

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Doç. Dr. Ahmet EKERİM

ÇANAKKALE CİVARINDAKİ ALKALİLİ
HAMMADDELERİN SERAMİK
YERKAROSU ÜRETİMİNDE
KULLANIMI

Kimya Müh. İlhan AKKURT

106318

FBE Metalurji Mühendisliği Ana Bilim Dalı Üretim Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

106318

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Cemalettin YAMAN

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL , 2001

Prof. Dr. Selahattin GÖKMEZ

M. Yaman

Doç. Dr. Cemalettin Yaman

Yaman

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
KISALTMA LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix

1. GİRİŞ.....	1
2. SERAMİK HAMMADDELERİ.....	2
2.1 Kil ve Kaolen Grubu.....	3
2.1.1 Killerin Sınıflandırılması.....	5
2.1.1.1 Bulundukları Yere ve Yataklarına Göre Sınıflama.....	5
2.1.2 Mineralojik Yapılarına Göre Sınıflandırılması.....	6
2.1.2.1 Kil Minerallerinin Yapısı.....	6
2.1.2.2 Kaolinit Grubu.....	8
2.1.2.3 Montmorillonit Grubu.....	9
2.1.2.4 İllit Grubu Kil Mineralleri.....	10
2.1.3 Kristal Yapılarına Göre Sınıflandırılması.....	11
2.1.4 Killerin Endüstriyel Sınıflandırılması.....	12
2.2 Kil ve Kaolen Arasındaki Farklar.....	12
2.3 Kaolende Isı ile Oluşan Reaksiyonlar.....	13
2.4 Killerin Seramik Sanayindeki Önemi.....	16
2.5 Killerin Kolloidal Özellikleri.....	16
2.6 Killerde Elektrolitlerin Etkisi.....	20
2.7 Kuvars.....	22
2.8 Dolomit.....	24
2.9 Mermer.....	25
2.10 Wollastonit.....	25
2.11 Talk.....	26
3. ALKALİLİ HAMMADDELER.....	27
3.1 Feldspatlar.....	27
3.2 Bulunuş Şekli.....	30
3.2.1 Pegmatitler.....	30
3.2.2 Aplitler.....	30
3.2.3 Feldspat Filonları.....	30
3.2.4 Nefelinli Siyenit.....	31

3.2.5	Riyolitik Tüfler.....	31
3.2.6	Feldspatik Kumlar.....	31
3.2.7	Altere Granitler.....	32
3.3	Alkalili Hammadde Kaynakları.....	32
3.3.1	Dünyada Mevcut Durum.....	32
3.3.2	Türkiye’de Durum.....	33
3.4	Dünya Üretim Miktarı.....	34
3.5	Ürün Standartları.....	35
4.	SERAMİK KAROLAR	36
4.1	Seramik Karo Teknik Özellikleri	37
4.2	Türkiye’de ve Dünyada Seramik Üretimi	38
4.3	Seramik Karoların Üretim Metotları	38
4.3.1	Preslenecek Seramik Granül Bünyenin (Reçetenin) Hazırlanması	38
4.3.2	Seramik Karoların Şekillendirilmeleri	40
4.3.3	Sırlama	40
4.3.4	Pişirme ve Kalite Ayırma	40
4.3.4.1	Fırın Sıcaklık Eğrisi.....	41
5.	SERAMİK YERKAROSU REÇETESİNDE ARANILAN ÖZELLİKLER.....	44
5.1	Seramik Reçete.....	44
5.2	Seramik Reçetenin Pişmesi (Vitrifikasyonu).....	47
5.3	Pişme Esnasında Seramik Bünyedeki Reaksiyonlar.....	49
5.4	Alkalili Hammaddelerin Seramik Yerkarosu Üretimindeki Önemi.....	52
6.	SERAMİK HAMMADDE SEÇİMİNDE BELİRLEYİCİ KRİTERLER.....	55
6.1	Hammaddelerin Seçimi.....	55
6.2	Kil ve Kaolen Mineralleri.....	55
6.3	Alkalili Hammaddeler.....	56
6.4	Kuvars.....	56
6.5	Mermer – Dolomit – Talk.....	57
7.	DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN ÇANAKKALE CİVARINDAKİ ALKALİLİ HAMMADDELER.....	59
7.1	Bölgenin Genel Jeolojisi.....	59
7.2	Araştırma Bölgesinin Tanımı.....	59
7.3	Tepeköy Riyolitik Tuf Ocağı.....	60
7.4	Kocalar Riyolitik Tuf Ocağı.....	61
7.5	Sodyum Feldspat.....	61
7.6	Namazgah Alkalın Granit.....	62
7.7	Hindistan Potasyum Feldspat.....	62

8.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	65
8.1	Numune Hazırlama.....	65
8.2	Yapılan Deneyler.....	65
8.2.1	Öğütme Çamur Hazırlama.....	65
8.2.2	Yoğunluk Tayini.....	66
8.2.3	Granül Hazırlama ve Rutubetlendirme.....	66
8.2.4	Şekillendirme.....	66
8.2.5	Kurutma ve Pişirme.....	66
8.2.6	Boy, Küçülme Tayini.....	67
8.2.7	Su Emme Tayini.....	67
8.2.8	Isı Mikroskobu	67
8.2.9	X-Işınları Difraktometre Analizi.....	68
9.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	100
	KAYNAKLAR.....	103
	ÖZGEÇMİŞ.....	106

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Türkiye'nin seramik hammadde yatakları haritası.....	3
Şekil 2.2	Kaolinit kristalleri.....	5
Şekil 2.3	a) Tetraeder, b) Oktaeder tabaka oluşumları.....	7
Şekil 2.4	a) $(\text{SiO}_4)^{4-}$ Tetraederi, b)Kaolinit kristal yapısı.....	7
Şekil 2.5	Montmorillonitin üç tabakalı mineral yapısı.....	10
Şekil 2.6	Çeşitli kil minerallerinin DTA eğrileri.....	11
Şekil 2.7	Sıcaklıkla kaolende oluşan reaksiyonlar.....	15
Şekil 2.8	Killerde çift tabaka ve zeta potansiyeli.....	17
Şekil 2.9	Kaolinit kristalinde kırık kenar bağlarına anyon ve katyonların bağlanması.....	19
Şekil 2.10	Çift tabakanın büyümesi.....	20
Şekil 2.11	Elektrolit %'nin viskoziteye etkileri.....	21
Şekil 2.12	Silikanın polimorfları.....	22
Şekil 2.13	Kuvars kristali.....	23
Şekil 2.14	Kalsit ve dolamitin DTA eğrisi.....	24
Şekil 3.1	Feldspat gurubu minerallerin, feldspat üçgeni içindekiyerleri.....	28
Şekil 4.1	Seramik yerkarosu üretim akış şeması.....	39
Şekil 4.2	Seramik yerkarosu için iki kanallı hızlı pişirim fırın kesiti.....	41
Şekil 4.3	Seramik karo fırın pişme eğrisi.....	43
Şekil 5.1	Çeşitli seramik ürünlere ait üçlü diyagram.....	44
Şekil 5.2	Yerkarosunun pişme sıcaklığı ile su emme-küçülme diyagramı.....	45
Şekil 5.3	$\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ sistemi faz diyagramı.....	48
Şekil 5.4	$\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ sistemi faz diyagramı.....	49
Şekil 5.5	%40 kaolen, %30 feldspat, %30 kuvars içeren seramik reçetede ısı ile oluşan minerolojik değişiklikler.....	51
Şekil 5.6	Sodyum feldspat (Ab) – potasyum felspat (Or) – kuvars (SiO_2) faz diyagramı.....	53
Şekil 7.1	Bölgesel jeoloji haritası.....	59
Şekil 7.2	Araştırma bölgesinin yeri.....	60
Şekil 8.1	Potasyum Feldspatı'n ısı mikroskop sonuçları.....	69
Şekil 8.2	Tepeköy ve Kocalar Tüfleri'nin ısı mikroskop sonuçları.....	70
Şekil 8.3	Sodyum Feldspat ve Namazgah Feldspatı'nın ısı mikroskop sonuçları.....	71
Şekil 8.4	Kocalar Riyolitik Tüfü'nün X-R difraktometre analizi.....	72
Şekil 8.5	Tepeköy Riyolitik Tüfü'nün X-R difraktometre analizi.....	73
Şekil 8.6	Namazgah Feldspatı'nın X-R difraktometre analizi.....	74
Şekil 8.7	Sodyum Feldspat'ın X-R difraktometre analizi.....	75
Şekil 8.8	Potasyum Feldspat'ın X-R difraktometre analizi.....	76
Şekil 8.9	Kil'in X-R difraktometre analizi.....	77
Şekil 8.10	Kuvars'ın X-R difraktometre analizi.....	78
Şekil 8.11	Tepeköy Tüfü – Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği.....	80
Şekil 8.12	Kocalar Tüfü – Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği.....	82
Şekil 8.13	Namazgah Feldspatı – Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği.....	84
Şekil 8.14	Sodyum Feldspat – Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği.....	86

Şekil 8.15	Potasyum Feldspat – Kil’den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği.....	88
Şekil 8.16	%10 Kil ile Feldspatlar ve alkalili hammaddelerden oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği.....	90
Şekil 8.17	%10 Kil ile Feldspatlar ve alkalili hammaddelerden oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği.....	91
Şekil 8.18	Kil – Tepeköy Tüfü – Kocalar Tüfü – Namazgah Feşdspat ve Kuvars’tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği.....	93
Şekil 8.19	Kil – Tepeköy Tüfü – Kocalar Tüfü ve Sodyum Feldspat’tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği.....	95
Şekil 8.20	Kil – Tepeköy Tüfü – Potasyum Feldspat’tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği.....	97
Şekil 8.21	Kil -Tepeköy Tüfü – Kocalar Tüfü ve Namazgah Feldspat’tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği.....	99



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Yurdumuzda seramik hammadde rezervleri 2
Çizelge 2.2	Yurdumuzda seramik hammaddelerin tüketim ve pazarı..... 2
Çizelge 2.3	Killerin kristal yapılarına göre sınıflandırılması..... 11
Çizelge 2.4	Çeşitli kil mineralleri ve kimyasal analizleri..... 12
Çizelge 2.5	Türkiye kaolin yatakları, tenör, kullanım alanları ve rezervleri..... 13
Çizelge 3.1	Bazı saf feldspat minerallerinin kimyasal bileşimi ve ergime sıcaklığı... 27
Çizelge 3.2	Feldspat mineralleri ve özellikleri..... 29
Çizelge 3.3	Dünya rezervleri..... 32
Çizelge 3.4	Ülkemizde alkalili hammadde potansiyel rezervleri..... 33
Çizelge 3.5	Dünya alkalili hammadde üretimi. 34
Çizelge 3.6	Türkiye alkalili hammadde üretim standartları..... 35
Çizelge 4.1	TS-EN 87'ye göre seramik karoların sınıflandırılması..... 36
Çizelge 4.2	TS-EN 159 ve 176 gurubu seramik karoların teknik özelliklerinin karşılaştırılması..... 37
Çizelge 4.3	Dünya seramik üretimi..... 38
Çizelge 5.1	Seramik yerkarosu reçetesini oluşturan önemli hammaddeler ve etkileri 46
Çizelge 5.2	Yerkarosu reçetesi kimyasal analizi..... 46
Çizelge 6.1	Hammaddelerin reçete üzerindeki etkileri..... 55
Çizelge 7.1	Araştırmamızda kullanılan hammaddelerin fiziksel, kimyasal, pişme özellikleri ve fiyatları..... 63
Çizelge 8.1	Tepeköy Tüfü – Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri..... 79
Çizelge 8.2	Kocalar Tüfü – Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri..... 81
Çizelge 8.3	Namazgah Feldspatı – Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri..... 83
Çizelge 8.4	Sodyum Feldspat – Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri..... 85
Çizelge 8.5	Potasyum Feldspat– Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri..... 87
Çizelge 8.6	%10 Kil ile %90 feldspatlar ve alkalili hammaddelerden oluşan reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri..... 89
Çizelge 8.7	% 40 Kil ile % 60 feldspatlar ve alkalili hammaddelerden oluşan reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri..... 89
Çizelge 8.8	Kil – Tepeköy Tüfü – Kocalar Tüfü – Namazgah Feldspat ve Kuvvars'tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri..... 92
Çizelge 8.9	Kil – Tepeköy Tüfü – Kocalar Tüfü ve Sodyum Feldspat'tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri..... 94
Çizelge 8.10	Kil – Tepeköy Tüfü – Kocalar Tüfü ve otasyum Feldspat'tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri..... 96
Çizelge 8.11	Kil – Tepeköy Tüfü – Kocalar Tüfü ve Namazgah Feldspat'tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri..... 98
Çizelge 8.12	Reçeteler arası maliyet karşılaştırması..... 102

ÖNSÖZ

Ülkemizde hızla gelişmekte olan, seramik kaplama malzemeleri ve sağlık gereçleri sektörü, dünya pazarında önemli bir konuma gelmiştir. Ülkemiz seramik karo malzemeleri üretiminde, Avrupa'da üçüncü, dünyada ise beşinci sıradadır. Bu üretimin ihracatı, her yıl artarak sürmekte ve dünya pazarlarını zorlamaktadır.

Seramik üretiminin bu boyutlara ulaşması, hiç şüphesiz hammadde potansiyeline borçludur. Her geçen gün, tükenen kaliteli hammadde kaynaklarına, alternatif kaynaklar araştırmak ve geliştirmek ise, bu sektörün en büyük ihtiyaçlarından birisidir.

Böyle bir ihtiyaca yardımcı olmak maksadıyla, yüksek lisans tez konusu olarak, dünyanın sayılı büyük seramik üreticilerinden olan, Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik Sanayi A.Ş.'nin bulunduğu bölge olan, Çanakkale bölgesindeki alkalili hammaddelerin seramik yerkarosu üretiminde kullanımının araştırılmasını seçtim.

Bu çalışmamın her aşamasında, beni yönlendiren bilgi ve yorumlarıyla katkıda bulunan, değerli hocam Doc. Dr. Cemalettin YAMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmamı bizzat içinde sürdürdüğüm, Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik Sanayi A.Ş.'ne ve katkılarından dolayı, Ar-Ge Müdür Yrd. Kağan KAYACI, Hammaddeler şefi A. Kadir ŞEN ve Kalemaden Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den Kalite Güvence Müdürü Hürriyet DEMİRHAN'a ve öğrenim yılım boyunca çalışmalarımı yılmadan yazıya geçire bilgisayar operatörüm Rıfat DAVULCU'ya en içten teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Şubat 2001

İlhan AKKURT

ÖZET

Giderek azalan kaliteli hammadde kaynaklarına alternatif, yeni ve ucuz hammadde kaynakları bulmak her sanayi kolunun en önemli hedefidir. Bu gaye ile seramik yerkarosu çamur-bünye reçetesinde düşük sıcaklıklarda vitrifikasyonu sağlamak amacıyla kullanılan ve alkali oksit bileşikleri içeren alkalili hammaddelerden Çanakkale yöresinde bulunan, bazı feldspatik hammadde kaynaklarının seramik çamur reçetesinde kullanımı araştırılmıştır.

Araştırma konusu olan hammaddelerin çeşitli oranlarından oluşan seramik reçeteler ile vitrifikasyon sağlayıcı olarak kullanılan, yüksek kalitedeki feldspatların çeşitli oranlarından oluşan seramik reçeteler değişik seramik yerkarosu pişirim sıcaklıklarında pişirilmiştirlerdir.

Bu işlemlerin sonucunda ele geçen numunelerde önemli vitrifikasyon göstergesi olan, pişme küçülmeleri ve su emme özellikleri ölçülmüştür. Alternatif hammaddelerin değişik oranlarından ve değişik pişirim sıcaklıklarından elde edilen bu sonuçlar feldspatların sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT

The most important aim of each industry is to find alternative new and cheap raw materials sources for continually reducing of high quality, raw materials sources. For this goal, this research has been made utilizing of some feldspathic raw materials called alkaline raw materials from Çanakkale region containing alkali oxide in the ceramic body recipe with the aim of vitrification at low temperature.

The ceramic body formulations made have from these raw materials in various ratios have been fired with different firing regime for floor tile production together with the body formulations using high quality of feldspar.

From the samples, measurement has been made for shrinkage and water absorption, which is the important vitrification causes. Comparison has been made from the results of both body formulations containing alternative raw materials and high quality feldspar.



1- GİRİŞ

Ülkemizde hızla gelişen seramik sanayi son yıllarda artan üretim kapasitesi ve ihracat ile dünyada ilk sıralara ulaşmıştır. Dünyanın önemli seramik üreticisi olan ülkemizde, kaliteli seramik hammaddesi temininde güçlükler yaşanmaktadır. Her yıl artan üretim kapasitesini karşılamak için yeni hammadde kaynaklarına yönelim artmaktadır.

Seramik yerkarosu üretiminde reçetede %60'lara varan kullanımı ile alkalili hammaddeler birinci derecede önemli hammaddedir. Alkalili hammadde sözcüğü, bünyelerinde bolca bulunan feldspat mineralini oluşturan K_2O ve Na_2O bileşiklerinden gelmektedir. Alkalili hammaddeler düşük ergime sıcaklıklarından dolayı pişme işleminde, pişirim sıcaklığının düşürülmesini ve bu sıcaklıkta ergiyerek bünyede bulunan kil, kaolen, kuvars gibi diğer hammaddelerin, bir biri ile kaynaşmasını sağlayarak seramik yerkarosunda, arzu edilen düşük porozite-su emmenin sağlanmasını temin ederler (Rak ve diğ., 1982; Fiori ve Fabbri, 1983. Bu nedenle bu çalışmada, alkalili hammaddelerin seramik yerkarosu reçetesinde pişme sonunda oluşan, pişme küçülmesi ve su emme üzerindeki etkileri araştırılacaktır.

Alkalili hammaddelerin asıl bileşeni feldspat mineralidir. Feldspatlar tabiatta saf halde nadir bulunurlar ve ekonomik rezerv teşkil etmezler. Genelde kuvars, kil, kaolen, mika gibi minerallerle karışım halinde bulunurlar. Seramik sanayinde pegmatit, tuf, altere granit, feldspatik kum, nefelin siyenit gibi isimlerle anılırlar. Çalışmamızı oluşturan Çanakkale civarındaki alkalili hammaddeler Çanakkale ilinin Çan ve Yenice ilçesi civarında bulunmaktadırlar. Diğer çevre yörelerdeki rezervlerle birlikte toplam 20 milyon ton civarında bir rezerve sahiptirler. Çan ilçesinde bulunan Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik San. A.Ş. bu rezervlerden yararlanmaktadır. Dolayısıyla çalışmamızda bu ticari firmanın en büyük üretim problemi olan seramik reçetenin pişme küçülmesi ve su emme probleminin çözümüne ışık tutmak istedik.

2- SERAMİK HAMMADDELERİ

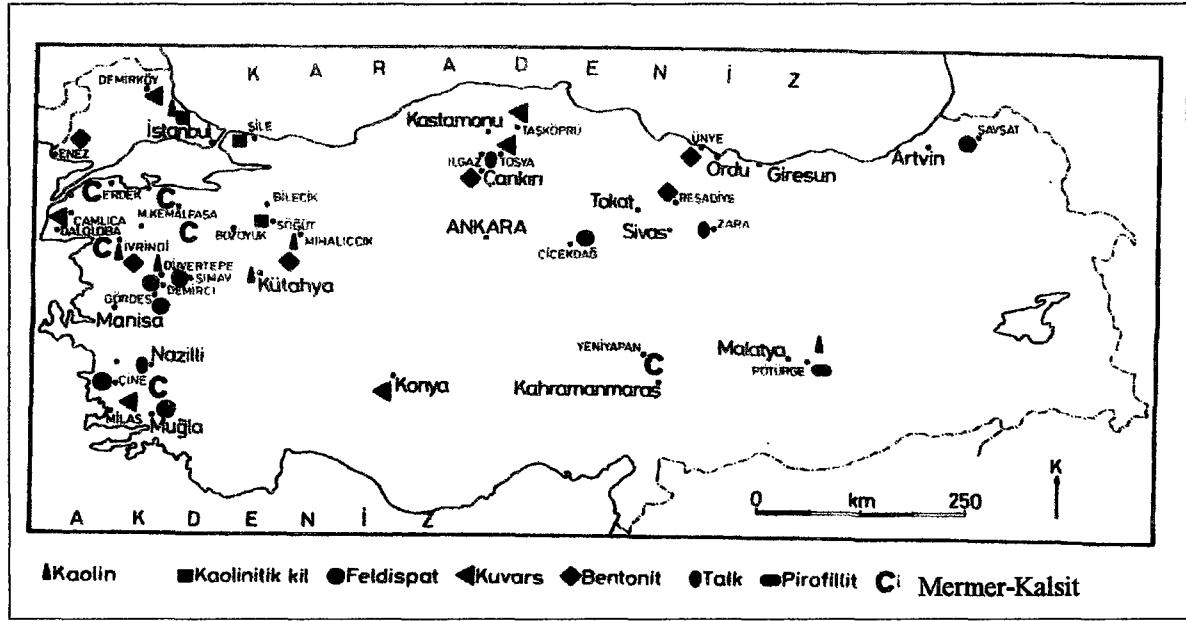
Ülkemizde nüfus artışına ve dolayısıyla konut ihtiyacına paralel olarak, inşaat sektörü ve buna paralel olarak seramik sektöründe son yirmi yılda büyük gelişmeler sağlanmıştır. Artan seramik üretim kapasitesine bağlı olarak hammadde ihtiyacı da büyük önem kazanmıştır.

Çizelge 2.1 Yurdumuzdaki seramik hammadde rezervleri (Kırıkoğlu, 1993; YMGV, 1999a, İMMİB, 2000).

Hammadde	Rezerv (Ton)
Kil	584.500.000
Kaolen	118.000.000
Feldspatlar, Alkali Hammaddeler	1.192.000.000
Kuvars, Kuvarsit	2.270.287.821
Kuvars Kumu	1.307.414.250
Dolomit	15.887.160.000
Kalsit - Mermer	13.933.000.000
Talk	1.000.000
Vollastonit	2.433.000
Pirofillit	20.000.000
Bentonit	350.000.000

Çizelge 2.2 Yurdumuzdaki seramik hammaddelerin tüketim ve pazarı (1999) (Sazcı, 2000)

Hammaddeler	İç Tüketim (Ton)	İhracat (Ton)	İthalat (Ton)
Kil	1.700.000	100.000	50.000
Kaolin	700.000	150.000	60.000
Sodyum Feldspat	600.000	1.400.000	-
Potasyum Feldspat	120.000	-	20.000
Silis Kumu	100.000	-	-
Dolomit	40.000	100.000	-
Mermer	80.000	100.000	-
Kuvars	80.000	100.000	-
Diğerleri	50.000	-	15.000
Toplam	3.470.000	1.890.000	145.000



Şekil 2.1 Türkiye'nin seramik hammadde yatakları haritası (Kırkoğlu, 1993)

Genelde ülkemiz seramik hammaddeler açısından zengin bir potansiyele sahiptir. Uzun yıllar kendine yetecek rezervlere sahiptir. Çizelge 2.1 ve 2.2'de yurt içi seramik hammadde ihtiyaca ve mevcut rezervler görülmektedir.

Yukarıdaki çizelge 2.1'de kil ve kuvars kumu rezervleri yüksek görünmesine rağmen, seramikte kullanılabilecek iyi kalite kil rezervlerimiz İstanbul bölgesinde 67 milyon ton, Bilecik-Söğüt bölgesinde 11 milyon ton civarındadır (Sazcı, 1999). Kuvars kumu rezervleri ise 142,5 milyon ton civarındadır (Önem, 1997).

2.1 Kil ve Kaolen Grubu

Kil ve kaolenler seramik çamurun plastik şekillendirilmesini sağlayan hammaddelerdir. Asıl kullanım amaçları şekillendirme esnasında diğer hammaddeleri bağlayarak, üretimi istenen seramik mamulün ham şeklinin oluşturulmasını sağlamak ve kuru dayanım direncini arttırmaktır.

Jeolojik olarak kil, kimyasal bileşimi sulu alüminyum silikat veya bazen de sulu magnezyum silikat olan, tane boyu çok küçük (<2 mikron) ve plastik özelliklere sahip doğal bir malzeme olarak tanımlanabilir. Kilin mühendislik tanımı ise biraz farklı olup; mühendislikte kil, ana

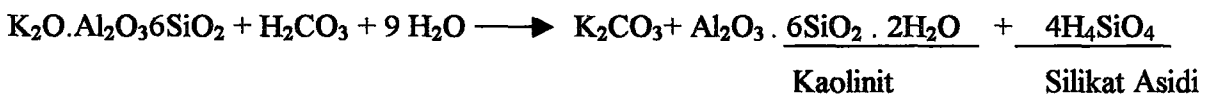
kimyasal bileşimi yine sulu alüminyum silikat artı bazı yabancı maddelerden oluşan, plastik özelliğe sahip, kuruduğu zaman büzülen, ıslandığı zaman şişen ve sıkıştırıldığı zaman suyunu dışarı atabilen, kolloidal tane boyundaki ince dokulu toprak malzeme olarak tanımlanabilir.

Ancak, toprakların tane-boyu sınıflamasındaki "kil" kavramını, yukarıdaki tanımlardan ayırt etmek gerekir. Bilindiği gibi bu sınıflamada tane boyu 0.002 mm.'den küçük olan malzemeler de genelde "kil" olarak tanımlanır. (Kasapoğlu, 1989)

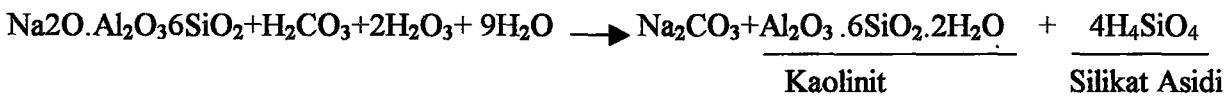
Kil ve kaolenler oluşum bakımından birbirine benzerler. Aynı kimyasal yapı ve bileşimdedirler. Yalnızca killer kaolenlerin çeşitli tabiat şartları altında parçalamp bir yerden başka bir yere taşınmasıyla oluşan yataklardır. Kaolenlerin bu taşınma esnasında kristalleri kısmen kırılarak daha ince taneli bir yapıya (< 2 mikron) dönüşürler. Böylece fiziksel olarak daha ince taneli bir yapıya dönüştüklerinden su ile yoğrulup daha plastik özellik kazanırlar. Bu taşınma esnasında, taşındıkları çevreden bir takım yabancı maddeler karışarak saflıkları bir miktar bozulabilir. Bu yüzden kaolenler killere göre daha saf ve pişme renkleri daha beyazdır. (Tanışan ve Mete, 1988)

Kilin anaç kayası jeolojik devirlerde oluşmuş olan feldspatlardır. Granitlerin içersinde veya serbest halde bulunan feldspatlar kimyasal etkenlere ayrılarak (ki onlar CO₂'in H₂CO₃ asidi veya organik olarak çürüme sonucunda oluşan hümin asitlerin etkisi ile) kaoliniti meydana getirirler.

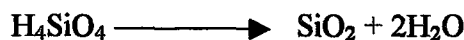
Potasyumlu feldspatlarda (ortoklas):



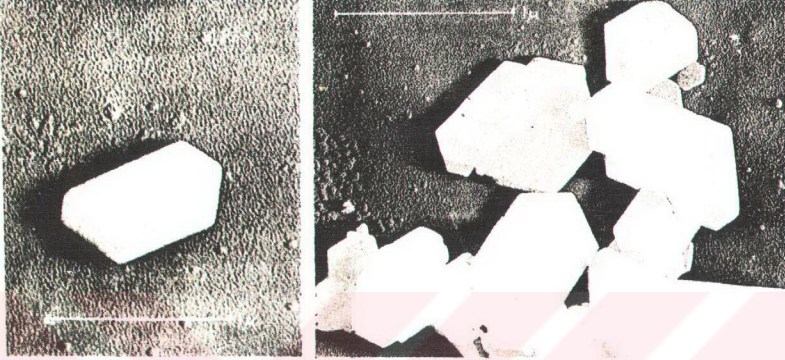
Sodyumlu feldspatlarda (Albit):



Reaksiyonlarına göre kaolinit meydana gelir. Potasyum karbonat ve sodyum karbonat suda çözündüğünden yağmur suları ile akıp gideceklerdir. Silikat asidi de su kaybederek silisyum dioksit haline gelir.



Kil ve kaolenlerin içinde daima bozunmamış feldspat ve bozunma sonucunda oluşan bir miktar kuvars bulunur.



Şekil 2.2 Kaolinit kristalleri (Norton, 1973)

Bu kaolenlere primer kaolenler denir. Oluşan kaolinit zaman içinde doğa şartları, özellikle yağmur ve sel suları ile karşı karşıya kalınca tanecikler su ile beraber taşınarak arazi içindeki çukurlara dolmuş ve bunlar zamanla çökerek kil yataklarını oluşturmuşlardır. Bu killere sedimentler killeri veya segonder killeri denir.

2.1.1 Killerin Sınıflandırılması

2.1.1.1 Bulundukları Yere ve Yataklarına göre Sınıflama

Primer Killer: Yer değiştirmemiş, yani oluşumunu ana kayacın bulunduğu yerde tamamlamış ve orada kalmış olan killerdir. Bu killeri, felsik kayaların (granit, rhyolit vs.) içindeki (çoğunlukla) feldspatların, muskovitlerin ve diğer alüminyumca zengin silikatların yüzeyel ve düşük sıcaklıktaki hidrotermal alterasyonları sonucu oluşan ilksel kalıntı çökelleridir.

Sekonder Killer: Bu killeri, yağmur suları ile çözünüp, ilk oluştukları yerden sel ve akarsularla sürüklenip başka bir yerde biriken killerdir. Bu sürüklenme esnasında sekonder killeri ilk saf ve temiz durumlarını kaybederek özelliklerini değiştirirler. Araya kil minerallerinden başka bünyesinde kuvars, feldspat, mika gibi plastik özellik göstermeyen

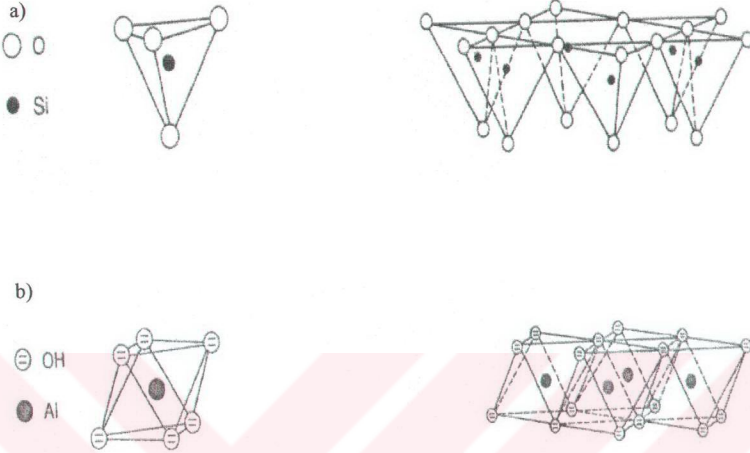
elemanlarda girer. Bu maddelerin hepsine birden genel anlamda "empürite" denir. Sürüklenme yolu boyunca, iri kuvars ve ana kayaç kalıntıları yollarda çöküp kalır, en ince taneli kil en uzak mesafeye gider ve depolanır. Bu sınıfa giren killerin tane incelikleri primer bir kil cinsi olan ham kaoline göre çok daha ince yapıdadır. Katedilen uzun yol sebebiyle kil minerali parçacıkları sağa sola çarparak bir kez daha inceliyorlar. tane inceliği ve uzun zaman ıslak şekilde şişmesi sebebiyle yapışkan ve bağlayıcı bir özellik kazanır Bu nedenle sekonder killeri, primer killere göre çok fazla plastik bir yapıdadır. Diğer taraftan sürüklenme bu cins killerde kirlenmeye yol açar. Başta Fe, Mn ve Ca bileşikleri olmak üzere humuslu maddeleri kum v.s mineral tanecikleri gibi yabancı maddeler sel suları ile sürüklenip kil mineralleri ile karışık olarak depolanır. Böylece değişik fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip çok çeşitli kil yatakları meydana gelir.

2.1.2 Mineralojik Yapılarına Göre Sınıflandırılması

2.1.2.1 Kil Minerallerinin Yapısı

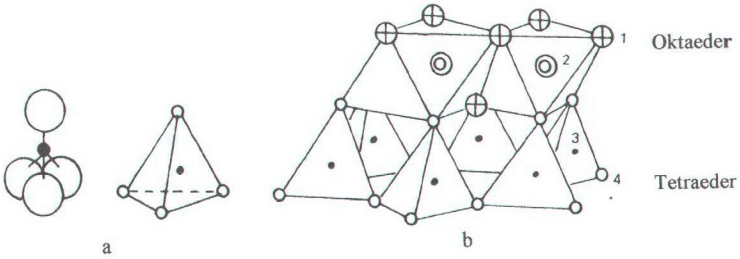
Kil mineralleri ince taneli hidrate olmuş alüminyum silikatları içerir ve genellikle tabakalı bir yapıya sahiptir, yapıları geniş bir aralıkta incelenir. En basit kil minerali 2 tabakadan oluşmaktadır. Tüm silikat seramiklerin esas yapıtaşı, ortada silisyum iyonunun bulunduğu dört oksijen iyonlu bir tetraeder (dört yüzlü) yapıdır. Merkezdeki Si iyonu (+4 değ.) -2 değerli dört komşu oksijen iyonlarının birer negatif valansları ile birleşir. O iyonların arasına sığabilen Si iyonu, bozulmaz bir özellik gösteren $(SiO_4)^{4-}$ tetraederini oluşturur. Kil mineralindeki Al^{3+} ve OH^- Grubundan ise oktaeder (sekiz yüzlü) tabaka oluşur. Kil mineralleri bu tetraeder ve oktaeder tabakaların bir biriyle bağlanmasından 2 veya 3 tabakalı oluşurlar. Tetraederin genel formülü Si_2O_5 , oktaederin genel formülü $Al_2(OH)_4$ (köprü kurucu oksijen hariç) olarak gösterilir (Sazcı, 1999).

Kil minerallerinin yapısı Si_2O_5 ve $Al_2(OH)_4$ tabakaları üst üste gelerek aradaki oksijen iyonlarıyla $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ kompozisyonu verecek şekilde birleşir. Üst yarısında Al-O, OH oktahedraları, alt yarısında Si-O tetraedrelerinden oluşan bu yapı Şekil- 2.3'te gösterilmiştir. Diğer temel kil mineral yapısı $Al_2(Si_2O_5)(OH)_2$ formülündeki pirofillite yakın olan montmorillonittir. Yalnız montmorillonitte, pirofillit yapısındaki Al^{+3} iyonlarının bir kısmı Na^+ ve K^+ iyonları ile yer değiştirmiştir.



Şekil 2.3 a) Tetraeder, b) Oktaeder tabaka oluşumları (Arcasoy, 1983)

Profilit yapısında merkezdeki bir $\text{Al}(\text{OH})_2$ tabakasının altında ve üstünde Si_2O_5 tabakası yer almaktadır. Buradan daha önce belirtildiği gibi kaolinitin iki tabakalı, montmorillonitin üç tabakalı yapıda olduğu anlaşılabilir (Kinery ve Bowen ve Uhlman, 1975).



Şekil 2.4 a) $(\text{SiO}_4)^{4-}$ Tetraederi, b) Kaolinit kristal yapısı (1.OH, 2.Al, 3 Si, 4. O iyonları) (Tetraeder Oktaeder oranı 1:1) (Arcasoy, 1983)

2.1.2.2 Kaolinit Grubu

- Kaolinit : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}_3$
- Dickit : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}_3$
- Nakrit : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}_3$
- Fireclay : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}_3$
- Halloysit : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}_3$

Bu killer ana mineral olarak kaolinit içerirler. Kaolinitin kimyasal formülü $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} \cdot 2 \text{SiO}_2$ 'dir (Şekil 2.4).

