

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CAM ATIK KATKILI TUĞLA ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Hatice KİBAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İSMAİL DEMİR

Bu çalışmada tuğla kiline katılan öğütülmüş cam katkısının pişmiş kil bünyede meydana getirdiği fiziksel ve mekanik özellikler incelenmiştir. Afyonkarahisar bölgesi tuğla kiline, ağırlıkça % 0 (kontrol serisi) % 2,5, % 5 ve %10 oranında öğütülmüş cam katılarak plastik şekillendirme yöntemine uygun olarak deney örnekleri üretilmiştir. Örnekler, laboratuvar tipi elektrikli ark fırınında; 850 °C, 950 °C ve 1050 °C’ de üç farklı sıcaklıkta pişirilmiştir.

Pişmiş örnekler üzerinde fiziksel ve mekanik testler yürütülmüştür. Pişmiş örneklerin mikro yapılarındaki gelişmeler SEM ve XRD tekniği ile incelenmiştir. Sonuçta cam katkının sinterlemeyi olumlu yönde etkilediği ve mekanik özellikleri geliştirdiği belirlenmiştir.

2009, sayfa 49.

Anahtar kelimeler: Cam, Kil, Tuğla.

ABSTRACT

Ms.Sc.

THE RESEARCH OF WASTE GLASS ADDITION IN BRICK PRODUCTION

Hatice KIBAR

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Construction Education

Supervisor: Doç.Dr. Ismail DEMİR

At this study, the mechanical and physical properties of clay bricks which were produced by adding grounded glass were investigated. Experimental samples were produced by adding grounded glass to the brick clay obtained from Afyonkarahisar region in promotion to 2,5 %, 5 % and 10 % - control series are 0 % - as appropriate to the plastic shaping method. The samples were fired in laboratory type electrical furnace at three different temperatures as 850 °C, 950 °C and 1050 °C.

The physical and mechanical tests were applied to the fired samples. The changes in microstructures and mineralogy of the samples were evaluated according to the SEM and XRD techniques. Finally it was concluded that the glass addition affects the sintering positively and increase mechanical properties.

2009, page, 49.

Key Words: Glass, Clay, Brick, Properties

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimiimde ve tez çalışmamda her türlü konuda yardımını esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. İsmail DEMİR'e,

Tez çalışmam boyunca manevi desteğini esirgemeyen eşim Sadık KİBAR'a teşekkür ederim.

Hatice KİBAR
Afyonkarahisar, HAZİRAN 2009

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİL DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	5
2.1 Kil Minerallerinin Oluşumu.....	7
2.2 Killerin Sınıflandırılması.....	9
2.2.1 Jeolojik Durumlarına Göre Sınıflandırılması	9
2.2.2 Kilin Kimyasal Bileşenlerine Göre Sınıflandırılması.....	9
2.2.3 Sanayide Kullanılışlarına Göre Sınıflandırılması.....	11
2.2.3.1 Kaolinler.....	11
2.2.3.2 Bağlama Kili.....	11
2.2.3.3 Halloysit Türü Kil Grubu.....	12
2.2.3.4 Şamot Killeri.....	12
2.2.3.5 Bentonitler.....	12
2.2.3.6 Yıkama Killeri.....	13
2.2.3.7 Diğer Killer.....	13
2.3 Killi Toprakların Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri.....	13
2.3.1 Killerin Kimyasal Özellikleri.....	14
2.3.2 Killerin Fiziksel Özellikleri.....	15
2.3.2.1 Killerin Plastisite Özellikleri.....	15
2.3.2.2 Kilin Kuru Bağlama Mukavemeti.....	17
2.3.2.3 Rötire.....	18
2.3.2.4 Renk.....	18
2.4 Tuğla Yapımında Kullanılan Kil Hammaddesinde Aranan Genel Özellikleri	23
2.5 Killerin Endüstride Kullanım Alanları.....	26
2.6.Dünya ve Türkiyede Kil Rezervleri.....	26
2.7 Cam.....	28
2.7.1 Camın Yapısı.....	29
2.7.2 Camı Oluşturan Ana Maddeler.....	29

2.7.2.1 Eriticiler.....	29
2.7.2.2 Stabilizatörler.....	29
2.7.2.3 Yardımcı Bileşenler.....	30
2.7.3 Cam Türleri.....	30
3. MATERYAL VE METOT.....	32
3.1. Kullanılan Malzemeler.....	32
3.2. Metot.....	33
3.2.1. Deney Örneklerinin Üretilmesi.....	33
3.2.2. Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi.....	34
4. BULGULAR.....	36
4.1 Fiziksel Özellikleri.....	36
4.1.1 Prozite Değerleri Belirlenmesi	36
4.1.2 Su emme Değerleri	37
4.1.3 Birim Hacim Ağırlığı Değerleri	38
4.1.4 Görünür Yoğunluk Değerleri.....	39
4.2 Mekanik Özellikleri.....	42
4.2.1 Basınç Dayanımı Değerleri.....	42
5. SONUÇLAR.....	43
6. KAYNAKLAR.....	44
7. ÖZGEÇMİŞ.....	49

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A _o	Basınç uygulanan yüzün alanı
B _d	Bulk Yoğunluk
F _b	Basınç mukavemeti
Gr.Y.	Görünür Yoğunluk
k	Numunenin biçim katsayısı (k=1)
P	Porozite
P _k	Kırılma anındaki yük
P ₁	Kuru Ağırlık
P ₂	Su Emmiş Ağırlık
S _a	Ağırlık olarak su emme
W ₁	Numunenin etüv kuru ağırlığı
W ₂	Kaynatma ile suya doymuş hale getirilmiş numunenin su içindeki asılı ağırlığı
W ₃	Kaynatma ile suya doymuş hale getirilmiş numunenin havadaki ağırlığı

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
A.K.Ü.	Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi
D.P.T.	Devlet Planlama Teşkilatı
Ö.İ.K.	Özel İhtisas Komisyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>	
Şekil 3.1	Üretim Akım Şeması	33
Şekil 3.2	Bilyeli Değirmen	33
Şekil 3.3	Etüv	34
Şekil 3.4	Kontrollü Otomatik Basınç Presi	36
Şekil 4.1	Karışımların Prozite Değerleri	37
Şekil 4.2	Karışımların Su Emme Değerleri	38
Şekil 4.3	Karışımların Birim Hacim Ağırlık Değerleri	39
Şekil 4.4	Karışımların Görünür Yoğunluk Değerleri	40
Şekil 4.5	850 °C Pişen % 100 Kil Numunenin Sem Görüntüsü	40
Şekil 4.6	1050 °C Pişen % 100 Kil Numunenin Sem Görüntüsü	41
Şekil 4.7	1050 °C Pişen D Serisi Numunenin Sem Görüntüsü	41
Şekil 4.8	Karışımların Basınç Dayanımı Değerleri	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1 Faklı Tip Killerin Su Plastisite Değerleri	16
Çizelge 2.2 Dünya Kil Rezervleri	27
Çizelge 2.3 Türlerine Göre Dünya Kil Rezervleri	27
Çizelge 2.4 Türkiye'deki Kil Oluşumlarının Bölgelere Göre Dağılımı	28
Çizelge 3.1 Çalışmada Kullanılan Tuğla Kilinin Kimyasal Bileşimi	32
Çizelge 4.1 Karışımların Prozite Değerleri	37
Çizelge 4.2 Karışımların Su Emme Değerleri	38
Çizelge 4.3 Karışımların Birim Hacim Ağırlık Değerleri	39
Çizelge 4.4 Karışımların Görünür Yoğunluk Değerleri	39
Çizelge 4.5 Karışımların Basınç Dayanımı Değerleri	42

1. GİRİŞ

Çeşitli yapı malzemeleri arasında yapılarda çok eski zamanlardan beri kullanılan pişmiş toprak malzemeler günümüzde de önemini kaybetmemiştir. Pişmiş toprak malzemeler özellikle tarımsal yapılarda gerek ucuz, gerekse temininin ve yapıda kullanımının kolay olması sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemeler içerisinde ise en başta tuğla gelmektedir. Tuğla, uygun toprağın bulunduğu her yerde kolaylıkla üretilmesi, birim ağırlığın taş ve betona göre daha az, ısı yalıtımının daha yüksek olması, standart boyutları sebebiyle kolay kullanılması ve duvar kalınlığının ince tutulması ile yapının yararlı alanının arttırması gibi faydaları vardır (Şişman vd 2006).

Tuğla dünya tarihinde imalatı yapılan ilk yapı malzemesidir. Kil ile suyun buluşması ateş tuğlanın doğuşunu oluşturmuştur (www.kilsan.com/topragin_dansi.htm). Tuğla; kum içeren killi toprakların su ile iyice karıştırılarak hamur haline getirildikten sonra kalıplanıp, özel fırınlarda pişirilmesiyle elde edilen yapı malzemesidir. Tuğla uygun toprakların bol olması, bu malzemenin ucuz ve kolay üretilmesine olanak vermesi nedeniyle kentlerde olduğu gibi kırsal alanlarda tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılmakta ve üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde hayvan barınakları, tarımsal ürün depoları gibi yapılar genellikle tek katlı ve prefabrik yapı malzemeleri ile yapılmaktadır. Bunlar içerisinde önemli yeri bulunan tuğlalar, günümüzde eski yıllardaki gibi hala yaygın olarak kullanılan yapı malzemeleridir (Marotta 2005, Karaman 2006).

Tarihte ilk kez Fırat-Dicle havzasında bulunan yapı kalıntılarında M.Ö. 6000 yıllarında güneşte kurutulmuş tuğlaların kullanıldığı saptanmıştır. M.Ö. 600 – 500 yıllarında tuğla daha dayanıklı yapı malzemesi üretimi için fırınlarda yakılarak pişirilmeye başlanmıştır.

Çiğ ya da pişmiş tuğla Mezopotamya'da kullanılan inşaat gereciydi; uzaklardan getirilen ve çok masraflı olan taş, yalnız heykel yapımında kullanılırdı. Duvarlar genellikle çiğ tuğlalar ile örülür, tapınak ve saraylar cephelerine bir sıra pişmiş tuğla kaplanırdı. Döşemelerin, kuyuların vb. yapımında da kullanılan tuğla, yalancı tonozların örülmesine olanak verdi (Ur'da III. Hanedan mezarları). Krallar tapınakların köşelerine, üzerlerinde adları, sıfatları, din için yaptıkları hizmetlerin listesi ve tanrının adı yazılmış tuğlalar gömdürürdü. Sırlı tuğla ancak İ.Ö. 1000 yıllarında doğru ortaya çıktı. Ortaçağ'da pişmiş tuğlalar, özellikle Languedoc (Albi, Toulouse) ve Kuzey Almanya'nın (Lübeck) dinsel mimarlığında, XVII. yy.da taşla birlikte sivil mimarlıkta kullanıldı (Louis XVIII üslubu).

Anadolu'da tuğlanın kullanımı Roma'dan Bizans'a, ondan da Türk Mimarlığı'na geçmiştir; Anadolu Selçukluları yapılarında genellikle taş yeğlerken, özellikle Batı Anadolu Beylikleri ve Osmanlılar taşın yanı sıra tuğla gerece de yaygın biçimde yer vermişlerdir. Almalı düzende taş ve tuğla dizilerinden meydana gelen duvar örgü tekniği de Roma'dan Bizans'a, ondan da Türkler'e geçmiştir. Bizanslılarda olduğu gibi Osmanlılarda tuğlalar yassıca ve oldukça büyüktü. Fatih sultan Mehmet dönemi tuğlaları 4,5x28x28 cm. boyutlarındaydı (Rumelihisarı). Hatıllarda kullanılan tuğlalar daha inceydi. Zemine döşenen tuğlalar ise 25x25 cm. boyutlarında kare ya da çapı 30 ila 60 cm. arasında değişen altıgen biçimindeydi. Osmanlı mimarlığında kullanılacak tuğlaların boyutları ve ağırlıkları belirli kurallara bağlanmıştı, bunlara uymayanlar sattırılmazdı (http://www.harunyuksel.com.tr/tugla_hakkinda.htm).

Geçmişte tuğla işleri genellikle kraliyet ailelerine aitti ve kalıplanıp şekillendirilen tuğlaların üzerine ailelerin isimleri işaret olarak belirtiyordu. Aynı durumu ise günümüzde tuğla üreticileri uygulamaktadır. Teknolojik ilerlemeler tuğla üretim proseslerini geliştirmesine rağmen, pişmiş tuğla üretiminin temel teorisi neredeyse hiç değişmemiştir (Marotta 2005).

Daha Antikçağ'dan başlayarak killi maddelerin suyla karışınca plastik kazanma ve böylece kolayca işlenebilme özelliğinden yararlanılarak, güneş altında kurutulan tuğlalar yapılmıştır. Kurutulmuş tuğlaların yeterli sıcaklıkta pişirilmesiyle killi malzemenin sert bir gerece dönüştüğü yüzyıllardan beri bilinmektedir.

Tuğla üretiminde kullanılacak olan kil minerallerinin; Plastisite, Su emme kabiliyeti, Büzülme, Şişme, Bağlama Kuvveti, Kesme Kuvveti, Konsolidasyon ve Geçirimsizlik gibi özellikleri göz önünde bulundurulmalı ve tuğla üretiminde kullanılmaya müsait olan killerin tercih edilmesi gerekmektedir. Tuğla üretiminde kullanılacak olan killerin ayrıca; Tane çapları ve dağılışı, Kalıplanma Müddeti, pH değeri, Pişme Büzülmesi, Viskozite Konsantrasyonu, Su Emme ve Parlaklığının da göz önüne alınması gerekmektedir (Kibici 2005).

Yeryüzünün en yaygın materyallerinden biri olmasına rağmen kili bütünüyle tanımlamak kolay değildir. Killerin çoğu, kil olmayan mineraller ve organik maddelerin karışımını kapsar. Kil terimi genel olarak kil, şeyl ve kilimsi toprağı kapsamaktadır (Kuşçu 1991).

Kil, çoğunlukla sulu alüminyum silikat minerallerinden (Ör; albit, ortoz vb.) oluşan, yeterince ıslatıldığı zaman plastik, kütle olarak kurutulduğu zaman sert ve yeterince yüksek ısıda pişirildiğinde camsı bir yapıya dönüşen doğal bir hammaddedir (Yıldız 1999).

Kil deyimi, bir kayaç terimi olarak, sedimanter kayaçların ve toprakların mekaniksel analizlerinde tane iriliğini ifade eden bir terim olarak kullanılmaktadır. Wentworth tarafından 1922 de tane büyüklüğü 4 mikrondan (1/256 mm) daha küçük taneciklere kil denmesi teklif edilmiştir (tr.wikipedia.org/wiki/Kil).

Kil, kimyasal bileşimindeki, oluşum zamanı ve oluşum şeklindeki farklılık, kristal yapılarının büyüklüklerinden dolayı farklı özellikler gösterir.

Genel olarak kil, belli bir kristal bünyesine sahip, doğal, toprağımsı, ince taneli, belli miktarda su katıldığı zaman plâstikliği artan bir malzemedir. Kil mineralleri tabiatta bol miktarda bulunur. Fakat saf kil bulmak oldukça zordur. Kilin içerisinde en çok kalker, silis, mika, demir oksit bulunur. Genellikle 0,002 mm'den daha küçük taneli malzemeye kil adı verilmektedir (Akıncı 1968).

