

# Buhar Kürü Uygulanmış Pomzalı Hafif Betonun Özellikleri

Tayfun UYGUNOĞLU, Osman ÜNAL

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Afyonkarahisar

## ÖZET

Bu çalışmada, pomza hafif agregası ile üretilen hafif beton harçlarının otoklavda basınçlı buhar ile kür edildikten sonra fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Beton harçların üretiminde 0-4 mm boyutundaki Isparta yöresi pomza agregası kullanılmıştır. Harçların çimento miktarı  $300 \text{ kg/m}^3$  ve su/çimento oranı 0.15 olarak sabit tutulmuştur. Üretilen numuneler kalıptan alındıktan 24 saat sonra 2, 4, 6, 8 ve 10 saat süreyle otoklavda basınçlı buhar kürüne tabi tutulmuşlardır. Aynı özellikteki numunelerden bir bölümü 7 ve 28 gün olmak üzere havada ve suda kür edilmişlerdir. Numuneler üzerinde basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, görünen porozite ve su emme değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, havada ve suda kür edilmiş olan numunelerin özellikleri ile karşılaştırılmış ve pomzalı harç numunelerinin 8 saat basınçlı buhar kürüne tabi tutulmaları ile fiziksel ve mekanik özelliklerinin havada ve suda kür edilen numunelere göre daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Pomza, hafif beton, otoklav, buhar kürü

## Properties of Pumice Lightweight Concrete Exposed to Steam Cure

### ABSTRACT

In this study, physical and mechanical properties of lightweight concrete mortars produced with pumice lightweight aggregate cured in autoclave were investigated. In the production of concrete mortar, pumice aggregate of in size of 0-4 mm which was taken from Isparta, Turkey was used. The cement content and ratio of water/cement were kept  $300 \text{ kg/m}^3$  and 0.15, respectively. The specimens were demoulded and they were exposed to pressure steam curing in 2, 4, 6, 8 and 10 hours after 24 hours. Furthermore, separate specimens were produced in same properties for air and water cure at 7 and 28 ages. On the specimens, compressive strength, bulk density, specific porosity and water absorption were tested. The results obtained from pressure steam curing were compared with specimens cured in air and in water. It was observed that by curing of specimens in the pressure steam at 8 hours, they have the best physical and mechanical properties when compared with specimens cured in air and in water.

**Keywords:** Pumice, lightweight concrete, autoclave, steam cure.

### 1. GİRİŞ

İçinde yaşadığımız çağın gereksinmelerine uygun olarak inşaat sektöründe artan talebi en kısa zamanda ve ekonomik biçimde karşılayabilmek amacıyla seri üretim ve sanayileşme gereksinimi artmaktadır. Bu da prefabrikasyonu oluşturmuş ve geliştirilmiştir. Seri üretimde, elemanın çabuk monte edilebilir duruma gelmesi, stoklama alanının çabuk boşaltılması prefabrikasyonun ekonomik sorunlarındandır. Betonun dayanımını erken kazanması ve daha kısa sürede servise sunulması, gelişmekte olan endüstrileşmenin bir sonucudur. Bu konuda çeşitli yöntemler uygulanarak betona erken dayanım kazandırılmaktadır (1).

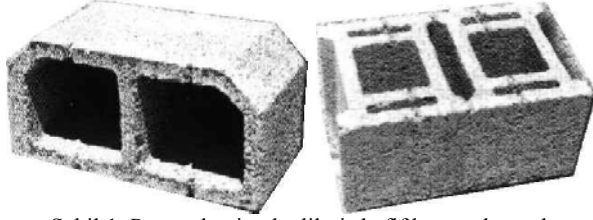
Kayaç oluşumlarının endüstriyel alanlarda kullanım dağılımında en çok payı inşaat sektörünün aldığı bilinmektedir. İnsanlar farklı kayaç türlerini, barınma, iş merkezi ve diğer sosyal faaliyetlerin oluşturulabileceği birçok binanın yapılmasında, ana malzeme olarak değerlendirmişlerdir. Günümüzde kayaç biliminde gelinen

son noktanın ışığı altında, yapı ve kaplama malzemesi olarak değerlendirilebilen kayaç oluşumları, kendilerine has bazı özellikleri de göz önünde bulundurularak, yapı endüstrisinde konfor amaçlı ana malzemeler olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür kayaçların genellikle doğal gözenekli ve hafif kayaç oluşumları olduğu, pratikte yaygın olarak görülmektedir (2).

