

**T.C.  
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİMS AGREGALARIN VE BİMSBETON ÜRÜNLERİN  
MİMARLIK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mimar Pınar KOCAMAN**

**Yapı Fiziği Ve Malzemesi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY**

**HAZİRAN 2009**

Pınar KOCAMAN tarafından hazırlanan BİMS AGREGALARIN VE BİMSBETON ÜRÜNLERİN MİMARLIK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY

Bu çalışma, jürimiz tarafından Yapı Fiziği Ve Malzemesi Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof.Dr. Halit Yaşa ERSOY (M.S.G.S.Ü.)

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Kemal ÇORAPÇIOĞLU (M.S.G.S.Ü.)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Leyla TANAÇAN (İTÜ)

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>iii</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ.....</b>	<b>x</b>
<b>SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....</b>	<b>xi</b>
<b>ÖZET.....</b>	<b>xiii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>xv</b>
<b>1 GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 GENEL.....	1
1.2 AMACI VE KAPSAMI .....	3
1.3 YÖNTEMİ.....	5
<b>2 BİMS VE İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI .....</b>	<b>6</b>
2.1 BİMS VE ÖZELLİKLERİ .....	6
2.1.1 Bimsin Tanımı Ve Oluşumu .....	6
2.1.2 Bimsin Sınıflandırılması .....	11
2.1.3 Bimsin Fiziksel, Kimyasal Ve Teknik Özellikleri .....	14
2.1.3.1 Fiziksel Özellikleri.....	15
2.1.3.2 Kimyasal Özellikleri .....	16
2.1.4 Bimsin Saflaştırılması .....	17
2.1.4.1 Saflaştırmanın Tanımı, Amacı Ve Önemi .....	17
2.1.4.2 Saflaştırma (Zenginleştirme) Yöntemleri .....	20
2.1.5 Dünyada Ve Türkiye'de Bims .....	21
2.2 BİMSİN KULLANIM ALANLARI .....	24

2.2.1	Bims Kullanımının Tarihi Gelişimi .....	25
2.2.2	Tarım Sektörü.....	28
2.2.3	Kimya Sektörü .....	30
2.2.4	Tekstil Sektörü .....	32
2.2.5	Diğer Endüstriyel Ve Teknolojik Alanlarda .....	33
2.2.6	İnşaat Sektöründe .....	35
<b>3</b>	<b>BİMSİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIMI.....</b>	<b>37</b>
3.1	YAPI ALANI HARÇ VE BETON AGREGASI OLARAK KULLANIMI	37
3.1.1	Hafif Beton Agregası Olarak Kullanımı .....	38
3.1.1.1	Hafif Betonun Tanımı .....	39
3.1.1.2	Hafif Betonun Sınıflandırılması.....	40
3.1.1.3	Hafif Betonun Avantajları .....	41
3.1.1.4	Hafif Beton Agregası Özellikleri.....	42
3.1.2	Örgü (Yapıştırma), Sıva Ve Şap Harcında Agregası Olarak Kullanımı.	47
3.1.3	Katkı Malzemesi Olarak Kullanımı .....	51
3.2	PREFABRİKASYONDA VE PREKAST YAPI ELEMANLARI ÜRETİMİNDE KULLANIMI .....	52
3.2.1	Prefabrik Yapı Elemanları Üretiminde Kullanımı .....	53
3.2.2	Bimsblok Hafif Yapı Elemanları Üretiminde Kullanımı .....	53
3.2.2.1	Bimsblokların Tanımı Ve Sınıflandırılması .....	54
3.2.2.2	Bims Bimsblokların Özellikleri ve Diğer Yapı Elemanlarıyla Mukayesesi.....	56
3.2.2.3	Bimsblok Ürün Geometrisi Ve Etkileri .....	63
3.2.2.4	Bimsblokların Kullanım Alanları .....	64
3.2.2.5	Bimsblok Üretim Teknolojisi .....	74
3.3	İNŞAAT SEKTÖRÜNDE DİĞER ALANLARDA KULLANIMI .....	88