Saf haldeki yüzde bileşimi ;

SiO_2 (Silisyum Dioksit).....	%46,55
Al_2O_3 (Alüminyum Oksit).....	%39,50
H_2O (Su).....	%13,95'tir.

Kaolinit yaprakçıkları tam elastik olmakla birlikte, bükülebilir özellik gösterirler. Mohs'a göre sertlikleri 2-3 dolayındadır. Boyları 1000-5000 Å, kalınlıkları 200 Å'dür (Şekil 2.2).

Kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 258 \text{ gr}$) . Pişme sırasında H_2O uçarak % 13,95 'lik ateş kaybını oluşturur. Pişme sonucu geri kalan kısım ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 = 222 \text{ gr}$) % 45,90 Al_2O_3 , % 54,10 SiO_2 içerir.

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ bileşimi, kil minerali olarak adlandırılır. Halloysit mineralojik formülü $\text{Al}_2 [\text{Si}_2\text{O}_5] (\text{OH})_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ olan bir alüminyum silikat olup, ateşe dayanıklı killerin bünyesinde bulunur. Kaolinite oranla fazla olan $2\text{H}_2\text{O}$, 50-100 °C arasında kolayca atılır.

Sertliği 1-2 Mohs olan Halloysit, diğer kil minerallerinin yaprak strukturuna karşın çubuk ve boru görünüşlü yapıya sahiptir. Çubuk yapıli taneciklerin çapları 400-700 Å arasındadır. (Arcasoy,1983).

2.1.2.3 Montmorillonit grubu

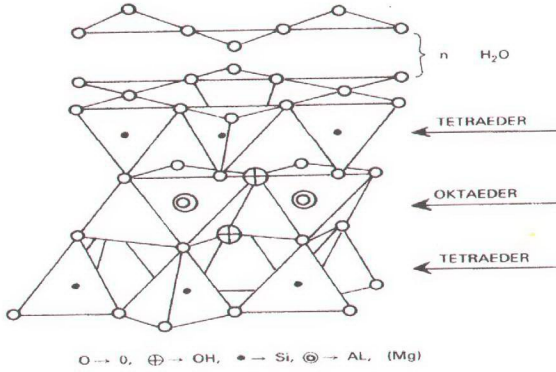
Bu grupta 5 değişik kil minerali bulunur.

- Pyrophyllit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- Montmorillonit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + n\text{H}_2\text{O}$)
- Beidellit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)
- Nontronit ($\{(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}\}$)
- Saponit ($2\text{MgO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)

Montmorine içeren mineraller bentonit olarak adlandırılır. Montmorillonitte Si/Al oranı yaklaşık 7:1'dir. Dolayısıyla illite göre daha da az alkali içerir. Ara tabaka çok gevşek bağlıdır, iyon değişme özelliği yüksektir. Bu yüzden seramik çamurda yüksek plastik etkisi sağlar. Ara tabaka çok su alır ve kuru haldeki Montmorillonit bünyesine su alarak ilk hacminin 16 katına kadar kristal iskeletini genişletebilir. Plastizitesi (zllğ) ve absorpsiyon (su emebilme) zelliği kaolinit, pyrophyllit ve talka oranla çok yüksektir. Aynı zamanda bu hammadde arzu edilmeyen tiksotropi (pelteleşme) zelliğinede sahiptir.

Montmorillonit minerali  tabakadan oluşmaktadır. Bu gruba giren kil minerallerinin genel yapıları kaolinit gibi alüminyum silikat olmalarına karşın ık farklı bir görünüm içindedirler. Montmorillonit içeren mineraller bentonit olarak ta adlandırılırlar. Yapılarına da Mg, Ca, Fe ve Zn gibi elementler taşırlar. Çok plastik olmalarına karşın taşıdıkları safsızlıklar nedeniyle pişme renkleri seramik ürünler için elverişsizdir. Gerektiği hallerde plastikliği arttırıcı olarak % 1-3 kadar kullanılır. Bu gruba giren mineraller montmorillonit (Mg, Ca) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, beidellit, saponit, nontronit, saukonittir. Yapısındaki Al, Fe ile yer değiştirdiği zaman nontronit, Mg ile yer değiştirdiği zaman da hektorit, saponit ve saukonit adları ile anılır. Montmorillonit 1, nontronit 2,5 Mohs sertliğine sahiptir. Kaolinitin iki tabakalı mineral yapısına karşın, montmorillonit kil minerallerinin özelliği, üç tabakalı mineral yapısında oluşlardır.

Montmorillonitin ideal formülü olarak $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = 36\text{O}$ kabul edilirse, bunun % 28,2 Al_2O_3 , % 66,8 SiO_2 ve % 5 H_2O bileşiminde olduğu saptanır. Pişmiş durumda bu oran, % 29,8 Al_2O_3 ve % 70,2 SiO_2 olarak belirlenir.



Şekil 2.5 Montmorillonitin üç tabakalı mineral yapısı (Arcasoy, 1983).

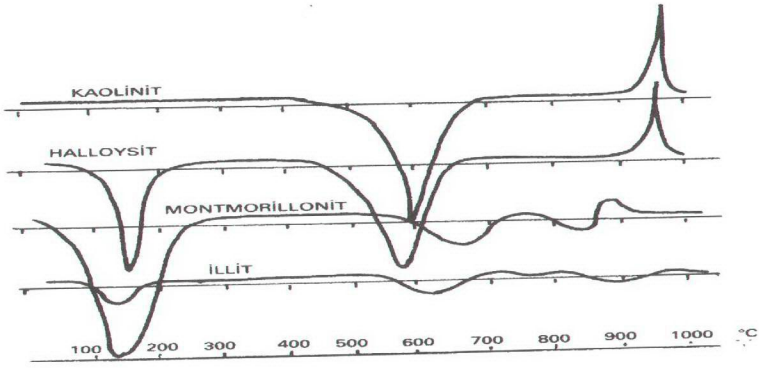
Genellikle bentonit formuna da sahip olan bu mineral emaye, sır ve çamurlarda plastiklik için kullanılır. Bentonitik yapılı kil mineralleri çok ince tanelidirler, % 40 dolayında < 0,06 mikron taneciğe sahiptirler. Bu sayı kaolinlerde % 0,5-1,5 killerde, % 5-20 arasındadır.

Elektron mikroskopla yapılabilen gözlemlerde, kaolinitin iyi oluşumu kristallerine karşın, montmorillonitin kristallerinin çok küçük, ince belirsiz şekiller ve zengin yüzeyler şeklinde olduğu izlenir.

2.1.2.4 İllit Grubu Kil Mineralleri

Yüksek oranlı kil minerallerinin grubu olan illitler, muskovit ($K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$) ve biotit ($K_2O \cdot 4MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O$) olarak çok tanınan glimmerlerden oluşurlar. İllitler glimmerlere oranla daha az alkalili olup, daha fazla suludurlar. Hidratize glimmer artıkları olarak adlandırılırlar. İllitler de, montmorillonit grubunda olduğu gibi, tetraeder-oktaeder-tetraederden oluşan kil tabakalı kil minerallerinin sınıfına girerler.

Glimmerlerin oluşumlarındaki zamana ve uzaklığa göre, bunlardan oluşan illitler de çok veya az ince taneli olurlar. Tuğla kiremit hammaddelerinin içinde bol bulunurlar ve karbonatlı yataklarda da çıkarlar. Mohs sertlikleri 2-3 arasındadır. İllit kristal suyunu montmorillonitte olduğu gibi düşük sıcaklıkta, 100 °C dolayında kaybeder.



Şekil 2.6 Çeşitli kil minerallerinin DTA eğrileri (Arcasoy, 1983).

Glimmer soylu killerin en önemlilerinden biri olan vermiculit, yumuşak talk görünüşlü bükülebilir yaprakçık dokusundan oluşan, bronz renkli bir kildir. En önemli özelliği, ani ısıtma sonucu, körük formu gibi patlayıp genişlemesidir. Bu özelliğinden dolayı yalıtım maddesi olarak kullanılır.

2.1.3 Kristal Yapılarına Göre Sınıflandırılması

Kil mineralleri kristal yapılarına göre bir sınıflandırmaya tabi tutulacak olursa aşağıdaki Çizelge 2.3'te görüldüğü şekilde, kristal tabakalarının oluşumuna göre sınıflandırılırlar. Bu kristal tabakaları tetraeder ve oktaeder tabakalarının bir biri ile yukarıdaki şekillerde anlatıldığı gibi ikili, üçlü ve dörtlü şekillerde bağlanması ile oluşur.

Çizelge 2.3 Killerin kristal yapılarına göre sınıflandırılması (Tuncer, G. 1997).

Tabaka	Grup	Cins
2 Tabakalı olanlar	Kaolinit Grubu a) Eş boyutlu olanlar b) Bir yönde uzamış olanlar	Kaolinit, Dikit Halloysit
3 Tabakalı olanlar	Smektit Grubu İllit Grubu Vermikulit Grubu	Montmorillonit Bediellit, İllit Vermikulit
4 Tabakalı olanlar	Klorit Grubu	Klorit
Zincir yapısı olanlar	Spiyolit	Sepiyolit Atapulgit Paligorskit

2.1.4 Killerin Endüstriyel Sınıflaması

Jeolojik Adlama	Endüstriyel Adlama	Ticari Adlama
Kil	-----	-----
Kil taşı	-----	-----
Kumlu kil	Beyaz pişen kil	Seramik kili
Plastik kil	Bağlayıcı kil	Bağlayıcı kil
Kaolin	Kaolin	Seramik kaolini
Halloysit	-----	Halloysit, Refrakter kil
Ateş-Refrakter kil	Refrakter kil	Refrakter kil
Ateş kili	Şamot kili	Şamot kili
Boksitli kil	Şamot kili	Şamot kili
Şiferton	Şamot kili	-----
Bentonit	Sondaj kili	Bentonit

2.2 Kil ve Kaolen Arasındaki Farklar

- Kaolenler primer oluşurlar. Yapısındaki yabancı maddeler az olduğundan tabii görünüşleri gibi pişme renkleri de beyazdır.
- Kaolen kristalleri kil kristallerinden daha büyüktür. Bu nedenle killer daha plastiktirler ve kuru mukavemetleri daha fazladır.

Çizelge 2.4 Çeşitli kil mineralleri ve kimyasal analizleri (Tanışan ve Mete, 1988).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	H ₂ O	Toplam
Kaolinit	46,90	37,40	0,66	0,27	0,29	0,84	0,44	0,18	12,95	99,92
Nakrit	44,75	39,48	0,53	0,19	0,13	0,34	0,22	-	14,40	100,04
Dikkrit	46,86	37,12	1,43	0,09	0,22	0,60	0,07	0,51	12,99	99,89
Halloysit	44,75	36,94	0,31	-	0,11	0,60	-	-	17,42	100,01
Anauxit	54,32	29,96	2,00	0,14	0,32	-	0,37	-	12,64	99,75
Nontronit	40,54	5,19	31,63	0,06	1,92	0,24	0,14	-	20,75	100,47
Klorit	31,44	17,62	-	37,64	-	-	-	-	13,19	99,89
Proklorit	23,69	21,26	26,52	17,60	3,22	-	-	-	7,63	99,92
Sepiolit	52,50	0,60	2,99	21,31	0,47	-	-	-	21,27	99,14
Attapulgit	57,85	7,89	2,82	13,44	0,30	0,08	0,53	-	16,95	99,86

- Kaolenlerin kristal büyüklüğü ve safiyeti ateşe dayanım kabiliyetini artırır. Bu nedenle killer daha çabuk sinerleşir. Kaolen ise ateşe daha dayanıklıdır ve pişme çekmeleri de kaolenlerden daha azdır.
- Kaolende kristaller tam şekillidir, killer de ise köşelerden kırılmalar olmuştur ve boyları daha küçüktür.

- Feldspatla karışmış olan kaolen sedimentasyon yolu ile ayrılır. Çeşitli kil mineralleri ve kimyasal bileşimleri Çizelge 2.4'te gösterilmiştir (Tanışan ve Mete, 1988).

Çizelge 2.5 Türkiye kaolen yatakları, tenör, kullanım alanları ve rezervleri (DPT, 1995)

Bulunduğu Yer	% Al ₂ O ₃	Kullanım Alanı	Rezerv (Gör+Mum) (Ton)	İşletilebilir R. Görünür (Ton)
Balıkesir-Sındırgı	13-33	İnce seramik, karo, refrakter, kağıt	70.000.000	25.000.000
Balıkesir-Ayvalık	15-32	Seramik ve karo fayans	1.000.000	500.000
Balıkesir-İvrindi	20-31	İnce ser. ve karo fayans	970.000	500.000
Balıkesir-Gönen	23-28	Seramik	150.000	50.000
Çanakkale-Çan	17-35	Seramik ve refrakter	5.000.000	2.000.000
Bursa-Kemalpaşa	20-24	Kağıt	1.000.000	1.000.000
İstanbul-Arnavut köy	15-35	Refrakter	800.000	
			78.920.000	29.050.000
Eskişehir-Mihalıççık	20-33	Seramik ve karo fayans	3.330.380	1.000.000
Bilecik-Söğüt	15-23	Seramik	1.000.000	500.000
Kütahya-Gevrenseydi	20-24	Kağıt	724.924	200.000
Kütahya-Altıntaş	20-31	Ser., karo, fayans, kağıt	1.206.000	500.000
Kütahya-Emet	20-30	Seramik, karo, fayans	1.070.286	100.000
Kütahya-Simav	20-24	Seramik, karo, fayans	370.000	50.000
Uşak-Karaçayır	11-21	Seramik, karo, fayans	800.000	500.000
			8.501.590	2.850.000
Kayseri-Felahiye	23-34	Seramik ve refrakter	450.000	20.000
Konya-Sağlık	15-30	Karo fayans ve seramik	607.000	100.000
Nevşehir-Avanos	18-33	Ser., elektro pors., karo	1.277.000	100.000
Niğde-Aksaray	15-32	Karo, fayans ve kağıt	1.500.000	1.000.000
			3.834.000	1.220.000
Trabzon-Araklı, Arsin	14-23	Karo, fayans	200.000	50.000
Rize-Ardeşen, Fındıklı	14-23	Karo, fayans	275.000	50.000
Giresun-Bulancak	12-24	Karo, fayans	7.785.000	2.000.000
Ordu-Ulubey	17-23	Kağıt	730.000	100.000
Diğerleri				700.000
			8.990.000	2.900.000
GENEL TOPLAM			100.245.590	36.020.000

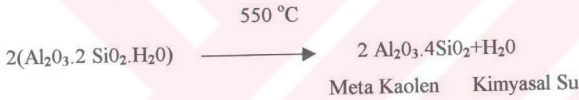
2.3 Kaolende Isı İle Oluşan Reaksiyonlar

Artan sıcaklık karşısında bir hammaddenin bünyesinde oluşan reaksiyonları Diferansiyel Termal Analiz (DTA) ve Termal Gravimetre (TG) metotlarıyla izlemek mümkündür. Bu metotta hammadde numunesi gittikçe artan bir şekilde ısıtılarak, sıcaklığın artmasıyla hammadde bünyesinde oluşan reaksiyonlar (DTA eğrisinde) ve bunların sonucunda

hammadenin ağırlığındaki azalmalar hakkında (TG eğrisinde) çizilen eğrilerle bilgi sahibi olunur. Eğer hammadenin bünyesinde oluşan reaksiyon ısı alan ise, DTA eğrisinde aşağı doğru bir pik, ısı veren ise, yukarı doğru bir pik şeklinde görülmektedir. TG eğrisinde ise, hammadde bünyesindeki reaksiyonlar sonucunda (organik maddelerin yanması, kimyasal bağlı suyun uçması, karbonatların bozularak gaz halinde çıkmaları) oluşan ağırlık azalmaları eğrinin aşağı doğru kaymasıyla gösterilmektedir. Kaolenin gittikçe artan sıcaklıklarda bünyesinde oluşan reaksiyonlar bu iki metotla incelendiğinde oluşan reaksiyonları şöyle sırlayabiliriz.

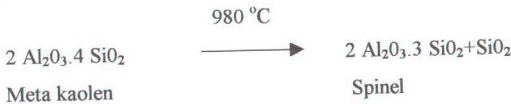
100-200 °C= Bünyede fiziksel olarak bağlı olan ve tamamen kurutulup uzaklaştırılmış şekillendirme suyunun uzaklaşması. DTA eğrisinde bu sıcaklıklar arasında ısı alan reaksiyon, TG eğrisinde ise azda olsa ağırlık azalması gözlenmektedir.

450-600°C= DTA eğrisinde kuvvetlice bir ısı alan reaksiyon piki görülmektedir. Burada kaolenin bünyesinde kimyasal bağlı olan suyun ayrışma reaksiyonu olmaktadır.

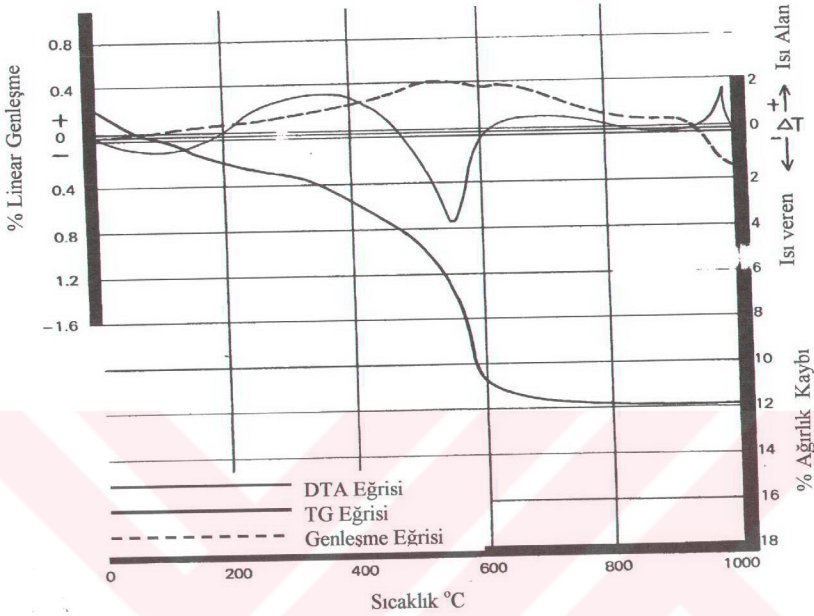


Yine bu sıcaklık aralığında TG eğrisinde, kimyasal bağlı suyun uzaklaşmasıyla hızlı bir ağırlık kaybı görülmektedir. İdeal bir kaolinit mineralinde ağırlıkça %13,9 oranında kimyasal bağlı su bulunmaktadır. Bunun tamamı ayrılarak gaz halinde bünyeden uzaklaşır. Yerine (2 Al₂O₃, 4 SiO₂)'den oluşan meta kaolen kalır. Bu artık kuvars, feldspat gibi özgül bir yapıdadır. Tekrar su ile plastik hal almaz. Geriye dönüşü olmayan bir reaksiyondur.

900 -1000 °C=DTA eğrisinde bu aralıkta ısı veren bir reaksiyon görülmektedir. Bu aralıkta meta kaolinden bir molekül (SiO₂)ayrışarak, geriye (2 Al₂O₃, 3 SiO₂)'den oluşan spinel kalmamaktadır.



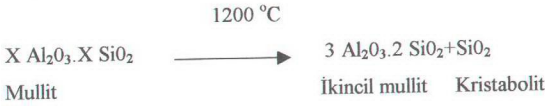
Burada ve bu sıcaklıklardan sonra oluşan reaksiyonlarda ayrılan SiO₂'ler gazlaşıp bünyeden ayrılmayıp cam fazı içinde kaldığı için TG eğrisinde herhangi bir ağırlık azalması görülmemektedir.



Şekil 2.7 Sıcaklıkla kaolende oluşan reaksiyonlar (Kaolenin TG ve DTA eğrileri).

900 °C'ye kadar kimyasal bağlı suyun dışında görülen ağırlık azalmaları, azda olsa bünyede bulunan organik maddelerin yanması ile karbonatlar (CO₂) ve sülfatların gazlaşarak ayrışması sebebiyledir. Şekil 2.7'de kaolenin DTA, TG ve Genleşme eğrisi görülmektedir.

1200 -1400 °C= Bu bölgede yine ısı veren reaksiyon görülmektedir. Mullit ve kristabolit oluşumu devam eder.



Hammaddelerin ve seramik bünyelerin DTG ve TG yöntemleriyle incelenmesi sonucu oluşan reaksiyonlar dikkate alınarak fırınlarda uygun pişirme yöntemleri ve eğrileri geliştirilerek sağlıklı bir pişirme yapılır (Lawrence, 1972).

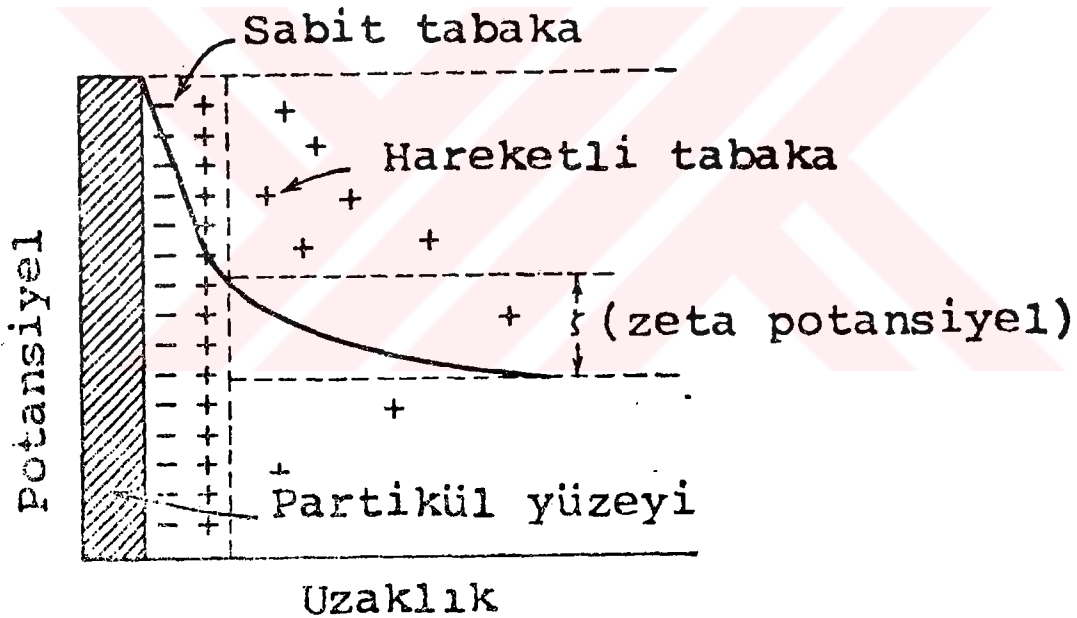
2.4 Killerin Seramik Sanayindeki Önemi

Killer seramik bünye reçetelerinde plastik özelliklerinden dolayı önem kazanmaktadır. Killerin plastikliği; su ile yoğrularak kolayca şekillendirilmeleri ve kuruyunca sertleşerek bu şekillerini koruyup bir kuru dayanım özelliğine sahip olmalarıdır. Killerin plastikliği kristallerinin ince pul gibi levhacıklar şeklinde olmasından ileri gelir. Bu levhacıklar kil içerisinde üst üste birikmiş paketler halinde bulunur. Killere su ilave edildiğinde su levhacıklar arasına girer çamur haline gelen kil bir taraftan basıldığında levhacıklar birbiri üzerinden kayarak şekil alırlar. İki cam levha ıslatıldığında nasıl bir biri üzerinden kayıyorsa, böyle levhacıklar şeklinde olan kil kristalleri de aynı şekilde kaymaktadır. Killerin plastikliği işlenebilir bir çamur haline getirmek için verilmesi su miktarı ile tayin edilir. Kil çamur oluncaya kadar ne kadar az su emerse o kadar plastiktir. Bu özelliklerinden dolayı killer, seramik reçetede kuvars ve feldspat gibi diğer hammaddeleri de bağlayarak, reçetenin şekil almasını sağlayarak bu ham şekle belli bir kuru dayanım kazandırır. Bu plastiklik özelliği kil dışında diğer hammaddelerde bulunmamaktadır. Killerin diğer önemli bir özelliği de sulu ile kolloid çözelti oluşturmalarıdır. Bazı çok küçük taneli cisimler suda tuz ve şeker gibi erimedikleri halde uzun müddet yüzerek çökmeden durabilme özelliğidir. Bu tanecikler normal mikroskopla bakıldığında görülmezler tane büyüklükleri 0,1 – 0,01 mikron arasında olduğundan ancak elektron mikroskobu ile görülebilirler. Filtre kağıdından süzülünce kağıttan geçerler bu tip çözeltilere kolloid çözelti denir. Kolloid çözeltiler kurutulduğunda, kaynatıldığında veya kimyevi maddeler ilave edildiğinde yumaklaşarak pelte halinde çökerler. Bu olaya flokülasyon denir. Kolloid çözeltinin suda çökmeden durabilmesi elektrikle yüklü olmasından ileri gelir. Aynı cins elektrikle yüklü iki tanecik bir birini ittiğinden yan yana gelip çökmez. Killer su ile karışınca çok küçük tanecikleri negatif elektrikle yüklenirler. Bazı kimyasal maddeler (elektrolit) ilavesiyle bu kolloid hal daha da artırılır. Bu kimyasal maddelerin başlıcaları NaOH, Na₂CO₃ ve Na₂SiO₃ gibi suya hidroksit grubu veren maddelerdir. Bu suretle killer çok az suda bile yüzme olanağı kazanarak çok yoğun karışımlarda bile akışkan bir çamur meydana getirebilirler. Killerin bu özelliğinden döküm ile şekillendirmede çok faydalanılır. Döküm çamuruna ilave edilecek elektrolit miktarıyla çamurun viskozitesi arasında önemli bir ilişki vardır.

2.5 Killerin Kolloidal Özellikleri

Kil mineralleri katyonlar (Si⁴⁺, Al³⁺, Mg²⁺ ve diğerleri) ve anyonlardan (O²⁻ ve OH⁻) oluşup köşe, kenar ya yüzeylerinde kırık bağlar mevcuttur. Öğütme sırasında yüzey alanları artarken

kırık bağların sayısı da artmaktadır Kil-su süspansiyonları üzerine yapılan çalışmalar, sudaki OH^- iyonlarının kil parçacığının serbest yüzeyi tarafından adsorbe edildiğini ve böylece kil taneciklerinin negatif yüklü hale geldiğini ve bu yükün süspansiyon içerisindeki katyonları çekme eğilimi gösterdiğini ortaya koymuştur. Na^+ , Ca^{+2} , H^+ gibi katyonlar negatif yüklü kil tanecikleri tarafından çekilir. Bunun sonucu olarak partikülün hemen yakınında ve partikülü çevreleyen su ortamında pozitif yük bakımından zenginlik olmakta ve böylece yüzey yükü karşıt yüklerle dengelenerek elektriksel nötrlük sağlanmaktadır. Böylece kil-su süspansiyonunda (-) yüklü kil tanelerinin yüzeyinde (+) yüklü iyonlar bir tabaka şeklinde bağlanır ve bu oluşum çift tabaka olarak adlandırılır. Neticede , katı partikül-sıvı ara yüzeyinde, "Elektriksel tabaka" (Electrical double layer) meydana gelmektedir. Bu çift tabakaya Helmholtz tabakası denir. Kil taneciklerinin süspansiyon içerisindeki davranışları Helmholtz çift tabaka teorisiyle açıklanabilmektedir .



Şekil 2.8 Killerde çift tabaka ve zeta potansiyeli (Geçkinli, 1992).

Elektriksel çift tabaka, başlıca iki kısımdan oluşmaktadır (Şekil-2.8). Çift tabakadaki zıt yüklü iyonlar ara yüzeye elektrostatik olarak çekilir. Bu çekme, bir konsantrasyon farkı oluşturur. Bunun sonucu, iyonlar parçacık yüzeyinden konsantrasyonun daha düşük olduğu bölgeye yayılır (Polat, 1999).

Bu iki zıt olay (yayınma ve elektrostatik çekme) geçiş tabakasını oluşturur. Zıt yüklü iyonların konsantrasyonu, partikül yüzeyinde çok olup, katı-sıvı ara yüzeyinden itibaren tedrici olarak azalır. Geçiş tabakasındaki potansiyel değişim partikül yüzeyindeki değişime kıyasla daha hızlı azalarak sürer. Buradaki hızlı potansiyel düşüşe zeta potansiyeli denir (Geçkinli, 1992).

Zeta potansiyeli kil-su sistemlerinin kararlılığını belirleyen en önemli faktördür. Kil tane yüzeyindeki zeta potansiyel kil tanelerinin bir birini itme göstergesidir. H^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} gibi katyonlar ve diğer çok yüklü katyonlar Helmholtz çift tabakada kuvvetle adsorbe olurlar. Bu yüzden tabakalar arası mesafe etkin değeri küçük buna bağlı olarak zeta potansiyeli küçüktür. Na^+ , Li^+ ve K^+ gibi tek değerli alkali iyonların difüz tabakada kalma oranı daha büyüktür ve bu yüzden tabakalar arası mesafe büyük dolayısıyla da zeta potansiyeli büyüktür. Buna göre Na^+ , Li^+ ve K^+ gibi tek değerli katyonlar deflokülasyona, Ca^{+2} , Mg^{+2} gibi çift değerli katyonlar flokülasyona sebep olurlar (Krauskopf, 1985).

Zeta potansiyel ölçümleri ince taneli sistemlerde bir çok özelliklerin açıklanması için kullanılmaktadır, tane boyutu, tane şekline, pH ve bu tanelerin dağıtıldığı ortama bağlıdır. Zeta potansiyel ölçümü seramiklerde iyi bir seramik çamur hazırlayabilmek için uygun pH aralığının belirlenmesinde kullanılır. Stabil bir kil süspansiyonu için en az -50 mV'luk bir zeta potansiyele gereksinim vardır. Eğer Zeta potansiyel -10 mV altında olursa kil taneleri arasındaki çekme kuvveti fazlalaşır. Zeta potansiyeli 2-1'e göre hesaplanır.

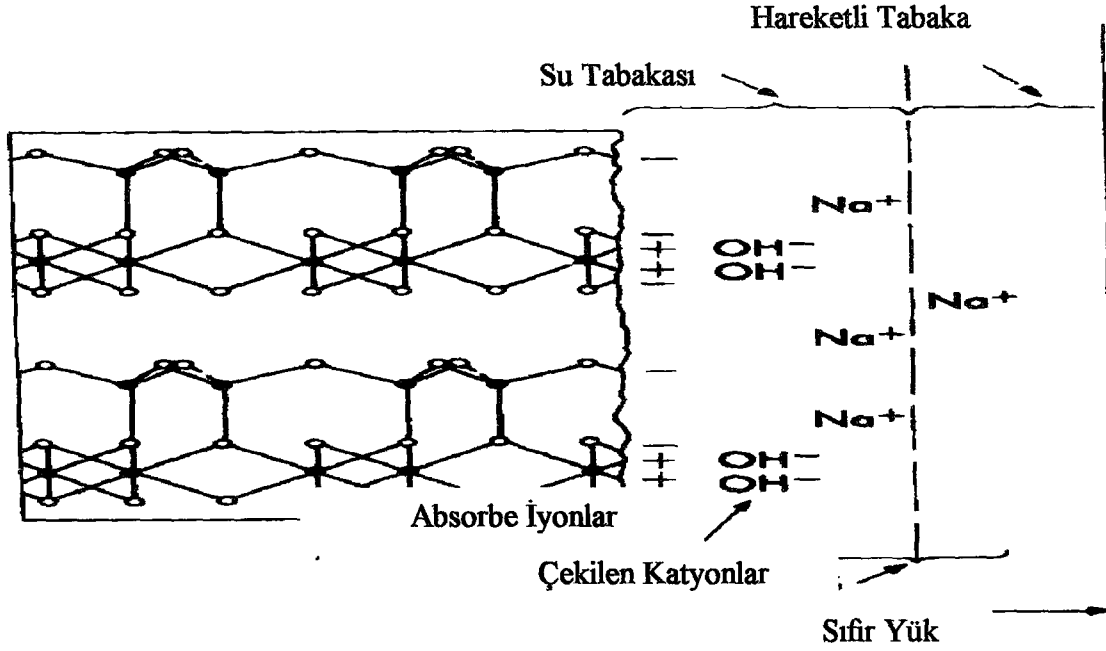
$$\xi = \frac{4 \Pi d \sigma}{D} \quad (2-1)$$

ξ = Zeta potansiyel

d = Çift tabaka kalınlığı (-) ve (+) yükler arası mesafe; zeta potansiyeli etkileyen en önemli faktördür.

σ = Kil yüzeyinde birim alandaki şarj

D = Ortam sıvının dielektrik sabitesi



Şekil 2.9 Kaolinit kristalinde kırık kenar bağlarına anyon ve katyonların bağlanması (Norton, 1973).

Doğal killer genelde ağırlık olarak Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları içerirler. Bu iyonlar iki değerli olduklarından negatif yüklü kil taneciklerinin yüzeyinde boşluk bırakırlar ve negatif yükler bu boşluklardan dışarı doğru etkili kalır. Bu yüzden iki değerlikli katyonlu kil tanecikleri bir birlerini çekerler ve plastik bir masse oluştururlar ve ancak çok yüksek su katkısı ile flokülasyon önlenabilir.

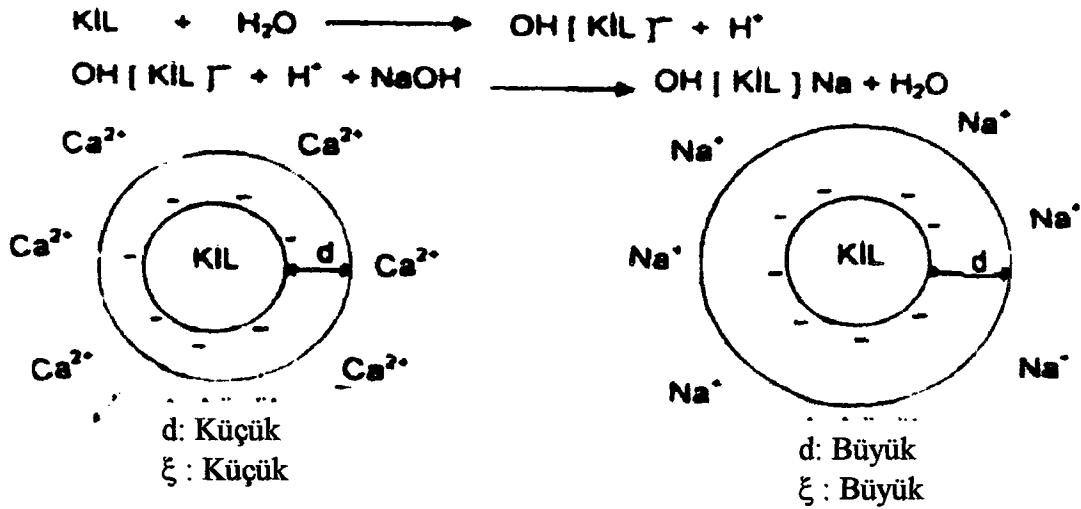
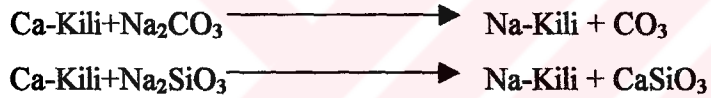
Tek değerlikli örneğin Na-iyonlu killerde ise her bir negatif yüzey yüküne karşı bir pozitif Na-iyonu bulunur, bundan ötürü yüzey iyi perdelenerek tane-tane etkileşim azalır. Na-iyonları toprak alkali iyonlarına karşın su içine çok daha etkin çözünür, kil taneciklerin etrafında difüz bir katyon tabakası oluşturur. Bu yüzden itici kuvveti (zeta potansiyel) büyüktür ve çökmeye kararlı bir yapı yaratırlar (deflokülasyon). Killerin niçin bazik ortamda açıldıkları sorusunun yanıtı koloidal kil taneciklerinin elektriksel özelliğinde saklıdır. H^+ iyonlu killer asidik veya nötr ortamda düşük enerji düzeyine sahip olup aralarında çekme kuvvetlerinin etkisiyle topaklaşarak çökerler. H^+ iyonlu killer neden düşük enerji düzeyine sahiptir, çünkü küçük ve hidratize olmayan bu iyonlar taneciklerin çevresinde kuvvetli bir şekilde absorplanırlar ve çok ince bir su filmi oluştururlar, bundan ötürü dikey bir potansiyel düşüş yaratırlar. Çökme anında belli boyuttaki bir su filmi tanecikler ile beraber hareket eder. Bu su filmi ile serbest çözelti arasındaki sınırda olan potansiyel, bir solüsyonun zeta potansiyelidir.