Pomza, birbirine bağlantısız boşluklu, süngerimsi, silikat esaslı, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, birim hacim ağırlığı  $1 \text{ gr/cm}^3$ 'ten küçük, gözenekli camsı volkanik bir kayaçtır. Oluşumu sırasında bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuması nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçüğe kadar sayısız gözenek içerir. Bu gözenekleri ile üretilen betonun dayanımı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (3-6).

Gözenekli yapısından dolayı oldukça hafif olan pomza, ısı ve ses yalıtımında ülkemizde ve dünyada geniş anlamda inşaat sanayinde kullanılmaktadır. Ülke-

mizde üretilen pomzanın % 90'ı yurt içinde inşaatlarda kullanılmaktadır. Pomza; normal kumun ve çakılın 1/3 ile 2/3'ü kadar yoğunluğa sahiptir. Pomzanın hafif agrega olarak kullanılması ile imal edilen hafif beton yapı elemanları bimsblok olarak adlandırılırlar (Şekil 1).



Şekil 1. Pomzadan imal edilmiş hafif beton elemanlar

Bimsbloklar yüksek ısı ve ses yalıtımı, yeterli mukavemet göstermeleri ve depreme dayanıklı mekânları daha ucuza mal etmek gibi özelliklerinden dolayı tercih edilir bir inşaat ürünü olmuştur. Pomza ürünü olan hafif betonlar, eşsiz doğal boşluklu yapısı, hafifliği, ısı ve sese karşı mükemmel yalıtım özelliği gibi niteliklerinden dolayı kullanımı her yıl artmaktadır. Pomzalı hafif betonun ısı geçirgenlik katsayısı, normal betonunkinden 4-6 kat daha iyi izolasyon sağlamakta olup, bu özelliğinden dolayı da büyük miktarlarda ısı ve enerji tasarrufu sağlamaktadır (7,8).

Hafif agregalı betonlar, gerek ekonomik olmaları gerekse servise önceden sunulabilmeleri, çevre dostu olmaları ve teknik açıdan geliştirilebilme teknolojisine sahip olmaları bakımından yapılar için son yüz yılın çok yönlü malzemeleri haline gelmişlerdir (9). Gelişmiş ülkelerde çok katlı binaların yapımı hızlandıkça, hafif beton için uygulamaya yönelik girişimlerde artmıştır. Bu artış ülkemizde de görülmektedir. Zamanla görülmüştür ki, ölü yükün tasarımı ana belirleyici faktör olduğu yapılarda hafif beton kullanımının sayısız avantajları ortaya çıkmaktadır (10).

Gerek pomza ile gerekse diğer hafif agregalarla üretilen beton bloklar gibi önceden hazırlanarak yapıda kullanılan ön yapımlı hafif betonlarda aranan en önemli

Betonun yüksek sıcaklıklarda kür edilmesi sonucunda hidratasyon hızının arttığı ve ilk zamanlarda yüksek dayanım elde edildiği bilindiği için, betonun buhar ortamında kür edilmesine dair bazı kür yöntemleri geliştirilmiştir. Bu tür yöntemlerin yapıdaki betonlara yerinde uygulanabilirliği oldukça zordur. Ancak, buhar kürü yöntemleri, ön yapımlı beton elemanlara veya bazı ön gerilmeli betonlara uygulanan yöntemler durumundadır. Beton, normal koşullardaki kür yöntemine göre daha kısa süre içerisinde dayanım kazanmaktadır. Bu bakımdan, beton elemanlar daha erken bir zamanda kullanılabilirler (12-14).

