

## Borik Asit Katkılı Cephe Kaplama Tuğla Özelliklerine Pişirme Sıcaklığının Etkisi

**Araş. Gör. Gökhan Görhan<sup>1</sup>**

**Doç. Dr. İsmail Demir<sup>2</sup>**

**M. Serhat Başpınar<sup>3</sup>**

**Yrd. Doç. Dr. Erhan Kahraman<sup>4</sup>**

**Konu Başlık No: 1 Çatı ve Cephe Sistemleri ve Bileşenleri**

### ÖZET

Bu çalışmada borik asit katkılı cephe kaplama tuğla örnekleri farklı sıcaklıklarda pişirilmiş ve pişirme sıcaklığının tuğla özelliklerine yaptığı etkiler araştırılmıştır. Bu amaçla Afyonkarahisar bölgesine ait killer kullanılmış ve örnekler, uygun plastiklik suyu ile yoğrulduktan sonra metal kalıplar yardımıyla şekillendirilmiştir. Örneklerin hazırlanması sırasında bir seri katkısız olarak hazırlanırken, diğer serilere vitrifikasyonu arttırmak ve böylelikle su emme oranını azaltmak amacıyla borik asit (BA) katkısı, karışımlara % 0.5, % 1 ve % 1.5 oranlarında katılmıştır. Hazırlanan örnekler 800-900 ve 1000 °C’de olmak üzere üç farklı sıcaklıkta pişirilmiştir.

Pişmiş tuğla deney örneklerinin; su emme, porozite, birim hacim ağırlık, görünür yoğunluk, kızdırma kaybı ve basınç dayanım değerleri belirlenerek borik asit katkısının ve pişirme sıcaklığının tuğla özelliklerine yaptığı etkiler araştırılmıştır.

Sonuçta, borik asit katkısı ve pişirme sıcaklığının artırılmasıyla tuğla örneklerinin su emme ve porozite oranları azalmış, birim hacim ağırlık ve basınç dayanım değerlerinde artış gerçekleşmiştir. Cephe kaplama tuğlası olarak 1000 °C’ de pişirilen % 1 ve % 1,5 borik asit katkılı örneklerinin uygun fiziksel ve mekanik özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir.

### ANAHTAR KELİMELELER

Cephe kaplama tuğlası, pişirme sıcaklığı, borik asit, tuğla, tuğla özellikleri.

<sup>1</sup> **Gökhan Görhan** Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Merkez Afyonkarahisar, Telefon 0 272 2281311, Faks 0 272 2281319, ggorhan@aku.edu.tr

<sup>2</sup> **İsmail Demir** Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Merkez Afyonkarahisar, Telefon 0 272 2281311, Faks 0 272 2281319, idemir@aku.edu.tr

<sup>3</sup> **M. Serhat Başpınar** Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü, Merkez Afyonkarahisar, Telefon 0 272 2281311, Faks 0 272 2281319, serhat@aku.edu.tr

<sup>4</sup> **Erhan Kahraman** Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Merkez Afyonkarahisar, Telefon 0 272 2281311, Faks 0 272 2281319, ekahraman@aku.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Tuğla jeolojik terim olarak, yapay pişirme sıcaklığı ve basınç altında stabil olan metamorfik bir kayaç olarak tanımlanmaktadır. Yapı malzemesi olarak ise tuğla, kum içeren killi toprakların su ile iyice karıştırılıp yoğrularak plastik hamur haline getirilen ve sonra kalıplanıp özel fırınlarda pişirilmesiyle elde edilen bir yapı malzemesidir [1, 2]. Tuğlalar arasında en iyi bilinen, en eski olan ve en çok kullanılan pişmiş kil tuğlalarıdır [3]. Tuğlalar tüm dünyada 5000 yıldan daha fazla bir süredir yapı malzemesi olarak kullanılmış ve günümüzde de aynı amaçla hala kullanılmaktadır [4]. Tuğla duvarcılıkta yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesidir ve yük taşıma ya da bölme amaçlı olarak kullanılabilir [5].

Tuğlaların fiziksel ve kimyasal özellikleri, kil malzemesinde bulunan mineraller tarafından ve maruz kaldıkları ısı yoğunluklarından etkilenmektedir [4]. Tuğlalar yapılar da çok çeşitli nem, atmosferik gazlar ve organizmalarla ilişki içindedir. Hava şartları ve bozulmalar olarak bilinen değişimler, tuğla bünyesindeki mineralojik ve mikro-yapı değişimleri sebebiyle stabil kalmayabilir [2].

