

## **Bimsbetonların Genleştirilmiş Perlit Agregalar İle Teknik Özelliklerinin İyileştirilmesi Üzerine Teknik Bir Analiz**

**A technical analysis on improving the technical properties of pumice concretes with expanded perlite aggregates**

**Lütfullah GÜNDÜZ, Nükhet ŞAPCI & Mustafa BEKAR**

Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, ISPARTA  
lutfi@mmf.sdu.edu.tr, pomzamer@sdu.edu.tr

**Münir İSKER**

KaleBlokBims A.Ş., Genel Müdür, NEVŞEHİR

**ÖZ:** Hafif doğal agregaların farklı endüstri alanlarında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bunlar arasında özellikle bims kayacı, inşaat sektöründe hafif beton agregası olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, inşaat endüstrisinde doğal malzemelerden yapılmış, hafif, boşluklu ve yalıtımlı duvar elemanlarının kullanımı da giderek önem kazanmaktadır. Bu elemanlar, inşaat endüstrisinde yarı taşıyıcı veya duvar dolgu elemanı olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, bims agregası, genleşmiş perlit agrega vb. gibi malzemeler, hafif beton agregası olarak değerlendirilebilmekte ve bimsbeton üretiminde önemli birer bileşen olmaktadır. Bu makalede, bims agregası ve genleşmiş perlit agrega katkılı bimsbeton örnekleri üzerine bir dizi teknik inceleme yapılmış olup, bu bimsbeton harçlarından elde edilmiş boşluklu duvar hafif blok elemanlarının analiz sonuçları irdelenmiştir. Ayrıca, genleşmiş perlit agrega katkısının bimsbeton özelliklerine olan etkisi de sayısal olarak irdelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Bims agrega, Genleşmiş Perlit, Bimsbeton, Hafif Blok, Analiz

**ABSTRACT:**The usage of lightweight natural aggregates show gradually rising trend in different industrial areas. In majority, pumice aggregates are specially used as a lightweight concrete aggregate in civil structuring applications. However, using the lightweight hollow and well insulated masonry elements made by natural materials is also very important task in building industry. These elements are used as semi-structural or non-load bearing masonry blocks in building industry. Therefore, the materials such as pumice aggregate, expanded perlite aggregate etc. are evaluated as lightweight concrete aggregate and they are almost very important components of producing the pumice lightweight concrete. In this paper, a series of experimental test works were carried out on pumice lightweight concretes with pumice aggregate and expanded perlite aggregate. In addition, the analysis results of lightweight hollow masonry blocks made by these pumice mortars were evaluated. However, the effects of admixture ratio for expanded perlite aggregate on the properties of pumice concrete were also evaluated in numerical aspects.

**Key words :** Pumice aggregate, expanded perlite, pumice concrete, lightweight block, analysis.

## 1. GİRİŞ

Teknolojik özellikleri ve birçok endüstriyel hammadde türüne göre değişik avantajlara sahip olan hafif agregalar, giderek artan bir eğilimle farklı endüstri dallarında yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Hafif agregaların dağılım aralığı oldukça geniş olup, orijinleri, görünümleri, yoğunlukları, sınıfları, yüzey koşulları, porozite, mekanik mukavemet, su emme, fiyatları bakımından birbirlerinden farklılık gösterirler. Yapı endüstrisinde, endüstriyel olarak elde edilen suni agregalar, hafif beton ve hafif yapı elemanlarının üretiminde birer hammadde olarak kullanılmasının yanı sıra, doğal olarak oluşmuş bazı kayalarda hafif agrega olarak değerlendirilebilmektedir. Endüstriyel olarak elde edilen hafif agregalardan biri de genişmiş perlit agregalardır [1,2].

Genleşmiş perlit agregası, perlit kayacının yüksek sıcaklıklara (760-1200 °C) maruz bırakılması sonucunda oldukça düşük birim ağırlık ve yüksek yalıtım özelliğine sahip olması bakımından inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak tercih edilen bir hafif agrega türüdür [1,3].

Bimsblok yapı elemanlarının ürün oluşturmada önce tasarlanan bimsbeton harcına göre mekanik dayanımının ne olabileceğini önceden kestirmek amacı ile farklı karışım reçeteleriyle elde edilecek bimsbeton harcıyla standart dolu küp örnekleri dökülüp, bu örneklerin mekanik dayanım değerleri ile aynı bimsbeton harcıyla üretimi tasarlanan bimsblok elemanlarının dayanım değerlerinin önceden kestirimini yapmak mümkündür.

Bu makale de, TS standartlarına uygun olarak Hafif yapı elemanlarının birim hacim ağırlık değerlerinin, daha düşük değerlere çekilmesi amaçlanmış ve böylece ısı yalıtım değerlerinin de artırılması hedeflenmiştir. Bu nedenle iri boyutlu pomza agregası ve ince boyutlu genişmiş perlit agregası farklı karışım kombinasyonlarında ve TS

standartlarına uygun çimento dozajlarında standart dolu küp numuneleri olarak dökülmüş ve kür sürelerini tamamladıktan sonra, birim hacim ağırlık, basınç dayanımı ve ısı yalıtımı bakımından irdelenmiştir.

