



**T.C**  
**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**KONYA BÖLGESİNDE ÜRETİLEN YIĞMA VE KARKAS DUVAR  
TUĞLALARININ İLGİLİ STANDARTLARA UYGUNLUĞUNUN DENEYSEL  
OLARAK ARAŞTIRILMASI**

**ATİLA ŞAHMAN**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MART-2015**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Atila ŞAHMAN tarafından hazırlanan "KONYA BÖLGESİNDE ÜRETİLEN YIĞMA VE KARKAS DUVAR TUĞLALARININ İLGİLİ STANDARTLARA UYGUNLUĞUNUN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI" adlı tez çalışması 27/03/2015 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Danışman

Doç.Dr.Hicran Açık

#### Üye

Yrd.Doç.Dr.Arife Akın

#### Üye

Yrd.Doç.Dr. Nebi Özdöner

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Aşır GENÇ  
FBE Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

ATİLA ŞAHMAN  
Tarih: 09.03.2015

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# KONYA BÖLGESİNDE ÜRETİLEN YIĞMA VE KARKAS DUVAR TUĞLALARININ İLGİLİ STANDARTLARA UYGUNLUĞUNUN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Atila ŞAHMAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hicran Açık

2015, 80 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Hicran Açık  
Yrd. Doç. Dr. Arife AKIN  
Yrd. Doç. Dr. Nebi ÖZDÖNER

Çevre koşullarına karşı güçlü olma isteği, insanoğlunu çeşitli arayışlar yapmaya itmiştir. Bu sayede kil ve suyun buluşması ve ateşle reaksiyonu, pişmiş tuğlanın doğuşunu oluşturmuştur. İnsanoğlu önce pişmiş kili çanak çömlek gibi ihtiyaçlarında kullanmış, bu konuda ciddi atılımlar yapmıştır. Buradaki gözlem ve deneyimini pişmiş tuğlalara taşımış ve bugüne kadar gelen tuğla isimli ürün ortaya çıkarmıştır.

Binalarda mekanları birbirinden ayırma özelliklerinin yanı sıra, tuğla duvarların karkas ve yığma yapı türleri için üstlendikleri başka görevler de vardır. Karkas yapılar için tuğla duvarların, yukarıda belirtilen görevlerinin yanında, deprem esnasında binanın salınım periyodunu düşürmek, olası bir depremde can ve mal kaybını en aza indirmek ve dış duvarlar için binayı atmosferik ve dış etkenlerden korumak gibi görevleri de vardır. Yığma yapılarda da bunlara ek olarak tuğla duvarlar, binanın taşıyıcı sistemini oluşturmaktadır. Hem yığma hem de karkas tipi yapılarda, tuğla duvarları oluşturan kil kagir birimlerin yukarıda sayılan fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için, fiziksel ve mekanik özelliklerinin ilgili standartlardaki kriterlere uygunluğu son derece önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, Konya bölgesinde üretilen ve dört ayrı firmaya ait olan (8,5cm x 19cm x 19cm), (13,5cm x 19cm x 19cm), (13,5cm x 19cm x 29cm) anma boyutlarında olan numune takımlarının her birinden ikişer adet kil kagir birim numune kullanılmıştır. Bu numune takımları üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılarak elde edilen sayısal değerler ilgili standartlarca öngörülen kriterlerle karşılaştırılmış, standartlarda belirtilmeyen değerler için üretici firmaların beyanları dikkate alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kil, Kil Kagir Birim, Numune Takımı, Üretici Beyanı, Mekanik ve Fiziksel Deneyler

## **ABSTRACT**

**MS**

### **EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE APPROPRIATENESS OF THE MASONRY AND CARCASS WALL BRICKS PRODUCED IN KONYA REGION TO THE RELATED STANDARDS**

**Atila ŞAHMAN**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES CIVIL  
ENGINEERING DEPARTMENT SELÇUK UNIVERSITY  
THE OF MASTER OF SCIENCE**

**Advisor: Assoc. Dr. Hicran AÇIKEL**

**2015, 80 Pages**

**Jury**

**Assoc. Prof. Dr. Hicran AÇIKEL**

**Asst. Prof. Dr. Arife AKIN**

**Asst. Prof. Nebi ÖZDÖNER**

The demand of becoming powerful against environmental conditions caused people to perform many various researches on this subject. Thereby, the combination of clay with water and reacting with fire constituted the formation of fired brick. At first, the human beings have used fired clay to produce pot, bowl, etc. and presented serious advances in such productions. As a result of observations and experiences on fired brick, today's brick production was formed.

Besides dividing the spaces in the buildings, the brick walls have some other functions for reinforced concrete and masonry structures. For reinforced concrete buildings, the brick walls have functionality in terms of decreasing the oscillation period of the building during an earthquake, reducing the goods and life losses during a possible earthquake and protecting the building from atmospheric and external harmful effects. For masonry buildings, the brick walls form the load bearing system of the buildings besides the aforementioned functions. In order to fulfill these functions properly, the appropriateness of the physical and mechanical properties of the clay units forming the brick walls to the related standards' criteria has great importance.

In this study, the bricks produced in (8.5cm x 19cm x 19cm), (13.5cm x 19cm x 19cm), (13.5cm x 19cm x 29cm) dimensions in Konya and belonging to four different companies were tested using two specimens for each brick type by applying mechanical and physical tests on the specimens, and the obtained results were compared with the criteria prescribed in the related standards. For the values not defined in the standards, the declarations of the producers were taken into consideration.

**Key Words:** Clay, Clay Masonry Unit, Specimen Team, Producer's Declaration, Mechanical and Physical Experiments

## ÖNSÖZ

Tez konumun seçiminde ve deneysel çalışmalarında benden desteğini esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Hicran Açıkkel'e, laboratuvarında deneysel çalışmalarım boyunca, bilgi ve becerilerini benimle paylaşan Sayın Yüksel Çiftçi'ye ve deney numunelerinin laboratuvara taşınmasında yaptıkları katkılardan dolayı Dikiciler İnşaat A.Ş. çalışanlarına, özellikle Şefik Dikici'ye çok teşekkür ederim.

Her zaman maddi ve manevi desteklerini hissettiğim aileme de sonsuz teşekkürler.

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vi</b>
<b>SEMBOLLER</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>4</b>
<b>3. TUĞLA</b> .....	<b>6</b>
3.1. Tuğla Yapımına Uygun Hammaddeler .....	6
3.1.1. Killerde bulunan yararlı ve zararlı maddeler .....	6
3.1.2. Katkı Maddeleri .....	7
3.2. Tuğla Hammaddelerinin Geçirdiği İmalat Aşamaları.....	8
3.3. Fabrika Yapısı Duvar Tuğlaları .....	9
3.3.1. Fabrika tuğlalarına ait bazı tarifler .....	9
3.3.2. Sınıflandırma.....	10
3.3.2.1. Tipler .....	10
3.3.2.2. Türler.....	10
3.3.3. Tuğla boyutları.....	10
3.4. Tuğlanın üstünlükleri .....	12
3.5. Tuğla ve Standartlar .....	14
3.6. Enerji sakınımı ve sağlık yönünden tuğla.....	16
3.6.1. Isı sakınımı ve ısı yalıtımında tuğla .....	17
3.7. Tuğlanın kullanılabilirliğinin şantiyede testlerle tespit edilmesi.....	18
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>19</b>
4.1. Materyal .....	19
4.2. Yöntem.....	19
<b>5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>20</b>

5.1. Döşeme Yüzlerinin Düzlemsel Paralelliğinin Ölçülmesi.....	20
5.3. Konfigürasyon Deneyi .....	24
5.3.1. Deney konusu olan üç tip tuğlaya ait kagir birimlerin tasarlanarak oluşturulmuş boşluklarının toplam hacminin, kagir birimin brüt hacmine (uzunluk x genişlik x yükseklik)yüzdece oranının tespit edilmesi .....	24
5.3.2. Kagir birimlerdeki kavrama deliklerinin toplam hacminin kagir birimin brüt hacmine (uzunluk x genişlik x yükseklik) yüzdece oranı .....	26
5.3.3. Tasarlanarak oluşturulmuş bütün boşluklardan en büyüğünün aynı kagir birimin brüt hacmine (uzunluk x genişlik x yükseklik) yüzdece oranı .....	26
5.3.4. Bir döşeme yüzündeki boşluk alanlarının kagir birimin döşeme yüzeyinin alanına (yüzdece) oranı .....	28
5.3.5. Kil kagir birimlerin döşeme yüzüne göre enine ve boyuna yönde iç ve dış cidar kalınlıkları.....	30
5.4. Kagir birimlerin döşeme yüzüne göre boyuna yöndeki dış ve iç et kalınlıkları toplamının kagir birimin döşeme yüzüne göre genişliğine (yüzdece) oranı.....	34
5.5. Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm), (13,5cm x 19cm x 19 cm) ve (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimlerin döşeme yüzüne göre enine yöndeki iç ve dış et kalınlıkları toplamının kagir birimlerin uzunluğuna oranının (yüzdece) hesaplanması .....	36
5.6. Kil Kagir Birimlerin Net Hacmi ve Boşluk Yüzdesinin Su İçerisinde Tartma Metoduyla Tayini .....	38
5.7. Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm), (13,5cm x 19cm x 19cm) ve (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimlerin su emme miktarlarının tayini .....	42
5.8. Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm), (13,5cm x 19cm x 19cm) ve (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimlerin boşluk hacmi ve yüzdesi ile net hacimlerinin kum doldurma metoduyla tayini.....	45
5.9. Kil Kagir Birimlerin Net ve Brüt Kuru Yoğunluklarının Tayini.....	48
5.11. Döşeme Yüzlerinin Düzlüğünün Tayini Deneyi .....	58
<b>6. SONUÇ .....</b>	<b>60</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>64</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>65</b>

## SEMBOLLER

- $f_b$**  : Kagir birimin standartlaştırılmış basınç dayanımı ( $N/mm^2$ )  
 **$d$**  : Şekil faktörü çarpanı  
 **$P_k$**  : Basınç deneyindeki numunenin kırılma yükü (N)  
 **$A_0$**  : Basınç dayanımı deneyinde numunenin yük uygulanan alanı ( $mm^2$ )  
 **$M_{wu}$**  : Suya doymun haldeki numunenin su içerisindeki görünür kütlesi (g)  
 **$M_{au}$**  : Suya doymun haldeki kütlenin havadaki kütlesi (g)  
 **$I_u$**  : Numunenin uzunluğu (mm)  
 **$W_u$**  : Numunenin genişliği (mm)  
 **$h_u$**  : Numunenin yüksekliği (mm)  
 **$V_{gu}$**  : Numunenin brüt hacmi ( $mm^3$ )  
 **$V_{vu}$**  : Numune içerisindeki boşlukları hacmi ( $mm^3$ )  
 **$V_{nu}$**  : Numunenin net hacmi ( $mm^3$ )  
 **$\rho_w$**  : Su yoğunluğu ( $g/mm^3$ )(yaklaşık  $0,001 g/mm^3$ )  
 **$W_s$**  : Numunenin su emmesi (%)  
 **$m_d$**  : Numunenin kuru durumdaki kütlesi (g)  
 **$m_s$**  : Numunenin doymun durumdaki kütlesi (g)  
 **$V_{s,u}$**  : Numunenin boşluk hacmi ( $mm^3$ )  
 **$m_{o,u}$**  : Kagir birimin kurutma öncesindeki kütlesi (g)  
 **$m_{dry,u}$**  : Kagir birim numunenin değişmez kütleye kadar kurtulması sonrası kütlesi (g)  
 **$\rho_{n,u}$**  : Kagir birimin kuru net yoğunluğu ( $kg/m^3$ )  
 **$\rho_{g,u}$**  : Kagir birimin kuru brüt yoğunluğu ( $kg/m^3$ )

## 1. GİRİŞ

Çevre koşullarına karşı güçlü olma isteği, insanoğlunu çeşitli arayışlar yapmaya itmiştir. Bu sayede kil ve suyun buluşması ve ateşle reaksiyonu, pişmiş tuğlanın doğuşunu oluşturmuştur. İnsanoğlu önce pişmiş kili çanak çömlek gibi ihtiyaçlarında kullanmış, bu konuda ciddi atılımlar yapmıştır. Buradaki gözlem ve deneyimini pişmiş tuğlalara taşımış ve bugüne kadar gelen tuğla isimli ürün ortaya çıkmıştır (Anonim).

Anadolu'ya bakıldığında tarih kitapları, Anadolu'da pişmiş tuğlanın endüstriyel anlamda üretim ve kullanımının M.Ö.4. yüzyılda Lidyalılar tarafından başlatıldığını yazmaktadırlar. Bu dönem, Babil kulesinin yapımı ile hemen hemen aynı döneme rast gelmektedir. Lidya'nın başkenti Sardes'in duvarlarında hala ayakta duran tuğlaların, Anadolu'da sistemli olarak kullanılan ilk tuğlalar olduğu bilinmektedir. Tuğla Anadolu'da Yunanlılardan sonra Bizanslıların katkılarıyla gelişmiştir. Daha sonra Selçuklular bu gelişmeyi Bizanslılardan devralmışlardır. Selçuklu mimarisinde tuğla, özellikle taş ile birlikte önemli bir mimari birliktelik yaşamıştır. Osmanlılar döneminde tuğla üretimi önemli gelişmeler yaşamıştır. Anadolu'da tuğla hakkındaki ilk standart, Osmanlılar döneminde getirilmiştir (Anonim).

Cumhuriyetin ilanından sonra yabancı girişimciler sayesinde Marmara ve Ege Bölgelerinde tuğla üretim tesisleri yapılmaya başlanmış, ilerleyen dönemde yerli girişimciler sektörde gelişim sürecini yakalamış ve önce ithal makinelerle yapılan tesisler yerini yerli makinelere bırakmıştır. Ancak bu oluşum çok geç gerçekleşmiş olup belki de sektörün Avrupa şartlarına göre daha az modernize olmasının önemli bir nedenidir.

Duvarlarda kullanılan tuğla, tabiatta bol miktarda bulunan killi toprağın veya balçığın su ile yoğrulup çamur haline getirildikten sonra belirli ölçülerdeki kalıplara dökülerek, tabi ya da suni olarak kurutulup, 600-800°C arasında ısı veren fırınlarda pişirilmesiyle elde edilir. Tuğlaların hammaddelerinin içine; kum, kiremit tozu, öğütülmüş tuğla, kül vs. maddeler katılabilir. Tuğla için en ideal kil, %15'ten fazla kalker ve bitkisel maddeler bulunmayan kildir. Bu kil yarı yağlı kildir. Hafif nemlendirilip ele alındığında kaygan haldedir. Tuğla yapımında en uygun killer, illit ve kaolinit cinsi killerdir. Halloyoit ve montmorillonit cinsi killer su aldıklarından fazla şişme yapacaklarından ve buna bağlı olarak su kaybıyla hacimsel küçülme yapacaklarından uygun görülmezler. Tuğla üretiminde kullanılacak kilin seçiminde kimyevi yapıdan çok fiziki ve mekanik özellikler rol oynar. Bu özellikler şunlardır:

**Plastiklik:** Bu özellik killerin işlenebilirliğine ve şekil verilebilirliğini etkileyen bir özelliktir. Bu özellik, uygun miktarda su ile yoğrulmuş kile şekillendirme ve daha sonra da verilen şekli muhafaza etme imkanı veren özelliktir. Kilin plastiklik kazanabilmesi için mutlaka su ile yoğrulması gerekir. Killer, su dışında hiçbir sıvı ile plastiklik göstermemektedir.

**Rötre:** Su ile yoğrulan kilin, kuruma ve pişirilme esnasında hacmi, dolayısıyla boyutları değişir. Bu olaya kilin rötre yapması denir. Kilin kurumasından oluşan rötre, kilin plastiklik özelliğine de bağlıdır. Kurutma sıcaklığının 232°C'yi geçmemesi gerekir. Rötre iki bölümde incelenebilir:

1. Şekil verilen malzemenin doğal koşullarda (havada) kurutulması sırasında hacim kaybı,
2. Pişirme sırasında meydana gelen hacim kaybı.

Her iki hacim kaybının da küçük olması gerekir.

**Kohezyon:** Kohezyon, kil kuruduğu zaman, kile kendisine verilen şekli muhafaza etme niteliği verir. Bunun için kilin mutlaka suyla yoğrulması gerekir.

**Tiksotropi:** Bu özellik, yoğrulduktan sonra kilin kendi kendine zamanla direnç kazanmasıdır.

**Sıcaklıktan Ergime özelliği:** Kil bu özelliğiyle en az su çeken, su ile yumuşamayan sağlam bir yapıya sahip olur.

**Kilin Çekme Dayanımı:** Pişmeden önce belirli bir çekme direncine sahip olmalıdır. Ancak tuğlada böyle bir kesin değer yoktur. Küçük çarpma ve darbelere karşı dayanıklı olmalıdır. Bu dayanıklılık, killerin dane inceliği azaldıkça ve plastisitesi yükseldikçe artar.

**Sinterleşme Özelliği:** Kil 600-900°C de sinterleşmelidir. Sinterleşme, şekillendirilip kurutulmuş tuğla hammaddesinin erimeye yakın duruma kadar pişirilmiş halidir. Pişmeden sonra tuğla az su almalı ve az gözenekli olmalıdır. Pişen tuğlada %10-15 su emme özelliği olmalıdır (Özışık, 2000; Açıkkel ve ark. 2009).