3.3.1	Çimento Katkı Maddesi Olarak Kullanımı .....	88
3.3.2	Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanımı .....	90
3.3.3	Çatı Ve Döşeme İzolasyon Dolgusu Olarak Kullanımı .....	93
3.3.4	Dekoratif Kaplama Elemanları Ve Mobilyalarda Kullanımı .....	93
<b>4</b>	<b>BİMSBETON VE İLGİLİ YAPIM KURALLARI .....</b>	<b>95</b>
4.1	BİMSBETONUN TANIMI.....	95
4.2	BİMSBETONUN BİLEŞENLERİ.....	95
4.2.1	Agrega Dağılımı(Granülometri).....	96
4.2.2	Çimento Miktarı .....	96
4.2.3	Karışım Suyu.....	97
4.2.4	Katkı Malzemesi .....	98
4.3	BİMSBETON YAPIM KURALLARI VE ÜRETİM SÜRECİ .....	98
4.3.1	Bimsbeton Hazırlama.....	98
4.3.2	Bimsbeton Karışım Kıvamı .....	98
4.3.3	Bimsbeton Karışım Hesabı .....	99
4.3.4	Bims Beton Karışım Hesabına Etki Eden Faktörler .....	102
4.4	BİMSBETONUN ÖZELLİKLERİ .....	103
<b>5</b>	<b>BİMS VE BİMSBETON ÜRÜNLERİNİN MİMARİ AÇIDAN ELE ALINMASI VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>105</b>
5.1	MİMARİ AÇIDAN DEĞERLENDİRME .....	107
5.2	YAPI FİZİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME .....	109
5.3	YAPI BİYOLOJİSİ VE İNSAN SAĞLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRME .....	114
5.4	SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÜLKE EKONOMİSİNE KATKILARI.....	115

5.4.1	Sürdürülebilirlik Kavramının Tanımı Ve Gelişimi .....	116
5.4.2	Mimaride Sürdürülebilirliği Sağlama Yolları .....	117
5.4.3	Sürdürülebilir Yapı Malzemesi .....	121
5.4.4	Çevre Ve Ekoloji Açısından Değerlendirme.....	125
5.4.5	Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirme .....	126
5.4.6	Ülke Ekonomisi Açısından Değerlendirme .....	127
<b>6</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>129</b>
	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>134</b>
	<b>EKLER.....</b>	<b>141</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>203</b>
	<b>TEŞEKKÜR .....</b>	<b>204</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Bims Agregaları .....	7
Şekil 2.2 Bims Oluşumunun Sembolik Gösterimi (Rittman, 1976) .....	8
Şekil 2.3 Bir Volkanın Yapısını Gösteren Şematik Kesit .....	9
Şekil 2.4 Asidik Karakterli Bims .....	12
Şekil 2.5 Bazik Karakterli Bims .....	13
Şekil 2.6 Bims Agrega Örneğinin Gözenek Yapısının Görünümü (Çıplak Gözle Ve Scan Elektron Mikroskop İle) .....	14
Şekil 2.7 Bims Eleme Ve Sınıflandırma Tesisinden Görünümler .....	17
Şekil 2.8 Bims Kırma-Eleme Ünitesi .....	18
Şekil 2.9 Bims Yıkama Ünitesi .....	19
Şekil 2.10. Tüvanan Bims Ve Zenginleştirilmiş Bims .....	20
Şekil 2.11 Dünya'daki Volkanik Alanların Dağılımı .....	22
Şekil 2.12 Türkiye'deki Volkanik Alanların Dağılımı .....	23
Şekil 2.13 Bimsin Çeşitli Kullanım Alanları .....	24
Şekil 2.14 Panteon Tapınağı Kubbesi .....	26
Şekil 2.15 Panteon Tapınağı Kesit-Görünüşü .....	26
Şekil 2.16 Ayasofya Müzesi .....	27
Şekil 2.17 Ayasofya Müzesi Kesiti .....	27
Şekil 2.18 Seracılıkta Ve Toprak İslahında Bims Kullanımı .....	29
Şekil 2.19 Sabun Üretiminde Bims Kullanımı .....	30
Şekil 2.20 Bimsin Kozmetik Sektöründe Kullanımı .....	31
Şekil 2.21 Tekstil Sektöründe Bims Kullanımı .....	32