## 2. PERLİT VE BİMS AGREGALAR

İnşaat sektöründeki büyük ivmelenme, kullanılacak yapı malzemelerinin teknik yönden üstün parametre ve değerlere sahip olmalarının gerekliliği, birçok yeni yapı malzemelerinin kullanımına ve uygulanmasına zemin hazırlamaktadır. Son yıllarda teknik üstünlükleri ve avantajları sebebiyle geniş bir kullanım alanı bulmaya başlayan bimsbetondan mamul hafif yapı elemanlarının farklı formlardaki ürünleri, inşaatlarda duvar veya dolgu blok elemanı olarak değerlendirilmektedir [2,4]. Bims agrega, aynı zamanda fiziksel, kimyasal ve yapısı itibarıyla, inşaat sektöründe kullanılan doğal hafif agrega sınıfına girmektedir [2,3,4,5].

Bims agregasının başlıca kullanıldığı endüstriyel sektörler [2]:

- \* İnşaat sektörü
- \* Tekstil sektörü
- \* Tarım sektörü
- \* Kimya sektörü
- \* Diğer endüstriyel ve teknolojik

alanlar.

Bims, hafif beton ve yalıtım agregası, binalarda kargir duvarlarda, panel duvarlarda ve dolgu blok elemanlarında kullanılan ve mineral esaslı bir bağlayıcı, su ve ilave katkı maddelerinin uygun oranlardaki karışımları ile hafif ve esnek bir beton elde etmeye yarayan, farklı tane büyüklüklerine sahip, doğal hafif ve yalıtım özelliği olan bir agregadır [2]. Bimsbeton üretimi için gerekli olan malzemeler genellikle bims agregası, çimento ve karışım suyudur. Belirli oranlarda bu malzemelerin karıştırılmasıyla elde edilen harç, sektörel tanımla bimsbeton harcı olarak

isimlendirilmektedir. Bimsbeton harcı, inşaat sektörünün birçok alanında kullanılabilir [6]. Bu kullanım alanlarının başında, boşluklu duvar bloklarının yapımı, lento yapımı, hafif beton üretimi, panel duvar üretimi, hafif örgü ve sıva harcı üretimi vb. bir dizi uygulamalar gelmektedir. Günümüzde bimsbeton üretimi için, alternatif bims agregaları kullanılabilir gibi, ilave katkı maddeleri ile betonun teknik özellikleri iyileştirilebilmektedir. Bu çalışmada da, geliştirilmiş perlit agregaların mineral katkı malzemesi olarak uygulandığı bimsbeton özelliklerine olan etkisi analiz edilmiştir. Genleşmiş perlit agrega, İzmir Menderes bölgesinden temin edilmiş olup, maksimum tane boyutu 1 mm olarak belirlenmiştir. Genleşmiş perlit agrega örneklerinin teknik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir

Çizelge 1. Genleşmiş perlit agrega örneklerinin teknik özellikleri.

Özellikler	Genleşmiş Perlit Agrega	Birim
Renk	Beyaz	-
Sertlik (MOHS Ölçeği)	5 - 5.5	-
pH	6.6 – 8	-
Özgül Kütle	2.300	gr/cm <sup>3</sup>
Kuru Birim Hacim Ağırlık	40 - 220	kg/m <sup>3</sup>
Su Emme	40 - 60	%
Doluluk Oranı	1.80 - 9.60	%
Gerçek Porozite	98.2 - 90.4	%
Zararlı Maddeler Analizi	Yok	-
Kükürt Analizi	0.34	%
Yapısal Bozunma	870	°C
Erime Noktası	1100	°C
Ateşe Dayanım	Yanmaz	-
Ateşe Geçiktirme	3	Saat
Özgül Isı Kapasitesi	0.200 - 0.215	kcal/kg°C
Isı İletkenlik (l)	0.040 - 0.050	W/mK
Ses Geçiş Katsayısı	0.25	-
Ses Yutuculuk	35 - 40	dB

Çalışma kapsamında kullanılan bims agrega örnekleri de Nevşehir bölgesinden temin edilmiş olup, iki ayrı boyut grubunda sınıflandırılan (0-4mm ve 4-8mm) agrega örneklerinin teknik analizleri Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarlarında yapılmıştır. Bu analiz bulguları Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 1 ve Çizelge 2’den de görüldüğü gibi, bimsbeton üretimi için kullanılacak bu her iki agrega türü, doğal hafif agrega sınıfında yer alan malzemelerden olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. Bims agrega örneklerinin teknik özellikleri.

Özellik	Birim	0-4 mm	4-8 mm
Renk	-	Beyaz	Beyaz
MOHS Sertliği	-	6	6
pH	-	5.5 - 6	5.5 - 6
Kimyasal Tepkime	-	HF asit hariç tüm asitler	HF asit hariç tüm asitler
Özgül Kütle	gr/cm <sup>3</sup>	2.33	2.33
Birim Ağırlık	kg/m <sup>3</sup>	760	590
Su Emme	%	28	34
Doluluk Oranı	%	45	40
Görünür Porozite	%	55	60
Gerçek Porozite	%	67	69
Doyma Derecesi	%	42	49
Zararlı Maddeler Analizi	-	Zararsız	Zararsız
Kükürt Analizi	%	0.21	0.21
İlk Yapısal	°C	940	925
Bozunma Isısı	°C	1240	1240
Erime Noktası	°C	1240	1240
Ateşe Dayanım	-	Yanmaz	Yanmaz
Özgül Isı	kcal/k	0.252	0.255
Kapasitesi	g°C	0.252	0.255
Isı İletkenlik	W/mK	0.164	0.132
Ses Geçiş Katsayısı	-	0.20	0.20
Sıva Tutma	-	Son derece iyi	Son derece iyi