Kayaç oluşturan kil mineralleri değişik oranlarda bir kayaç içerisinde bulunabilirler. Ve bunlar killi kayaçların temel bileşenleridirler. Genellikle kristalin formda ve küçük partiküller halinde oluşmaktadırlar. Killer sulu alüminyum silikatlardır. Mineralojik bileşiminde % 90'a kadar kil minerali bulduran kayaçlara kil denilmektedir (Okyay ve Yıldız 2005).

Killer, kimyasal bileşimlerine ve yapılarına göre sınıflandırılabilirler. Yapılarına göre; şekilsiz (amorf) ve kristalli olmak üzere iki ana grupta toplanırlar. Kristalin killerde atomların iç dizilişleri iki tabaka halindedir. Tabakalardan biri SiO₂ diğeri ise Al₂O₃ tabakaları şeklindedir. Kristalli yapıda olan kil mineralleri; Kaolinit, Montmorillonit, İllit, Klorit ve Sepiyolittir (Kibici 2005).

Kil mineralleri hidrotermal veya sedimanter kökenlidir. Farklı tipteki kayaçların bozunmasında kil minerallerinin oluşumunda etkilidir (Okyay ve Yıldız 2005).

Kil gerek tanım olarak gerek madde olarak kullanıldığı alana ve amaca göre birçok sınıflamalardan biri içine girebilir. Her ne kadar kil kesinlikle tanımlanamamışsa da hammadde olarak kullanımları geniş ve değişik alanlarda olmaktadır (Aktürk 1978).

Son zamanlarda geliştirilen yeni teknikler sayesinde yapılan yoğun araştırmalar sonucu killerin, başlıca kil minerali olarak bilinen bir mineral grubunun bir veya daha fazla üyesinin son derece küçük, kristal yapısına sahip parçacıklarından müteşekkil olduğu anlaşılmıştır (Akıncı 1968).

Atıkların çevreye zararını engellemek ve yeni ürünlerin üretiminde değişik yöntemlerle kullanmak günümüzde kaçınılmaz hale gelmiştir. Atık camların değişik seramik ürünlerin üretilmesi ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Lüdemann 1999; Benitez vd. 2000; Saulo 2006).

Bu çalışmada atık camların tuğla bünyede kullanılabilmesi konusunda deneysel bir çalışma yürütülmüştür. Bu amaçla atık camlar önce kırılarak parçalanmış, daha sonra öğütülerek ince tane boyutuna getirilmiştir. Öğütülmüş cam katkı belli oranlarda kil bünyeye katılarak şekillendirilmiştir. Örnekler farklı sıcaklıklarda pişirilerek fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Dökmen (1989), yaptığı araştırmasında ön denemeler sırasında HCl (Hidoklorür) dökmek şartıyla kabaca belirlenen kalkerin malzeme içerisinde %8'den fazla olmaması gerektiğini, fazla ve serbest olarak bulunan CaCO₃'ün 700-800 °C civarında CaO, nemli ortamda ise Ca(OH)₂ şekline dönüşerek hacmini genişlettiğini ve çatlamalara neden olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca 900 °C'nin üzerinde kiremidi rengi açık kiremide çevirdiğini açıklamıştır. Araştırmacının yaptığı çalışmada, tuğla toraklarında bulunan kirecin yüzde olarak tam sınırlandırmanın pek mümkün olmayacağını tespit etmiştir. Bazı topraklarda %8 kireç, patlama ve dağınıklara sebep olduğu halde, bazı topraklarda da %15 kirecin zararlı etki göstermediği ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi olarak da kirecin ince taneler halinde dağılmasından ileri geldiği sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Demir ve Başpınar (2003), bu çalışmalarında tuğla üretiminde kullanılan kile ağırlıkça belli oranlarda ahşap testere talaşı katılarak gözenekli, hafif ve izolasyon değerine sahip yapı tuğlası üretimini amaçlamıştır. Bu amaçla tuğla üretiminde kullanılan kile belli oranlarda ahşap testere talaş tozu katılarak plastik şekillendirme yöntemine uygun olarak deney örnekleri üretilmiştir. Testere talaşı üzerine önce su püskürtülerek su emmesi ve hacim genişlemesi sağlanmıştır. Örneklerin plastisite değerleri ve kuruma davranışları incelenerek değerlendirilmiştir. Örnekler 900 °C'de elektrikli fırında pişirilmiştir. Örnekler üzerinde fiziksel ve mekanik testler uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçta tuğla üretiminde kullanılan kile ağırlıkça %10'a kadar testere talaşı katılarak katkısız tuğla örneklerine göre birim hacim ağırlığı düşük, gözenekli hafif yapı tuğlası üretilebileceği belirlenmiştir.

Sönmez ve Yorulmaz (1995), Eskişehir Kırka Boraks İşletmesi Konsantratör ve Bor Türevleri tesislerinden önemli miktarda kil artık olarak atıldığından, bu killerin tuğla hammaddesi olarak kullanılabilmesinin işletmeye büyük yarar sağlayacağı düşüncesiyle, konsantratör ve bor türevleri atık killerinden numuneler alınarak deneysel çalışmalar yapmışlardır. Atık killer, Eskişehir çevresinde tuğla kiremit fabrikalarında kullanılan malzeme ile değişik oranlarda karıştırılmıştır. Bu karışımlar pişme rengi ve pürüzlülük, su emme, küçülme, kırılma yükü ile zararlı manyezi ve kireç deneylerine tabi tutulmuştur. Deney sonuçlarından Kırka Boraks İşletmesi atık killerinin diğer killere karıştırılarak tuğla yapımında kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Kurşun ve İpekoğulu (1995)'nin yaptıkları çalışmalarında; Türkiye'de kuvars kumu potansiyelini incelemişlerdir. Kuvars kumu, pek çok sanayi sektöründe olduğu gibi döküm sanayi, cam sanayi ve refrakter sanayinin en önemli hammaddesi olma özelliğini taşımaktadır. Hammaddenin kaliteli olması ürüne iyi yönde yansımaktadır. Kaliteli bir ürün için, her şarta uygun ve kalitede bir hammaddeye ihtiyaç vardır. Kuvars kumu doğada oldukça fazla miktarda bulunmaktadır. Bu sanayi dallarından başka kimya, filtrasyon ve inşaat sanayinin de kullanılmaktadır. Kuvars kumunun cam ve döküm sanayinin gelişmesine paralel olarak yurt içindeki talebin arttığını belirtmişlerdir. Dünyada bol bulunmasına rağmen dağınık halde olması piyasayı hareketli kılmıştır. Türkiye'de kuvars kumunun üretimi mevcut rezervler ihtiyaı karşılayacak yeterlilikte bulunduğunu tespit edip bu alanlara göre sınıflandırma yapmışlardır.

Tanaan (2000), yaptığı çalışmasında cam tozu, bor ve perlit kullanarak farklı kompozit tuğla numuneleri üretmiştir. alışmasında dayanımın sağlanması için cam tozu ve bor katkısı, sinterleşme etkisi sebebi ile de genleşmiş perlit kullanmayı tercih etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre cam tozu katkısının mekanik dayanımlarda olumlu artışlara sebep olduğu tespit edilmiş fakat cam tozunun elde edilip, öğütülmesinin de ek bir gider olduğu saptanmıştır. Bor içerikli Borik asit ve Boraks Fabrikasının retim artığı çok düşük sıcaklıklarda camlaşmayı sağlamış, bu nedenle 850°C'de 2 saatlik pişirme sresinde perlitli tanelerin erimesini de engellediği için uygun bir sıcaklık olarak kabul görmüştür. Perlitli katkı oranı arttıa su emme değerleri artmış, bunlara paralel olarak birim hacim ağırlığı da azalmıştır. Bu çalışmada elde edilen basınç dayanımı değerleri TS 705'deki değerlerle karşılaştırıldığında, üretilen tüm numunelerin standartta belirtilen değerin üzerinde olduğu görülmüştür. Standardın en büyük birim hacim ağırlığı 2.00 kg/m³'tür. Bu deney sonucundaki basınç dayanımı değerleri 17,6–11,8 ve 23,5 N/mm²'dir. Bu çalışmada ise birim hacim ağırlığı 0,96kg/m³ olan %10 cam tozu + %90 perlit katkılı tuğla numunesinin basınç dayanımı 17,49 N/mm², birim hacim ağırlığı 0,92 kg/m³ olan %15 atık + %90 perlit katkılı tuğla numunesinin basınç dayanımı 17,49 N/mm² olarak bulunmuştur.

Evcin ve Demir (2001), Afyon tuğla killerinin optimum pişme parametrelerinin belirlenmesi üzerine çalışma yapmışlardır. alışmalarında Afyon bölgesi tuğla üretiminde kullanılan killere hızlı pişirme tekniği uygulamışlardır. Deneysel çalışmalarında hammaddeye kimyasal analiz, elek analizi, nem tayini yapmışlardır.

Bu çalışmada kil, vakumlu laboratuvar tipi ekstrüzyon preste şekillendirilerek numuneler farklı sıcaklıklarda (800–900–1000 °C) ve farklı sürelerde (1–2–4–8 saat) elektrikli fırınlarda pişirilmiştir. Pişmiş numuneler üzerine su emme, basınç mukavemeti, dona dayanım, kızdırma kaybı vb. deneyler uygulamışlardır. Elde edilen bu deney sonuçları karşılaştırıldığında TS 705 standardının üzerine çıkmıştır. 900°C’de 1 saat pişen tuğla numunelerinin basınç mukavemet değerleri, 800 °C’de 4 ve 8 saat pişen tuğla numunelerinin basınç mukavemet değerlerinden yüksek olduğu bulunmuştur. Pişirme masrafları düşünüldüğünde hızlı pişirme tekniğinin önemi de ortaya çıkmıştır.

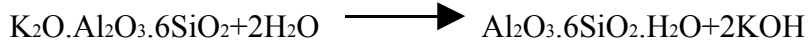
2.1. Kil Minerallerinin Oluşumu

Su ile yoğrulabilen, dağılmadan kolaylıkla şekillendirilebilen, kurutuldukları zaman aynı şeklini koruyabilen hammaddeler özlü hammaddeler olarak tanımlanır (Köktürk 1993).

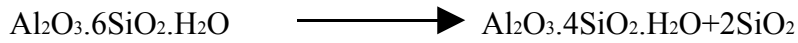
Kil ve kaolinler bu gruba girerler. Granit, ganys, feldspat, syenit ve pegmatit gibi primer kayaların doğasal ve buna yardımcı fiziksel-kimyasal etkenler ile aşınıp, bozulup, dağılıp, ufalanıp, sürüklenmeleri sonucu kaolin ve killer oluşmuştur. Kayaçların değişikliğe uğramalarında rüzgâr, su, buz, sıcaklık-soğukluk değişimleri, yer kabuğu hareketleri, karbondioksit, humus asidi, kükürt asitleri, flor ve hidrojen asitli gazlar rol oynarlar. Bozunan kayaçlar su ve rüzgâr gibi etkenlerle uzaklara taşınırlar ve taşınma sırasında az veya çok öğütülürler, organik ve inorganik maddelerle karışırlar (Acarsoy 1983).

Yakın yere taşınabilen veya tane irilikleri nedeni ile yakında çöken oluşumlar (primer oluşum) temiz olarak kalabilmişlerdir. Mesela; kaolin olarak bilinen hammadde türü fazla uzağa taşınmadan erken çöken hammaddedir. Daha uzaklara su ile taşınabilen maddeler (sekonder oluşum) sürtünme ile daha fazla öğütülmüşler, çeşitli organik maddeler ve renk veren oksitler ile karışmışlardır. Çukur veya düz arazilerde taşınma sona erdiğinde tabakalar şeklinde çökelmeler oluşmuş ve kaoline göre daha özlü ve ince taneli olan kil meydana gelmiştir. Ayrıca oluşumları ana kayaçların aşınmasından farklı olan örneğin; volkanik küllerin ayrışması veya nasıl oluştukları kesin bilinmeyen özlü seramik hammaddeleri vardır (Acarsoy 1983).

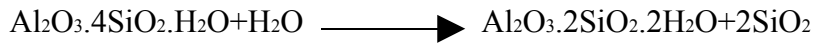
Yukarıda saydığımız kayaçların ayrışma reaksiyonları çok karışık ve izlenmesi mümkün olmayan reaksiyonlardır. Ancak varsayımlarla ve kuramsal olarak kimya denklemleri ile açıklanabilir (Doğan 1993).



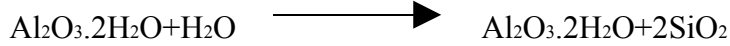
(Hidroliz)



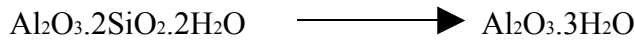
Pirofillit



Kaolinit



Diaspor



Gibbsite

Bu tanımlar kapsamında içinde kil minerali bulunan, belirli oranda su ile karıştırıldığında çamur haline gelen, şekillendirme özelliğine sahip, 800-1200 °C de pişirildiğinde, çatlamayan topraklar tuğla imaline uygun hammaddeler olarak kabul edilmektedir. Tuğla toprağı genellikle, illit, az montmorillonit, kaolinit, kuvars, demir mineralleri, az miktarda organik maddeler ve suda çözünebilen tuzlar ihtiva ederler. Tuğla hammaddesinin en belirgin özelliği; %25-35 oranında su ile karıştırıldığında plastiklik özelliği kazanması, şekillenebilmesi ve kurutulup pişirildikten sonra mukavim bir malzeme özelliği kazanmasıdır (Köktürk 1993).

2.2. Killerin Sınıflandırılması

Kil minerallerinin çok büyük ve karmaşık bir mineral dizisine sahip olmaları içeriklerindeki yabancı maddelerin varlığı, oluşum yeri ve özelliklerinin değişik oluşu gibi etmenlerden dolayı killer birçok şekilde sınıflandırılabilirler.

2.2.1. Jeolojik Durumlarına Göre Sınıflandırma

Jeolojik oluşumlarına göre killer üçe ayrılır. Bunlar;

Kimyasal ayrışma ile oluşan killer (Kalıntı killeri): Kireçtaşı ve dolomitlerin ayrışarak killi materyal ile karışıp, bir çökelme ortamında toplanması ile oluşurlar.

Yerinde oluşan killer: Genellikle feldspatların ayrışmasıyla yerli kayaç üzerinde oluşan killerdir. Bu killerin oluşumu için en uygun kayaçlar pegmatitler, granitler ve siyenitlerdir. Bu magma kökenli derinlik ve yarı derinlik kayaçlarının yüzey kayaçları da (Örnek: Riyolit, dasit, andezit vb.), kil ve kaolen oluşumu için uygun kayaç olarak görülürler.

Taşınma ile oluşan killer: Bu killerde bir ayrışma ve bir aşınma, sonraları da uygun bir ortama taşınma söz konusudur. Alterasyon ile oluşan killer olarak da isimlendirilen taşınmış killer organik kökenli tüffit ve küllerin ayrışarak taşınması ve çökmesi sonucu oluşurlar. Bataklık veya denizlere taşınıp burada yatak haline gelirler. Rüzgarlarla taşınan killerin birikmesiyle oluşan kil yataklarına lös adı verilir. Buzullarla taşınan killerde ise buzulların içinde bulunan yabancı maddelerden dolayı bir ekonomik değer söz konusu değildir (Kibici 2002).

2.2.2. Kilin Kimyasal Bileşenlerine Göre Sınıflandırılması

Killer yapılarına göre ya şekilsiz (amorf) veya kristalli olmak üzere iki ana grupta toplanırlar. Kristalli killerde atomların iç dizilişleri iki tabaka halindedir. Tabakalardan biri SiO_2 , diğeri ise Al_2O_3 tabakaları şeklindedir. Kristal ve amorf yapıda olan kil mineralleri şu şekildedir (Kibici 2002).

