

## TEKSTİL FABRİKASI ATIK KÜLÜ VE BAZALTİK POMZA KATKILI TUĞLALARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

H. Binici<sup>1</sup>, A. Ulusoy<sup>1</sup>, H. Temiz<sup>1</sup>, O. Aksoğan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

### ÖZET

Türkiye'deki tekstil fabrikalarının atık küllerinin, yüksek dayanımlı tuğla üretiminde kullanılması bu çalışmanın amacıdır. Atık kül ile birlikte, yüksek oranda silisyum içeren ve ülkemizde çok miktarda bulunan pomzaların tuğla üretiminde katkı maddesi olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, Türkiye'de bazaltik pomza tüketiminin artırılması amaçlanmaktadır. Özellikle Kahramanmaraş'taki birçok tekstil fabrikasının atık külleri artık ciddi anlamda hem depolama sorunu yaratmakta hem de çevresel kirliliğe neden olmaktadır. Katkısız, atık kül katkılı (%5, %10 ve %20), pomza katkılı (%5, %10 ve %20) ve yine aynı oranlarda eşit olarak atık kül + pomza katkılı tuğlalar üretilmiştir. Temin edilen atık kül, bazaltik pomza ve kilin kimyasal içerikleri ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca tuğlaların değişik iklim koşullarındaki davranışları deneysel olarak ortaya konulmuştur. Bu çalışma, tuğla üretiminde atık kül ve pomza kullanılması halinde ülke ekonomisine önemli katkı sağlanacağını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atık kül, Pomza, Tuğla.

### 1. GİRİŞ

Türkiye'de yaklaşık 3 milyar metreküp pomza rezervi olduğu belirtilmiştir [1]. Ancak bu malzemenin tuğla üretiminde kullanımı henüz araştırılmamıştır. Bir çalışmada bazaltik pomza, seramik üretiminde başarılı bir şekilde kullanılmıştır [2].

Tuğlanın esas hammaddesi olan kil yerine, belirli oranlarda uçucu kül ilave edilerek üretilen tuğlaların pişirme parametreleri araştırılmış ve uçucu külün tuğlaların özelliklerini geliştirdiği anlaşılmıştır [3]. Uçucu kül katkısı sayesinde tuğlaların basınç dayanımları artmış, su emme oranı azalmış, numunelerde çatlak oluşmamış ve donmaya karşı yüksek dayanım elde edilmiştir. Tuğla üretiminde uçucu kül kullanımının birçok avantajı olduğu literatürden anlaşılmaktadır [4–7]. Kahramanmaraş Menzelet Barajı alt bölgesinde çok uygun kil yatakları mevcuttur. Yine bölgede özellikle İslâhiye ve Osmaniye'ye yakın yerlerde bol miktarda (görülür rezervi 2 milyon ton) pomza yatakları mevcuttur [8].

Kahramanmaraş'ta tekstil sanayi çok yaygındır ve sürekli gelişmektedir. Tekstil fabrikalarının tekstil üretim prosesinde yüksek ısı elde etmek için linyit kömürü yakılmaktadır. Bu kömürlerin külleri daha sonra her fabrika için ciddi çevre sorunlarına neden olmaktadır. İldeki tekstil fabrikalarının her yıl yüz binlerce ton kül atığı heba edilmektedir. Bu çalışmada katkısız, %5, %10 ve %20 atık kül ile pomza hem eşit oranlarda hem de ayrı ayrı katkılı tuğlalar üretilmiştir. Üretilen tuğlaların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca tuğlaların değişik iklim koşullarındaki davranışları deneysel olarak ortaya konulmuştur.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1 Materyal

Tuğla üretiminde, Osmaniye bölgesinde yer alan bazaltik pomza (BP), Menzelet Barajı bölgesinin kili ve tekstil fabrikalarının atık külleri (TAK) kullanılmıştır. Kırmızı ve gri kil ile TAK ve BP'nın kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan TAK'nün tanecik dağılımı lazer ile killerin tanecik dağılımı ise standart eleklerde yapılmıştır. Tanecik dağılımından kullanılan malzemelerin yeterince öğütüldüğü anlaşılmaktadır.

