

Makalenin Geliş Tarihi : 26.06.2008  
Makalenin Kabul Tarihi : 29.05.2009

## ***AZOT FABRİKASI CÜRUFU VE TERMİK SANTRAL KÜLLERİNDEN HAFİF DUVAR BLOĞU ÜRETİLMESİ***

İlker Bekir TOPÇU <sup>1</sup>, İlkay KARA <sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada Seyitömer uçucu külü, taban külü, Azot fabrikası cürufu ve polystren strafor dolgusu kullanılarak hafif duvar blokları üretilmiştir. Bu bloklar Flyblok olarak adlandırılmıştır. Ayrıca uçucu kül, taban külü, kireç ve alüminyum tozu kullanılarak Flybloklara göre daha hafif strafor dolgulu Gazbloklar üretilmiştir. Gazblokların birim ağırlıklarının ve basınç dayanımlarının Flybloklardan daha düşük olduğu görülmüştür. Flybloklar Gazbloklardan % 50 daha ucuzdurlar. Gazblok ve Flyblokların ısı geçirgenlik katsayıları 0.430 ve 0.490 W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Uçucu kül, taban külü, azot cürufu, Flyblok, Gazblok

## ***PRODUCTION OF LIGHTWEIGHT WALL BLOCKS USING NITROGEN PLANT SLAG AND THERMAL POWER PLANT ASHES***

**ABSTRACT:** In this study lightweight wall blocks were produced by using Seyitömer fly ash, bottom ash, Nitrogen plant slag and polystren strafor filling. These blocks are called Flyblok. Besides lighter blocks with strafor filling called Gazbloks were produced by using fly ash, bottom ash, lime and aluminium powder. Unit weight and the compressive strengths of Gazbloks were lover than Flybloks. Flybloks were 50 % cheaper than Gazbloks according to cost analysis. Thermal permeability coefficient of Gazblok and Flybloks were calculated as 0.430 and 0.490 W/m<sup>2</sup>K respectively.

**KEYWORDS:** Fly ash, bottom ash, nitrogen slag, Flyblok, Gazblok

---

<sup>1,2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,  
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batı Meşelik Kampüsü, 26480 ESKİŞEHİR

## ***I. GİRİŞ***

İri agregalar olarak hafif agreganın, ince agregalar olarak da doğal kum veya hafif agregalar kırıntılarının, normal çimento ile birlikte kullanıldığı betonlara ya da birim ağırlığı normal betonlardan belirgin şekilde küçük olan betonlara hafif beton adı verilmektedir. Hafif betonda kullanılan agregaların başında pomza, perlit, volkanik tüf ve cüruflar gelmektedir. Hafif beton uygulamalarında diğer bir yöntem ise öğütülmüş silisli agregalar ve çimento ile hazırlanan karışıma, gözenek oluşturucu bir madde eklenmesi şeklinde olmaktadır. Çeşitli hafif beton uygulamaları günümüzde sıkça kullanılmaktadır [1-7].

Betonarme yapılarda kullanılan konvansiyonel betonların taşıyıcı özellikleri yüksek olmasına rağmen birim ağırlıklarının yüksek olması, maliyeti artırması, büyük açıklıkları geçerken kullanıldığında eğilme elemanlarının kendi ağırlığını bile taşıyamaz hale gelmesi bazı uygulamalarda hafif betonların tercih edilmelerine neden olmuştur. Hafif betonlarda daha iyi dayanıklılık performansı elde edildiği görülmüştür [8-10]. Son yıllarda termik santral uçucu kül ve taban külleri hafif beton ve hafif yapı malzemeleri üretiminde agregalar ya da çimento yerine kullanılmaktadır. Araştırmacılar uçucu külün agregalar yerine % 10-20 oranlarında kullanılmasının yapı malzemelerinin dayanım ve dayanıklılığını arttırdığını belirtmişlerdir. Ancak çimento yerine yüksek oranda uçucu kül kullanımının yapı malzemelerinin basınç dayanımı, elastisite modülü ve yarma-çekme dayanımı gibi önemli mekanik özelliklerini azalttığı bilinmektedir [10-12].