***Kaolinit grubu**

$Al_2O_3 \cdot 2Si_2 \cdot 2H_2O$ bileşimli olup, elektron mikroskopta ince levhalar halinde görülür. Heksagonal kristalleşmiştir. Kuru büzülmesi ve plastisitesi azdır. Çapları 1-5000 mikron arasındadır. (1 mikron=0,0001 mm).

Saf kaolinit kristali 1750°C'de erir. Mukavemet grubundaki bu kil mineralleri, felspatların asit ortamlardaki sıcak, soğuk ve hidrotermal eriyiklerin direkt etkisiyle olur. Bu grubun mineralleri kaolinit, dikit, holloysit ve narkittir.

***Montmorillonit grubu**

$(OH)_4(Al_4Fe_4Mg)_4Si_8O_{20} \cdot nH_2O$ bileşimindedir. Atomları iç dizilişi 3 tabakalıdır. Bu kil mineralleri daha çok alkali ve toprak alkali tuzlardan oluşur. Bunlar tabakalar arasına girerek o tabakaların hacimlerinin artmasına neden olur. Renkleri çok değişiktir.

Beyaz, sarı, açık, yeşil, mavimsi ve siyahimsidir. Montmorillonit grubu minerallerin su emmesi çok karakteristiktir. Su emdiği taktirde hacmi 10–15 defa artar. Mineralleri, montmorillonit, beidellit ve vermikülittir. Vermikülit izolatar yapımında kullanılır. Montmorillonit ve beidellit birleşmesinde bentonit oluşur.

***İllit grubu**

Genellikle kil minerallerine benzerler. Eloktron mikroskopta ufak, yassı ve düzgün olmayan levhalar halindedir. Atom yapısı montmorillonite benzer. Yani 3 tabakadan oluşur. Potasyumca zengin ortamlarda oluşur.

$(OH)_4K_4(Al_4Fe_4Mg_4)(Si_8-4Al)O_{20}$ bileşimindedir. İllit grubu, montmorillonit grubu ile kaolinit grubu arasındadır. İllit grubu mineraller, illit ve glokonittir. Glokonit denizsel ortamda oluşan bir kil mineralidir.

***Klorit grubu**

İçyapısı bakımından illite benzer. Atomların iç dizilişi üç tabakalıdır. Bazen 2 tabakalı minerallerin miktarı ve cinsi değişebilir. Sekonder mineraller grubuna girer.

***Sepiolit grubu**

$(OH)_4.Mg_5Si_8O_{20}.4H_2O$ bileşimindedir. Telsel dokudaki mineral grubudur. Kristel iç yapısı zincirli halka şeklindedir. Magnezyumca zengin volkanik tuf ve kristalin kütlelerin ayrışmasından meydana gelir. En önemli minerali attapulgittir.

2.2.3. Sanayide Kullanılışlarına Göre Sınıflandırma

2.2.3.1. Kaolinler (China Clays)

Kaolinin kullanım alanlarının sınıflandırılması ise en çok tüketilen ve tüketildiği alanda ana girdi teşkil etmesinden dolayı aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür;

Seramik alanında kullanılan kaolinler,

Dolgu alanında kullanılan kaolinler (kağıt, plastik, tekstil, boya, cam),

Diğer sanayi dallarında kullanılan kaolinler (çimento, ilaç, kozmetik, deri, yağ).

2.2.3.2. Bağlama Kili (Ball Clays)

Bağlama killeri kaolinlerden daha ince tane yapısına sahiptirler ve daha fazla safsızlık içermektedirler. Özellikle karbonat içerikleri fazladır. Bu tür killerin içerisindeki safsızlıkların çokluğu ve çeşitliliği özellikle ısı ile renk değişimi özelliğini kazandırdığından, su emme ve plastik özellikleri daha fazladır. Bu tür killerin kullanım alanlarına göre sınıflandırılması ise;

Seramik sanayinde kullanılanlar,

Diğer sanayi dallarında kullanılanlar (yapay abrasifler, emaye, asbest üretimi).

2.2.3.3 Halloysit Türü Kil Grubu

Halloysit, kaolinler oluşurken daha çok hidratasyona uğramış halleridir. Bu kili kaolinlerden ayırmak oldukça zordur. Bu minerali tanımak için ek fiziksel ve kimyasal deneyler yapmak gerekir. Halloysitlerin kullanım alanları;

Seramik ve porselen sanayinde,

Döküm sanayinde,

Petrol ve yağ endüstrisinde katalizör olarak kullanılırlar.

2.2.3.4. Şamot Killeri (Ateş Kili - Fire Clay)

Bu killer genellikle kömür yataklarında, kömür tabakalarının en üstünde bulunur. Çoğu kömür madeninin kazısı sırasında ortaya çıkar. Bu killer genellikle temiz ve saf olarak bir başka deyişle içinde safsızlıklar az bulunur. Bu killerde kendi arasında ayrılırlar. Bunlar; Plastikler, Semiflintler, Filintler, Nodularfilint olarak ayrılır. Bu killerin kullanım alanları ise;

Seramik alanında (fayans, tuğla, kanalizasyon borusu, çanak, çömlek)

Diğer kullanım alanları ise, refrakter sanayi, çimento, sondaj kimya, dolgu vb.

2.2.3.5. Bentonitler

Bu kil grupları Montmorillonit grubundandır. Kimyasal bileşiminden daha çok fiziksel özellikleri önemlidir. Ticari bentonitler sülfürik aside karşı gösterdikleri reaksiyona karşı dörde ayrılır. Bunlar, alkali bentonit, yarı alkali bentonit, toprak alkali bentonit, yarı toprak alkali bentonit. Kullanım alanlarına göre;

Yağ rafineri alanında, döküm kumu alanında, sondaj alanında,

Diğer alanlarda (dolgu, kimya, deterjan, kağıt, kozmetik, seramik, boya vb.).

2.2.3.6. Yıkama Killeri (Fuller's Earth)

Diğer killerden farklı en önemli özelliği yağı absorbe etme olayının fazla olmasıdır. Kullanım alanları;

Apsorbans ve yağ rafinasyonunda, ilaç, sondaj, dolgu sanayinde kullanılır.

2.2.3.7. Diğer Killer (Adi Killer, Şistler)

Bu killerden adi olanı yüzeyde bulunur. Tuğla ve çimento üretiminde kullanılırlar. Şistler ise genellikle jeolojik evrelerde oluşmuşlardır. Bunlar da en çok çimento ve tuğla imalatında kullanılır.

2.3. Killi Toprakların Kimyasal ve Fiziksel Özellikler

Hiçbir zaman arı (saf) biçimde bulunmayan kilin içinde alüminyum silikatlarla birlikte ($2SiO_2$, Al_2O_3 , $2H_2O$) kum, demir, magnezyum, sodyum, kalsiyum ve potasyum bileşikler gibi diğer yabancı maddeler de içerirler (Köktürk 1993).

Kil, doğal olarak bulunduğundan, kalıplamak için plastik hale getirilip kurutularak pişirilmesinden veya fırınlanmasından sonra sert, dayanıklı ve sabit şekilli bir malzeme haline getirebilmesinden dolayı ticari bakımdan önemlidir. Ürünleri kil eşyalar, kil ürünler veya seramikler olarak bilinir. Killer çapları 0,002 mm' den daha ince olan zemin cinsleridir. Çapları 0,001 mm' den daha küçük olanlara kollodial kil adı verilir. Killi zemin genellikle amorf bir görünüme sahip olduğu halde kil mineralleri kristal bir yapıya sahiptirler. Kristal olmayan danelerin zeminin plastiklik özelliği üzerinde tesiri yok denilecek kadar azdır. Kuvars gibi kristal bünyeye sahip bazı minerallerde çapları 2 mikrondan ufak olmalarına rağmen zemine plastisite veya kohezyon özellikleri vermezler. Kil minerallerinin kimyasal bileşeni alüminyum silika hidratadır.

Çok miktarda magnezyum ve kalsiyum ihtiva eden killere marn adı verilir. Demir oksit bakımından zengin olan ve içinde kum bulunan killere ise balçık adı verilir. Kil içerisinde bulunan demir oksit kile, kırmızı ve sarı renk verir. Kildeki Kaolinit bileşeni

ne kadar fazla ise beyazlığı ve kalitesi de o kadar artar. Kilin içindeki yabancı maddeler çok az ise su ile karıştırıldığı zaman yapışık bir çamur halini alır. Buna plastik kil denir. Killer plastikli oluşları ve şekil alabilen özellikleri dolayısıyla çok işe yararlar. Plastikliğin sebebi kil parçacıklarının pulcuklardan ibaret bulunmasıdır. Bu pulcuklar birbirlerinin aralarında bulunan suyun yüzey gerilmesi ile yapışmış olurlar. Bu suyun içinde eriyik halde bulunan tuzların ve organik maddelerin de büyük önemi vardır. Bir kil ne kadar ince ise kolloidler de ne kadar fazla olursa plastik o derece artar. Kilin su emme derecesi %70 civarındadır ve emdiği suyu kolay kolay bırakmaz (Köktürk 1993). Kuru kil su ile temas edince, kil suyu absorbe eder. Hacim genişler, şişer, yumuşar, yoğrulabilir, şekillendirilebilir. Bu karakteristikler kil kristalinin yapısı ile yakından ilgilidir. Tabakalar arasında sızan su molekülleri bir taraftan kütleyi kabartıp şişiren diğer taraftan da yağlayıcılık görevi yaparak tabakaların birbiri üzerinde kayması ve böylece kütlenin şekil değiştirmesini ve kendisine verilen biçimi almasını yani plastikleşmesini sağlar.

2.3.1. Killerin Kimyasal Özellikleri

Kil hammaddelerinin kimyasal analizinde genellikle Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O yüzdeleri tespit edilir. Al_2O_3 değeri %20-40 arasında değişir. Bu tenör ince seramik killerde düşük, refrakter killerde yüksektir. Fe_2O_3 oranı ince seramik killerinde %1'in, diğer killerde ise %3'ün altında olmamalıdır. Aksi halde killerin pişme rengi ve ateşe dayanıklılığı bundan etkilenebilir. Bu konuda en önemli husus Fe_2O_3 tenöründen ziyade bunun homojen bir halde bütün kilin bünyesine dağılmış olmasıdır. Fe_2O_3 tenörü son derece az beyaz kaolinitik killer içerisinde dağılmış olan az miktarda pirit kristalleri yüzünden kullanılmaz. SiO_2 tenörünün çok yüksek olması kilde serbest kuvars olduğunu belirtir. Bu sebeple kilin ince ve iri taneli oluşu önem taşımaktadır. Toprak alkali oksitlerin ve montmorillonit grubu kil minerallerinin bulunduğu işaretlerdir. Alkali oksitlerin miktarı da %1'in altında da olmamalıdır. Fazlası ise kilerde mika feldspat, alkali toz bulunduğunu gösterir. Bu da ateşe dayanımı azaltır. Killer fitre ve preslerde süzme işlemini güçleştirebilir. Ama kil, mikaların plastisitesini arttırmak için faydalı özellik içerir (Köktürk 1993).

2.3.2. Killerin Fiziksel Özellikleri

Yapı tuğlası için kullanılacak kilin mekanik ve fiziksel özellikleri, mamulün üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Önemli fiziksel ve mekanik özellikleri aşağıdaki gibidir:

1. Killerin Plastisitesi,
2. Killerin Kuru Bağlama Mukavemeti,
3. Rötne,
4. Renk,
5. Tane Boyutu.

2.3.2.1. Killerin Plastisite Özellikleri

Plastisite özelliği killerin işlenebilme ve şekillendirilebilmesi açısından önemli bir özelliktir. Plastiklik, terimi kile uyarlandığında kilin tanımı, “su emdiğinde plastik olan, basınç uygulandığında şeklini koruyabilen” olarak söylenebilir. Killere plastiklik özelliği sadece ve sadece su ile karıştırılarak verilir. Su dışında hiçbir madde bu özelliği kazandırmaz (Toydemir 1978). Kil çamur oluncaya kadar ne kadar su emerse o kadar plastiktir. Killerin plastisite suyu % 20-40 arasında değişir. Diğer taraftan plastiklik, irili ufaklı taneciklerin yan yana olmasına da bağlıdır. Bir kilin yeteri derecede plastik olabilmesi için taneciklerin % 20'sinin 1 μ ' dan küçük olması lazımdır. Fakat hepsi de küçük olmaz. Nitekim uzun müddet öğütülmüş killerin plastikliği azalır (Yılmaz 1994). Plastikliği çok iyi olan killere yağlı killer denir.

Farklı tip killerin su plastisitesi aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.1. Farklı Tip Killerin Su Plastisitesi Değerleri (Köktürk 1993).

Kil Tipleri	Plastisite Değerleri
Ham Kaolin	36,69-44,78
Yıkanmış Kaolin	44,48-47,50
Beyaz Sedimenter Kaolin	28,60-56,25
Plastik Killer	25,00-53,30
Kroze Killeri	26,84-50,85
Refrakter Bağlama Kili	32,50-37,90
Cam Porselen Killeri	19,64-36,50
Plastik Ateş Killeri	12,90-37,40
Filint Ateş Killeri	8,89-19,04
Koset Killeri	18,40-28,56
Stoneware Killeri	19,16-34,80
Dış Cephe Tuğla Killeri	14,85-37,50
Drenaj Borusu Killeri	11,60-36,20
Döşeme Tuğlası Killeri	11,80-19,60
Tuğla Killeri	13,20-40,70

Plastikliği etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır:

1. Tanecikler üzerinde suyun etkisi,
2. Katı tanelerin boyutu,
3. Katı tanelerin terkibi,
4. Katı tanelerin şekli ve iç bünyesi,
5. Katı tanelerin yüzeysel alanı ve moleküler çekimi,
6. Katı tanelerin uyuşması,
7. Özellikleri etkileyen diğer materyallerin mevcudiyeti,
8. Massedeki taneciklerin oryantasyonu,
9. Materyalin önceki hali.

Kildeki su miktarının azalması kilin katılaşmasını, su miktarının çoğalması da kilin akıcı ve şekillendirilebilir hale geçmesini sağlar. Buna kil hamurunun kıvamı denir. Kil hamurunun kıvamları, İsveçli toprak bilgini ATTERBERG tarafından ortaya atılan bazı kıvam limitleri ile tarif edilmiştir.

Rötre Limiti: Kilin, artık rötre yapamayacak derecede su ihtiva etmesidir. Toplam rötrenin % 10'u geçmemesi gerekir.

Plastik Limit: Kilden 3mm çapında makarna şeklinde numuneler yapılır. Bu numunelerin kırılmadan yuvarlanabileceği su içeriği plastik limit olarak tanımlanır. Plastik limit %8'den küçük %25'ten büyük olmamalıdır.

Likit Limit: Kilin kendi ağırlığıyla viskoz bir çamur gibi aktığı su muhtevası olarak adlandırılır (Toydemir 1978, 1997).

ATTERBERG, kil- su oranını ise plastiklik endeksi ile belirlemiştir.

$$PI = LL - PL$$

$$\text{Plastiklik Endeksi} = \text{Likit Limit} - \text{Plastik Limit} \quad (2.1)$$

1. $PI < 8$ ise; çok kumlu topraklardır. Kalıplanması güç, yüzeyleri pürüzlüdür. Mamulün su emme yüzdesi yüksek, mukavemeti düşüktür.