**Çizelge 1.** Kil, BP ve TAK'ın kimyasal içerikleri

Bileşenler (%)	Kırmızı kil	Gri Kil	BP	TAK
SiO <sub>2</sub>	60.40	53.59	46.19	34.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.93	11.92	17.26	18.88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.24	6.97	11.27	15.13
CaO	1.61	13.97	6.98	20.55
MgO	1.34	6.28	4.25	3.42
SO <sub>3</sub>	-	-	0.05	2.16
Na <sub>2</sub> O	0.63	1.33	2.06	0.60
K <sub>2</sub> O	1.56	1.39	2.82	2.02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.14	0.81	0.56
TiO <sub>2</sub>	0.99	0.71	3.03	0.41
MnO	0.31	0.12	0.18	-
Kızdırma Kaybı	1.20	1.61	5.1	2.10

### 2.2. Metot

#### 2.2.1 Üretim İşlemi

Kırmızı kil, gri kil, BP ve TAK öğütülmüş ve malzemeler kodlanarak plastik poşetlerde saklanmıştır. Numunelere %16 ila 18 arasında su verilerek plastik kıvam sağlanıncaya kadar yoğrulmuş ve hamur haline getirilmiş ve kapalı poşet içerisinde 1 gün bekletilmiştir. Bekletilen hamur kıvamı 1 gün sonra açılarak 2,5 x 2,5 x 11,5 cm boyutlarında yağlanmış ahşap kalıplara yerleştirilmiştir. Ön kurutma işlemine girmeden önce numunelerin vakum cihazında havaları alınmıştır. Numuneler ön kurutma için oda sıcaklığında 8 saat dinlendirilmeye alınmıştır. Oda sıcaklığında bekletilen numuneler etüvde 110°C'de 5 saat kurutma işlemine tabi tutulduktan sonra 700, 900 ve 1050 °C sıcaklıklarda 8 saat süre ile pişirilmiştir. Numune isimleri ve bileşen oranları çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Numune isimleri ve bileşen oranları

Numune adı	Bileşen türü ve oranı (%)		
T (Tanık)	-	-	%100 Kil
5 TK	%5 TAK	-	%95 Kil
10 TK	%10 TAK	-	%90 Kil
20 TK	%20 TAK	-	%80 Kil
5 P	-	%5 BP	%95 Kil
10 P	-	%10 BP	%90 Kil
20 P	-	%20 BP	%80 Kil
5 TKP	%2,5 TAK	%2,5 BP	%95 Kil
10 TKP	%5 TAK	%5 BP	%90 Kil
20 TKP	%10 TAK	%10 BP	%80 Kil

## 2.2.2. Pişirilmiş Tuğla Örnekler Üzerinde Yapılan Deneyler

### 2.2.2.1 Mekanik Testler

Üretilen tuğlalar üzerinde eğilme ve basınç testleri, kuruma-pişme küçülme değerleri, su emme oranları ve birim hacim ağırlık değerleri bulunmuş ve zararlı kireç ile magnezin varlığı araştırılmıştır.

### 2.2.3. Donma-Çözülme Deneyi

Donma-çözülme deneyi, TS3449 standardına göre yapılmıştır. Donma-çözülme cihazında (Şekil 1) 4 saat  $-20^{\circ}\text{C}$  ve 4 saat  $+20^{\circ}\text{C}$  olmak üzere toplam 30 çevrim ayarlanmıştır. Donma-çözülme sonrası örneklerin basınç dayanımları ve kütle kayıpları bulunmuştur.



Şekil 1. Donma-çözülme testi

### 2.2.4. Islanma-Kuruma Çevrimleri

TAK yüksek oranda kireç (%22,5) ve  $\text{SO}_3$  (%12,1) içermektedir. Ancak TAK + BP katkılı örneklerde söz konusu bileşenlerin oranları düşmektedir. Bunların durabilite sorunu yaratıp yaratmayacağı, tuğla numunelerine 5 gün ıslanma-kuruma çevrimleri uygulanarak incelenmiştir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Kuruma - Pişme Küçülme Değerleri ve Su Emme Deneyi Sonuçları

$110^{\circ}\text{C}$ 'de elde edilen kuruma küçülmesi değerleri standartta verilen (maks. %8) değerinin altındadır. BP ve TAK' nün kuruma ve pişme küçülmesine önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.  $700$  ve  $900^{\circ}\text{C}$ 'de pişirilen örneklerden BP katkılı olanlar en yüksek pişme küçülmesi göstermiştir. Bunun nedeni pişirme sırasında bazı bileşenlerin sıcaklık ile yanması ile açıklanabilir. Kızdırma kaybı da bunu açıklamaktadır. [9].