Betona buhar kürü uygulaması için genel olarak otoklav kullanılır. Otoklavda tutulacak beton elemanlarda Portland çimentosunun yanı sıra mutlaka bir miktar ince taneli silis de bulundurulmalıdır. Aksi takdirde, buhar kürüne tabi tutulan elemanın ilk zamanlardaki kürü normal betonunkine benzemesine rağmen, buhar kürü süresinin ilerlemesiyle betonda oluşan C-S-H jelleri amorf yapıdan kristal yapıya dönüşerek kararsız hale gelmekte ve üniform olarak dağılım göstermeyip, boşlukları dolduramamakta ve daha gözenekli bir ortam oluşturması nedeniyle dayanımı düşürmektedir (15,16).

Pomzanın hafif beton üretiminde değerlendirilmesiyle üretilen hafif beton elemanların dayanımının artırılması ve kısa sürede hizmete sunulması için yapılan bu çalışmada, pomzalı harç numuneleri üretilerek, otoklavda buhar kürüne tabi tutulmuş ve bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

### 2.1. Kullanılan Malzemeler

Yapılan çalışmada hafif agrega olarak Isparta yöresinden temin edilen 0-4 mm boyutuna sahip pomza agregası kullanılmıştır (17). Deneyde kullanılan pomzanın gerçek yoğunluğu  $2200 \text{ kg/m}^3$  ve gevşek birim hacim ağırlığı  $910 \text{ kg/m}^3$ 'tür. Ağırlıkça su emme değeri de etüv kuru su ağırlığının % 20 oranındadır (18).

Çizelge 1. Isparta yöresi pomza agregasının elek analizi

Elek No	5	10	20	40	60	80	100	200
Geçen, %	100	40.34	6.2	5.2	5.16	5.03	4.9	4.28

Çizelge 2. Isparta pomzası ve CEM II/B 42,5R çimentosunun kimyasal bileşenleri

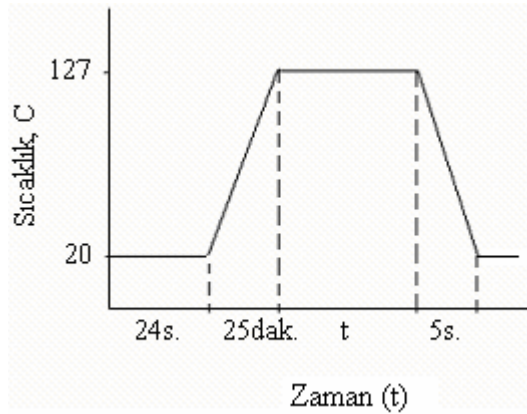
Bileşen (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	K.K.
Pomza	56.85	16.72	4.66	1.84	5.39	4.61	-	5.19	2.8
Çimento	19.3	5.57	3.46	0.86	63.56	0.13	2.91	0.80	2.78

özellik, ön yapımlı elemanın üretimi takiben en kısa sürede hizmete sunulmasıdır. Bunun için değişik kür yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri de buhar kürü uygulamasıdır. Kür yöntemleri betonun dayanımının gelişmesini etkileyen ana faktörlerden biridir (11).

Agreganın tane dağılımı Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışmada CEM II/B 42,5R tipi Portland kompoze çimentosu kullanılmıştır. Çimento ve pomzanın kimyasal bileşenleri Çizelge 2'de verilmiştir. Ayrıca karışımlarda % 1 oranında linyosülfonat esaslı orta akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır.