Killerin ölçülmüş olan zeta potansiyeli:

- Ca-kili	-10 mV
- H-kili	-20 mV
- Mg-kili	-40 mV
- Doğal kil	-30 mV
- Na-kili	-80 mV
- Calgona tabi tutulmuş kil	-135 mV

2.6 Killerde Elektrolitlerin Etkisi

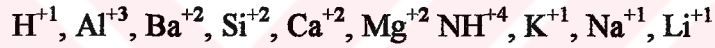
Killerin kolloidal özelliklerini arttırmak için kil su karışımlarına çok az miktarlarda elektrolit denilen Na_2CO_3 ve Na_2SiO_3 gibi alkali kaynağı yardımcı kimyevi maddelerde de ilave edilir. Bunların ilavesiyle killerdeki küçük zeta potansiyeline sahip Ca^{+2} , Mg^{+2} zeta potansiyeli küçük katyonlar Na^{+1} ile yer değiştirilerek ortamdan uzaklaştırılırlar.



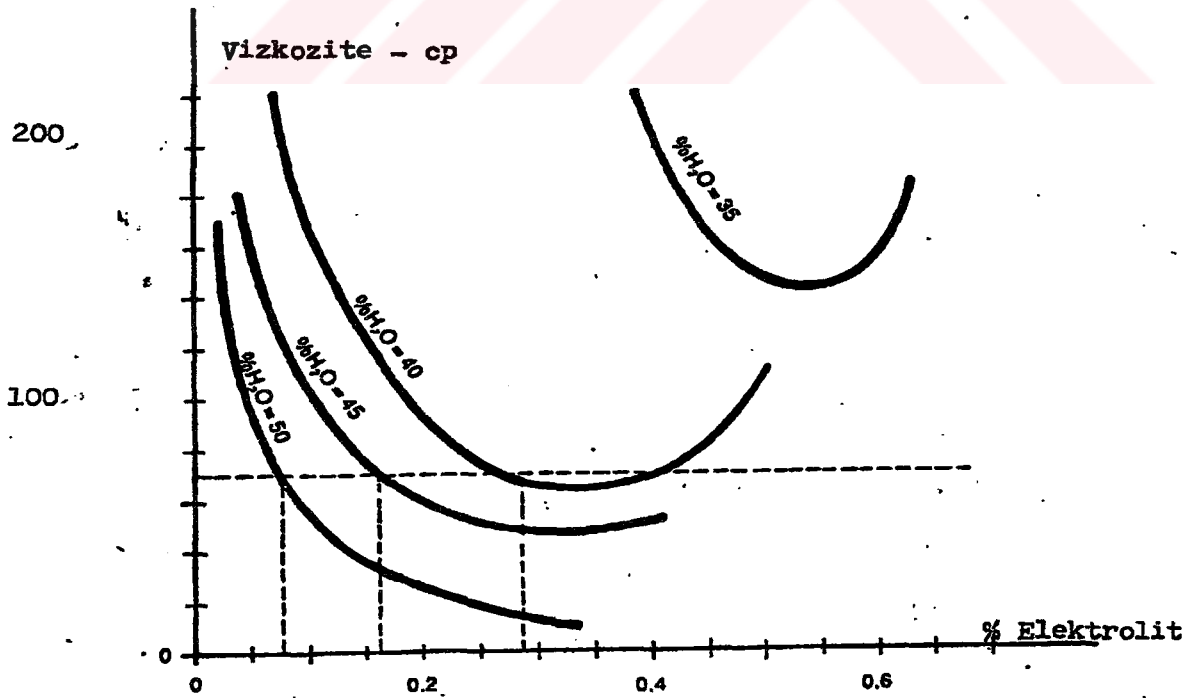
Şekil 2.10 Çift tabakanın büyümesi (Sazcı, 1999).

Böylece killerin çift tabaka kalınlığı ve dolayısıyla zeta potansiyeli artırılmış olunur (Şekil 2.10). Elektrolit ilavesiyle killerin pH değeri artırılarak bazik bir ortam sağlanmış olur. Hidroksil iyon konsantrasyonu arttığında taneciklerin bir birlerini itmesi kararlı hale gelir.

Çünkü partiküllerin üzerindeki negatif yük artar ve neticede partiküller arasında daha büyük itme kuvvetleri meydana gelir. Hidrojen konsantrasyonunun artması ise hidroksil iyonlarını nötr ederek kil partiküllerinin çökmesine neden olur. Uygun elektrolit ilavesiyle daha az miktarda su kullanılarak daha akışkan seramik çamurlar elde edilir (Şekil 2.11). Yalnız bu elektrolit ilavesi uygun bir oranda olmalıdır. Gereğinden fazla elektrolit ilavesi elektrolitlerdeki zıt yüklü iyonların (Na^+) partikül yüzeyi tarafından absorbe edilmesine ve böylece elektriksel çift tabakanın nötr olmasına sebep olur. Bunun sonucunda kil partikülleri bir birine yapışarak çökme meydana gelir. Hoffmeister'e göre, hidrojen iyonu hariç yükü ve atomik kütlesi büyük olan katyonlardan küçüğe doğru gittikçe zeta potansiyeli ve dolayısıyla partiküller arasındaki itme kuvveti artmaktadır. Hoffmeister serisi iyonlar sıralaması şöyledir;



Bu sıralamada hidrojene doğru flokasyon, lityuma doğru deflokülasyon özellik artmaktadır (Özen, 1990).



Şekil 2.11 Elektrolit %'nin viskoziteye etkileri (Sacmi, 1986).

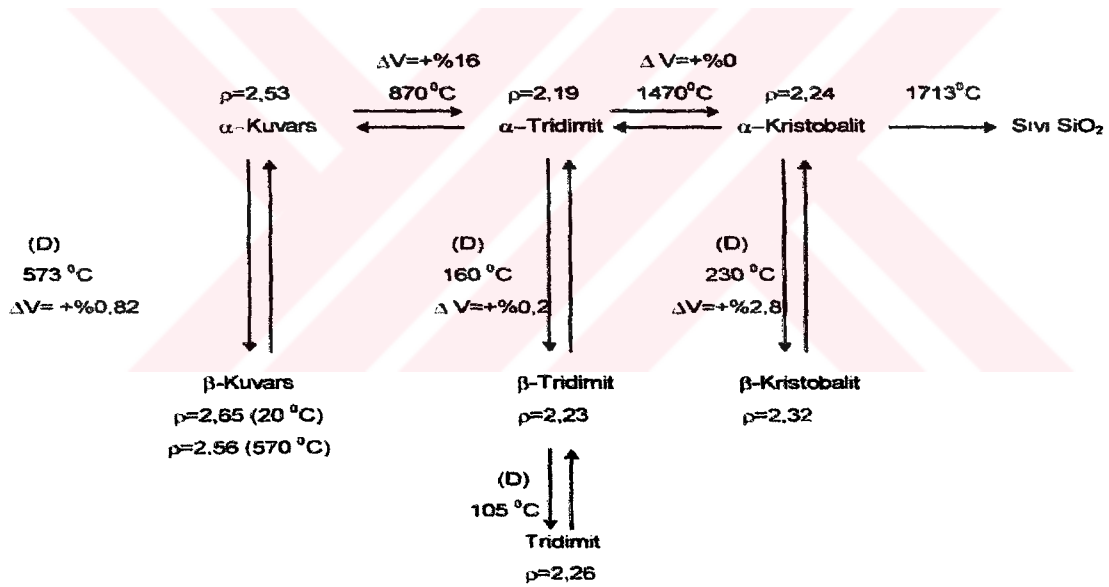
2.7 Kuvars

Yerkabuğunda en fazla bulunan kuvars minerali, SiO_2 bileşiminde ve $2,65 \text{ gr/cm}^3$ özgül ağırlığındadır. Sertliği 7 mohs olup, 1785°C gibi yüksek bir sıcaklıkta erir. Renksiz ve saydam olduğu kadar kırmızı, pembe, mavi, eflatun, ve beyaz renklerde de bolca mevcuttur.

Kuvars minerali en çok magmatik kayalarda bulunmakla beraber, sedimentasyon yoluyla veya metamorfizmayla da teşekkül edebilir (Önem, 1997).

Kuvars kristallerinin tabiatta üç ayrı polimorfu vardır.

- Kuvars
- Tridimit
- Kristobalit



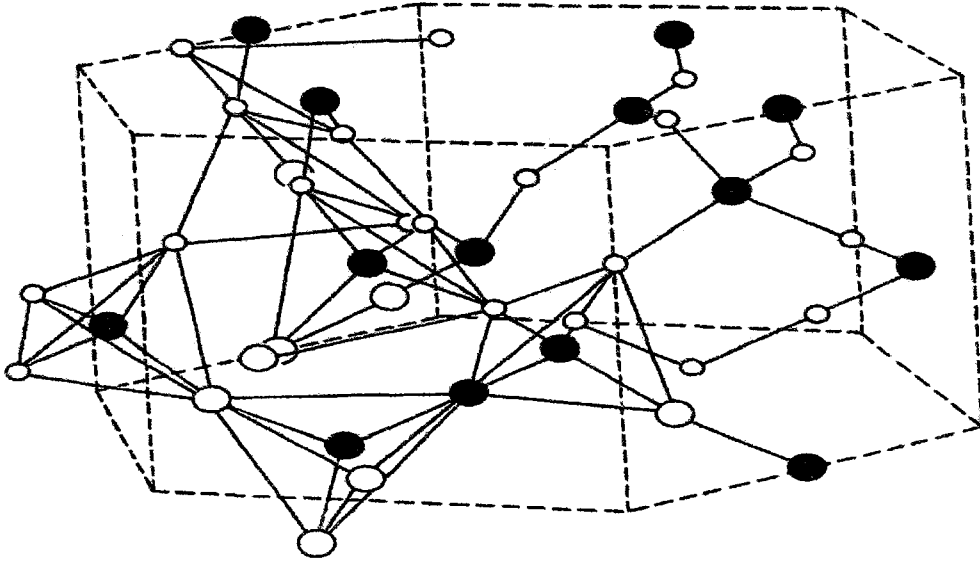
Şekil 2.12 Silikanın polimorfları (Kingery vd., 1975).

ρ = Yoğunluk (gr/cm^3)

ΔV = Hacim farkı

D= Yer değiştirme dönüşümü; atomlar arasındaki bağlar bozulmaksızın, atomların yer değiştirmesiyle gerçekleşen polimorfik dönüşüm.

Bu üç kristal şekli birbirlerine ve yine kendi aralarında daha farklı olan kristal yapılarına dönüşürler. Bu polimorfik dönüşümler Şekil 2.12 'de gösterilmiştir (Kingery vd., 1975).



Şekil 2.13 Kuvars kristali (Sacmi, 1986).

Seramik hammaddelerin hepsi ısı karşısında hacimce küçülürler. Oysa kuvarsta bu ısı dönüşümler sonucunda hacimce büyüme olur. Kuvarsın bu özelliğinden dolayı seramik ürünlerin pişiriminde dönüşüm sıcaklıklarında kritik noktalarda ısıtma ve soğutma hızlarına dikkat edilmelidir (Sümer, 1987).

Oda sıcaklığında kararlı yapıda olan β -kuvars 573°C 'de α -kuvarsa dönüşür. Yer değiştirme mekanizmasıyla ilerleyen bu dönüşümün gerçekleşmesi için ilave malzeme ve uzun zamana gerek yoktur. Dolayısıyla ısıtma ve soğutma aşamasında bu dönüşümün gerçekleşmesi engellenemez. Meydana gelen iç gerilmeden en az etkilenmek için fırında bu sıcaklık oldukça yavaş geçilir.

Kuvars 870°C 'de çok yavaş bir şekilde kararlı tridimit fazına dönüşür. Bu dönüşüm yeniden yapılanma mekanizmasıyla geliştiğinden yüksek aktivasyon enerjisi gerektirir. Dolayısıyla seramik ürünlerin pişiriminde bu dönüşüm gerçekleşmediğinden bu ve diğer dönüşümler problem teşkil etmez.

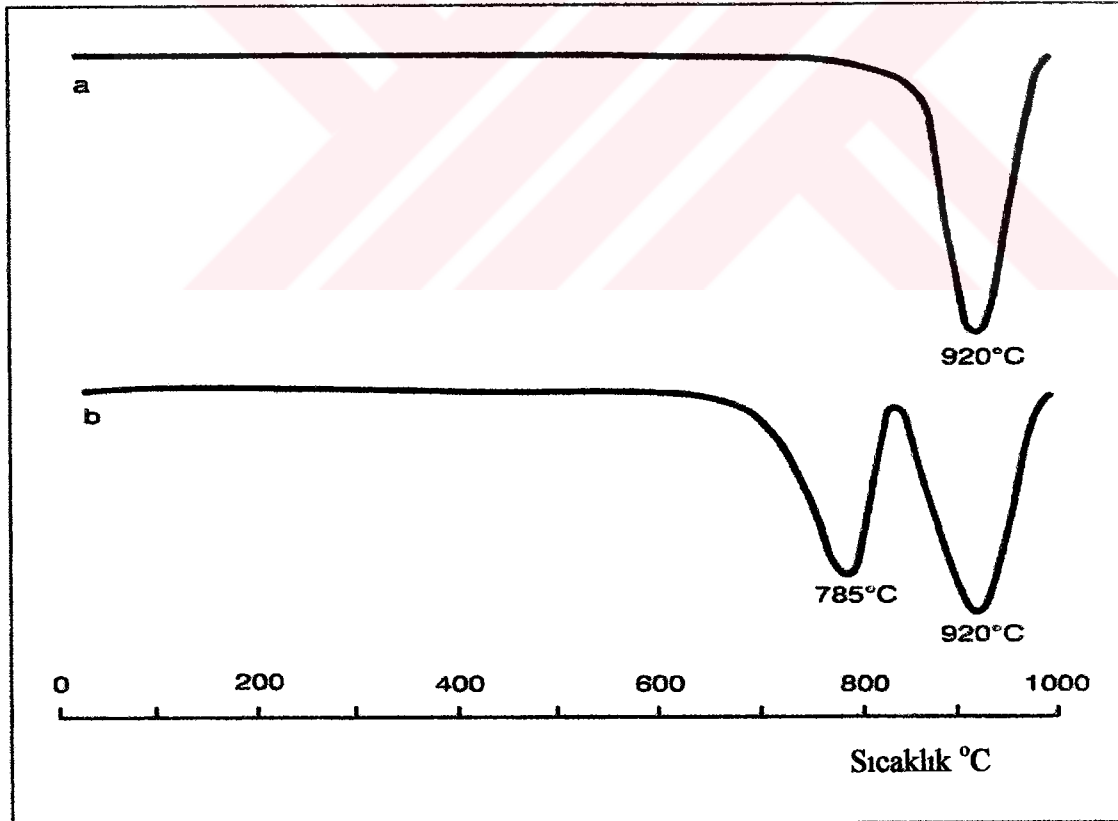
Kuvars seramik yapının kuruma küçülmesini azaltır, plastikliğini düzenlemeye yardımcı olur ve pişme sırasında deformasyon olmaksızın gaz çıkışını sağlar.

2.8 Dolomit

$\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$ formülü ile gösterilen dolomit 1.7'den daha küçük CaO:MgO oranına sahiptir. CaO içeriğinin artması durumunda karbonatlı dolomit ve dolomitli kireç taşlarına geçer

Dolomit başlangıçta kireçtaşı olarak çökelmiş bir kayaça daha sonra Mg^{++} ve Ca^{++} iyonlarının yer değiştirmesi yoluyla meydana gelir. Dolomitleşme olarak bilinen bu değişimin, deniz suyu etkisiyle CaCO_3 çökeliminden hemen sonra gerçekleştiği varsayılırsa da bazen katılaşmadan çok sonra yer altı suları içindeki magnezyumlu iyonların dolomitleşme olayını gerçekleştirdiği bilinmektedir. Dolomit ısıtıldığında önce 800°C civarında MgCO_3 daha sonra 900°C civarında CaCO_3 bozularak CO_2 bünyeden uzaklaşır ve geriye MgO ile CaO kalır (Şekil 2.14).

Mohs sertliği 3,5-4, özgül ağırlığı 2,85'tir. Camsı bir görünüme sahiptir. Renk genellikle pembemsi, renksiz, beyaz, gri, yeşil ve siyah olabilir.



Şekil 2.14 Kalsit ve Dolamitin DTA eğrisi (Siti, 1985)

Türkiye'nin önemli dolomit sahaları Gümüşhane, İzmir, Kocaeli, Zonguldak, Çankırı ve Aydın olarak gösterilebilir. Toplam dolomit rezervinin yaklaşık 15,8 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir. Dünyanın en zengin dolomit yatakları İsviçre, Kuzey İngiltere, Meksika ve ABD bulunmaktadır.

2.9 Mermer

Kireçtaşı, dolomit veya dolomitik kireçtaşı gibi karbonatlı kayaların gömülme metamorfizmasına uğraması sonucu mermerler oluşur. Ana mineralojik bileşen kalsittir. Tali olarak kuvars, mika, feldspat ve diğer silikat mineralleri ile demir oksit ve hidroksitler bulunabilir.

Mermerlerde %5 oranında karbonat dışı maddeler veya/ve mineraller bulunur. Ancak bu saflığı kaybediş mermerin değerini azaltmaktan çok arttırır. Zira araya giren yabancı maddeler veya mineraller, mermere özel renkler katar; çoğu zamanda dayanıklılığını fazlalaştırır.

Kalsitin sertliği 3 olduğu halde, sıkışmanın getirdiği bir artışla, mermerinki 3,5'tur. Mermerlerin yoğunluğu 2,7-3 gr/cm³'tür. Tek renkli mermere çok az rastlanır. Bu bakımdan, tamamen beyaz, siyah veya başka bir renkte olanlar çok değerlidir. Mermerin bileşimi CaCO₃ ile ifade edilir. CaCO₃, 900⁰C'de bozularak CaO ve CO₂'ye dönüşür (Şekil 2.14).

Jeolojik yapısı itibariyle Türkiye, çeşitli özelliklere sahip, zengin rezervli mermer yataklarının varlığına uygundur. Batı Anadolu, Kazdağ, Istanca, Kırşehir, Ilgaz ve Bitlis kristalin masiflerinin birini de mermerler oluşturmaktadır. Dünyanın en önemli mermer üreticileri ise İtalya, ABD, İspanya, Yunanistan ve Brezilya olarak gösterilebilir.

2.10 Wollastonit

Wollastonit doğal olarak bulunan kalsiyum silikattır. Kimyasal bileşimi CaSiO₃ şeklindedir. Triklinal sistemde kristalleşir. Saf halde iken beyaz, bej ve soluk yeşil, saf olmayan oluşumları gri veya kahve renklidir.

Yoğunluğu 2,87-3,09 gr/cm³, sertliği 4,5-5'tir. Erime sıcaklığı 1540 ⁰C'dir. Wollastonitin ayırıcı özelliği, iki yönde mükemmel dilinim gösteren iğne şekilli kristaller vermesidir.

Wollastonit kireç taşının normal basınç ve 450 °C sıcaklık şartlarında kireçtaşlarından aşağıdaki reaksiyonla oluşur.



Wollastonit seramik malzemelerde çatlama ve kırılmayı önlemektedir. Ayrıca rutubet genleşmesini düşürürken, kuruma ve pişme süresini azaltmaktadır. Türkiye'de wollastonit rezervleri Balıkesir, Çanakkale, Bursa ve Yozgat'ta bulunmaktadır.

Dünyada ekonomik olarak işletilen wollastonit yatakları ABD, Meksika, Güney Batı Afrika, Finlandiya, Rusya, İspanya ve Fransa'da bulunmaktadır. Dünya yıllık wollastonit üretimi 1.300.000 tondur (Kırıkoğlu, 1990).

2.11 Talk

Talk su içeren bir magnezyum silikat olup kimyasal formülü ; $\text{Mg}(\text{OH})_2\text{SiO}_3$ 'dur. Teorik olarak bileşimi % 63,3 SiO_2 , % 31,9 MgO ve % 4,2 H_2O şeklindedir.

Endüstriyel hammadde olarak değerlendirilen talk mineralizasyonları talkın yanı sıra birçok mineral, özellikle renksiz klorit içeren mineral karışımlarıdır.

Endüstriyel talkta beyazlık, yumuşaklık, şekil (lif veya yaprak), parlaklık, kayganlık, yağlama kabiliyeti, elektrik ve ısı yalıtımı, sıcaklığa karşı direnç gibi özellikler aranır. Talkın içindeki kükürt, sülfat mineralleri, Fe ve Mn oksitler talkın kalitesini düşürürler.

Seramik sektöründe kullanılan talkın CaO miktarı % 0,1-1, Fe_2O_3 oranı % 0,1-2,5 arasında olması istenir. Daha çok yapraksı talk tercih edilir (Temur, 1994).

Dünya talk üretimi yıllık 7 milyon 300 bin tondur. Türkiye talk rezervleri 1 milyon tona yakındır. En büyük rezervler Eskişehir, Mihallıççık – Sazak'tadır (Kırıkoğlu, 1990).

3- ALKALİLİ HAMMADDELER

Alkalili hammadde dendiğinde; bünyesinde K_2O , Na_2O , CaO bileşikleri içeren hammaddeler aklımıza gelmektedir. Bunların asıl kaynağı feldspatlardır. Feldspatlar tabiatta saf halde bulunmazlar. Değişik minerallerle bir arada bulunarak, seramik sanayi için gerekli olan alkalili hammadde kaynaklarını oluştururlar.

Seramik ve cam sektörü için feldspatların ve alkali hammaddelerin ergime derecelerinin büyük önemi olup, sıcaklık karşısında eriyen bu hammaddelerin, birlikte karışım halde bulunan diğer hammaddeleri de etkileyerek karışımın pişme ve ergime derecesinin düşmesini sağlamaktadır.

Saf feldspatların kimyasal analizleri ve fiziksel özellikleri çizelge 3.1'de sunulmuştur. Ca feldspat, yani anortit yüksek ergime derecesinden ve nadir bulunmasından dolayı pek tercih edilmez. Bu hammaddelerden potasyum feldspat olan ortoklas ve sodyum feldspat olan albit, birkaç cins feldspat mineralini içinde bulundurur. Bu nedenlerle teorik formüllere ulaşmak mümkün değildir. Ayrıca bu sektörde hiç istenmeyen mika (muskovit ve biyotit), turmalin, granat vb. mineraller kaliteyi etkileyen en önemli unsurlar olup, bunların bir arada bulunmasıyla oluşan alkali hammaddeler ticari olarak feldspat, feldspatik kum, pegmatit, nefelin, siyenit, granit ve alkali tüf olarak adlandırılarak yaygın olarak kullanılırlar (YMGV, 1999a).

Çizelge 3.1. Bazı saf feldspat minerallerinin kimyasal bileşimi ve ergime sıcaklığı (YMGV, 1999a).

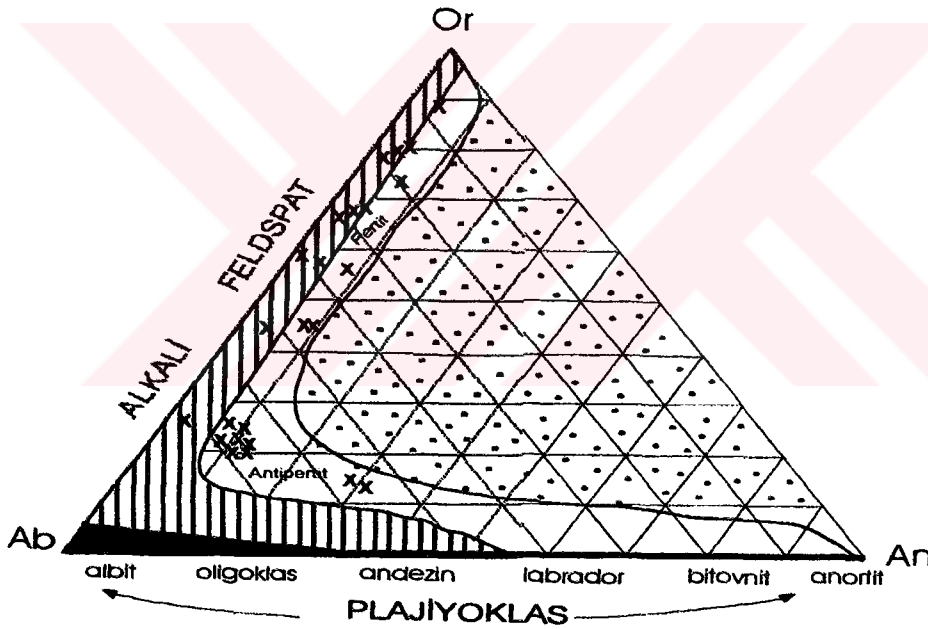
	Na_2O	K_2O	CaO	Al_2O_3	SiO_2	Kimyasal Formül Özgül Ağ. (gr/cm^3)	Ergime Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
Albit Sodyum Feld.	11,8	-	-	19,74	68,8	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ 2,61	1100-1225
Ortoklas Potasyum Feld.	-	16,9	-	18,4	69,7	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ 2,56	1150-1250
Anortit Kalsiyum Feld.	-	-	20,1	28,6	43,3	$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ 2,70	1500-1550

3.1 Feldspatlar

Feldspatlar, yeryüzündeki kayaları oluşturan mineral grubunun en önemlilerinden biridir.

Feldspatlar yer kabuğunun %60'ını oluştururlar ve bu haliyle yeryüzünde en yaygın olarak bulunan bir mineral grubunun adıdır (Hızal, 1997).

Feldspat deyimi, İsveç dilinde "Feld" ve "Spat" sözcüklerinden türemiştir ve kimyasal olarak Na-K-Ca içeren Alüminasilikat kümesini kapsar. Bu grup magma kayalarının en yaygın mineralini oluşturur. Bu nedenle magma kayalarının sınıflanmasında ana bileşenlerden biri olarak kullanılmaktadır. Bu mineral grubunun en bol olduğu kaya pegmatittir. Damar dolgusu olarak da çok yaygındır. Gnays ve şist gibi metamorfik kayaların da ana minerallerindendir. Rejyonel ve kontak metamorfik kayalarda da boldur. Feldspatlar fiziksel çözünme ve kimyasal ayrışmaya eğilimli bir mineral grubudur. Bu nedenle kırıntılı (detritik) çökel kayalarında, dayanıklı olan kuvarsa göre ikincil mineral konumundadır. Sadece killi ve kireçli çökel kayalarında tali miktarlarda yer alırlar.



Şekil 3.1 Feldspat grubu minerallerin, feldspat üçgeni içindeki yerleri (YMGV, 1999a).

Feldspat, kimyasal bileşim bakımından bir alüminyumlu silikattır . Bu elementler (Al, Si) değişik miktarlarda K, Na ve Ca ile bağlanarak bir kafes yapısı (tektosilikat) oluşturur. Feldspat grubu; köşelerinde $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (Albit; Ab; soda spar), KAlSi_3O_8 (K-feldspat; Or; ortoklas) ve $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (Anortit; An; Ca spar)'ın yer aldığı üçlü bir sistem oluşturur (Şekil 3.1). Bu üçgenin tabanında; Ab ile An arasında yer alan kısım plajiyoklas, Ab-Or arasında yer alan kesim ise alkali feldspat olarak bilinir. Bu üç üye birbirleri ile bazı oranlarda ve bazı koşullarda karışabilmektedir. Örneğin karışma, Plajiyoklas grubunda tamdır. Ancak Na ile

K-feldspat üç üyeleri arasında gelişemez. Bu nedenle doğada her oranda karışarak oluşmuş bir feldspat mineraline rastlamak mümkün değildir. Diyagramdaki noktalı bölgeler feldspat minerali geliştirmeyen bileşim alanlarını göstermektedir (Şekil 3.1) (Smith ve Brown, 1992).

Çizelge 3.2 Feldspat mineralleri ve özellikleri (YMGV, 1999a).

ADI	Formülü	Renk, Parlaklık	D	H	Sistem Habitüsü	OLUŞUM
ALBİT Latince "Albus" "Beyaz" sözcüğünden türemiştir	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	Renksiz, Beyaz, akçıl; saydam, yarısaydam; camsı, inci	2,6 2,62	6 6,5	Triklinik; yassı, masif, taneli	Asit ve ortaç magmasal kayalar, pegmatitler, albitler, albitize granit, alkalın kayalar, gnays, kristalize şist, andezit, siyenit
ANORTİT Grekçe "Eğik" Sözcüğünden türemiştir	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	Renksiz, Beyaz, akçıl; Pembemsi; Kırmızı; Saydam; Yarısaydam; camsı	2,74 2,76	6 6,5	Monoklinik kısa prizmatik, bloksu	Bazik sokulum ve volkanik kayaçalarda, gabro anortozit, norit, bazik lavlar
MİKROLİN Grekçe "Eğik" "küçük" "Klein" "eğik" sözcüğünden türemiştir. Dilinimi eğik olduğundan.	KAlSi_3O_8	Beyaz, akçıl, gri, pembemsi; Saydam; Yarısaydam; camsı	2,56	6 6,5	Triklinik, kısa prizmatik, masif taneli bloksu	Asit magmasal kayalar, pegmatitler, granit, siyenit, kristalin şistler, dokunak kuşakları, hidrotermal aralıklar
ORTOZ Grekçe "Orto" "dik" "klasis" kırıklı, dilininlerin dik olmasından ötür99ü	KAlSi_3O_8	Renksiz, beyaz, gri, sarı, kırmızımsı, yeşilimsi, saydam, yarısaydam, camsı, inci	2,55	6 6,5	Monoklinik, kısa prizmatik, bloksu, masif taneli	Asit magmasal kayalar, granit, siyenit, felsit, pegmatit, cevherli aralıklar, feldspatik, kumtaşı, arkoz, başkalaşım kayalar

Feldspatlar endüstride yaygınca kullanılan bir mineral grubudur. Bu grubun ekonomik olarak kullanılan mineralleri, üçgenin köşelerine sahip olanlarıdır. Feldspat çoğunlukla prizmatik biçimli kristallenen, köşeli küçük taneli bir mineraldir. 6-6,5 sertliği, yaklaşık %90 parlaklığı,

1.52-1.54 (K-peldspat) - 1.53-1.59 (plajyoklas) arasında değişen kırılma indisi, foto reaktivitesinin olmaması, serbest silis miktarının düşük ve ince-taneli olabilme özelliklerine sahip olması ile bir dolgu malzemesi olarak kullanılır. Çizelge 3.2'de feldspatların bileşimleri ve özellikleri kısaca açıklanmıştır. K-feldspatın üç minerali vardır. Bunlardan, ortoklas derin magma kayalarında, mikrolin daha sığ derinlikte katılaşılan magma kayalarında, sanidin ise volkanik kayalarda görülür. Bu grubun K-içeriğinin %10'dan daha fazla olanı ekonomik değeri taşıır. Plajiyoklasda ise Na_2O miktarının % 7 ve üstünde olması istenir. Aplit, pegmatit alaskit ve plajiyogranit, feldspat işletme amacına uygun olan kayalardır (YMGV, 1999a).

3.2 Bulunuş Şekli

Alkalili hammaddeler, yer kabuğundaki bir çok magmatik, metamorfik ve sedimanter kayacın bileşiminde büyük ölçüde bulunması dolayısıyla ticari olarak çeşitli kaynaklardan üretimi veya feldspat oranı yeterli olduğu takdirde bu kayaların direkt olarak sanayide kullanımı mümkün olmaktadır. Alkali hammadde kaynağı olarak halen yaygın olarak kullanılan kayaların türleri şunlardır.

3.2.1 Pegmatitler

Potasyum feldspatın hakim mineral olarak bulunduğu ve ayrıca başka ekonomik mineraller de içerebilen, kaba taneli magmatik bir kayadır. Genellikle granit-granodiyorit bileşimli kayalarla ilişkili olarak bulunur. Ayrıca metamorfik provenislerde de bulunmaktadır. Sanayide direkt olarak veya zenginleştirmeyi müteakip kullanılmaktadır.

3.2.2 Aplitler

Mineralojik olarak, damar kayacı şeklinde ve granit bileşiminde bir kayanın dokusunu; ticari olarak ise, büyük ölçüde albitten oluşan feldspatik bir damar veya dayk kayacını ifade eder. Kaolinleşmiş türleri de sanayide kullanılmaktadır. Bunlar da granitik kayalarla ilişkili olarak oluşmuşlardır.

3.2.3 Feldspat Filonları

Granitik kayaların kendi bünyeleri içinde veya kontakt halindeki yan kayalarda enjeksiyon damarları halinde oluşmuş feldspatça zengin sokulumlardır. Çok zengin tenörlü Na veya K-Feldspat içerirler, impürite oranları daha düşüktür.

3.2.4 Nefelinli Siyenit

Silisce fakir kristalin bir kayaç olup albit ve mikroklin türü feldspat ile nefelinden oluşur. Az miktarda mafik silikatlar ve diğer aksesuar mineralleri içerir. Dünyada geniş yayımlıdır. Ancak ticari olarak halen Kanada, Norveç, SSCB ve ABD'de işletilmektedir. Kanada'da 1930'larda, Norveç'de ise 1950'lerde işletilmeye başlanmıştır. Serbest silis içermemesi, yüksek alkali ve alümine içerdiği, yüksek ergitme gücü ve dar erime aralığı, cam endüstrisine ideal uyum gösteren karakteristiklerdir. Bu mineralin feldspata kıyasla daha yüksek alümina ve alkali katılımı anlamına gelmektedir. Kayacın endüstriyel özelliklerini temin eden nefelin minerali $\text{Na}_3\text{KAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$ kimyasal bileşimine sahip, $\text{Na/K}=3/1$ olan, hekzagonal sistemde kristallenen, Mohs sertliği 5,5 - 6 ve özgül ağırlığı $2,5 - 2,7 \text{ gr/cm}^3$ olan bir mineraldir. Nefelinli siyenit, Türkiye açısından da potansiyel feldspat kaynağı olarak istikbal vaad etmekte olup, Kırşehir masifindeki sodalitli siyenit ve miyaskit türü kayaçlar, zenginleştirme çalışmaları sonucunda Norveç nefelinli siyenitine eşdeğer alkali zenginleşmesi ve demir oksit/karbonat impüriteleri alt limit değerlerinde oldukça iyi verimle kazanılmış bulunmaktadır.

3.2.5 Riyolitik Tüfler

Volkanik aktivite esnasında etrafa yığılan tuf ve lav akıntılarının beraber soğuması sonucu oluşan bu tür volkanik kayaların faylanması ve yüzey-yeraltı sularının etkisiyle yıkanması sonucu bir alkalili malzeme olarak vazgeçilmez bir seramik hammaddesidir. Bünyelerinde bulunan Fe, Ca ve Mg bileşikleri sayesinde ergime dereceleri feldspatlardan daha düşüktür (Baykal, 1987).