Tuğlanın kalitesi, kullanılan ham maddenin kompozisyonuna, üretim metoduna, pişirme yöntemine ve pişirme sıcaklığına bağlıdır [6]. Kil malzemelerin kimyasal ve yapısal modifikasyonu genelde pişirme süresince tuğlaların durabilite ve kimyasal özelliklerini geliştirmektedir [4].

Tuğla gibi birçok yapı malzemesi gözenekli bir yapıya sahiptir. Bu gözenekli yapılar da nem tamamen doymuş yada kuru halde olmak üzere çok farklı düzeylerde bulunabilmektedir [7]. Porozitede ki farklılıklar yapı malzemelerinin mekanik dayanıklılığını önemli derecede etkilemektedir [8]. Porozite ve özellikle gözeneklerin boyut dağılımı farklı yapı malzemeleri açısından durabilite özelliğini belirleyen önemli bir parametre olup, özellikle şiddetli hava olaylarına maruz kalan tuğlalar açısından da oldukça önemlidir. Yüksek gözenek oranına sahip ve gözenek çaplarının daha büyük olduğu yapı tuğlaları, özellikle çiçeklenme ve donma çözünme başta olmak üzere atmosferik olaylardan önemli ölçüde etkilenmektedir [9]. Porozite kadar su emme oranı da tuğlaların durabilitesini etkileyen önemli bir faktördür. Tuğla bünyesine ne kadar az su girerse tuğlanın durabilitesi ve doğaya karşı direnci artmaktadır. Bu sebeple tuğla bünyesi yoğun olmalıdır [10].

Tuğlanın dayanım kazanması amacıyla pişirme işlemi yapılmaktadır. Pişirmedeki amaç, tuğlanın hammaddesi olan kil mineralinin sinterlenmesi ve böylelikle sağlam ve stabil bir bünye elde edilmesidir. Sinterleme sürecinde yüksek enerji gereksinimlerinden dolayı tuğla bünye içerisine katılan katkıları ergitici olarak adlandırılmakta ve sinterleme için gerekli olan sıcaklığı düşürmektedir. [11].

Sinterleşme sıcaklığının düşürülmesi, tuğla bünyesinde daha az gözeneklerin oluşması ve daha yoğun bir tuğla bünyesi elde edilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada kil tuğlası üretiminde örneklere borik asit katkısı yapılmış ve cephe kaplama tuğlası olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

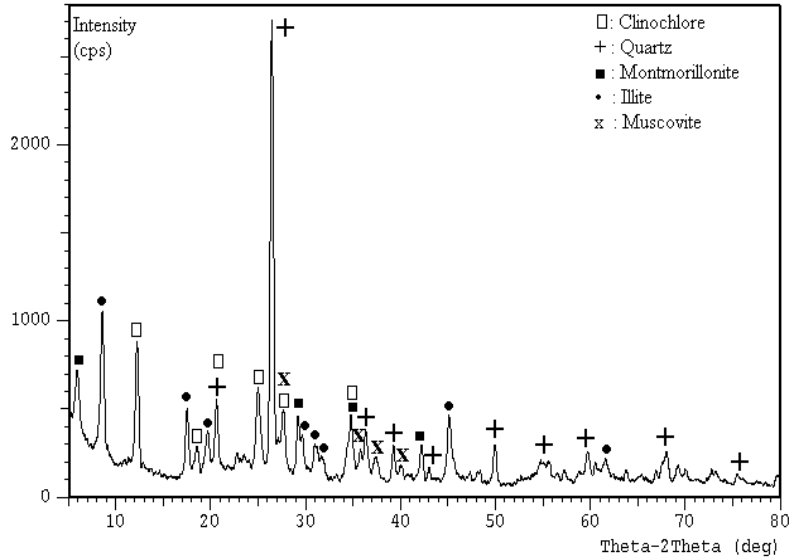
## 2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada kullanılan kil hammaddesi Afyonkarahisar’da bir tuğla fabrikasından alınmıştır. Kilde bulunan başlıca bileşiklerin  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ’ten oluştuğu ve pişirme sonucunda oluşan ağırlık kaybını ifade eden kızdırma kaybı değerinin % 8,7 olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Kilde tuğla üretiminde zararlı olabilecek oranda kireç (mak. %25), kireçtaşı parçaları, organik maddeler ve iri kayaç artıkları gibi ürünlerin olmadığı gözlenmiştir [12].