## 2.2. Numunelerin Hazırlanışı ve Deneyler

Çalışmada, 50 mm çapında ve 100 mm yüksekliğindeki silindirik kalıplar kullanılmıştır. Numunelerin üretiminde çimento dozajı  $300 \text{ kg/m}^3$  ve su/çimento oranı 0.15 olarak sabit alınarak çökmesiz bir işlenebilirlik amaçlanmıştır (19). Pomza agregaları karışıma katılmadan önce 30 dak. su emdirme işlemine tabi tutulmuşlardır. Karışımlar, % 1 oranında akışkanlaştırıcı katkı kullanılarak nemli olarak hazırlanmış ve bims blokların üretimini yansıması açısından kalıp içerisine plastik tokmak ile tokmaklanarak sıkıştırılıp hemen kalıptan alınmıştır. Plastik tokmak kullanıldığından agregalarda kırılma görülmemiştir. Numuneler kalıptan alındıktan sonra 24 saat ön bekleme yapılmış ve daha sonra 2, 4, 6, 8 ve 10 saat olmak üzere 5 farklı saatte otoklavda buhar kürüne tabi tutulmuştur (20). Buhar kürü uygulamasında 7 lt. hacme sahip, 25 dakikada  $127^\circ\text{C}$  sıcaklık ve 0.13 MPa basınç uygulayan otoklav kullanılmıştır. Kür işlemi Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de t (saat), numunelerin net kür sürelerini göstermektedir (21).



Şekil 2. Otoklav kür işleminin şematik gösterimi

Otoklav küründen farklı olarak aynı betondan üretilen numuneler 7 ve 28 gün  $20^\circ\text{C}$  suda (S) ve  $20\pm 2^\circ\text{C}$  laboratuvar ortamında % 65 nemli olan havada (H) olmak üzere iki farklı kür daha gerçekleştirilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her kür süresi için üç adet numune kullanılarak alınan verilerin aritmetik ortalaması kullanılmıştır. Yine her kür süresi sonunda numuneler üzerinde basınç dayanımı, görünen porozite, su emme ve birim hacim ağırlık (BHA) deneyleri yapılmıştır. Basınç dayanımı deneyleri, otoklav kürüne tabi tutulan numunelerde otoklav kürü sonrasında belirlenmiştir. Buhar kürü gören elemanlarda ileriki yaşlarda bir miktar dayanım kaybı olduğu belirtilmektedir (14). Bu çalışma kapsamında üretilen ve buhar kürüne tabi tutulan pomzalı hafif betonlarda ileriki yaşlarda oluşabilecek dayanım kayıplarının belirlenmesi amacıyla otoklav gören numunelerin bir bölümü 28. güne kadar laboratuvar ortamında havada bekletildikten sonraki basınç dayanımları elde edilmiştir. Daha sonra dayanım kayıpları ortaya konmuştur.

Otoklavda kür edilmeksizin sadece havada ve suda kür edilen numunelerde de 7 ve 28. günlerde basınç dayanım deneyleri gerçekleştirilmiştir. Basınç da-

yanımları TS 3289 EN 1354'e (22) göre 200 ton kapasiteli pres ile belirlenmiştir. Numunelere ait BHA, su emme ve porozite değerlerinin bulunmasında Arşimet prensibinden yararlanılmıştır. Buna göre aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır:

$$\text{BHA (kg/m}^3) = \frac{W_o}{(W_1 - W_2)} \quad (1)$$

$$\text{GP (\%)} = \frac{(W_1 - W_o)}{(W_1 - W_2)} \times 100 \quad (2)$$

$$W_w (\%) = \frac{W_o}{(W_1 - W_o)} \times 100 \quad (3)$$

Eşitliklerde;

$W_o$ : etüv kurusu ağırlık

$W_1$ : suya doymun havada ağırlık

$W_2$ : su içerisinde ağırlık

GP: görünen porozite

$W_w$ : su emmeyi ifade etmektedir.

Otoklavda kür edilen numunelerin her kür saatinde  $127^\circ\text{C}$ 'deki sabit sıcaklık değeri için sahip oldukları olgunluk faktörleri belirlenmiştir. Otoklavda kür edilen numunelerin olgunluk faktörü hesabında  $20^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki 24 saatlik ön bekleme süresi de dikkate alınmıştır. Havada ve suda kür edilmiş numunelerin beton sıcaklıkları  $20^\circ\text{C}$  sabit alınarak 7 ve 28 günlük olgunluk faktörleri  $^\circ\text{C} \cdot \text{saat}$  olarak belirlenmiştir (23). Olgunluk faktörü hesabında (4) nolu eşitlikten yararlanılmıştır (23-25):

$$M = (C + 10) \times t \quad (4)$$

Eşitlikte;

M: olgunluk faktörü ( $^\circ\text{C} \cdot \text{saat}$  veya  $^\circ\text{C} \cdot \text{gün}$ )

C: beton sıcaklığı ( $^\circ\text{C}$ )

t: kür süresini (saat veya gün) ifade etmektedir.