### 3. GENLEŞMİŞ PERLİT AGREGALI BİMSBETON ANALİZİ

Yapıda hafif malzeme kullanmak, gerek bina ölü ağırlığının düşürülmesinde gerekse binanın ısı yalıtım özelliğini

iyileştirmede en etkin faktör olarak bilinmektedir [3]. Bu bakımdan, bina inşasında doğal ve hafif malzeme kullanımının önemi, giderek artmakta ve birçok araştırmacı hafif betondan mamul yapı elemanlarının geliştirilmesine yönelik bir dizi araştırma çalışmalarını sürdürmektedir. Bu araştırmalar arasından bir dizi inceleme, bimsbetondan mamul hafif yapı elemanlarının üretilmesi ve dolayısıyla düşük birim ağırlık ve yüksek mukavemet sağlayan bimsbeton karışım kombinasyonları üzerine sürdürülmektedir [2]. Günümüzde sektörel alanda bimsbeton olarak elde edilen birim hacim ağırlık (BHA) değerleri 800 – 1300 kg/m<sup>3</sup> arasında değişim göstermektedir [7]. Bu birim ağırlıkları, karışım kombinasyonunda kullanılan bims agregasının türü, maksimum tane boyutu ve bimsbetonun elde ediliş şekillerine göre değişebilmektedir [7,8,9]. Ancak, genelde uygulanan karışım kombinasyonu ince ve orta irilikte bims agregası, Portland çimentosu ile karıştırılmakta ve düşük çökme değerlerinde (2-3 cm) (kuru karışım kıvamında) bimsbeton harcı elde edilmektedir. Bu harç, vibrasyon + presleme ünitelerinde özel olarak tasarlanmış duvar yapı elemanı blok kalıplarına dökülerek, nihai ürünler elde edilmektedir.

Bu çalışmada, bimsbeton birim ağırlıklarını daha asgari düzeylere indirgeyebilmek, dolayısıyla daha hafif bir harç elde etmek amacıyla bims agregasıyla üretilen bimsbeton harcına belirli oranlarda genişletilmiş perlit agregası ilave edilerek, bir dizi deneysel ve gözlemsel inceleme çalışması Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarlarında yapılmıştır. Araştırmada, genişletilmiş perlitin karışıma ilavesi sonrası bimsbeton özelliklerine ne ölçütlerde bir avantaj sağladığını analiz etmek amacıyla, öncelikle yalnızca bims agregasıyla elde edilmiş bimsbeton kontrol örnekleri

hazırlanmış ve bu örneklerinin teknik özellikleri belirlenmiştir. Kontrol bimsbetonun elde edilmesinde, bir dizi Portland 42,5 çimento dozajında Nevşehir bölgesi bims agregası 0-4mm ve 4-8 mm boyutlarında farklı oranlarda kullanılmıştır. Daha sonra, bimsbetonda aynı karışım oranlarını kullanarak ince bims agregası yerine 0-1 mm boyutlu genişletilmiş perlit agregaları yer değiştirerek, bimsbeton örnekleri yeniden dökülmüştür. Elde edilen teknik bulgular karşılaştırılarak, genişletilmiş perlit agregasının bimsbetona etkisi irdelenmeye çalışılmıştır. Bimsbeton örnek hazırlanması TS 3234 standardının öngördüğü prensiplere göre yapılmıştır [6].

Nevşehir bölgesinden temin edilen tüvenan bims agregaları, primer bir kırıcıdan kırılarak 0-4mm ve 4-8mm olmak üzere iki ayrı boyut grubuna ayrılmıştır. Genleşmiş perlit agregalar ise İzmir-Menderes bölgesinde temin edilmiştir. 140, 160, 180 ve 200 (kg/m<sup>3</sup>) çimento dozajlarında kontrol ve genişletilmiş perlit agregalı bimsbeton örnekleri vibrasyon + presleme ünitesinde kuru karışım kıvamında 100x100x100 mm boyutlu küp formlu kalıplara, farklı karışım kombinasyonlarında dökülmüştür. Hazırlanan bimsbeton örnekleri doğal ortam kürleme işlemine tabii tutulmuş olup, 7, 14 ve 28. gün kür sonrasında etüvde kurutulmaksızın deneysel analizler yapılmıştır. Kür sonrası, numunelerin birim ağırlık ve mukavemet değerleri belirlenmiştir. Burada, yalnızca özetle 160 doz olarak hazırlanan bimsbeton örneklerinin teknik değerleri irdelenmiş olup, numune hazırlamada kullanılan bimsbeton karışım kombinasyonları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Bimsbeton örneklerinin hazırlanmasında kullanılan karışım kombinasyonları (160 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajı).

Karışım	Karışıma Giren Miktar				Hacimce Kullanım Oranı			
	0-4mm	4-8mm	0-1mm	Portland Çimento	0-4mm	4-8mm	0-1mm	Portland Çimento
	Nevşehir Pomzası (kg)	Nevşehir Pomzası (kg)	Genleşmiş Perlit (kg)		Nevşehir Pomzası (%)	Nevşehir Pomzası (%)	Genleşmiş Perlit (%)	
Kontrol	202	368	-	195	25.80	60.20	-	14.00
M1	-	368	43	195	-	60.20	25.80	14.00
M2	-	315	58	195	-	51.60	34.40	14.00
M3	-	263	72	195	-	43.00	43.00	14.00

