
TiO ₂	0.15	0.30	0.40
CaO+MgO	1.00	1.20	1.60
TiO ₂ +CaO+MgO	1.15	1.50	2.00

Feldispatoyid Grubu Mineraller

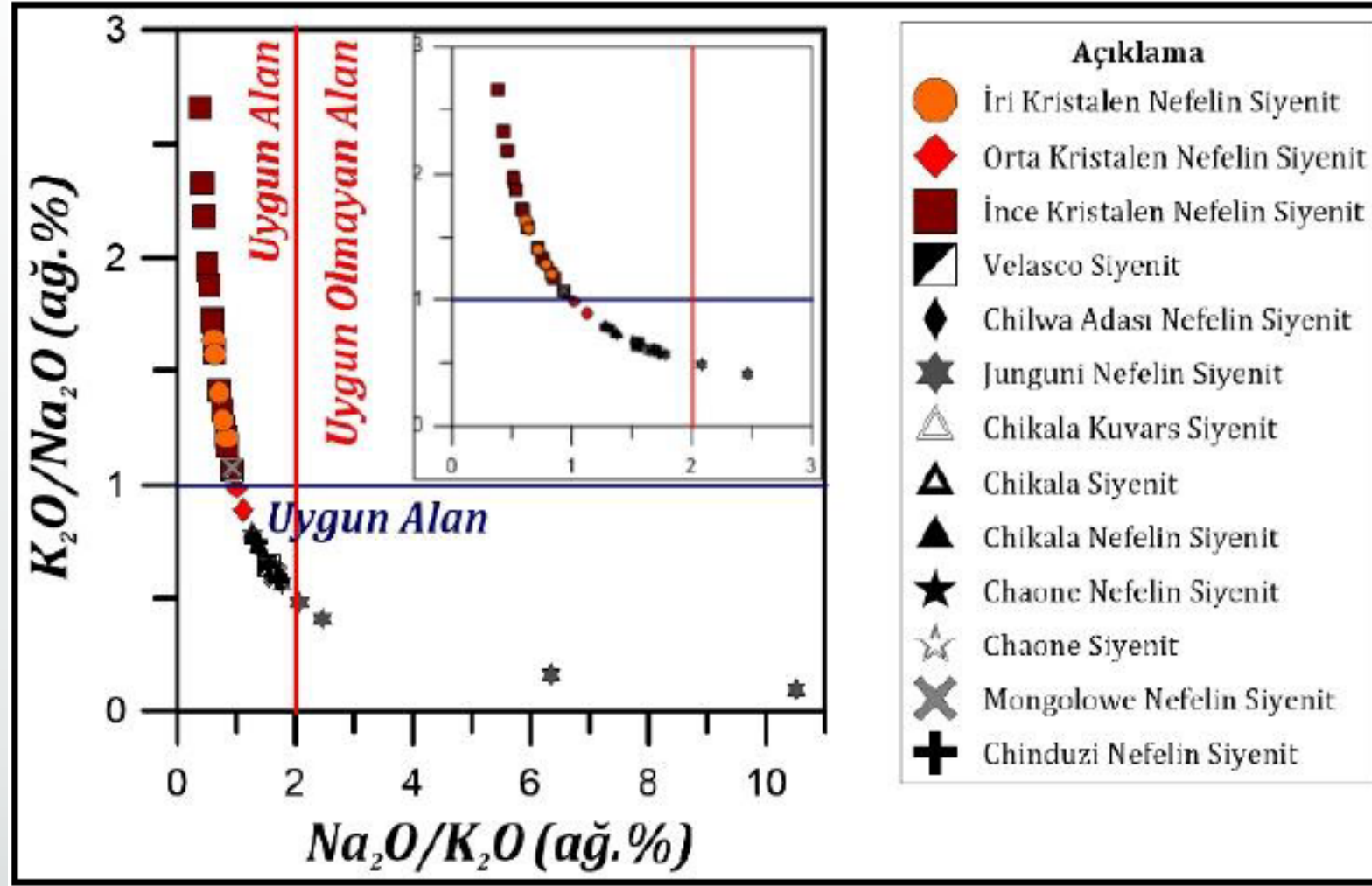
Nefelin siyenit cam ve seramik sanayinde kullanılan önemli ham maddelerden biridir çünkü nefelin siyenitin düşük ergime noktası karışımın ergime sıcaklığını düşürmektedir. Bu durum da hızlı ergimeye neden olmakta, iş verimini arttırmakta ve yakıt tasarrufu yapılmasını sağlamaktadır (Harben ve Kuzvart, 1996; Abouzeid va Negm, 2014).