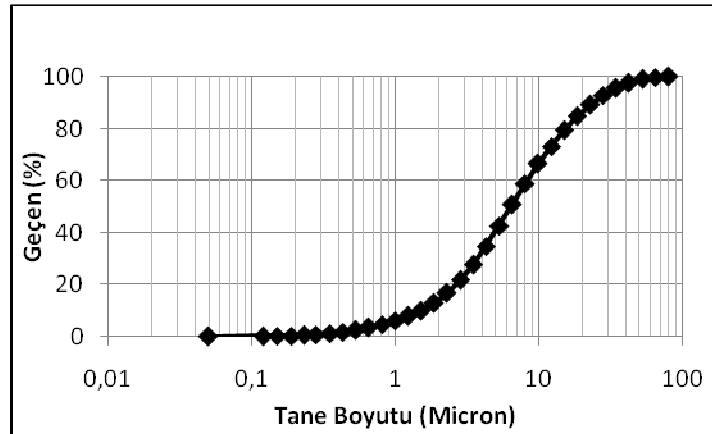
Tablo 1. Kil hammaddesine ait kimyasal analiz değerleri.

Oksit (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Kız.Kayı	Toplam
Kil	52,33	20,27	7,27	2,18	3,30	0,89	3,77	0,97	8,70	99,68

Tuğla kilinin özgül ağırlığı 2,50 gr/cm<sup>3</sup> tür. Yapılan XRD analizinde ise kil içerisinde, montmorillonit, kuvars ve muskovit mineralleri belirlenmiştir (Şekil 1). Tane boyut analizinde ise, “Master Sizer X Ver. 1.2b” marka, lazer tane boyut analiz cihazı kullanılmıştır. Kilin tane boyutu d<sub>50</sub>=7 µm olup, %98’i 100 µm’den geçmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. Kil hammaddesinin X-ışınları difraktogramı.



Şekil 2. Kil hammaddesinin lazer tane boyut analizi.

Tuğla kilinde katkı olarak kullanılan borik asit (BA), Kütahya – Emet ETİBOR işletmesinden temin edilmiştir. Borun bileşikleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan borik asit (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) beyaz bir katıdır. Erime noktası 300 – 400 °C, kaynama noktası ise 1860 °C olup [13], özgül ağırlığı 1,435 gr/cm<sup>3</sup>tür [14].

Çalışmada örneklerin üretilmesi amacıyla biri kontrol karışımı (% 100 kil) diğerleri borik asit ilaveli olmak üzere toplam dört farklı karışım hazırlanmış ve hazırlanan karışımları gösteren reçete Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Karışım oranları (Ağırlıkça).

Karışım	Kil (%)	Borik Asit (%)
A	100	-
B	99,5	0,5
C	99	1,0
D	98,5	1,5

Kil- borik asit karışımların homojenliğini sağlamak için, her bir seri ayrı ayrı olmak üzere laboratuvar tipi seramik bilyeli değirmende 30 dakika süre ile karıştırılmıştır. Karışımlara su ilave edilerek el ile sert hamur haline gelinceye kadar yoğrulmuştur. Yoğurma suyu her bir karışıma toplam malzeme ağırlığının % 20’si oranında eklenmiştir. Örnekler, 30 mm çaplı metal silindir kalıpta ve narinlik oranı (boy/çap) iki olacak şekilde manuel olarak plastik şekillendirme yöntemine uygun olarak hazırlanmıştır. Şekillendirilen örnekler bir gün süreyle laboratuvar ortamında kurumaya bırakılmış ve ardından etüvde 105 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Her karışımdan 8 adet örnek; 800, 900 ve 1000 °C’de olmak üzere üç farklı sıcaklıkta ve son sıcaklık derecesinde bir saat bekletilerek pişirilmiştir. Pişirme işlemlerinin ardından örneklerin kızdırma kaybı (ateş zayıyatı) değerleri belirlenmiştir.

Pişmiş örnekler, fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 48 saat süre ile su içinde bekletilerek suya doygun hale gelmeleri sağlanmıştır. Daha sonra örnekler TS EN 772-3[15]’e göre tartılarak; su emme, porozite, birim hacim ağırlık ve görünür yoğunluk değerleri belirlenmiştir. Örneklerin basınç dayanım testleri 5 ton kapasiteli  $\pm 500$  gr hassasiyetli bilgisayar kontrollü otomatik basınç presinde gerçekleştirilmiştir.