Bu karışım kombinasyonlarında hazırlanan bimsbeton harçlarının her birisi için, küp numune kalıplarına dökümü yapılmadan önce, taze harcın birim hacim ağırlığı ölçülmüş olup, ayrıca bu taze harç vibrasyon+preslemeyle küp kalıba yerleştirildikten sonra elde edilen sıkışmış harcın da birim hacim ağırlığı belirlenmiştir. Bu iki taze harç birim ağırlığı arasındaki fark, her bir karışımın ne ölçülerde kalıba yerleştiği, diğer bir deyişle ne kadar sıkışabildiği saptanmıştır (Çizelge 4). Genellikle, taze bimsbeton harcı vibrasyon ve preslemenin etkisiyle bir miktar sıkışacağı kaçınılmazdır, ancak bu sıkışma miktarının çok yüksek olması elde edilecek yerleşmiş bimsbetonun birim ağırlığını arttıracaktır. Bu nedenle, genelde bu tarz uygulama yardımıyla vibrasyon ve presleme basıncının büyüklüklerinin ayarlanması yapılabilmektedir. Çizelge 4'ten de görüldüğü gibi, kontrol bimsbetonun sıkışma oranı %36.49 olarak belirlenmiş olmasına rağmen, genleşmiş perlit agrega katkılı bimsbetonun sıkışma oranlarının daha da büyük olduğu gözlenmiştir. Özellikle, genleşmiş perlit katkı oranı arttıkça, sıkışma oranının da arttığı görülmüş olup, katkı miktarının artmasına göre vibrasyon ve presleme basıncının ve sürelerinin düşürülmesinin gerekliliği tecrübe edinilmiştir. Gerekli ayarlama yapılmadığı durumlarda, hedeflenen bimsbeton birim ağırlıklarının çok üzerinde ağırlık değerleri elde edilebilecektir.

Çizelge 4. Taze bimsbeton örneklerinin birim ağırlık ve sıkışma oranları (160 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajı).

Karışım	Kalıplama Öncesi Taze Bimsbeton BHA (kg/m <sup>3</sup> )	Vibrasyon+Presleme Sonrası Bimsbeton Sıkışma Oranı (%)
	Kontrol	
M1	631	34.39
M2	568	46.83
M3	525	50.67

Toplam dört serilik bir karışım kombinasyonunda dökülen küp örneklerinin 7, 14 ve 28. günlerde birim ağırlık ve dayanım değerlerine ilişkin bulgular ise Çizelge 5'de verilmiştir. Kuru karışım olarak elde edilmiş genleşmiş perlit agregalı bimsbeton örneklerinin 28 gün kür sonrası genel görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1. Genleşmiş perlit agregalı katkı bimsbeton örnekleri genel görünümü. (160 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajı).

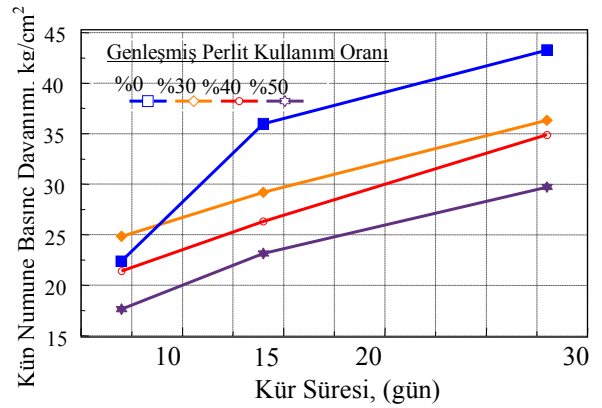
Çizelge 5. Bimsbeton küp örneklerinin teknik analizleri (160 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajı)

Karışım	7 gün kür	14 gün kür	28 gün kür	7 gün kür	14 gün kür	28 gün kür
	sonrası BHA (kg/m <sup>3</sup> )	sonrası BHA (kg/m <sup>3</sup> )	sonrası BHA (kg/m <sup>3</sup> )	sonrası Dayanım (kg/cm <sup>2</sup> )	sonrası Dayanım (kg/cm <sup>2</sup> )	sonrası Dayanım (kg/cm <sup>2</sup> )
Kontrol	837	813	767	22.38	35.97	43.27
M1	808	806	755	24.83	29.20	36.33
M2	798	756	733	21.39	26.31	34.88
M3	736	730	688	17.63	23.15	29.72

Çizelge 5 irdelendiğinde görüleceği gibi, bimsbeton örneklerinin birim ağırlık değerleri, kür süresine bağımlı olarak düşmektedir. Taze bimsbeton harcı, doğal ortam kürlenme sürecinde giderek bünyesinden karışım suyunu atması (nem atımı) sebebiyle, kuru bir duruma gelmektedir. Kontrol bimsbeton örneklerinde süreye bağlı bu nem atımı, 7, 14 ve 28. günlerde sırasıyla %4.71, %7.51 ve %12.74 olarak gerçekleşmiştir. Ancak, düşük oranda genişlemiş perlit agrega katkısı ile bimsbetonun nem atım seviyesinin düştüğü ve kontrol bimsbeton harcına göre daha geç sürede kurduğu gözlenmiştir. Genleşmiş perlit agrega katkılı bimsbeton örnekleri için bu olgu M1 karışım kombinasyonunda sırasıyla %4.72, %4.95 ve %10.97 olduğu, M3 karışım kombinasyonunda ise sırasıyla %6.95, %7.71 ve %13.02 olduğu görülmüştür. Bu olgu, karışımda yer alan agrega malzemelerin gözeneklilik derecesi ve karışım suyunu bünyelerinde muhafaza etmelerinin bir fonksiyonu olarak gelişmektedir. Yapılan bu analiz irdelemesi göstermiştir ki, bimsbeton birim ağırlıklarının günümüzde arzu edilen ve daha hafif bimsbeton kategorisinde değerlendirilen beton karışımları, genişlemiş perlit agrega katkısıyla sağlanabilmektedir. Kalıba harç yerleşiminde vibrasyon ve presleme basıncının süre ve ayarlamaları üzerine gerekli düzenlemeler yapıldığı takdirde, yerleşmiş harç için 600 kg/m<sup>3</sup> civarında katkılı bimsbeton birim ağırlıkları

sağlanabilecektir. Bununla birlikte, perlit agreganın tane boyutu arttıkça, bimsbetonun birim ağırlığını bu değer de altında elde etmek mümkün olabilecektir. Bu da, yalnızca bims agregasıyla elde edilen bimsbeton birim ağırlıklarında 200 kg/m<sup>3</sup>'e ulaşan hafiflemeler elde edilebileceği anlamına gelmektedir.