Hafif betonlar yapı malzemelerinde istenilen özellikler olarak bilinen düşük birim hacim ağırlığı, yüksek ısı ve ses izolasyonu, iklimlendirme özellikleri, deprem yüklerini daha az almaları, yangına karşı yüksek dirençleri ve ekonomik olmaları gibi üstünlüklerinden dolayı inşaat ve yapı endüstrisinde geniş kullanım alanı bulmaktadırlar [13-15]. Kül dağlarında biriktirilen termik santral uçucu kül ve taban külleri tarım ürünleri, su ve havanın kalitesi, doğal hayat, bölgenin ekonomik durumu ve çevre kirliliği açısından istenmeyen sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca bu küllerin taşınması, depolanması ciddi bir maliyet oluşturmaktadır. Yapı malzemeleri üretiminde yüksek fırın cürufu, termik santral uçucu kül ve taban külleri, gübre fabrikası atıkları gibi endüstriyel atıklar kullanılarak doğal kaynaklarımızın verimli kullanılmasına katkı sağlanabilecektir [16].

Bu çalışmada Kütahya Azot Fabrikası atığı cüruf (AC), Seyitömer Termik Santrali atıkları uçucu kül (UK) ve taban külleri (TK) kullanılarak strafor dolgulu hafif duvar bloğu üretimi amaçlanmıştır. Kullanılan AC, TK ve UK'ların özgül ağırlıklarının çimento ve agregalara göre düşük olması nedeniyle üretilen blokların birim hacim ağırlıkları düşük olacaktır. Ayrıca boşluk oluşturarak duvar bloklarının birim hacim ağırlıklarını azaltmak amacıyla Gazblok serilerinde alüminyum tozu ve kireç kullanılmıştır. Bu deneysel çalışma ile atıkların yapı malzemelerinde kullanılarak ülke ekonomisine kazandırılması ve çevre kirliliğinin önlenmesi amaçlanmaktadır.

## II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### II.1 Kullanılan Malzemeler

Çalışmamızda Çizelge 1'de özellikleri verilen CEM 1 42.5 R çimentosu (C), Seyitömer Termik Santrali'nden sağlanan uçucu kül (UK), taban külü (TK), Azot fabrikasından alınan cüruf (AC) ve polistren strafor dolgusu (S) kullanılarak Flyblok ve Gazblok olarak adlandırılan hafif duvar blokları üretilmiştir. Hafif beton blok üretiminde blok ağırlığını düşürerek işçilik ve nakliyat masraflarını azaltmak, atık değerlendirmek ve ısı yalıtımı yapmak amacıyla bu endüstriyel atıkların kullanılması tercih edilmiştir.

*Çizelge 1. Kullanılan çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri*

Özellik	CEM I 42.5 R
SiO <sub>2</sub>	20,74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,12
CaO	63,70
MgO	1,22
Na <sub>2</sub> O	0,17
K <sub>2</sub> O	0,53
SO <sub>3</sub>	2,29
Cl	0,019
Kızdırma kaybı	1,34
Çözünmeyen Kalıntı	0,57
Serbest Kireç	1,29
Özgül ağırlık	3,14
Özgül yüzey (cm <sup>2</sup> /gr)	3450
28 Gün. Basınç Dayanımı (MPa)	53

Gazbloklarda boşluk oluşturarak birim ağırlığı düşürmek için alüminyum tozu (AT) ve kireç (K) kullanılmıştır. Seyitömer Termik Santrali'nden alınan uçucu külün kimyasal özellikleri ve standart değerlerine uygunluğu Çizelge 2'de gösterilmektedir. TK üretildiği termik santral uçucu külüne benzer özellikler taşımaktadır. TK'nın UK'dan en önemli iki farkı daha iri olması ve karbon oranının daha fazla olmasıdır [17-18].