Nefelin; sodyumca zengin olmasından 1118 °C'de tamamen eriyebilmekte buna karşılık K içeren feldispatlar ise bu ergime sıcaklığı 1150 °C'ye kadar yükselebilmektedir (Ehlers, 1972; Levin, 1974; Lewicka 2010). Bu sıcaklık aralıklarında lösit kristallerinin oluşumu gerçekleşebilmekte ve bunun sonucunda ilave silis artışı ortaya çıkarak eriyiğin viskozitesini artırabilmektedir (Ehlers, 1972; Levin, 1974; Lewicka 2010). Eriyiğin viskozitesinin artması sıcaklığın geç düşmesine, seramiğin istenen şekle gelmesi için geçen sürenin uzamasından dolayı arzu edilen şekle gelmeden ürün deforme olabilmektedir. Buna karşılık sıcaklığın uzun süre yavaşça düşmesi daha ince seramiklerin üretilmesine yardımcı olabilmektedir. Düşük ergime sıcaklığı ve yüksek akma kapasitesine sahip olan nefelin siyenitin seramik sanayisinde erken camsı fazların üretilmesinde kolaylık sağlamaktadır. Bu durum; seramikte daha düşük eritici madde içeriğine sahip olması, karışımdaki alümiyum içeriğinin artmasına, pişirme sıcaklığının düşmesine ve pişirme zamanının kısalmasına neden olmaktadır (Abouzeid va Negm, 2014).