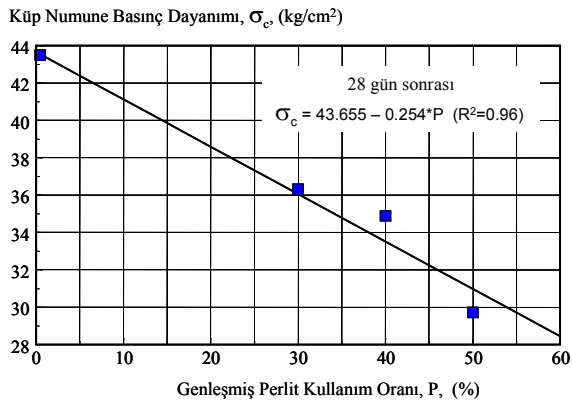
Diğer taraftan, bimsbeton örneklerinin basınç dayanım değerleri de, birim ağırlığın tersine kür süresine bağımlı olarak artmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Bimsbeton Örneklerinin Kür Süresine Bağımlı Basınç Dayanım Değerleri

Bimsbeton örneklerinin dayanım değeri, kür süresine bağımlı olarak lineer bir artış trendi göstermekte olup, kontrol bimsbetonun dayanım değeri 7. kür gününden sonra, diğer her bir örneğin değerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Genleşmiş perlit agregasının tane olarak mukavemeti, aynı boyuttaki bims agregasının mukavemetinden daha

düşük olması sebebiyle bimsbetondaki katkı de artmaktadır. Bu nedenle, arzu edilen her bir miktarda genişmiş perlit agrega katkısı, olumlu sonuçlar vermeyebilecektir. Yapılacak deneysel analizlerle, hedeflenen maksimum ürün dayanımını sağlamak amacıyla, optimum genişmiş perlit agrega katkı oranı tespit edilmelidir. Bu amaçla, 28 günlük dayanım değerlerine göre  $160 \text{ kg/m}^3$  çimento dozajı için elde edilen grafiksel yaklaşım Şekil 3'de verilmiştir. Grafiksel analizden de görüldüğü gibi, genişmiş perlit agrega katkı oranı arttıkça, bimsbetonun dayanımı düşmekte ve bu düşme oranı lineer bir ilişki ile tanımlanabilmektedir. Perlit katkı oranı ve bimsbeton dayanımı arasında kurulan bu ilişki yardımıyla, istenilen mukavemet değeri için ne kadarlık bir perlit katkısı kullanmak gerektiği yorumlanabilmekte ve kestirimi yapılabilmektedir.



Şekil 3. Genişmiş perlit katkı oranı küp dayanım ilişkisi ( $160 \text{ kg/m}^3$  çimento dozajı).

Bu eğrisel ilişkinin değerlendirilmesi ve yorumlanması aşağıdaki bölümde detaylandırılmıştır

#### 4. HAFİF YAPI ELEMANI ANALİZİ

Ülkemizde hafif agregalı beton kagir birimlerin üretimi, boyutlandırması ve inşaat sektöründe hafif yapı elemanı olarak

miktarı arttıkça, mukavemet düşüşü kullanım kriterleri, TS EN 771-3:Nisan 2005 standardında öngörülmüştür [10]. Bu çalışmada yukarıda değinilen genişmiş perlit agrega katkılı bimsbeton harcının, bu standarda uygun 5 sıra boşluklu bir duvar blok elemanının üretiminde getireceği avantajlar ve elde edilecek blok teknik kapasitesine ilişkin bir dizi inceleme çalışması yapılmıştır.

Buradaki ön analizlerde kullanılan blok elemanının genel formu Şekil 4'de gösterilmiştir. Bu irdelemede, özellikle blok elemanı olarak  $190 \times 390 \times 185$  mm boyutlarında 5 sıra boşluklu ve lamba zıvanalı geometriye sahip duvar blok elemanının sağlayabileceği değerler bakımından bir değerlendirme yapılmıştır. Blok elemanının 7, 14 ve 28. gün kür sürelerinde birim ağırlık değeri, sağlayacağı mukavemet, birim ağırlık sınıfı, ısı iletkenlik değeri ve standardın öngördüğü diğer bazı teknik değerlendirmeler irdelenmiştir [10]. Blok elemanı için elde edilen birim ağırlık (BA) ve birim hacim ağırlık (BHA) sınıfı değerlendirmesi Çizelge 6'da verilmiştir.



Şekil 4. Analizlerde kullanılan boşluklu ve lamba zıvanalı blok elemanı formu.

Çizelge 6. Bimsbetondan mamul duvar blok elemanın birim ağırlık analiz (160 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajı).