3.2.6 Feldspatik Kumlar

Doğal veya işlenmiş halde feldspat ve kuvars karışımından oluşmuş kumlardır. Feldspatça zengin kayaçların erozyonu ve taşınım depolanması sonucu oldukça zengin plaser yatakları oluşabilir ve büyük rezerv arz edebilir.

Bazı pegmatitik metalik maden işletmelerinde zenginleştirme sırasında yan ürün olarak da elde edilmektedir. Bu tür feldspat kumları kaolinlerin yıkanması sırasında da açığa çıkmaktadır.

3.2.7 Altere Granitler

Granitik kayaçların atmosferik şartlar altında veya hidrotermal etkilerle belirli ölçüde alterasyonu sonucu, içerdiği feldspatlarda kaolenleşme gelişir ve kayaç bünyesindeki mafik mineraller belirli ölçüde uzaklaştırılarak demir oksit impüritesi azalır.

Saf feldspat kaynaklarının son yıllarda rezerv yönünden darboğaza girme eğilimi göstermesi neticesinde söz konusu granitlerin seramik sanayiinde değerlendirilmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır (YMGV, 1999a).

3.3 Alkalili Hammadde Kaynakları

3.3.1 Dünyada Mevcut Durum

Dünya alkalili hammadde kaynağı olarak granitler, pegmatitleri , nefelinli siyenitler, feldspatik kumlar itibara alınmaktadır.

Çizelge 3.3 Dünya Rezervleri (Yılmaz, 1999; YGMV, 1999a; YGMV, 1999b)

Kıta Adı	Rezerv (x 10 ⁶ ton)
Kuzey Amerika (Kuzey Carolina)	200
Güney Amerika	200
Avrupa	250
Afrika	200
Türkiye	1,192
Asya	500
TOPLAM	2,542

Ülkemiz için bu hammadde çeşitlerinin tamamı için toplam rezerv verilmiştir . Kaynakların bolluğu nedeniyle dünya feldspat rezervlerinde rakamsal değer bulmak mümkün olmamaktadır.

Dünya literatüründe de bu kaynaklardan bahsedilmekte ve kesin rakamlar verilememektedir. Dünya rezervlerinin kıtalara göre dağılımı kaba bir fikir verebilir .

3.3.2 Türkiye'de Durum

Çizelge 3.4 Ülkemizde alkalili hammadde potansiyel rezervleri (Fiederling H. ve Kapteinat, G.,1993; Kırkoğlu, 1994; Yılmaz, 1999; YMGV,1999a; 1999b).

Yer	Tip	Rezerv (Ton)
Aydın-Çine	Potasyum Feldspat	5.000.000
Kütahya-Simav	Potasyum Feldspat	38.350.000
Manisa-Gördes	Potasyum Feldspat	4.075.000
Manisa -Demirci	Potasyum Feldspat	2.500.000
Ankara-Beyazır	Potasyum Feldspat	1.150
Kırklareli-Üsküp	Potasyum Feldspat	10.800
Toplam		49.973.052
Çanakkale-Çan	Aplit-Pegmatit-Tüf	20.000.000
Bilecik-Bozüyük	Aplit-Pegmatit	167.000
Bilecik-Söğüt	Aplit-Pegmatit	500.000
Bilecik-Hamtobat	Aplit-Pegmatit	275.000
Bilecik-İnhisar	Aplit-Pegmatit	10.000
Balıkesir-Bandırma	Aplit-Pegmatit	20.500
Söğüt-Sarıcakaya	Aplit-Pegmatit	200.000
Toplam		71.145.552
Istranca Masifi	Pegmatit	Tespit Yapılamamıştır
Kırşehir Masifi	Siyenit-Nefelinli siyenit	400.000.000
Artvin	Granit ve pegmatit	370.000.000
Bitlis	Albit gnayslar ve albit	Tespit Yapılamamıştır
Kayseri-Yalıkavak	Feldspat kumu	Tespit Yapılamamıştır
Toplam		770.000.000
Aydın-Çine	Sodyum Feldspat	100.000.000
Muğla-Milas	Sodyum Feldspat	100.000.000
Toplam		200.000.000
Bursa-Orhaneli	Nefelinli siyenit	30.000.000
Bilecik	Albit (Orta kalite)	50.000
Toplam		30.050.000
Genel Toplam		1.192.314.156

Potasyum kaynakları Çine bölgesinde pegmatit damarları şeklinde bulunmakta olup damarlar içerisinde 1. kalite ve 2. kalite olarak K_2O oranlarına göre üretim yapılmaktadır. Pegmatitlere bağlı olarak işletilen ikinci bölge; Kütahya-Simav ve Demirci bölgesi olup bunlarda kalitelerine göre üretim yapılmaktadır. Bu bölgedeki üretim, Çine bölgesine göre daha azdır. Potasyum feldspat rezervlerimiz 50.000.000 ton civarındadır. Üretimi ise 20.000 ton/yıl kadardır.

Ayrıca potasyum kaynağı olarak Türkiye'de pegmatit ve aplit damarları işletilmekte; masseye uygun nitelikte feldspat konusunda Bilecik-Söğüt ve Bozüyük bölgelerinden üretim yapılmaktadır. Bu bölgede 967.000 ton rezerv saptanmıştır. Ayrıca yine önemli bir seramik üretim merkezi olan Çanakkale civarında 20.000.000 ton pegmatit-tüf rezervleri mevcuttur. Potasyum kaynağı olarak fabrikaların bulunduğu bölgelere yakınlık bakımından işletilen granit-granit kumları ile tüfler de potasyum kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Sodyum kaynağı olarak Türkiye'de bilinen ve işletilen en önemli bölge Çine-Milas bölgesidir. Bu bölgede 200.000.000 ton civarında sodyum feldspat rezervleri mevcuttur. Nefelin siyenit rezervleri ise Bursa – Orhaneli’nde 20.000.000 ton işletilebilir olmak üzere toplam 30.000.000 ton rezerv saptanmıştır. Kırşehir - Kaman masifi içinde 400.000.000 ton nefelinli siyenit rezervleri mevcuttur (Yılmaz, 1999). Şirketlerin ellerinde bulunan mevcut ruhsatlar dikkate alınarak verilen rezerv hesaplaması işletilebilir rezerv olarak alınabilir. Şirketlerin ellerinde bulunan mevcut ruhsatlar dikkate alınarak verilen rezerv hesaplaması işletilebilir rezerv olarak alınabilir (YMGV, 1999a).

3.4 Dünya Üretim Miktarı

Dünya alkalili hammadde olan feldspat üretimi değerlerinde nefelinli siyenit, granit kumları, feldspat kumları ve pegmatit damarlarından yapılan üretimler beraber derlenmiştir. Dünyada Türkiye 1. sırada bulunmaktadır. İkinci olarak İtalya, üçüncü sırada ABD gelmektedir (Yılmaz, 1999; YMGV, 1999a).

Çizelge 3.5 Dünya alkalili hammadde üretimi (X 1000 ton) (YMGV, 1999a).

Ülkeler	1995	1996	1997	1998	1999
A.B.D	880	890	900	910	920
Almanya	330	360	456	475	492
Fransa	632	546	550	570	595
İspanya	360	415	455	500	550
İtalya	2199	2287	2200	2300	2400
Tayland	678	685	700	730	760
Türkiye	1011	1070	1478	1680	2650
Diğerleri	3361	3505	3452	3540	3660
Toplam	9451	9758	10191	10705	12027

3.5 Ürün Standartları

Seramik ve cam sektöründe tüketilen albit, potasyum feldspat, nefelinli siyenit, pegmatitlere ilişkin ortalama bir tablo yapılmıştır. Üretici ve tüketici şirketler ile yapılan ihracatlarda ortalama analizler bu değerler içinde kalmaktadır.

Çizelge 3.6 Türkiye alkali hammadde üretim standartları (YMGV, 1999a).

	NEFELİNLİ SİYENİT	STAN-ALBİT SERAMİK	ALBİT CAM - FRİT-	EKSTRA FLOTE ALBİT	K-FELD. SERAMİK	POTASYUM- EMAYE	POTASYUM- SIRLIK	PEGMATİT SERAMİK
SiO ₂	60-70	68-69	68-69	68-69	63-64	64-65	63-64	68-70
Al ₂ O ₃	16,50	18-20	18-20	19-20	18-20	18-20	20-21	15-16
Fe ₂ O ₃	2,00	0,20	Max.0,10	Max.0,05	Max.0,4	Max.0,4	Max.0,3	Max.1,5
TiO ₂	0,30	0,20	Max.0,15	Max.0,12	Max.0,3	Max.0,3	Max.0,1	Max.0,5
CaO	0,70	0,2-0,4	0,5-1,0	1-1,5	1-1,5	1-1,5	1-1,5	0,7-0,8
MgO	0,50	0,3-0,5	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 ₂ 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 ₂ O	6-6,5	Max 0,3-0,4	0,3-0,4	Max 0,2	7-7,5	Min8,0	Max 8,5	2-2,5
AZ	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 boyu	Tüvenan	-5 cm Tüvenan	-1 mm	-74 mik/ -63 mik	Tüvenan/ -10 cm	-64 mik/ -63 mik	-74 mik/ -63 mik	Tüvenan
Pişme Testi	Krem/ Pembe	Krem	Beyaz	Beyaz	Krem/ Pembe	Krem/ Pembe	Beyaz	Krem/ Pembe

4- SERAMİK KAROLAR

Seramik karolar içinde yaşadığımız konutlarımızda yer ve duvarlarını kaplayan daha çok hijyenik ve dekorasyon amacıyla kullanılan ürünlerdir. Seramik ürünleri; anorganik hammaddelerin uygun oranlarda karışımlarından oluşan reçetelerin çeşitli yöntemlerle hazırlanıp şekillendirildikten sonra sırlı veya sırsız olarak pişirilmeleri ile elde edilen malzemelerdir diye tanımlayabiliriz (Reh, 1992).

Seramik karolar gelişen teknoloji ile sırlı - sırsız, yer - duvar, iç mekan - dış mekan olmak üzere çeşitli sınıflarda üretilmektedir. Seramik karoların bu sınıflandırılmaları ve ayrıca fiziksel - kimyasal özellikleri, Avrupa Topluluğunca oluşturulmuş olan seramik karo standartlarına göre yapılmaktadır. Bu standartlar aynen Türk Standartlar Enstitüsü tarafından tercüme edilip aynen benimsenerek, TS- EN rumuzuyla yayınlanarak ülkemizde yürürlüğe girmiştir.

Çizelge 4.1'de görülen imal şekli A ekstürksiyon (vakum presle), imal şekli B kuru presleme, imal şekli C ise döküm metoduyla yapılan seramik karo şekillendirilmesini sınıflandırmaktadır.

Çizelge 4.1 TS-EN 87'ye göre seramik karoların sınıflandırılması (TS-EN 87, 1997).

Su Emme İmal Şekli	Grup I $E < 3\%$	Grup II a $3\% < E < 6\%$	Grup II b $6\% < E < 10\%$	Grup III $E > 10\%$
A	Grup AI TS- EN 121	Grup AII a TS-EN 186	Grup AII b TS-EN187	Grup AIII TS-EN188
B	Grup BI TS-EN 176	Grup BII a TS-EN 177	Grup BII b TS-EN 178	Grup BIII TS-EN 159
C	Grup CI TS-EN	Grup CII a TS-EN	Grup CII b TS-EN	Grup C III TS-EN

Araştırma konumuz olan seramik yerkaroları TS-EN-176 Grup BI sınıfındaki seramik karolardır. Bu grubun en belirgin özelliği toz halinde preslenerek şekillendirilip, su emmesinin % 3'ün altında olmasıdır (TS EN – 87, 1997).

4.1 Seramik Karo Teknik Özellikleri

Bu çalışmamızın konusu olan seramik karo TS-EN 176 standardı ile tanımlanan su emmesi %3'ün altında olan, dona dayanıklı, iç ve dış mekanlarda yer ve duvara döşenebilen sırlı ürünlerdir. Bu grup seramikler gre seramik (Stoneware) diye adlandırılırlar. Bu grup seramik karolar, yüksek su emme grubuna (su emme >%10) dahil olan duvar seramiklerinden (fayans) daha yüksek sıcaklıklarda (1180 - 1200 °C) piştikleri için bünyeleri daha fazla vitriye (camsılaşma) olduklarından hem poroziteleri (gözenekleri-su emme kabiliyetleri) daha düşük ve hem de fiziksel darbelere ve aşınmalara daha mukavimdirler.

Çizelge 4.2 TS-EN 159 ve 176 grubu seramik karoların teknik özelliklerinin karşılaştırılması (TS EN – 176, TS EN – 159, 1997).

TEKNİK ÖZELLİKLER	TS-EN 159 FAYANS	TS-EN 176 YER KAROLARI
UZUNLUK VE GENİŞLİK	± 0,3% (Anma Boyutunun)	±0,5% (Anma Boyutunun)
KALINLIK	±5% (Kalınlığın)	±5% (Kalınlığın)
GÖNYEDEN SAPMA	±0,5%(Anma Boyutunun)	±0,6%(Anma Boyutunun)
KENAR DÜZGÜNLÜĞÜ	+0,5% -0,3%(Anma Boyutunun)	±0,5%(Anma Boyutunun)
DÜZLEMDEN SAPMA	+0,5% -0,3%(Anma Boyutunun)	±0,5%(Anma Boyutunun)
SU EMME	E<%20	E<%3
EĞİLME DAYANIMI	Min. 15 N/mm ²	Min. 27 N/mm ²
YÜZEY SERLİĞİ	Min. 4 Mohs	Min. 5 Mohs
AŞINMA SINIFI	-	Üretici tarafından belirlenen sınıf
ISIL GENLEŞME	Max. 9x10 ⁻⁶ (20-100)°C	Max. 9x10 ⁻⁶ (20-100)°C
ISI ŞOKUNA DAYANIM	Dayanıklısıdır	Dayanıklısıdır
ÇATLAMAYA DAYANIKLILIK	Dayanıklısıdır	Dayanıklısıdır
DONA DAYANIKLILIK	-	Dayanıklısıdır
LEKELENMEYE DAYANIKLILIK	Dayanıklısıdır	Dayanıklısıdır
ASİDE VE ALKALİYE DAYANIKLILIK	Dayanıklısıdır	Dayanıklısıdır
DERİN AŞINMA	-	Max. 205 mm ³
RUTUBET GENLEŞMESİ	Max. 0,6 mm/m	-
YÜZEY KALİTESİ	%5' hatalı	%5' hatalı

Bu özelliklerinden dolayı, kışın don olan ortamlara ve sırlı yüzeyin aşınma dayanımı daha yüksek olduğundan, ağır trafik şartlarına dayanıklıdır. Dolayısıyla hem dış mekanlara hem de iç mekanlara hem yere ve hem de duvara rahatça döşenebilirler (Sanchez vd., 1990).

4.2 Türkiye'de ve Dünya'da Seramik Üretimi

Ülkemizde seramik karo üretimi ve tüketimi hızla artmaktadır. Şu anda 22 civarında seramik karo üretici bulunmakta ve toplam 200 milyon m²/yıl civarında kurulu kapasiteye erişilmiştir. 1999 yılında fiili üretim 150 milyon m²/yıl olup bu sektörde 10 bin civarında işçi çalışmaktadır. 1999 yılında yapılan fiili üretimin %33'ü başta ABD ve Avrupa ülkeleri olmak üzere çeşitli dünya ülkelerine ihraç edilmektedir. Bu üretim kapasitesi ile Avrupa'da üçüncü, dünyada beşinci büyük üretici ülke durumundadır (Sezzi, 2000).

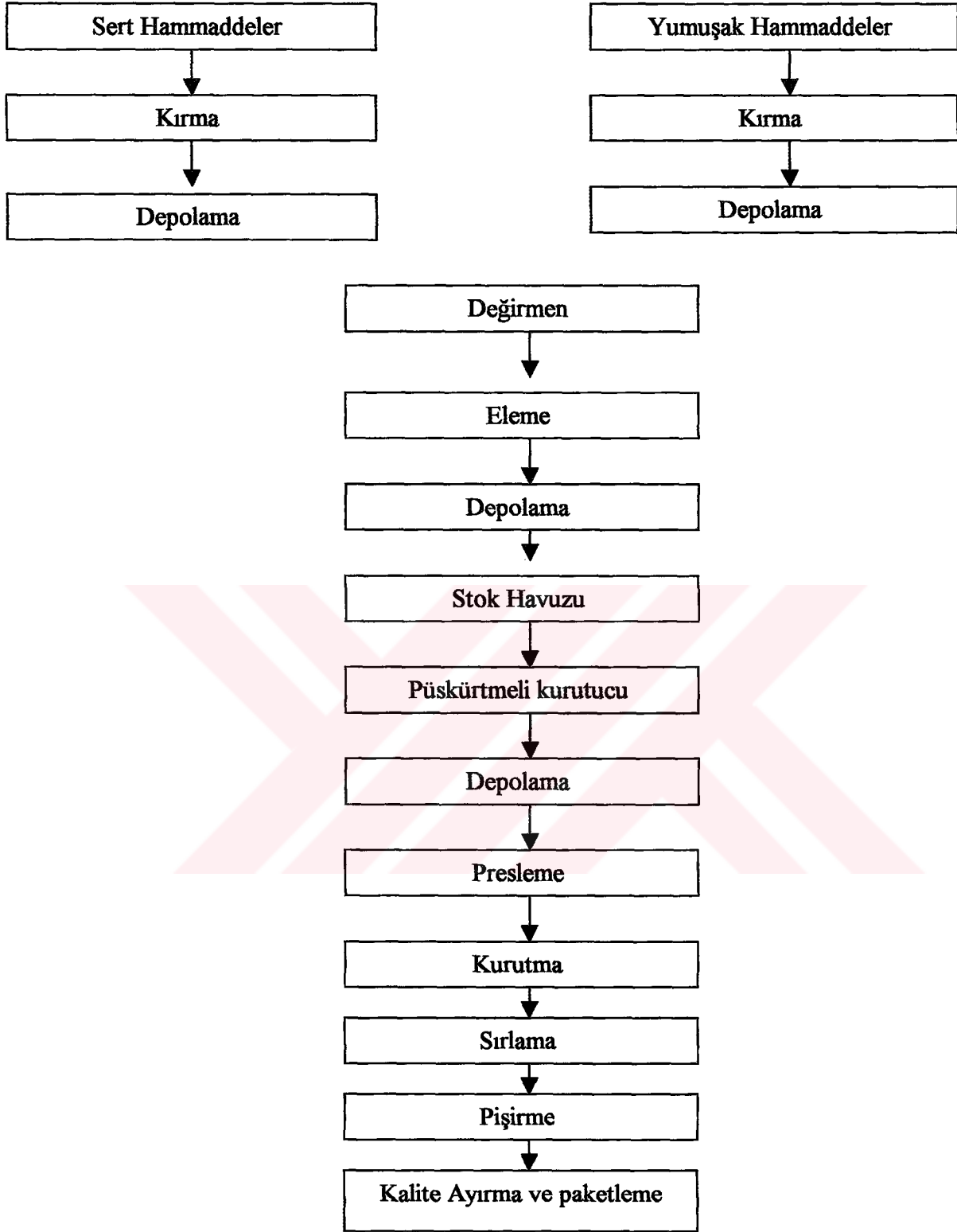
Çizelge 4.3 Dünyada seramik üretimi (milyon / m²) (Sezzi, 2000).

ÜLKELER	1996	1997	1998	1999
Çin	1.357	1.842	1.594	1.600
İtalya	555	576	589	606
İspanya	424	485	564	602
Brezilya	309	383	401	428
Türkiye	120	148	154	150
Meksika	51	100	123	130
Hindistan	60	62	70	85
Tayland	75	60	48	70
Endonezya	78	63	60	65
Almanya	63	58	64	64
A.B.D	56	59	59	62

4.3 Seramik Karoların Üretim Metotları

4.3.1 Preslenecek Seramik Toz Bünyenin (Reçetenin) Hazırlanması

Seramik karo; altta fiziksel dayanımı sağlayan ana seramik gövde ve onun üzerine hijyenik ve dekorasyon amacıyla uygulanan camsı sırdan oluşmaktadır. Bizim burada çalışmamızı ilgilendiren seramik gövdenin hazırlanmasıdır. Bunun için oluşturulan hammadde reçetesindeki uygun oranlardaki hammaddeler, önce iki gruba ayrılır. Bunlar alkali hammaddeler ve kuvarstan oluşan sert hammaddeler ile killerden oluşan plastik-yumuşak



Şekil 4.1 Seramik Yerkarosu Üretim Akış Şeması

hammadelerdir. Bu iki gruptan plastik-yumuşak olan killer önce merdaneli kırıcılarda 5 cm. altına kırılır.

Sert hammadeler de önce kırıcılarda 3 mm. altında kırılarak daha sonra %35-38 civarında su ile, tane boyutları küçültülmüş olan hammadeler, seramik çamur yapılmak üzere uygun oranlarda karıştırılarak, içinde öğütücü bilyeler bulunan değirmende 63 mikron elek üzerinde % 4,5-5,5 kabakum kalacak şekilde öğütülerek, 1650-1700 gr/lt. yoğunlukta ve 200-350 cp. viskozitede bir çamur haline getirilirler. Değirmende öğütülen seramik çamur 900 delik/cm. açıklığındaki eleklerden elenerek stok havuzlarına alınırlar. Daha sonra stok havuzlarındaki seramik çamur, püskürtmeli kurutucularda kurutularak, %5 – 6 rutubet içeren toz granül hale dönüştürülür.

4.3.2 Seramik Karoların Şekillendirilmeleri

Granül toz haldeki seramik reçete, hidrolik preslerde arzu edilen ebatlardaki kalıplarla 280 kg/cm² presleme basıncı ile sıkıştırılarak şekillendirilirler. Şekillenen ham seramik karolar daha sonra kurutuculara girerek, bünyelerinde bulunan %5-6 civarındaki rutubet %1'in altında olacak şekilde kurutularak sır uygulama hattına giderler.

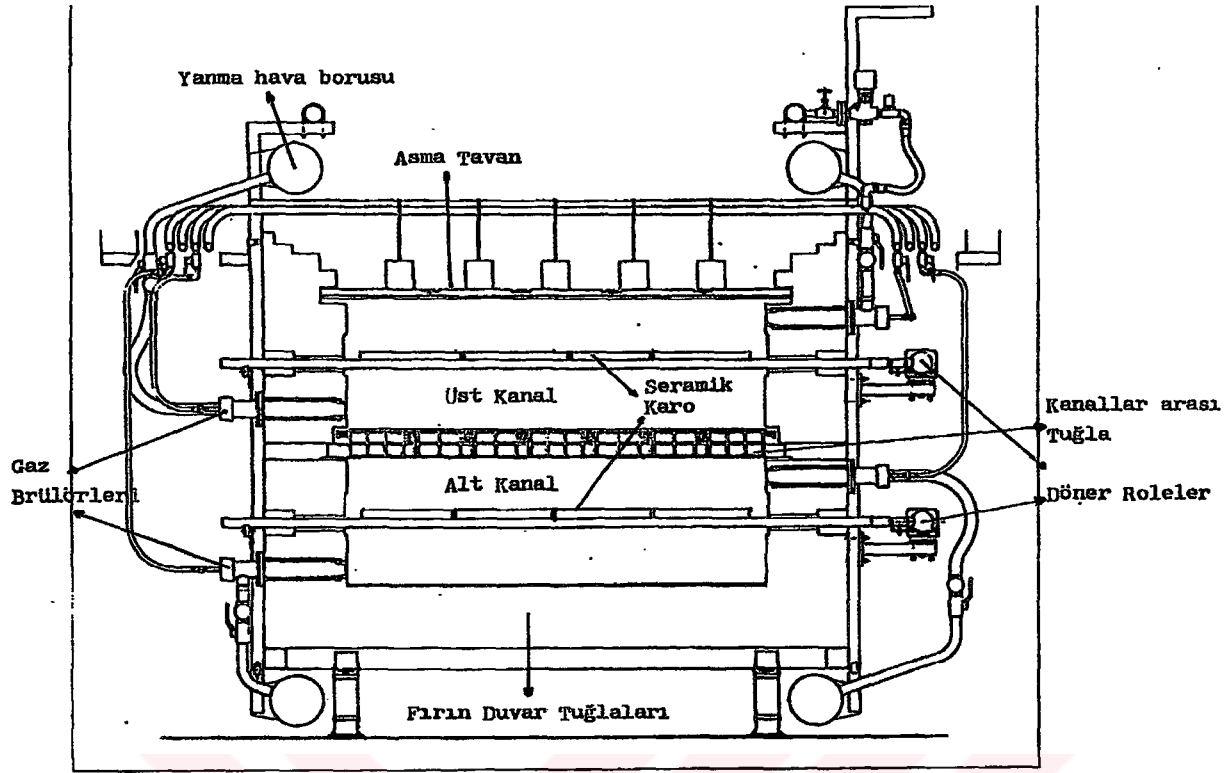
4.3.3 Sırlama

Şekillenmiş ve kurutulmuş karolar yüzeyleri pişme esnasında tamamen eriyip camsı yapı oluşturan sır ile sırlanarak ve ayrıca dekorasyon amacıyla çeşitli renklerde ve desenlerde dekor yapabilen çeşitli makinelerle işlemlere tabi tutularak pişme için hazır hale getirilirler.

Sır, kurutmadan çıkmış sıcak karoların yüzeylerine, yağmurlama veya şelale şeklinde akıtan cihazlarla karonun yüzeyine uygulanır. Desenler ise, önce filmi daha sonra eleği yapılmış baskı makinelerinde karonun sırlanmış yüzeyine basılırlar.

4.3.4 Pişirme ve Kalite Ayırma

Seramik karolar hızlı pişirim yapabilen ve yakıt olarak doğal gaz veya LPG kullanılan tünel fırınlarda 1180 °C civarında 40 dk.'da pişirilirlir. Pişme işleminden sonra seramik karolar kalite



Şekil 4.2 Seramik yerkarosu için iki kanallı hızlı pişirim fırın kesiti

ayırma ve ambalajlama bölümüne alınırlar. Bu bölümde karolar yüzey kusurlarına ve diğer boyut-deforme hatası gibi fiziksel kusurlarına göre birinci ve ikinci sınıf olmak üzere iki kalite sınıfına ayrılırlar. Bu iki sınıfa giremeyecek büyüklükteki kusurlu karolar ise ıskartaya ayrılıp, tekrar kırılarak reçeteye katılan dönen hurda şeklinde değerlendirilirler.

4.3.4.1 Fırın Sıcaklık Eğrisi

Pişme; 35-45 dakikalık bir periyotta, herhangi bir refrakter malzeme desteği kullanılmaksızın yapılır. Seramik karoların pişirilmesinde hızlı pişirim roleli fırınlar kullanılır (Şekil 4.5). Bu roleler fırının eninde, boydan boya döşenmiş silindirik boru şeklindedirler. Dönenerek üzerindeki seramik karoyu fırın içinde ilerletirler. Bu roleler üzerinde seramik karolar hareket ederek, fırının bir ucundan girip ilerleyerek, 1180 °C 'deki sıcaklığa kadar pişerler ve daha sonra, kontrollü bir şekilde soğuyarak fırının diğer ucundan çıkarlar.

Seramik bünyenin, fırında pişirilmesinde dikkate alınması gereken en önemli olay, killerden gelen organik maddelerin tamamen yakılmasıdır. Bünye örnekleri üzerinde 100 °C/dak ısıtma hızında yapılan termogravimetrik CO₂ çıkışının testler karbonik anhidritin çıkışının 740 °C 'da başlayıp 820 °C'ye kadar devam ettiğini göstermiştir. Sırlı örneklerde yapılan testler de

830 °C da 4-6 dakikalık bir periyodun organik maddelerin tamamen bozunması için yeterli olduğu kanıtlamıştır. Ancak seramik ürünlerin hızlı pişirilmesinde karbonat kökenli CO₂ çıkışı dışında diğer gazların da çıkabileceği düşünülmelidir. Karoların ısınması sırasında iç ve yüzey sıcaklıkları ölçülebilir değildir ancak hızlı ısıtma rejimi ve pişen ürünün düşük termal iletkenliği göz önüne alındığında fark önemli bir düzeyde olmalıdır. Bu da kilsi hammaddeden kaynaklanan su buharının çıkışının CO₂ çıkışından hemen önce başlamasına neden olur.

Yapılan çalışmalar sonunda belirtilen tüm gazların (buhar, CO₂ ve diğer) çıkışından kaynaklanabilecek tüm hataların giderilmesi için 830 °C'de 8 dakikalık bir periyodun yeterli olduğu saptanmıştır. Şekil 4.6'da fırın pişme eğrisinde bu bölgenin (B) uzun tutulduğu görülmektedir. Eğer bu bölge seramik bünyedeki organik maddelerin yeterince yanması için yeterli zaman aralığında değilse, yeterince yanamamış organik maddeler seramik bünyede göbeklenme (black core) hatasına sebep olurlar.

Bu hata büyüklüğüne göre bazen seramik bünyede şişmelere neden olur. Bünye ve sırlarla yapılan laboratuvar testleri sonucunda fırında pişirme için bölgelere bölünmüş uygun bir ısıtma eğrisi uyarlanması gerekmektedir (Şekil 4.6). Bu tip bir pişme rejimi endüstriyel boyutta ve seramik işletmelerinde uygulanmış ve olumlu sonuçlar vermiştir.

Pişme rejimi aşağıda açıklanan 5 bölgeye bölünmüştür;

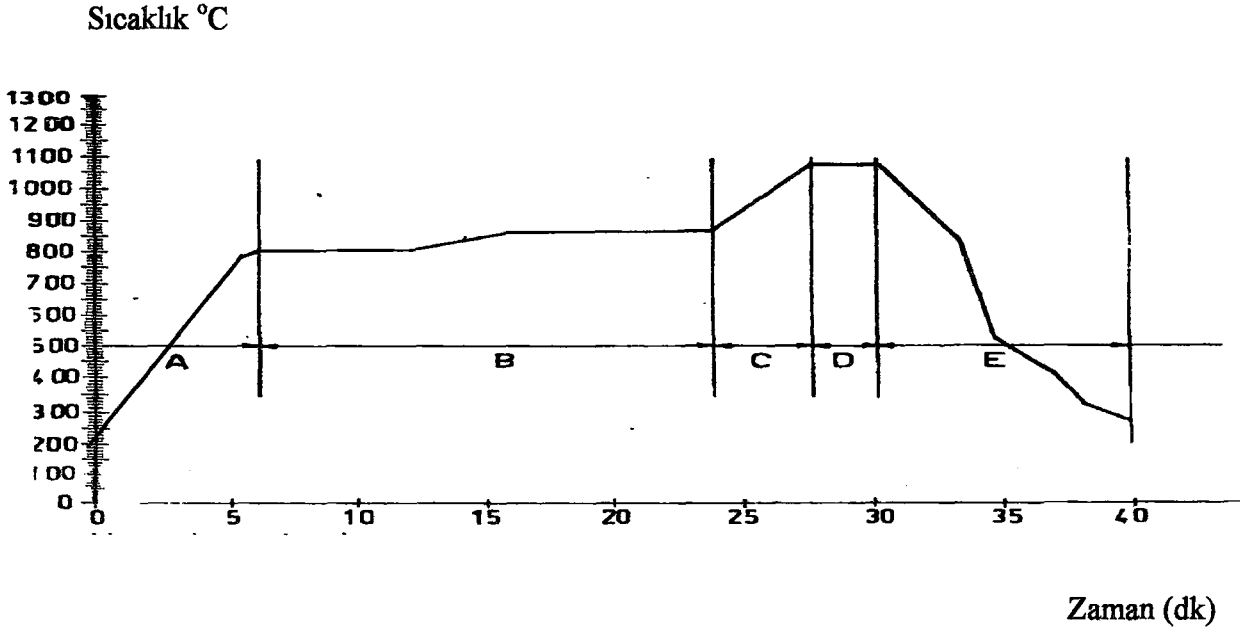
A bölgesi : Ön ısıtma aşamasındadır ve çok hızlı sıcaklık artışı uygulanır. Karolar fırına girmelerinden sadece 6 dakika sonra 800 °C'ye ulaşır.

B bölgesi : Gazların çıkışını tam olarak bitirmek ve karonun her noktasında uniform sıcaklık dağılımı sağlamak amacı ile ürün 18 dakika 800 °C da tutulur.

C bölgesi : 4 dakikalık bir süre içinde maksimum sıcaklığa erişilir.

D bölgesi : Ürün yaklaşık 3 dakika maksimum sıcaklıkta tutulur.

E bölgesi : 9 dakikada ürün hızlı ve doğal soğutma ile fırın çıkışına ulaşır.



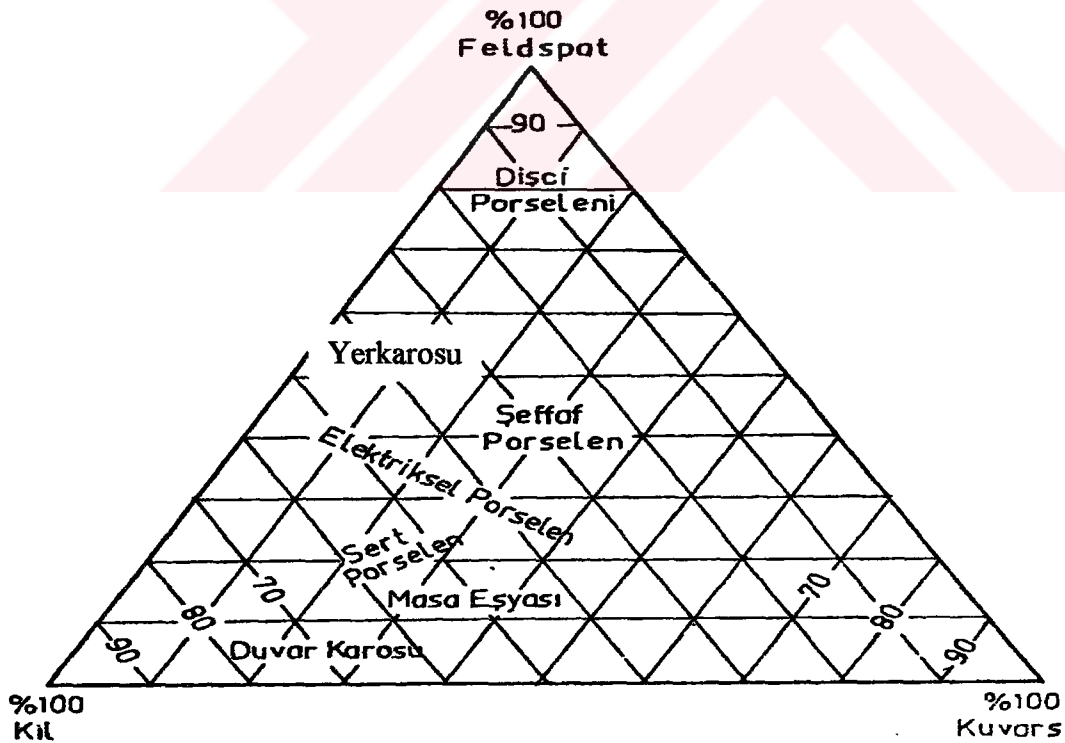
Şekil 4.6 Seramik karo fırın pişme eğrisi

Sırın gazların çıkış aşamasında soğuk ve geçirgen olması için ürünün altı ve üstü arasında bir sıcaklık farkı oluşturmak amacı ile, A ve B zonlarına brülörler ürün kaydığı rollerin seviyesinin altındadır. Daha sonra C ve D bölgelerinde sıcaklık farkı üst brülörler de giderilir. Uygulanan bu tip pişirme rejimi hassas ayarlamalar gerektirir. Bu koşul son model fırınlarda bulunan, pişme rejimi ve gerekli ayarları tam olarak denetleyen mikroprosesörler ve bilgisayarlarla sağlanır.