Tuğlalar üretildikten sonra belli basınç ve mukavemet testlerinden geçirilmesi gereklidir. Bu testlerin yapılması için laboratuarlara ihtiyaç vardır. Ülkemizde TSE kurumu, üretilen tüm malzemelere TSE belgesi verirken, malzemeleri tüm laboratuvar testlerine tabi tutar ve TSE belgesi verilmiş tuğla fabrikalarını, bu kurumun elemanları belli periyotlarla inceler ve üretilen tuğlaların gerekli şartları sağlayıp sağlamadığını kontrol eder. Eğer sağlamıyorsa ilgili fabrikaların TSE belgesi iptal edilir. Bu nedenle inşaatlarda, TSE belgeli tuğlalar kullanılmalıdır (Açıkkel ve ark, 2009).

Bu çalışmanın amacı, Konya Bölgesinde üretilen karkas ve yığma tipi yapılarda kullanılan duvar tuğlalarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi ve mevcut standartlardaki sayısal kriterlerle karşılaştırılıp, bu tuğlaların standartlara uygun olup olmadığının belirlenmesidir.

Bu çalışmada, Konya Bölgesinde üretilmekte olan yığma ve karkas yapılarda kullanılan duvar tuğlalarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılmasının yanı sıra, bu tuğlaların mevcut standartlardaki sayısal kriterlerle karşılaştırması yapılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Ekinci (2008), taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarlar hakkında genel bir tanıtım yapmış, aynı zamanda deprem yönetmeliğini dikkate alarak, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan tuğla duvarların yapım koşulları, tasarımda dikkate alınacak basınç dayanımı ve benzeri yapım kriterleri ve ebatlarına göre tuğla çeşitleri hakkında bilgiler sunmuştur.

Bentli ve ark.(2005), Seyitömer termik santral uçucu küllerinin kimyasal ve mineralojik özelliklerini tespit ederek, bunların inşaat tuğlası yapımında katkı maddesi olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Seyitömer termik santralinden alınan uçucu baca külü ile endüstriyel çaptaki tuğla fabrikasında dört farklı reçetede %2.5, %5, %10 ve %15 oranlarında baca küllü tuğlalar hazırlanmıştır. Uçucu kül katkılı tuğla reçeteleri ile fabrikada üretilen referans tuğlanın fiziksel ve mekanik testleri laboratuarda yapılmıştır. Bu testler sonucunda referans tuğlaya göre, uçucu kül ilavesi birim hacim ağırlığını çok az artırırken kuruma pışme ve toplam küçülmede belirgin bir değişme olmamıştır. Uçucu kül ilavesi, üretilen tüm reçete tuğlalarda su emme miktarını referans tuğlaya göre azaltmış, buna karşılık tuğlaların hiçbirinde referans tuğlada elde edilen dayanım değerine ulaşamamıştır.

Şişman ve ark. (2006), yaptıkları araştırmada, Tekirdağ ve yöresinde üretilen tuğlaların, üretim tekniklerinin, kullanılan hammaddenin ve üretilen malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesini, standartlara uygunluğunun incelenmesini amaçlamışlardır.

Bideci ve ark. (2009), farklı maddelerin tuğla üretiminde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bunun için Ankara İmrahor bölgesindeki tuğla fabrikalarından alınan tuğla kili, Ankara Şeker Fabrikası diatomit tesislerinden alınan diatomit hammaddesi ve İzmir Cuma ovasında bulunan Eti Holding A.Ş Perlit İşletmesi Müdürlüğünden alınan genleştirilmiş perlit kullanılmıştır. Diatomit ve perlit hammaddelerinden ayrı ayrı %0, %10 %20 ve %30 oranlarında karışım hamurları elde edilmiştir. Elde edilen deney numuneleri 800°C, 900°C ve 1000°C de pışirme sıcaklıklarında pışirilmiştir. Uygun tuğla üretimi için, pışirilen deney numuneleri üzerinde su emme, dona dayanıklılık ve basınç dayanım testleri uygulanmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda %20 diatomit katkılı ürünlerin 900°C de pışirilmesi ile gerekli mekanik özellikleri sağlayan ürün elde edilebilirliği kanıtlanmıştır.

Özışık (2000), duvarlarda kullanılan fabrika tuğlalarının ilgili standartlara göre bulundurması gereken fiziksel ve mekanik özelliklerin incelenmesinin yanı sıra, taşıyıcı

ve taşıyıcı olmayan duvar tuğlalarının tanıtımını yapmış ve standartlarda belirtilen deneylerin içeriği hakkında bilgiler vermiştir. Ayrıca taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvar tuğlalarının içerdiği hammaddeler ve bu tuğlaların elde ediliş mekanizması üzerinde de durmuştur.

Çolak ve ark. (2001), yaptıkları çalışmada, Bartın Işıklar Tuğla Fabrikasının tuğla üretiminde kullandığı tuğla toprağı ile uçucu külün belirli oranlarda karıştırılarak laboratuvar koşullarında örnekler basılması, pişirilmesi ve bu örneklerle uygulanan standart testlerin sonuçlarını içeren bir çalışma yapmışlardır. Çatalağzı Termik Santrali uçucu külleri; kimyasal bileşimi, uygun radyoaktivite değerleri ve fiziksel özellikleriyle, inşaat sektörünün hemen hemen tüm alanlarında kullanım özelliğine sahiptir. Bu çalışmada Çatalağzı Termik Santrali uçucu külleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, uçucu külün karışımında %35 oranında kullanılabileceğini ve bu oranda uçucu kül içeren karışımın dayanım değerinin, külsüz karşılaştırma örneğinin dayanım değerinin yaklaşık %90'ına karşılık gelen  $64 \text{ N/mm}^2$  değerinde olduğunu göstermiştir.

Çelik (2005), Kütahya yöresi tuğla fabrikası atıklarının tuğla üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Tuğla atıkları belli bir öğütme işleminden geçirilmiş ve hammadde içerisine ağırlıkça %0, %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 oranlarında katılarak deney numuneleri üretmiştir. Bu numuneler,  $850^\circ\text{C}$ ,  $950^\circ\text{C}$  ve  $1050^\circ\text{C}$  gibi üç farklı sıcaklıkta pişirilerek ilgili standartlarda belirtilen fiziksel ve mekanik deneylere tabi tutulmuştur. Üretilen tuğlalar hem birbirleriyle hem de katkısız kontrol tuğlasıyla karşılaştırılmıştır. Yapılan deneylerde en uygun sonucun  $950^\circ\text{C}$  de pişirilen ve %25 oranında atık tuğlanın kullanıldığı tuğlada olduğu görülmüştür.

Açıkel ve ark. (2009), yığma duvar tuğlalarının tanıtımının yanında, tuğla duvar örüm teknikleri üzerinde durmuş ve ideal bir tuğlanın sahip olması gerektiği fiziksel ve mekanik özellikleri ele almışlardır.

Yalazı ve ark. (2009), tuğla sektörü hakkında genel bir değerlendirme yaparak sektörün sorunları ve yapılması gerekenler üzerinde durmuşlar, tuğla standardizasyonu hakkında genel bir bilgi vermişler ve tuğla kullanımının getireceği artılar üzerinde durmuşlardır.

### 3. TUĞLA

Tuğla kil, killi toprak, ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip, gerektiğinde kum, su, öğütülmüş tuğla veya kiremit tozu veya benzeri bir malzeme ile karıştırılarak kalıplarda şekillendirildikten ve kurutulduktan sonra pişirilmesiyle elde edilen bir yapı malzemesidir (Ekinci, 2008).

#### 3.1. Tuğla Yapımına Uygun Hammaddeler

Tuğla yapımına uygun hammaddeler, toprak, su, ve gerektiğinde kullanılan katkı maddeleridir. Tuğla yapımına en elverişli topraklar killerdir. Killer, genellikle illit, montmorillonit, kaolinit, kuvarz, kalker ve demir minerallerinden oluşur. Bunlar 800 °C -1200°C arasında pişirildiklerinde açık sarıdan kahverengiye kadar çeşitli renkler alarak tuğla için gerekli mukavemete ulaşırlar (Özışık, 2000).

Killer suyla karıştırıldıklarında kolaylıkla, şekil verilebilen, plastik bir hamur teşkil eden, şeklini de koruyabilen topraklardır. Killer önce kurutulup sonra da yeterli derecede yüksek sıcaklıkta pişirildiğinde sertleşme ve şeklini değiştirmeme özelliğine sahiptirler. Killer dile değdirildiğinde yapışır, el sürüldüğünde sabun veya yağ duygusunu verirler. Çamur halinde iken çok yapışkan ve kalıplanması zordur (Özışık, 2000).

Tuğla yapımında en uygun killer illit, ve kaolinit cinsi killerdir. Tuğla üretiminde kullanılacak killin seçiminde kimyevi yapıdan çok, fiziki ve mekanik özellikler rol oynar. Bu özellikler giriş kısmında açıklanan plastiklik, rötire, kohezyon, tiksotropi, ergime özelliği, kilin çekme dayanımı, ve sinterleşmedir (Özışık, 2000).

##### 3.1.1. Killerde bulunan yararlı ve zararlı maddeler

Kum: Tuğla yapımında kullanılacak topraklarda doğal olarak bulunan kum, genellikle çok ince tanelidir ve taneleri 10-40 mikron çapındadır. Miktar olarak %30-40 civarındadır. Fazla kum ihtiva eden toprakların plastisite indisi azdır. Kalıplamada dağılma olur, yüzeyler pürüzlüdür. Mukavemet ve sertliğin düşük olmasına neden olur (Özışık, 2000).

Demir: Tuğla yapımında demir bileşiklerinin, sertlik, renk ve su emme yüzdesine etkisi büyüktür. Bu nedenle demir oksit ve hidratları % 8-10 arasında olması tercih edilir.

Kalker: Az miktarda bulunması önemli değildir. Fakat fazla kalker tuğlada şekil bozukluklarına yol açar. CaO oranı %8'i geçmemelidir. Bazı topraklarda ise %15 kireç pek etkisini göstermez.

Organik Maddeler: Tuğlanın görünümü ve dayanımı açısından organik maddelerin az olması istenir. Pişme sırasında bu organik maddeler 400°C den önce tamamen yanar.

Suda Eriyici Tuzlar: Genellikle sülfat ve klorür tuzlarıdır. Bu tuzların %1.5 in altında olması, iyi kalitede tuğla üretimi için gereklidir.

Su: Su tuğla üretiminde önemli bir girdidir. Kile su ilavesiyle işlenebilme özelliği kazandırılmaktadır. Kil, su dışında hiçbir sıvı ile plastiklik ve kohezyon özelliği göstermediğinden, kil-su ilişkisi çok önemlidir (Özışık, 2000).

### 3.1.2. Katkı Maddeleri

Tuğla özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılan katkı maddeleri, kum strofor, talaş, perlit, uçucu kül, cürufur. Tuğla üretiminde kilin plastiklik özelliğini engellemek için katılan malzeme kumdur (Özışık, 2000).

Kile kum katılması, kilin kimyevi bileşimini ve fiziki yapısını değiştirdiğinden bu bileşimin iyi bir şekilde belirlenmesi gerekir. Katılan kumun %76'sının ortalama 0,2-0,5 tane çapında olması gerekir. Tuğla yapımında %10-20 kum karıştırmak normaldir. Su emme ise kum oranının artışıyla azalmakta ve %10 kum oranında %13 civarına inmektedir (Özışık, 2000).

Kimyasal yapısı sayesinde yapay puzolan olarak elde edilen en modern malzeme olarak bilinen uçucu küller, başta inşaat sektörü olmak üzere seramik, plastik, atık su arıtımı, çimento, beton, tuğla, hafif agrega, gazbeton ve karayolları gibi birçok alanda kullanılabilirler. Uçucu küller, çok ince taneli olmaları, sertleştikleri zaman yüksek dayanım verebilmeleri ve tuğlanın hammaddesi olan, kilin yapısındaki oksitleri içermeleri nedeniyle tuğla üretiminde kullanılabilirler. Tuğla üretiminde uçucu küller iki farklı amaca yönelik olarak kullanılırlar. Bunlardan ilki uçucu küllerin, kilin fazla suyunu emerek plastik killerin çatlamasını, şişmesini ve çiçeklenmesini önlemek amacıyla, yardımcı ve düzeltme malzemesi olarak, ikincisi külün puzolanik özelliği ve

inceliği nedeniyle pişmiş malzemede mukavemetin artırılması ve plastik özellik olmadığı için bağlayıcı görevi görmesi amacıyla ana malzemede kullanılmasıdır. Ayrıca uçucu küllerin pişme sırasında enerji tasarrufu sağladığı bilinmektedir (Bentli ve ark. 2005).

Perlit, %70-75 oranında SiO<sub>2</sub> içeren bir silikat türüdür. Bünyesinde %12-16 arasında alümina bulundurur. Diğer bileşenleri Na, K, Fe, Mn, TiO<sub>2</sub> ve sülfürdür (Bideci ve ark. 2009).

### 3.2. Tuğla Hammaddelerinin Geçirdiği İmalat Aşamaları

Tuğla topraklarının geçirdiği aşamaları; öğütme, çamur haline getirme, dinlendirme, kalıplama, kurutma, pişirme ve ambalajlama olarak sınıflandırılabilir.

Kil minerallerinin çamur halinde olması, plastiklik, kohezyon özelliği, ve homojen bir madde elde edilmesi için öğütme gereklidir. Öğütme işlemi, kolergang ve varislerle yapılır. Öğütülen kil mineralleri su ile iyice karıştırılarak, homojen bir çamur elde edilir. Bu aşamada katılacak su miktarı önemlidir. Çamura şekil verebilmek ve daha sonra kurutma ve fırınlama sırasında verilen şekli koruyabilmesi için, kilin yarı kıvama gelinceye kadar dinlendirilmesi, dolayısıyla direnç kazanması gerekir. Dinlendirme, malzemenin kalitesini etkileyen en önemli aşamadır. Ancak günümüzde dinlendirme, sadece kaplama tuğlaları için yapılmaktadır. Rötire değeri de dikkate alınarak dinlendirilen çamur kalıplanırken kilin özelliğine ve üretilecek norma uygun kalıp seçilmelidir (Özışık, 2000; Şişman ve ark., 2006).

Kilin içerisine katılan suyun çeşitli metotlarla kil hamurundan çıkartılması, yani kurutulması gereklidir. Kurutma işlemi, kalıplanmış tuğlaların pişirme öncesi belirli bir mukavemet değerine ulaşması ve pişirme sırasında şekil değiştirme ve (rötire) çatlamasını önler. Kurutma işlemi, doğal kurutma ve suni kurutma olarak iki şekilde yapılır. Suni kurutma işlemi, ısı enerjisi aracılığı ile ısıtılmış havayı hamur üzerine vererek sağlanır. Doğal kurutma işlemi ise, aralarından hava akımı geçecek şekilde aralıklı dizilmiş sundurmalarda kurumaya bırakılarak gerçekleştirilir. Doğal kurutmanın ekonomik olmasının yanı sıra, atmosfer şartlarına bağlı oluşu, suni kurutmaya göre dezavantajlarından biridir. Kurutulacak hamur üzerine ısı enerjisi ve rölatif rutubet derecesi ayarlanmış havanın verilmesi, suni kurutma yönteminde rasyonel bir kurutma sağlamış olur (Şişman ve ark., 2006; Özışık, 2000).

Kurutma işlemini takiben kil 850°C-950°C sıcaklıktaki fırınlara verilerek pişirilir. Pişirme sırasında kil, kimyasal reaksiyonlara maruz kalır. 300°C civarında organik maddeler tamamen yanar, 550°C da molekül suyu bileşimi terk ederek, karışım silis ve alümin haline ayrışır ve 550-900°C de silis ve alümin tekrar birleşerek metekaolin silikası silikası oluşur. Bu yeni malzeme artık sert, şeklini değiştirmeyen, belirli bir mukavemeti ve rengi olan tuğladır. Pişirme sıcaklığının artırılması, pişmiş toprak malzemenin mekanik dayanımlarını büyük oranda artırmaktadır (Özışık, 2000; Şişman ve ark., 2006).

Bütün bu aşamalarından sonra, tuğla kayıplarının azaltılması bakımından ambalajlama yapmak gerekir (Şişman ve ark., 2006; Özışık, 2000).

### 3.3. Fabrika Yapısı Duvar Tuğlaları

Fabrika tuğlası, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip, gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu, kül vb. karıştırılarak makinelerde şekillendirildikten ve genellikle suni olarak kurutulduktan sonra, fırınlarda pişirilmesiyle elde edilen ve duvar yapımında kullanılan malzemedir.

#### 3.3.1. Fabrika tuğlalarına ait bazı tarifler

**Tuğla yüzlerinin adları:** Tuğla yüzlerinin adları üst yüz, alt yüz, yanak ve alındır.

**Cephe tuğlası:** Dona dayanıklı olan tuğladır.

**Sinterleşme:** Şekillendirilip kurutulmuş tuğla hammaddesinin, erimeye yakın bir duruma kadar pişirilmesidir.

**Klinker Tuğlası:** Sinterleşmeye kadar pişirilmiş, birim ağırlığı ve basınç dayanımı yüksek, dona dayanıklı duvar tuğlasıdır.

**Düşey Delikli Tuğla:** Delikleri alt ve üst yüzeylerine dik olan tuğladır.

**Yatay Delikli Tuğla:** Delikleri alın yüzlerine dik bulunan tuğladır.

**Dolu Tuğla:** Deliksiz olan veya toplam kesit alanı, üst yüz alanının %15'ini geçmeyecek kadar delikleri bulunan düşey delikli tuğladır.

**Kavrama Deliği:** Düşey delikli blok tuğlaların ortalarında bırakılan ve tuğlanın elle kolayca kavranmasını sağlayacak şekil ve büyüklükte deliklerdir.