**Çizelge 2. UK ve TK'nın kimyasal özellikleri [17-18]**

Oksit	Uçucu kül	Taban külü	TS EN 450-1	TS EN 197-1	ASTM C 618
SiO <sub>2</sub>	54,49	51,51			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,58	18,76			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,27	9,57			
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	84,34	79,84			>70,00
CaO	4,26	5,08			
MgO	4,48	0,93		<5,00	
K <sub>2</sub> O	2,01	2,56			
Na <sub>2</sub> O	0,65	0,52			
SO <sub>3</sub>	0,52	0,007	<3,00		<5,00
KK	3,01	10,85	<5,00		<6,00
Serbest CaO	0,26		<1,00		
Reaktif SiO <sub>2</sub>	39,01		>25,00	>25,00	
Reaktif CaO	2,49			>10,00	

## II.2 Hafif Blok Karışım Oranları

Çizelge 3'te üretilen hafif blokların kodları ve karışım oranları gösterilmektedir. Kullanılan Seyitömer uçucu külü (UK) miktarı 1 birim olarak kabul edilmiş ve UK'ya göre ağırlıkça karışım oranları belirlenmiştir. Gazblokların üretimi sırasında boşluk oluşturmak amacı ile alüminyum tozu ve kireç kullanılmıştır. Ancak gazbeton üretimlerinde uygulanan otoklav kürü uygulanmamıştır. Böylece Gazblokların üretiminde enerji açısından önemli ölçüde tasarruf yapılmıştır. Ayrıca Flyblok II'de Flyblok I'e göre uçucu kül miktarı azaltılarak taban külü eklenmiştir. Gazblok ile Flyblok I'in çimento dozajları mekanik özellikleri karşılaştırabilmek amacıyla sabit alınmıştır. Şekil 1'de 200x200x400 mm boyutlarında tek sıra boşluklu strafor ve Çizelge 3'te verilen karışımlar kullanılarak üretilen hafif duvar blokları görülmektedir.

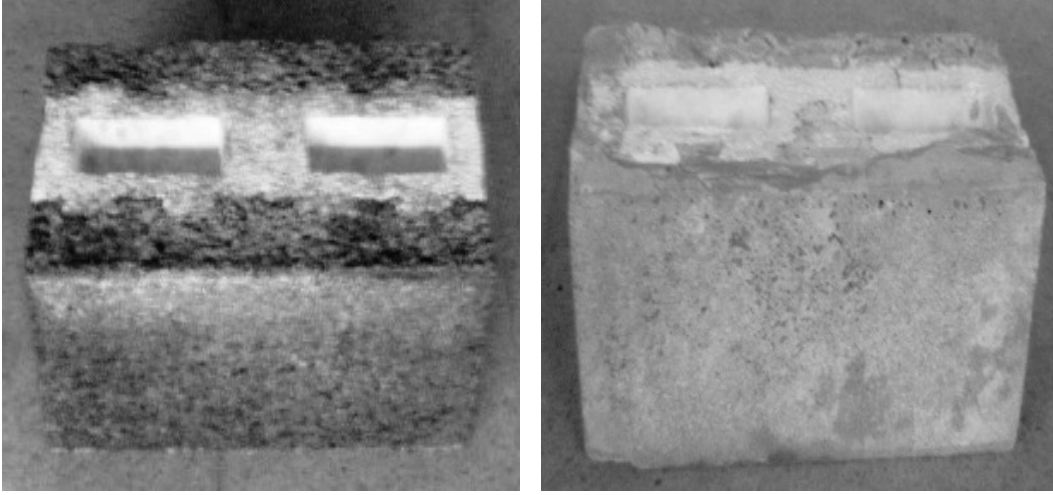
Çizelge 3. Hafif duvar bloklardaki malzemelerin karışım oranları

Malzeme	Flyblok I	Flyblok II	Gazblok
C	2,5	3	2,5
UK	1	0,35	1
TK (0-2 mm)	0	0,65	4
AC (1-10 mm)	9	9	0
AT	0	0	0,005
K	0	0	0,5
Su	1,5	1,6	5,5