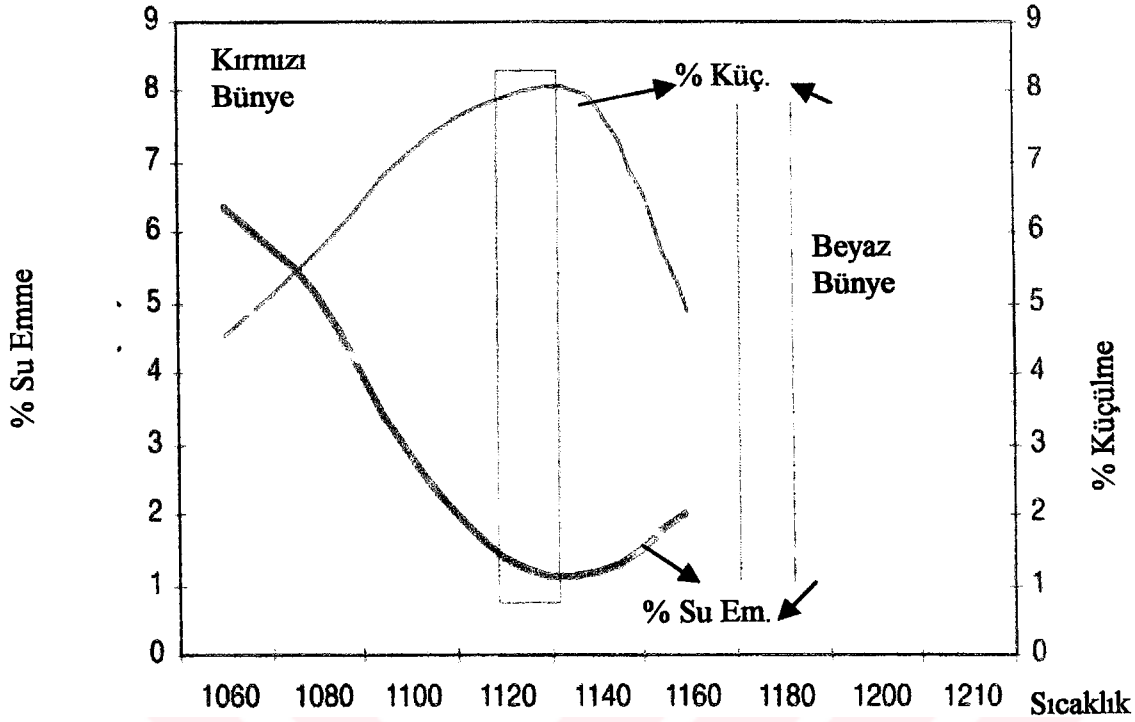
5. SERAMİK YERKAROSU REÇETESİNDE ARANILAN ÖZELLİKLER

5.1 Seramik Reçete

Seramik karo reçeteleri pişme rengi esas olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Bunlar; bünyelerinde yüksek miktarda demir oksit bileşikleri ve diğer safsızlıklardan dolayı, pişme rengi koyu (tuğla- kiremit rengi) ile nispeten daha az safsızlık içeren pişme rengi açık (krem-beyaz) hammaddelerin kullanımıyla oluşan seramik reçeteleridir. Dolayısıyla karo üretiminde kullanılacak hammaddelerin pişme rengi, o hammaddenin hangi reçetede ve hangi oranlarda kullanılacağını baştan belirler. Pişme rengi koyulaştıkça o hammaddenin beyaz bünyedeki kullanım oranı, diğer özellikleri ne kadar üstün olursa olsun düşmektedir. Tabiattaki bulunuş miktarlarından dolayı, kırmızı pişen hammaddeler kolay ve bol tedarik edildiklerinden, bu tür seramik bünyeler daha ucuz oluşturulmaktadırlar. Hammaddelerin pişme rengini, bünyelerinde bulunan başta demir bileşikleri, titan, mangan gibi bileşikler ile bazı safsızlıkların oranı belirler. Bu bileşiklerin oranı %1'in üzerine çıktığında hammaddenin pişme rengini koyulaştırırlar. Fakat bu safsızlıklarında ergime dereceleri düşük olduğundan bunlarda seramik bünyede düşük vitrifikasyon sıcaklığı oluşmasına yardımcı olurlar.



Şekil 5.1 Çeşitli seramik ürünlere ait üçlü diyagram (Singer ve Singer , 1960)



Şekil 5.2 Yerkarosunun pişme sıcaklığı ile su emme-küçülme diyagramı (Sacmi, 1986).

Bir seramik karo reçetesinde killeri, çamurda yüzdürücü şekillendirmede plastik özelliklerinden dolayı sert hammaddeler tanelerini birbirine bağlayarak, ham dayanım özelliğini oluşturmak amacıyla kullanılırlar. Alkali hammaddeler ise düşük sıcaklıklardaki (1150-1200 °C) vitrifiye özelliklerinden dolayı, pişme işleminde ergiyerek bünyedeki diğer hammaddeleri bağlayıp porozitenin (gözenekliliğin) düşmesini sağlar (Mikhailova vd., 1998), (Klein, 2001). Porozitenin düşmesi, seramik bünzenin gözeneklerinin azalması ve yoğunluğunun artması ve dolayısıyla su emmenin düşmesi fiziksel ve mekanik dayanımın artmasına yol açar (Şekil 5.2). Bütün bunlar göz önüne alındığında Şekil 5.1'de görüleceği gibi bir seramik yerkarosu reçetesi yaklaşık olarak %50-60 feldspat (alkalili hammadde), %30-40 kil ve %0-10 civarında kuvarstan oluşmaktadır. Ama bu oluşum hammadde oranı olarak yaklaşık olarak böyledir. Genelde bu hammaddeler tek bir hammadde ocagından seçilmez. Birkaç değişik ocaktan temin edilirler. Yani %60 alkali hammadde birkaç değişik ocaktan temin edilir. Böylece hammadden gelecek olan dalgalanmaların etkisi azaltılmış olur. Tek bir hammadde çalışmak genelde risk taşır. Çünkü hammaddeler ocaktan çıkarıldıkları şekliyle kullanılıp herhangi bir ön iyileştirme işleminden geçmezler. Çizelge 5.1'de görüldüğü gibi aynı hammaddenin değişik özellikteki çeşitleri kullanılmaktadır. Çizelge 5.2'de kırmızı ve beyaz bünzenin yaklaşık kimyasal analizleri görülmektedir (Sacmi, 1986).

Kuvars ise, pişme işleminde sıcaklıktan etkilenmediğinden, fazla etkilenen feldspatların neden olabileceği pişme küçülmelerini dengelemek amacıyla kullanılırlar. Aynı amaçla Kuvars yerine kaolen de kullanılır. TS-EN 176'ya göre üretilecek seramik yer karosunda dikkate alınacak en önemli özellik su emmenin %3'ün altında olmasını sağlamaktır. Bu reçetede uygun pişme sıcaklığı ile sağlanır. Reçeteyi oluştururken göz önüne alınması gereken en önemli nokta pişme küçülmesidir.

Çizelge 5.1 Seramik yer karosu reçetesini oluşturan önemli hammaddeler ve etkileri (Sacmi, 1986).

Hammaddeler	%	Reçetede ki Özelliği
Plastik Kil	10 - 30	Şekillendirme Kolaylığı ve Ham
Yarı Plastik Kil	0 - 20	Mukavemet
Kaolen – Kuvars	0 - 10	Pişme küçülmesini ayarlama
Yarı Plastik Alkalili Hammadde.	35 - 50	Ergime kolaylığı -
Feldspatlar-Felspatoidler	20 - 30	Su emmenin ayarlanması
Diğerleri (Talk-Dolomit v.s)	0 - 5	Ötektik oluşturma

Çizelge 5.2 Yerkarosu reçetesi kimyasal analizi (Emiliani, 1985).

	Beyaz Bünye	Kırmızı Bünye
K. Kaybı	4 - 6	3,5 - 5,5
SiO ₂	67 - 74	63 - 70
Al ₂ O ₃	18 - 23	13 - 18
TiO ₂ - Fe ₂ O ₃	0,5 - 2	3 - 6
CaO - MgO	0,5 - 3	2 - 3
K ₂ O - Na ₂ O	4 - 6	3 - 6

Reçetede artan alkalili hammadde oranı ve bunların pişme küçülmeleri sonuçta ele geçen pişmiş seramik ürünün pişme küçülmesinin ve buna bağlı boyut oynamalarının artmasına yol açmaktadır. Seramik karo üretiminde boyut oynamalarının son derece az olması, müşteri açısından olumlu bir özelliktir. Bu açıdan bir seramik yer karosu reçetesinde pişme küçülmesi ne kadar az olursa sonuçta karo boyutları o kadar problemsiz gerçekleşir. (Emiliani, 1985)

Genelde hammaddeler tabiatta saf olmayıp, diğerleri ile beraber karışım halindedirler. Kuvars kil ve feldspat aynı yatakta beraber bulunurlar. Bu sebeple genelde kuvars, kil veya feldspat ile seramik reçeteye katılabilir

5.2 Seramik Reçetesinin Pişmesi (Vitrifikasyonu)

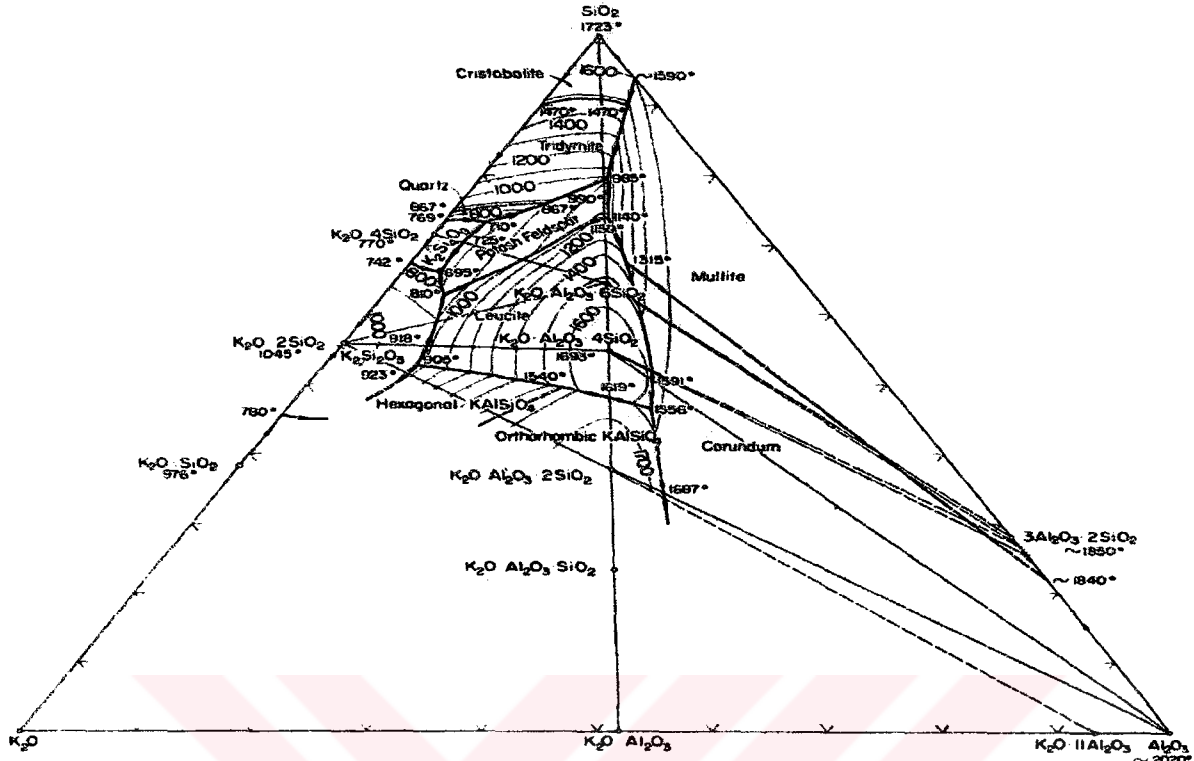
Seramik malzemeler üretim süreçleri içinde önce şekillendirilir, sonra pişirilirler. Pişirme işlemleri seramik malzemelere sağlamlık, su ve diğer kimyasal maddelere karşı direnç kazandırdığı için çok gereklidir.

Pişirme işlemleri sırlı pişirim ve sırsız pişirim olmak üzere ikiye ayrılır. Sırsız bünyelerde pişme işlemi bir defada bitirilir. Ancak ürün piyasaya sırlı olarak verilecek ise, pişirme işlemi bir defada yapılabildiği gibi, iki veya daha fazla pişirme işlemine de gerek duyulabilir.

Seramik bünye ısıtıldığı zaman çeşitli değişiklikler geçirir. Bunlar bir noktadan sonra geri çevrilemez. 100 °C'ye kadar ısıtılan çamur, suyunu kaybederek tamamen kurur, ancak su ile tekrar çamur yapılabilir. Eğer ısı 600-700 °C'ye, yani fırın donuk kırmızı bir renk alıncaya kadar yükseltirirse, çamurun yapısında geri çevrilemeyecek değişiklikler oluşur. Madde bu noktada yumuşak, ufalanabilir ve su geçirgendir. Ne varki tekrar suda ısıtılarak yoğrulacak kıvama getirilip çamur yapılamaz. Eğer ısı 900-1000 °C'ye kadar yükseltirirse başka değişiklikler olur. Kil zerrelere birbiriyle birleşmeye başlar ve güçlenirler. Bitkilerin organik artıkları türünden karbonlu maddeler yanarak geriye esas renklerine benzemeyen temiz ve parlak bir renk bırakırlar. Örneğin; topraktan yapılmış basit çiçek saksıları bu ısıda parlak kırmızı renk alırlar, dayanıklı ve su geçirgendirler. Bir çok siyah renkli kil pişirilince fildişi rengini alır. Çünkü çürümüş organik maddelerin oluşturduğu karbonlar yanarak uçup gider.

Endüstriyel seramiklerin üretiminde kullanılan üç ana hammadde vardır. Bunlar kil, feldspat, ve kuvarstır. Bu üç ana hammadde pişirilirken yapılarında önemli değişiklikler gözlenir. Bu değişiklikler o karışımın bileşimi ve pişirme şartları ile doğrudan ilgilidir. Genelde K-Feldspat kullanıldığında, karışımın ergimeye başladığı ilk sıcaklık 985°C iken, Na-Feldspat kullanıldığında bu sıcaklığın 1062 °C olduğu görülür. Şekil 5.2'de A noktası ile gösterilen bu üçlü ötektik noktasının içerdiği K₂O miktarı sadece %10 kadardır. Bu da %60 potasyum feldspat ile %40 kuvarsın oluşturduğu ötektiktir (Eriç, 1985). Şekil 5.3'te sodyum feldspatın oluşturduğu ötektik ise %70 albit ve %30 kuvarstan oluşmaktadır. Halbuki bu feldspatlardan Na-Feldspat tek başına ısıtıldığında 1118 °C, K-Feldspat ise 1150 °C'de erimeye başlar.

Diğer taraftan K-Feldspatın tamamen erimesi yaklaşık 1530 °C'ye kadar uzanırken, Na-Feldspatın tamamı hemen sıvı faza geçer.



Şekil 5.3 $K_2O - SiO_2 - Al_2O_3$ Sistemi faz diyagramı (Eriç, 1985).

Hammaddeler karışım halinde iken, tek başlarına ısıtıldığı zamandaki aynı davranışı göstermezler. Yukarıda anlatılan durum ideal feldspatların davranışdır. Pratikte kullanılan feldspatlar daima bir miktar kuvars, mika ve bazı safsızlıklar içerir ve bir miktar farklılık görülür. Genelde ince kil tanecikleri, içinde dağılmış daha büyük kuvars ve feldspat tanelerinden oluşan karışım, ısıtılma süresince hem kendi başlarına ısıtıldıkları zamanki tepkimeleri hem de karışım halindeki davranışları gösterirler (Viola ve Tabaković, 1995).

Pişirme sırasında 1000 °C civarında ilk sıvı faz görülür. Ancak bu sıvı faz çok kıvamlı olduğundan, massenin şeklinde yaklaşık 1200 °C'ye kadar olan değişiklik fazla değildir. Bu sıcaklıktan sonra, yaklaşık 10 mikron daha küçük feldspat taneleri etrafındaki kil tanecikleri ile reaksiyona girerek yok olurlar. Daha büyük taneler ise, kil taneleri ile reaksiyonunu sürdürürler. Bu reaksiyon sonrasında, feldspat tanecikleri içindeki iyonlar yayınma yolu ile dışarıya çıkar ve yan faz içinde mullit iğneleri görülür. Her ne kadar ince mullit iğneleri 1000 °C'de oluşmaya başlarsa da, 1250°C'ye kadar pişirilmemiş örneklerde bunları optik mikroskop ile görmek olası değildir.

Şekil 5.4 $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ Sistemi faz diyagramı (Viola ve Tabaković, 1995).

Kuvars fazında yaklaşık 1250 °C'ye kadar hemen hemen hiçbir değişiklik olmaz. Ancak bu sıcaklıklarda, küçük tanelerin köşelerinin yuvarlaklaştığı gözlenir. 20 mikrondan küçük kuvars tanelerinin, etrafındaki kıvamlı sıvı içinde çözülmesi için 1350 °C'ye kadar pişirme gereklidir. Bu nedenle kuvarsın masse içindeki rolü, pişme halindeki kıvamlı sıvıya iskelet görevi görerek onun çökmemesini sağlamaktadır (Tanışan ve Mete, 1986), (Klein, 2001).

5-3. Pişme Esnasında Seramik Bünyedeki Reaksiyonlar

Kil, kuvars ve feldspat içeren bir seramik bünyede fırında pişme esnasında sıcaklık arttıkça aşağıdaki reaksiyonlar oluşur.

100 – 200 °C.

Bu sıcaklıklarda ham seramik bünyede, %5-6 civarındaki fiziksel serbest su buharlaşarak, bünye kurur. Seramik bünyede önemli boyutsal değişiklik olmaz.

450 – 600 °C.

Kil ve kaolenlerdeki kimyasal bağı su ayrılarak, kaolen meta kaolene dönüşür. Seramik bünyeden ayrılan kimyasal su sebebiyle, önemli derece ağırlık kaybı oluşur. Seramik bünyede porozite artar ve küçülme başlar. Bu reaksiyon ısı alan bir reaksiyondur.

573 °C.

Bu sıcaklıkta, seramik bünyedeki kuvars oda sıcaklığında kararlı yapıda olan, özgül ağırlığı $2,65 \text{ gr/cm}^3$ β -kuvars, özgül ağırlığı $2,53 \text{ gr/cm}^3$ olan α -kuvars dönüşür. Böylece seramik bünyede bir hacim genişmesi oluşur.

300 – 700 °C.

Bu ısıtma periyodunda, seramik killerde bulunan organik maddeler (bitki artıkları, kömür v.s.) oksitlenerek yanar. Bu bölgede fırın oksitleyici olmalıdır. Bu bölgede organik maddelerin yanmasıyla ısı veren reaksiyonlar oluşur. Burada ısıtma dikkatli ve yavaş yapılmalıdır. Eğer seramik bünyedeki organik maddeler, yeterince yakılamazsa, seramik karoların iç bünyesinde siyah-sarımsı renkte göbelenme (black core) hatası oluşur (Akkurt, 1990).

980 °C.

Bu sıcaklıkta meta kaolenden bir molekül SiO_2 ayrılarak geriye $2\text{Al}_2\text{O}_3.3\text{SiO}_2$ 'den oluşan spinel kalır. Bu ısı veren bir reaksiyondur.

1050 – 1100 °C.

Meta kaolende dönüşen spinel formu, yeni bir kristal olan mullite dönüşür ve bu arada feldspatta erimeye başlar. Feldspatın erimesiyle yavaş yavaş cam faz oluşur. Seramik bünyede cam fazın oluşmasıyla porozitede azalma ve boyutsal küçülme artar.

1200 °C.

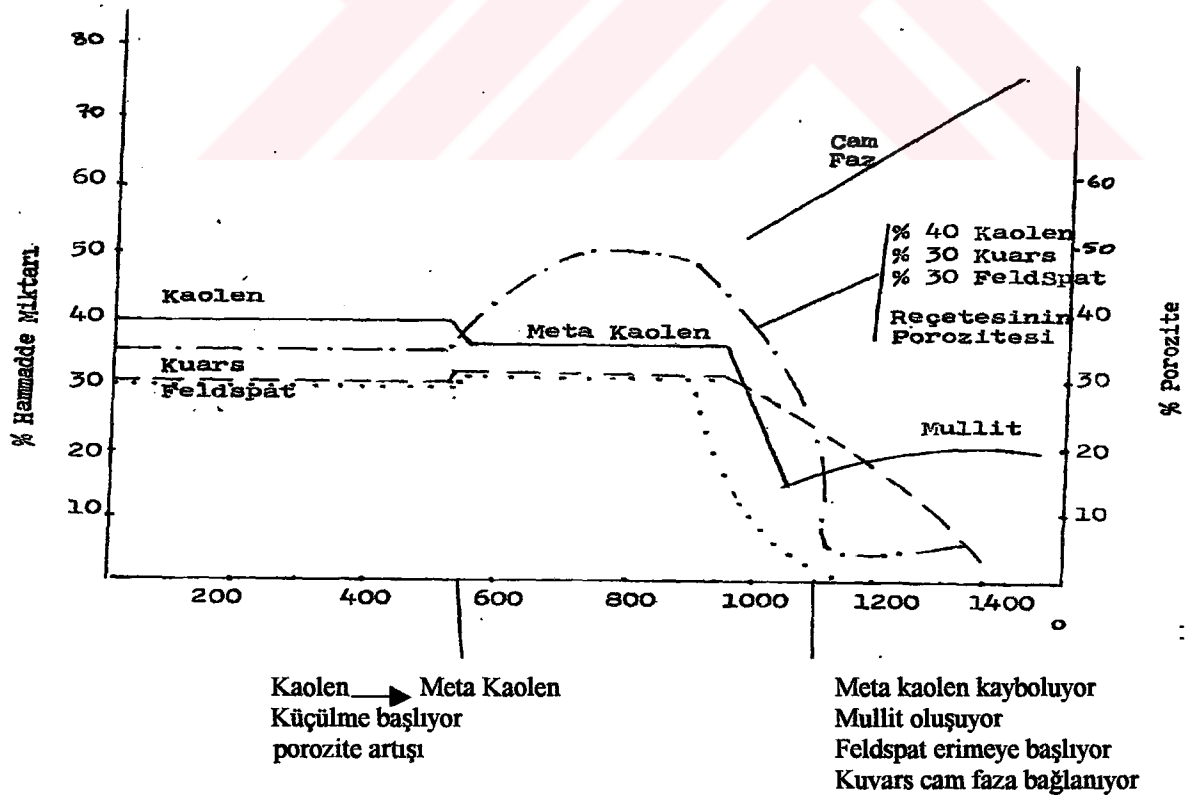
Feldspat tamamen eriyerek cam faz oluşur ve kuvars taneciklerini bağlar. Cam faz gittikçe artar porozite hızlı bir şekilde minimum seviyeye düşer.

1100 - 1250 °C.

Mevcut kuvars kristobalite dönüşür. Kaolenlerde 1250 °C ve killerde 1200 °C 'nin üzerinde, X-ray metoduyla yapılan incelemelerde kristobalit oluştuğunu bilinmektedir. Fakat kil - kuvars - feldspattan oluşan üçlü karışımlarda kristobalitin ancak, %20'den daha az feldspat ile, %60'ın üzerindeki feldspatlardan oluşan karışımlarda oluştuğu gözlenmiştir. Bu değerler arasında ise kristobalit oluşmadığı gözlenmiştir. Bu; kuvarsın kristobalite dönüşüm zamanının, oldukça etkin faktör olduğu gerçeğiyle açıklanabilir. Eğer cam fazın mevcudiyeti yeterli ise, kristobalit bu fazda çözündüğünden mevcudiyeti görülmemektedir. Feldspatın dışında diğer eriticilerin (fluxes) mevcudiyeti, kuvarsın kristobalite dönüşümüne yardımcı olduğu bilinir. Sonuç olarak hiç şüphesiz ki 1250 °C 'nin üzerinde pişen seramik bünyelerde kristobalit mevcuttur

>1200 °C.

Bu sıcaklığın mullit oluşumu devam eder ve mullit kristalleri büyür. Bünyede oluşan cam faz sebebiyle viskozite artar ve bünyede hala gaz çıkışı varsa kabarcıklar oluşarak bünyenin porozitesi tekrar artar. Oluşan ergime ve yumuşama sebebiyle seramik bünyede şişme ve kabarmalar oluşabilir (Lawrence, 1972), (Klein, 2001).



Şekil 5.5 % 40 Kaolen, % 30 Feldspat, % 30 Kuvars içeren seramik reçetede ısı ile oluşan mineralojik değişiklikler (Lawrence, 1972).

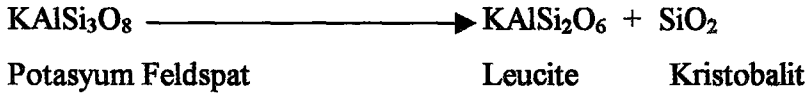
5.4 Alkalili Hammaddelerin Seramik Yerkarosu Üretimindeki Önemi

Ülkemizde seramik yerkarosu üretimi TS-EN 176 şartlarına uygun olarak üretilmektedir. Yere, duvara, iç mekanlara, dış mekanlara ve dona dayanımlı olarak çeşitli kullanım amaçlarına göre üretilen seramik kaplama malzemelerinden biri olan seramik yerkarosunu diğer seramik karolardan ayıran en önemli özellik TS-EN 87’de görüldüğü gibi su emme kriteridir.

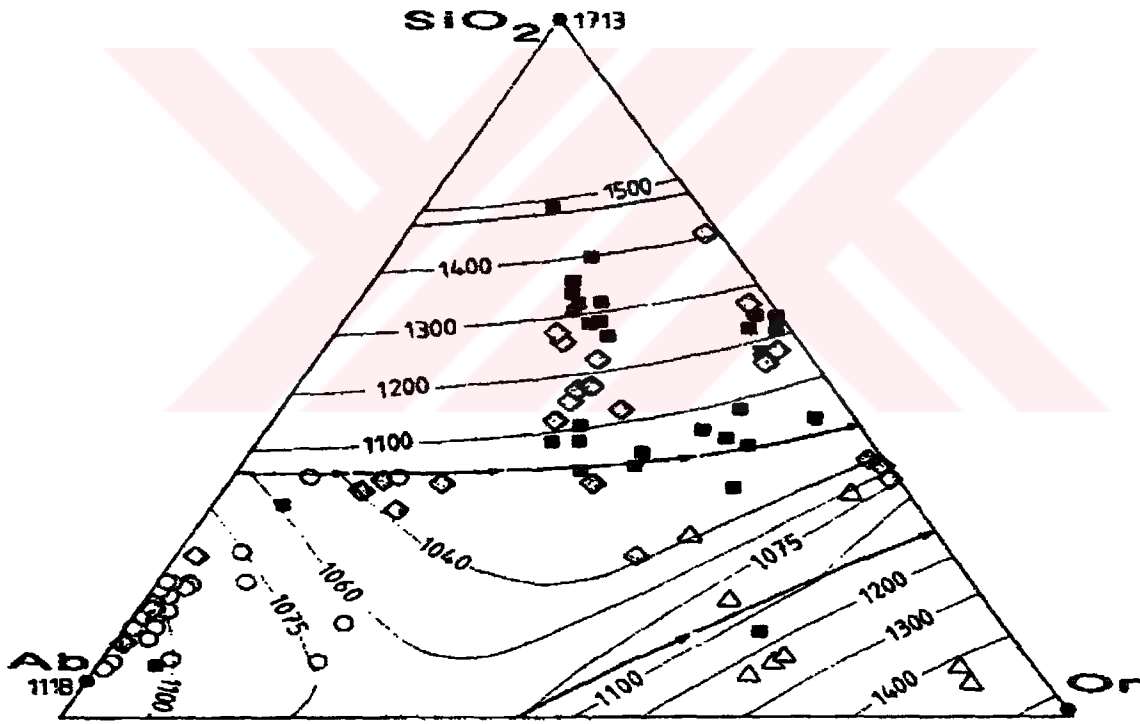
TS-EN 176 grubu, en düşük su emme özelliğine sahip ürünleri kapsayan gruptur. Düşük su emme seramik bünyeye, mekanik dayanım ve dona dayanım özelliği kazandırmakta ve böylece bu gruptaki seramik karolar, yerlerde ve binaların dış cephelerinde güç şartlara karşı kullanılabilir. Bir seramik ürünün, su emmesi bünyesinin porozitesine bağlıdır. Porozitesi düşük olan seramik ürünün su emmesi de düşük olur. Bu da birinci derecede, seramik ürünün bünyesini oluşturan hammaddelere ve pişme sıcaklığına bağlıdır.

Seramik bünyede porozitesinin azalması için, taneciklerin sıcaklıkla ergiyip birbirine bağlanması gerekmektedir. Bunu da sağlayan en ekonomik hammadde feldspat içeren alkalili hammaddelerdir. Sıcaklık karşısında, özellikle 1100 °C civarında, alkalili hammaddelerde ergime başlayarak bünyedeki diğer kil, kuvars gibi hammaddeleri de bağlarlar. Böylece tanecikler arasındaki boşluklar azalarak, porozite düşer ve pişme işlemi sonunda sıkı bir bünye oluşarak, mekanik dayanımı yüksek seramik ürün ele geçer. Bu özellik için seramik yerkarosu reçetesinde, yüksek oranda alkalili hammadde kullanımı gerekir. Pişme esnasında seramik bünyedeki taneciklerin arasında boşlukların azalması, boyutlarda küçülmeye yol açmaktadır (Mandt, 1994; Dondi, 1994).

Seramik bünyelerde genelde potasyum veya sodyum feldspat içeren hammaddeler kullanılır. Potasyum feldspat ısıtıldığında 1150 °C ’de erimeye başlar ve çok yüksek viskozitede cam faz oluşur. Aynı zamanda potasyum feldspattan SiO₂ ayrılarak, leucite diye adlandırılan farklı bir kristale dönüşür. Hammadde içinde feldspat ile birlikte bulunan serbest kuvars, feldspatın çözülme ve ergimesine yardımcı olur. Pişmemiş seramik bünyede Feldspat, kum gibi antiplastik görev yapar. Sodyum feldspatı ile kuvarsın karışımı, potasyum feldspatı ile kuvars karışımına göre çok daha hızlı deforme olur. Sodyum içeriğinin artması ile deformasyon sıcaklığı azalır. Feldspatın ergime noktası, alkali içeriğine bağlıdır. Sodyumoksitin artması ve potasyum oksit içeriğinin azalması ile de ergime noktası düşer.



Leucite'nin ise tamamen erimesi 1520 °C'ye kadar sürer. Sodyum feldspat ise 1118 °C 'de eriyerek, çok düşük viskozitede cam faz oluşturur. Bu iki feldspat arasındaki diğer önemli farkta, eridikleri zaman cam fazda oluştukları gazlardır. Bu gazlar genellikle bünyelerinde taşıdıkları safsızlıklardan kaynaklanır. Sodyum feldspatta genellikle, çok sayıda küçük gaz kabarcıkları oluşurken, potasyum feldspatta az sayıda iri gaz kabarcıkları oluşur. Feldspat camının yüksek viskozitede olması sebebiyle bu kabarcıklar kolayca bünyeden çıkamaz. Bu etki özellikle sırlarda veya porselen bünyelerde şeffaf görünüm istendiği durumlarda önemlidir. Potasyum feldspat, sodyum feldspata göre daha şeffaf görünüm sağlar (Klein, 2001).



Şekil 5.6 Sodyum Feldspat (Ab)-Potasyum Feldspat (Or)-Kuars (SiO₂) Faz diyagramı (Dondi, 1994).

Seramik bünyede sodyumun oluşturduğu camsı özellik, potasyumlu bir bünyedekine göre daha az viskozdur. Bu nedenle sodyum feldspatlı seramik bünyeler daha kolay deforme olur.

Saf potasyumlu feldspata yaklaşık %20' ye kadar kuvars, saf sodyumlu feldspata ise yaklaşık %10' a kadar kuvars ilave edilebilir. Bu oranlar ergime noktasını yükseltmez. Seramik bünyenin şeffaflığı en iyi potasyumlu feldspat ile elde edilebilir. Şekil-5.5 'te görüldüğü gibi uygun oranda feldspatların kullanımıyla vitrifikasyon noktası 1040 °C'ye kadar düşmektedir. Sodyum feldspat oranının artması, potasyum feldspata göre daha düşük vitrifikasyon sıcaklıkları sağlar. Tabi ki kuvars oranı arttığında bu sıcaklık yükselmektedir. Yüksek sodyum feldspat miktarı, sıcaklığa bağlı hacim artmasında çok etkilidir. Potasyum yerine sodyumlu feldspat kullanılan porselen eşyalar, genellikle ısıya daha dayanıksız olur. Potasyumlu feldspat yerine, aynı oranda sodyumlu feldspat kullanıldığında seramik bünyenin yumuşama noktası 50 °C kadar düşer (İMİB, 1999).

Buraya kadar anlatılanlar genelde ideal feldspatların ısı karşısındaki davranışlarıdır. Fakat doğada feldspatlar genellikle turmalin, mika, kuvars, kaolinit ve ayrıca çeşitli kirletici hematit gibi demir bileşiklerinin biri veya bir kaçı ile birlikte kayaç halinde bulunurlar. Bu kayaçlar granit, nefelin siyenit, pegmatit, riyolitik tüf ve feldspatik kum gibi çeşitli alkalili hammadde kaynağı olarak seramik endüstrisinde değerlendirilirler. Bu hammadde kaynakları porselen, sır ve cam gibi pişme rengi beyaz veya renksiz şeffaf olması arzu edilen sektörlerde kullanılamayacak derecede demir oksit bileşikleri içermesine rağmen, sırlı yer ve duvar seramiklerinin, seramik gövdelerinde-çamurunda (reçetesinde) büyük oranlarda kullanılabilmektedirler. Çünkü seramik gövdenin üzeri, çeşitli renklerdeki sırlarla örtüldüğünden, alttaki seramik bünyenin pişme renginin gri veya kahverengi olması herhangi bir problem yaratmamaktadır. Aksine bu kirleticiler seramik bünyenin vitrifikasyon derecesini düşürerek ısı tasarrufu sağlamaktadırlar (Demirci, 1996; Tanışan, 1993; Baykal, 1987).

6. SERAMİK HAMMADDESİ SEÇİMİNDE BELİRLEYİCİ KRİTERLER

6.1 Hammaddelerin Seçimi

Hammadde seçimi yapılırken, sonuçta üretimi üzerinde arzu edilen mamul maddenin teknik özellikleri ve üretim süreci göz önünde bulundurulmalıdır. Bütün bunlar dikkate alınarak hammadde kabul kriterleri belirlenir. Bu seçim yapılırken, hammaddenin bulunabilirliği, homojenlik, hammadde sağlayıcısına güvenilirlik, fiyat gibi hususlarda önemlidir. Her hammadde için kullanıma karar vermeden önce, bulunduğu yerdeki rezervleri iyice taranarak, kabul kriterlerine ne derece uyduğu tespit edilir. Çoğu zaman hammaddelerde, arzu edilen ideal kabul kriterlerinin bazılarına uyulmadığı görülür. Bu sebeple seramik bünyede kullanılacak hammaddelerin oranı, eldeki mevcut hammadde verileri göz önüne alınarak düzenlenir. Böylece bir hammaddedeki arzu edilmeyen olumsuz yön, diğer hammaddelerle giderilmeye çalışılır.