**Hacim Ağırlığı:** Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş tuğla ağırlığının, delikleri ile birlikte tuğlanın bütün hacmine oranıdır.

**Birim Ağırlığı:** Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş tuğla ağırlığının, deliklerin dışında kalan kısmın hacmine oranıdır.

**Normal Büyüklükteki tuğla (NT):**Anma boyutları 190mm x 90mm x 50 mm olan tuğladır.

**Modüler Tuğla (MT):** Anma boyutları 190mm x 90mm x 85 mm olan tuğladır.

**Blok Tuğla (BT):** Modüler tuğladan daha büyük ve en çok 9 MT büyüklüğünde olan tuğladır (Özışık, 2000).

### 3.3.2. Sınıflandırma

Fabrika tuğlaları yapım yöntemlerine göre; sinterleşmemiş tuğlalar ve klinker tuğlalar olmak üzere iki, boyutlarına göre; normal tuğla (NT), modüler tuğla (MT) ve blok tuğla (BT) olmak üzere üçe ayrılır.

#### 3.3.2.1. Tipler

Sinterleşmemiş tuğlalar, delikli olup olmadıklarına göre ve delik durumlarına göre; dolu tuğla (DOT), dişey delikli tuğla (DDT), yatay delikli tuğla (YDT) olmak üzere üç tipe, klinker tuğlaları; dolu klinker tuğla (DOK), delikli klinker tuğla (DEK) olmak üzere iki tipe ayrılır.

#### 3.3.2.2. Türler

Düşey delikli tuğlalar, delik kesit alanlarının üst yüz alanına oranlarına göre; seyrek delikli tuğla (SDT), az delikli tuğla (ADT), çok delikli tuğla (ÇDT) olmak üzere üçe ayrılır.

### 3.3.3. Tuğla boyutları

TS tarafından belirlenen fabrika tuğlalarının isim ve boyutları aşağıdaki Tablo 3.1.'de verilmiştir (Ekinci C.E, 2008).

**Tablo 3.1.** Fabrika tuğlarının isim ve boyutları

<b>Tuğla Sınıfı</b>	<b>Uzunluk (mm)</b>	<b>Genişlik (mm)</b>	<b>Yükseklik (mm)</b>
Normal Tuğla	190	90	50
Modüler Tuğla	190	90	85
Blok Tuğla 1	190	190	85
Blok Tuğla 2	190	190	135
Blok Tuğla 3	190	190	185
Blok Tuğla 4	290	190	85
Blok Tuğla 5	290	190	135
Blok Tuğla 6	290	190	185
Blok Tuğla 7	290	290	135
Blok Tuğla 8	290	290	185

Yapılarda duvar örgü malzemesi olarak kullanılan tuğlalar, TS EN 771-1 standardı kapsamında değerlendirilmektedir. Bu tuğlalar standartta HD ve LD birim olarak ikiye ayrılmıştır. LD birimler sıva ile veya başka şekilde korunmuş ve birim hacim kütlesi  $1000 \text{ kg/m}^3$ 'ten az olan tuğlalardır. HD birimler, sıva ile veya başka şekilde korunmamış tuğlalarla, birim hacim kütlesi  $1000 \text{ kg/m}^3$ 'ten fazla olan korunmuş tuğlalardır.

Türkiye'de daha önce TS704, TS705, TS4377, ve TS4563 standartları kapsamında belli boyutlarda ve konfigürasyonda üretilen bu tuğlaların üretimi, TS EN 771-1 standardının yürürlüğe girmesiyle boyut, konfigürasyon ve diğer özellikler yönünden serbest hale gelmiş, firmalar değişik boyut ve şekillerde tuğlalar üretmeye başlamışlardır. Bu standarda göre firma ürettiği tuğlanın özelliklerini beyan etmek zorundadır.

Türkiye'de bu kapsamda yatay delikli ve düşey delikli olmak üzere iki tip tuğla üretilmektedir. Yatay delikli tuğlalar, karkas binalarda bölme duvarı olarak kullanılmaktadır. Düşey delikli tuğlalar, karkas binalarda bölme duvarı olarak, delik oranları az olanlar taşıyıcı olarak kullanılmaktadır.

### 3.4. Tuğlanın üstünlükleri

Bilinen maden kaynaklarının azlığı ve elde edilmesinin güçlüğü, insanı endüstriyel hammaddelere yöneltmiştir. Endüstriyel hammadde yataklarının fazlalığı ve kolay elde edilmeleri, bu eğilimin en önemli nedenlerinden biridir. Killer bu maddeler içerisinde kullanım alanlarının genişliği ve kolay elde edilebilirliği yönünden ilk sırada yer almaktadır.

Tuğla, keşfedildiği günden bugüne kadar şekli ve boyutları değişmekle birlikte, her zaman istenilen bir yapı malzemesi olma özelliğini korumuştur. Tuğlanın hammaddesi olan killi toprak, doğallığı ve ucuzluğu ile yerine alternatif bir malzemenin geçmesine engel olmuştur.

Tuğla, kullanma yeri ve amacına göre ayarlanabilir bir malzeme olduğundan, bugünkü teknolojinin de buna olanak sağlamasıyla yapının farklı yerlerinde değişik amaçlarla kullanılacak niteliklerde üretilebilen bir malzemedir. Pişmiş toprak ürünlerin sunduğu üstünlüklerin tümünü üzerinde toplayan tuğlanın geleneksel yapı sistemlerinde oldukça önemli bir yeri vardır. Bu sistemlerde tuğla, gerek yapı fiziği, gerekse taşıyıcılık yönünden birçok gereksinimi karşılayacak niteliktedir. Tuğla, tek bir kaynaktan elde edilen hammadde ile üretilebilmesi, üretiminin uygun toprak bulunan her yerde kolayca ve ekonomik olarak sağlanabilmesi, üretim tesislerinin ilk yatırım masraflarının düşük olması gibi nedenlerle, diğer yapı malzemelerine oranla daha fazla kullanılmaktadır. Tuğlanın kolay elde edilebilmesi, fiyatının düşük olması, hacim ağırlığının çoğu yapı malzemesine oranla az olması, ısı ve ses yalıtım özelliğine sahip olması, yangın çürüme ve zararlılara karşı dayanıklılığı, uzun ömürlü olması, doğal ve sağlıklı olması, geri dönüşüm özelliğinin olması, diğer yapı malzemelerine nazaran duvar kalınlığının ince tutulmasıyla yapının yararlı alanının artması, boyut ve şekillerinin standart olması nedeniyle tuğla ile duvar örülmesinin kolay olması, yapıya estetik görünüm kazandırması ve tekniğine uygun üretildiğinde basınç dayanımları, su emme, dona dayanıklılık ve dış etkilere dayanıklılığının oldukça yüksek olması gibi özellikleri vardır.

Tuğla, küçük yapı birimlerinin tasarım esnekliğine sahip olduğu gibi modüler olması nedeniyle ekonomiktir. Ancak tuğlanın en yararlı yönü, çok fonksiyonlu yapı bileşenleri oluşturmasıdır.

Son yıllarda üretimi hızla artan tuğla sanayii, ülkemiz ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Tuğla hammaddesi olan kilin doğal ve verimsiz topraklardan elde

edilmesiyle ülke ekonomisine kazandırılması sağlanmaktadır. Nüfus artışı, gelişen sanayi ve ticaretin etkisiyle, yapılara olan gereksinimin karşılanabilmesi için tuğla üretimi artmakta olup, üretiminden duvar yapımına kadar çok sayıda insana iş olanağı sağlanmaktadır. Ayrıca tuğlanın düşük masrafla üretilmesi ve ucuz olması yanında tuğla duvarların bakım masraflarının yok denecek kadar az olması da tuğla yapıları ekonomik kılmaktadır.

Yapı malzemelerinin en önemli mekanik özelliklerinden biri de, üzerlerine gelen yüklere karşı gösterdiği direnç olan basınç dayanımıdır. Basınç dayanımı tuğlanın en önemli özelliğidir ve birçok etkene bağlıdır. Basınç altında kalıplanıp yüksek sıcaklıkta pişirilen sert tuğlalar, sıva yapılmadan dış etkenlere, donma ve çözülme olayına, yangına, asit ve kimyasal etkilere karşı dayanıklıdır.

Tuğlaların hammaddesi olan kilin yapısı nedeniyle ısı geçirgenliklerinin düşük olması da önemli bir özelliktir. Birim ağırlıklarıyla ilgili olarak, ısı ayarlayıcı olarak görevi görebilirler. Tuğla duvarlar, kalınlıklarına bağlı olarak belirli bir yalıtım sağlarlar. Isı iletkenlikleri birçok yapı malzemesine göre düşüktür. Tuğla tekniğine uygun olarak kullanıldığında, ısı konforu istenilen şekilde gerçekleştirilmekte, konutların kışın sıcak, yazın serin olması sağlanmakta, hayvan barınakları ile ürün koruma ve depolama yapılarında ısı dengesinin korunmasına yardımcı olmaktadır.

Gözenekli yapıya sahip olmaları nedeniyle tuğla duvarlar, nemi üzerinde tutmayıp kısa sürede geri verme özelliğine sahiptirler. Tuğla, nem geçişi sağladığından yapının nefes alması kolaylaşır. Ayrıca tuğla ve sıva harcının genleşme katsayıları birbirine yakın olduğundan sıvada çatlaklar oluşmaz. Aşırı sıva çatlaklarının oluşması ve nemin tuğla içine girmesinin engellenmesi nedeniyle sıva veya boya dökülmeleri görülmez ve özellikle soğuk bölgelerde bulunan hayvan barınaklarında sıkça görülen duvarlarda nem yoğunlaşmasının oluşturduğu zararlı etkilerde ortadan kalkmış olur.

Tuğla yapımında kimyasal madde kullanılmadığından ve üretimde hiçbir kimyasal işlemden geçmediğinden, doğal bir ürün olup, sağlıklı ortamlar oluşturmaktadır. Kanserojen madde içermemektedir. Bu nedenle sağlıklı bir üründür.

Yapıda en önemli yeri malzeme alır. Sağlam, ucuz ve iyi bir yapı, uygun seçilmiş malzemeye bağlıdır. Yapıların inşasında sağlamlık ve kullanılan malzemenin dayanıklılığı istenilen özelliklerin başında gelmektedir. Yapı malzemeleri gereksiniminin önemli bölümünü oluşturan tuğla, inşaat sektöründe önemli bir paya sahip olup, gerek yapı malzemesi, olarak kullanım alanının genişliği, gerekse ülke endüstrisi içindeki ağırlığı bakımından geniş kitleleri ilgilendirmektedir. İnsanlık

tarihinin en eski yapı malzemelerinden olan tuğla, diğer alternatif yapı malzemeleri karşısında değerini koruyarak geniş bir kullanım alanına kavuşmuştur. Günümüzde inşaat sektöründe, gelişen teknolojilerin de kullanımıyla alternatif yapı malzemeleri üretilmiş olsa da, tuğlanın sahip olduğu özellikler ve üstünlükleriyle gelecekte de ilk sıradaki yerini daha uzun yıllar boyunca koruyacağı açıktır. Bu nedenle, tuğlanın özelliklerinin çok iyi bilinmesi ve tanıtımının yapılması gerekir. Ülkemizde tuğlanın üretimi, özellikleri ve daha ekonomik ve emniyetle kullanılmasına olanak sağlayacak kapsamlı araştırmaların sayısının artırılması gerekmektedir. Üretilen tuğlalarda güvenlik, estetik ve düşük maliyetin sağlanması, standartların kullanılmasına ve uygulanmasına bağlıdır. Standartlara uygun üretim yapabilmek için üretimin tüm aşamaları araştırma sonuçlarına ve standartlara bağlı olarak incelenmeli, belirlenen sorunlar yine bu bakımdan değerlendirilip çözümlenmelidir (Yalazı ve ark. 2009).

### **3.5. Tuğla ve Standartlar**

Türkiye’de tuğla sektörü, ülkenin dört bir yanına dağılmış çok sayıda üretim birimi olan bir sanayi türüdür. 2007 yılı Ocak ayı itibariyle zorunlu uygulamaya giren Yapı Malzemesi Yönetmeliği ile birlikte o güne dek ulusal standartlar bazında üretim gerçekleştiren tuğla sektörü, tuğlalarda “TS EN 771-1 Birim Özellikler – Bölüm 1 Kil Kagir Birimler” standardıyla tanışmış ve bu tarihe kadar geçerli olan ulusal standartları terk etmiştir.

Ulusal standartların uygulamada olduğu dönemlerde, standartlar ürünlerin kalite faktör değerlerini belirlemekte ve üretim, standardın öngördüğü bu değerler baz alınarak yapılmaktaydı. Yeni yaklaşım çerçevesinde geliştirilen sistemde ise, üretilen bir yapı malzemesinin kalite faktör değerleri imalatçı tarafından belirlenmekte, imalatçıdan ürününün kalite faktör değerlerini beyan ederek, yapacağı işaretlemenin üzerinde belirtmesi istenmektedir. Bu bağlamda önemli olan nokta, gerek malzeme denetimlerinde gerekse kullanım yerlerinde beyan edilen bu değerlere göre değerlendirme yapılmasıdır. İmalatçı istediği beyanı yapmakta özgür olduğu gibi kullanım amacına uygun bir üretim gerçekleştirmediği takdirde imal ettiği ürünün, yapının her noktasında kullanılması elbette mümkün olmayacaktır.

Yukarıda belirtilen hususlar çerçevesinde TS EN 771-1 standardı iki farklı kategoride üretim yapabilmeyi öngörmektedir. Kategori I ve Kategori II olarak ifade

edilen bu kategoriler ürünün kullanım amacını ortaya koymakta ve standartta şu şekilde tanımları yapılmaktadır:

Kategori I: Beyan edilen basınç dayanımı değerinin %5 kusurlu numune ihtimaliyle sağlandığı kagir birim

Kategori II: Kategori I kagir birimler için belirlenen güven seviyesini sağlaması tasarlanmayan kagir birimler

Yapı Malzemeleri Yönetmelik uygunluk teyit sistemi olarak 6 farklı sistemi öngörmektedir. 1+, 1, 2+, 2, 3 ve 4 olarak ifade edilen bu sistemlerde işaretlemeye geçiş 1+ dan 4'e doğru gelindikçe basitleşmekte, sistem 4'te üreticinin beyanı esas alınarak işaretlemeyi gerçekleştirmesine izin verilmektedir. Bir tuğla imalatçısı, kullanım amacı göz önünde tutularak tuğla standardında öngörülen Kategori I alanında üretim gerçekleştirecek ise, sistem 2+ olarak değerlendirilirken, Kategori II alanında üretim gerçekleştirecek ise Sistem 4 olarak değerlendirilmektedir.

Binanın taşıyıcı sistemine etki eden, yani statik çalışmaya katılan bir tuğla için Kategori I yani sistem 2+ tercih edilmeli, statik çalışmalara etki etmeyen gruplar için ise, Kategori II, yani sistem 4 tercih edilmelidir.

Yapı malzemelerinin piyasa gözetimi ve denetimi resmen ve şikayet mekanizması olmak üzere iki şekilde yürütülmektedir. Her yıl hazırlanan 6'şar aylık denetim programları çerçevesinde gerçekleştirilen denetimlerde, öncelikle ürün üzerinde 5 duyusal inceleme yapılmakta, akabinde CE işaretleme örneği, firmanın AT Uygunluk beyanı var ise belgeleri ve teknik dosya incelemeleri gerçekleştirilmektedir. Bu sayılanlar içerisinde varsa uygunsuzluklar izah edilerek firma yetkilisine tespit edilen uygunsuzluğun giderilmesi adına süre verilmektedir. Bu sürenin akabinde tekrar inceleme başlatılmaktadır. Ancak yapılan denetimler sırasında ürünün güvensizliğine dair ciddi şüpheler oluşmuş ise, denetim elemanı numune alma yoluna gidebilir. Alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen testler ve deneyler neticesinde bir karar alınarak firmaya tebliğ edilir.

Ulusal standartlardan bu yeni sisteme geçiş sürecinin, emek yoğun bir prensiple çalışmalarını sürdüren sektör için sancılı geçeceği düşünülmüş, ama sonuç beklendiği gibi olmamıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülen Piyasa Gözetimi ve Denetimi Faaliyetleri sonuç raporları incelendiğinde, tüm yapı malzemeleri alanında getirilen yeni yaklaşıma en hızlı ayak uyduran sektörlerden birinin Tuğla Sektörü olduğu görülmektedir. Günümüze dek sektör üzerinde yaklaşık olarak 150 adet denetim

gerçekleştirilmiş, çoğu firmada mevzuat hataları tespit edilmiş olmasına rağmen, yaklaşık olarak %80 civarında bir oranla sektörün yeni standartlarının gereklerini yerine getirdikleri saptanmıştır. 1980’li yılların sonlarına doğru TSE belgesi alan firmaların sayısının 10’u geçmediği düşünüldüğünde bugün gelinen noktanın oldukça başarılı olduğu söylenebilir.

Bir üretici için, mevzuatına uygun güvenli ürün üretmek, CE işaretlemesi ve diğer yasal işaretlemeler ile piyasaya arz etmek, ürünün birim maliyetini etkileyen faktörlerdendir. Devletin koyduğu mevzuata göre güvenli ürün arz eden ve CE işaretlemesinin getirdiği maliyeti göğüsleyen firma ile bu görevlerini yerine getirmeyen firmaya aynı seviyede yaklaşarak müsamaha etmek, kasız rekabeti körükleyen bir davranıştır.