## 3. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Pomza ile üretilen hafif betonların üretimini takiben en kısa sürede hizmete sunulabilmesi için basınçlı buhar kürü uygulanan bu çalışmada elde edilen bazı fiziksel ve mekanik özellik deney sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3'den görüldüğü gibi otoklavda 2-10 saat kür edilen numunelerin BHA'ları yaklaşık olarak  $1462-1600 \text{ kg/m}^3$  arasında değişmekte iken havada ve suda kür edilmiş olan 7 ve 28 günlük numunelerin BHA'ları yaklaşık  $1480-1500 \text{ kg/m}^3$  arasında değiştiği görülmüştür. Otoklavda kür edilen numunelerde en düşük BHA  $1462 \text{ kg/m}^3$  olarak 6 saatlik kür süresinde elde edilmiştir. Görünen porozite oranları da otoklavda kür edilen numunelerde normal koşullarda kür edilmiş numunelere

Çizelge 3. Farklı ortamlarda kür edilen numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri

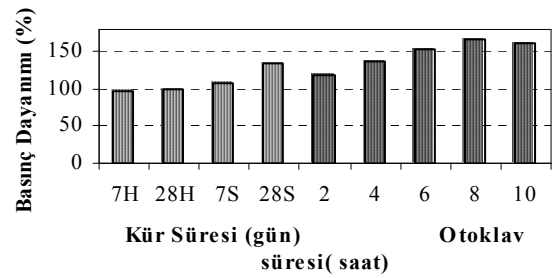
Kür Metodu		BHA (kg/m <sup>3</sup> )	Porozite (%)	Su Emme (%)	Basınç Dayanımı (MPa)	Olgunluk (°C.saatt)	Otoklav sonrası 28 günlük Basınç Dayanımı (MPa)
Otoklavda Kür (saat)	2	1512	23.33	15.73	8.23	994	8.89
	4	1517	23.32	15.55	9.60	1268	9.11
	6	1462	21.82	15.34	10.69	1542	9.69
	8	1599	12.06	8.12	11.58	1816	10.47
	10	1470	19.70	13.50	11.16	2090	9.42
Suda Kür (gün)	7	1481	26.13	17.75	7.46	5040	-
	28	1501	28.32	18.85	9.29	20160	-
Havada Kür (gün)	7	1488	26.35	17.85	6.71	5040	-
	28	1490	26.35	17.86	6.95	20160	-

göre daha düşük iken yine aynı şekilde otoklavda kür edilen numunelerin su emme oranları normal koşullarda kür edilmiş numunelerinkinden daha düşük olduğu yine çizelgeden görülmektedir. Dolayısı ile numunelerin otoklavda kür edilmeleri sonucu, normal koşullarda kür edilmiş numunelere göre daha düşük porozite ve su emme oranına sahip olduğu görülmektedir. Otoklavda bulunan yüksek nem oranı ve sıcaklığın etkisiyle hidrasyon sonucunda oluşan ve bağlayıcılık sağlayan amorf yapıdaki C-S-H jelleri normal koşullarda kür edilen betondaki hidrasyon olayına göre daha hızlı oluşmaktadır. Oluşan bu jeller sayesinde beton daha düşük porozite ve su emme oranına sahip iken yine daha kısa sürede dayanım kazanmaktadır (12-14).