Hafif beton blok üretimi sırasında birim ağırlığın daha fazla azaltılabilmesi amacıyla birim ağırlığı düşük ve genellikle ısı yalıtımı sağlamak için kullanılan polistren strafor, blokların ortasında olacak şekilde kullanılmıştır. Böylece ısı yalıtımı amacıyla ayrıca yalıtım malzemesi kullanılması gibi zor ve pahalı bir uygulama gerekmeyecektir. Ayrıca kullanılan duvar bloklarının birim ağırlıklarının düşük olması nedeniyle binanın ölü yükleri önemli ölçüde azaltılabilecektir. Üretilen hafif duvar blokları üzerinde 28. günde birim hacim ağırlık ve basınç dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Ayrıca üretilen Flyblok ve Gazblokların ısı yalıtım özellikleri TS 825'e göre belirlenmiştir.

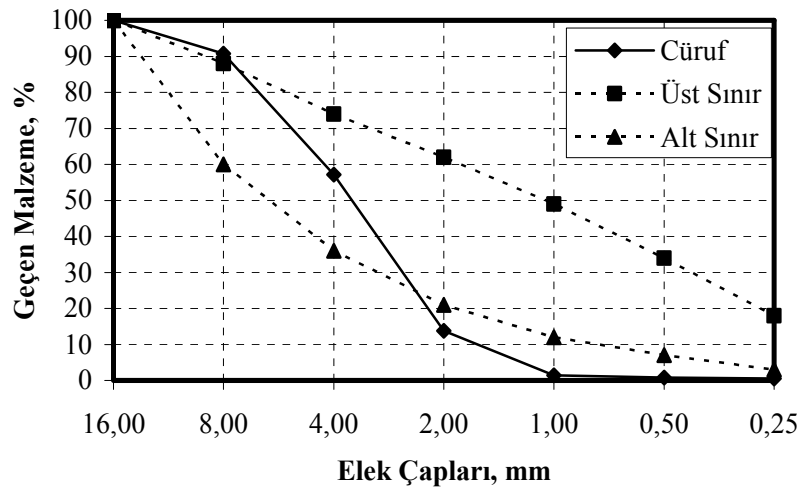


Şekil 1. Hafif duvar bloklarının üretilmesi



Şekil 2. Üretilen Flyblok ve Gazbloklar.

Şekil 2’de üretimi yapılan Flyblok ve Gazblok gösterilmektedir. Isı yalıtımı ve hafiflik sağlamak, blokların taşınmasında ve duvar örülmesinde kolaylık sağlamak amacıyla kullanılan strafor içinde boşluklar bırakılmıştır. Kütahya Azot fabrikasından alınan cüruf elenmiş ve malzemenin 0-10 mm elek aralığında olduğu görülmüştür. Şekil 3’te verilen Azot Fabrikası cürufunun elek analizinden görüleceği gibi malzemenin 2 mm elek altı malzeme yüzdesi düşüktür. Çalışmada karışımın ideal granülometri eğrileri arasında kalabilmesi için 0-2 mm elek aralığında taban külü kullanılmıştır.