Sektörde yapılan denetimler neticesinde işaretlemenin daha kolay bir şekilde yapılabilmesi için çoğu imalatçının, üretmiş olduğu tuğlanın taşıyıcı bir tuğla olmasına rağmen Sistem 4’ü baz alarak işaretleme yaptıkları tespit edilmiştir. Sistem 4’te değerlendirilen bir tuğlanın taşıyıcı bir tuğla olsa dahi, binanın taşıyıcı sisteminde taşıyıcı olarak imal ettikleri tuğlaların Sistem 2+ altında değerlendirmeye tabi tutmaları hususunda ikaz edilmeleri gerekmektedir (Yalazı ve ark. 2009).

### 3.6. Enerji sakınımı ve sağlık yönünden tuğla

Yapılarda ısı yalıtımına ait kurallar Avrupa’da 1970 yıllarında gündeme gelmiş, bunu birkaç yıl arayla “Enerji Sakınımına Ait Kurallar“ takip etmiştir. Türkiye’de de, aşağı yukarı aynı yıllarda “ Isı yalıtım kurallarına göre duvar kalınlıklarının hesabı” standardı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’nın “Binalarda Enerji Sakınımı”na ait kuralların açıklanmasıyla kendini göstermiştir.

Isı yalıtımı bakımından tuğlanın yoğunluklarına bağlı olarak ısı değerlerinin yeniden belirlenmesi 1980’lere rastlamaktadır. Yeni ısı değerleri ile tuğlalar her türlü kritiğe cevap verebilir hale gelmiştir.

Dolu ve düşey delikli tuğlalarda	: 0,43-1,03 (kcal/m.h.c.)
Yatay delikli tuğlalarda	: 0,39 (kcal/m.h.c.)
Düşey delikli hafif tuğlalarda (AB)	: 0,30-0,30 (kcal/m.h.c.)
Düşey delikli hafif (W)	: 0,26-0,34 (kcal/m.h.c.)

Tuğlalar “Isıl İletkenlik Değerleri” göz önüne alındığında yukarıdaki değerleri almaktadır. Bilhassa hafif agregalı iç sıvalarla sıvanması halinde, pek çok ısı yalıtkanı

malzemeyle yapılan tek kalınlıklı veya sandviç duvarların toplam kalınlıklarıyla rekabet edebildiği görülmektedir.

Ancak sadece ısı iletkenliği değerleriyle yapılan karşılaştırmalar yeterli olmamaktadır. Çünkü ısı iletkenlik, soba veya kalorifer gibi ısı kaynaklarının sürekli sarfiyatı esnasında söz konusu olabilmektedir. Bir de malzemenin ısı depolama yeteneği vardır. Isı depolama yeteneği, “Özgül Isı” denilen ve C (kcal/kg.C°) ile gösterilen bir değerdir ve herhangi bir malzemenin 1 kilogramının (1°C) ısıtmak için gereken ısının (kcal) cinsinden değeridir.

Yapı elemanları da, imal edildikleri malzemelerinin özgül ısı ve ağırlıklarının büyüklüğü oranında ısıyı saklarlar ve geceleyin soba ve kaloriferlerin ısısının azaldığı esnada sakladıkları enerjiyi geri vererek, saklı birer enerji deposu olarak görev yapar ve iç hacim sıcaklığının fazlaca düşmesini engeller. Depolanan enerjinin gerektiğinde devreye sokularak kullanılması halinde, yeni bir harcamaya gerek kalmaz. Her maddenin kendine has bir enerjisi vardır. Bu enerji genel olarak “asil enerji” olarak tanımlanır (Özışık, 2000).

### **3.6.1. Isı sakınımı ve ısı yalıtımında tuğla**

Yeni düşünce sisteminde binalardaki ısının sakınımı, yalıtımından daha önemli sayılmaktadır. Sadece ısı yalıtımıyla hesaplama yapıldığı takdirde, çok ince ve hafif panolarla bir dış duvar yapılabilir. Buna rağmen yalıtma, enerji verildiği sürece etken olmakta, bünyesinde ısı saklayamamaktadır. Bilhassa sabah akşam sıcaklık farkının büyük olduğu ilk ve sonbaharda iç hacim sıcaklık farkı da büyük olmaktadır.

Aynı ısı yalıtım kurallarına göre hesaplanmış ve biri hafif ve yüksek yalıtkanlığı olan malzeme ile imal edilmiş dış duvarlı bir binada, sıcaklık 4-22°C arasında değişirken, iç sıcaklık 15-25°C arasında değişmiş, buna rağmen normal tuğlayla inşa edilmiş binada, aynı ısı sarfiyatına karşılık iç sıcaklık 18-22°C arasında değişmiştir. Buradaki en küçük sıcaklıkların farkı 3°C olmaktadır. Soğuk mevsimlerde iç sıcaklığı 3°C kadar fazla tutabilmesi, sıcak mevsimlerde de günün en sıcak saatlerinde 3°C kadar serin tutabilmesiyle tuğla yapıya büyük avantaj sağlamaktadır.

### 3.7. Tuğlanın kullanılabilirliğinin şantiyede testlerle tespit edilmesi

- 1) Tuğla ele alınıp incelendiğinde, homojen kesit ve ince taneli olduğu görülmelidir.
- 2) İyi pişmiş olmalı, yanmış olmamalıdır
- 3) Kenar ve yüzeyleri düzgün kalıplanmış olmalıdır.
- 4) Dış ve içlerinde çatlak, yarık ve boşluklar olmamalıdır.
- 5) Üzerine sert bir cisimle vurulduğunda tiz ve berrak bir ses çıkarmalıdır.
- 6) Su içerisinde 12 saat bırakıldığında ağırlığının %20'sinden fazla su almamış olmalıdır.
- 7) Yaklaşık 1,5 metreden ve duvarda örüldüğü şekliyle sert bir zemin üzerine bırakıldığında 2'den fazla parçaya ayrılmamalıdır (Açikel ve ark. 2009).

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1. Materyal

Bu çalışmada, Konya Bölgesinde üretilmekte olan, dört ayrı tuğla fabrikasına ait ve her birinden üçer adet olmak üzere (8,5cm x 19cm x 19cm), (13,5cm x 19cm x 19cm) ve (13,5cm x 19cm x 29cm) anma boyutlarındaki kil kagir birim tuğlalar kullanılmıştır. Deney numunelerinin alınması, TS EN 771-1'deki rastgele numune alma yöntemine göre gerçekleşmiştir. Deneylerin yapılmasında S.Ü Müh. Mim Fak. İnş. Müh. Bölümüne ait Yapı Malzemesi laboratuvarından yararlanılmıştır.

### 4.2. Yöntem

Döşeme Yüzlerinin Düzlemsel Paralelliğinin Ölçülmesi	TS EN 772-16
Boyut Muayenesi Deneyi	TS EN 772-16
Konfigürasyon Deneyleri	TS EN 772-16
Kagir Birimlerin Döşeme Yüzüne Göre Boyuna Yöndeki İç ve Dış Et Kalınlıkları Toplamının Kagir Birimin Döşeme Yüzüne Göre Genişliğine Yüzdece Oranı	TS EN 772-16
Kil Kagir Birimlerin Döşeme Yüzüne Göre Enine Yöndeki İç ve Dış Et Kalınlıkları Toplamının Kagir Birimlerin Uzunluğuna Oranının Hesaplanması	TS EN 772-16
Kil Kagir Birimlerin Net Hacmi ve Boşluk Yüzdesinin Su İçerisinde Tartma Metoduyla Tayini	TS EN 772-3
Kil Kagir Birimlerin Su Emme Miktarlarının Tayini	TS EN 772-7
Kil Kagir Birimlerin Boşluk Hacmi ve Yüzdesi İle Net Hacimlerinin Kum Doldurma Metoduyla Tayini	TS EN 772-9
Kil Kagir Birimlerin Net ve Brüt Kuru Yoğunluklarının Tayini	TS EN 772-13
Kil Kagir Birimlerde Basınç Dayanım Değerlerinin Tayini	TS EN 772-1
Kil Kagir Birimlerde Döşeme Yüzlerinin Düzgünlüğünün Tayini	TS EN 772-20

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 5.1. Döşeme Yüzlerinin Düzlemsel Paralelliğinin Ölçülmesi

Bu çalışma, TS EN 772-16'ya uygun şekilde yapılmıştır. Bu çalışmada materyal bölümünde anma boyutlarıyla bahsedilen kil kagir birimler, boyutsal kararlılığı olan düz bir yüzeye oynamaz şekilde yerleştirilmiştir. Her kagir birim için, kagir birimin üzerine yerleştirildiği düz yüzey ile kagir birimin üst döşeme yüzü arasındaki mesafe, birimin dört köşesinden ölçülmüştür. Ölçme işlemi için 1 mm hassasiyetli cetvel kullanılmıştır (Resim 5.1).

Her bir kagir birim için düzlemsel paralellikten sapma, köşelerden ölçülen en büyük ve en küçük mesafeler arasındaki fark olarak hesaplanmış ve en yakın 0,2 mm'ye yuvarlatılarak gösterilmiştir. Her bir numune takımı için sapma için, bütün kagir birimlerden elde edilen en büyük değer alınmış ve yine en yakın 0,2 mm'ye yuvarlanmıştır. Sonuçlar, Tablo 5.1, Tablo 5.2 , ve Tablo 5.3'te gösterilmiştir.

**Tablo 5.1.** (8,5mmx19mmx19mm) anma boyutlarındaki numuneler için düzlemsel paralellikten sapma

Firma Adı	1. Numune İçin Sapma (mm)	2.Numune İçin Sapma (mm)	3.Numune için sapma (mm)	Numune Takımı İçin Sapma Değeri (mm)
A Firması	1	4,8	2,4	4,8
B Firması	1	3,6	3,2	3,6
C Firması	2	2,2	1,6	2,2
D Firması	1,4	3	2,6	3

**Tablo 5.2.** (13,5mmx19mmx19mm) anma boyutlarındaki numuneler için düzlemsel paralellikten sapma

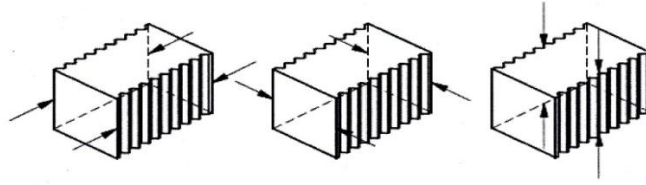
Firma Adı	1. Numune İçin Sapma (mm)	2.Numune İçin Sapma (mm)	3.Numune için sapma (mm)	Numune Takımı İçin Sapma Değeri (mm)
A Firması	2,2	3	2,4	3
B Firması	1,6	2,2	1,8	2,2
C Firması	2,8	2,6	2,2	2,8
DFirması	1,6	5	3,4	5

**Tablo 5.3.** (13,5mmx19mmx29mm) anma boyutlarındaki numuneler için düzlemsel paralellikten sapma

Firma Adı	1. Numune İçin Sapma (mm)	2.Numune İçin Sapma (mm)	3.Numune için sapma (mm)	Numune Takımı İçin Sapma Değeri (mm)
A Firması	1	1,8	1,6	1,8
B Firması	1	0,8	0,8	1
C Firması	1	1,8	1,6	1,8
D Firması	1,4	1,6	1,2	1,6

## 5.2. Boyut Muayenesi Deneyi

Deneyde kullanılan kil kagir birimler için, TS EN 772-16'da bulunan madde 7.1'den yararlanılmıştır. Madde 7.1.'de belirtildiği gibi kil kagir birimler için, kagir birimin uzunluk ( $I_u$ ), genişlik ( $W_u$ ), ve yüksekliği ( $h_u$ ), Şekil 5.1'deki gibi ölçülmüştür.



**Şekil 5.1.** Kagir birimlerin uzunluk ( $I_u$ ), genişlik ( $W_u$ ) ve yüksekliklerinin ( $h_u$ ) ölçülmesi

Numune takımına ait uzunluk, genişlik, ve yükseklik için, her numunedan elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Sonuçlar, en yakın 1 mm'ye yuvarlanarak gösterilmiştir. Sonuçlar Tablo 5.4, Tablo 5.5, ve Tablo 5.6'da verilmiştir. Ölçüm için 1 mm hassasiyetli kumpas kullanılmıştır (Resim 5.1.)



**Resim 5.1.** Boyut muayenesi deneyinde kullanılan 1mm hassasiyetli kumpas

**Tablo 5.4.** Anma boyutları (8,5cm x 19cm x19cm) olan kil kagir birimlerden oluşan numune takımları için ortalama boyutlar

Firma Adı	1.Numune			2.Numune			Numune Takımına Ait Ortalama Değerler (cm)		
	( $I_u$ ) (cm)	( $W_u$ ) (cm)	( $h_u$ ) (cm)	( $I_u$ ) (cm)	( $W_u$ ) (cm)	( $h_u$ ) (cm)	( $I_u$ ) (cm)	( $W_u$ ) (cm)	( $h_u$ ) (cm)
A	19,1	8,5	18,8	18,7	8,5	19,0	18,9	8,5	18,9
B	19,2	8,8	18,9	19,1	8,7	19,1	19,2	8,8	19,0
C	18,9	8,5	18,2	18,9	8,5	18,4	18,9	8,5	18,3
D	19,2	8,7	18,4	18,9	8,5	18,5	19,1	8,6	18,5

**Tablo 5.5.** Anma boyutları (13,5cm x19cm x19cm) olan kil kagir birimlerden oluşan numune takımları için ortalama boyutlar

Firma Adı	1.Numune			2.Numune			Numune Takımına Ait Ortalama Değerler (cm)		
	(I <sub>u</sub> ) (cm)	(W <sub>u</sub> ) (cm)	(h <sub>u</sub> ) (cm)	(I <sub>u</sub> ) (cm)	(W <sub>u</sub> ) (cm)	(h <sub>u</sub> ) (cm)	(I <sub>u</sub> ) (cm)	(W <sub>u</sub> ) (cm)	(h <sub>u</sub> ) (cm)
A	19,1	13,4	18,9	19,1	13,5	19,0	19,1	13,5	19,0
B	18,9	13,5	8,9	18,8	13,4	18,8	18,9	13,5	18,9
C	19,0	13,2	18,6	19,2	13,1	18,7	19,1	13,2	18,7
D	19,1	13,6	18,8	19,2	13,3	18,8	19,2	13,5	18,8

**Tablo 5.6.** Anma Boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimlerden oluşan numune takımları için ortalama boyutlar

Firma Adı	1.Numune			2.Numune			Numune Takımına Ait Ortalama Değerler (cm)		
	(I <sub>u</sub> ) (cm)	(W <sub>u</sub> ) (cm)	(h <sub>u</sub> ) (cm)	(I <sub>u</sub> ) (cm)	(W <sub>u</sub> ) (cm)	(h <sub>u</sub> ) (cm)	(I <sub>u</sub> ) (cm)	(W <sub>u</sub> ) (cm)	(h <sub>u</sub> ) (cm)
A	29,0	19,0	13,8	28,9	19,0	13,8	29,0	19,0	13,8
B	28,4	18,4	13,7	28,6	18,4	13,7	28,5	18,4	13,7
C	28,7	18,8	13,8	28,2	18,5	13,8	28,5	18,7	13,8
D	28,7	18,6	13,8	28,8	18,7	13,8	28,8	18,7	13,8

### 5.3. Konfigürasyon Deneyi

**5.3.1. Deney konusu olan üç tip tuğlaya ait kagir birimlerin tasarlanarak oluşturulmuş boşluklarının toplam hacminin, kagir birimin brüt hacmine (uzunluk x genişlik x yükseklik) yüzdece oranının tespit edilmesi**

Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) (13,5cm x 19cm x 19cm) ve (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimlerin TS EN 772-9' daki kum metoduna göre bulunan tasarlanarak oluşturulmuş boşluklarının toplam hacimleri, kagir birimlerin brüt hacimlerine oranlanmış ve sonuçlar Tablo 5.7, Tablo 5.8, ve Tablo 5.9'da gösterilmiştir.