Karışım	7 gün kür	14 gün kür	28 gün kür	7 gün kür	14 gün kür	28 gün kür
	sonrası BA (kg)	sonrası BA (kg)	sonrası BA (kg)	sonrası BHA (kg/m <sup>3</sup> )	sonrası BHA (kg/m <sup>3</sup> )	sonrası BHA (kg/m <sup>3</sup> )
Kontrol	8.91	8.65	8.16	650	631	596
M1	8.60	8.58	8.04	627	626	586
M2	8.49	8.05	7.80	620	587	569
M3	7.83	7.77	7.32	572	567	543

Çizelge 6'dan da görüldüğü gibi, kontrol bimsbetonu ile dökülen blok elemanlarının 28 günlük birim ağırlık değerleri 8 kg civarında elde edilmektedir. Özellikle günümüzde nakliye maliyetlerinin hesaplanması ve ısı yalıtım değerlendirmelerinin yapılması konusunda, blok elemanlarının birim ağırlık değerleri en önemli parametre olarak irdelenmektedir. Bu nedenle, blok üretimi bakımından hafif blok elde etmek ve standardın öngördüğü geometrilere ürünlerin hafifletilmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada elde edilen ön verilere göre, 160 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajında genişmiş perlit agreganın katkı olarak kullanıldığı bimsbeton karışımları ile blok elemanları birim blok başına yaklaşık 1 kg civarında bir hafifleme sağlayabildiği gözlenmiştir. Bu da birim ağırlık sınıfı bakımından ortalama 100 kg/m<sup>3</sup> lik bir BHA değerinde bir düşmeye karşılık gelmektedir ki, bu da önemli bir farktır. Özellikle blok elemanı için ısı yalıtım değerlendirmesi yapılırken birim ağırlık sınıfının 500 kg/m<sup>3</sup> grubunda yer alması, bu elemanın ısı iletkenlik değerinin önemli ölçülerde düştüğü ve dolayısıyla daha ısı yalıtımlı bir ürün konumuna geldiğini göstermektedir.

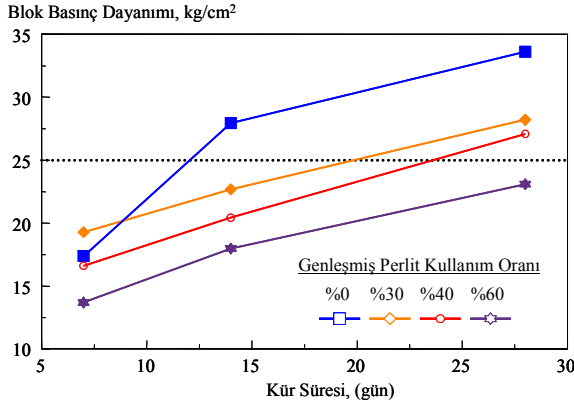
Diğer taraftan, blok elemanının birim ağırlıklarının düşmesi, doğal olarak basınç dayanım değerini de düşürecektir. Ancak, blok elemanını hafifletmek önemli olduğu kadar, mukavemet değerini de düşürmemek önemlidir. TS EN 771-3 standardına göre, duvar blok elemanları için dayanımla ilgili

herhangi bir limit değer belirtilmemiş olmasına rağmen, pratik incelemeler göstermektedir ki, minimum blok dayanımı 20 kg/cm<sup>2</sup> ve ortalama olarak 25 kg/cm<sup>2</sup> lik değerleri sağlaması arzu edilir [11]. Bu bağlamda, çalışmada elde edilen blok analizlerindeki blok dayanım değerlerine bakıldığında, 28 gün kür sonrası tüm karışım kombinasyonlarında hazırlanan bimsbeton harcıyla dökülen blokların dayanımı, bu değerleri sağladığı görülmüştür (Çizelge 7). Kontrol bimsbetonu ile elde edilen blok elemanları 28 günde 33.60 kg/cm<sup>2</sup> lik bir dayanımı sağlarken, genişmiş perlit agrega katkılı bimsbetondan mamul blok elemanlarının ise dayanım değeri, kullanılan katkı miktarına göre sırasıyla 28.21, 27.08 ve 23.08 kg/cm<sup>2</sup> olarak elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, genişmiş perlit agrega katkısı arttıkça, blok dayanımları da düşmekte, ancak arzu edilen mukavemet değerlerini sağlamaktadır. Ayrıca, kür süresine bağlı olarak blok elemanlarının dayanım değerleri de iyileşmektedir (Şekil 5).

Çizelge 7. Bimsbetondan mamul duvar blok elemanının dayanım analiz (160 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajı).

Karışım	7 gün kür	14 gün kür	28 gün kür
	sonrası dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	sonrası dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	sonrası dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )
Kontrol	17.38	27.93	33.60
M1	19.28	22.67	28.21
M2	16.61	20.43	27.08
M3	13.69	17.98	23.08



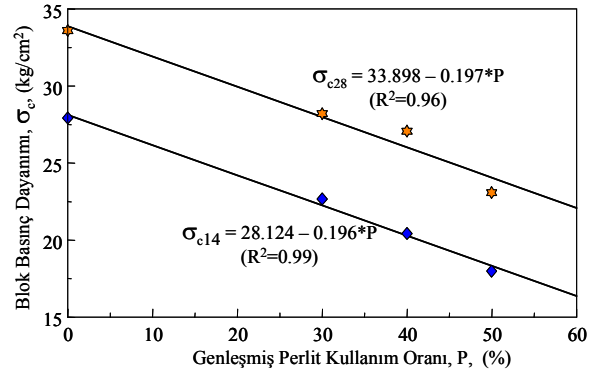


Şekil 5. Bimsbetondan mamul blok elemanlarının kür süresine bağlı basınç dayanım değerleri.