Seçimi yapılacak hammaddeler plastik ve plastik olmayan hammaddeler olmak üzere iki temel grupta incelenir. Bazı hammaddeler ham seramik bünyedeki veya çamurdaki etkilerinden dolayı tercih edilirlerken, bazıları da pişme özellikleri açısından tercih edilirler. Genel olarak hammadde seçim kriterleri belirlenirken, seramik reçetedeki göz önünde bulundurulması gereken olumlu ve olumsuz özellikleri Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Hammaddelerin reçete üzerindeki etkileri

Hammaddeler	Çamur Hazırlama			Ham Bünyede		Kurutma			Pişme		
	Sertlik (Mohs)	Öğütme	Viz.	Plastiklik	Ham Muk.	Kurutma	Kuru Küç.	Kuru Mik.	Erime Vitrifikasyon	Küç.	Su Emme
Killer	1	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+
Kaolenler	1-2	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-
Mermer-Dolomit	3	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-
Alkalili Hammaddeler	4-6	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+
Kuvars-Kum	7	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-
Talk	1	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+

6.2 Kil ve Kaolen Mineralleri

Plastik hammadde olan killer sulu karışımda yüzdürücü özellik gösterirler. Plastikliğinden dolayı şekillendirme de kolaylık sağlar ve gerekli olan ham mukavemeti sağlarlar. Kil ve kaolen mineralleri ortama silisyum oksit ve alüminyum oksitleri kazandırır. Bu oksitlerin bir kısmı cam faza karışırken, bir kısmı da mullit fazını oluşturur.

Bu hammaddelerin;

- Nem içeriği ve tane boyut dağılımı ,
- Oluşacak pişme rengi için içerdiği demir miktar,
- Karbonatların kontrolü,
- Sülfat, karbon, pirit safsızlıkları ve organik madde içeriği,
- Sulu çamur yoğunluğu , viskozite özellikleri ve pH
- Mevcut şekillendirme şartları altında yığinsal yoğunluğun ölçülmesiyle belirlenen sıkıştırma derecesi,
- Plastiklik veya kuru mukavemeti,
- 1180 °C'de pişme sıcaklığında pişme küçülmesi , su emme değerleri ve pişme rengi,
- Serbest kuvars miktarının tespiti için Isıl genleşme katsayısı ve eğrisi ile bünyesinde oluşacak reaksiyonların tespiti için DTA eğrisi,
- Kimyasal ve mineralojik analiz.

6.3 Alkalili Hammaddeler

Bünyeye alkalili hammaddelerin ilavesiyle, seramik bünyenin geçirgenliği artırılarak kuruma ve pişme esnasındaki gaz çıkışı kolaylaşır. En önemli özelliği düşük ergime sıcaklığından dolayı, ergiyerek cam faz oluşturup uygun poroziteyi sağlamak üzere pişme sıcaklığını (vitrifikasyon sıcaklığını) düşürür ve pişme küçülmesini artırır.

Bu hammaddelerin;

- Nem içeriği ve tane boyut dağılımı,
- Sulu çamur yoğunluğu, viskozite ve pH
- Kimyasal ve mineralojik analiz,
- Karbonatların kontrolü,
- 1180 °C 'de Pişme küçülmesi , su emme ve pişme rengi belirlenir.

6.4 Kuvars

Kuvars seramik bünyede pişme esnasında ısıdan etkilenmeyerek iskelet görevi görür. Bünyedeki kuvarsın çok az bir kısmı cam faza karışır. Serbest kuvars olarak kalan miktar ısı genleşme katsayısını artırır. Kuvars bünyede kuvars kumu olarak ta kullanılabilir.

Bu hammaddelerin;

- Nem içeriği ve tane boyut dağılımı,
- Sulu amur yoğunluğu, viskozite ve pH
- 1180 °C 'de Pişme küçülmesi , su emme ve pişme rengi belirlenir.
- Kimyasal ve mineralojik analiz,
- Karbonatların kontrolü

6.5 Mermer – Dolomit – Talk

Bu hammaddeler seramik reçetenin pişmesinde ötektik nokta oluşturup, alkalili hammaddeler gibi vitrifikasyon sıcaklığının düşmesini sağlarlar. Gerektiğinde çok düşük oranlarda kullanılırlar.

Bu hammaddelerin;

- Nem içeriği ve tane boyut dağılımı,
- Sulu amur yoğunluğu, viskozite ve pH
- 1180 °C 'de Pişme rengi belirlenir,
- Kimyasal ve mineralojik analiz,
- Karbonatların kontrolü.

7. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN ÇANAKKALE CİVARINDAKİ ALKALİLİ HAMMADDELER ve DİĞER FELDSPATLAR

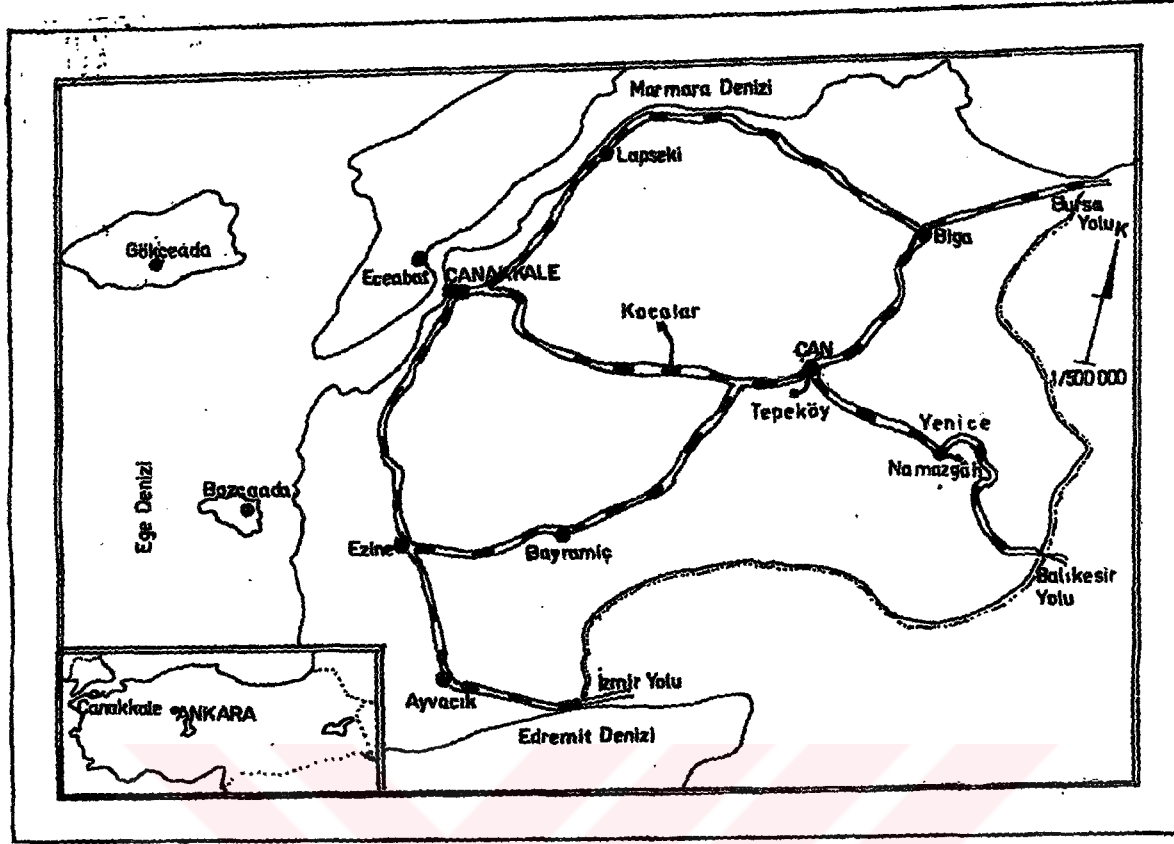
7.1 Bölgenin Genel Jeolojisi

Araştırma konusu hammaddelerimiz. Biga yarımadası içinde yer almaktadır. Bu bölgede yer alan volkanitler, orta eosen-miyosen-pliyosen ve pliyokuvaterner zaman dilimleri içinde oluşmuştur. Boğazın iki yakasında üst miyosen sedimanlar, Saroz Körfezinde ise eosen-oligosen sedimanlar bulunmaktadır. Miyosen sedimanlar kireç taşı, fosilli kumlar, kil, marn ve kum taşı birimlerinden oluşmaktadır. Saroz Körfezi ise gözenekli, kalın, sert bazen tabakalı kil, ara katkılı kireç taşlarından oluşmuştur. Çan-Çanakkale arasında ve Ayvacık ile Yenice civarında bulunan miyosen volkanitler andazit, dasit, riyodasit, tuf ve aglomeralardan meydana gelmiştir. Kocalar ve Tepeköy riyolitik tüfleri, bu volkanitler içinde yer almaktadır. Pliyokuvaterner ise daha genişçe Ezine-Bayramiç ve Biga-Gönen arasında yer bulunmaktadır. Bunlar çimentolaşmış fosiller kum, kil ve konglomeratik çakıl ihtiva etmektedir. Edremit, Bayramiç, Yenice ve Çan arasındaki bölgede eosen öncesi birimler bulunmaktadır. Aynı birimler Aksaz-Karabiga civarında ve Ezine'nin kuzeyinde yer almaktadır. Bu bölgeler kıtasal temeli oluşturan Kazdağ grubu ile Karakaya formasyonundan oluşmuştur. Kazdağ grubu gnays, şist, mermer, anfibolit ile derinlik kayacı olan granit batolitinden meydana gelmiştir. Namazgah alkalili feldspat bu bölgede bulunmaktadır (Kayacı, 1998; Ternek, 1987; Bingöl ve diğ., 1973).

7.2 Araştırma Bölgesinin Tanımı

Araştırma konusu olan hammaddelerin bulunduğu bölge Biga yarım adası sınırları içindedir. Biga yarım adası, batıda Çanakkale Boğazı ve Ege Denizi, kuzeyde Marmara Denizi, Doğuda Gönen, Balya, Burhaniye hattı ve güneyde Edremit körfezi ile sınırlanan yaklaşık 11.000 km²'lik bir sahayı kapsar .

Çalışmamıza konu teşkil eden 3 adet alkalili hammadde, bu bölgede bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi olan Kocalar riyolitik tüfü, Kocalar köyü sınırları içinde olup, Çanakkale-Çan yoluna 9,5 km. uzaklıkta ve Çan ilçesine toplam 40 km. uzaklıktadır.



Şekil 7.2 Araştırma bölgesinin yeri

Tepeköy riolitik tüfü ise Tepeköy sınırları içinde olup, Çan ilçesine 1 km. uzaklıktadır. Namazgah feldspat ise Namazgah köyü sınırları içinde olup, Yenice ilçesine 4 km. uzaklıkta ve Çan ilçesine 30 km. uzaklıktadır. Bu çalışmamız, Çan ilçesinde bulunan Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik San. A.Ş. Fabrikalarında yapıldığından Çan ilçesi merkez alınmıştır.

Çanakkale civarı seramik hammaddeler yönünden zengin bir bölgedir. Bol miktarda kaolen, kuvars, mermer, dolomit, sileks ve alkali bileşikleri içeren hammaddeler bulunmaktadır.

7.3 Tepeköy Riolitik Tüf Ocağı

İnceleme alanı riolitlik orijinli volkanik tüflerle kaplıdır. Tersiyer volkanizma ile masif olarak yataklanmış tüf, tektonizma ile gelişen hidrotermal solüsyonlar tarafından alterasyona uğramıştır. Bünyesinde bulunan feldspatların bir bölümü kaolenlenmiş, geri kalanı orijini korumuştur. Biyotit minerallerinin alterasyona uğrayan kesimlerinde açığa çıkan demir elementi amorf demir bileşiklerini meydana getirmiştir.

Cevher ana olarak feldspat, kuvars ve yan cevher mineralleri mika ve demirli minerallerden oluşmuştur. 4,5 milyon ton görünür rezerv bulunmaktadır. X-Işınları difraktometre analizinde bünyesinde kuvars, kristabolit, albit, mikrolin ve kaolinit minerallerinden oluştuğu görülmektedir. Kimyasal analizinden toplam feldspat minerali, %66,5 civarında olduğu görülmektedir. 1180 °C'de %10,8 gibi yüksek bir pişme küçülmesi görülmesine rağmen düşük su emme değerine sahiptir (Çizelge 7.1), (Bal, 1999).

7.4 Kocalar Riyolitik Tüf Ocağı

İnceleme alanı ve çevresi volkanik kayalarla kaplıdır. Ocakta gözlenen hakim birim silisifiye olmuş riyolitik tüftür. Ocağın çevresindeki birimler ise, altere andezitlerdir. Araştırma alanında volkanik aktivite sırasında geniş bir alana feldspatça zengin, demir miktarı yaklaşık %1,5 olan tüf birimi geldikten sonra, yoğun tektonik harekete maruz kalmıştır. Yüzeyde 60-70 ° eğimli, bazen dikey kırıklı bir yapı gözlenmektedir. Bu kırıklı yapı sayesinde yüzey yeraltı sularının ve hidrotermal suların etkisiyle feldspatın bir kısmı kaolinite dönüşmüştür.

Cevheri feldspat, kuvars ve yan cevher minerallerinden oluşmuştur. 2 milyon ton görünür rezerv bulunmaktadır. X-Işınları difraktometre analizinde kuvars, albit, ortoklas, kaolinit, muskovit ve montmorillonit minerallerinden oluştuğu gözlenmiştir. Rasyonel analizinden %64 civarında feldspat minerali içerdiği görülmektedir. Pişme özellikleri Tepeköy tüfü ile aynı karakterdedir. 1180 °C'de Yüksek oranda pişme küçülmesi ve düşük oranda su emme özelliğine sahiptir (Çizelge 7.1), (Bal, 1999).

7.5 Namazgah Feldspat

Yenice İlçesini 4 km. güney doğusunda Namazgah köyünün güney ve güneydoğusunun bitişiğinde yer almıştır. Graniti meydana getiren magmanın, Yenice çevresinde yüzeye doğru yükselmesi esnasında, granit batolitin kenar zonunda feldspatça zengin magma sokulumu meydana gelmiştir. Yavaş soğuma esnasında kuvars ve feldspat mineralleri kristalleşirken, kütlenin yüzeye yakın kısımda soğuma çatlakları boyunca, magma suyunun taşıdığı kuvars minerali ile çok az turmalin minerali kristalleştiği gözlenmiştir. Oluşum alanının orta kısmında, orta sertlikte feldspat mikasız oluşmuş olup alterasyondan etkilenmemiştir. Fakat kenar kısımların alterasyon etkisiyle arenalaştığı (mikasız) gözlenmiştir. Oluşum alanının kuzeyinde altere granit, güneydoğusunda metamorfikler, güneybatısında volkanikler ile sınırlanmıştır. Yenice feldspatın görünür rezervi 4 milyon ton dolayındadır. Paleosen

yaşındadır. X-Işınları difraktometre analizinde kuvars, ortoklas, albit ve illit (yüzey alterasyon kili) minerallerinden oluştuğu görülmektedir. Rasyonel analizinde %56 civarında feldspat minerali içermektedir. 1180 °C'de tek başına düşük küçülme, yüksek su emme özelliğine sahiptir

7.6 Aydın Sodyum Feldspat

Aydın ilinin Çine ilçesi civarlarında gözlenen bu birimin ana kayası gözlü gnays, mikaşist türündeki metamorfik kayalardan oluşmuştur. Cevherin oluşumu hidrotermal evrelere bağlıdır (Çizelge 7.1).

Herhangi bir geometrik şekli olmayıp, düzensiz bir kalınlığa sahiptir. Mercek ve damar şekillerinde görülebilmektedir. Hidrotermal evrelerin getirdiği solüsyonlar ana kayanın, belli zamanlarda albitleşmesine sebep olmuştur. Albitler yer yer iri kristalli olup, kuvars, albit mika ve rutil bulunmaktadır. Menderes masifinin doğu ve batısında yayılım gösterir. Termik rezerv 2 milyon tondur. X-Işınları difraktometre analizinde kuvars, albit, muskovit ve kaolinit minerallerinden oluştuğu görülmektedir. Rasyonel analizi %79 civarında feldspat minerali içermektedir. 1180 °C'de düşük oran da pişme küçülmesi ve yüksek oranda su emme özelliğine sahiptir (Çizelge 7.1).

7.7 Hindistan Potasyum Feldspat

Büyük bölümü granit taban kayacı üzerinde bulunan, Hindistan Yarımadasında potasyum feldspat, pegmatit oluşumları halinde gözlenmektedir.

Başlıca Feldspat oluşum ve üretim bölgeleri, Rajasthan, Andhra, Pradesh, Karnataka ve Tamilnadu eyaletleridir. Bunlardan Karnataka'da çevre koruma kaygıları ve eyalet yasalarında farklılıklar nedeniyle üretim yapılamamaktadır. Rajasthan eyaleti üretimleri, toplam üretimin çoğunluğunu teşkil etmekle birlikte, limanlara olan uzaklığı nedeniyle dezavantajları fazladır.

Feldspat üretimleri, pegmatit damarlarından yapılabildiği gibi yan ürün olarak mika, kuvars ve beril ocaklarında da üretilmektedir. 5.000.000 ton civarında bir rezerv bulunmaktadır.

Çizelge 7.1 Araştırmamızda kullanılan hammaddelerin fiziksel, kimyasal, pişme özellikleri ve fiyatları

KİMYASAL ANALİZ	TEPEKÖY TÜFÜ	KOCALAR TÜFÜ	NAMAZGAH FELDSPATİ	SODYUM FELDSPAT	POTASYUM FELDSPAT	KUVERS	KİL
K.Z	1,52	1,60	0,46	0,58	0,35	0,13	8,11
SiO ₂	71,02	70,86	77,50	69,69	69,50	99,05	59,3
Al ₂ O ₃	15,57	15,31	12,60	18,35	17,00	0,23	24,88
TiO ₂	0,27	0,25	0,11	0,21	0,04	0,05	1,18
Fe ₂ O ₃	0,96	1,29	0,23	0,17	0,10	0,07	2,85
MgO	0,19	0,21	0,07	0,09	0,15	0,13	0,73
CaO	0,55	0,70	0,60	0,68	0,20	0,09	0,28
Na ₂ O	3,31	3,43	2,67	9,32	2,90	0,13	0,41
K ₂ O	6,51	5,91	5,51	0,48	11,50	0,04	0,21
PIŞME	Küçülme (%)	10,40	4,20	2,00	-	-	7,30
ÖZEL.(1180 °C)	Su Emme (%)	0,30	14,60	20,20	-	-	2,40
MINEROLOJİK	Na-Feldspat	29,02	24,00	78,86	24,53	1,10	3,46
	K-Feldspat	34,93	32,00	2,84	67,96	0,24	12,40
	Kaolinit	8,28	4,00	6,33	-	-	55,52
ANALİZ (%)	Serbest Kuvars	23,22	38,00	10,70	6,64	98,17	23,10
	Toplam	97,50	98,00	98,72	99,13	99,51	94,48
FİYAT (\$/ton)	7	9	10	15	80	20	13

K-Feldspat minerolojik olarak genelde Mikroklinik bir yapıya sahiptir. Bunun sonucu K_2O %10-12, Na_2O %3-4 arasında değişmektedir. Fe_2O_3 %0,50'nin altındadır



8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

8.1 Numune Hazırlama

Bu çalışmamızda önce, araştırma konumuzu teşkil eden Çanakkale civarındaki 3 adet alkalili hammadde ile 2 adet ideal feldspatın tek tek her biriyle, bir adet İstanbul kilinin %10'da başlayarak %90'a kadar değişen oranlarda karışımı reçeteleri oluşturulmuştur. Daha sonra %40 kil ve %60 alkali hammaddeler ile kuvarstan oluşan ticari seramik reçeteler hazırlanmıştır. Özellikle %60 alkalili hammadde olarak en ekonomik ve ideale yakın olacak şekilde araştırma konusu hammaddelerin bir birleriyle uygun karışımları ile seramik reçeteler oluşturulmuştur. Bu amaçla vitrifikasyon sıcaklığı düşük olanlar (alkali tüfler) ile yüksek olanların (feldspatlar), uygun oranlardaki reçeteleri ile % 3'ün altında su emme ile %6,5 'in altında küçülme hedeflenmiştir. Ayrıca seramik reçeteler kuvars kullanımına gerek kalmayacak çalışmalar yapılmıştır. Böylece tek tek her bir hammaddenin seramik reçetede etkisi görüldüğü gibi bir birleriyle olan karışımlarının etkisi de araştırılmıştır. Bu çalışmamızda feldspatların ve kuvarsın tane iriliği 2 mm.'nin altında, kilin ise 10 mm.'nin altındadır. Oluşturulan seramik reçeteler bir değirmende öğütülüp, preste şekillendirilerek daha sonra pişirilmiştir. Elde edilen pişmiş numunelerin pişme küçülmesi ve su emmesi ölçülmüştür .

8.2 Yapılan Deneyler

8.2.1 Öğütme Ve Çamur Hazırlama

%64 hammaddelerin kuru tartımları ve %26 su ile oluşan çamura, elektrolit olarak %0,2 sodyumtripolifosfat kullanılarak, hazırlanmış olan seramik reçeteler, MMS markalı bilyeli laboratuvar tipi değirmenlerde öğütme testine tabi tutulmuşlardır. Bu değirmenler 500 gr. Kuru hammadde kapasitelidir. Öğütme amacıyla bu değirmenlerin içinde %50 1 cm. ve %50 2 cm. çapında alubit bilyeler bulunmaktadır. Bu değirmene toplam kuru hammadde tartımı 250 gr. (%64 kuru hammadde) konulduktan sonra içerisine 88 gr. (%26) su ile 0,5 gr. (%0,2) elektrolit (STPF) ilave edilerek öğütme gerçekleştirilmiştir. Her reçetenin 63 µm elek üstü kabakumu %5±01 olacak şekilde öğütülmesi yapılır. % Kabakumu 8-1'deki verilen formülle hesaplanır.

$$\% \text{ Kabakum} = \frac{B}{M} \times 100 \quad (8-1)$$

$B = 100$ gr. Çamurun 63 μm elek bakiyesi (gr).

$M = 100$ gr. Çamurun kuru ağırlığı (gr).

Hazırlanan çamurlar önce 250 μm elekten geçirilerek kullanılmışlardır.

8.2.2 Yoğunluk Tayini

Laboratuvar tipi bilyeli değirmenden çıkarılan hammadde çamuru darası 200 olan 100 cc'lik bir balon jojeye doldurulur. Elektronik tartım cihazında tartılır. Tartılan miktar dara ile çamurun birlikte olan miktarıdır. Çamurun miktarını bulmak için dara son tartılan miktardan çıkarılır. 10 ile çarpılıp gr/lt. cinsinden çamurun yoğunluğu belirlenir. Seramik çamurların yoğunluğu 1640-1660 gr/lt. arasında gerçekleştirilir.

8.2.3 Granül Hazırlama Ve Rutubetlendirme

Öğütmesi tamamlanan seramik çamurlar Heraeus marka etüvde 110 °C'de kurutulur. Daha sonra bu karışım bir havanda öğütülerek 1 mm.'lik elekten elenir. Rutubetlendirme işlemi öğütülmüş kuru karışımın üzerine havalı tabanca ile su püskürtülerek yapılır. Seramik bünynenin rutubeti % 5 – 6 olacak şekilde ayarlanır.

8.2.4 Şekillendirme

%5 – 6 rutubet içeren granül haldeki seramik reçeteler Nanetti marka preste 31 bar (280 kg/cm²) basınçta şekillendirilir. Şekillendirilmiş numuneler çapı (ham boy) 50 mm., kalınlığı 7 mm. olan tablet şeklindedir.

8.2.5 Kurutma Ve Pişirme

Şekillendirilen numuneler önce bir etüvde 110 °C'de tamamen kurutularak daha sonra pişirilirler. Pişme işlemi şekil 5-2 'deki beyaz bünyeye uygun sıcaklıklarda, 1160, 1180, 1200 ve 1220 °C'de yapılmıştır. Bu pişme işlemleri Nabertherm marka fırında numuneler istenilen maksimum sıcaklık derecesinde 1 dakika kalarak gerçekleştirilmiştir.

8.2.6 Boy, Küçülme Tayini

Pişmiş numunelerin boyları kumpas yardımıyla 0.01 hassasiyetle ölçülerek, pişme küçülmeleri eşitliğinden 8-2'deki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Pişme küçülmesi} = \frac{\text{Ham boy} - \text{Pişmiş boy}}{\text{Ham boy}} \times 100 \quad (8-2)$$

8.2.7 Su emme Tayini

Pişme test yapılmış numuneler hassas terazide tartıldıktan sonra su emme kazanına bırakılıp 2 saat kaynatılmıştır. Numuneler kazandan alınıp bir güderi yardımıyla yüzey suyu silinip tekrar tartılmıştır. Tartım sonuçlarından eşitliği yardımıyla % su emme 8-3'teki fomül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Su emme} = \frac{\text{İkinci tartım} - \text{İlk tartım}}{\text{İlk tartım}} \times 100 \quad (8-3)$$

8.2.8 Isı Mikroskobu

Malzemelerin ergime derecelerini saptamak amacıyla kullanılmaktadır. Kıyaslanabilir değerler alınabilmesi için bütün numuneler aynı ısıtma hızında (5x5x5 mm'lik numuneler, 10 °C/dak) pişirilmiştir.

Malzeme 63 µm altına indirilir, ve el presinde şekillendirilir. Preste bulunan yay devamlı aynı basıncın uygulanmasını sağlamalıdır, bu şekilde bütün numuneler aynı yoğunlukta olur. Isı mikroskobu üzerine yerleştirilen fotoğraf makinesi ile malzemelerin belirli sıcaklıklarda fotoğrafları görüntülenmiştir. Bu işlemler Leica marka ısı mikroskobu ile yapılmıştır.

Malzemelerin erimesi sırasında meydana gelen hacimsel değişimler aşağıdaki şekillerde yorumlanabilir.

İLK KÜÇÜLME, Orijinal şeklini muhafaza edecek şekilde ilk hacimsel değişimin başladığı sıcaklıktır.

SİNERLEŞME, Orijinal şeklini muhafaza edecek şekilde en küçük hacime ulaştığı sıcaklıktır.

ERGİME BAŞLANGICI, Numunenin köşelerinin yuvarlaklaşmaya başladığı sıcaklıktır.

KÜRE HALİ, Malzemenin küre halini aldığı sıcaklıktır.

ERGİME NOKTASI, Malzemenin yarım küre haline geldiği sıcaklıktır. (Burada yükseklik orijinal yüksekliğin yarısı kadardır.)

Araştırma konusu olan alkalili hammaddelerimizin ısı karşısında davranışları bu test metoduyla tespit edilmiştir.

8.2.9 X – Işınları Difraktometre Analizi

Bu yöntemle mineralin kristal yapısının incelenmesi ile mineralojik bileşimi saptanır. Bu yöntemde çok kısa dalga boyuna sahip X-ışını demeti analiz edilecek numunenin üzerine gönderilir. Işın demeti maddenin üç boyutlu kristal kafeslerinden difraksiyona uğrar ve bu maddeye has difraksiyon paterni elde edilir. Bunun incelenmesi ve bileşimi belli standart minerallerde elde edilen paternler ile karşılaştırılması sonucu, numunenin mineral yapısı saptanmış olur.

X - Işınları yeterli kinetik enerjiye sahip yüklü parçacığın hızının aniden azalması, artması veya çarptığı malzemedeki elektronları uyarması sonucu meydana gelir. X - Işınları tüpünden çıkan ışınlar kolimatörden geçerek numuneye gelirler. Numuneye gelen X- ışınları her bir kristal düzleminden farklı açılarda yansıma yapacaktır. Sonuçta şiddet pikleri 2θ difraksiyon açısının fonksiyonu olarak X - ışınları paternini oluşturur. Yansımanın olduğu yerdeki pikin hangi kristale ait olduğu 8-4'teki eşitlikle belirlenir.

$$n \lambda = 2d \sin \theta$$

(8-4)

Her kristalin d değeri ve yansıma yaptığı açı cihaza daha önce yüklenmiş olduğu için numune içindeki mineral ve fazlar kolaylıkla tanınırlar. Bu teste Philips Pv 3710 marka cihaz kullanılmıştır. Araştırma konusu olan alkalili hammaddelerimizin içerdiği mineraller X-ışını grafiklerinden belirlenmiştir.

Reçete maliyeti= $A.\%A+B.\%B+C.\%C+\dots$

(8-5)

$A,B,C,\dots$ =Reçetede ki hammaddelerin fiyatları, \$/ton.

$\%A,\%B,\%C,\dots$ = İlgili hammaddelerin reçetede ki oranı, %.

Yıllık toplam hammadde maliyeti 8-6'da verilen formülle hesaplanır.

$Q=M.G (A.\%A+B.\%B+C.\%C+\dots)$

(8-6)

Q = Toplam yıllık hammadde maliyeti, \$

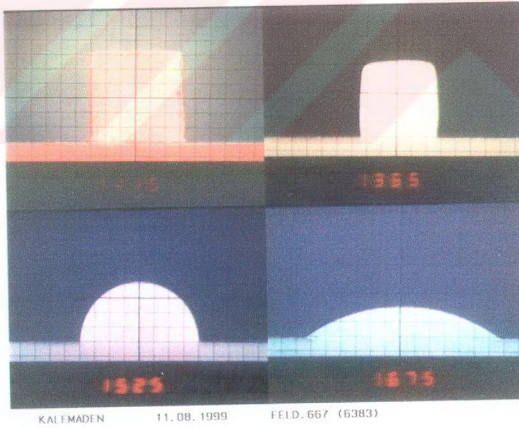
M = Yıllık yer karosu üretim miktarı, m^2

G = 1 m^2 yer karosu için gereken seramik reçete miktarı, Ton.

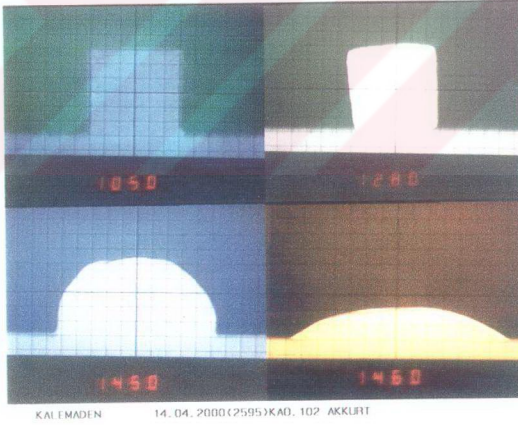
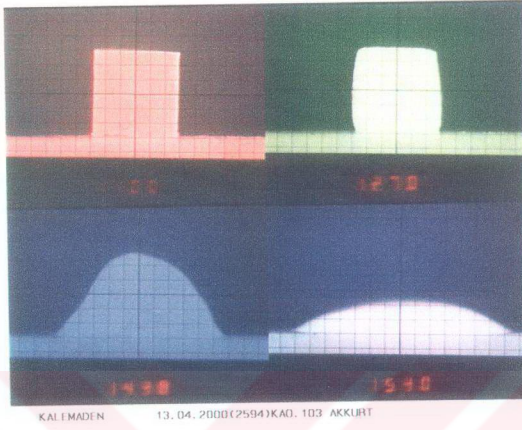
$A,B,C,\dots$ =Reçetede ki hammaddelerin fiyatları, \$/ton.

$\%A,\%B,\%C,\dots$ = İlgili hammaddelerin reçetede ki oranı, %.

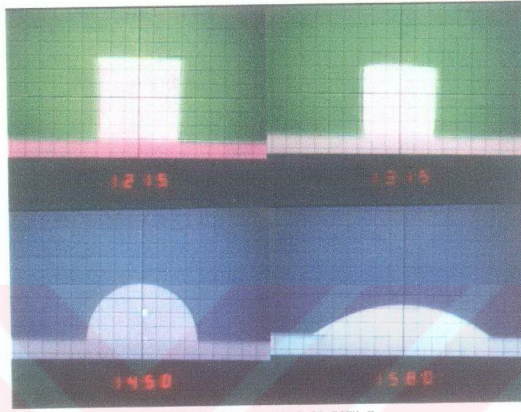
8.4 Hammaddelerin Isı Mikroskop Sonuçları



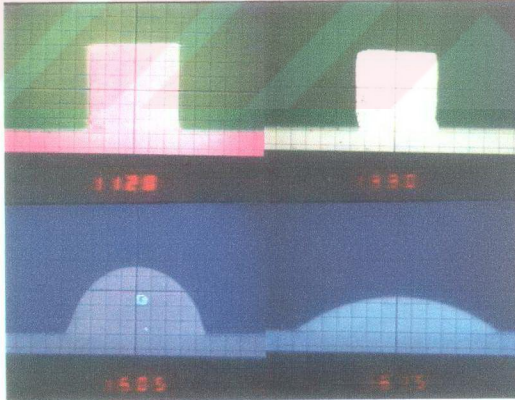
8.1 Potasyum Feldspat'ın Isı Mikroskop Sonuçları



Şekil 8.2 Tepeköy ve Kocalar Tüfleri'nin Isı Mikroskop Sonuçları



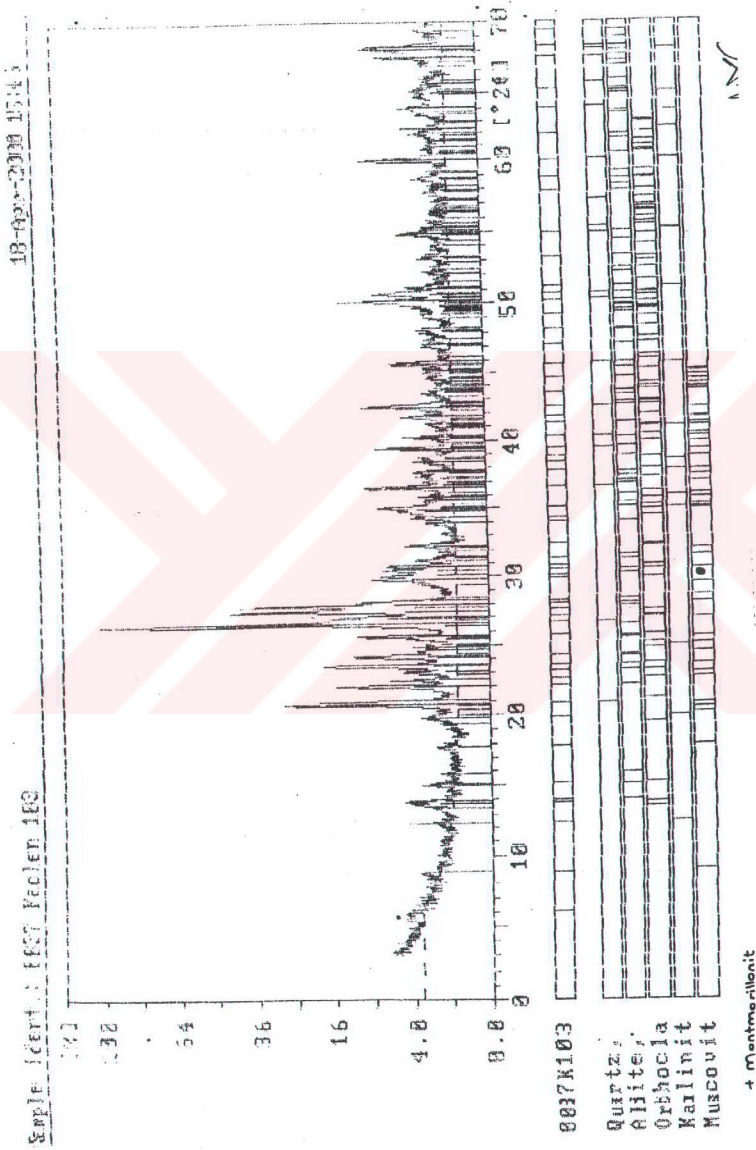
KALEMADEN 28.01.1999 F636 11.5TOK S.