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

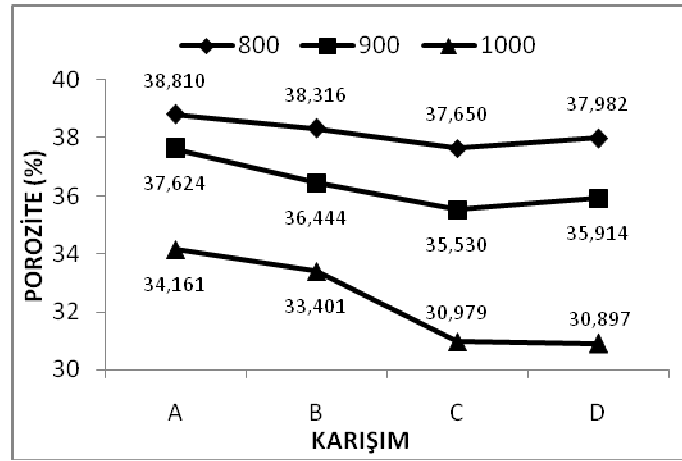
Üç farklı sıcaklıkta pişirilen örneklerin elde edilen bulgularından; kızdırma kaybı değerleri ve fiziksel özelliklerinden olan su emme, porozite, birim hacim ağırlık ve görünür yoğunluk değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Örneklerin kızdırma kaybı değerleri ve fiziksel özellikleri.

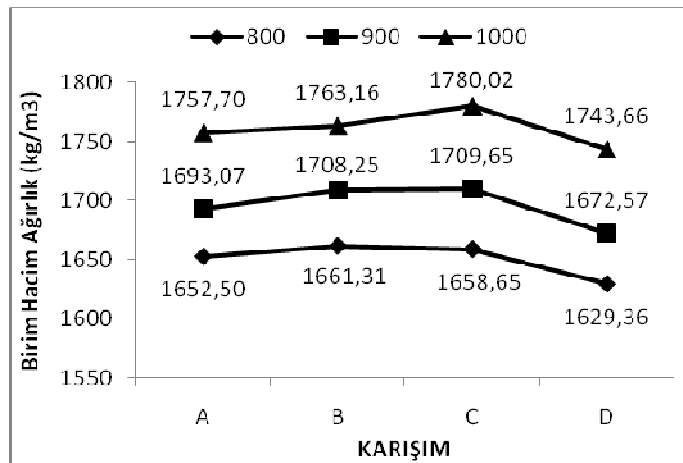
Karışım	Sıcaklık (°C)	Kızdırma Kaybı (%)	Su Emme (%)	Porozite (%)	Birim Hacim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Görünür yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )
A. Katkısız	800	8,34	23,47	38,81	1652,50	2700,62
	900	8,52	22,22	37,62	1693,07	2714,29
	1000	8,75	19,44	34,16	1757,70	2669,68
B. %0,5 BA katkılı	800	8,51	23,06	38,32	1661,31	2693,25
	900	8,64	21,33	36,44	1708,25	2687,79
	1000	8,95	18,94	33,40	1763,16	2647,42
C. %1 BA katkılı	800	8,32	22,70	37,65	1658,65	2660,24
	900	8,66	20,78	35,53	1709,65	2651,85
	1000	8,86	17,72	30,98	1780,00	2578,95
D. %1,5 BA katkılı	800	8,30	23,31	37,98	1629,36	2627,22
	900	8,55	24,47	35,91	1672,57	2609,90
	1000	8,80	17,70	30,90	1743,66	2523,27

Kızdırma kaybı hammaddede bulunan karbonatların kalsinasyonu, organiklerin yanması ve kil bünyede bağlı kimyasal suyun açığa çıkmasından kaynaklanır. Farklı sıcaklıklarda pişirilen örneklerde, pişirme sıcaklığı artışıyla birlikte daha fazla kızdırma kaybı meydana gelmiştir.