Şekil 2.22 Öğütülmüş Bims Tozu .....	33
Şekil 2.23 Bimsbetondan Yapılmış Bir Bina .....	36
Şekil 2.24 Bimsblok Hafif Yapı Elemanları .....	36
Şekil 3.1 Boyutlandırılmış Bims Agregaları .....	38
Şekil 3.2 Kolon-Kiriş Ve Duvarlar Oluşan Isı Köprüleri .....	49
Şekil 3.3 Bimsin Yapı Elemanlarında Kullanımı .....	52
Şekil 3.4 Bimsblok Hafif Yapı Elemanları .....	54
Şekil 3.5 Bimsin Yapı Elemanlarının, Yapıda Kullanımının Sağladığı Avantajlar...	62
Şekil 3.6 Farklı Ürün Geometrisindeki Bimsbloklardan Bazıları .....	64
Şekil 3.7 Bimsblokların Duvarda Uygulaması .....	65
Şekil 3.8 Bimsten Mamul Asmolen Blok .....	67
Şekil 3.9 Asmolen Döşemeden Bir Görünüm .....	68
Şekil 3.10 Peyzaj Bimsblokların Genel Görünümleri .....	69
Şekil 3.11 Bimsblokların Çevre Düzenlemesinde Kullanımı .....	70
Şekil 3.12 Peyzaj Blokların Çevre Düzenlemesinde Kullanımı .....	70
Şekil 3.13 Peyzaj Blokların Çevre Düzenlemesinde Kullanımı .....	71
Şekil 3.14 Peyzaj Blokların Çevre Düzenlemesinde Kullanımı .....	72
Şekil 3.15 Bimsbeton Elemanların Peyzajda Kullanımı .....	72
Şekil 3.16 Bimsbeton Ürünlerin Çevre Düzenlemelerinde Kullanımları .....	73
Şekil 3.17 Dekoratif Amaçlı Bimsbeton Ürünleri .....	74
Şekil 3.18 Şematik Olarak Bimsblok Üretim Aşamaları .....	75
Şekil 3.19 Bimsin Hammadde Sahasından Çıkarılması .....	76
Şekil 3.20 Doğanbey Bims Ocağından Bir Görünüm .....	77
Şekil 3.21 Bims Ocağından Hammadde Üretiminin Akış Şeması(Gündüz, 2005) ...	77
Şekil 3.22 Bimsin Kırma-Eleme İşlemlerinden Görünümler .....	78



Şekil 3.23 Doğanbey Eleme Tesisi .....	79
Şekil 3.24 Boyutlandırılmış Bims Agregaları .....	80
Şekil 3.25 Doğanbey Saflaştırma Tesisinden Görünümler .....	80
Şekil 3.26 Agregas Silolarından Bir Görünüm.....	81
Şekil 3.27 Agregas Siloları Ve Elekler.....	81
Şekil 3.28 Bunkerlerden Agregaların Karışıma Alındığı Hazne ( Skraypere).....	82
Şekil 3.29 Agregaların Miksere Alınması.....	82
Şekil 3.30 . Otomasyon Sisteminde Kullanılan Kumanda Paneli .....	83
Şekil 3.31 Baskı Ünitesi.....	84
Şekil 3.32 Bimsblokların Üretiminden Bir Görünüm .....	84
Şekil 3.33 Ürünlerin Kamaralara Yerleştirilmesi.....	85
Şekil 3.34 Ürünlerin İlk Prizlerini Aldıkları Kamaralar .....	85
Şekil 3.35. Otomatik Paketleme Ünitesi .....	86
Şekil 3.36 Otomatik Paketlemeden Bir Görünüm.....	86
Şekil 3.37 Ürünlerin Stok Sahasına Alınması.....	87
Şekil 3.38 Doğanbey Stok Sahasından Bir Görünüm .....	87
Şekil 3.39 bimsin ısı yalıtım amaçlı binaların tavan veya çatı yalıtımında kullanımı(Gündüz, 2001) .....	93
Şekil 3.40 Dekoratif Kaplama Elemanlarında Ve Mobilyalarda Bims Kullanımı.....	94