2. $8 \leq PI \leq 25$ ise; tuğla yapımına elverişlidir.

3. $PI > 25$ ise; fazla plastik topraklardır. Kuruma esnasında rötresi fazla olacağından çatlama ve deformasyona uğrarlar (Toydemir 1997).

2.3.2.2. Kilin Kuru Bağlama Mukavemeti

Killer kurudukça kırılmaya karşı mukavemet gösterirler. Bunun sebebi levha halindeki taneciklerin üst üste bulunması ve aralarında bir çekim kuvveti olmasından ileri gelir.

Kuru mukavemeti etkileyen faktörler:

Yağlı killerin kuru mukavemeti, yağsız killere oranla daha yüksektir.

Killerin tane büyüklükleri belirli oranda karışık olmalıdır. Çünkü aynı büyüklükteki kil taneciklerinin kuru mukavemeti daha azdır.

Kuru mukavemete etki eden başka en önemli etken kilin kuruma zamanı ve sıcaklığıdır. Düşük sıcaklıkta veya yeterli olmayan bir kurutma ile kurutulan killerin dirençleri az olur. Ayrıca kurutmadan sonra beklerken kuru malzemenin havadan aldığı nem mukavemeti azaltır.

Şekillendirme yöntemi de mukavemeti etkiler. Yaş olarak döküm yolu ile şekillendirilen killer, normal şartlarda kurutulduklarında, plastik ve kuru şekillendirilen yani presle basınç altında basılan tabletler halinde bulunan killere oranla daha büyük bir kuru direnç gösterirler.

Bir kil esaslı bünyenin su miktarı azaldıkça kuru bağlama mukavemeti de artar. Oda sıcaklığında su miktarı yaklaşık % 2-3' e kadar düşebilir. Kuru mukavemeti mamulün şekillendirildiği kalıp, taşıma ve kurutma sorunları ile ilgili bir özelliktir. Çünkü yüksek kuru mukavemet kilin termal şok ve aşınmaya karşı dirençli olmasını sağlar.

2.3.2.3. Rötire (Hacimce Küçülmesi)

Su ile yoğrulan kil, kurumaya bırakılan kilin zamanla hacmi küçülür. Bu olay yeterince kurutulmuş kilin pişirilmesi esnasında bir ölçüde devam eder. Hacimlerde küçülme kilin ebatlarının küçülmesi olayına rötire denir. Kilin kurummasından meydana gelen rötire plastisite özelliğine, pişme sırasında oluşan rötire ise; pişme sıcaklığına ve kimyasal reaksiyonlara bağlıdır. Rötire, gerek boyut tahminini ve standart üretimi zorlaştırdığı için, gerekse büzülme sırasında içyapıda çatlaklara neden olacağı için istenmeyen bir özelliktir. Kilin gerek kuruma ve gerekse pişme sırasında yapmış olduğu rötire toplam rötire'dir (Toydemir 1978).

$$\text{Toplam Rötire} = \text{Kuruma Kaybı} + \text{Pişme Kaybı} \dots\dots\dots(2.2)$$

2.3.2.4. Renk

Killer doğada beyaz, sarı, kırmızı, gri, kahverengi ve siyahımsı renklerde bulunabilir. Ancak bu tabii renkler, killerin fırında pişmesi sırasında tamamen değişir. Mesela;

kahverengi, gri, hatta siyah renkli bir kil piştikten sonra beyaz olabilir. Çünkü bu koyuluk içerdiği kömür ve organik maddelerden ileri gelir.

Kil, tanecik büyüklüğü iki μm 'den küçük olan tanelerin çoğunlukta olduğu, ıslatıldığında plastik, pişirildiğinde sürekli sert kalan sulu alüminyum silikat minerallerinden oluşan bir sistem olarak tanımlanabilir. Kil mineralleri temelde silika, alümina ve suyun oluşturduğu sulu silikatlardır. Ayrıca demir, alkali ve toprak alkalileri fark edilebilir derecede içerirler (D.P.T., 216-Ö.İ.K., 623., 2001).

Kil deyimi, bir kayaç terimi olarak, sedimenter kayaçların ve toprakların mekaniksel analizlerinde tane iriliğini ifade eden bir terim olarak kullanılmaktadır. Wentworth tarafından 1922 de tane büyüklüğü 4 μm 'den daha küçük taneciklere kil denmesi teklif edilmiştir.

Tuğla-kiremit ve porselen gibi birçok ürünün hammaddesi olarak kullanılan killer, üretilecek sanayi ürününün çeşidine göre farklı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Kum, çakıl vb. iri materyal içermeyen tuğla-kiremit hammaddesi kaynakları, daha çok akarsular tarafından taşınan ve suyun enerjisini kaybettiği alanlarda çökelen sedimentlerin birikmesi ile oluşmaktadır. Bu tür malzemenin endüstride kullanılması işletmeciler tarafından kolay bir yol olarak tercih edilmekte, tarımsal üretim açısından büyük önem taşıyan verimli ova topraklarının tarımsal üretim potansiyellerini kaybetmelerine neden olmaktadır.

Kil plastik halde iken çok yapışkan ve kalıplaması zordur. Tuğla-kiremit yapılacak kil yoğrulup şekil verilmesi ve daha sonra şeklini koruyabilmesi bakımından önemli olan plastiklik fazla olduğunda olumsuz etki yapar.

Tuğla yapımına en uygun killer kaolinit ve illit tipi killerdir. Montmorillonit tipi killer fazla şişme ve büzülme gösterdiklerinden tuğla için kullanımının fazla uygun olmadığı bilinmektedir.

Pişme esnasında CaCO_3 ' in sönmemiş kirece (CaO) dönüşmesi ve daha sonra bunun sönmüş kirece (Ca(OH)_2) dönüşerek çatlama ve kireç patlamalarını meydana getirmesi nedeniyle tuğla kilinin kimyasal bileşimindeki CaCO_3 miktarının % 25' i geçmemesi gereklidir. Kirecin granüler halde değil, ince tanecikler halinde ve hammadde içine iyice dağılmış olarak bulunması tercih edilmektedir. Kireç toprağın erime ve sinterleşme

derecelerini birbirine yaklaştırdığından, fazla kireç bulunması pişirme tekniğini güçleştirmektedir. Ayrıca sağlamlığı ve sinterleşmeyi arttırmak için pişirme ısısı arttırıldığından CaCO₃'in etkisi ile renk sarıya dönerek, pişme esnasında tuğlalarda şekil bozukluğunun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Toprakta genellikle oksit halinde bulunan ve miktarının % 8-10 arasında olması istenen demir, pişme sonunda sertliğin daha fazla olmasını sağlar ve su emme yüzdesini düşürerek, tuğlaya kırmızı rengi verir. Pişme esnasında yanarak geriye siyah karbon birikintileri bırakan organik madde, fazla olması halinde tuğlanın mukavemetini azaltır. Fazla oranda su emerek ürünün dayanıklılığını azaltan tuzun ise % 1,5'i geçmemesi istenir (http://çiftçi.ksu.edu.tr/dokumanlar/tuğla_kiremit_topragi.html., 2006).

Ülkemizde tuğla kilinin yaşı alüvyoner sahalardan istihsaline alışılmıştır. Ancak bu topraklar verimli ova arazilerinde bulunmaktadır. Bu ovalarda açılan ocakların daha sonra bataklık haline dönüşmesi, tarımsal faaliyetlere zarar verilmesi, kuruma-pişme küçülmesi ve su emme oranlarında sorunlarla karşılaşılması son yıllarda alternatif saha aramalarını hızlandırmıştır. Çevrenin korunması nedeniyle Bursa, Çorum, Salihli-Turgutlu bölgeleri bu arayışların en yoğun olduğu bölgelerdir. Kuvaterner yerine Tersiyer yaşı killi kayaçların gerektiğinde öğütülerek tuğla-kiremit toprağı yerine kullanılması pek çok yörede ekonomik bir çözüm olarak kendini göstermiştir. Böylece tuğla ocaklarının düz ovalardaki verimli tarım arazileri yerine tepelik arazileri oluşturan Tersiyer formasyonları içinde açılması mümkün hale gelmiştir.

Tuğla killerinin rezervleri konusunda bir darboğaz bulunmamasına rağmen bunların kalitesi ve kullanıma hazırlanması çok önemlidir ve dikkatli olunmasını gerektirmektedir. Genellikle piştikten sonra tuğlanın kırmızı renkte olması istenir. Mesela hammaddede fazla kireç varsa mamulün rengi açılır ve sarı renkteki bir kiremit teknik özellikleri bakımından çok iyi olsa bile piyasada tutulmaz. Kireçtaşı parçalarının iri taneli olması çatlamalara sebebiyet vermektedir. Fazla kireç muhtevası erime ve sinterleşme aralığını daraltarak da sorunlara sebebiyet verir.

Kil'in plastikliğini ve işlenme kabiliyetini arttıran organik humus asitlerinin tuğla hammaddelerinde bulunması makbuldür. Toprağın fazla miktarda pirit ihtiva etmesi ise mahzurludur. Piritin bozulması esnasında çıkan gazlar mamulü çatlatabilir veya pişme şartlarına göre suda çözünen tuzlar oluşturabilir. Bu tuzlarla çiçeklenen tuğlanın basınca ve dona mukavemeti azdır.

Fazla miktarda mika ihtiva eden killere su geçirme oranını arttırdıklarından zararlı maddelerden sayılır.

Tuğla üretiminde kullanılan killerde aranan standartlar şunlardır: CaCO_3 muhtevası % 35'in altında olmalıdır. 3 mm den iri tanelerin miktarı yüzde biri geçmemelidir, plastiklik suyu % 25-35 arasında bulunmalıdır. 100 °C sıcaklıkta pişirildiğinde sertliği MOHS skalasına göre 2'nin üzerinde olmalı, kuruma küçülmesi % 10'dan az, su emmesi tuğlada % 8'den fazla, kiremitte % 18'den az olmalıdır. Tuğlalar 800-1000 °C' de patlama ve çatlaklar göstermeden kiremidi renkte pişmelidir. Bu killerin 0,2 mm den iri tane yüzdesi, iri tanelerin cinsi, kalıplanma yeteneği ve kuru kırılma dayanımı da tespit edilmelidir (<http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/oik491/>).

Tuğlalar "Seramik" olarak tanımlanan bir malzeme türüdür. Bunlar inorganik, yüksek ısılarda işlem görmüş silikatlar ve metal oksitlerdir. Oksitlenmiş bir malzeme olmaları kimyasal bakımdan denge noktasında olan ve yeni bir kimyasal işleme girmeyen bir malzeme olmaları demektir. Fiziki olarak sert, gevrek ve ısıya dayanıklıdır. Tuğla malzemenin içindeki kuartz kaolinit ve mika ısı etkisi ile kuartz kristobalit, mullit ve bunları bağlayan bir camsı malzeme oluştururlar, inşaatlarda kullanılan tuğlaların pişirme ısıları 950-1200 °C civarındadır. Tuğla üretimi önemli ölçüde yakıt gerektirir. Adi tuğlalar, harman tuğlası, 800 °C pişirilirken, sert tuğla (klinker tuğlaları) için pişirme ısısının 900-1000 derecenin üzerinde olması gerekir.

Tuğlaların pişirilmesi sırasında, içinde sonsuz sayıda mikroskobik çatlak, boşluk ve geçitler oluşur. Bunlar "boşluk" olarak adlandırılır. Bu boşluklar tuğlanın bütün önemli özelliklerini etkilerler. Porozite, malzemedeki boşluk hacminin tüm hacme oranı olarak belirtilir ve yüzde ibaresi ile kullanılır. Bunun için tuğla önce kuru olarak tartılır, daha sonra suyun içinde tutularak bütün deliklerin su ile dolması sağlanır. Tekrar tartılır. Aradaki ağırlık farkı suyun özgül ağırlığına bölünerek boşluk hacmi bulunur. Ancak tuğladaki boşluklar içinde bulunan hava, suyun boşluğa girmesini engelleyebilir. Bunun için tuğlaların su içinde kaynatılması ve soğuduktan sonra bu boşluklara suyun dolması beklenir.

Genellikle tuğlanın porozitesi %25' den fazla ise giderek basınç dayanımı azalır. Dış cephelerde kullanılacak tuğlalarda, hava koşullarına açık ve sıva ile kaplanmayacak tuğlalarda porozite %15'den yüksek olmamalıdır.

Basınç dayanımı tuğlanın en önemli özelliğidir. Pek çok faktöre bağımlıdır. Tuğlanın porozitesi, pişirilme ısısı, üretim biçimi. Delikli tuğla ise deliklerin miktarı, yeri, kenarlarının biçimi, yükleme yönü, vb. basınç dayanımı üzerinde etkili olan faktörlerdir. Tuğlanın yapıldığı toprağın cinsinin de tuğla basınç dayanımı üzerinde etkisi vardır.

Türkiye'de üretilen tuğlaların basınç dayanımları genellikle düşüktür. Üretilen tuğlaların üzerinde sistemli bir basınç dayanımı saptama deneyleri yapılmamaktadır, özellikle harman tuğlalarında basınç dayanımları genellikle düşük olduğu gibi aynı ocaktan gelen tuğlalarda çok büyük basınç dayanımı farklılıkları görülebilmektedir. Daha kontrollü olarak üretilen fabrika tuğlalarında bile basınç dayanımlarında %50' nin üzerinde basınç dayanımı farklılıkları olabilmektedir. Türkiye'de üretilen tuğlalarda en çok 200 kg/cm² basınç dayanımına rastlanmaktadır. Basınç dayanımı düşük olan tuğlaların üretimi Türkiye'de yönetmelik ve standartlarda tuğla yığma yapıların kat adetlerinin sınırlı tutulmasında, yığma yapıların deprem dayanımının düşük olmasından sonra, en etkili faktör olmaktadır (Çörez 2002).

İ. Demir ve M. Orhan (2002) tarafından yapılan çalışmada kimyasal bileşiminde % 35,08 borik asit ihtiva eden bor atığı, pomza kumu ve kil ile karıştırılarak tuğla örnekleri üretilmiş ve 900 °C de pişirilmesiyle porozitesi yüksek birim hacim ağırlığı düşük bir malzeme üretileceği belirlenmiştir.

Kavas ve Emrulloğlu (1999) Seydişehir kırmızı çamuru ile Kırka bor atık killerini değişik oranlarda karıştırarak yüksek mukavemetli ve düşük su emme özelliğine sahip tuğla imal etmişlerdir. Bu karışımların endüstride kullanılacağı belirlenmiştir.

Yaman (1997) Kırka ve Bandırma bor atıkları türevlerinin döşeme tuğlası, yer karosu ve fayans hamurlarına % 6 ya kadar ilave edilebileceğini bildirmiştir (maden.org 2008).

H. D. Deford ve G. P. Wirtz (1993) tarafından yapılan çalışmada ise uçucu küllü yapı malzemesi, % 95,5 C sınıfı uçucu kül, % 2 Borik Asit, % 1,5 Polimerik bağlayıcı, % 1 Lignosülfanat ve % 12 Plastiklik suyu ile hazırlanmıştır. Bu örneklerin bulk yoğunluğu 980 kg/m³, mukavemetleri ise 55 MPa olarak elde edilmiştir.

J. H. Van ve P. J. C. Bloem (1989) yaptıkları çalışmada; % 87 kil, % 13 uçucu kül ve % 0,32 BaCO₃ kullanarak tuğla örnekleri üretilmiş ve bu örneklerin basınç mukavemet değerlerinin 45 MPa olduğu belirtilmiştir (Pimraksa vd. 2001).