Örneklerin porozite değerleri %30,90 ile %38,81 arasında değişmektedir (Tablo 3). Poroziteyi etkileyen iki faktör pişirme sıcaklığı ve karışımlardaki BA katkı miktarıdır. Artan pişirme sıcaklığı ile birlikte porozite değerlerinde azalma gerçekleşmiştir. Aynı pişirme sıcaklık derecelerinde BA katkı örneklerin porozite değerlerini azaltmıştır (Şekil 3). Buna BA katkının sinterlemeye olan katkısının neden olduğu düşünülmektedir. Su emme, porozitenin bir fonksiyonu olup malzemenin açık gözeneklerine emdiği su miktarını ifade eder. Örneklerin su emme değerleri pişirme sıcaklığı ve BA katkı oranına göre %17,7 ile %24,47 oranında değişmektedir. Aynı sıcaklık dereceleri için BA katkı örneklerin su emme değerlerini düşürmüştür. Su emme ve gözenek oranlarındaki düşüşlerin, pişirme sıcaklığının artması ile birlikte kil bünyede bulunan alkali minerallerin ergiyerek bünyedeki mevcut gözenekleri doldurmuş olmasından kaynaklandığı (Şekil 3) düşünülmektedir. Bünye içerisinde boşluk oranlarının azalması örneklerin birim hacim ağırlık değerlerinin de artması anlamına gelmektedir (Şekil 4).



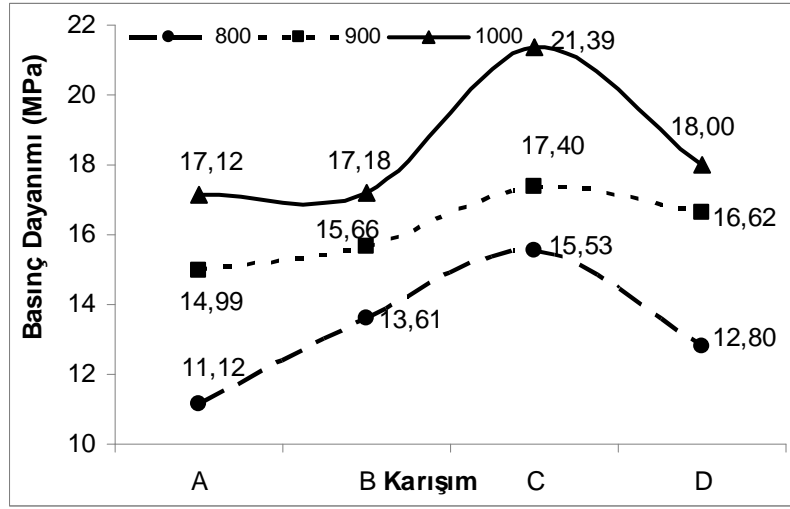
Şekil 3. Farklı sıcaklıklarda pişirilen örneklerin porozite değerleri.



Şekil 4. Örneklerin birim hacim ağırlık değerleri.

Pişirme sıcaklığındaki artış ile beraber örneklerin birim hacim ağırlık değerlerinde belirgin artışlar gerçekleşmiş (Şekil 4) ve tüm karışımlar içerisinde 1000 °C’de en yüksek birim hacim ağırlık değerleri elde edilmiştir.

D serisi örneklerinde ise tüm sıcaklıklarda birim hacim ağırlık değerleri en düşük değerleri vermiştir. Bunun nedeni olarak bu örneklerin, pişirme sürecinde açık gözeneklerin kapanarak daha fazla kapalı gözenekli bünye yapıları oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir



Şekil 5. Örneklerin basınç dayanım değerleri.

Örneklerin basınç dayanım değerleri Şekil 5’te gösterilmiştir. Basınç dayanım değerleri pişirme sıcaklığının ve BA katkı miktarının % 1’e kadar artırılması ile artmakta ve en yüksek basınç dayanım değerlerini % 1 BA katkılı C serisi örnekleri vermektedir. % 1,5 BA katkılı örneklerde ise pişirme işlemlerinin ardından bünyede kısmi ergime ve çatlak oluşumları gözlenmiş olup, bunun basınç dayanım değerlerinde düşüşe neden olduğu düşünülmektedir (Şekil 5).

Çalışmada üretilen örneklerin birim hacim ağırlık değerleri  $1629.36 - 1780.02 \text{ kg/m}^3$  arasında değişmekte ve TS EN 772-1 [16]’de yapılan sınıflandırmaya göre, örneklerin tuğla tipi “ $1800 \text{ kg/m}^3$ ” olup en küçük değer olarak istenilen  $10 \text{ MPa}$ ’lık basınç dayanım değerini de sağladığı görülmektedir.