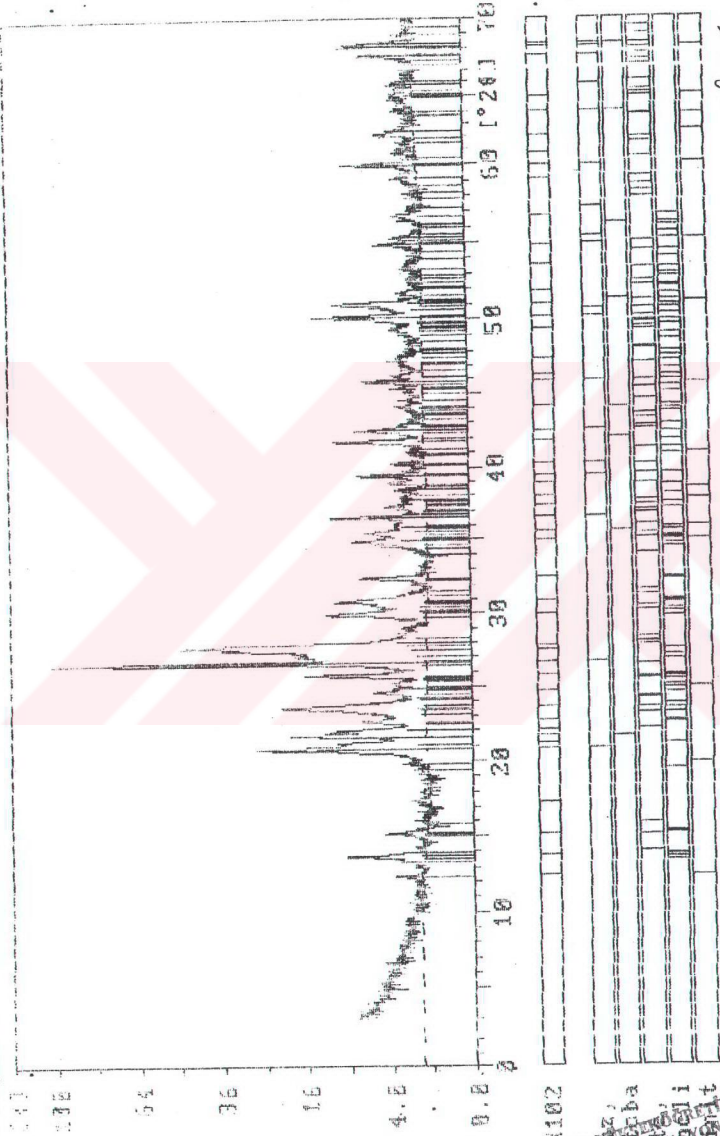
KALEMADEN 12.04.2000(2277) NAMAZGAH LAKKURT

Şekil 8.3 Sodyum Feldspat ve Namazgah Feldspatı'nın ısı mikroskop sonuçları

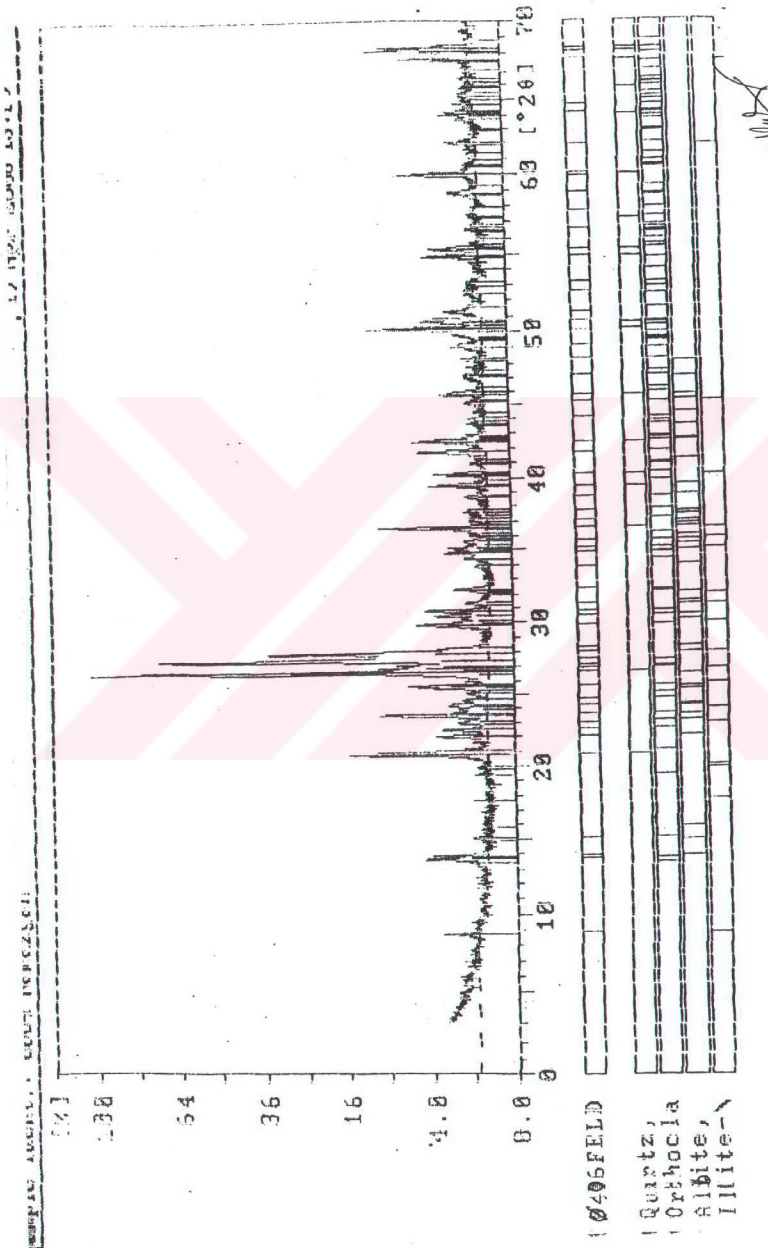
8.4 Hammaddelerin X-R Difraktometre Analizi



Şekil 8.4 Kocalar Riyolitik Tuf X-R Difraktometre Analizi



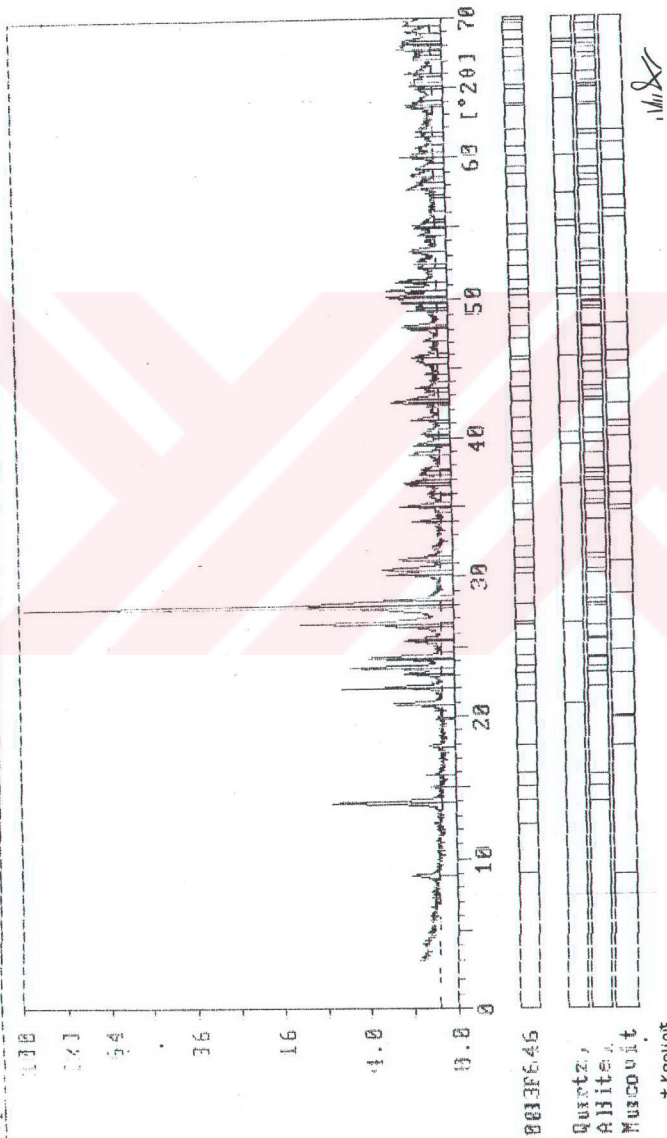
Şekil 8.5 Tepeköy Riyolitik Tufü'nün X-R Difraktometre Analizi



Şekil 8.6 Namazgaç Feldspat'i'nin X-R Difraktometre Analizi

19-000-2000 43:13

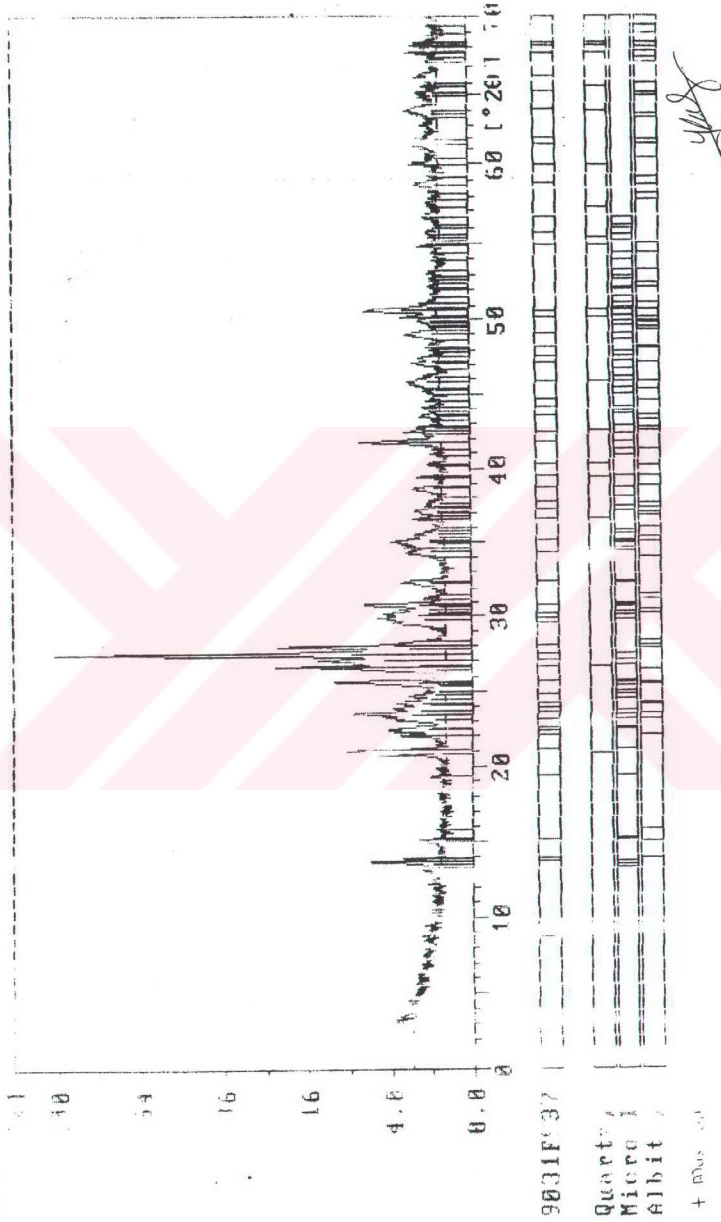
Sample Ident.: 0003 Feldspat466



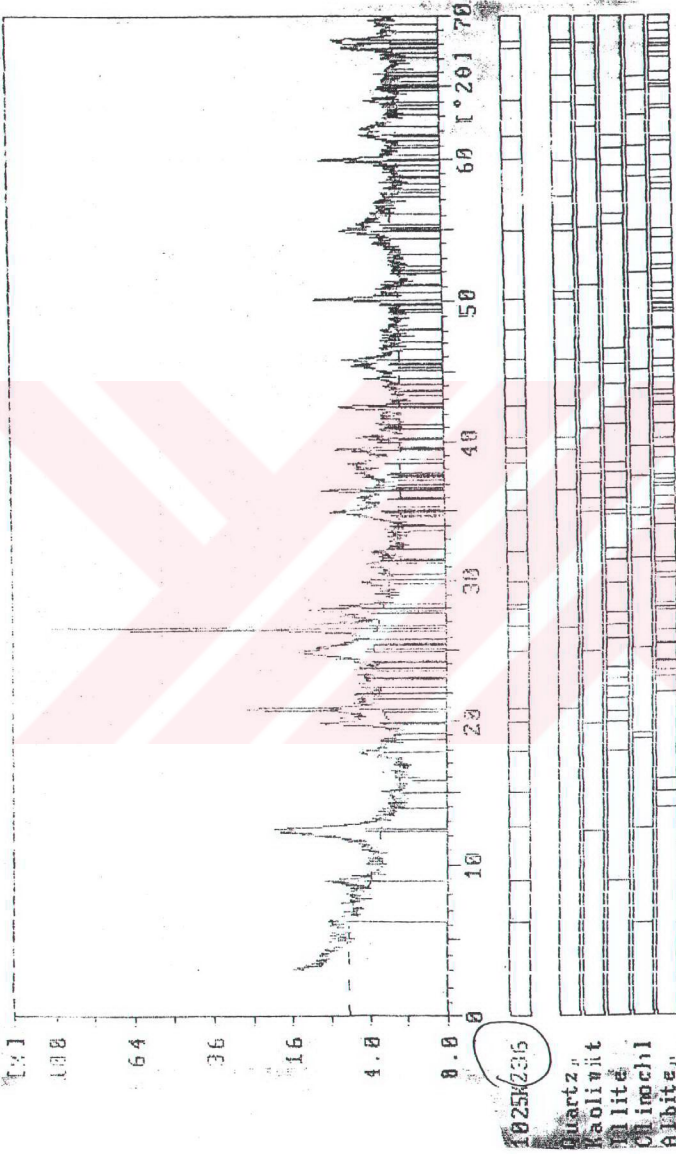
Şekil 8.7 Sodyum Feldspat'ın X-R Difraktometre Analizi

4-Feb-1999 9:52

Şekil 8.8 991 Feldspat 99



Şekil 8.8 Potasyum Feldspat'ın X-R Difraktometre Analizi



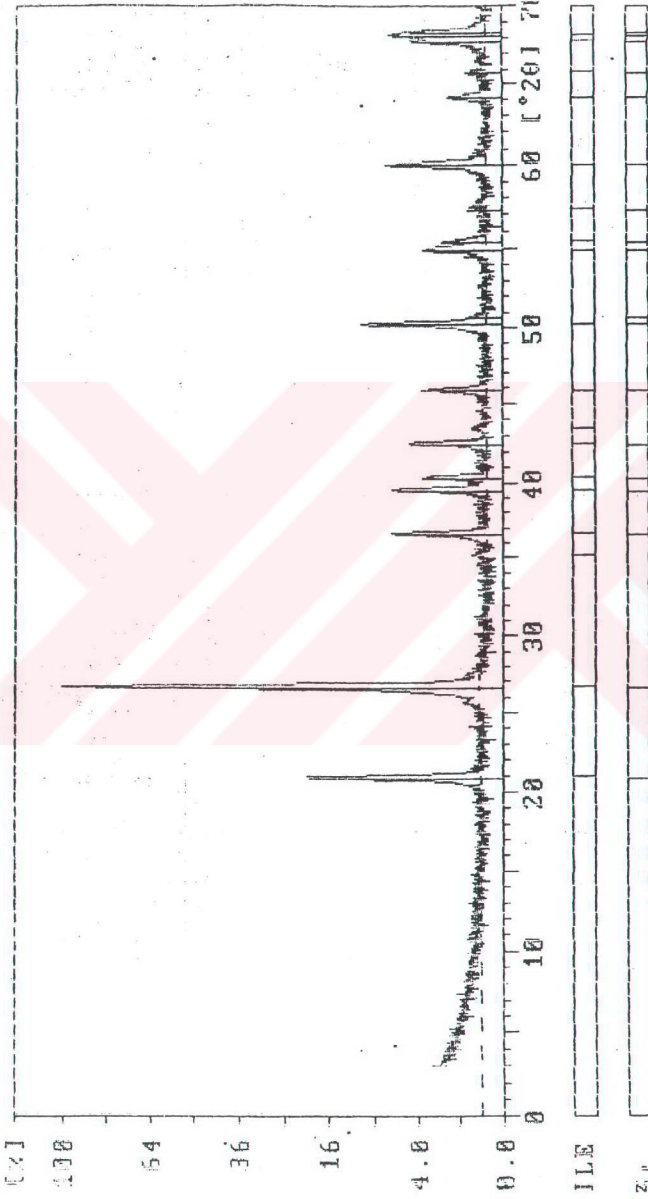
Şekil 8.9 Kilit X-R Difraktometre Analizi

11-Apr-2001 11:19

Lab. Kovit No: 720

Kuars

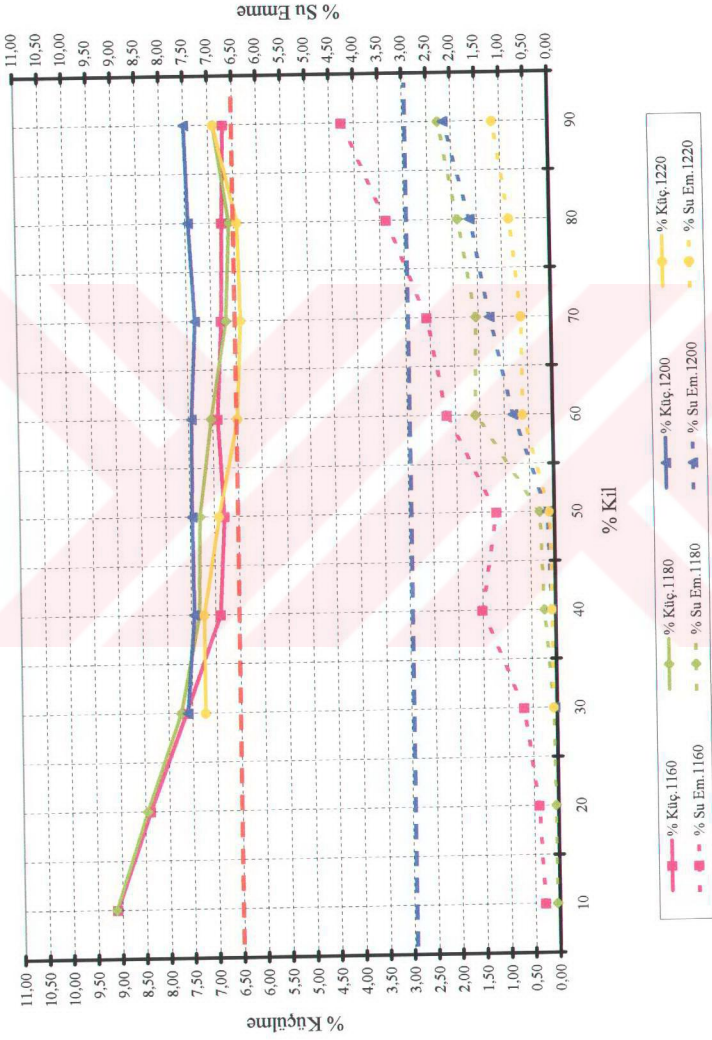
Çerç. 1169



Şekil 8.10 Kuarsın X-R Difraktometre Analizi

Çizelge 8.2 Kocalar Tüfü - Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri

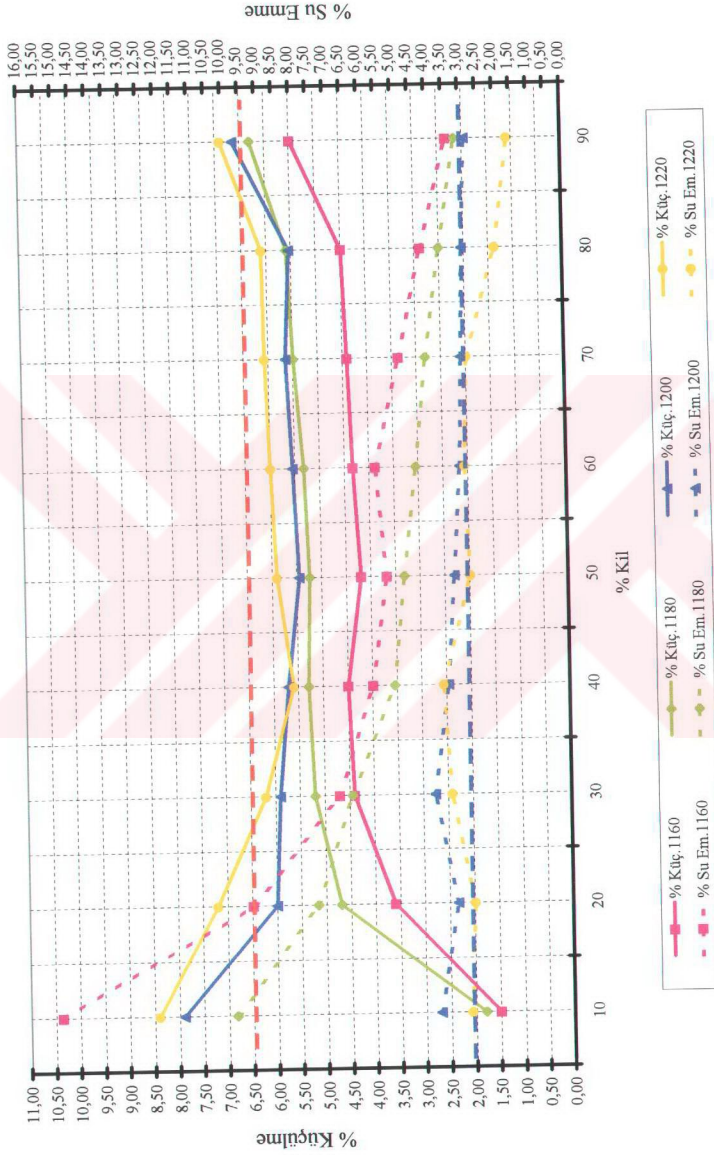
Karışım Reçetesi			Pişme Sıcaklığı									
			1160°C			1180°C		1200 °C		1220 °C		
Reçete No	% Kil	% Tüf	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.
1	10	90	9,10	0,30	9,12	0,05	Ergidi	Ergidi	Ergidi	Ergidi	Ergidi	Ergidi
2	20	80	8,40	0,41	8,46	0,05	Ergidi	Ergidi	Ergidi	Ergidi	Ergidi	Ergidi
3	30	70	7,64	0,69	7,74	0,07	7,60	0,05	7,24	0,07	7,24	0,07
4	40	60	6,90	1,52	7,34	0,24	7,44	0,09	7,24	0,08	7,24	0,08
5	50	50	6,80	1,20	7,30	0,31	7,46	0,15	6,90	0,11	6,90	0,11
6	60	40	6,90	2,19	7,04	1,60	7,44	0,82	6,50	0,63	6,50	0,63
7	70	30	6,80	2,57	6,70	1,55	7,34	1,27	6,40	0,63	6,40	0,63
8	80	20	6,75	3,37	6,60	1,90	7,44	1,64	6,44	0,84	6,44	0,84
9	90	10	6,70	4,26	6,90	2,28	7,50	2,16	6,90	1,16	6,90	1,16



Şekil 8.12 Kocaeli Tüf - Kıl'den oluşan seramik reçetelerin % kıl verme ve % su emme grafiği

Çizelge 8.3 Namazgah Feldspatı - Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri

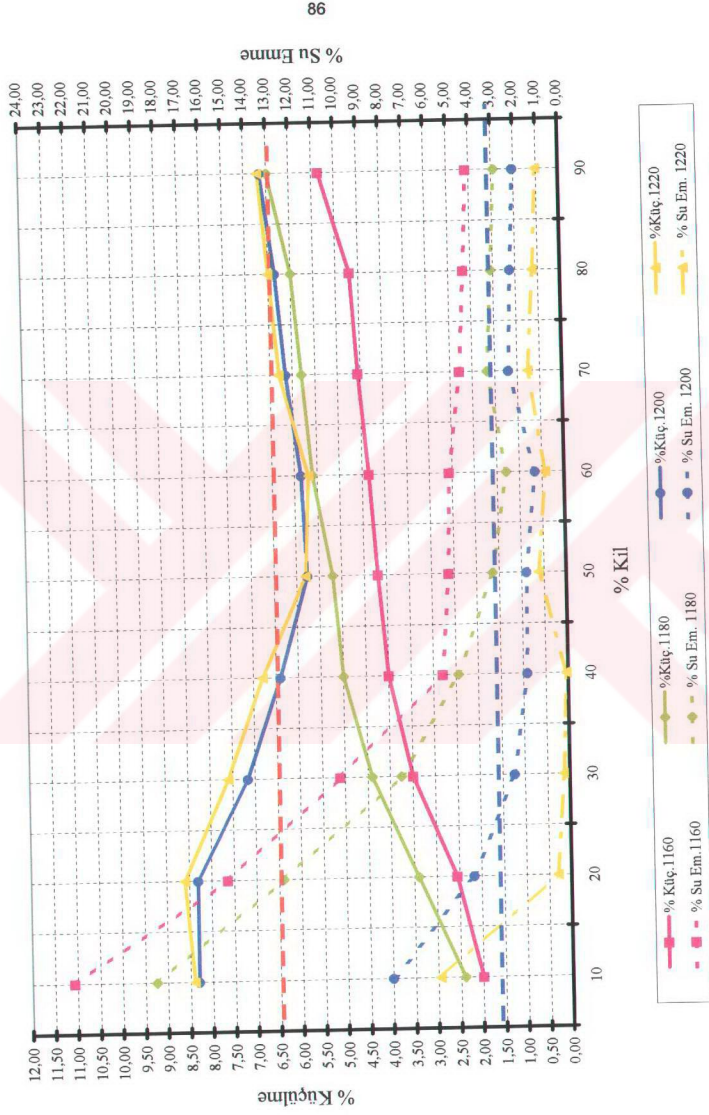
Karışım Reçetesi			Pişirme Sıcaklığı								
			1160 °C		1180°C		1200 °C		1220 °C		
			% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	
Reçete No	% Kil	% Feld.									
1	10	90	1,50	15,06	1,80	9,94	7,90	3,93	8,40	3,02	
2	20	80	3,60	9,43	4,70	7,51	6,00	3,39	7,20	2,89	
3	30	70	4,40	6,84	5,20	6,47	5,90	4,02	6,20	3,52	
4	40	60	4,50	5,81	5,30	5,17	5,70	3,57	6,60	3,33	
5	50	50	4,20	5,35	5,24	4,84	5,45	3,36	5,90	2,89	
6	60	40	4,33	5,65	5,32	4,45	5,55	3,15	6,00	3,00	
7	70	30	4,41	4,90	5,50	4,10	5,65	3,05	6,08	2,90	
8	80	20	4,50	4,20	5,60	3,65	5,55	2,98	6,10	2,01	
9	90	10	5,50	3,40	6,30	3,14	6,65	2,86	6,90	1,59	



Şekil 8.13 Namazgah Feldspati - Kil'den oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği

Çizelge 8.4 Sodyum Feldspat - Kil'den oluşan seramik reçetelerinin % küçülme ve % su emme değerleri

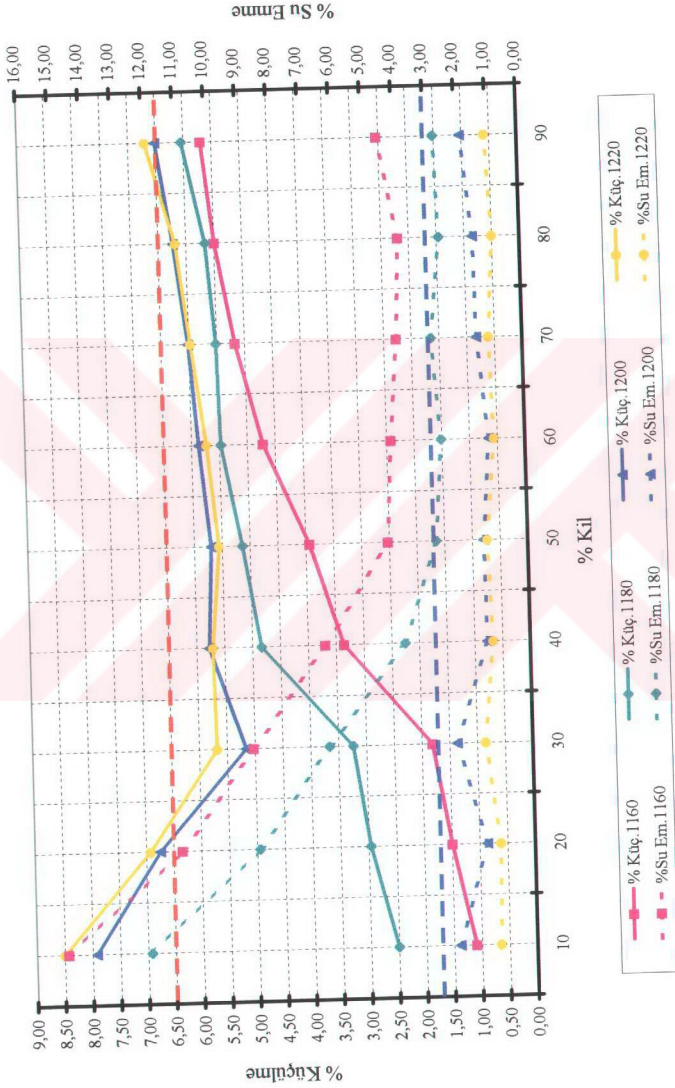
Karışım Reçetesi			Pişme Sıcaklığı											
			1160 °C			1180 °C			1200 °C			1220 °C		
			% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Küç.	% Su Em.	% Su Em.
Reçete No	% Kil	% Feld.												
1	10	90	2,00	22,15	2,40	18,50	8,30	8,00	8,40	5,90				
2	20	80	2,55	15,30	3,40	12,80	8,30	4,34	8,60	0,61				
3	30	70	3,50	10,22	4,40	7,50	7,16	2,48	7,60	0,27				
4	40	60	4,00	5,60	5,00	4,90	6,40	1,82	6,80	0,10				
5	50	50	4,20	5,25	5,20	3,30	5,76	1,79	5,80	1,24				
6	60	40	4,35	5,15	5,60	2,60	5,86	1,32	5,70	0,86				
7	70	30	4,55	4,60	5,80	3,35	6,15	2,40	6,30	1,55				
8	80	20	4,70	4,35	6,00	3,10	6,35	2,25	6,50	1,25				
9	90	10	5,35	4,15	6,50	2,90	6,65	2,05	6,70	1,05				



Şekil 8.14 Sodyum Feldspat - Kıl'den oluşan seramik reçetelerinin % kılçılma ve % su emme grafiği

Çizelge 8.5 Potasyum Feldspat - Kil reçetelerinden oluşan seramik reçetelerin% küçülme ve % su emme değerleri

Karışım Reçetesi			Pişme Sıcaklığı											
			1160 °C				1180 °C				1200 °C			
			% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.
Reçete No.	% Kil	% Feld.												
1	10	90	1,10	14,98	2,50	12,31	7,92	2,46	8,50	1,16				
2	20	80	1,50	11,29	2,96	8,79	6,74	1,53	6,92	1,11				
3	30	70	1,82	8,95	3,24	6,51	5,16	2,42	5,69	1,52				
4	40	60	3,36	6,57	4,84	4,02	5,78	1,38	5,72	1,21				
5	50	50	3,94	4,50	5,14	2,95	5,70	1,43	5,56	1,32				
6	60	40	4,72	4,32	5,48	2,70	5,88	1,18	5,74	1,01				
7	70	30	5,18	4,06	5,52	2,94	6,02	1,48	5,98	1,09				
8	80	20	5,50	3,92	5,66	2,60	6,24	1,52	6,20	0,91				
9	90	10	5,70	4,52	6,04	2,71	6,52	1,85	6,70	1,07				



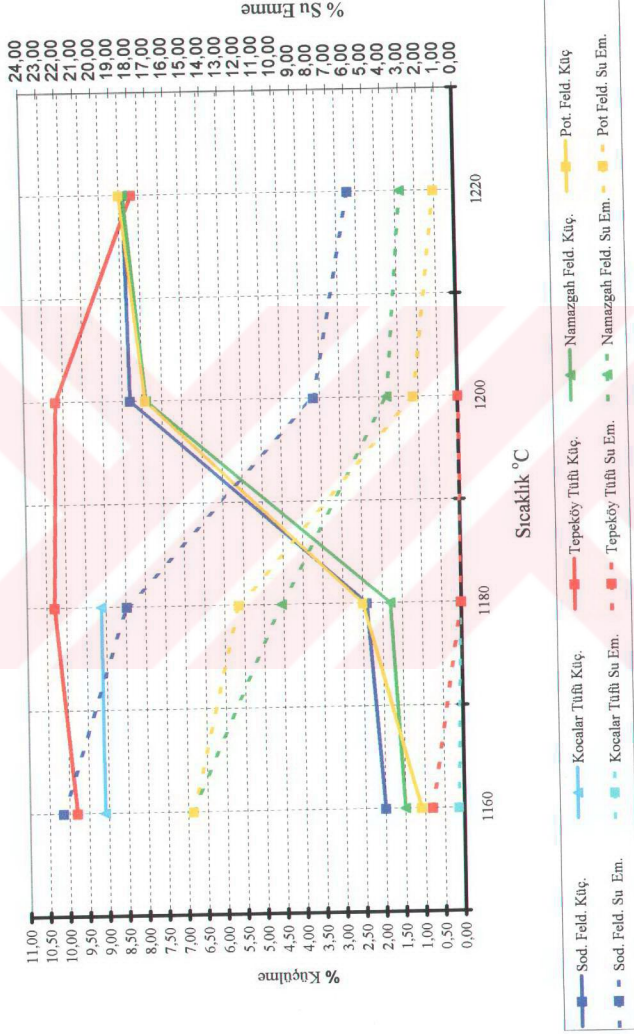
Şekil 8.15 Potasyum Feldspat - Kıl reçetelerinden oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği

Çizelge 8.6 %10 Kil ile % 90 feldspatlar ve alkali ham maddelerden oluşan reçetelerin
% küçülme ve % su emme değerleri

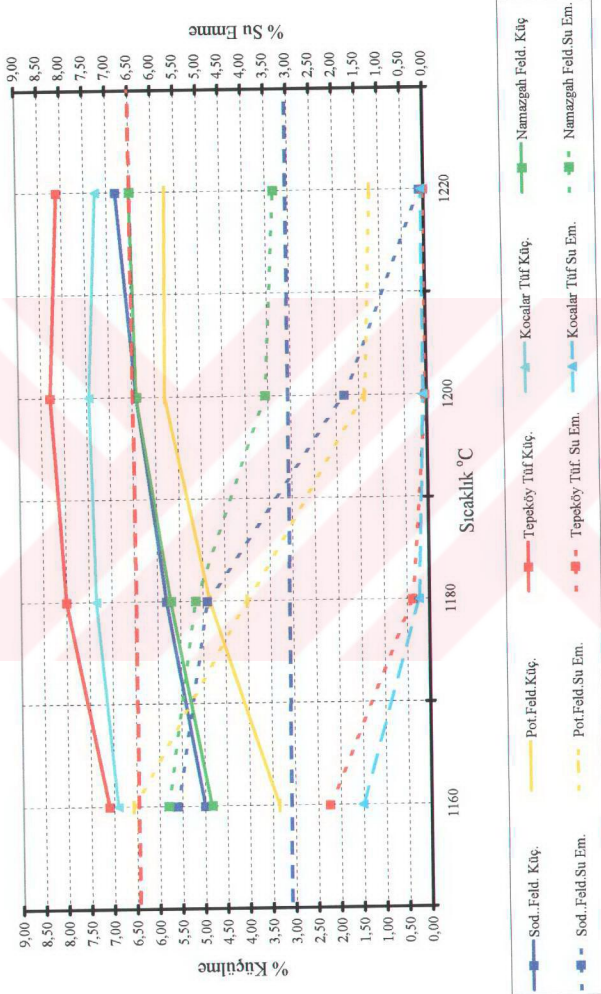
Pişirme Sıcaklığı Reçete No	Ham madde	1160 °C		1180 °C		1200 °C		1220 °C	
		% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.
1	Kocalar Tufu	9,10	0,30	9,12	0,05	Ergime	Ergime	8,20	0,00
2	Tepeköy Tufu	9,80	1,79	10,30	0,03	10,20	0,01	8,50	1,16
3	Potasyumfeldspat	1,10	14,98	2,50	12,31	7,92	2,46	8,40	5,90
4	Sodyum Feldspat	2,00	22,15	2,40	18,30	8,30	8,00	8,40	3,02
5	Namazgah Feld	1,50	15,06	1,80	9,94	7,90	3,93	8,40	3,02