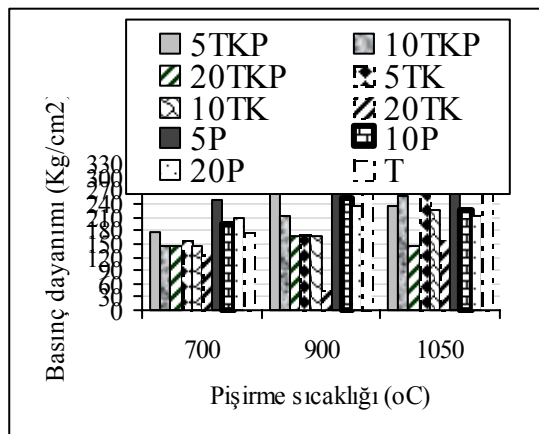
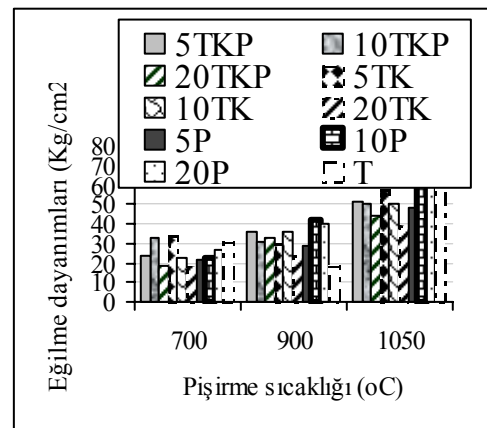
**Çizelge 3.** Su emme ve birim hacim ağırlığı değerleri

Örnek	Pişirme sıcaklığı (°C)					
	700	900	1050	700	900	1050
	Su emme (%) (maksimum su emme oranı % 18 olmalı)			Birim hacim ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )		
T	17.62	17.83	18.85	1.849	1.840	1.740
5TP	22.24	20.53	19.46	1.717	1.719	1.754
10TK	23.61	23.76	22.82	1.643	1.651	1.711
20TK	26.68	27.05	24.11	1.592	1.557	1.639
5P	15.77	17.15	17.51	1.806	1.773	1.740
10P	15.37	17.26	16.79	1.829	1.831	1.793
20P	14.03	16.79	16.07	1.869	1.888	1.868
5TKP	18.04	18.58	19.43	1.715	1.698	1.636
10TKP	19.12	19.38	20.32	1.639	1.623	1.618
20TKP	21.35	21.34	20.99	1.601	1.562	1.594

Çizelge 3'te, 700 santigrat derecede pişirilen BP katkılı örneklerde katkı oranı arttıkça su emme yüzdeleri düşmüştür. Bunun nedeni BP'nin kristal yapısı ile açıklanabilir. Bulunan değerler TS 705'de verilen değerlerin altında ve TAK + BP katkılı örneklerin su emme oranları standartta verilen değere yakındır. 900 santigrat derecede pişirilen örneklerde, katkı miktarı arttıkça su emme oranı da artmıştır. TAK katkılı örneklerin su emme oranları standartta verilen değerden yüksek bulunmuştur. Su emme oranları bir miktar artmış olsa da %5 ve %10 katkılı örneklerde bu değerler standarda uygundur. BP miktarı arttıkça birim hacim ağırlıkları da artmıştır. TAK katkılı örneklerde beklendiği gibi katkı miktarı arttıkça birim hacim ağırlık düşmüştür. TAK + BP katkılı örneklerde birim hacim ağırlık, katkı miktarına bağlı olarak düşmüştür.