**Tablo 5.7.** Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) olan kagir birimlerin tasarlanarak oluşturulmuş boşluklarının hacimleri toplamının ( $V_{s,u}$ ), kagir birimlerin brüt hacimlerine ( $V_{g,u}$ ), yüzdece oranları

Firma Adı ve Numune no		$V_{s,u}$ Boşluk hacimleri ( $cm^3$ )	$V_{g,u}$ Brüt hacimler ( $cm^3$ )	$V_{s,u}/V_{g,u}$ (%)
A	1.Numune	1910	3052	63
	2.Numune	1900	3020	63
	3.Numune	1920	3000	64
B	1.Numune	2050	3194	64
	2.Numune	2030	3173	64
	3.Numune	2000	3180	63
C	1.Numune	1850	2924	63
	2.Numune	1875	2956	63
	3.Numune	1870	2960	63
D	1.Numune	1830	3074	60
	2.Numune	1845	2972	62
	3.Numune	1840	2980	62

**Tablo 5.8.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 19cm) olan kil kagir birimlerin tasarlanarak oluşturulmuş boşluklarının hacimlerinin toplamının ( $V_{s,u}$ ), kagir birimlerin brüt hacimlerine ( $V_{g,u}$ ), yüzdece oranları

Firma Adı ve Numune no		$V_{s,u}$ Boşluk hacimleri ( $cm^3$ )	$V_{g,u}$ Brüt hacimler ( $cm^3$ )	$V_{s,u} / V_{g,u}$ (%)
A	1.Numune	3215	4837	67
	2.Numune	3195	4899	65
	3.Numune	3200	4840	66
B	1.Numune	3335	4822	69
	2.Numune	3315	4736	70
	3.Numune	3320	4780	70
C	1.Numune	3120	4665	67
	2.Numune	3135	4703	67
	3.Numune	3130	4700	67
D	1.Numune	3170	4883	65
	2.Numune	3155	4881	66
	3.Numune	3160	4880	65

**Tablo 5.9.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimlerin tasarlanarak oluşturulmuş boşluklarının hacimlerinin toplamının ( $V_{s,u}$ ), kagir birimlerin brüt hacimlerine ( $V_{g,u}$ ) yüzdece oranları

Firma Adı ve Numune no		$V_{s,u}$ Boşluk hacimleri ( $cm^3$ )	$V_{g,u}$ Brüt hacimler ( $cm^3$ )	$V_{s,u} / V_{g,u}$ (%)
A	1.Numune	5040	7604	66
	2.Numune	5025	7578	66
	3.Numune	5000	7550	66
B	1.Numune	4995	7159	70
	2.Numune	4975	7029	69
	3.Numune	4980	7100	70
C	1.Numune	5060	7446	68
	2.Numune	5050	7199	70
	3.Numune	5050	7170	70
D	1.Numune	4990	7366	68
	2.Numune	4980	7432	67
	3.Numune	4985	7430	67

### 5.3.2. Kagir birimlerdeki kavrama deliklerinin toplam hacminin kagir birimin brüt hacmine (uzunluk x genişlik x yükseklik) yüzdece oranı

(13,5cm x 19cm x 29cm) anma boyutlu düşey delikli kagir birimlerin kavrama deliklerinin toplam hacimleri TS EN 772-9'a göre kum metoduyla hesaplanmıştır. Brüt hacimler TS EN 772-16' ya göre hesaplanmıştır. Yüzdece oranlar Tablo 5.10'da verilmiştir.

**Tablo 5.10.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan düşey delikli kil kagir birimlerin kavrama deliklerinin toplam hacminin birimlerin brüt hacmine yüzdece oranları

Firma Adı ve Numune no		V <sub>s,u</sub> Boşluk hacimleri (cm <sup>3</sup> )	V <sub>g,u</sub> Brüt hacimler (cm <sup>3</sup> )	V <sub>s,u</sub> /V <sub>g,u</sub> (%)
A	1.Numune	1080	7604	14
	2.Numune	1050	7578	14
	3.Numune	1060	7580	14
B	1.Numune	1050	7159	15
	2.Numune	1085	7029	15
	3.Numune	1080	7100	15
C	1.Numune	1070	7446	14
	2.Numune	1080	7199	15
	3.Numune	1060	7230	15
D	1.Numune	1050	7366	14
	2.Numune	985	7432	13
	3.Numune	1030	7380	14

### 5.3.3. Tasarlanarak oluşturulmuş bütün boşluklardan en büyüğünün aynı kagir birimin brüt hacmine (uzunluk x genişlik x yükseklik) yüzdece oranı

Bu deneyde dikkate alınacak kagir birimler, düşey delikli ve kavrama deliği bulunan kagir birimlerdir. Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan düşey delikli kagir birimler için tasarlanarak oluşturulmuş en büyük boşluk, iki adet kavrama deliklerinden büyük olanıdır. Kavrama deliklerinden en büyüğünün hacmi, TS EN772-

9’da belirtilen kum metoduyla hesaplanmıştır. Brüt hacimler yine TS EN 772-16’ya göre hesaplanmıştır. En büyük boşlukların brüt hacimlere oranları Tablo 5.11’de verilmiştir.

**Tablo 5.11.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan düşey delikli kil kağır birimlerin tasarlanarak oluşturulmuş en büyük boşluklarının brüt hacme yüzdece oranı

Firma Adı ve Numune no		Vs,max En büyük boşluk hacmi (cm <sup>3</sup> )	Vg,u Brüt hacimler (cm <sup>3</sup> )	Vs,max/Vg,u (%)
A	1.Numune	530	7600	7
	2.Numune	530	7580	7
	3.Numune	540	7570	7
B	1.Numune	460	7160	6
	2.Numune	500	7210	7
	3.Numune	480	7200	6
C	1.Numune	520	7450	7
	2.Numune	500	7200	7
	3.Numune	500	7300	7
D	1.Numune	500	7370	7
	2.Numune	525	7430	7
	3.Numune	510	7410	7

### 5.3.4. Bir döşeme yüzündeki boşluk alanlarının kagir birimin döşeme yüzeyinin alanına (yüzdece) oranı

Bu deneyde anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19 cm), (13,5cm x 19cm x 19cm) ve (13,5cm x 19 cm x 29 cm) olan kil kagir birimler kullanılmıştır. Numune alma işlemi TS EN 771-1'deki Ek A'ya göre yapılmıştır. Deneyde, (8,5cm x 19 cm), (13,5cm x 19 cm) ve (19cm x 29 cm) anma boyutlu delikli yüzeyler döşeme yüzü olarak kabul edilmiştir. Deney sonuçlarını içeren Tablo 5.12, Tablo 5.13, ve Tablo 5.14'te verilmiştir.

**Tablo 5.12.** Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19 cm) olan kil kagir birimlerin döşeme yüzündeki boşluk alanlarının ( $A_{s,u}$ ), kagir birimlerin döşeme yüzeyi alanına ( $A$  yüzey) yüzdece oranları

Firma Adı ve Numune no		$A_{s,u}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{yüzey}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{s,u} / A$ (%)
A	1.Numune	100,5	162,4	62
	2.Numune	100	159,0	63
	3.Numune	98	160	61
B	1.Numune	107,9	169,0	64
	2.Numune	106,8	166,2	64
	3.Numune	107,5	168,0	64
C	1.Numune	97,4	160,7	61
	2.Numune	98,7	160,7	61
	3.Numune	98,0	161,0	61
D	1.Numune	96,3	167,0	58
	2.Numune	97,1	160,7	60
	3.Numune	96,8	162,0	60

**Tablo 5.13.** Anma boyutları (13,5 cm x 19cm x 19cm) olan kil kağır birimlerin döşeme yüzündeki boşluk alanlarının (As,u) kağır birimlerin döşeme yüzeyi alanına (Ayüzey) yüzdece oranları

Firma Adı ve Numune No		As,u (cm <sup>2</sup> )	Ayüzey (cm <sup>2</sup> )	As,u / Ayüzey (%)
A	1.Numune	169,2	262,2	65
	2.Numune	168,2	262,2	64
	3.Numune	168,5	262,4	64
B	1.Numune	175,5	252,1	70
	2.Numune	174,5	255,3	68
	3.Numune	175,0	255,4	69
C	1.Numune	164,2	259,4	63
	2.Numune	165,0	255,3	65
	3.Numune	166,0	256,0	65
D	1.Numune	166,8	266,7	63
	2.Numune	166,1	258,1	64
	3.Numune	164,0	257,4	64

**Tablo 5.14.**Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kağır birimlerin döşeme yüzlerindeki boşluk alanlarının(As,u), kağır birimlerin döşeme yüzeyi alanına (Ayüzey) yüzdece oranları

Firma Adı ve Numune No		As,u (cm <sup>2</sup> )	Ayüzey (cm <sup>2</sup> )	As,u/ Ayüzey (%)
A	1.Numune	373,3	563,3	66
	2.Numune	372,2	561,3	66
	3.Numune	371,0	562,4	66
B	1.Numune	370,0	530,3	70
	2.Numune	368,5	534,0	69
	3.Numune	369,2	535,0	69
C	1.Numune	374,8	551,6	68
	2.Numune	374,1	533,3	70
	3.Numune	374,4	538,0	70
D	1.Numune	369,6	546,6	68
	2.Numune	368,9	550,5	67
	3.Numune	369,2	547,2	67

### 5.3.5. Kil kagir birimlerin döşeme yüzüne göre enine ve boyuna yönde iç ve dış cidar kalınlıkları

Deney konusu kil kagir birimler için, enine ve boyuna iç ve dış et kalınlıkları, 1 mm hassasiyetli kumpas kullanılarak ve TS EN 772-16 dikkate alınarak hesaplanmıştır. Her kagir birim için yapılan ölçümlerde dış ve iç cidar kalınlıklarının ortalamaları alınmış ve sonuçlar 0,2 mm'ye yuvarlanmıştır. Numune takımını temsil eden değerler için, her numune takımına ait ortalama değerler, o numune takımındaki her bir kagir birimin ortalama değerlerinin ortalamaları alınarak bulunmuştur. Sonuçlar 0,5 mm'ye yuvarlanarak Tablo 5.15, Tablo 5.16, ve Tablo 5.17, Tablo 5.18, Tablo 5.19ve Tablo 5.20' de verilmiştir.

**Tablo 5.15.**Anma boyutları (8,5cm x 19cm x19cm) olan numune takımları için döşeme yüzüne göre enine yönde ortalama iç ve dış cidar kalınlıkları

Firma Adı ve Numune No		Enine Yönde İç ve Dış Et Kalınlıkları		Ortalama Değerler (mm)	
		İç Cidar (mm)	Dış Cidar (mm)	İç Cidar	Dış Cidar
A	1.Numune	4,4	4	4,0	4,0
	2.Numune	3,8	3,6		
	3.Numune	4,1	3,8		
B	1.Numune	5,6	5,0	5,0	5,5
	2.Numune	4,2	5,8		
	3.Numune	4,6	5,4		
C	1.Numune	4,4	6,2	4,0	5,5
	2.Numune	3,8	4,8		
	3.Numune	4,2	5,4		
D	1.Numune	4,4	4,4	4,0	4,0
	2.Numune	3,6	2,6		
	3.Numune	4,2	4,8		

**Tablo 5.16.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x19cm) olan numune takımları için döşeme yüzüne göre enine yönde ortalama iç ve dış cidar kalınlıkları

Firma Adı ve Numune No		Enine Yönde İç ve Dış Et Kalınlıkları		Ortalama Değerler (mm)	
		İç Cidar (mm)	Dış Cidar (mm)	İç Cidar	Dış Cidar
A	1.Numune	6,2	6,6		
	2.Numune	4,0	6,0		
	3.numune	5,0	6,4		
B	1.Numune	4,4	4,6	4,5	5,0
	2.Numune	4,6	5,8		
	3.Numune	4,6	5,6		
C	1.Numune	4,0	5,0	5,0	5,0
	2.Numune	5,8	6,2		
	3.Numune	5,6	5,8		
D	1.Numune	4,8	6,6	5,0	6,5
	2.Numune	4,6	6,2		
	3.Numune	4,8	6,2		

**Tablo 5.17.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x29cm) olan numune takımları için döşeme yüzüne göre enine yönde ortalama iç ve dış cidar kalınlıkları

Firma Adı ve Numune No		Enine Yönde İç ve Dış Et Kalınlıkları		Ortalama Değerler (mm)	
		İç Cidar (mm)	Dış Cidar (mm)	İç Cidar	Dış Cidar
A	1.Numune	4,8	8,8		
	2.Numune	5,0	6,2		
	3.Numune	5,0	7,2		
B	1.Numune	5,8	6,6	6,0	6,5
	2.Numune	5,8	6,2		
	3.Numune	5,6	6,4		
C	1.Numune	4,6	6,6	5,0	7,0
	2.Numune	5,8	7,0		
	3.Numune	5,2	6,8		
D	1.Numune	5,4	5,0	5,5	6,0
	2.Numune	5,6	7,2		
	3.Numune	5,6	6,2		

**Tablo 5.18.** Anma Boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) olan numune takımları için, boyuna yönde ortalama iç ve dış cidar kalınlıkları

Firma Adı ve Numune No		Boyuna yönde dış ve iç et kalınlıkları		Ortalama Değerler (mm)	
		İç Cidar (mm)	Dış Cidar (mm)	İç Cidar	Dış Cidar
A	1.Numune	5,6	2,8	6,0	4,0
	2.Numune	6,0	5,2		
	3.Numune	5,8	4,2		
B	1.Numune	4,8	6,8	4,0	6,0
	2.Numune	3,6	4,6		
	3.Numune	4,2	5,8		
C	1.Numune	5,8	7,2	6,0	6,5
	2.Numune	5,6	6,2		
	3.Numune	5,8	6,8		
D	1.Numune	6,0	5,4	6,0	5,5
	2.Numune	6,0	5,4		
	3.Numune	5,8	5,2		

**Tablo 5.19.** Anma Boyutları (13,5cm x 19cm x 19cm) olan numune takımları için boyuna yönde ortalama iç ve dış cidar kalınlıkları

Firma Adı ve Numune No		Boyuna yönde iç ve dış et kalınlıkları		Ortalama Değerler (mm)	
		İç Cidar (mm)	Dış Cidar (mm)	İç Cidar	Dış Cidar
A	1.Numune	5,6	7,0	5,5	7,0
	2.Numune	5,6	7,0		
	3.Numune	5,4	7,2		
B	1.Numune	6,2	6,2	6,0	6,5
	2.Numune	5,4	6,8		
	3.Numune	6,6	6,6		
C	1.Numune	5,0	6,6	5,5	7,0
	2.Numune	5,8	7,2		
	3.Numune	5,4	7,0		
D	1.Numune	5,6	6,6	5,5	7,0
	2.Numune	5,8	7,2		
	3.Numune	5,8	7,0		

**Tablo 5.20.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x29cm) olan numune takımları için boyuna yönde ortalama iç ve dış cidar kalınlıkları

Firma Adı ve Numune No		Boyuna yönde iç ve dış et kalınlıkları		Ortalama Değerler (mm)	
		İç Cidar (mm)	Dış Cidar (mm)	İç Cidar	Dış Cidar
A	1.Numune	4,6	7,6	4,5	6,5
	2.Numune	4,4	5,8		
	3.Numune	4,6	6,2		
B	1.Numune	4,0	5,8	4,0	5,5
	2.Numune	4,0	5,2		
	3.Numune	4,2	5,6		
C	1.Numune	4,8	5,2	4,5	6,0
	2.Numune	4,6	6,8		
	3.Numune	4,8	6,2		
D	1.Numune	3,4	5,2	3,5	5,5
	2.Numune	3,8	5,6		
	3.Numune	3,6	5,4		

#### 5.4. Kagir birimlerin döşeme yüzüne göre boyuna yöndeki dış ve iç et kalınlıkları toplamının kagir birimin döşeme yüzüne göre genişliğine (yüzdece) oranı

**Tablo 5.21.**Anma boyutları(8,5cm x 19cm x 19cm) olan kagir birimlerin döşeme yüzünün uzunluğuna paralel yönde dış ve iç et kalınlıkları toplamının kagir birimin döşeme yüzüne göre genişliğine (yüzdece) oranı

Firma Adı ve Numune No	Boyuna yöndeki et kalınlıkları toplamı (mm)	Kagir Birimlerin Genişliği (mm)	Toplam et kalınlıklarının kagir birimin genişliğe oranları (%)
A	1.Numune	16,5	19
	2.Numune	22,0	26
	3.Numune	18,6	22
B	1.Numune	23,0	26
	2.Numune	16,0	18
	3.Numune	18,0	21
C	1.Numune	26,0	31
	2.Numune	23,0	27
	3.Numune	24,2	28
D	1.Numune	23,0	27
	2.Numune	22,5	26
	3.Numune	22,8	27

**Tablo 5.22.**Anma boyutları (13,5cm x 19cm x19cm) olan kagir birimlerin döşeme yüzüne göre boyuna yöndeki dış ve iç kalınlıkları toplamının kagir birimin döşeme yüzüne göre genişliğine (yüzdece) oranı

Firma Adı ve Numune No		Boyuna yöndeki et kalınlıkları toplamı (mm)	Kagir Birimlerin Genişliği (mm)	Toplam et kalınlıklarının kagir birimin genişliğe oranları (%)
A	1.Numune	31,0	134	23
	2.Numune	27,0	135	20
	3.Numune	28,0	135	21
B	1.Numune	30,5	135	23
	2.Numune	29,5	134	22
	3.Numune	30,0	135	22
C	1.Numune	28,0	132	21
	2.Numune	34,0	131	26
	3.Numune	32,0	132	24
D	1.Numune	30,0	136	22
	2.Numune	32,0	133	24
	3.Numune	32,0	135	24

**Tablo 5.23.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x29cm) olan kagir birimlerin döşeme yüzüne göre boyuna yöndeki dış ve iç kalınlıkları toplamının kagir birimin döşeme yüzüne göre genişliğine (yüzdece) oranı

Firma Adı ve Numune No		Boyuna yöndeki et kalınlıkları toplamı (mm)	Kagir Birimlerin Genişliği (mm)	Toplam et kalınlıklarının kagir biriminin genişliğine oranları (%)
A	1.Numune	28,5	190	15
	2.Numune	23,5	190	12
	3.Numune	25,0	188	13
B	1.Numune	23,5	184	13
	2.Numune	22,5	184	12
	3.Numune	23,0	186	12
C	1.Numune	26,0	188	14
	2.Numune	27,5	185	15
	3.Numune	26,5	186	14
D	1.Numune	20,5	186	11
	2.Numune	22,5	187	12
	3.Numune	22,0	186	12

**5.5. Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm), (13,5cm x 19cm x 19 cm) ve (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimlerin döşeme yüzüne göre enine yöndeki iç ve dış et kalınlıkları toplamının kagir birimlerin uzunluğuna oranının (yüzdece) hesaplanması**

TS EN 771-1'e göre alınan kagir birim numuneler için, kagir birimlerin her birinin bir alını ile diğer alını arasındaki hayali hat boyunca döşeme yüzüne göre enine yöndeki iç ve dış et kalınlıklarının toplamı hesaplanmış ve elde edilen değerler en yakın 0,5mm'ye yuvarlanmıştır. Sonuçlar iç ve dış et kalınlıkları toplamının kagir birim uzunluğuna oranı (yüzdesi) olarak en yakın %1 mm'ye yuvarlatılmıştır. Ölçümlerde 1 mm hassasiyetli kumpas kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo 5.24, Tablo 5.25 ve Tablo 5.26'da verilmiştir.