Otoklav süresine göre numunelerin olgunluk faktörleri hesaplanarak Çizelge 2'de verilmiştir. 2 saat 127 °C sıcaklıkta kür edilen numunelerin olgunluk faktörü 994 °C.saatt iken 10 saat otoklavda kür edilen numunelerin olgunluk faktörü ise 2090 °C.saatt olarak hesaplanmıştır. Havada 7 ve 28 gün kür edilen numunelerin olgunluk faktörleri de sırasıyla 5040 ve 20160 °C.saatt olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi otoklavda kür edilen numunelerin olgunluk faktörü, havada kür edilen numunelere göre daha düşüktür. Ancak otoklavda kür edilmiş olan numuneler havada kür edilmiş olan numunelere göre gerek dayanım açısından daha yüksek değerlere sahip olması gerekse porozite ve su emme açısından daha düşük değerlere sahip olması gibi olumlu özelliklere sahiptirler.

Benzer şekilde numunelerin basınç dayanımları karşılaştırıldığında (Şekil 3), 28 gün havada kür edilmiş numunelere göre 2 saat otoklavda kür edilmiş olan numunelerde yaklaşık % 20 oranında bir dayanım artışı gözlenirken, 8 saatlik numunelerde bu artış yaklaşık % 65'e yükselerek en yüksek artış oranı elde edilmiştir. 10 saat otoklavda kür edilen numunelerin dayanımlarının 28 gün havada kür edilmiş olan numunelere göre % 60 oranında daha fazla olmasına karşın 8 saat otoklavda kür edilmiş numunelerin dayanımlarından yaklaşık % 5

oranında daha düşük olduğu görülmüştür. Bu düşüşün, otoklavdaki yüksek sıcaklığın ve otoklav süresinin uzun olması sebebiyle betonda oluşan C-S-H jelleri amorf yapıdan kristal yapıya dönüşerek kararsız hale gelerek boşlukları dolduramaması ve daha gözenekli bir ortam oluşturması olarak belirtilebilir.

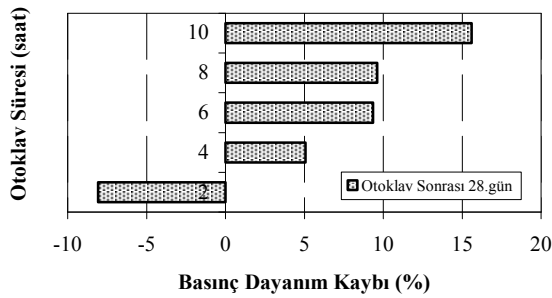


Şekil 3. Numunelere ait rölatif basınç dayanımları

Sari ve Paşamehmetoğlu (26), agrega granulometrisi ve katkı kullanımının pomzalı hafif betona etkisi üzerine yapmış oldukları çalışmada 28-56 gün havada kür edilen numunelerin basınç dayanımlarının 3.5-6.8 MPa arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada da 7 ile 28 gün havada kür edilen numunelerin basınç dayanımları 6.71 - 6.95 MPa arasında ve suda kür edilen numunelerin basınç dayanımları yaklaşık 7.46 - 9.3 MPa arasında değiştiği görülmüştür. Numunelerin otoklavda kür edilmeleri sonucu ise otoklav için bekleme süresi göz önüne alındığında, 24 saat ön bekleme + 8 saat otoklavda kür olmak üzere toplam 32 saatte, havada kür edilen numunelerin 28 günlük dayanımından % 65 oranında, suda kür edilen numunelerin 28 günlük dayanımından ise % 30 oranında daha fazla dayanıma erişilmiştir. Aynı zamanda, kısa sürede servise sunulması ve kısıtlı üretim alanında daha çok hafif beton elemanın stoklanması açısından önemli yarar sağlayacaktır. Şöyle ki; otoklavda sadece 8 saatlik elektrik sarfiyatıyla kür edilmiş olan numuneler yaklaşık 1,5 gün sonunda piyasaya arz edilme durumuna getirilebilirken, normal koşullarda havada veya suda kür edilen numu-

neler 7 gün sonunda tüketiciye arz edilebilir duruma gelmektedir. Dolayısıyla, otoklavın yaklaşık 40 veya 48 saatlik elektrik gideriyle, aynı alanda normal koşullarda kür edilen numunelere göre 7 gün sonunda 4 - 5 kat daha fazla blok kullanıma hazır hale getirilebilir.