#### 4.2. Basınç ve Eğilme Dayanımları

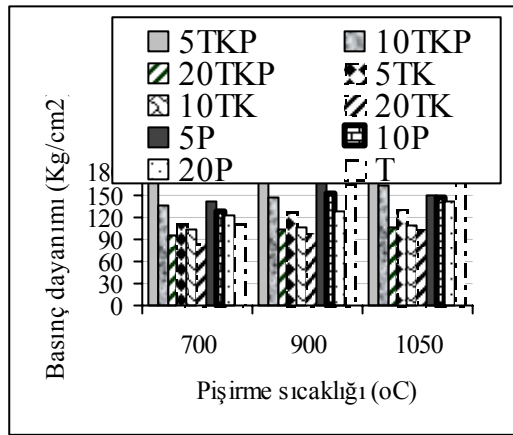
Şekil 2'de genellikle pişirme sıcaklığı arttıkça basınç dayanımları da artmaktadır. Ancak BP katkılı örneklerin 700 ve 900 °C sıcaklıkta pişirilmesinin daha uygun olduğu gözlenmiştir. Çünkü 1050 °C de pişirilen bu örneklerin basınç dayanımları düşmüştür. BP'nin camsı ve kristal yapısı yüksek sıcaklıkta erimmiştir. Bu erimeler örnekler üzerinde de gözlenmiştir. %5 BP katkılı örneklerin basınç dayanımı en büyük bulunmuştur. 700 °C pişirme sıcaklığında %5, %10 ve %20 BP katkılı örneklerin basınç dayanımları tanık örneğinden büyük bulunmuştur. 900 °C'de, %5 BP katkılı örneklerin basınç dayanımı tanık örneğine çok yakındır. 700 °C'de pişirilen TAK ve BP örneklerde katkı oranı arttıkça basınç dayanımı düşmüştür. Bütün örneklerin basınç dayanımları, standartta istenen değerinin çok üstünde bulunmuştur (*Deprem yönetmeliğine göre minimum basınç dayanımı 50 kg/cm<sup>2</sup> olmalıdır*). TAK katkılı örneklerde katkı oranı arttıkça basınç dayanımı düşmüştür.

**Şekil 2.** Numunelerin basınç dayanımları**Şekil 3.** Numunelerin eğilme dayanımları

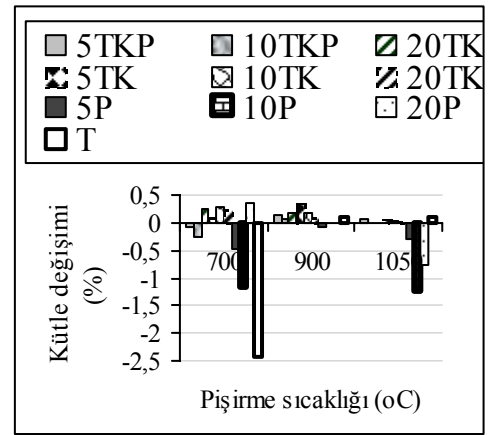
Genellikle pişirme sıcaklığı arttıkça eğilme dayanımları da artmaktadır (Şekil 3). 700 °C de pişirilen, BP katkıli örneklerde katkı oranı arttıkça eğilme dayanımı da artmıştır. Bu sıcaklıkta pişirilen örneklerden tanık örneğinin eğilme dayanımı en büyük bulunmuştur. 900 °C de pişirilen %5 ve %10 BP katkıli örneklerde eğilme dayanımı artarken, %20 katkıli örneklerde düşmüştür. BP örneklerin eğilme dayanımı tanık örneğinin eğilme dayanımından daha büyük bulunmuştur. 700 °C de pişirilen TAK + BP katkıli örneklerde, %10 katkıli olanların eğilme dayanımı en yüksek, %20 katkıli örneğin eğilme dayanımı en düşük bulunmuştur. 900 °C de pişirilen TAK + BP katkıli örneklerin tümünün eğilme dayanımları, tanık örneğinden daha büyük bulunmuştur. Bu gruptaki örneklerden %5 katkıli örneğin eğilme dayanımı en büyüktür. 1050 °C de pişirilen TAK + BP katkıli örneklerden %5 ve %10 katkıli örneklerin eğilme dayanımları birbirine yakındır.

#### 4.3. Donma-Çözüm Test Sonuçları

Çevrim sonunda %20 TAK katkıli örnekler hariç önemli deformasyon gözlenmemiştir. TS 705’de, dona dayanıklı bir tuğlanın basınç dayanımının normal koşullardaki dayanımının en az %85’i olması istenmektedir. Şekil 5’ten %5 BP katkıli örneğin donma sonrası basınç dayanımı en yüksek olduğu görülmektedir. Katkılı numunelerin donma-çözüm sonrası basınç dayanımı kayıpları tanık tuğlaların dayanım kayıplarına oranla daha az bulunmuştur.