**Tablo 5.24.** Anma boyutları (8,5 cm x 19cm x 19cm) olan kil kagir birimlerin döşeme yüzüne göre enine yöndeki dış ve iç et kalınlıkları toplamının kagir birimlerin uzunluğuna yüzdece oranları

Firma Adı ve Numune No	Enine yöndeki iç ve dış et kalınlıkları toplamı (mm)	Kagir Birimlerin Uzunluğu (mm)	Toplam et kalınlıklarının kagir birimlerin uzunluklarına oranları (%)
A	1.Numune	188	35
	2.Numune	191	33
	3.Numune	190	33
B	1.Numune	190	38
	2.Numune	187	37
	3.Numune	188	37
C	1.Numune	191	32
	2.Numune	190	38
	3.Numune	188	36
D	1.Numune	187	34
	2.Numune	188	39
	3.Numune	188	36

**Tablo 5.25.** Anma boyutları (13,5 cm x 19cm x 19cm) olan kil kagir birimlerin döşeme yüzüne göre enine yöndeki dış ve iç et kalınlıkları toplamının kagir birimlerin uzunluğuna yüzde oranı

Firma Adı ve Numune No		Enine yöndeki iç ve dış et kalınlıkları toplamı (mm)	Kagir Birimlerin Uzunluğu (mm)	Toplam et kalınlıklarının kagir birimlerin uzunluklarına oranları (%)
A	1.Numune	37,6	188	20
	2.Numune	35,5	187	19
	3.Numune	36,0	188	19
B	1.Numune	26,4	190	14
	2.Numune	30,2	189	16
	3.Numune	28,2	190	15
C	1.Numune	25,6	191	13
	2.Numune	29,6	187	16
	3.Numune	27,6	188	15
D	1.Numune	32,8	189	17
	2.Numune	31,8	187	17
	3.Numune	31,2	190	16

**Tablo 5.26.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimlerin döşeme yüzüne göre enine yöndeki dış ve iç et kalınlıklarının toplamının kagir birimlerin uzunluklarına yüzdece oranı

Firma Adı ve Numune No		Enine yöndeki iç ve dış et kalınlıkları toplamı (mm)	Kagir Birimlerin Uzunluğu (mm)	Toplam et kalınlıklarının kagir birimlerin uzunluklarına oranları (%)
A	1.Numune	65,0	288	23
	2.Numune	62,0	291	21
	3.Numune	63,0	288	22
B	1.Numune	71,5	289	25
	2.Numune	69,5	287	24
	3.Numune	71,5	290	25
C	1.Numune	61,5	288	21
	2.Numune	58,0	292	20
	3.Numune	59,5	290	21
D	1.Numune	64,0	291	22
	2.Numune	70,5	288	25
	3.Numune	68,0	290	24

### 5.6. Kil Kagir Birimlerin Net Hacmi ve Boşluk Yüzdesinin Su İçerisinde Tartma Metoduyla Tayini

Deneyden amaçlanan, numunelere havada ve suda yapılan tartımlarla belirlenen kil kagir birimlerin net hacimlerinin, boyutlar kullanılarak hesaplanan brüt hacimlerden çıkarılması yoluyla boşluk hacimlerinin ve buna bağlı olarak boşluk yüzdelерinin bulunmasıdır.

Semboller:

$M_{wu}$ : Suya doygun haldeki numunenin su içerisindeki görünür kütlesi (g)

$M_{au}$  : Suya doygun numunenin havadaki kütlesi (g)

$I_u$  : Numunenin uzunluğu (mm)

$W_u$  : Numunenin genişliği (mm)

$h_u$  : Numunenin yüksekliği (mm)

$V_{gu}$ : Numunenin brüt hacmi ( $mm^3$ )

$V_{vu}$ : Numune içerisindeki boşlukların hacmi ( $mm^3$ )

$V_{nu}$  : Numunenin net hacmi ( $mm^3$ )

$\rho_w$  : Su yoğunluğu ( $g/mm^3$ ) (yaklaşık  $0,001 g / mm^3$ )

Kagir birim numunelerin her birinin uzunluğu ( $I_u$ ), genişliği ( $W_u$ ) ve yüksekliği ( $h_u$ ) TS EN 772-16'ya uygun şekilde ölçülmüştür. Her bir numune, 1 saat süreyle su haznesinin içerisine batırılmıştır (Resim 5.2.). Görünür kütlenin ( $M_{wu}$ ) belirlenmesi için 30 dakika aralıklarla su içerisinde yapılan tartımların birbirinden % 2'den fazla fark göstermemesi şartıyla numuneler sudan çıkarılarak ikinci tartım görünür kütle ( $M_{wu}$ ) olarak kaydedilmiştir. Suya doygun numunenin havadaki kütlesi ( $M_{au}$ )'nun belirlenmesi için, numuneler sudan çıkarılarak ve yüzeylerindeki serbest su nemli bezle alınarak vakit kaybetmeden tartılmıştır (Resim 5.3.). Tartımlarda numuneyi bütün olarak, kuru haldeki kütlesinin en az %1'i hassasiyetle tartmaya uygun özellikte tartı aleti kullanılmıştır (Resim 5.3).



**Resim 5.2.** Değişmez kütlenin hesabında kullanılan ızgaralı su haznesi

Numunelerin net hacmi ( $V_{nu}$ ), numunelerin havada tartımıyla bulunan kütlelerinden, su içerisindeki kütlesi çıkarılarak ( $M_{au}-M_{wu}$ ), suyun yoğunluğuna bölünmesiyle elde edilmiştir.

$$V_{nu} = (M_{au} - M_{wu}) / \rho_w \quad (5.1)$$

Numunelerin brüt hacimleri ( $V_{gu}$ ), numunelerin TS EN 772-16' ya göre ölçülmüş uzunluk ( $I_u$ ), genişlik ( $W_u$ ) ve yüksekliğinin ( $h_u$ ) çarpılmasıyla  $10^4$  mm yaklaşıklıkla bulunmuştur.

$$V_{gu} = I_u \times W_u \times h_u \quad (5.2)$$

Boşluk hacimleri ( $V_{vu}$ ) aşağıda verilen bağıntıyla bulunmuştur.

$$V_{vu} = V_{gu} - V_{nu} \quad (5.3)$$

Boşlukların yüzdesi aşağıda verilen bağıntıyla bulunmuştur.

$$(V_{vu} - V_{gu}) \times 100 \% \text{ Boşluk yüzdesi } \%1 \text{ yaklaşımla hesaplanmıştır. } (5.4.)$$



**Resim 5.3.** Suya doymun haldeki numunelerin havadaki kütlelerinin bulunmasında kullanılan tartı aleti

**Tablo 5.27.** Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) olan kagir birim numunelere ait net hacim ve boşluk yüzdeleri

Firma Adı ve Numune No		Mwu (g)	Mau (g)	Vnu (cm <sup>3</sup> )	Vgu (cm <sup>3</sup> )	Vvu (cm <sup>3</sup> )	Boşluk Yüzdesi (%)
A	1.Numune	1242	2284	1040	3040	2000	66
	2.Numune	1233	2307	1080	2930	1850	63
	3.Numune	1240	2290	1060	2950	1950	66
B	1.Numune	1091	2134	1040	3200	2160	68
	2.Numune	1086	2156	1070	3170	2100	67
	3.Numune	1090	2140	1060	3170	2110	67
C	1.Numune	1204	2177	970	2910	1940	67
	2.Numune	1218	2189	970	2950	1980	67
	3.Numune	1215	2160	980	2940	1950	66
D	1.Numune	1186	2193	1010	3040	2030	70
	2.Numune	1177	2209	1030	2970	1940	65
	3.Numune	1180	2202	1020	2980	1970	66

**Tablo 5.28.**Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 19cm) olan kagir birim numunelere ait net hacim ve boşluk yüzdeleri

Firma Adı ve Numune No		Mwu (g)	Mau (g)	Vnu (cm <sup>3</sup> )	Vgu (cm <sup>3</sup> )	Vvu (cm <sup>3</sup> )	Boşluk Yüzdesi (%)
A	1.Numune	1768	3261	1490	4830	3340	70
	2.Numune	1779	3272	1490	4890	3400	69
	3.Numune	1775	3265	1490	4860	3380	70
B	1.Numune	1520	2967	1450	4810	3360	70
	2.Numune	1542	3010	1470	4720	3250	69
	3.Numune	1530	2985	1470	4790	3280	68
C	1.Numune	1685	3117	1430	4640	3210	69
	2.Numune	1672	3129	1460	4740	3280	69
	3.Numune	1680	3125	1450	4720	3260	69
D	1.Numune	1686	3118	1430	4890	3460	71
	2.Numune	1694	3126	1430	4790	3360	70
	3.Numune	1690	3122	1440	4820	3420	71

**Tablo 5.29.**Anma Boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kagir birim numunelere net hacim ve boşluk yüzdeleri

Firma Adı ve Numune No		Mwu (g)	Mau (g)	Vnu (cm <sup>3</sup> )	Vgu (cm <sup>3</sup> )	Vvu (cm <sup>3</sup> )	Boşluk Yüzdesi (%)
A	1.Numune	2627	5078	2450	7580	5130	68
	2.Numune	2619	5106	2490	7580	5090	67
	3.Numune	2620	5110	2480	7570	5120	68
B	1.Numune	2279	4303	2030	7160	5130	72
	2.Numune	2267	4326	2060	7200	5140	71
	3.Numune	2270	4320	2040	7180	5140	72
C	1.Numune	2312	4374	2060	7410	5350	72
	2.Numune	2319	4396	2080	7160	5080	71
	3.Numune	2320	4380	2070	7230	5200	72
D	1.Numune	2225	4239	2020	7330	5310	73
	2.Numune	2241	4261	2020	7400	5380	73
	3.Numune	2230	4250	2020	7350	5380	73

### 5.7. Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm), (13,5cm x 19cm x 19cm) ve (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimlerin su emme miktarlarının tayini

Numune alma işlemi, TS EN771-1'e uygun şekilde yığından numune alma yöntemine göre yapılmıştır. Kagir birim numuneler, hava dolaşımli etüv içerisinde 105°C sıcaklıkta sabit kütleye ulaşınca kadar kurutulmuştur. Kurutma işlemi sırasında 24 saat aralıklarla yapılan ardışık tartımlarla belirlenen kütle farkı, toplam kütleye göre %2'den fazla değilse, sabit kütleye ulaşıldığı anlaşılmaktadır.

Numunelerin sabit kütleleri ( $m_d$ ) belirlendikten sonra su haznesine, bütün yüzeylerinde serbest su dolaşımına imkan verecek şekilde konulmuştur. Kagir birimler, su içerisinde, TS EN 771-1 Ek-C'ye göre 24 saat bekletilmiş ve sudan çıkarılarak tartılmış ve kütleler ( $m_w$ ) kaydedilmiştir. Kütleleri saptarken %1 g hassasiyetli teraziden yararlanılmıştır (Resim 5.4).

Her bir kagir birimin su emmesi ( $W_m$ ), aşağıda verilen bağıntı kullanılarak hesaplanmış ve en yakın %1'e yuvarlatılarak kaydedilmiştir. Numune takımının ortalaması hesaplanmış ve yine en yakın %1'e yuvarlanmıştır.

$$W_m = (m_w - m_d) / m_d \quad (5.5)$$

(5.5) Bağıntısı 100 ile çarpılarak her bir numunenin su emmesi yüzde olarak hesaplanmıştır. Numune takımı için ortalama değerler bulunmuştur. Resim 5.3'te su emme deneyi için kullanılan 1 g doğrulukla tartım yapan tartı alet görülmektedir. Sonuçlar Tablo 5.30, Tablo 5.31 ve Tablo 5.32'de gösterilmiştir.



**Resim 5.4.** Kagit birimlerin su emme deneyi için 1 g doğrulukla tartımı

**Tablo 5.30.** Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm)olan kil kagit birimlerin su emme yüzdeleri

Firma Adı ve Numune No	$m_w$	$m_d$	$W_m$ (%)	Numune Takımına ait ort. değerler (%)	
A	1.Numune	2199,3	1924,8	13	14
	2.Numune	2204,1	1906,6	13	
	3.Numune	2200,4	1915,4	15	
B	1.Numune	2215,3	1916,3	13	114
	2.Numune	2209,2	1926,4	13	
	3.Numune	2213,4	1918,7	15	
C	1.Numune	2222,9	1919,5	14	14
	2.Numune	2181,1	1903,3	13	
	3.Numune	2192,5	1916,2	14	
D	1.Numune	2218,8	1908,4	14	15
	2.Numune	2224,5	1915,2	14	
	3.Numune	2223,2	1909,5	16	

**Tablo 5.31.**Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 19cm) olan kil kagir birim numunelerin su emme yüzdeleri

Firma Adı ve Numune No		$m_w$	$m_d$	$W_m$ (%)	Numune Takımına ait ort. değerler (%)
A	1.Numune	3332,4	2912,9	13	13
	2.Numune	3310,7	2913,5	12	
	3.Numune	3320,5	2913,2	14	
B	1.Numune	3157,5	2718,6	14	15
	2.Numune	3145,8	2696,7	16	
	3.Numune	3150,3	2705,6	16	
C	1.Numune	3191,2	2708,5	15	15
	2.Numune	3205,7	2754,0	14	
	3.Numune	3202,5	2735,8	17	
D	1.Numune	3318,1	2707,6	18	19
	2.Numune	3316,1	2714,6	18	
	3.Numune	3316,4	2708,4	22	

**Tablo 5.32.**Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birim numunelerin su emme yüzdeleri

Firma Adı ve Numune No		$m_w$	$m_d$	$W_m$ (%)	Numune Takımına ait ort. değerler (%)
A	1.Numune	5068,4	4453,1	12	12
	2.Numune	5076,8	4450,8	12	
	3.Numune	5072,5	4452,7	14	
B	1.Numune	4329,5	3587,4	17	18
	2.Numune	4353,5	3634,8	17	
	3.Numune	4346,9	3610,6	20	
C	1.Numune	4336,2	3617,5	17	18
	2.Numune	4381,5	3664,9	16	
	3.Numune	4369,8	3627,6	20	
D	1.Numune	4378,6	3665,1	16	17
	2.Numune	4354,7	3670,3	16	
	3.Numune	4368,7	3668,9	19	

**5.8. Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm), (13,5cm x 19cm x 19cm) ve (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimlerin boşluk hacmi ve yüzdesi ile net hacimlerinin kum doldurma metoduyla tayini**

Bu deney, kagir birim içerisindeki boşluk hacimlerinin, bu boşlukları doldurmak için gerekli kum hacminin ölçülmesi yoluyla belirlenmesi işlemini kapsar.

$V_{n,u}$ : Numunenin net hacmi ( $10^4 \text{ mm}^3$ )

$V_{s,u}$ : Numunenin boşluk hacmi ( $10^4 \text{ mm}^3$ )

$V_{g,u}$ : Numunenin net hacmi ( $10^4 \text{ mm}^3$ )

Deneye başlamadan önce, imalat esnasında kagir birim yüzeyine yapışmış olan gevşek malzeme temizlenmiştir. Deneyde kullanılacak kum için 1mm gözlü ve 0,5 mm gözlü elekler kullanılmıştır (Resim 5.5). Havada kurutulmuş kagir birim, esnek levha üzerine boşlukların açık kısmı üste gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Ölçülü cam silindir, kuru kum ile doldurularak kum hacmi hassas bir şekilde ölçülmüş ve ölçülen değer kaydedilmiştir. Kagir birimin boşlukları, ölçülü silindirden kum dökülmek suretiyle doldurulmuştur (Resim 5.6). Silindir ucu, boşluk üst yüzüne mümkün olduğu kadar yakın olacak şekilde kum kesintisiz olarak akıtılmış ve fazla kum sıyrılarak yüzey düzenlenmiştir. Sıyrılarak alınan fazla kum, ölçülü silindir içerisine tekrar konarak boşlukları doldurmada kullanılan kum hacmi ( $V_{s,u}$ )  $10^4 \text{ mm}^3$  yaklaşıklıkla belirlenmiştir.

Kagir birim brüt hacmi ( $V_{g,u}$ ) birimin TS EN 772-16'ya göre ölçülen uzunluk ( $I_u$ ), genişlik ( $W_u$ ) ve yükseklik ( $h_u$ ) değerlerinin çarpımıyla hesaplanmıştır.

$$V_{g,u} = I_u \times W_u \times h_u \quad (5.6)$$

Kagir birimlerin net hacmi ( $V_{n,u}$ ) hesaplanmış ve en yakın  $10^4 \text{ mm}^3$ 'e yuvarlanmıştır.

$$V_{n,u} = V_{g,u} - V_{s,u} \quad (5.7)$$

Boşluk yüzdesi (%), ( $V_{s,u} / V_{g,u}$ ) bağıntısıyla hesaplanmıştır.

Sonuçlar Tablo 5.33, Tablo 5.34 ve Tablo 5.35'te gösterilmiştir..