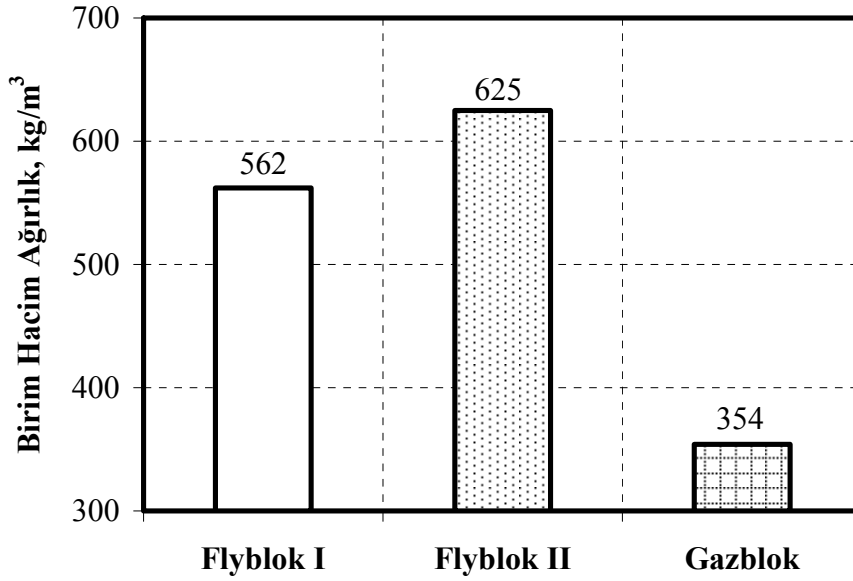


Şekil 3. Kütahya Azot fabrikası cürufunun elek analizi.

### III. YAPILAN DENEYLER

#### III.1 Birim Ağırlık Deneyi

Seyitömer uçucu külü ve taban külünün kullanılması ile üretilen Gazblok ve Flybloklar üzerinde birim hacim ağırlığı deneyi uygulanmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlar dikkate alındığında kullanılan UK, TK ve AC nedeni ile blokların birim hacim ağırlıklarının normal betonlara göre daha düşük olduğu görülmektedir. Şekil 4'te üretilen Gazblok ve Flyblokların 28 günlük birim ağırlık değerleri verilmektedir.

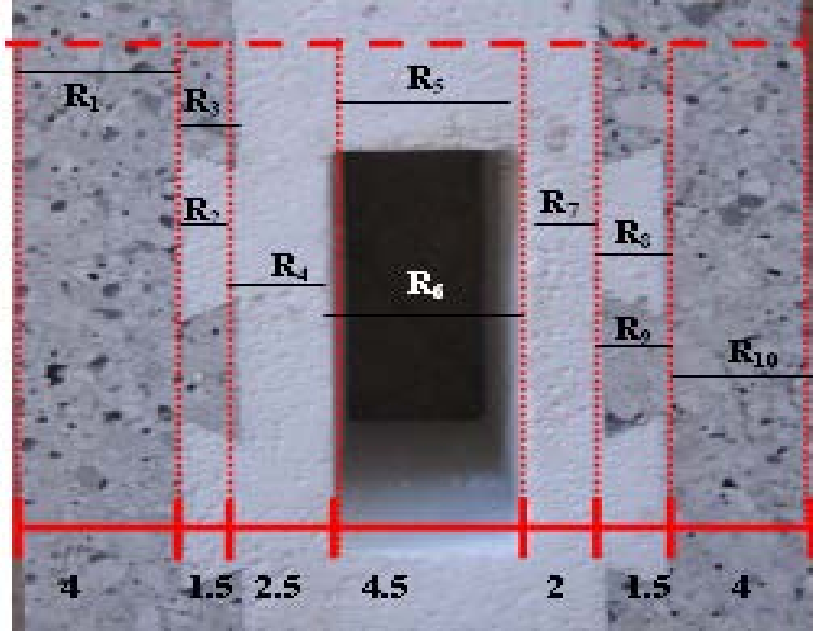


Şekil 4. Üretilen hafif blok elemanların birim ağırlık deney sonuçları

Üretilen serilerin kendi aralarında karşılaştırılması yapıldığında Gazblok elemanının birim ağırlığının Flyblok I'e göre % 37, Flyblok II'ye göre % 43 oranında daha az olduğu görülmektedir. Gazblok elemanlarının üretimi sırasında boşluk oluşturma özeliği oldukça yüksek olan alüminyum tozunun kullanılması Gazblokların birim hacim ağırlıklarının Flybloklardan daha düşük olmasını sağlamıştır. Flyblokların kendi aralarında incelemesi yapıldığında ise Flyblok I'in birim hacim ağırlık değerinin Flyblok II'ye göre % 10 daha az olduğu görülmektedir. Flyblok II'nin daha ağır olması çimento dozajının diğerine göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

### III.2 Gazblok ve Flyblokların Isı İletim Katsayılarının Hesaplanması

Üretilen Flyblok ve Gazblokların ısı iletkenliği değerleri TS 825 Ek 5.3.2 ve 5.5'de malzemelerin birim hacim kütlelerine göre verilen ısı iletkenlik hesap değerleri ve Şekil 5'te verilen blok ölçüleri kullanılarak hesaplanmış sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Hesaplarda  $\lambda_{\text{Hava}} = 0,278 \text{ W/mK}$  ve  $\lambda_{\text{Strafor}} = 0,031 \text{ W/mK}$  olarak alınmıştır.