2.4. Tuğla Üretiminde Kullanılan Kil Hammaddesinde Aranılan Genel Özellikler

Tuğla yapımında kullanılacak kilin kimyasal yapısı kadar mekanik özellikleri de önemlidir. Buna göre istenen mekanik ve fiziksel özellikler aşağıda sunulmuştur.

1. Plastiklik : Kilin işlenebilmesi ve şekillendirilmesi için en önemlidir. Plastiklik, yeterli miktarda su ile yoğrulmuş kile şekillendirme ve şekillendirme sonrası şeklini, içindeki suyun büyük bir bölümü uzaklaştırıldıktan sonrada korumasını sağlamaktır. Kilin plastiklik özellik kazanması için su ile yoğrulur. Su dışında başka hiçbir sıvıyla killer plastiklik özellik göstermezler.

2. Plastiklik derecesi: plastiklik endeksi ile belirlenir. Plastiklik limiti, kilin plastik durumdaki en düşük nem miktarıdır. Plastikliği düşük killer ele yapışma sınırında kuru ağırlığın %20'si kadar su alırlar. Plastikliği yüksek killerde bu değer %26-27 kadardır.

3. Hacim kaybı: Su ile yoğrulup plastiklik kazanan kil, kuruma ve pişme sırasında hacmi yani boyutları değişir. Bu olaya kilin rötre yapması denir. Kilin kurumasıyla oluşan rötre de plastiklik özelliği etkilidir. (Özışık 1987).

Hacim kaybı iki aşamada gerçekleşir:

Yaş şekillendirilmiş ürünün kurutma sonrasındaki hacim kaybı; kuruma küçülmesi.

Kurutulmuş ürünün pişirme sonrasındaki hacim kaybı:(pişme küçülmesi).

Tuğla ve kiremit üretiminde kullanılacak killerde hem kurutma sırasında hem de pişme sırasında gelişen hacimsel küçülme düşük değerlerde olmalıdır. Aksi durumda standart boyutları elde edebilmek zor olacağı gibi yüzeyde çatlama ve deformasyonlar, köşelerde çatlama ve kırılmalar meydana gelme ihtimali yüksektir. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda pişirme sırasında (1100-1200 °C) bir miktar hacim kaybı olması ürünün yeterli mekanik dayanıma sahip olması açısından gereklidir. Pişirme sonrasındaki ideal doğrusal küçülme % 6 civarındadır.

Diğer bir taraftan da kuruma rötresi (hacim kaybı) yüksek killerin budinözden hızla geçirilmesi veya basınç altında kalıplanması bu sakıncayı kısmen önler (Demir 1995).

4. Kilin çekme dayanımı: Şekillendirilmiş ve kurutulmuş kilin çekme dayanımı değeri dikkate alınmaz. Kurutulmuş ürün şeklini koruyabilmelidir. Fırına girmeden önce çarpma ve sarsıntılara maruz kaldığında kırılıp dağılmamalıdır. Bu dayanıklılık killerin ince tane oranı arttıkça ve plastisitesi yükseldikçe artar.

5. Sıcaklıkta ergime özelliği: kilin pişirme sırasında (600-900 °C) sıcaklıklarda ergiyerek (camsı faz oluşumu) kimyasal ve kristal özelliklerini değiştirmeli, su ile yumuşamamalı, dağılmamalı, gözenekliliği azalmalı ve sağlam bir bünyeye sahip olmalıdır. Pişen tuğlada belli oranda su emme özelliği olmalı ve aynı zamanda yeterli basınç dayanımına sahip olmalıdır.

6. Renk özelliği: Tuğla rengi kiremit kadar önemli olmasa da müşteri tarafından dikkate alınmaktadır. Renk özellikle cephe kaplamalarında veya taban kaplamalarında önemli bir özelliktir.

Tuğla yapımında kullanılan killi toprakların kimyasal yapısı: Killer kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından farklılık gösteren hammaddeler olduğundan, bu konuda tam bir sınıflandırma yapmak zordur.

Bununla birlikte tuğla üretimim için en uygun killer illit cinsi killerdir. Montmorillonit ve halloysit grubundan olan killer bünyelerine aşırı su aldıklarında yüksek oranda genişlemeye sahiptirler. Genleşmeye bağlı olarak su kaybı ile hacimsel küçülmeleri artacağından tuğla üretiminde uygun görülmezler. Killer saf halde doğada bulunmadıklarından tuğla yapımında elverişli olmaları içerdikleri safsızlıkların miktarına ve cinsine bağlıdır. Fiziksel özelliklerinin deneylerle belirlenmesi kimyasal yapıları kadar önemli bir yer tutar.

Tuğla ve kiremit üretiminde tercih edilecek killerde bulunabilen yararlı ve sakıncalı maddeler (safsızlıklar) aşağıda sunulmuştur.

Kum: Tuğla üretiminde tercih edilecek killerde doğal kum genellikle küçük tane boyutuna (silt) sahiptir ve taneleri 10-40 µ çapındadır. Kilin bünyeye sağlamış olduğu plastiklik özelliğini dengelemek, kuruma ve pişme sırasındaki hacim değişikliklerinin kontrolü için dışarıdan kum, pişmiş atık, uçucu kül ve öğütülmüş curuf gibi dolgu maddelerinin ilave edilmesi yaygın bir yöntemdir. Fazla kum içeren killerin plastisitesi

düşüktür. Kalıplanma esnasında dağılma olur ve yüzeyle pürüzlüdür. Dayanım ve sertliğin düşük olmasına neden olur.

Demir: genellikle demir oksit(Fe_2O_3) ve hidratları şeklinde bulunup kilin bünyesine dağılmıştır. Pişmiş ürüne kırmızı renk verir. Ayrıca tuğla kiremit üretiminde demir bileşiklerinin ürünün sertlik ve su emme yüzdesine etkisi büyüktür. Kilin içermiş olduğu fazla demir ve bölgesel olarak toplanmış demir sülfat ve karbonatlar, pişirme sırasında şişme ve çatlamalara yol açabilmektedir. Tuğlaların yüzeylerinde çiçeklenme (effluorescence) ve yağmur suyuyla akan boyayan lekelere sebep olur. Bu nedenle bünyesinde demir sülfat ve karbonatları mümkün olduğunca düşük miktarlarda olmalı, toplam demir oksit ve hidratların miktarı %8-10 oranını geçmemelidir.

Kalker (kireç): Kalker ve diğer kalsiyum bileşikleri yaygın olarak bulunan malzemelerdendir. İnce olarak öğütülmüş ve kilin bünyesine homojen bir şekilde karışmış kalsiyum oksit (CaO) genellikle fazla zararlı olmaz. Ancak yüksek miktarda olduğu zaman pişmiş üründe sarıya çalan bir renk verir. Pişme sırasında tuğla ve kiremitlerde şekil bozuklukları meydana getirebilir. İri taneli kalsiyum (Ca) tuzları tuğlada havanın nemi ile reaksiyona girerek Ca (OH)₂ (kalsiyum hidroksit) şekline dönüşürken hacim genişlemesine yol açarak tuğlanın yüzeyinde bölgesel çatlaklar oluşturur. Pişmiş toprak ürünlerinde kullanılacak kilde bulunan ince öğütülmüş CaO miktarı % 8'nin üzerine çıkmamalıdır.

Organik maddeler: Killerin gri, mavi, yeşil ve siyah gibi farklı renklerde bulunması çoğu zaman bünyelerindeki organik maddelerden kaynaklanır. Pişme sırasında organik maddeler oksitlenerek gaz halinde bünyeden uzaklaşırlar. Oksitlenmenin hangi sıcaklıkta olacağı organik maddenin cinsine bağlı olarak 200-550 °C arasında değişmektedir. Genellikle pişme sırasında bu organik maddeler 400°C'den önce tamamen yanar ve geriye siyah karbon birikintileri (kül) bırakır. Organik esaslı kirliliklerin mümkün olduğunca az bulunması hem tuğlanın görünümünü açısından hem de fiziksel özellikleri (dayanımı) bakımından gereklidir.

Suda çözünen tuzlar: Genellikle kildeki tuzlar, sülfat ve klorür esaslı tuzlardır. Yüksek miktarda bulunan çözünen tuzlar tuğlada zamanla çiçeklenme (effluorescen) ve yüzeyden dökülmeler (kireç çatlağı) gibi hasarların ortaya çıkmasına neden olur. Bu nedenle ikil bünyedeki tuzların %1,5 ve altında bulunması kaliteli ürün için önemlidir.

Tuğla ve kiremit üretiminde killerin kesin bir standarda sokulamayacağı, ancak yukarıda belirtilen özelliklerin dikkate alınması uygun olacaktır. (Özışık 1987).

2.5. Killerin Endüstride Kullanım Alanları

Seramik Endüstrisinde: Yeryüzünde bulunan killerin % 70-75 oranındaki miktarı seramik endüstrisinde kullanılır. Bu endüstride kullanılacak killerin su emme, pişme rengi, kuruma küçülmesi, pişme küçülmesi, basınç mukavemeti gibi özelliklerin araştırılması gerekir.

Kağıt Endüstrisinde: Kaolen ve kil mineralleri boşluk doldurucu olarak kağıt endüstrisinde kullanılır.

Petrol Endüstrisinde: Sondaj esnasında, su kaçaklarında ve sondaj çamuru hazırlanmasında kullanıldığı gibi, kil minerallerinin petrol rafinesinde ayrı bir yeri vardır. Katalizör olarak kullanılır.

İnşaat İşlerinde: Yapı malzemesi olarak kerpiç, tuğla ve kiremit üretiminde kullanıldığı gibi, fayans olarakta kullanılır. Ayrıca karayollarında, toprak barajların çekirdek dolgularında ve drenaj kanallarında kullanılır.

Ziraat İşlerinde: Ziraat yapmaya uygun tarım alanlarının ıslah edilmesinde kil minerali kullanılır.

Dökümcülükte, Renk giderici ve emici olarak, -Diğer endüstri dallarında (boya, plastik vb.) (Kibici 2002)

2.6. Dünya ve Türkiyede Kil Rezervleri

Dünya ve Türkiye kil rezervleri hakkında DPT'nin 2001 de yaptığı araştırma sonuçları Çizelge 2.2, Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Dünya Kil Rezervleri (D.P.T. 2001).

Ülke	Rezerv (Milyon ton)
A.B.D.	15 900
Güney Amerika	5 000
İngiltere	15 800
Bağımsız Devletler-Rusya	15 000
Asya	5 150
Avustralya	5 020
Diğer	10 200
Toplam	81 870

Türkiye kil rezervi, Asya ülkeleri rezervleri içinde diğerleri bölümünde verilmiş olup 450 milyon ton civarındadır(D.P.T., 2619-Ö.İ.K., 630. 2001).

Çizelge 2.3 Türlerine Göre Dünya Kil Rezervleri (D.P.T. 2001).

ÜLKELER	REZERV (Milyon Ton)		
	Kaolen	Ateş Kili	Bentonit
Avrupa	1 183	-	179
İngiltere	1 820	13 650	-
Bağ. Devletler-Rusya	2 275	13 650	227
Diğerleri	1 365	9 100	-
Kuzey Amerika-ABD.	3 550	10 010	728
Güney Amerika	455	4 550	46
Afrika	728	4 550	46
Avustralya	455	4 550	46
Diğerleri	364	9 100	184
Dünya Toplamı	12 195	69 160	1 456

Çizelge 2.4 Türkiye'deki Kil Oluşumlarının Bölgelere Göre Dağılımı (D.P.T. 2001).

BÖLGE	REZERV (Milyon Ton)		
	Görünür	Muhtemel + Mümkün	Potansiyel
Marmara	54	201	580
Ege	123	364	1.980
Akdeniz	235	1.175	2.165
İç Anadolu	88	408	1.106
Karadeniz	32	264	483
Doğu Anadolu	92	300	452
Güney Doğu Anadolu	124	212	334
TOPLAM	748	2.924	7.100

2.7. CAM

Cam aşırı soğutulmuş alkali ve toprak alkali metal oksitleriyle, diğer bazı metal oksitlerin çözülmesinden oluşan sıvı olup ana maddesi (SiO_2) silisyumdur. Cam akışkan bir maddedir. Camların erimiş haldeki amorf yapısını koruyarak katılaştıran inorganik cisimlerden oluşur. Bu yapı cama sağlamlık ve saydamlık verir.

Adi camın bileşimine giren üç grup madde vardır. Bunlar cam haline gelebilen oksitler, eriticiler ve stabilizatörler denilen maddelerdir. Camın bileşimine giren bu maddelerin dışında cama soda-kireç olarak da adlandırılabilir. Adi camın bileşimine giren maddelerin dışında cama önemli özellikler kazandıran ve üretimde bazı yararlar sağlayan yardımcı bileşenler vardır.

Camlaşma özelliği olan bu maddeler genelde ağ oluşturan bazı oksitlerdir. Kuvars kumu bunların başında gelir. Ağ oluşturan oksitlerin en önemlileri ise SiO_2 , B_2O_3 VE P_2O_5 (Fosfor) dır.

2.7.1. Camın Yapısı

Katı madde olarak görünse de, teknik olarak sıvı halde bir maddedir. Sıvı maddelerin genel özelliklerinden olan viskozite, camda da bulunan bir özelliktir. Diğer bir deyişle cam akışkan bir maddedir. Ancak akış süresi o kadar hızlıdır ki bir insan bunu gözleyemez.

2.7.2. Camı Oluşturan Ana Maddeler

- 1) Eriticiler
- 2) Stabilizatörler
- 3) Yardımcı Bileşenler

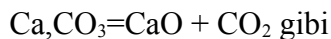
2.7.2.1. Eriticiler

Ağ oluşturan ve cam haline gelebilen oksitlerin erimelerini kolaylaştırmak amacıyla cam bileşimine katılan maddelere eriticiler denir. Bu maddeler camlaşıcıların erime sıcaklığını düşürerek onların erimelerini kolaylaştırır. Özellikle 1713°C' deki silisyumun erime derecesi 1500°C' ye düşer. Eriticiler ağ içine girerek onu değiştirdiği için eriticilere modifikatör de denmektedir. Eriticilerin başlıcaları Na₂O, K₂O, Li₂O dur.

2.7.2.2. Stabilizatörler (Sabitleştiriciler)

Stabilizatörler, camın kimyasal dayanımı, kırılma indisi, dielektrik özellikleri üzerinde etki yaparlar. Formülüne stabilizatör ilave edilmemiş bir cam su karşısında stabil özellik göstermez. Bu camlara su camı denilir. Stabilizatör olarak kullanılan maddelerin başlıcaları CaO, BaO, PbO, MgO ve ZnO dur.

CaO(CaCO₃), MgO ise (MgCO₃) cam formülüne katılması ile sağlanmış olur. Bu iki maddenin ısıtılması ile bünyelerindeki CO₂ çıkar ve geriye oksitler kalır.



2.7.2.3. Yardımcı Bileşenler (İkincil Bileşenler)

Bu Bileşenler genelde adi camın formülüne girmezler, ancak değişik cam türlerine değişik etkiler sağlamak üzere kullanılan oksitlerdir. Örneğin:

- *Mangan dioksit (MnO_2): Camın rengini açar.
- *Arsenik (As_2O_3): Renk verici, Saflaştırıcı
- *Sülfür(Na_2SO_4): Redükleyici
- *Potasyum nitrat (KNO_3): Camın saydamlığını giderir.