**Resim 5.5.** Net hacim ve boşluk yüzdelerinin tespitinde kullanılan elenmiş kum



**Resim 5.6.** Kum doldurma metodunda kullanılan elenmiş kum ve ölçü aleti

**Tablo 5.33.** Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) olan kil kagir birimlerin kum metoduyla bulunan net hacim ve boşluk yüzdeleri

Firma Adı ve Numune No		Vg,u (cm <sup>3</sup> )	Vs,u (cm <sup>3</sup> )	Vn,u (cm <sup>3</sup> )	(Vs,u / Vg,u) (%)
A	1.Numune	3040	1910	1130	63
	2.Numune	2930	1900	1030	65
	3.Numune	3020	1900	1080	63
B	1.Numune	3200	2050	1150	64
	2.Numune	3170	2030	1140	64
	3.Numune	3190	2050	1140	64
C	1.Numune	2910	1850	1060	64
	2.Numune	2950	1880	1070	64
	3.Numune	2930	1870	1060	64
D	1.Numune	3040	1830	1210	60
	2.Numune	2970	1850	1120	62
	3.Numune	3000	1850	1160	62

**Tablo 5.34.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 19cm) olan kil kagir birimler için kum metoduyla net hacim ve boşluk yüzdeleri

Firma Adı ve Numune No		Vg,u (cm <sup>3</sup> )	Vs,u (cm <sup>3</sup> )	Vn,u (cm <sup>3</sup> )	(Vs,u / Vg,u) (%)
A	1.Numune	4830	3220	1610	67
	2.Numune	4890	3200	1690	65
	3.Numune	4860	3190	1650	66
B	1.Numune	4810	3340	1470	69
	2.Numune	4720	3320	1400	70
	3.Numune	4780	3330	1450	70
C	1.Numune	4640	3120	1520	67
	2.Numune	4740	3140	1600	66
	3.Numune	4700	3140	1570	67
D	1.Numune	4890	3170	1720	65
	2.Numune	4790	3160	1630	66
	3.Numune	4820	3160	1690	66

**Tablo 5.35.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimler için kum metoduyla bulunan net hacim ve boşluk yüzdeleri

Firma Adı ve Numune No	V <sub>g,u</sub> (cm <sup>3</sup> )	V <sub>s,u</sub> (cm <sup>3</sup> )	V <sub>n,u</sub> (cm <sup>3</sup> )	(V <sub>s,u</sub> / V <sub>g,u</sub> ) (%)	
A	1.Numune	7580	5040	2540	67
	2.Numune	7340	5030	2310	69
	3.Numune	7400	5040	2440	68
B	1.Numune	7160	5000	2160	70
	2.Numune	7200	4980	2220	69
	3.Numune	7180	4990	2170	69
C	1.Numune	7410	5060	2350	68
	2.Numune	7160	5050	2110	71
	3.Numune	7310	5060	2210	69
D	1.Numune	7330	4990	2340	68
	2.Numune	7400	4980	2420	67
	3.Numune	7340	4990	2380	68

### 5.9. Kil Kagir Birimlerin Net ve Brüt Kuru Yoğunluklarının Tayini

Bu çalışmada, anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) , (13,5cm x 19 cm x 19cm) ve (13,5cm x 19cm x 29 cm) olan kil kagir birimler kullanılmıştır. Numuneler TS EN 771-1'deki yığından numune alma işlemine uygun olarak alınmıştır. Numune adeti olarak, her üç tip için ikişer adet numune alınmıştır.

Semboller:

$l_u$ : Kagir birimin uzunluğu

$W_u$ : Kagir birimin genişliği

$h_u$  : Kagir birimin yüksekliği

$m_{o,u}$ : Kagir birimin kurutulmadan önceki kütlesi (g)

$m_{dry,u}$ : Kagir birimin değişmez kütleye kadar kurutulmadan sonraki kütlesi (g)

$V_{n,u}$  : Kagir birimin net hacmi (mm<sup>3</sup>)

$V_{g,u}$  : Kagir birimin brüt hacmi (mm<sup>3</sup>)

$\rho_{n,u}$  : Kagir birimin kuru net yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_{g,u}$  : Kagir birimin kuru brüt yoğunluğu (kg /m<sup>3</sup>)

Kil kagir birim numunelerin net ve brüt kuru yoğunluklarının bulunmasında TS EN 772-13 esas alınmıştır.

Kil kagir birim numuneler  $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa ayarlanmış etüvde, değişmez kütleye ulaşıncaya kadar kurutulmuştur (Resim 5.7.). Değişmez kütle, kurutma esnasında 24 saat aralıklarla yapılan tartımlarla belirlenen kütleler arasındaki farkın, toplam kütlein % 2'den daha az olmasıyla belirlenmiştir. Değişmez kuru kütleler ( $m_{\text{dry,u}}$ ), kaydedilmiştir

Düşey delikli kagir birimlere ait brüt hacim, kagir birimin uzunluğu, genişliği ve yüksekliği kullanılarak hesaplanan ve harçla dolacak şekilde planlanan, delik, boşluk, oyuk ve yuva hacmi çıkartılarak hesaplanmıştır. Yatay delikli numunelere ait brüt hacim için birimin uzunluk x genişlik x yükseklik çarpımıyla bulunan değer alınmıştır.



**Resim 5.7.** Kil kagir birimlerin  $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'de kurutabilen etüvde kurutulması

Kullanılan numuneler kil kagir birim olduğu için, bunlara ait net hacimler TS EN 772-3'e göre bulunmuştur. Kil kagir birimlerin net kuru yoğunlukları,  $\rho_{n,u}$  aşağıdaki(5.8) bağıntısına göre belirlenmiştir.

$$\rho_{n,u} = (m_{dry,u} / V_{n,u}) \times 10^6 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (5.8)$$

Kil kagir birim numunelerin kuru net yoğunlukları hesaplanmış ve numunelerin yoğunlukları 1000 kg /m<sup>3</sup>'ten büyük olduğu için bulunan değerler TS EN 772-13'e göre en yakın 10 kg/m<sup>3</sup>'e yuvarlanmıştır. Sonuçları içeren tablolar aşağıdadır. Kil kagir birim numuneler için brüt kuru yoğunluk (5.9) bağıntısıyla belirlenmiştir.

$$\rho_{g,u} = (m_{dry,u} / V_{g,u}) \times 10^6 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (5.9)$$

**Tablo 5.36.**Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) olan kil kagir birimlerin net hacimleri ve net kuru yoğunlukları

Firma Adı ve Numune No	$m_{dry,u}$ (kg)	$V_{n,u}$ (m <sup>3</sup> )	Net Kuru yoğunluk ( $m_{dry,u} / V_{n,u}$ ) (kg/m <sup>3</sup> )	Numune takımlarına ait ortalama net kuru yoğunluklar (kg/m <sup>3</sup> )
A	1.Numune	2,014	0,001040	2000
	2.Numune	1,908	0,001020	
	3.Numune	1,920	0,001030	
B	1.Numune	1,836	0,001020	1820
	2.Numune	1,906	0,001040	
	3.Numune	1,882	0,001040	
C	1.Numune	1,909	0,001030	1890
	2.Numune	1,905	0,00990	
	3.Numune	1,906	0,001020	
D	1.Numune	1,918	0,001050	1830
	2.Numune	1,914	0,001040	
	3.Numune	1,917	0,001040	

**Tablo 5.37.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 19cm)olan kil kağır birimlerin net hacimleri ve net kuru yoğunlukları

Firma Adı ve Numune No		$m_{dry,u}$ (kg)	Net Hacim $V_{n,u}$ ( $m^3$ )	Net Kuru yoğunluk ( $m_{dry,u} / V_{n,u}$ ) ( $kg/m^3$ )	Numune takımlarına ait ortalama net kuru yoğunluklar ( $kg/m^3$ )
A	1.Numune	2,920	0,001408	2080	2050
	2.Numune	2,911	0,001444	2020	
	3.Numune	2,915	0,001424	2050	
B	1.Numune	2,708	0,001402	1930	1830
	2.Numune	2,486	0,001438	1730	
	3.Numune	2,620	0,001436	1830	
C	1.Numune	2,700	0,001476	1830	1930
	2.Numune	2,756	0,001357	2030	
	3.Numune	2,740	0,001355	2020	
D	1.Numune	2,717	0,001410	1930	1980
	2.Numune	2,724	0,001346	2030	
	3.Numune	2,721	0,001380	1970	

**Tablo 5.38.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kağır birimlerin net hacim ve net kuru yoğunlukları

Firma Adı ve Numune No		$m_{dry,u}$ (kg)	Net Hacim $V_{n,u}$ ( $m^3$ )	Net Kuru yoğunluk ( $m_{dry,u} / V_{n,u}$ ) ( $kg/m^3$ )	Numune takımlarına ait ortalama net kuru yoğunluklar ( $kg/m^3$ )
A	1.Numune	4,449	0,002156	2050	2030
	2.Numune	4,461	0,002227	2030	
	3.Numune	4,458	0,002217	2010	
B	1.Numune	3,634	0,002039	1800	1760
	2.Numune	3,589	0,002118	1710	
	3.Numune	3,605	0,002065	1750	
C	1.Numune	3,661	0,002026	1830	1720
	2.Numune	3,615	0,002197	1720	
	3.Numune	3,630	0,002085	1590	
D	1.Numune	3,668	0,001954	1890	1880
	2.Numune	3,666	0,001945	1870	
	3.Numune	3,660	0,001954	1880	

Kağır birim numunelere ait brüt yoğunluklar  $1000 kg/m^3$ 'ten küçük olduğu için yoğunluk değerleri  $5 kg/m^3$ 'e yuvarlanmıştır. Sonuçlar Tablo 5.39, Tablo 5.31 ve Tablo 5.32'de verilmiştir.

**Tablo 5.39.** Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) olan kil kagir birimlerin brüt hacim ve brüt kuru yoğunlukları

Firma Adı ve Numune No	$m_{dry,u}$ (kg)	Brüt Hacim $V_{g,u}$ ( $m^3$ )	Brüt Kuru yoğunluk ( $m_{dry,u} / V_{g,u}$ ) ( $kg/m^3$ )	Numune takımları için ortalama brüt kuru yoğunluklar ( $kg/m^3$ )	Üretici firmaların beyanlarının ( $kg/m^3$ )	
A	1.Numune	2,024	0,003052	665	650	727
	2.Numune	1,906	0,003020	635		
	3.Numune	1,958	0,003030	645		
B	1.Numune	1,826	0,003194	575	590	640
	2.Numune	1,916	0,003173	605		
	3.Numune	1,876	0,003186	590		
C	1.Numune	1,919	0,002920	660	690	----- ---
	2.Numune	1,903	0,002956	645		
	3.Numune	1,916	0,002940	770		
D	1.Numune	1,908	0,003074	620	630	----- ---
	2.Numune	1,915	0,002972	645		
	3.Numune	1,912	0,003026	630		

**Tablo 5.40.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 19cm) olan kil kagir birimlerin brüt hacim ve brüt kuru yoğunlukları

Firma Adı ve Numune No	$m_{dry,u}$ (kg)	Brüt Hacim $V_{g,u}$ ( $m^3$ )	Brüt Kuru yoğunluk ( $m_{dry,u} / V_{g,u}$ ) ( $kg/m^3$ )	Numune takımlarına ait ortalama brüt kuru yoğunluklar ( $kg/m^3$ )	Üretici firmaların beyanları ( $kg/m^3$ )	
A	1.Numune	2,920	0,004837	605	600	659
	2.Numune	2,911	0,004899	595		
	3.Numune	2,916	0,004846	600		
B	1.Numune	2,708	0,004822	565	555	533
	2.Numune	2,486	0,004736	525		
	3.Numune	2,688	0,004730	570		
C	1.Numune	2,700	0,004665	580	585	-----
	2.Numune	2,756	0,004703	585		
	3.Numune	2,745	0,004680	585		
D	1.Numune	2,717	0,004883	560	560	-----
	2.Numune	2,724	0,004881	560		
	3.Numune	2,721	0,004882	560		

**Tablo 5.41.** Anma boyutları (13,5 cm x 19cm x 29 cm) olan kil kagir birimlerin brüt hacim ve brüt kuru yoğunlukları

Firma Adı ve Numune No	$m_{dry,u}$ (kg)	Brüt Hacim $V_{g,u}$ ( $m^3$ )	Brüt Kuru yoğunluk ( $m_{dry,u} / V_{g,u}$ ) ( $kg/m^3$ )	Üretici Firmaların Beyan Değerleri ( $kg/m^3$ )
A	1.Numune	4,449	0,002453	1820
	2.Numune	4,461	0,002315	1930
	3.Numune	4,452	0,002385	1870
B	1.Numune	3,634	0,002164	1390
	2.Numune	3,589	0,002222	1620
	3.Numune	3,621	0,002216	1630
C	1.Numune	3,661	0,002353	1560
	2.Numune	3,615	0,002111	1720
	3.Numune	3,640	0,002230	1630
D	1.Numune	3,668	0,002343	1570
	2.Numune	3,666	0,002149	1710
	3.Numune	3,664	0,002287	1600

### 5.10. Kil Kagir Birimlerde Basınç Dayanımlarının Tayini

Yukarıda belirtilen her üç tip kil kagir birim numuneler hava kurusuna şartlandırma işleminden geçirilmiştir. Numuneler, 24 saat süreyle,  $(105\pm 5)^\circ C$  sıcaklığa ayarlanabilen etüvde  $105^\circ C$ 'de kurutulmuş ve oda sıcaklığına kadar soğuması için 4 saat süreyle bekletilmiştir.

Deneye başlamadan önce kagir birimlerin yük uygulanacak yüzeylerine yapışmış haldeki herhangi atık malzeme temizlenmiştir. Kagir birimlere, yük uygulanacak yüzeylerinin her iki yöndeki 100 mm uzunluk için düzlükten sapmasının 0,1 mm'den büyük olması ve üst yüzeylerin tabana tam paralel olmaması nedeniyle başlıklama yöntemi uygulanmıştır.

Başlıklamada çimento / kum harcı kullanılmıştır. Kullanılan kumun en büyük tane büyüklüğü 1 mm olacak şekilde elekten elenmiştir (Resim 5.8). Başlıklama işleminden önce numuneler suya doygun hale getirilmiştir. Harcın asgari basınç dayanımı, en az kagir birimin basınç dayanımı kadar olacak şekilde su/çimento oranı seçilmiştir.



**Resim 5.8.** Basınç dayanım deneyi için kumun en büyük tane büyüklüğü 1mm olacak şekilde eilenmesi

Her numune, paslanmaz çelik düzgün plaka üzerine oturtulmuştur. Plaka, birbirine dik iki yöndeki yataylığı kabarcıklı düzeçle kontrol edilerek tornalı yüzeyi üste gelecek şekilde yatay bir yüzeye sıkıca yerleştirilmiştir. Plaka yüzeyi harcın yapışmasını önlemek için ince kağıt tabakasıyla kaplanmıştır. Harç yaklaşık 5 mm kalınlıkta, düzgün yayılı tabaka şeklinde tatbik edilmiştir. Numune yüzeyine temas eden harç tabakasının tüm yüzey boyunca en az 3 mm kalınlıkta olmasına dikkat edilmiştir. Harç tabakasının uzunluğu, kagir birimin boyundan yaklaşık 25 mm ve genişliği kagir birimin genişliğinden yaklaşık olarak 10 mm daha fazla olacak şekilde seçilmiştir. Numune düşey ekseninin plaka düzlemine dik olması, numunenin dört düşey yüzeyinde gönyeyle kontrol edilmiştir. Numune yüzeyine temas eden harç tabakası tüm yüzey boyunca en az 3mm kalınlıkta olacak şekilde harç tabakası teşkil edilmiştir. Kagir birimin yan yüzeylerine taşan fazla harçlar sıyrılarak temizlenmiştir. Numune ve harç tabakası nemli bezle örtüldü ve bez sürekli nemli tutulmuştur. Başlıktaki harç tabakasında kagir birime yapışmayan kısımlar veya çatlak gibi kusurların olmadığından emin olunacak şekilde incelenmiş ve diğer yüze de, aynı işlemler uygulanmıştır.



**Resim 5.9.** Kagir birim numunelere uygulanan basınç dayanım deneyi

Deney makinesinin yükleme başlıklarının yüzeyleri silinerek temizlendi. Numune üniform bir yükleme sağlanabilmesi için başlığın merkezine gelecek şekilde dikkatlice yerleştirilmiş ve TS EN 772-1'deki Çizelge 2'ye göre yükleme hızı ayarlanmıştır. Yüklemede, 200 ton kapasiteli hidrolik presten yararlanılmıştır (Resim 5.9.).

Her numune dayanımı azami yükün, yük uygulanan alana bölünmesiyle bulunmuştur. Yük uygulanan alan tespit edilirken döşeme yüzü olarak kagir birimlerin delikli yüzeyleri kullanılmıştır. Anma boyutu (8,5cm x 19cm x 19cm) ve (13,5cm x 19cm x 19cm) olan karkas tipi tuğlalar için TS EN 772-1'e paralel olarak TS EN 772-16'ya göre bulunan brüt alan kullanılmıştır. Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan düşey delikli tuğla için yine TS EN 772-1 Madde 7.4.2'ye göre brüt alanlar dikkate alınmıştır.

Brüt alan olarak ise, döşeme yüzünün tamamı, boşluklar düşülmeden dikkate alınmıştır.

Standartlaştırılmış basınç dayanımı ( $f_b$ )'nin tayini için önce, bulunan basınç dayanım değerleri hava kurusu şartlandırmaya eşdeğer basınç dayanımına çevrilmiştir. Bunun için, TS EN 772-1 Ek A'da bulunan kil kagir birimler için verilen katsayı kullanılmış ve bu katsayı 1,0 olduğu için sayısal değerler değişmemiştir. Ek A'da bulunan Çizelge A.1.'e göre şekil faktörü çarpanı ( $d$ ) her kagir birim için hesaplanmış ancak birbirine çok yakın değerler olması sebebiyle aynı anma boyutundaki her numune

için tek bir çarpan değeri dikkate alınmış ve kırılma anındaki gerilmelerle çarpılarak istenen standartlaştırılmış basınç dayanımları elde edilmiştir.