Seramik Sanayisinde Kullanılan Mineraller

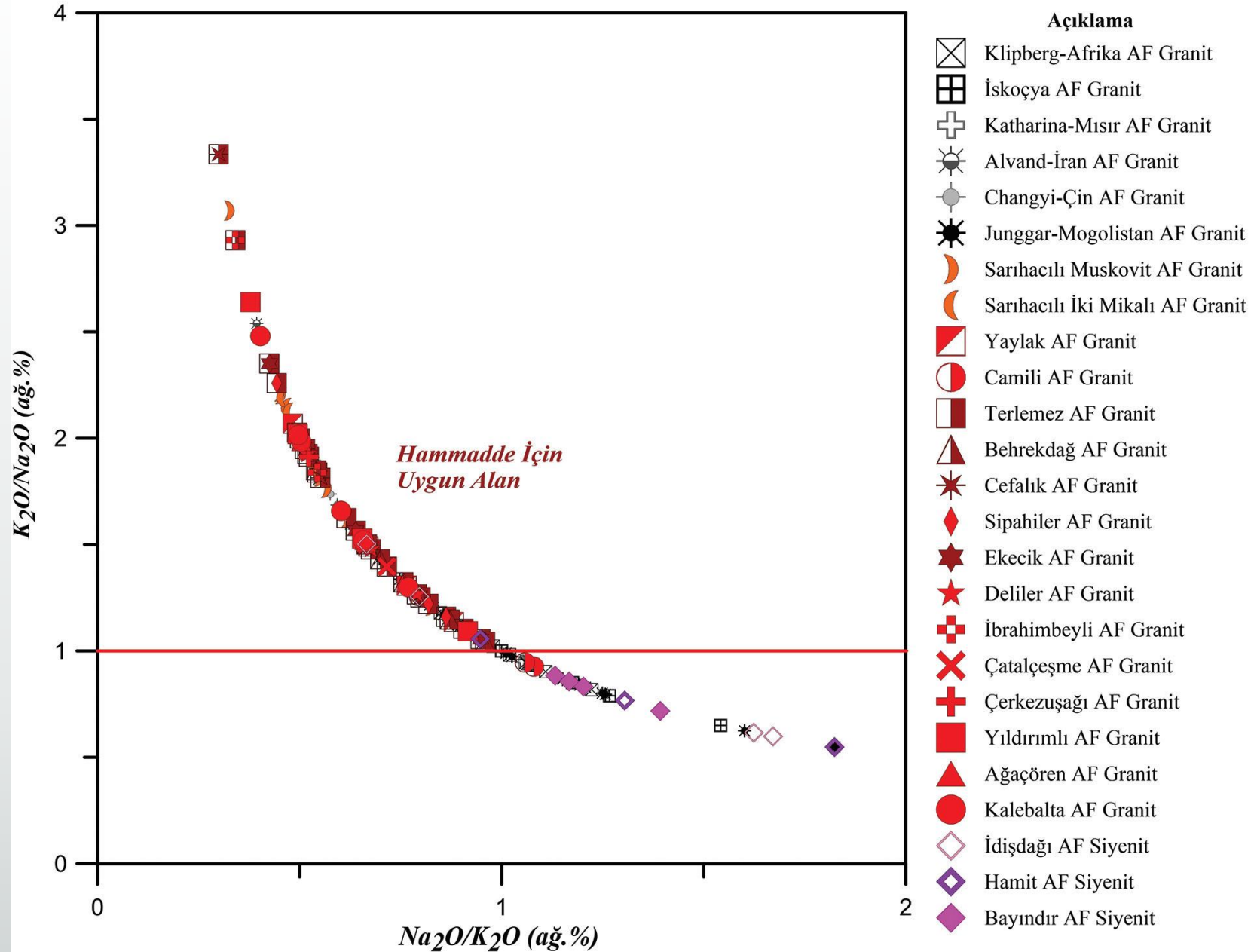


Seramik Sanayisinde Kullanılan Mineraller



Buzlukdağ Nefelin Siyenitinin ve diğer nefelin siyenit, siyenit ve kuvars siyenitlerin Na_2O/K_2O 'e karşı K_2O/Na_2O değişim diyagramı (Deniz ve Kadioğlu 2018).

Seramik Sanayisinde Kullanılan Mineraller



ZEOLİT MİNERALLERİ

MİNERAL	FORMÜL	KRİSTAL F.	SERTLİK	Ö.A	ÖZELLİKLER
ANALSİM	NaAlSi ₂ O ₆ .H ₂ O	KÜBİK	5-5,5	2,27	Klinoptilolitle bulunur.
NATROLİT	Na ₂ Al ₂ Si ₃ O ₁₀ .2H ₂ O	ROMBUSAL	5-5,5	2,25	Endüstride moleküler elek olarak kullanılırlar,
ŞABAZİT	CaAl ₂ Si ₄ O ₁₂ .6H ₂ O	TRİGONAL	4-5	2	sert sulardan yumuşak su elde etmek için kullanılırlar
HÖYLANDİT	CaAl ₂ Si ₇ O ₁₈ .6H ₂ O	MONOKLİNAL	3,5-4	2,2	radyoaktif atomlardan zararlı iyonların çıkarılmasında kullanılır
STİLBİT	NaCa ₂ Al ₅ Si ₁₃ O ₃₆ .14H ₂ O	MONOKLİNAL	3,5-4	2,2	
FİLLİSPİT	K,Ca içerir				
HARMOTOM	Ba içerir				
GMELİNİT	Na,Ca içerir				
LAMONTİT	Ca içerir				
SKOLEZİT	Ca içerir				
TOMSENİT	Na,Ca içerir				
KLİNOPTİLOLİT	Na,K içerir				