Şekil 5. Üretilen hafif blok elemanların ölçüleri

Çizelge 4. Üretilen hafif blok elemanların ısı iletkenlik deney sonuçları

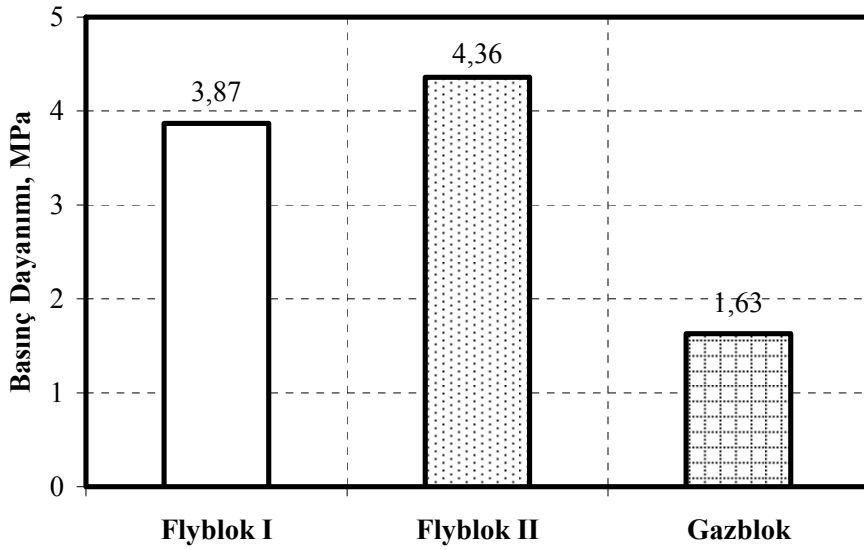
Malzeme	Flyblok I	Flyblok II	Gazblok
Harç birim hacim ağırlığı ( $\text{kg/m}^3$ )	1012	1127	635
Harç ısı iletkenlik katsayısı ( $\lambda_{eş}$ )	0,36	0,42	0,2
Blok birim hacim ağırlığı ( $\text{kg/m}^3$ )	562	635	354
Isı iletkenlik katsayısı, $\lambda_{eş}$ (W/mK)	0,097	0,099	0,085
Isı geçirgenlik katsayısı, U (W/m <sup>2</sup> K)	0,486	0,495	0,430



Çizelge 4’te verilen sonuçlar TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardında bölgelere göre önerilen U değerleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde Gazblokların 1, 2 ve 3. bölgelerde, Flyblokların ise 1 ve 2. bölgelerde ayrıca bir yalıtım malzemesine gerek kalmadan kullanılabilir yalıtım değerlerini sağladığı görülmektedir.

### III.2 Basınç Dayanımı Deneyi

Üretilen Gazblokların basınç dayanımlarının ve birim ağırlıklarının Flyblok I ve Flyblok II’ye göre daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 6). Gazblok ve Flyblokların 28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde en yüksek dayanımın 4,36 MPa değeri ile Flyblok II’ de elde edildiği görülmektedir. En düşük dayanım boşluklu yapısından dolayı Gazbloklarda görülmüştür. Karışımlarında yüksek oranlarda uçucu kül kullanılmasından dolayı Gazblok ve Flyblokların ilerleyen günlerdeki dayanımlarının daha yüksek çıkacağı düşünülmektedir. Bu sonuçlar dikkate alınarak üretilen Flyblok ve Gazblokların basınç dayanımları incelendiğinde taşıyıcı olmayan duvarlarda briket veya gazbeton yapı elemanları gibi kullanılmalarının uygun olacağı görülmektedir.