Buhar kürüne tabi tutulan betonların, yüksek sıcaklığın ve nemin etkisiyle hızlı bir şekilde hidrasyona uğradığı ve kısa sürede dayanım kazandığından daha önce de bahsedilmiştir. Ancak bu tip betonların ileriki günlerdeki dayanımları, normal koşullarda kür edilen betonların dayanımlarına göre bir miktar azalma göstermektedir (11-14). Şekil 4'te bu çalışmada kapsamında otoklavda buhar kürüne tabi tutulmuş olan numunelerin 28 gün sonrasındaki dayanım kayıpları verilmiştir.



Şekil 4. Otoklav görmüş numunelerin 28. gündeki basınç dayanım kayıpları

Şekil 4 incelendiğinde, genel olarak otoklavda numunelerin bekleme süreleri arttıkça, ileriki yaşlardaki dayanım kayıpları da artmıştır. 2 saat otoklavda bekleyen numunelerde dayanım kaybı görülmezken, en yüksek dayanım kaybı en uzun bekleme süresi olan 10 saat bekleme süresinde görülmüş olup, dayanım kaybı yaklaşık % 16 oranındadır. 8 saat otoklavda bekleyen numunelerin dayanım kaybı ise yaklaşık % 9 oranında olduğu görülmektedir. Dayanım kaybının yanında, basınç dayanımı, görünen porozite ve su emme oranı göz önüne alındığında, numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri açısından otoklavda numunelerin en uygun bekleme süresinin 8 saat olduğu belirtilebilir.

#### 4. SONUÇLAR

Pomza ile üretilen hafif betonların otoklavda kür edilmesi sonucu fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması üzerine yapılmış olan bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Otoklavda kür edilen numunelerde 6 ve 10 saat kür süresinde, normal koşullarda havada ve suda kür edilen betonlara göre daha düşük BHA elde edilmiştir.
- Otoklavda kür edilen numunelerin tamamında, normal koşullarda havada ve suda kür edilen betonlara göre daha düşük porozite ve su emme değeri elde edilmiştir.

- Yine pomza ile üretilen numunelerin 24 saat ön bekleme ve 8 saat otoklavda kür edilmesi ile yaklaşık 32 saat sonunda, normal koşullarda havada kür edilmiş 28 günlük betondan % 65 oranında daha fazla dayanım elde edilmiştir.
- 2-10 saat arasında otoklavda kür edilen numunelerin olgunluk faktörleri 994 - 2090 °C.saat arasında değiştiği görülmüştür.
- Otoklavda 10 saat bekletilen numunelerde, 28 gün sonraki dayanımlarında %16 oranında en fazla dayanım kaybı görülmüştür.
- Numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri otoklavlama işlemi ile artırılmış olup en uygun bekleme süresi 8 saat olarak elde edilmiştir.

Sonuç olarak pomza ile üretilen hafif beton elemanların otoklavda 8-10 saat kür edilmeleri sonucunda normal koşullarda havada ve suda kür edilenlere göre daha iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Bu sayede üretim kalitesi ve miktarının artırılması açısından da yararlı olacağı düşünülmektedir.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Uyan, M., "Isıl İşlem Uygulamasının Beton Özelliklerine Etkisi ve Beton Borular İçin Isıl İşlem Uygulama Esasları", DSİ Beton Semineri, 139-150, 6-10 Şubat 1985.
2. Uygunoğlu, T., "Afyon ve Çevresindeki Hafif Agregalarla Üretilen Blok Elemanların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması", Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Yük. Lis. Tezi, Afyon, 2005.
3. Khandaker M. Anwar Hossain, "Properties of Volcanic Pumice Based Cement and Lightweight Concrete", Cement and Concrete Research, Vol. 34, 283-291, 2004.
4. DPT, "Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri III (Pomza-Perlit-Vermikülit-Flogopit Genleşen Killer)", Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT: 2617 - ÖİK: 628, Ankara, 2001.
5. Ünal, O., Çankıran, O., Sancak, E., "Hafif Blok Eleman Üretiminde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri ve Teknik Kapasiteleri", I. Isparta Pomza Sempozyumu, Isparta, 89-96, 26-28 Haziran 1997.
6. Lo, T.Y., Cui, H.Z., Effect of Porous Lightweight Aggregate on Strength of Concrete, Materials Letters, Vol. 58, 916-919, 2004.
7. Ünal, O., Demir, İ., Uygunoğlu, T., "Pomza ve Diatomitin Hafif Blok Eleman Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması", III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, Maden Müh. Odası, İstanbul, 3-4 Aralık 2003.
8. Topçu, İ.B., "Hafif Beton Özelliklerinin Kompozit Malzeme Olarak İncelenmesi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 25-27, 1988.