Çizelge 8.7 %40 Kil ile % 60 feldspatlar ve alkali ham maddelerden oluşan reçetelerin
% küçülme ve % su emme değerleri

Pişirme Sıcaklığı Reçete No	Ham madde	1160 °C		1180 °C		1200 °C		1220 °C		Reçete Maliyeti \$/Ton
		% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	
1	Kocalar Tufu	6,90	1,52	7,34	0,24	7,44	0,09	7,24	0,08	9,40
2	Tepeköy Tufu	7,10	2,25	8,00	0,38	8,30	0,05	8,10	0,02	10,60
3	Potasyumfeldspat	3,36	6,57	4,84	4,02	5,78	1,38	5,72	1,21	53,20
4	Sodyum Feldspat	5,00	5,60	5,80	4,90	6,40	1,82	6,80	0,10	14,20
5	Namazgah Feld	4,84	5,81	5,70	5,17	6,40	3,57	6,50	3,33	11,20



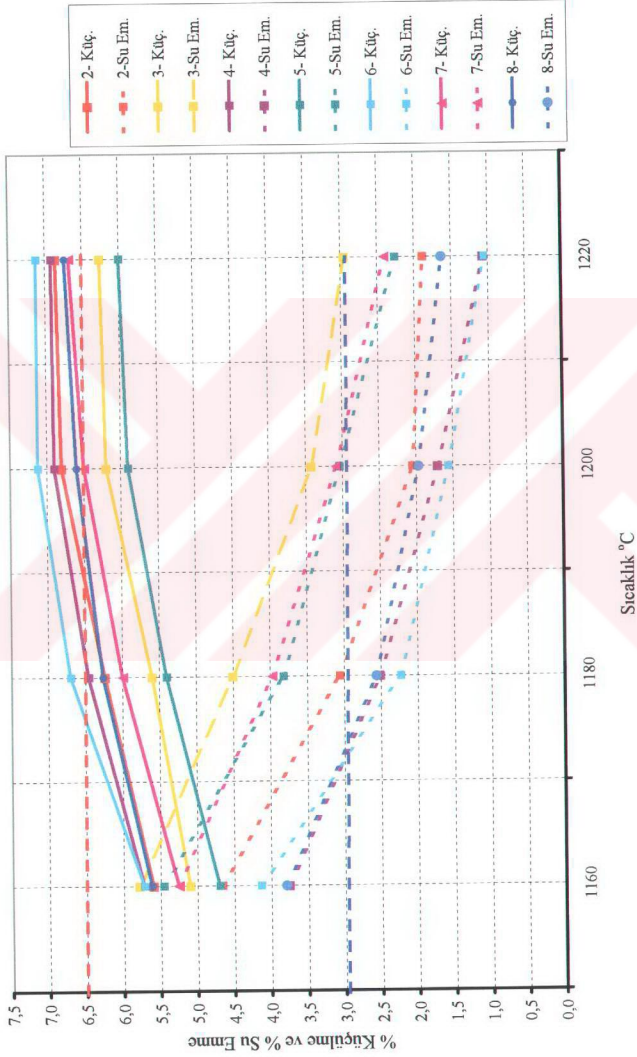
Şekil 8 16 %10 KİL ile feldspatlar ve alkali hammaddelerden oluşan seramik reçetelerin % kütülme ve % su emme grafiği



Şekil 8.17 %40 Kil ile feldspatlar ve alkali hammaddelerden oluşan reçetelerin % küçülme ve %su emme grafiği

Çizelge 8.8 Kil-Tepeköy Tüfiti-Kocalar Tüfiti-Namazgah Feldspat ve Kuvars'tan oluşan seramik reçetelerinin % küçülme ve % su emme değerleri

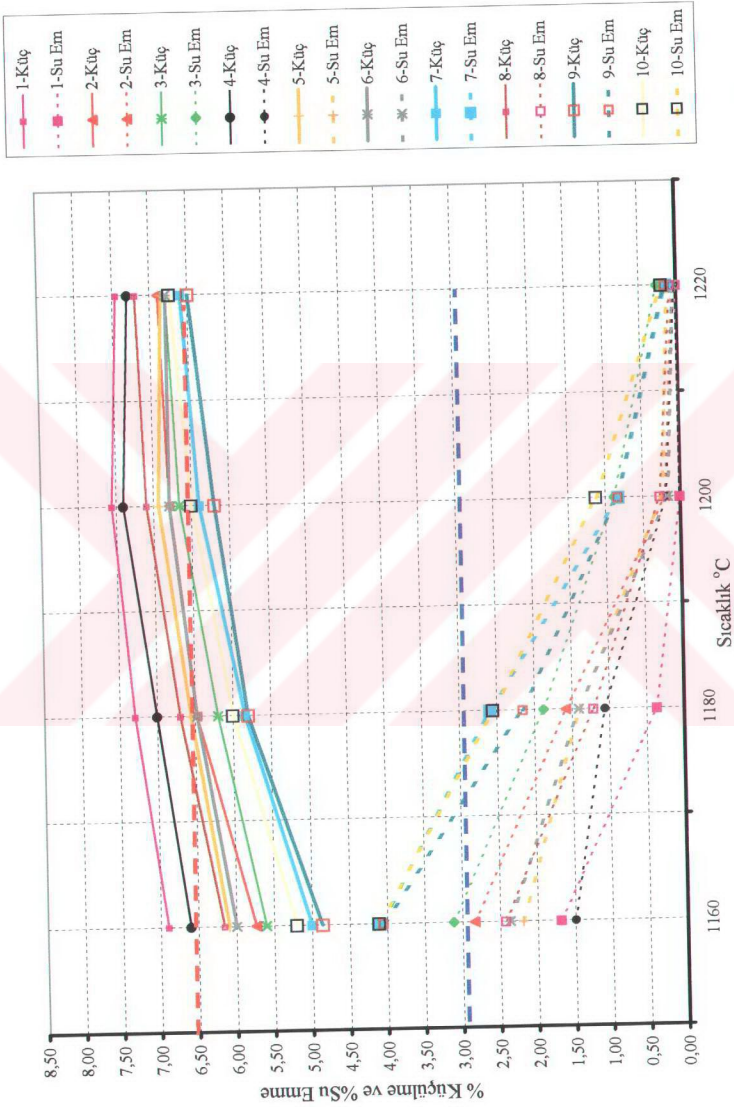
Seramik Reçete				Pişme Sıcaklığı										Reçete Maliyeti	
Reçete No	% Kil	% Tep. Tüf	% Koc. Tüf	% Kuvars	% Namaz. Feld.	1160 °C		1180 °C		1200 °C		1220 °C		\$/Ton	-
						% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.		
1	40	30	30	-	-	7,32	1,75	7,75	0,35	7,95	0,09	7,70	0,03	-	-
2	40	50	-	10	-	5,60	4,67	6,24	3,06	6,80	2,05	6,86	1,89	10,70	10,70
3	40	45	-	15	-	5,10	5,79	5,60	4,51	6,20	3,42	6,26	2,95	11,37	11,37
4	40	-	50	10	-	5,72	3,76	6,46	2,51	6,90	1,71	6,92	1,07	11,70	11,70
5	40	-	45	15	-	4,70	5,46	5,40	3,82	5,90	3,04	6,00	2,26	12,25	12,25
6	40	25	25	10	-	5,72	4,14	6,70	2,23	7,12	1,56	7,12	1,06	11,20	11,20
7	40	22,5	22,5	15	-	5,26	5,27	6,00	3,98	6,50	3,09	6,68	2,41	12,80	12,80
8	40	40	-	-	20	5,62	3,80	6,26	2,56	6,60	1,97	6,74	1,63	9,80	9,80



Şekil 8.18 Kıl - Tepeköy Tufu - Kocalar Tufu - Namazgah Feldspat ve Kuvar'ın oluşan seramik reçetelerinin % küçülme ve % su emme değerleri

Çizelge 8.9 Kil-Tepeköy Tüfü-Kocalar Tüfü ve Sodyum Feldspat'tan oluşan seramik reçetelerinin % küçülme ve % su emme tablosu

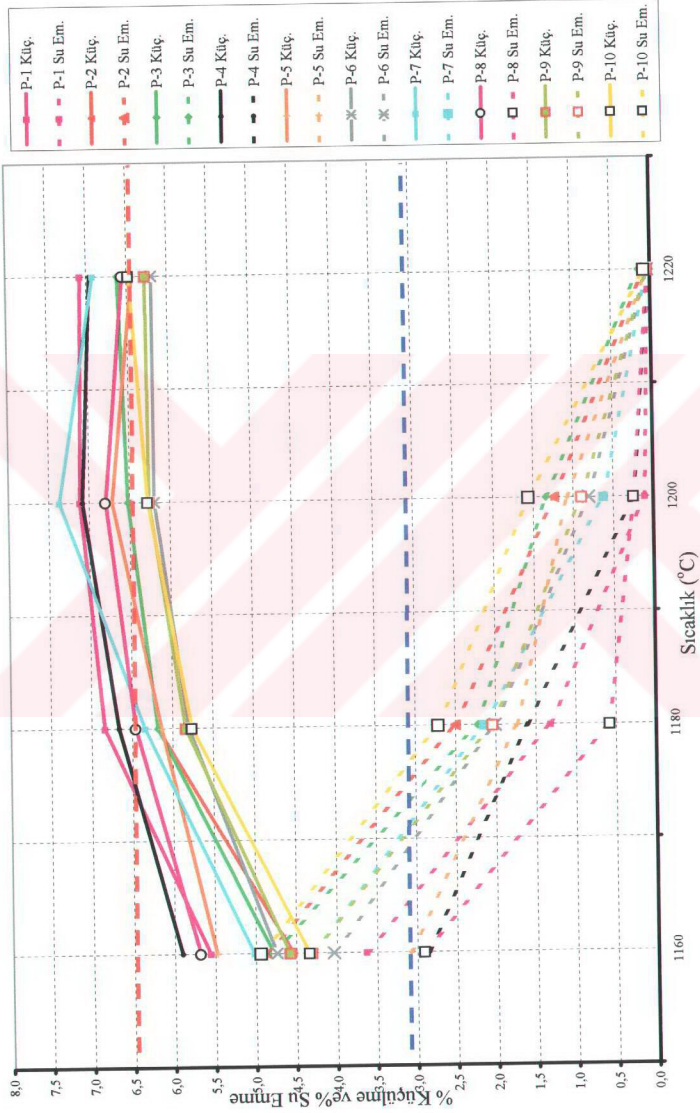
Seramik Reçete					Pişme Sıcaklığı								Reçete Maliyeti									
					1160 °C				1180 °C						1200 °C				1220 °C			
					% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.			% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.		
R. No	% Kil	% T. Tüf	%K. Tüf	% Feld.													\$/ton					
1	40	20	20	20	6,90	1,69	7,30	0,37	7,56	0,01	7,46	0,01					11,40					
2	40	15	15	30	5,74	2,84	6,48	1,58	6,80	0,21	6,90	0,06					12,10					
3	40	10	10	40	5,60	3,12	6,20	1,88	6,66	0,89	6,80	0,27					12,80					
4	40	35	15	10	6,60	1,49	7,00	1,06	7,40	0,19	7,30	0,03					10,50					
5	40	25	25	10	6,10	2,20	6,56	1,40	6,94	0,25	6,86	0,13					10,70					
6	40	5	30	25	6,00	2,37	6,48	1,41	6,80	0,17	6,80	0,05					12,00					
7	40	20	5	35	5,00	4,09	5,84	2,59	6,40	0,83	6,60	0,14					12,30					
8	40	30	20	10	6,16	2,43	6,70	1,22	7,10	0,28	7,20	0,09					10,60					
9	40	-	30	30	4,86	4,06	5,80	2,16	6,20	0,84	6,50	0,16					12,40					
10	40	30	-	30	5,20	4,11	6,00	2,55	6,50	1,13	6,74	0,20					11,80					



Şekil 8.19 Kil - Tepeköy Tufu - Kocalar Feldspat'tan oluşan seramik reçetelerinin % küçülme ve % su emme grafiği

Çizelge 8.10 Kil-Tepeköy Tüfü-Kocalar Tüfü ve Potasyum Feldspat'tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri

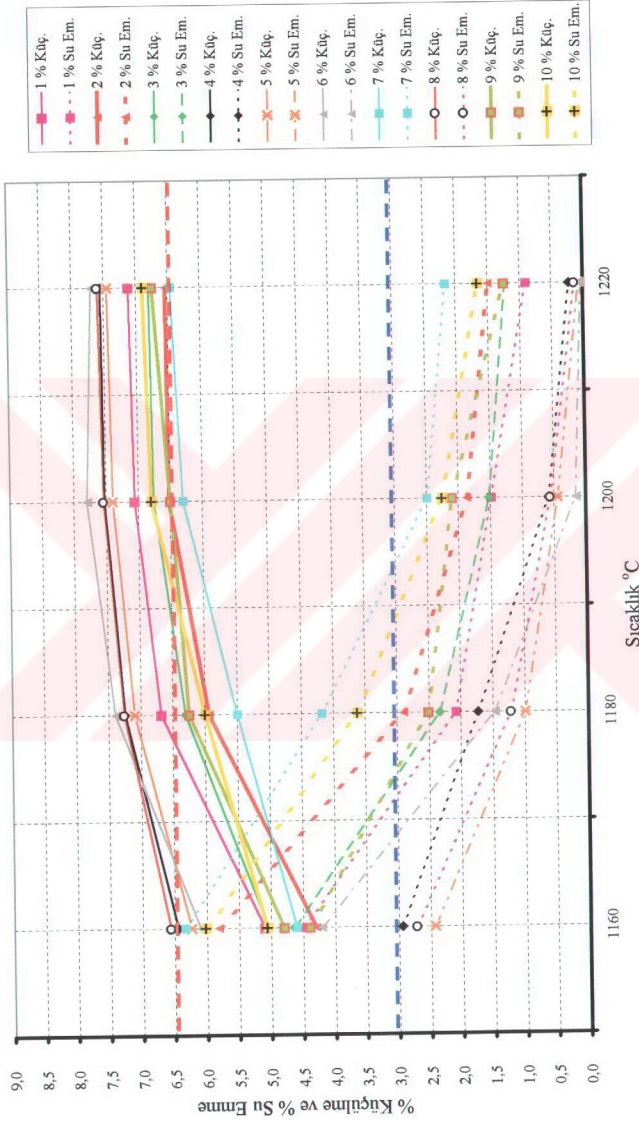
Seramik Reçete										Sıcaklık (°C)						Reçete Maliyeti							
										1160			1180					1200			1220		
										% K. Tüf.	% T. Tüf.	% Feld.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.			% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.
R. No.	% Kil															\$/ton							
1	40	20	20	20	20	20	5,56	3,63	6,84	1,32	7,12	0,11	7,08	0,04		24,40							
2	40	15	15	30	30	30	4,54	4,87	5,84	2,50	6,32	1,24	6,48	0,08		31,60							
3	40	10	10	40	40	40	4,78	4,80	6,18	2,22	6,52	1,34	6,62	0,15		38,80							
4	40	35	15	10	10	10	5,90	2,85	6,66	1,60	7,08	0,27	6,96	0,04		17,00							
5	40	25	25	10	10	10	5,48	3,08	6,14	1,74	6,72	1,08	6,44	0,04		17,20							
6	40	5	30	25	25	25	4,74	4,04	5,80	2,01	6,20	0,81	6,20	0,04		28,25							
7	40	20	5	35	35	35	5,02	4,31	6,34	2,14	7,37	0,62	6,92	0,04		35,05							
8	40	30	20	10	10	10	5,68	2,91	6,46	0,58	6,80	0,25	6,56	0,04		17,10							
9	40	-	30	30	30	30	4,58	4,31	5,84	2,04	6,26	0,9	6,28	0,04		31,90							
10	40	30	-	30	30	30	4,34	4,94	5,76	2,71	6,28	1,56	6,48	0,08		31,30							



Şekil 8.20 Kil - Tepeköy Tüfü - Kocalar Tüfü ve Potasyum Feldspat'tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği

Çizelge 8.11 Kil-Tepeköy Tüfü-Kocalar Tüfü ve Namazgah Feldspat'tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme değerleri

Seramik Reçetesi				Pişme Sıcaklığı						Reçete	
				1160°C		1180°C		1200 °C		1220 °C	
R. No	% Kil	%T. Tüf.	%K. Tüf	%N. Feld.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	% Küç.	% Su Em.	Maliyeti \$/ton
1	40	20	20	20	5,10	4,50	6,68	2,08	7,06	1,49	10,40
2	40	15	15	30	4,70	5,82	5,94	2,90	6,52	1,87	10,60
3	40	10	10	40	5,04	4,65	6,30	2,33	6,76	1,52	10,80
4	40	35	15	10	6,44	2,94	7,24	1,73	7,52	0,58	10,00
5	40	25	25	10	6,20	2,44	7,10	1,00	7,40	0,45	10,20
6	40	5	30	25	6,10	4,22	7,40	1,48	7,80	0,17	10,75
7	40	20	5	35	4,60	6,34	5,50	4,18	6,30	2,49	10,55
8	40	30	20	10	6,56	2,72	7,26	1,22	7,54	0,56	10,10
9	40	-	30	30	4,80	4,40	6,25	2,51	6,50	2,10	10,90
10	40	30	-	30	5,06	6,02	6,00	3,62	6,80	2,26	10,30



Şekil 8.21 Kil-Tepeköy Tüfü - Kocalar Tüfü ve Namazgah Feldspat' tan oluşan seramik reçetelerin % küçülme ve % su emme grafiği

9. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

TS-EN 87'deki seramik karoların sınıflandırma tablosunda görüleceği gibi, TS EN 176 grubu seramik karolar %3'ün altında su emme özelliği ile en düşük su emme grubunu oluşturmaktadırlar. Maksimum su emme sınırı bu grupta %3'tür. Dolayısıyla bu çalışmamızın ana kriterini bu değer oluşturmaktadır. İkinci bir kriterimizde pişme küçülmesidir. Seramik karo üretiminde, arzu edilen su emme değerini mümkün olan en az pişme küçülmesi ile sağlamak esastır. Bu konuda bağlayıcı bir standart bulunmamakla beraber pratikte üreticiler %6,5'in altında bir pişme küçülme değeri arzu ederler.

Hammaddelerimizin ısı mikroskop sonuçlarına baktığımızda, riylotif tüflerin feldspatlara göre daha düşük sıcaklıklarda ergimeye başladıkları gözlenmektedir (Şekil 8.1, 8.2 ve 8.3). Bu durum özellikle hammaddelerimizin ilk küçülme ve sinterleşme sıcaklıklarında daha açık fark edilmektedir. Tüflerin diğer feldspatlara oranla daha yüksek alkali bileşikleri içermediği halde, daha düşük ergime sıcaklıklarına sahip olmaları, bünyelerindeki diğerlerine oranla daha yüksek demir ve toprak alkali bileşikleri gibi safsızlıkların varlığıyla açıklanmaktadır (Çizelge 7.1). Bu bileşikler de (safsızlıklar), hammaddelerde alkali bileşikleri gibi vitrifikasyon sıcaklığını düşürücü rol oynamaktadırlar. Ayrıca potasyum feldspatında ergime başlangıcı olan ilk küçülme sıcaklığının, sodyum feldspata göre daha düşük olması, bünyedeki daha yüksek orandaki alkali bileşikleri ve feldspat minerali ile açıklanabilir. Namazgah feldspatının tüflere oranla daha yüksek ergime sıcaklığına sahip olması, düşük orandaki alkali bileşikleri, safsızlıklar ile bünyedeki yüksek orandaki kuvars minerali içermesiyle açıklanmaktadır (Çizelge 7.1).

Bu sonuçları, hammaddeler ve %10 kil ile yaptığımız pişme testlerinde daha net görmekteyiz. Bu hammaddelerin ve özellikle feldspatların bünyeleri plastik özellik göstermediğinden, tek başlarına preslenerek şekillendirilip pişme sonuçlarını sağlıklı görmemiz mümkün olmamaktadır. Bir miktar plastik kil ilavesiyle daha net sonuçlar alınır. Çizelge 8.6 ve Şekil 8.16'da 1160 ve 1180 °C'lerde riylotik tüflerin pişme küçülmelerinin, diğerlerine oranla çok yüksek ve su emmelerinde çok düşük olduğu gözlenmekte ve 1200-1220 °C'lerde ise iyice ergimeye başladıkları görülmektedir. Yine sodyum feldspatın başlangıçta fazla vitrifikasyona uğramadığı ve en yüksek su emme değerine sahip olduğu görülmektedir. Namazgah feldspat ise ilerleyen pişme sıcaklıklarında, bünyedeki yüksek orandaki kuvarsın etkisiyle su emmesinin, potasyum feldspat gibi düşmediği görülmektedir. Ayrıca riylotik tüflerin yüksek

oranlardaki safsızlıklarına bağlı olarak pişme renklerinin koyu kahve renkte olduğu gözlenmiştir. Namazgah feldspatı ise, diğer feldspatlar gibi tüflere göre daha düşük oranda demir bileşiği içerdiğinden çok daha açık renkte, beyaza yakın pişme rengine sahiptir.

Hammaddelerin yalnız başlarına artan oranda kil ile oluşturdukları karışımların pişme sonuçlarına baktığımızda, yine benzer pişme davranışlarını görmekteyiz. Riyolitik tüflerin vitrifikasyon oranlarının feldspatlara göre daha fazla olduğu, düşük su emme ve yüksek pişme küçülmelerinden gözlenmektedir (Şekil 8.11 ve 8.12). Ayrıca Kocalar tüfünün, Tepeköy tüfüne göre, daha az pişme küçülmesi ile daha düşük su emme değerine sahip olması onun bu konuda daha avantajlı bir hammadde olmasını sağlamaktadır. Ayrıca her iki tüfte bu sıcaklık farklılıklarından etkilenmeyip, pişme sonuçlarında büyük varyasyonlar göstermemektedirler. Feldspatlar ise burada tüflere göre çok farklı pişme özellikleri göstermektedirler. Özellikle %40 civarındaki kil oranına kadar olan feldspat kil karışımları, sıcaklığa bağlı olarak çok farklı pişme özelliklerine sahiptirler (Şekil 8.13, 8.14 ve 8.15). 1160 –1180°C'lerinde çok az vitrifikasyon görüldüğünden düşük pişme küçülmesi ve yüksek su emme sonuçları görülürken, 1200 – 1220 °C'lerde ise tam tersine çok düşük su emme ile çok yüksek pişme küçülmesi vardır. Bu, feldspatların ergime sıcaklığına yakın sıcaklık farklılıklarından fazla etkilendiklerini ortaya koyar. Bu etkilenmeler %40 kil ilavesinden sonra büyük ölçüde azalmaktadır. Bu da sıcaklık oynamalarına bağlı olarak feldspatlardan kaynaklanan ve seramik üretiminde önemli bir problem teşkil eden boyut ve su emme farklılıklarının giderilmesi açısından önemli bir katkıdır. Seramik reçetede plastiklik özelliğinden dolayı kullanılan killerin, diğer önemli bir olumlu etkisi de bu olmaktadır. Bu sebeple çalışmamıza esas teşkil edecek kil miktarı %40 olarak seçilmiştir. Daha fazla ilave edilen kil miktarının önemli ve olumlu bir etkisi görülmemektedir.

%40 kil ile %60 hammaddelerimizin tek başlarına oluşturdukları seramik reçetelerin sonuçlarına baktığımızda, aynı şekilde tüflerle elde edilen seramik reçetelerin pişme küçülmeleri yine fazladır. Potasyum feldspat ise en düşük küçülme ile arzu edilen su emmeyi sağlayan hammaddedir. Daha sonra sodyum feldspat gelmekte ve Namazgah feldspat ile arzu edilen su emmeyi test sıcaklıklarımızda elde etmek mümkün olmamaktadır. Tüflerin tersine vitrifikasyon sıcaklığı en yüksek olan hammadde budur (Çizelge 8.7).

Çizelge 8.8'de kil-tüfler ve kuvars karışımlarından, şekil 1'de verilen seramik ürünlerin üçlü diyagramındaki oranlarda seramik reçeteler oluşturularak pişme sonuçları gözlenmiştir. %10-

15 kuvarsın pişme küçülmesini azalttığı görülmektedir. Aynı etki, bünyesinde yüksek oranda (%38) kuvars içerdüğinden Namazgah feldspat ile de sağlanabilmektedir.

Bu çalışmalardan hareketle, çalışma konumuz olan Çanakkale civarında bulunan sodyum-potasyum gibi alkali feldspat bileşikleri içeren hammaddelerimiz ile feldspatlardan oluşan çeşitli seramik reçeteler oluşturduk. Yalnızca tüflerin kullanıldığı reçetelerin pişme küçülmelerini uygun sonuçlara getirmeye çalıştık. Uygun sonuçları kuvars gibi feldspatlarla elde ettik (çizelge 8.9, 8.10, ve 8.11). Çizelgelerdeki sarı renkle işaretli sonuçlar ilgili pişme sıcaklıklarında ele geçen uygun sonuçları, mavi renkle işaretli sonuçlar ise ilgili iki sıcaklık arasında ele geçebilecek uygun sonuçları göstermektedir.

Yalnız başlarına %40 kil ile 1200°C'den sonra uygun pişme sonuçları ele geçen feldspatlar, tüflerin etkisiyle 30-40°C daha düşük sıcaklıklarda uygun sonuçlar vermişlerdir (Çizelge 8.8 ve 8.9). Ancak birim maliyetleri yüksek olan sodyum ve potasyum feldspatlar ile elde edilen reçetelerin maliyetleri yüksek olmaktadır. Bu feldspatlara hem safsızlık hem pişme özellikleri hem de birim maliyet açısından alternatif olan Namazgah feldspatı ile yapılan seramik reçetelerle arzu edilen pişme sıcaklıklarında uygun pişme küçülmesi ve su emme sonuçları alınmıştır (Çizelge 8.11). Tez konumuz olan Çanakkale civarındaki bu üç alkali hammadde ile yaptığımız çizelge 8.11'deki 4 nolu reçetenin, sodyum feldspatlı reçetelere oranla %5-28 civarında, potasyum feldspatlı reçetelere oranla %70-288 civarında daha ucuzdur. Çizelge 8.7'deki %60 sodyum ve potasyum feldspatın %40 kil ile oluşturduğu reçetelerle kıyasladığımızda ise sodyum feldspatlı reçeteye göre %42, potasyum feldspatlı reçeteye göre ise %432 daha ucuzdur. Çizelge 8.12'de yörede bulunan ve yıllık hammadde ihtiyacı 504.000 ton olan seramik fabrikasında bu reçetelerin en ucuzları kıyaslandığında ortaya çıkan tasarruf görülmektedir.

Çizelge 8.12 Reçeteler arası maliyet karşılaştırması

Reçete No	Reçete Maliyeti \$/Ton	% Maliyet farkı	Yıllık Kazanç \$
Çizelge 8.9 4 nolu reçete	10,50	5	252.000
Çizelge 8.10 4 nolu reçete	17,00	70	3.528.000
Çizelge 8.7 3 nolu reçete	53,20	432	21.772.800
Çizelge 8.7 4 nolu reçete	14,20	42	2.116.800
Çizelge 8.8 6 nolu reçete	11,20	12	604.800

Aynı zamanda yalnızca sodyum-potasyum feldspatlardan oluşan reçetelerden, riyolitik tüfler sayesinde 30-40 °C daha düşük sıcaklıklarda arzu edilen pişme sonuçlarını veren seramik yerkarosu reçeteleri elde edilerek, bir miktar ısı tasarrufu da mümkün görülmektedir.



KAYNAKLAR

- Akkurt, İ., (1990), "Seramik Karo Üretiminde Göbekenme (black core) Problemi" 4. Uluslararası Seramik Kongresi, 10-14 Aralık 1990, İstanbul, 28-42.
- Arcasoy, A., (1983), Seramik Teknolojisi, Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları, İstanbul.
- Bal, M., (1999), "Seramik Sanayiinde Kullanılmakta Olan Çanak-kale, Söğüt Bölgesi Pegmatitlerinin Karşılaştırılması" 9. Ulusal Kil Sempozyumu, 1999:191.
- Baykal, A., (1987), "Seramik Sanayi Açısından Batı Anadolu Tüflerinin Önemi", Seramik Teknik Kongresi, 24 – 28 Ağustos 1987, İstanbul.
- Bettemir, İ., (1993), Bayramiç Güneyinde Kazdağ Masifi ve Karakaya Kompleksi Arasındaki Jeolojik İlişkiler, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, (Yayımlanmamış).
- Bingöl, E., Akyürek, B., ve Kokmazer, B., (1973), "Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun Bazı Özellikleri", Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, 17 – 19 Aralık 1973:40.
- Demirci, M. ve Karakaş, G., (1996), "Seramik Sektöründe Alternatif Hammaddeler – Siyeni" 3. Seramik Bildiriler Kitabı, 22 – 25 Ekim 1996, İzmir.
- Dondi, M., (1994), "Compositional Parameters to Evaluate Feldspathic Fluxes for Ceramic Tiles" Tile & Brick Int. 10:77-84.
- Emiliani, E., (1985), "Once-Fring and Outlook", Seramik Teknik Kongresi, 15 – 19 Nisan 1985, Ankara.
- Eriç, H., (1985), "Faz Diyagramları ve Refrakterler", Seramik Teknik Kongresi, 15-19 Nisan 1985:160.
- Fiederling, H. ve Kapteinat, G., (1993), "Ceramics Raw Materials of Western Turkey – Occurrence and Use" Interceram, 42:384 – 388.
- Fiori, C. ve Fabbri, B., (1983), Granite - Containing Bodies for the Production of Stoneware Tiles, Interceram:1.
- Geçkinli, A. E., (1992), İleri Teknoloji Malzemeleri, Teknik Üniversite Matbaası, 14, İstanbul.
- Hızal, M., (1997), "Potasyum Feldspatların Dünyo, Bugünü ve Yarını", 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17 Ekim 1997, İzmir.
- İMMİB, (2000), 2000 Yılı Çalışma Raporu, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği.
- Kasapoğlu, E., (1989), "Killerin Jeo – Mühendislik Özellikleri", IV. Ulusal Kil Sempozyumu, 20 – 23 Eylül 1989, Sivas.

- Kayacı, K., (1998), Çan (Çanakkale) Kocalar Riyolitik Tüfünün Yerkarosu Masse Hammaddesi Yönünden Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış).
- Kırıkoğlu, S., (1999) Turkey's Raw Material Deposits for Ceramic Wall and Floor Tiles, Tile & Brick International: 10, 3,169-173.
- Kırıkoğlu, S., (1993), "Türkiye Seramik Hammadde Yataklarının Jeolojisi ve Ekonomisi", VI. Ulusal Kil Sempozyumu, 8 – 11 Eylül 1993, İstanbul.
- Kingery, W. D., Bowen, H. K. ve Uhlman, D. R., (1975), Introduction to Ceramics Second Edition, New York.
- Klein, G., (2001), "Application of Feldspar Raw Materials in the Silicate Ceramics Industry" Interceram, 2:86-93.
- Krauskopf, K., B., (1985), Jeokimyaya Giriş, (Çev., Aykol, A., İnan, K. ve Suner, F.,) İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, 141, İstanbul.
- Lawrence V.G., (1972), Ceramic Science For the Pottery, 56 - 115.
- Mandt, P., (1994), The Importance of Feldspar as a Flux in the Ceramics Industry, Inter Ceram: 43, 1, 21-23.
- Mihailova, N., A., Gryadkina, E., A., Martem'yonava, Z., S., ve Kolesnikova, T., Yu., (1998), "Ceramic Mixtures For Manufacturing Floor Tile" Glass and Ceramics, 55:119-122.
- Norton, F.H., (1973) Elements of Ceramics, Addison-Wesley Publishing Company, London.
- Özen, T., (1990), Seramiklerin Döküm Yöntemiyle Şekillendirilmesi ve Döküm Kalıbı Üretimi, Bitirme Ödevi, Metalurji Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Önem, Y., (1997), Sanayi Madenleri, Kozan Ofset, Ankara.
- Polat, M., (1999), "Su İçinde Dağılmış Taneler Arası Etkileşimlerin Teorisinin İrdelenmesi, I. Elektriksel Tabaka" Cevher Hazırlama, 2:7-34.
- Rak, Z., Slosarczyk, A. ve Dziob, Z., (1982), Porphyry Tuff-a New Raw Material for the Ceramics Industry, Interceram:4.
- Reh H., (1992), Waht Tile for Wath Purpose, Tile & Brick International: 8, 5, 326-327.
- Sanchez, E., Garcia, J., Sanz, V., et.al., (1990), Raw Material Selection Criteria for the Production of Floor and Wall Tiles, Tile & Brick International: 6, 4, 15-21.
- SACMİ, (1986), Floor Tiles, R & D Centre, SACMİ, İmola/İtalya.
- Sazcı, H., (1999), "İstanbul Killerinin Seramikteki Önemi", Kalemaden Dergisi, Kasım 1999: 4 – 9.

Sazcı, H., (2000), "Development Of The Ceramic Tile And Tile Industry In The Republic Of Turkey", VI. World Congress on Ceramic Tile Quality , 12 – 15 March 2000, Castellon.

Seramik Karo Standartları, TS EN-87, TS EN -176, TS EN 159 Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1997.

Sezzi, G., (2000), "World Procdution and Consumption of Ceramic Tiles" Ceramic World Review, 10:48-64.

Singer, F. ve Singer, S., (1960), Industrial Ceramics, Chapman & Hal Ltd., London.

SİTİ, (1985), LaTecnologia Ceramica, Ceramiche SİTİ, Sassola/İtaly.

Smith, J., V., ve Brown W., L., (1992), Feldspar Minerals, Springer-Verlag, New York.

Tanıšan, H. ve Mete, Z. (1986) Seramik Teknolojisi ve Uygulaması, Birlik Matbaası, Söğüt.

Taşpınar, B., (1997), Duvar Karosu Üretiminde Perlit Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayımlanmamış).

Ternek, Z., (1987), "1:500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası", Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Tuncer, G., (1997), " Türkiye Seramik Hammaddelerine Genel Bir Bakış", 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 16-17 Ekim 1997, İzmir.

Viola, C. ve Tabakovic, B., (1995), "Vitrified Stoneware or Porcelain" Fine Porcelain Stoneware Tiles, Gruppo Editoriale Faenza Editrice s.p.a., Faenza.

Yılmaz, Y., (1999), "Feldspat" Türkiye Endüstriyel Mineraller Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği.

YMGV, (1999a), Türkiye Feldspat Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği.

YMGV, (1999b), Türkiye Nefelinli Siyenit Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	03.08.1957	
Doğum yeri	Çanakkale	
Lise	1966 – 1979	Çan Lisesi
Lisans	1974 – 1979	Ankara Devlet Mimarlık Mühendislik Akademisi, Kimya Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1999 – 2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji Müh. Anabilim Dalı, Üretim Programı
Çalıştığı Kurumlar		
	1979 – 1984	Çanakkale Seramik Fabrikaları A.Ş.
	1984 – 2000	Kalebodur Seramik Fabrikaları A.Ş.