## 4. SONUÇ

Borik asit katkılı tuğla örnekleri üç farklı sıcaklıkta pişirilmiştir, örnekler üzerinde fiziksel ve mekanik testler yürütülmüştür. Sonuçta; %1 BA katkılı C serisi örnekleri, tüm pişirme sıcaklıklarında en düşük su emme, porozite ve en yüksek basınç dayanım değerlerini vermiştir. En yüksek birim hacim ağırlık değerleri C serisi örneklerinde ve en düşük değerler ise D serisi örneklerden elde edilmiştir. Tüm sonuçlar incelendiğinde borik asit katkısı ve pişirme sıcaklığının artırılmasıyla tuğla örneklerinin su emme ve porozite oranları azalmıştır. Bununla birlikte örneklerin birim hacim ağırlık ve basınç dayanım değerleri yükselmiş olup cephe kaplama tuğlası olarak  $1000 \text{ °C}$ ’de pişirilen % 1 ve % 1,5 borik asit katkılı örneklerinin uygun fiziksel ve mekanik özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Karaman, S., “Yapı Tuğlalarında Renk Oluşumu”, *K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi* **9** (1), pp. 125–130,2006.
- [2] Arce, P. L., Guinea, J. G., “Weathering Traces in Ancient Bricks from Historic Building”, *Building and Environment* **40**, p.: 929-941, 2005.
- [3] Mbumbia, L., Wilmar, A. M., “Behavior of Low-Temperature Fired Laterite Bricks Under Uniaxial Compressive Loading”, *Construction and Building Materials* **16**, p.: 101-112, 2002.

- [4] Karaman, S., Gunal, H., Erşahin, S., “Assesment Clay Bricks Compressive Strength using Quantitative Values of Colour Components”, *Construction and Building Materials* **20**, pp. 348-354, 2006.
- [5] Diaz, J. J. D. C., Nieto, P. J., Biempica, C. B., Gero, M. B. P., “Analysis and Optimization of the Heat-Insulation Light Concrete Hollow Brick Walls Design by the Finite Element Method”, *Applied Thermal Engineering* **27**, pp. 1445-1456, 2007.
- [6] Karaman, S., Esmeray, A., “Determining the Conformity to Standards of Clay Deposits in Tokat-Zile Region As Raw Material in Brick-Tile Production”, *KSU. Journal of Science and Engineering* **9** (1), p.: 130-134, 2006.
- [7] Miniotaite, R., “Hygric Properties of Building Materials”, *Proceedings 7th symposium on Building Physics in the Nordic Countries*, June 13-15<sup>th</sup> 2005.
- [8] Lu, G., Max Lu, G. Q. and Xiao, Z. M., “Mechanical Properties of Porous Materials”, *Journal of Porous Materials* **6**, p., 359–368, 1999.
- [9] Cultrone, G., Sebastian, E., Elert, K., Torre, M.J., Cazalla, O., Navarro, R. N., “Influence of Mineralogy and Firing Temperature on the Porosity of Bricks”, *Journal of the European Ceramic Society* **24**, p.: 547-564, 2004.
- [10] Weng, C. H., Lin, D. F., Chiang, P. C., “Utilization of Sludge as Brick Materials”, *Advanced in Environmental Research* **7**, p.: 679-685, 2003.
- [11] Chidiac, S. E., Federico, L. M., 2007, “Effect of waste glass additions on the properties and durability of fired clay brick”, *Can. J. Civ. Eng.* **34**, 1458-1466, doi: 10.1139/L07-120.
- [12] D.P.T., 216-Ö.İ.K., 623., (2001). “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Toprak Sanayii Hammaddeleri 2 (Refrakter Killer ve Şiferton-Manyezit-Dolomit-Olivin-Zirkon-Disten, Sillimanit, Andaluzit) Çalışma Grubu Raporu”., 1s–23s., Ankara.
- [13] Durak, E., “Borik Asitin Katkı Maddesi Olarak Yağlama Yağında Kullanılmasının Araştırılması”, *BAÜ Fen Bil. Enst. Derg.*, 2003, 5.1, (<http://bor.balikesir.edu.tr/files/BorBau-Pdf/BAUFBE2003-1-10.pdf>).
- [14] [http://www.etimaden.gov.tr/tr/0\\_sayfa\\_ortakSayfa.asp?hangisayfa=4\\_sayfa\\_a\\_5\\_8](http://www.etimaden.gov.tr/tr/0_sayfa_ortakSayfa.asp?hangisayfa=4_sayfa_a_5_8), 21.05.2008.
- [15] TS EN 772–3, 2000, “Kagir Birimler, deney metotları- Bölüm 3: Kil kagir birimlerin net hacmi ve boşluk yüzdesinin su içerisinde tartma metoduyla tayini”, TSE, Ankara.
- [16] TS EN 772–1, 2002, “Kagir Birimler, deney metotları- Bölüm 1: Basınç Dayanımının Tayini”, TSE, Ankara.