9. Haque, M.N., Al-Khaiat, H., Kayali, O., Strength and Durability of Lightweight Concrete, Cement & Concrete Composites, Vol. 26, 307-314, 2004.
10. Altun, F., Haktanır, F., "Kayseri Yöresi Erciyes Dağı Hafif Agregaları ile Üretilen Taşıyıcı Hafif Beton Özelliklerinin İncelenmesi", Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi (YTÜD), Cilt-2, 10-18, 2001.
11. Mannan, M.A., Basri, H.B., Zain, M.F.M., Islam, M.N., "Effect of Curing Conditions on the Properties of OPS-Concrete", Building and Environment, Vol. 37, 1167-1171, 2002.
12. Türkel, S., Alabas, V., "The Effect of Excessive Steam Curing on Portland Composite Cement Concrete", Cement and Concrete Research, Vol. 35, 405-411, 2005.
13. Yang, Q., Zhang, S., Huang, S., He Y., "Effect of Ground Quartz Sand on Properties of High - Strength Concrete in the Steam-Autoclaved Curing", Cement and Concrete Research, Vol. 30, 1993-1998, 2000.
14. Erdoğan, T.Y., "Beton", ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayın ve İletişim Şti., Ankara, Mayıs, 395-396, 2003.
15. Liu, B., Xie, Y., Li, J., "Influence of Steam Curing on the Compressive Strength of Concrete Containing Supplementary Cementing Materials", Cement and Concrete Research, Vol. 35, 994-998, 2005.
16. Neville, A.M., Brooks, J.J., "Concrete Technology" Longman Scientific and Technical, 1987.
17. TS 1114 EN 13055-1, "Hafif Agregalar – Bölüm 1: Beton, harç ve şerbette kullanım için", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2004.
18. TS 3526, "Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.
19. TS 3234, "Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deneysel Metotları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1978.
20. Erdem, T.K., Turanlı, L., Erdogan T.Y., Setting Time: An Important Criterion to Determine the Length of the Delay Period Before Steam Curing of Concrete, Cement and Concrete Research, Vol. 33, 741-745, 2003.
21. TS 3648, "Önyapımlı Beton Elemanlara Atmosfer Basıncı Altında Buhar Kürü Uygulama Kuralları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1984.
22. TS 3289 EN 1354, "Gözenekli Beton-Hafif Agregalı-Basınç Mukavemeti Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1996.
23. Topçu, İ.B., Toprak, M.U., Fine Aggregate and Curing Temperature Effect on Concrete Maturity, Cement and Concrete Research, Vol. 35, 758-762, 2005.
24. Topçu, İ.B., Karakurt, C., Farklı Çimentolar ile Üretilen Betonlarda Olgunluk Kavramı, ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Semp., ODTÜ, Ankara, 477-484, 14 Ekim 2002.
25. Topçu, İ.B., Akman, A., Kalıp Sökme Sürelerinin Olgunlukla Belirlenmesi, Kocaeli Deprem Sempozyumu, Özetler Kitabı, say. 159, 23-25 Mart 2005.
26. Sari, D., Paşamehmetoğlu, A.G., The Effects of Gradation and Admixture on the Pumice Lightweight Aggregate Concrete, Cement and Concrete Research, Vol., 35, 936-942, 2005.