Bununla birlikte, sektörel uygulamalarda genellikle blok elemanları üretim sonrası 12-15 günlük kür sürelerinde kullanılacakları alanlara veya bölgelere sevk edilmektedir. Bu bakımdan, blok elemanlarının taşınması sırasında zayıflarının olmaması ve nakledilebilecek ölçütlerde yeterli bir mukavemeti sağlaması gerekmektedir. Bu değer de, edinilen tecrübeyle genelde 12. günde minimum 17 kg/cm<sup>2</sup>'lik bir dayanımı sağlamasıdır. Blok elemanın bimsbeton karışım kombinasyonunda yer alan bileşenler, 12 gün doğal kürlenme sonrası bu değeri sağlamalıdır. Yapılan bu araştırma çalışmasında genleşmiş perlit agrega katkılı tüm bimsbetondan mamul blok elemanlarının bu değeri sağladığı da görülmüştür.

Sürdürülen bu araştırma çalışmasında, genleşmiş perlit agrega katkısının, ürün bazında blok dayanımına olan etkisini incelemek amacıyla elde edilen verilere göre grafiksel bir analiz yapılmıştır (Şekil 6). Bu grafiksel analizde de görüldüğü gibi, perlit katkı oranı ile blok dayanımı arasında lineer azalan bir ilişkinin var olduğu tespit edilmiştir. Örneğin, 14 gün kürlenme sonrasında 20 kg/m<sup>2</sup> lik minimum blok dayanımını elde edebilmek için, bimsbeton karışımında en fazla %41 genleşmiş perlit

agrega katkısı kullanmak yeterli olacaktır. Benzer şekilde, 28 gün kür sonrası 25 kg/m<sup>2</sup> lik minimum blok dayanımını elde edebilmek için ise, en fazla %46 genleşmiş perlit agrega katkısı kullanmak gerekecektir. Bu nedenle, çalışmada kullanılan blok geometrisi için kullanılabilir maksimum perlit agrega katkısı %46 olarak tespit edilmiştir. Burada sunulan değerler yalnızca 0-1 mm boyutundaki perlit agregaları için verilmiş olup, kullanılacak genleşmiş perlit agregasının farklı tane boyutuna göre değişkenlik gösterecektir.



Şekil 6. Genleşmiş perlit katkı oranı blok dayanım ilişkisi (160 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajı).

Blok elemanları üzerine yapılan bir diğer inceleme ise, perlit agrega katkı miktarının bloğun ısı iletkenlik değeri, ses yutuculuk ve ateşe dayanım değerlerine olan etkisi analiz edilmiştir. Ayrıca, blok birim ağırlığı sebebiyle 1 m<sup>2</sup> duvar örgüsünde duvarın birim ağırlığı ve bloğun yüzey yoğunluk değerleri de tespit edilmiştir. Elde edilen analiz bulguları Çizelge 8 ve Çizelge 9'da 14 ve 28 gün kür süreleri için ayrı ayrı verilmiştir. Bu çizelgelerden de görüldüğü gibi, perlit agrega katkı oranı arttıkça, blok elemanın ısı iletkenlik değeri iyileşmekte, bununla birlikte duvar birim ağırlığı da düşmektedir. TS EN 1745 standardında öngörülen hesap prensibine göre belirlenen blok ısı iletkenlik değerleri [12], perlit agrega katkısı ile bimsbeton birim

Ağırlığının düşmesinin de bir fonksiyonu olarak önemli büyüklüklerde iyileşme sağlandığı görülmüştür. Kontrol bimsbetonu ile dökülen blok elemanının örneğin 28 gün kür sonrası ısı iletkenlik değeri, 0,161 W/mK olarak belirlenmiş olup, bu bimsbeton karışımının ince pomza madde oranı hacimce %30 genişmiş perlit agrega

ile yer değiştğinde, bloğun ısı iletkenlik değerinin 0.139 W/mK değerine ulaştığı, diğer bir değişle %15.82 daha yalımlı hale geldiği görülmüştür. Perlit katkı oranı arttıkça, bu iyileşme miktarı %26 seviyelerine kadar ulaşabilmektedir.

Çizelge 8. Bimsbetondan mamul duvar blok elemanının 14 gün kür sonrası bazı teknik özellikleri (160 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajı).

Karışım	Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	Ses Yutuculuk Değeri (dB)	Ateş Dayanım Süresi (saat)	Duvar Birim Ağırlığı (kg/m <sup>2</sup> )	Blok Yüzey Yoęunluğu (kg/m <sup>2</sup> )
Kontrol	0.170	46	5.39	108	120
M1	0.147	46	5.39	107	119
M2	0.139	45	5.39	101	112
M3	0.134	44	5.39	97	108

Çizelge 9. Bimsbetondan mamul duvar blok elemanının 28 gün kür sonrası bazı teknik özellikleri (160 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajı).