Biçimlendirme: Ana maddelerin hazırlanması ve retme evrelerinden sonra sıra dinlendirilmiş cam hamurunun biçimlendirilmesine gelir. Cam malzeme, sekiz yöntemle biçimlendirilir.

- a) Üfleme(Şişirme yöntemi)
- b) Dökme-Silindirme yöntemi
- c) Çekme Yöntemi
- d) Yüzdürme Yöntemi
- e) Presleme Yöntemi
- f) Lif haline Getirme Yöntemi
- g) Köpük Haline Getirme Yöntemi
- h) Diğer Biçimlendirme Yöntemleri

2.7.3. Cam Türleri

Soda klasik Camı

Dünyada üretilen camların %90 'ı soda klasik camıdır. Kolayca eritilebilir, ucuzdur fakat ısıl şoklara mukavemet ve kimyasal kararlılık gibi haller dışında her yerde kullanılabilir. Normal elektrik ampulü, flüoresan ampulleri, pencere camları v.b. malzemelerin üretiminde kullanılırlar. Yapısında % 5 oranında CaO vardır.

Kurşun Camı (Kristal Cam)

Soda klasik camında kirecin yerini PbO aldığında kurşun camı elde edilmiş olur. Yapısında %80 oranında bazı hallerde daha fazla kurşun oksit bulundurur. Kurşun oksit camın erime noktasını düşürerek yumuşama noktasını CaO' li camlarınkinin de altına düşürür. Ayrıca cama kolay işlenebilme, ışığı yansıtma ve yayma özelliği kazandırır. Kurşun oksit miktarının %80'i geçtiği cam türü gamma ve X ışınlarından korunmak amacıyla kullanılır. Oldukça pahalı cam olduğu için baryum oksitli cam kullanılır.

Borosilikat Camı

Borosilikat camlarının yüksek yumuşama noktası vardır. Buna rağmen, ısıl şoklara karşı büyük bir mukavemet sağlayan büyük bir genleşme katsayısı, su ve asitlere karşı çok iyi mukavemet göstermesi ve üstün elektriksel özellikleri vardır. Bu nedenlerden dolayı labuvatuar (teknik) cam olarak kullanılmaktadır. Mutfak eşyası, büyük boyutlu astronomik aynalar yapılmaktadır.

Alüminosilikat Camı

%20 den fazla alimün, az miktarda bor, bir miktar kireç ile çok az alkali içerirler. Ancak alkali bulunmadığı zaman camın eritilmesi ve işlenmesi zorlaşır. Yumuşama noktasının yüksek ve dilatasyon katsayısının küçük olması termometre, yanma tüpleri, alevle doğrudan temas edecek her türlü parçanın yapımında kullanılır.

Silisyum Camı(%96 SiO₂)

%96 oranının da silisyum içeren bu cam, presleme ve üfleme yöntemleri ile şekillendirme bu camlara uygulanır. Dilatasyon katsayısı küçüktür. Bu cam türü, çok saydam oluşu nedeniyle UV ışınlarını çok iyi geçirirler. Bu nedenle UV lambaları ile mikrop öldürücü özel lambaların yapımında kullanılır.

Silisyum Camı (%99 SiO₂)

Çok saf kuvars kumunun eritici madde olmadan eritilmesiyle elde edilir. Bu camın üretimi ve şekillendirilmesi çok yüksek sıcaklıkta (1750 °C 'de) olur. Bu nedenle üretilecek malzemelerin şekil ve boyutları sınırlı olmak zorundadır. Genleşme katsayısının küçük, yumuşama noktasının çok yüksek olması ve UV ışınlarının çok iyi geçirmesi gibi olumlu özellikleri vardır. Dielektrik özellikleri de iyidir. Ancak maliyetin yüksek oluşu nedeniyle elektroteknikteki uygulamaları sınırlıdır. Isıl şoklara karşı mukavemeti en yüksek camdır (<http://www.teknolojikarastirmalar.com/3%2Degitim/> -http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz/index.php?kategori_id=4&SORU_ID=2936).

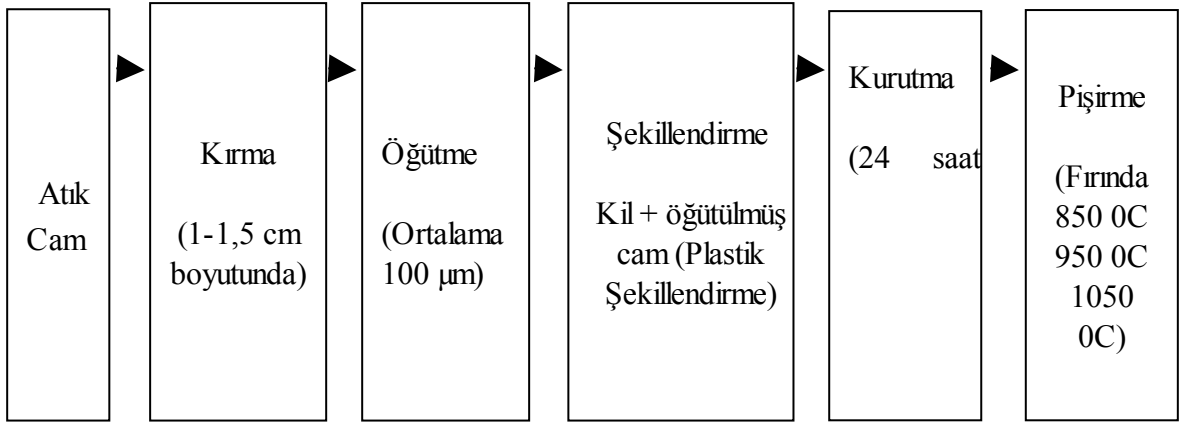
3. MATERYAL ve METOT

3.1. Kullanılan Malzemeler

Çalışmada Afyonkarahisar bölgesinden alınan tuğla kili ve tek sefer kullanılan atık cam şişe kullanılmıştır. Tuğla kilinin başlıca SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve CaO bileşiklerinden oluştuğu belirlenmiştir. Tuğla kilinde tuğla üretimi için zararlı olabilecek oranda bileşiğe rastlanmamıştır (Çiz. 3.1).

Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan tuğla kilinin kimyasal bileşimi.

SiO ₂	50.86
Al ₂ O ₃	20.80
Fe ₂ O ₃	7.08
CaO	3.62
MgO	1.98
SO ₃	1.27
K ₂ O	4.00
Na ₂ O	0.56
Kızdırma Kay.	8.76
Toplam	98.93



Şekil 3.1 Üretim akım şeması

3.2. Metot

3.2.1. Deney Örneklerinin Üretilmesi

Bu çalışmada Afyonkarahisar bölgesinde elde edilen tuğla kiline; A:%0 (kontrol serisi), B:%2.5, C:%5 ve D:%10 oranlarda öğütülmüş atık cam katılarak dört farklı karışım oluşturulmuştur. Karışımlar etüv kurusu haline getirilerek ve ağırlık esasına göre belirlenmiştir. Bunun için önce atık cam şişe laboratuvar tipi kırıcıda kırılarak parçalara ayrılmıştır. İri tane boyutundaki (10-15 mm) cam parçalar laboratuvar tipi bilyalı değirmende 100 µm boyutuna gelinceye kadar öğütülmüştür (Şekil 3.2). Öğütülmüş cam ve kilin homojen karışımını ağlamak için her karışım serisi bilyalı değirmende 15 dakika süre ile karıştırılarak homojenize edilmiştir.



(Şekil 3.2): Cam malzemenin öğütülmesinde ve karışımların homojenize edilmesinde kullanılan bilyeli değirmen.

Her bir serideki hammadde karışımlarına su katılarak elle yoğrulmuş ve istenen plastik yapıda bir kil hamuru niteliğine getirilmiştir. Her bir karışım hava almayacak şekilde poşetlenerek şekillendirilmeden önce 24 saat dinlendirmeye bırakılmıştır. Her bir karışım extruzyon yöntemine uygun olarak plastik kıvamda, çapı 25 mm olan silindirik kalıpta çap/boy oranı $\frac{1}{2}$ olacak biçimde şekillendirilmiştir. Her karışım serisinden 36 adet deney örneği üretilmiştir.



Şekil 3.3 Etüv

Şekillendirilen deney örnekleri uygun kaplara alındı ve güneş ile doğrudan temas etmeyecek kapalı ortamda 24 saat bekletildikten sonra etüve konularak değişmez ağırlığa kadar kurutulmuştur. Etüv kurusu haline getirilen örnekler 850 °C, 950 °C ve 1050 °C’ de olmak üzere üç farklı sıcaklıkta pişirilmiştir.

3.2.2. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Fiziksel özellikler belirlenirken; her bir sıcaklıkta pişirilen numune serileri için ayrı bir ölçüm yapılmış ve ilgili sıcaklıklar için ayrı ayrı hesaplamalar yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Her deney için farklı karışım oranları ve farklı sıcaklıklarda pişirilen örneklerden 6’şar adet deney numunesi kullanılmıştır. Elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak değerlendirilmiştir.

Deney örnekleri 24 saat boyunca su içerisinde tutularak suya doymun hale getirilmiştir. Örneklerin, etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulup kuru tartımları (W_1), suya doymun hale getirilen örneklerin sudaki asılı ağırlıkları (W_2), ve yüzey kuru haldeki

suya doygun ağırlıkları (W_3) hassas terazide tartılarak kaydedilmiştir. Pişmiş örneklerin; porozite, birim hacim ağırlık ve su emme gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir.

Malzemenin birim ağırlık veya hacminin emmiş olduğu su yüzdesi eşitlik (3.1)'de verildiği biçimde hesaplanır.

$$Sa = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 \quad (3.1)$$

Sa: Ağırlık olarak su emme

P_1 : Kuru ağırlığı (gr),

P_2 : Su emmiş ağırlığı (gr),

Malzemedeki açık gözeneklerin oranına porozite adı verilir ve aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$P = \frac{(W_3 - W_1)}{(W_3 - W_2)} \times 100 \quad (3.2)$$

P: Görünür porozite

W_1 : Numunenin etüv kuru ağırlığı (gr),

W_2 : Kaynatma ile suya doygun hale getirilmiş numunenin su içindeki asılı ağırlığı (gr),

W_3 : Kaynatma ile suya doygun hale getirilmiş numunenin havadaki ağırlığı (gr).

Malzemenin birim hacminin ağırlığı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$Bd = \frac{W_1}{(W_3 - W_2)} \quad (3.3)$$

Bd: Hacim ağırlığı (Bulk Yoğunluk)

W_1 : Numunenin etüv kuru ağırlığı (gr),

W_2 : Kaynatma ile suya doygun hale getirilmiş numunenin su içindeki asılı ağırlığı (gr),

W_3 : Kaynatma ile suya doygun hale getirilmiş numunenin havadaki ağırlığı (gr).

$$Gr.Y. = \frac{W_1}{(W_1 - W_2)} \quad (3.4)$$

W_1 : Numunenin etüv kuru ağırlığı (gr),

W_2 : Kaynatma ile suya doygun hale getirilmiş numunenin su içindeki asılı ağırlığı (gr),

W_3 : Kaynatma ile suya doygun hale getirilmiş numunenin havadaki ağırlığı (gr).

Pişmiş örneklerin basınç mukavemet değerleri 200 kN'luk bilgisayar kontrollü otomatik basınç presinde belirlenmiştir (Şekil 3.4). Her bir örnek serisinden 8 adet deney örneği kırılarak aritmetik ortalamaları alınmıştır. Basınç dayanımlarının hesaplanmasında eşitlik (3.5)'ten yararlanılmıştır.

$$fb = \frac{Pk}{Ao} \text{ xk (Kgf / cm}^2\text{)} \quad (3.5)$$

Burada;

Fb: Basınç mukavemeti(kgf/cm²)

A₀:Basınç uygulanan yüzün alanı (cm²)

Pk: Kırılma anındaki yük (kg)

k: Numunenin biçim katsayısı (k=1)



(Şekil 3.4 200 kN'luk bilgisayar kontrollü otomatik basınç presi.

4. BULGULAR

Tuğla kiline ağırlıkça %0; 2,5; 5 ve 10 oranında öğütülmüş cam katkı katılarak ve 850°C, 950°C ve 1050 °C sıcaklıklarda pişirilen deney örneklerini üzerinde bölüm 3'te verilen fiziksel ve mekanik testler yürütülmüştür. Bazı örneklerin mikro yapı incelemeleri SEM ile incelenmiştir. Elde edilen bulgular bu bölümde sunulmuştur.

4.1. Fiziksel Özellikler

4.1.1. Porozite Değerlerinin Belirlenmesi

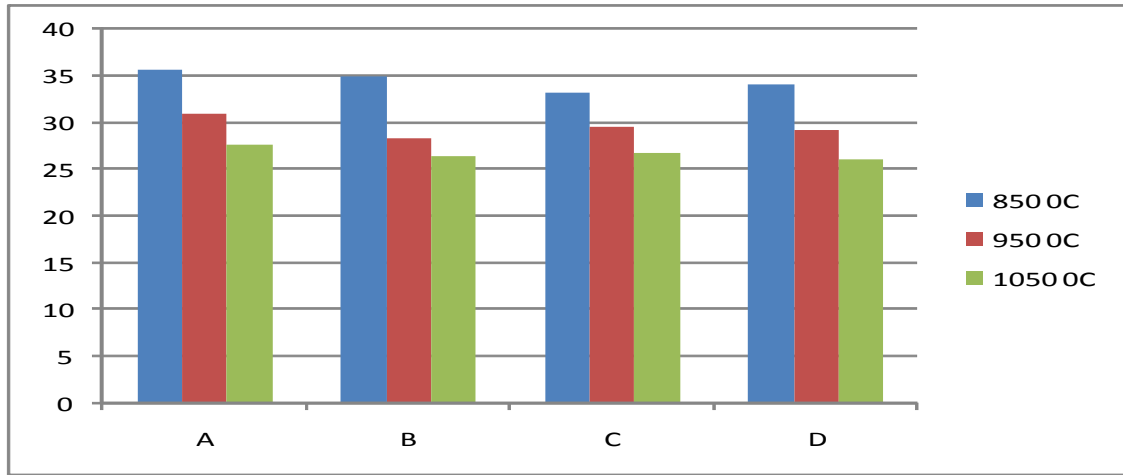
Porozite değerlerini etkileyen iki etken belirlenmiştir. Bunlar örneklerin pişirme sıcaklığı ve karışımdaki cam katkı oranıdır. Pişirme sıcaklığı arttıkça porozite değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Cam katkılı seramik üretiminde Tayvan'da yapılan çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir(Saula vd.2006). Başlangıç sıcaklığında (850 °C) porozitenin yüksek değerlerde olması pişmiş bünyede yeterli sinterlenmenin gerçekleşmediğinden kaynaklanmaktadır (Şekil 4.5). Porozite değeri 850

$^{\circ}\text{C}$ 'de %35,71 ile %33,27 arasında iken 1050°C 'de %27,7 ile %26,16 arasında değişen değerlerde elde edilmiştir (Çizelge 4.1). Buna göre pişirme sıcaklığının artması bünyedeki camsı faz miktarını artırmıştır (Şekil 4.6). İkinci etken genel olarak cam katkı oranı arttıkça porozite değerlerinde azalma meydana gelmiştir (Çizelge 4.1).