Şekil 6. Üretilen hafif blok elemanların basınç dayanımı deney sonuçları

#### IV. MALİYET ANALİZİ

Üretilen hafif duvar bloklarının maliyet analizi Çizelge 3’te verilen karışım oranları dikkate alınarak yapılmış ve sonuçlar Çizelge 5’te gösterilmiştir. Yalıtım amaçlı duvar bloğu olarak tasarlanan Gazblok ve Flyblokların tane maliyeti ve m<sup>2</sup> maliyeti (1 m<sup>2</sup>=12,5 adet) hesaplanmıştır. Birim fiyat listesi incelendiğinde kullanılan malzemeler arasında maliyeti artıran en pahalı malzemenin alüminyum tozu olduğu görülmektedir.

Boşluk oluşturmak amacıyla kullanılan alüminyum tozunun kg maliyetinin yüksek olması üretilen Gazblokların birim fiyatını artırmaktadır. Gazbloklar ile duvar örülmesinde m<sup>2</sup> maliyeti Flybloklara göre % 50-55 daha pahalı olmaktadır. Çizelge 5’te görüldüğü gibi taban külü ve azot fabrikası cürufu kullanılması herhangi bir maliyet artışına neden olmamaktadır. Böylece hem atıklar değerlendirilmekte hem de ekonomik ve hafif duvar bloğu üretilmektedir. UK, TK ve AC kullanılarak üretilen Flybloklarda, çimento dozajının daha yüksek olması nedeniyle Flyblok II’nin maliyeti Flyblok I’e göre daha fazladır. Yapılan analizlerde Flybloklar arasında kullanılan çimento dozajından dolayı % 5 maliyet farkının olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Hafif beton blokların maliyet analizi

Malzeme	Birim fiyat (TL/ kg)	Flyblok I (TL)	Flyblok II (TL)	Gazblok (TL)
C	0,1	0,25	0,3	0,25
UK	0,012	0,012	0,0042	0,012
TK	0	0	0	0
AC	0	0	0	0
AT	80	0	0	0,4
K	0,09	0	0	0,045
S	0,65	0,65	0,65	0,65
Tane maliyeti		0,91	0,95	1,36
Duvar m <sup>2</sup> maliyeti		11,40	11,90	17,00

## **V. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Şekil 4’te verilen birim ağırlık deney sonuçları karşılaştırıldığında Gazblok elemanının birim ağırlığının Flyblok I’e göre % 37, Flyblok II’ye göre % 43 oranında daha az olduğu görülmektedir. Gazblok elemanlarının üretimi sırasında boşluk oluşturma özeliği oldukça yüksek olan alüminyum tozunun kullanılması Gazblokların birim hacim ağırlıklarının Flybloklardan daha düşük olmasını sağlamıştır.

TS 825’de önerilen U değerleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde Gazblokların 1, 2 ve 3. bölgelerde, Flyblokların ise 1 ve 2. bölgelerde ayrıca bir yalıtım malzemesine gerek kalmadan kullanılacak yalıtım değerlerini sağladığı görülmektedir. Üretilen hafif duvar elemanlarının basınç dayanımları Şekil 6’da verilmiştir. TS EN 771-3 standardına göre, duvar blok elemanları için dayanımla ilgili herhangi bir limit değer belirtilmemiş olmasına rağmen, literatüre göre en düşük blok dayanımının 2 MPa’dan az olmaması istenmektedir. Gazblokların 1,63 MPa basınç dayanımı ile sınır dayanımların altında, Flyblok I ve Flyblok II’nin ise 3,87 ve 4,36 MPa basınç dayanımları ile sınır dayanımların üzerinde dayanımlara sahip olduğu görülmektedir.