Karışım	Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	Ses Yutuculuk Değeri (dB)	Ateş Dayanım Süresi (saat)	Duvar Birim Ağırlığı (kg/m <sup>2</sup> )	Blok Yüzey Yoęunluğu (kg/m <sup>2</sup> )
Kontrol	0.161	45	5.39	102	113
M1	0.139	45	5.39	101	111
M2	0.135	44	5.39	98	108
M3	0.128	43	5.39	92	101

Yapılan araştırma çalışması, perlit katkı oranı arttıkça blok elemanının ses yutuculuk değerinin düştüğünü göstermiştir. Bilindięi gibi bir malzemenin ses yutuculuk özelliği, yüzey yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak değişim göstermektedir. Yüzey yoğunluğu arttıkça, ses yutuculuk değeri de iyileşmektedir. Ancak, perlit agrega katkısı, bimsbeton elemanının yüzey yoğunluğunu azalttığı için, bloğun ses yutuculuk değeri de buna bağlı olarak azalmaktadır. Elde edilen verilere göre bu durum değerlendirildiğinde, blok elemanlarının ses yutuculuk değerlerinin 43 dB 'in üzerinde olduğu görülmektedir. Bu

da, binalarda ses yalıtımı için gerekli limit değerleri sağlayabilen büyüklüklerdedir. Diğer taraftan ateş dayanım, malzemenin doğası ve blok elemanının geometrisinin bir fonksiyonu olarak değerlendirilebilmektedir. Buradaki bimsbetonun elde edilmesinde kullanılan tüm malzemeler yanmaz A1 sınıfı malzemeler kategorisinde olması sebebiyle, blok elemanı yanmaz, alev almaz, parlamaz ve patlamaz bir özelliktedir. Ancak, geometrisine bağlı olarak yüksek sıcaklığa maruz kalması durumunda, ateş geciktirme süresinde bir değişim görülebilmektedir. Bu da, bloğun hacimsel doluluk oranı ile doğrudan ilişkili bir parametredir. Bu

araştırmada kullanılan blok geometrisi, tüm analizlerde aynı olduğu için, blok elemanlarının ateş geciktirme süresi 5.39 saat olarak belirlenmiştir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada pomza ve genişmiş perlit agrega örnekleriyle hazırlanan 4 ayrı bimsbeton karışımının öncelikle, bimsbeton olarak teknik analizleri yapılmış olup, bimsbeton özelliklerine genişmiş perlit katkı oranının etkisi irdelenmiştir. Bu çalışma sürecinde elde edilen genel tecrübe ve verilerin ışığında, TS EN 771-3 standardına uygun geometrik boyutlarda tasarlanan ve 5 sıra boşluklu bir blok elemanının, bu bimsbeton karışımları ile elde edilen ürün formunun teknik özellikleri de ayrıca detaylı olarak analiz edilmiştir. Araştırma bulgularına göre genişmiş perlit agrega katkısı, bimsbetona blok üretimi açısından önemli avantajlar sağlayacak bir konuma getirmektedir. Günümüzde önemli bir konu durumuna gelen bimsbeton birim ağırlıklarının düşürülmesi, genişmiş perlit agrega katkısı ile sağlanabilmektedir. Bununla birlikte, bimsbetondan mamul boşluklu duvar blokları daha ısı yalıtımlı hale de gelmektedir. Bu çalışma, farklı tane boyutlarındaki genişmiş perlit agregaların benzer şekilde analizi ile, perlit agrega boyutunun bimsbeton özelliklerine olan etkisi de detaylı olarak irdelenmelidir. Bu makale ile, konu üzerine yapılacak araştırmalara bir ışık tutulması amaçlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] Eriç, M., 1994. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul, Antalya, s257.
- [2] Gündüz, L., "Pomza Teknolojisi", Cilt-1, Isparta, 1998.
- [3] Şener, F., 1999. *Yalıtımlı Hafif Yapı Hammaddeleri*, Enerji Tasarrufunda Jeotermal Enerjinin Ve Yalıtımlı Hafif Yapı Malzemelerinin Önemi

Sempozyumu, MTA, 12-13 Nisan, Ankara, s31-47.

- [4] Gündüz L., Rota A., Hüseyin A., 2000, "Türkiye ve Dünyadaki Pomza Oluşumlarının Malzeme Karakteristiği Analizi", 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.
- [5] Failla A., Mancuso P. and Miraglia N., 1997, "Experimental – Theoretical Study on Pumice Aggregate Lightweight Concrete", Technical Report, Italy.
- [6] TS 3234, 1978. Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deneysel Metotları, 30s.
- [7] Neville, A., M., 1996, "Properties of Concrete", Fourth and Final Edition, Addison Wesley Longman Limited, Harlow, UK.
- [8] Kornev N.A., Kramar V.G. and Kudryavtsev A.A., 1980, "Design peculiarities of prestressed supporting constructions from concretes on porous aggregates", The Concrete Society, The Construction Press, Lancaster, London, New York, UK.
- [9] TS 1114 EN 13055-1:2004, Hafif Agregalar-Bölüm 1: Beton, Harç ve Şerbette Kullanım için, s39, TSE, Ankara.
- [10] TS EN 771-3:Nisan 2005, Kagir Birimler-Özellikler-Bölüm 3: Beton Kagir Birimler (Yoğun ve Hafif Agregalı), TSE, Ankara.
- [11] TS 2823, 1986. Bimsbetondan Mamul Yapı Elemanları (Tadil: 1988/08), 27s.
- [12] TS EN 1745:Nisan 2004, Kagir ve Kagir Mamulleri-Tasarım Isıl Değerleri Tayini Metotları, TSE, Ankara.

### **NÜKHET ŞAPCI'NIN ÖZGEÇMİŞİ**

1979 yılında Isparta'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Isparta'da tamamladı. 1997 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2001 Haziran döneminde Mühendislik-Mimarlık Fakülte ikincisi olarak; Jeoloji Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. Eylül 2005 yılından itibaren Süleyman Demirel Üniversitesi Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezinde Uzman olarak görev yapmakta olup halen aynı üniversitede Yüksek lisans eğitimini sürdürmektedir.