Kil bünyeye ilave edilen göre öğütölmüş cam katkı örneklerin camsı faz miktarını artırarak daha yoğun bir bünye oluşturmuştur (Şekil 4.7). Bünyenin sinterleme derecesini düşürmüştür (Romero 2000; Karamanova vd. 2009; Gündüz vd. 2009)

Çizelge 4.1 Karışımların Porozite Değerleri.

Sıcaklık	A	B	C	D
850°C	35,71	35,002	33,27	34,17
950°C	30,9	28,3	29,58	29,21
1050°C	27,7	26,4	26,77	26,16



Şekil 4.1 Karışımların Porozite Değerleri.

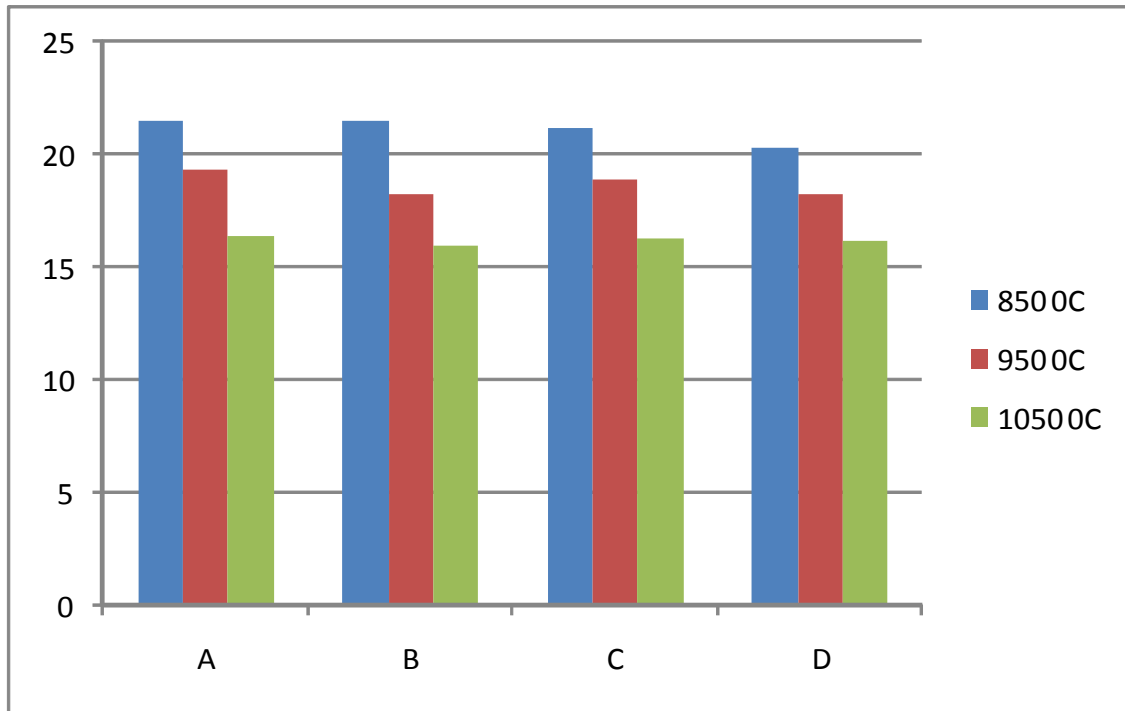
4.1.2. Su Emme Değerleri

Ağırlıkça su emme değerleri porozitenin bir fonksiyonudur. Örneklerin su emme değerleri düşük pişirme sıcaklık derecelerinde daha yüksek değerlerde gerçekleşmiştir. Buna göre en yüksek su emme değerleri 850°C 'de gerçekleşmiştir (%21,55). Buna karşı pişirme sıcaklığının artması ile birlikte su emme değerlerinde azalma gerçekleşmiştir. Saulo vd. 2006; Katkısız seride (A) 1050°C 'de % 16,42 değeri elde edilmiştir. Su emme değerlerini etkileyen ikinci etken ise karışıma giren cam katkıdır. Cam katkı su emme değerlerini azaltıcı etki yapmıştır, literatürdeki benzer çalışmalarla uyum sağlamıştır (Romero vd. 2000).

En düşük su emme değeri 1050 °C’de %10 Cam katkılı seride (D) %16,16 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Atık cam katkı oranı %10 olan ve 1050 C’de pişen örneklerde daha az porozite ve daha fazla camsı yapı geliştiği gözlenmiştir (Şekil 4.7).

Çizelge 4.2 Karışımların Su Emme Değerleri.

Sıcaklık	A	B	C	D
850 °C	21,51	21,55	21,24	20,28
950 °C	19,402	18,253	18,953	18,313
1050 °C	16,42	15,94	16,29	16,16



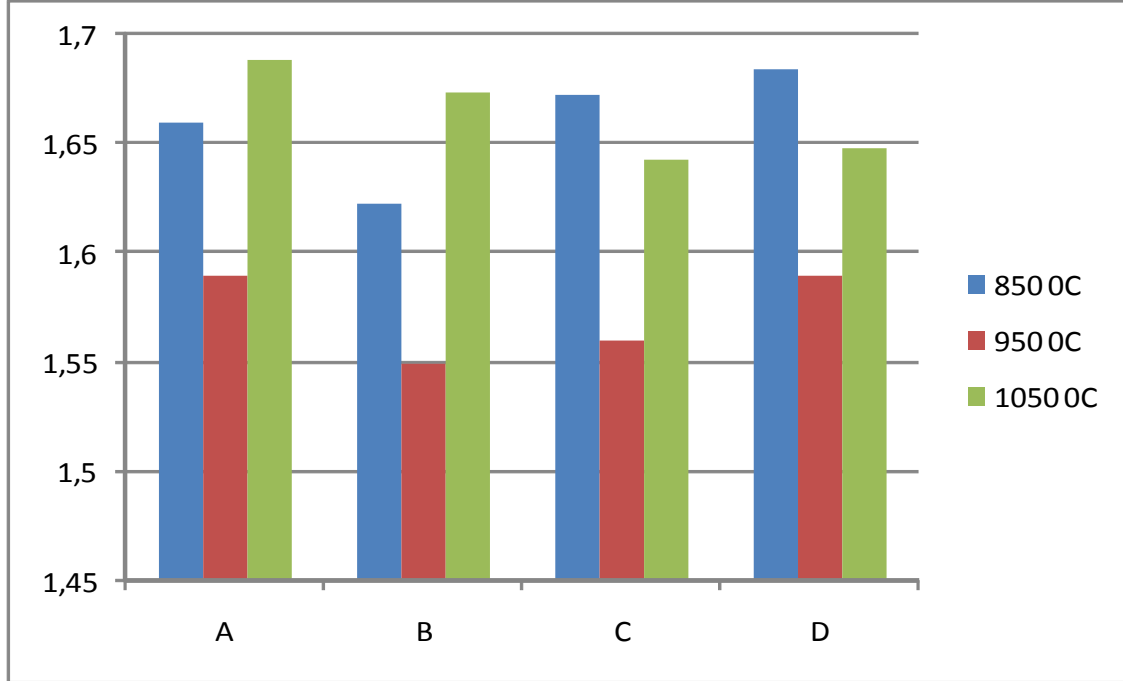
Şekil 4.2 Karışımların Su Emme Değerleri.

4.1.3. Birim Hacim Ağırlık (BHA) Değerleri

BHA değerleri sıcaklığın düşük olduğu 850 °C’de 1,68- 1,66 gr/cm³ değerlerinde gerçekleşmiştir. Pişirme sıcaklığının artması ile birlikte BHA değerlerinde artış gerçekleşmiştir. Aynı sıcaklık dereceleri için cam katkılı örneklerde daha yüksek BHA değerleri elde edilmiştir (Barbieri vd. 2000).

Çizelge 4.3 Karışımların Birim Hacim Ağırlık Değerleri.

Sıcaklık	A	B	C	D
850 °C	1.660	1.623	1.672	1.684
950 °C	1.590	1.550	1.560	1.59
1050 °C	1.688	1.674	1.643	1.648



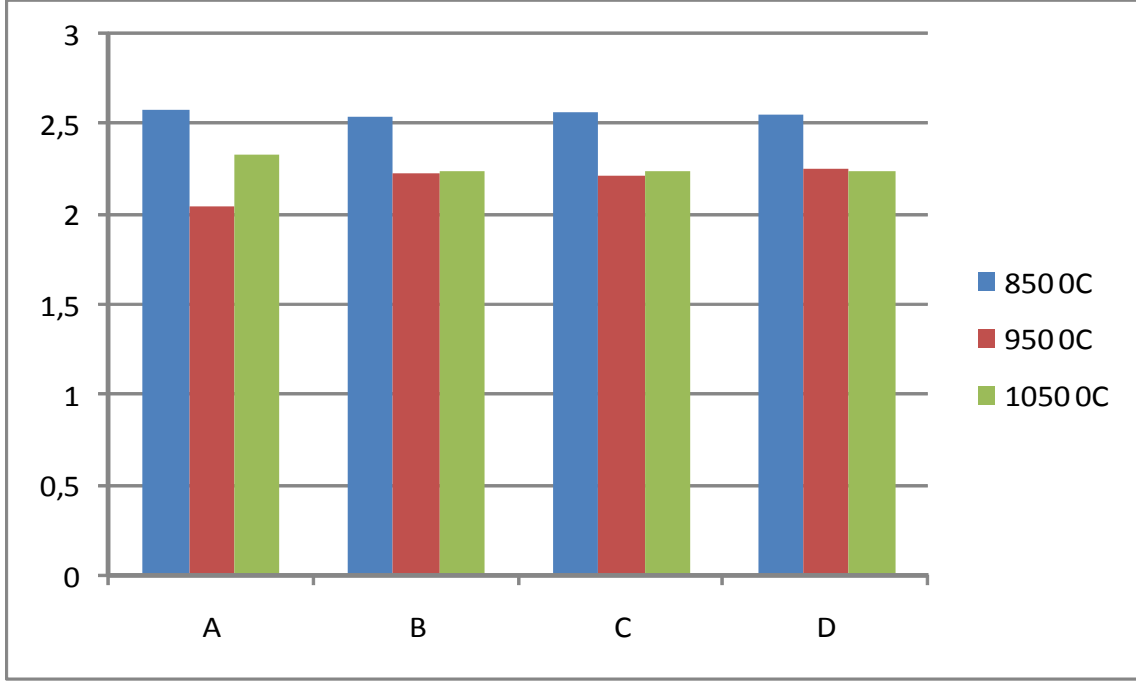
Şekil 4.3 Karışımların Birim Hacim Ağırlık Değerleri.

4.1.4. Görünür Yoğunluk Değerleri

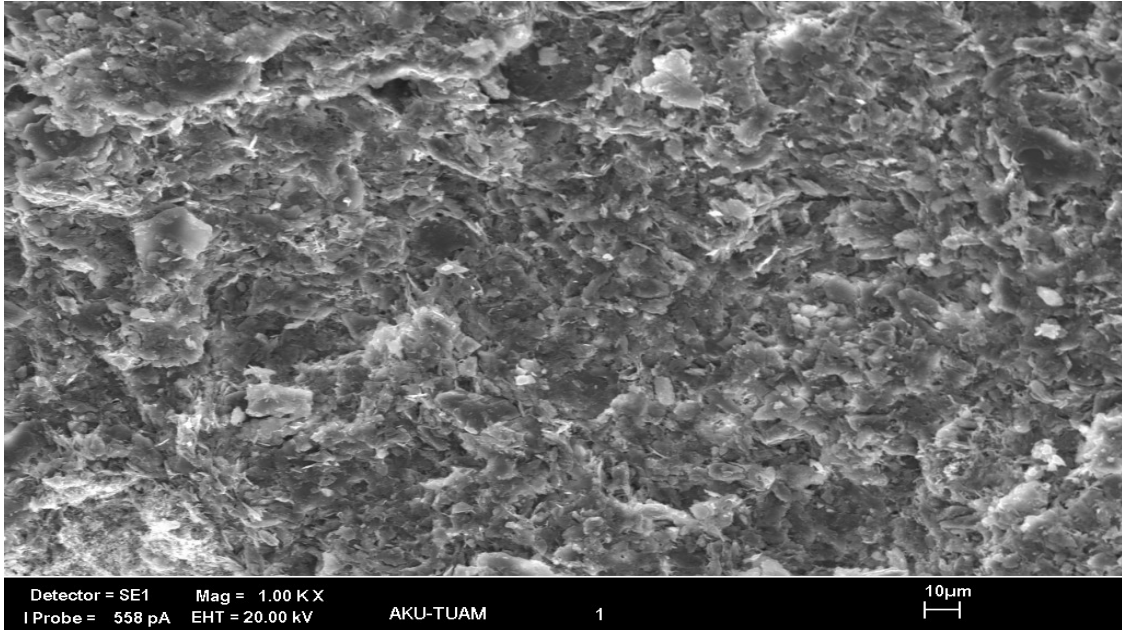
Görünür yoğunluk değerleri düşük sıcaklık derecelerinde 2,58-2,549 gr/cm³ olarak gerçekleşmiştir. Buna karşılık pişirme sıcaklığının artması ve karışıma giren cam katkı görünür yoğunluk değerlerini azaltmıştır. Görünür yoğunluk değerlerinin azalmasında düşük sıcaklıklarda mevcut olan açık gözeneklerin sıcaklık artışı ve cam katkısı ile yüksek sıcaklıklarda açık gözeneklerin kısmen kapanarak bünyede daha çok kapalı gözenek hacmini oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum örneklerin SEM görüntülerinden de anlaşılabilir.

Çizelge 4.4 Karışımların Görünür Yoğunluk Değerleri.