Şekil 5. Donma-çözüm sonrası basınç dayanımları



Şekil 6. Donma-çözüm sonrası kütle kayıpları

Düşük pişirme sıcaklığında tanık örneğin en çok kütle kaybı göstermesine rağmen bütün örneklerin kütle kaybı standarda uygundur. Tanıktaki kütle kaybının nedeni düşük sıcaklıkta yeterli düzeyde sinterleşmenin sağlanmamış olmasıdır. TAK katkıli örneklerde kütle değişimi gözlenmemiştir. Yüksek sıcaklıkta BP katkıli örneklerin pomza bileşenlerinden bazıları eridiğinden kütle kaybı meydana gelmiş olabilir.

#### 4.4. Islanma-Kuruma Çevrimleri

5 günlük ıslanma ve kuruma çevrimi sonuçlarına göre TAK katkıli ve düşük sıcaklıkta pişirilen (700 °C) örneklerde kireçten kaynaklanan sınırlı çiçeklenme gözlenmiştir. Tuğla örneklerinde zararlı kireç ve manganez görülmemiştir.

### 5. SONUÇLAR

1–110 °C’de ve tüm sıcaklıklarda pişirilen örneklerden elde edilen kuruma küçülme değerleri standardın altındadır. BP katkıli numunelerde katkı oranı arttıkça su emme değerleri de düşmüştür.

Bütün örneklerin su emme değeri %18 in altında kalmıştır. BP grubu örneklerde katkı oranı arttıkça birim hacim ağırlık artarken, TAK katkılı örneklerde düşmüştür.

2-Tüm katkılı tuğla numunelerin basınç ve eğilme dayanımları, katkısız tuğlanın basınç dayanımına göre yüksektir. %5 ve %10 TAK ve BP katkılı tuğlaların dayanımlarında önemli ölçüde artış gözlenmiştir. Pişme sıcaklığının artırılmasıyla basınç ve eğilme dayanımı ile donma-çözülme direncinin arttığı; kuruma ve pişme küçülme ve su emme oranının azaldığı görülmüştür.

3-Katkılı tuğla örneklerinin mekanik dayanımları daha yüksek ve durabilite özellikleri katkısız tuğla örneklerinden daha iyi bulunmuştur. %5 BP katkılı örneklerin basınç ve eğilme dayanımları en yüksektir. Sonuç olarak %5- %10 arasında TAK ve BP ile uygun nitelikte tuğla üretilebileceği anlaşılmaktadır.

## 6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma 107T264 numara ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

## 7. KAYNAKLAR

1. Erkoyun H, *Pomzanın Türkiye'deki yeri ve önemi*, Türkiye pomza sempozyumu ve sergisi sf:1-7, Isparta, 2005.
2. Kelling G, Kapur S, Sakarya N, Akca E, Karaman C, Sakarya B, *Basaltic tephra: potential new resource for ceramic industry*, Brit Ceram Trans, 3, 129-36, 2000.
3. Xu L, Gou W, Wang T, Yang N, *Study on fired bricks with replacing clay by fly ash in high volume ratio*, Construction and Building Materials, 19, 243-247. 2005.
4. Kottürk U, *Endüstriyel Hammaddeler*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Yayın No: 205, 250-266, İzmir, 1993.
5. Güler R, Patla P, Hess TR., *Properties of fly ash bricks produced for environmental applications*, Building Environment Research, 30, 505-524, 1995.
6. Kalwa M, Gryciki M., *Utilization of fly ash, a waste from thermal power stations, in manufacture of building materials*, Ceram Powders, 6,107-109, 1983.
7. Muckherji SK, Machhoya BB, *The utilization of fly ash in the preparation of ceramic tableware and artware*, Brit Ceram, 92, 254-257, 1993.
8. Kaplan H, Binici H, *Tras ve Traslı Çimentolar*, Çimento ve Beton Dünyası, Mayıs, 1, 23-30, Ankara,1996.
9. Cultrone G, Sebastian E, de la Torre M.J, *Mineralogical and physical behaviour of solid bricks with additives*, Construction and Building Materials, 19, 39-48, 2005.