$f_b = (P_k/A_0) \times d$  (5.10) bağıntısı yardımıyla istenen  $f_b$  değerleri bulunmuştur.

Sonuçlar Tablo 5.42, Tablo 5.43 ve Tablo 5.44'te verilmiştir.

**Tablo 5.42.** Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) olan kil kagir birimlerin standartlaştırılmış basınç dayanımları

Firma Adı ve Numune No	Kırılma Yüğü Pk (N)	Dikkate alınan alan A <sub>0</sub> (mm <sup>2</sup> )	Standartlaştırılmış Dayanım (f <sub>b</sub> ) (N/mm <sup>2</sup> )	Numune takımları için ort.değerler (N/mm <sup>2</sup> )
A	1.Numune	58000	16065	5,0
	2.Numune	71000	15792	6,2
	3.Numune	66000	15960	4,1
B	1.Numune	64000	16150	5,5
	2.Numune	55000	15604	4,9
	3.Numune	59000	15987	3,7
C	1.Numune	68000	16168	5,8
	2.Numune	76000	16443	6,4
	3.Numune	69000	16335	4,2
D	1.Numune	45000	15770	4,0
	2.Numune	73000	16070	6,3
	3.Numune	48000	15978	3,0

**Tablo 5.43.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 19cm) olan kil kagir birimlerin standartlaştırılmış basınç dayanımları

Firma Adı ve Numune No	Kırılma Yüğü $P_k$ (N)	Dikkate alınan alan $A_0$ (mm <sup>2</sup> )	Standartlaştırılmış Dayanım ( $f_b$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Numune takımları için ort.değerler (N/mm <sup>2</sup> )
A	1.Numune	150000	25650	7,5
	2.Numune	109000	25326	5,6
	3.Numune	140000	25540	5,5
B	1.Numune	75000	25004	3,9
	2.Numune	81000	25840	4,0
	3.Numune	79000	25360	3,1
C	1.Numune	114000	25058	5,9
	2.Numune	76000	26167	3,7
	3.Numune	85000	26087	3,3
D	1.Numune	136000	26670	6,6
	2.Numune	128000	25810	6,4
	3.Numune	110000	26400	4,2

**Tablo 5.44.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan kil kagir birimlerin standartlaştırılmış basınç dayanımları

Firma Adı ve Numune No	Kırılma Yüğü $P_k$ (N)	Dikkate alınan alan $A_0$ (mm <sup>2</sup> )	Standartlaştırılmış Dayanım ( $f_b$ ) (N/mm <sup>2</sup> )	Numune takımları için ort. Değerler (N/mm <sup>2</sup> )
A	1.Numune	189000	54144	3,7
	2.Numune	178000	53754	3,5
	3.Numune	180000	53886	3,3
B	1.Numune	217000	53956	4,3
	2.Numune	271000	53669	5,4
	3.Numune	245000	53768	4,6
C	1.Numune	324000	54332	6,3
	2.Numune	343000	54621	6,7
	3.Numune	320000	54446	5,9
D	1.Numune	238000	54660	4,6
	2.Numune	287000	55050	5,5
	3.Numune	264000	54789	4,8

### 5.11. Döşeme Yüzlerinin Düzlüğünün Tayini Deneyi

TS EN 772-20'deki Madde 5.1'de ifade edildiği gibi ince harç tabakası ile kullanıma uygundur şeklinde beyan edilen yüzeyler için cetvel her yüzeydeki iki adet köşegen üzerine yerleştirilmiş ve kagir birim yüzeyleri ile cetvel arasındaki açıklıklar ölçülmüştür. Her bir kagir birim için her iki yüzde ölçüm yapılmış ve en büyük açıklık değeri dikkate alınmıştır. Daha sonra bu değer kagir birim için döşeme yüzlerinin düzlükten sapması olarak kayda geçirilmiştir. Bulunan değerler 0,1 mm'ye yuvarlatılarak gösterilmiştir. Sonuçlar, Tablo 5.45, Tablo 5.46 ve Tablo 5.47'de verilmiştir.

**Tablo 5.45.** Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) olan numune takımları için döşeme yüzlerinin düzlükten ortalama sapma değerleri

Firma Adı ve Numune No		1. Yüz (mm)	2. Yüz (mm)	Numune için sapma değeri (mm)	Numune takımı için ortalama değerler (mm)
A	1.Numune	1,5	2,0	2,0	1,8
	2.Numune	1,5	1,5	1,5	
	3.Numune	1,4	1,8	1,8	
B	1.Numune	1,5	2,0	2,0	2,6
	2.Numune	1,0	3,0	3,0	
	3.Numune	1,9	2,7	2,7	
C	1.Numune	1,0	1,5	1,5	2,3
	2.Numune	3,0	1,5	3,0	
	3.Numune	2,3	1,9	2,3	
D	1.Numune	4,0	4,0	4,0	2,9
	2.Numune	2,0	1,0	2,0	
	3.Numune	2,8	2,0	2,8	

**Tablo 5.46.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 19cm) olan numune takımları için döşeme yüzlerinin düzlükten ortalama sapma değerleri

Firma Adı ve Numune No		1. Yüz (mm)	2. Yüz (mm)	Numune için sapma değeri (mm)	Numune takımı için ortalama değerler (mm)
A	1.Numune	2,5	1,0	2,5	3,0
	2.Numune	3,5	1,5	3,5	
	3.Numune	3,0	1,5	3,0	
B	1.Numune	1,5	1,5	1,5	1,5
	2.Numune	1,0	1,5	1,5	
	3.Numune	1,5	1,5	1,5	
C	1.Numune	1,5	3,0	3,0	2,7
	2.Numune	2,0	2,5	2,5	
	3.Numune	1,5	2,5	2,5	
D	1.Numune	2,0	1,0	2,0	2,2
	2.Numune	2,5	1,0	2,5	
	3.Numune	2,0	1,0	2,0	

**Tablo 5.47.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan numune takımları için döşeme yüzlerinin düzlükten ortalama sapma değerleri

Firma Adı ve Numune No		1. Yüz (mm)	2. Yüz (mm)	Numune için sapma değeri (mm)	Numune takımı için ortalama değerler (mm)
A	1.Numune	3,5	2,0	3,5	2,8
	2.Numune	0,5	3,0	3,0	
	3.Numune	1,0	2,0	2,0	
B	1.Numune	0,5	0,0	0,5	1,0
	2.Numune	0,5	0,0	0,5	
	3.Numune	1,5	2,0	2,0	
C	1.Numune	2,0	0,0	2,0	1,5
	2.Numune	0,0	0,5	0,5	
	3.Numune	0,0	2,0	2,0	
D	1.Numune	0,0	0,0	0,0	2,0
	2.Numune	3,0	3,5	3,5	
	3.Numune	2,5	2,0	2,5	

## 6. SONUÇ

Üretici firmaların hiçbirinin minimum dış ve iç et kalınlığı hakkında beyanını bulunmamasına rağmen, dört firmaya ait ve ikişer adet (8,5cm x 19cm x 19cm), (13,5cm x 19cm x 19cm) ve (13,5cm x 19cm x 29cm) anma boyutlarındaki numuneler üzerinde et kalınlığı (konfigürasyon deneyi) uygulanmış ve sonuçlar TS EN 772-1 Madde 5.2.2.2. ile karşılaştırılmıştır. Madde 5.2.2.2.'de minimum iç ve dış et kalınlıkları için sayısal kriterler verilmiştir. Söz konusu maddede, minimum dış et kalınlığı için 20 mm ve minimum iç et kalınlığı için 14 mm'nin yeterli olacağı belirtilmektedir. Üretici firmalara ait değerlere bakıldığında, iç ve dış cidar kalınlıklarının 5 ila 6 mm mertebesinde olduğu ve yukarıda değinilen sayısal değerleri sağlamadığı gözlenmiştir.

Basınç dayanım deneyi sonucunda elde edilen bulgular, üretici firmaların beyanı ile karşılaştırılmıştır. Basınç dayanım deneyi sonuçları ve üretici firmaların beyanları Tablo 6.1, Tablo 6.2 ve Tablo 6.3'te gösterilmiştir.

**Tablo 6.1.** Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) olan numunelerin standartlaştırılmış basınç dayanımları ve üretici firmaların beyanları

Firma ve Numune Adı		Deneyden elde edilen basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Numune takımları için ortalama Standartlaştırılmış Basınç Dayanımı $f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	Üretici Firmanın standartlaştırılmış iş basınç dayanım beyanı (N/mm <sup>2</sup> )
A	1.Numune	5,0	5,1	1,4
	2. Numune	6,2		
	3.Numune	4,1		
B	1.Numune	5,3	4,7	2,8
	2.Numune	4,6		
	3.Numune	3,7		
C	1.Numune	5,9	5,5	-----
	2.Numune	6,6		
	3.Numune	4,2		
D	1.Numune	3,7	4,4	-----
	2.Numune	6,3		
	3.Numune	3,0		

**Tablo 6.2.** Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 19cm) olan numunelerin standartlaştırılmış basınç dayanımı ve üretici firmaların beyanları

Firma ve Numune Adı		Deneyden elde edilen basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Numune takımları için ortalama Standartlaştırılmış Basınç Dayanımı $f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	Üretici Firmanın Standartlaştırılmış basınç dayanım beyanı (N/mm <sup>2</sup> )
A	1.Numune	7,4	5,1	1,6
	2. Numune	5,4		
	3.Numune	5,5		
B	1.Numune	3,8	4,7	2,1
	2.Numune	4,1		
	3.Numune	3,1		
C	1.Numune	5,7	5,5	-----
	2.Numune	3,8		
	3.Numune	3,3		
D	1.Numune	6,6	4,4	-----
	2.Numune	6,4		
	3.Numune	4,2		

**Tablo 6.3.**Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan numunelerin standartlaştırılmış basınç dayanımları ve üretici firmaların beyanı

Firma ve Numune Adı		Deneyden elde edilen basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Numune takımları için ortalama Standartlaştırılmış Basınç Dayanımı $f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	Üretici Firmanın Standartlaştırılmış basınç dayanım beyanı (N/mm <sup>2</sup> )
A	1.Numune	3,6	3,6	4,1
	2. Numune	3,4		
	3.Numune	3,5		
B	1.Numune	4,3	4,9	4,3
	2.Numune	5,4		
	3.Numune	4,8		
C	1.Numune	6,2	6,5	-----
	2.Numune	6,8		
	3.Numune	6,5		
D	1.Numune	4,6	5,1	-----
	2.Numune	5,5		
	3.Numune	5,1		

(8,5cm x 19cm x 19cm) anma boyutlu numunelerin standartlaştırılmış basınç dayanım değerlerini içeren tablo incelendiğinde; C ve D firmalarının herhangi bir beyanının olmadığı, A ve B firmalarının da beyan edilen değerlerin üzerine çıktığı gözlenmiştir. Münferit olarak A ve B firmaları için her bir numunenin standartlaştırılmış basınç dayanımının da, beyan değerlerinin üzerinde çıktığı

gözlenmiştir.

(13,5cm x 19cm x 19cm) anma boyutlu numunelerin standartlaştırılmış basınç dayanım değerlerini içeren tablo incelendiğinde, tabloda da anlaşılacağı gibi; C ve D firmalarının beyanlarının olmadığı, A ve B firmalarının da ortalama değerlerinin beyan değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Münferit olarak her bir numunenin standartlaştırılmış basınç dayanım değerleri de firmaların beyan değerlerinden yüksektir.

(13,5cm x 19cm x 29cm) anma boyutlu numunelerin standartlaştırılmış basınç dayanım değerlerini içeren tablolara bakıldığında ise; yine C ve D firmalarının beyanlarının olmadığı ve A ve B firmalarının üretici ortalama standartlaştırılmış basınç dayanım değerlerinin beyanlardaki değerlerin üstünde oldukları görülebilir. Aynı şekilde, münferit olarak her bir numunenin standartlaştırılmış basınç dayanım değerleri de ortalama değerlerin üstünde bulunmaktadır.

Anma boyutları (8,5cm x 19cm x 19cm) olan numuneler, brüt kuru birim hacim kütleleri açısından incelendiğinde A ve B firmalarının beyanının olduğu, C ve D firmalarının ise olmadığı görülecektir. A ve B firmalarının brüt birim hacim kütlesi değerlerinin de beyan değerlerinin çok altında olduğu görülecektir. Ayrıca TS EN 771-1 Madde 5.2.3.3'teki D1 sınıfı tolerans değeri açısından incelendiğinde her iki firmanın da tolerans değerlerini aştığı ve bu kriter açısından da uygun olmadığı görülmektedir.

Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 19cm) olan numuneler, brüt kuru birim hacim kütlesi açısından incelendiğinde; C ve D firmalarının beyan değerlerinin olmadığı, A ve B firmaları açısından incelendiğinde ise B firmasının beyan değerini aştığı görülmektedir. TS EN 771-1 Madde 5.2.3.3'teki tolerans kategorisi açısından incelendiğinde A firmasının tolerans sınırını aştığı ve bu kritere de uygun olmadığı görülmektedir.

Anma boyutları (13,5cm x 19cm x 29cm) olan numuneler brüt kuru birim hacim kütleleri açısından değerlendirildiklerinde; sadece A ve B firmalarının beyan değerlerinin bulunduğu, bulunan brüt birim hacim kütlelerinin de beyan değerlerinin çok üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Döşeme yüzlerinin düzlükten sapsması ve düzlemsel paralelliği deneyi açısından bir değerlendirme yapılamamıştır. Çünkü A ve B firmaları CE belgelerinde bu değerler için sayısal kriter beyanında bulunmamış ve bu değerler için NPD uyarısı yapmıştır. C ve D firmaları ise herhangi bir beyanda bulunmamışlardır.

Dört firmanın da diğer deneylerden elde edilen sayısal kriterlerle ilgili olarak beyanları bulunmamaktadır.

## KAYNAKLAR

Özışık, G., 2000, Tuğla, Birsen Yayınevi, İstanbul, 76-96

Ekinci, C.E., 2008 Bordo Kitap, Data Yayınları, İstanbul, 342-344

Açıkel D.A., Dorum A., Altın M., 2009. Yapı Teknolojisi, Nobel Yayınları, Ankara, 152-154

TS EN 771-1 A1: 2005, Kagir Birimler – Özellikler – Bölüm1: Kil Kagir Birimler (Tuğlalar)

TS EN 772-1 Aralık 2011, Kagir birimler – Deney Yöntemleri- Bölüm 1:Basınç Dayanımının Tayini

TS EN 772-3 Kasım 2000, Kagir Birimler -Deney Metotları-Bölüm 3: Kil Kagir Birimlerin Net Hacmi ve Boşluk Yüzdesinin Su İçerisinde Tartma Metoduyla Tayini

TS EN 772-9: 2000 A1: Eylül 2005, Kagir Birimler- Deney Metotları- Bölüm 9: Kil ve Kireç Kumtaşı Kagir Birimlerin Boşluk Hacmi ve Yüzdesi ile Net Hacimlerinin Kum Doldurma Metoduyla Tayini

TS EN 772-13 Nisan 2002, Kagir Birimler – Deney Metotları – Bölüm 13: Kagir Birimlerde (Doğal Taş Hariç) Net ve Brüt Yoğunluk Tayini

TS EN 772-16 Aralık 2012, Kagir Birimler – Deney Yöntemleri – Bölüm 16: Boyutların Tayini

TS EN 772-20:2002 A1: Aralık 2005, Kagir Birimler – Deney Metotları- Bölüm 20: Kagir Birimlerde Yüzey Düzülüğünün Tayini

Bentli, İ., Uyanık, A.O., Demir, U., Şahbaz, O., “ Seyitömer Termik Santrali Uçucu Küllerinin Tuğla Katkı Maddesi Olarak Kullanımı “, Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı İzmir 2005.

S, Kızgut., Çuhadaroğlu, D., Çolak, K., “ Çatalağzı Termik Santrali Uçucu Küllerinden Tuğla Üretim Olanaklarının Araştırılması ” , Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi.

Şişman, C.B., Kocaman, İ., Gezer, E., “Tekirdağ Yöresinde Üretilen ve Tarımsal Yapılarda Yaygın Olarak Kullanılan Tuğlanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma” Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 2006.

Bideci, A.,Bideci, Ö.S., Sever, Ü., “ Farklı Hammaddelerin Tuğla Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması “ 5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu Karabük Türkiye 2009

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : AtilaŞahman  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : ÇUMRA / KONYA 08.05.1975  
**Faks** :  
**e-mail** : muhendisx6@hotmail.com

### EĞİTİM

**Lise** : Avukat Erbil Kuru Lisesi Selçuklu / Konya 1991  
**Üniversite** : Selçuk Üniversitesi İnş. Müh. Böl. Konya 1995  
**Yüksek Lisans** : Halen devam ediyor  
**Doktora** : -----

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
1999-2002	İma Mühendislik	Saha Mühendisi
2003- 2005	Eser Mühendislik	Proje Mühendisi
2006-2008	Çumra Şeker A.Ş.	Kontrol Mühendisi
2008-2010	Konya Büyükşehir Bld.	Kontrol Mühendisi
2010- 2013	Avcı Mühendislik	Şantiye Şefi
2013-2014	Avcı Mühendislik	Fenni Mesul

**UZMANLIK ALANI: YAPI**

**YABANCI DİLLER: İNGİLİZCE**