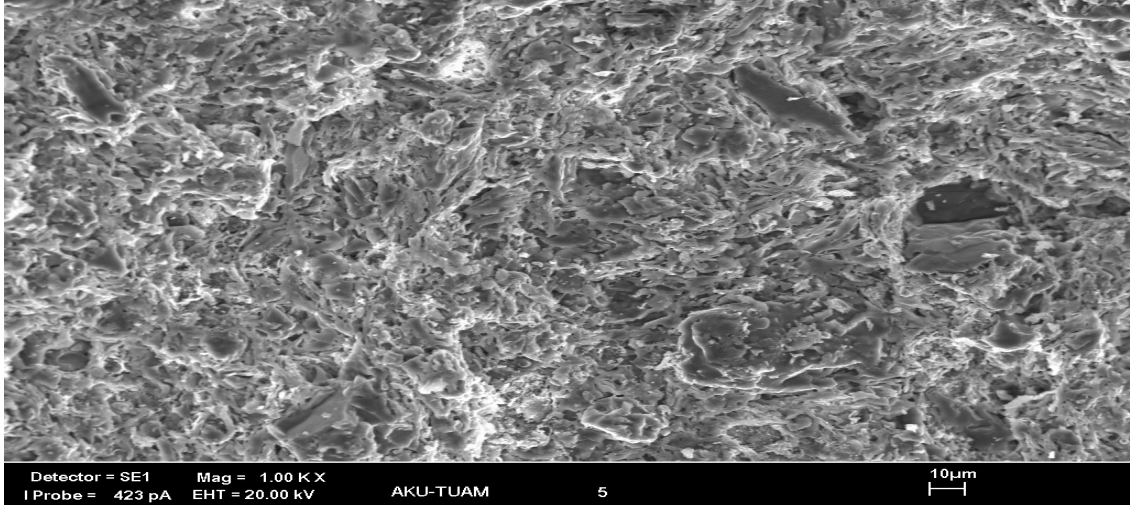
Sıcaklık	A	B	C	D
850 °C	2,580	2,549	2,564	2,558
950 °C	2,05	2,23	2,216	2,253
1050 °C	2,335	2,25	2,244	2,247



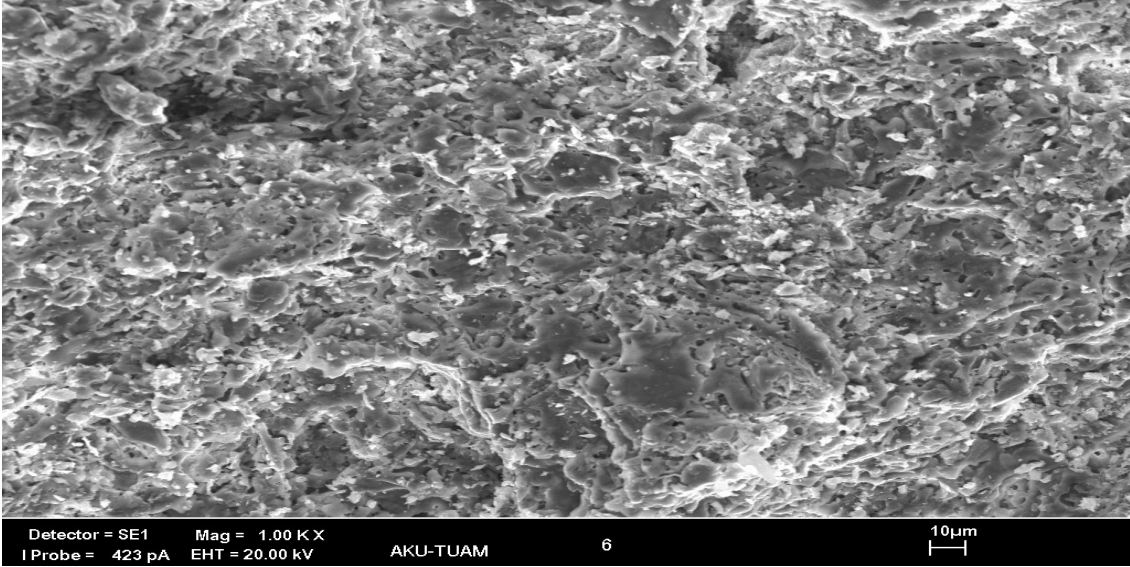
Şekil 4.4 Karışımların Görünür Yoğunluk Değerleri.



Şekil 4.5. 850 °C Pişen %100 kil numunenin SEM görüntüsü (sinterleme henüz başlangıç aşamasında).



Şekil 4.6 1050 °C Pişen (%100 kil) numunenin SEM görüntüsü (camsı yapı artarak açık gözenek miktarında azalma gerçekleşmiştir).



Şekil 4.7 1050 °C Pişen D serisi örneğin (%90 kil+%10 cam katkı) SEM görüntüsü (camsı yapıda artma, gözenek yapısında küçülme ve daha kompakt bir bünye oluşmuştur).

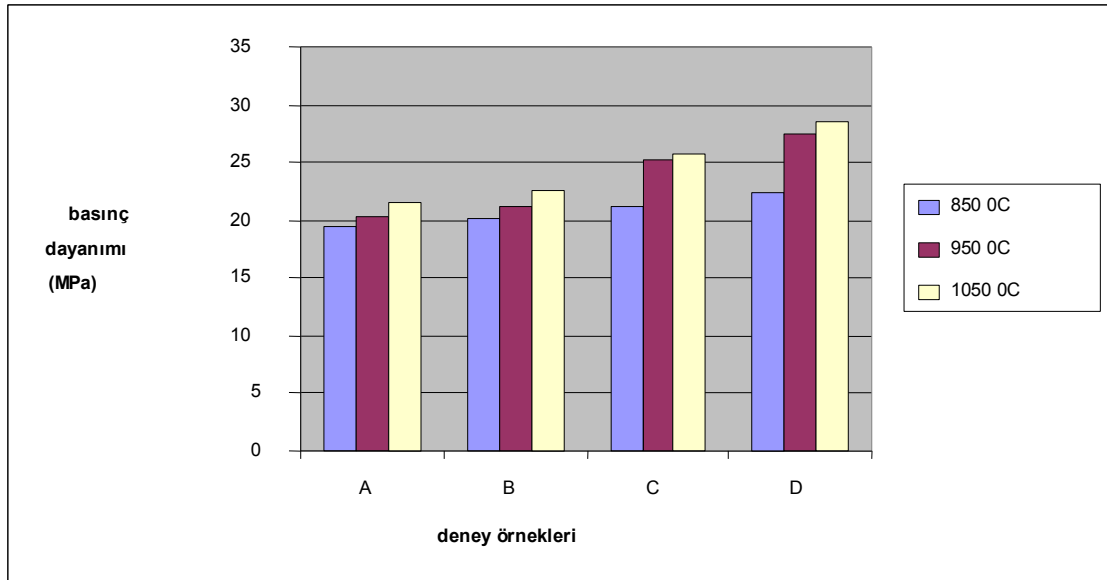
4.2. Mekanik Özellikler

4.2.1. Basınç Dayanımı Değerleri (MPa)

Örneklerin basınç dayanımı değerleri Çizelge 4.9’te verilmiştir. Buna göre basınç mukavemeti değerlerinde pişirme sıcaklık derecesi ve cam katkı etken olmuştur. Katkısız serilerde başlangıç sıcaklık derecesinde (850 °C) 19,42; 20,37; 21,46 kgf/cm² basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir. Buna karşı farklı pişirme sıcaklıkları için %10 cam katkılı örneklerde (D) basınç dayanımı değerleri çarpıcı biçimde artmıştır. Buna göre 850, 950 ve 1050 °C pişirme sıcaklığı sırası ile 22,33, 27,56 ve 28,61 kgf/cm² basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir. Bu artışa cam katkının mikro yapıda daha düşük porozite ve daha yüksek camsı faz oluşumu sağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.5 Karışımların Basınç Dayanımı Değerleri.

Sıcaklık	A	B	C	D
850 °C	19,42	20,16	21,13	22,33
950 °C	21,46	21,15	25,13	27,56
1050 °C	20,37	22,52	25,68	28,61



Şekil 4.8 Karışımların Basınç Dayanımı Değerleri

5. SONUÇLAR

Çalışmadan elde edilen sonuçlar bu bölümde sunulmuştur.

- Öğütülmüş cam katkı deney örneklerinin pişme sıcaklıklarını düşürerek sinterleme özelliklerine olumlu etki yapmıştır.
- Tuğla kiline ilave edilen öğütülmüş cam katkı pişmiş örneklerin porozite ve buna bağlı olarak su emme değerlerini azaltıcı etki yapmıştır.
- Pişmiş örneklerin birim hacim ağırlık değerleri katkısız örneklere göre cam katkılı örneklerde nispeten artış göstermiştir.
- Atık cam katkılı örneklerin basınç dayanımları katkısız örneklere göre çarpıcı biçimde artmıştır.
- Örneklerin basınç dayanımı değerleri pişirme sıcaklığına bağlı olarak artış göstermiş olup 950 °C uygun pişirme sıcaklığı olarak belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

ACARSOY, A., 1983, “Seramik Teknolojisi”, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Yayını, sy 12-136, İstanbul.

AKINCI, Ö., (1968)., “Seramik Killeri ve Jeolojisi”., Maden Teknik Atama Enstitüsü, Ankara.

AKTÜRK, A. ve Diğerleri, (1978)., “Endüstriyel Hammaddeler”., M.T.A. Yay., Ankara.

CHRISTIAN LÜDEMANN, Subjective Expected Utility, Thresholds, and Recycling, *Environment and Behavior*, Sep 1999; vol. 31: pp. 613 – 629.

ÇÖREZ S., (2002)., “Tuğla”., S:D:Ü: Meslek Yüksek Okulu İnşaat Bölümü., Isparta

D.P.T., 216-Ö.İ.K., 623., (2001)., “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Toprak Sanayii Hammaddeleri 2 (Refrakter Killer ve Şiferton-Manyezit-Dolomit-Olivin-Zirkon-Disten, Sillimanit, Andaluzit) Çalışma Grubu Raporu”., 1s-23s., Ankara.

DEMİR, İ., 1995, “Afyon Çobanlar Bölgesi Killerinin Tuğla Yapımına Uygunluğunun Araştırılması”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Bl., Ankara.

DEMİR, İ., Başpınar, S., 2003, “Ahşap Talaş Tozu Katkının Hafif Yapı Tuğlası Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması”, III. Uluslararası Pişmiş Toprak

Sempozyumu, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, sy 354-359, Eskişehir.

DEMİR, İ., ORHAN, M., (2002), “Bor Atıklarının Yapı Malzemesi Üretiminde Değerlendirilmesi”., A.K.Ü., Tek. Eğit. Fak., Yapı Eğit. Böl., Afyonkarahisar.

DOĞAN, Ş., 1993, “Açıklamalı Seramik Teknolojisi”, Birsen Yayınevi, sy 1-143.D.P.T., 216-Ö.İ.K., 623., (2001)., “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Toprak Sanayii Hammaddeleri 2 (Refrakter Killer ve Şiferton-Manyezit-Dolomit-Olivin-Zirkon-Disten, Sillimanit, Andaluzit) Çalışma Grubu Raporu”., 1s–23s., Ankara.

DÖKMEN, L., 1997, “Salihli ve Turgutlu’dan alınan Tuğla- Kiremit Hammaddelerine Uygulanan Analizler ve Sonuçları”, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

EMİLİA KARAMANOVA and ALEXANDER KARAMANOV, Glass-ceramic frits from fly ash in terracotta production, *Waste Management & Research*, Feb 2009; vol. 27: pp. 87 - 92.

EVCİN, A., Demir,İ., 2001, “Afyon Tuğla Killerinin Optimum Pişme Parametrelerinin Belirlenmesi”, I. Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Seramik Mühendisliği Bölümü- Yapı Öğretmenliği Bölümü, sy 152-158, Eskişehir.

KAVAS, K., EMRULLAHOĞLU, Ö.F., (1999)., “Seydişehir Kırmızı Çamuru ve Kırka Bor Atıklarının Endüstriyel Hammadde Olarak Kullanımı”., Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu., TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası., 216s-225s., İzmir.

KİBİCİ, Y., 2002 , “ Seramik Hammaddeleri ve Teknolojik Özellikleri”, Afyon.

KİBİCİ, Y., (2005)., “Seramik Hammaddeleri ve Teknolojik Özellikleri”., III. Uluslararası katılımlı seramik, cam, emaye, sır ve boya semineri, 17s - 27s, 17-19 Ekim, Eskişehir.

KURŞUN, İ., İpekoğlu, B., 1995, “Türkiye Kuvars Kumu Potansiyeline Genel Bir Bakış”, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İstanbul Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, sy 169-173, İzmir.

KUŞÇU, M., (1991)., “Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller Ders Notları”., Akdeniz Üniv. Fen Bil. Enst. Yay, No: 2,178 syf. Isparta.

KÖKTÜRK, U., 1993, “Endüstriyel Hammaddeler”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Yayın No. 205, sy 250-266, İzmir.

L. BARBIERİ, A. Corradi, I. Lancellotti, Bulk and sintered glassceramics by recycling municipal incinerator bottom ash, Journal of the European Ceramic Society 20 (2000) 1637–1643.

MAROTTA, T. W., (2005)., “Basic Construction Materials”., Pearson Prentice Hall, 7th ed., ISBN 0-13-143387-3.

M. ROMERO, R.D. Rawlings, J.Ma. Rinco´ n, Crystal nucleation and growth in glasses from inorganic wastes from urban incineration, Journal of Non-Crystalline Solids 271 (2000) 106–118.

OKYAY, U. S., YILDIZ, A., (2005)., “Endüstriyel Hammaddeler ve Çimento Hammaddeleri”., İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü.,5s., İstanbul.

O. GÜNDÜZ, Z. Ahmad, N. Ekren, S. Agathopoulos, S. Salman, and F.N. Otkar, Reinforcing of Biologically Derived Apatite with Commercial Inert Glass, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, Jul 2009; vol. 22: pp. 407 - 419.

PİMRAKSA K., Wilhelm M. , Wruss W., 2000, “A new approach to the production of bricks made of 100% fly ash, *Tile and Brick Int.*”, V.16, no.6, pp 428-432.

SAULO R. BRAGANÇA, Juliane Vicenzi, Kareline Guerino and Carlos P. Bergmann, Recycling of iron foundry sand and glass waste as raw material for production of whiteware, *Waste Manag Res* 2006; 24; 60

SARA OJEDA-BENÍTEZ, Carolina Armijo de Vega and Ma. Elizabeth Ramírez-Barreto, The potential for recycling household waste: a case study from Mexicali, Mexico, *Environment and Urbanization* 2000; 12; 163

SÖNMEZ, E., Yorulmaz, S., 1995, “Kırka Boraks İşletmesi Artık Killerinin Tuğla Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Osmangazi Üniversitesi, Müh. Mim. Fak.- Maden Mühendisliği Bölümü, s 163-167, İzmir.

ŞİŞMAN, C. B., KOCAMAN, İ., GEZER, E., (2006)., “Tekirdağ yöresinde üretilen ve tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılan tuğlanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bir araştırma”. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 3 (1).

TANAÇAN, L., 2000, “Genleşmiş Perlit, Cam Tozu ve Bor Bileşikli Katkıların Hafif Duvar Tuğlası Üretimindeki Etkilerinin Araştırılması”, Tuğla ve Kiremit Endüstrisi Dergisi, Yıl:1, Sayı: 2, s 48-56.

TOYDEMİR, N., 1978, “Pişmiş Toprak Yapı Malzemesinin Rasyonel Üretim kaynaklarının Araştırılması”, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.

YILDIZ, A., (1999)., “Seramik Killeri ve Özellikleri”., S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Yatakları ve Jeokimya Anabilim Dalı Doktora Programı., 1s-30s. Isparta.

YILMAZ, S. G., 1994, “Killerinin Jeokimyasal Mineralojik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

İnternet Kaynakları

1-http://ciftci.ksu.edu.tr/dokumanlar/tugla_kiremit_topragi.html., 28/10 /2006.

2-<http://tr.wikipedia.org/wiki/Kil>., 16.05.2006

3-<http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/oik491/>., 28/10/2006.

4-http://www.kilsan.com/topragin_dansi.htm., 16.05.2006.

5-http://www.harunyuksel.com.tr/tugla_hakkinda.htm., 12/03/2007.

6-http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/c4ea5258ef3fb3f_ek.pdf 4/09/2008

7-http://www.etimaden.gov.tr/tr/0_sayfa_ortakSayfa.asp?hangisayfa=4_sayfa_a_5_8, 21.05.2008.

8-<http://www.teknolojikarastirmalar.com/3%2Degitim/>

9-http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_etikleriniz/index.php?kategori_id=4&soru_id=2936

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı Hatice KİBAR(YILDIRIM)
Doğum Yeri Manisa/KIRKAĞAÇ
Doğum Tarihi 08.01.1983
Medeni Hali Evli
Yabancı Dili İngilizce
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise Manisa/Kırkağaç İmam Hatip Lisesi 1995- 1999.
Lisans Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı
Eğitimi Bölümü 2000- 2004.
Yüksek Lisans Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı
Eğitimi Ana Bilim Dalı 2009.
Çalıştığı Kurumlar ve Yıl aralığı
Özel Şirketler 2004- 2009 tarihleri arasında alanım dışında özel yurtlarda müdür
olarak çalıştım.