Çimento Sanayisinde Kullanılan Mineraller

- ❖ Çimento doğal kalker taşları ve kil karışımının yüksek sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra öğütülmesi ile elde edilen hidrolik bir bağlayıcı malzeme olarak tanımlanır.
- ❖ Diğer bağlayıcı maddeler gibi çimentolar da, CaO , MgO gibi alkalın ögeler ve SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 gibi hidrolik ögelerden oluşur. Çimento bağlayıcılık görevini su ile tepkimeye girdikten sonra kazandığı için hidrolik bağlayıcı olarak adlandırılır. Alkalın ve hidrolik ögelerin oranları bağlayıcı maddenin niteliğini belirler.

Karbonat grubu mineraller
(Kalsit, dolomit)

Kil mineralleri (smektit)

Sülfat Mineralleri (Anhidrit, jips)

Zeolit Mineralleri



Çimento

Portland Çimentosu: Betonarme yapılarda kullanımı en yaygın çimento türüdür. [Portland çimentosu](#) belirli oranda kalkertaşı (CaCO_3) ve kilin (SiO_2 ve Al_2O_3) karıştırılıp [klinkerde](#) pişirilmesinden sonra bilyali değirmende öğütülmesiyle elde edilir. Çimentonun sertleşmesini geciktirmek üzere klinkere bir miktar alçı taşı da eklenir.

Yüksek Fırın Cüruf Çimentosu: Granüle yakın fırın cürufu ile Portland çimentosu klinkeri karışımının az miktarda alçıtaşı ile öğütülmesi ile elde edilir. Genelde, bu tür çimentolar deniz suyu ve diğer sülfatlı ortamlarda portland çimento suna kıyasla daha yavaş dayanım kazanırlar ve daha yüksek bir dayanıma sahip olurlar. Ancak geçirimsizlikleri daha düşüktür.

Traslı Çimentolar: Traslar silisli ve alüminli maddeler içeren volkanik tüflerdir. Kendi başlarına bağlayıcılık özellikleri olmamasına rağmen, çimentoda mevcut kireçle bu özelliği kazanırlar. Bu tür çimentolar imalat aşamasında portland çimentosu klinkerine aktif volkanik tüfler veya benzeri traslar katılarak, bunların öğütülmesiyle elde edilir. Karışımda ki tras oranı %20-%40 düzeyinde tutulur. Bu tür çimentoların geçirimsizliği az hidrasyon ısıları düşük olduğundan genellikle su yapılarında kullanılırlar.

Katkılı Çimentolar: Portland çimentosu klinkerinin ağırlıkça en fazla %19'nun puzolanik malzeme ile değiştirilmesi ve alçı taşı eklenmesiyle elde edilir. Katkılı çimento traslı çimento için belirtilen özelliklere sahiptir fakat traslı çimentodan farkı puzolan oranının daha fazla olmasıdır.

Diğer Çimento Türleri :

Uçucu Küllü Çimento

Süper Sülfat Çimentosu

Sülfata Dayanımlı Çimento

Erken Dayanımı Yüksek Çimento

Düşük hidrasyon ısı çimento: 28% (C_3S), 49% (C_2S), 4% (C_3A), 12% (C_4AF), 1.8% MgO, 1.9% (SO_3) birleşiminden oluşur. (C_2S) ve (C_4AF) oranları yüksek and (C_3S) ve (C_3A) oranları oldukça düşüktür.

C_3A için üst sınır %7 ve C_3S için üst sınır 35% dir. Düşük hidrasyon ısısının sağladığı avantajlar sayesinde baraj inşaatlarında kullanılır. Yazın yüksek sıcaklıklı günlerde karışım sıcaklığını düşürmekte önemli bir katkısı yoktur. Günümüzde yerini puzolan (granüle yakın fırın cürufu) katkısı ile sunulan normal çimentoya bırakmaktadır. Son dayanım değeri açısından normal çimentodan güçlüdür.

THE END