Hafif beton duvar bloğu üretiminde istenilenler, basınç dayanımlarının yüksek ve birim ağırlıklarının düşük olmasıdır. Üretilen serilerde yüksek dayanım ve düşük birim ağırlık değerleri Flyblok II serisinde elde edilmiştir. Flyblok II, Gazbloğa göre % 30 daha ucuza üretilmektedir. Yapılan deneyler sonucu elde edilen değerlerden Flyblok II serisinin ideal hafif duvar elemanı olduğuna karar verilmiştir. Üretilen ısı yalıtımı yüksek Flyblok ve Gazbloklar kullanım ömrü boyunca binalarda enerji tüketimini azaltacağından karbondioksit gazı yayımını ve doğal kaynakların tüketilmesini azaltacaktır. Ayrıca termik santral uçucu kül ve taban külü, azot fabrikası cürufularının çevreye saygılı sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı ile değerlendirilmesi sağlanacaktır. Böylece bu atıklardan kaynaklanan çevre sorunları çözümlenecek, inşaat sektörüne çevreci, enerji tasarrufu sağlayan ve ekonomik bir yapı malzemesi kazandırılacaktır.

**VI. KAYNAKLAR**

- [1] İ.B. Topçu, “Yapı Malzemeleri ve Beton”, Eskişehir, 2006
- [2] B. Postacıoğlu, “Beton-Agregalar”, C. II, İstanbul, ss. 397-400, 1987.
- [3] M. A. Taşdemir, “Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Elastik ve Elastik Olmayan Davranışları”, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1981.
- [4] İ. B. Topçu, “Hafif Beton Özelliklerinin Kompozit Malzeme Olarak İncelenmesi”, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 126 s., Mart 1988.
- [5] İ. B. Topçu ve H. Dönmez, “Volkanik Cürüflarla Üretilen Yarı Hafif Betonların Özellikleri”, 9. Müh. Semp., Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, ss. 95-99, 1996.
- [6] İ. B. Topçu, “Eskişehir Volkanik Cürüf Agregası Kullanılarak Üretilen Yarı Hafif Betonların Özellikleri”, Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, No: 8, ss. 55-73, 1994.
- [7] İ. B. Topçu, “Semi Lightweight Concretes Produced by Volcanic Slags”, Cement and Concrete Research, Vol. 27, pp. 115-21, 1997.
- [8] M. E. Karagüler, “Isıl İşlem Parametrelerinin Hafif Beton Özelliklerine Etkisi”, Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 162 s.,1988.
- [9] R. Demirboğa, “Silis Dumani ve Uçucu Külün Perlit ve Pomza ile Üretilen Hafif Beton Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 147 s., 1999.
- [10] H. Al-Khaiyat ve N. Hague, “Strength and Durability of Lightweight and Normal Weight Concrete”, ASCE-Journal of Mat. in Civil Eng., Vol. 11, pp. 231-235, 1999.
- [11] İ. Demir, “Uçucu Külün Hafif Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanılması”, Yapı Teknolojileri Dergisi, ss. 21-24, 2005.
- [12] V. Öz, “Hafif Agregalı Blok Üretiminde Yatağan Uçucu Külünün Etkisinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 65 s., 2007.
- [13] L. Gündüz, “İnşaat Sektöründe Bimsblok”, Süleyman Demirel Üniversitesi Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, Isparta, 2005.

- [14] L. Gündüz, A. Sarıışık, B. Tozaçan, M. Davraz, İ. Uğur ve O. Çankıran, “*Pomza Teknolojisi*”, Cilt 1, 285 s., Isparta, 1998.
- [15] İ.B. Topçu, F. Altun ve K. Arı, “*Kayseri Yöresi Hafif Agregası Özellikleri ve Taşıyıcı Hafif Beton Üretimi*”, Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi, ss. 167-175, Isparta, 2005.
- [16] A. Yılmaz ve İ. Süttaş, “*Ferrokrom Cürufunun Yol Temel Malzemesi Olarak Kullanımı*”, İMO Teknik Dergi, No: 294, ss. 4455-4470, 2008
- [17] P. Türker, B. Erdoğan, F. Katnas ve A. Yeğınobalı, “*Türkiyedeki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri*”, TÇMB, AR-GE, No : 3, 102 s., 2007.
- [18] F. Özmâl, “*Bor Endüstrisi Atıkları, Uçucu Kül, Taban Külü ve Alünit Mineralinin Çimento Üretiminde Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi*”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 107 s., Nisan 2005.