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1 Asidik ve bazik karakterli bims kimyasal bileşimi .....	14
Çizelge 2.2 Ülkemizdeki bims kayaçlarının genel fiziksel özellikleri (Gündüz, 2005) .....	15
Çizelge 3.1 Bimsblok eşdeğer ısı iletkenlik değerleri.....	63
Çizelge 3.2 Hafif Agregaların Isı İletkenlik Değerleri (TS 825) .....	91
Çizelge 4.1 1 m <sup>3</sup> bimsbeton için gerekli malzeme miktarları .....	101
Çizelge 4.2 Bimsbeton Malzemeleri Üzerinde Yapılması Gerekli Düzeltmeler (Gündüz, 2005) .....	103
Çizelge 5.1 Sadece Bims Kullanılarak Üretilen Boşluklu Kagir Birimlerin Isı İletkenlik Değerleri (Gündüz, 2005) .....	111
Çizelge 5.2 Bimsblok Elemanların Farklı Ses Frekanslarındaki Ses Yutuculuk Değeri (Gündüz, 2005) .....	113

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

<b>1/ U</b>	:Yapı Bileşeninin Isıl Geçirgenlik Direnci
<b>1/Δ</b>	:Su Buharı Difüzyon Direnci
<b>1/Λ</b>	:Isıl Geçirgenlik Direnci
<b>Δk</b>	: Birim Hacim Ağırlık
<b>Δt</b>	: Sıcaklık Farkı
<b>Θ</b>	: Isı Miktarı
<b>μ</b>	:Su Buharı Difüzyon Direnci Kat Sayısı
<b>λ</b>	: Isı İletkenlik Katsayısı
<b>Σc</b>	: Beton Basınç Dayanım Değeri
<b>Φ</b>	:Bağıl Nem
<b>a</b>	: Hacimsel iri agreg a yüzdesi / Hacimsel ince agreg a yüzdesi
<b>A.K</b>	: Ateş Kaybı
<b>A/C</b>	: Agreg a Çimento Oranı
<b>BHA</b>	: Birim Hacim Ağırlık
<b>c</b>	: Özgöl Isı Değeri
<b>D</b>	: Kesit Kalınlığı
<b>Dz</b>	: Çimento Dozajı
<b>dB</b>	: Desibel
<b>K</b>	: Isı Akışı Katsayısı
<b>m<sub>ca</sub></b>	: İri agreg a nemi (ağırlıkça %)
<b>m<sub>fa</sub></b>	: İnce agreg a nemi (ağırlıkça %)
<b>n<sub>ca</sub></b>	:İri agreg a su emme kapasitesi (ağırlıkça %)
<b>n<sub>fa</sub></b>	:ince agreg a su emme kapasitesi (ağırlıkça %)

<b>Q</b>	: Verilen Isı Miktarı
<b>R</b>	: Isı Direnci
<b>Sc</b>	:Çimento özgül ağırlık faktörü
<b>S<sub>ca</sub></b>	: iri agrega özgül ağırlık faktörü
<b>S<sub>fa</sub></b>	: ince agrega özgül ağırlık faktörü
<b>T1</b>	: İlk Sıcaklık
<b>T2</b>	: Son Sıcaklık
<b>Wc</b>	: Çimento Kullanım Oranı
<b>Ww</b>	: Su kullanım oranı
<b>DIN</b>	: Alman Standardı
<b>CIB</b>	: Conseil International du Batiment
<b>ASTM</b>	: Amerikan Standardı
<b>EN</b>	: Avrupa Normları Standardı
<b>TSE</b>	: Türk Standartları Enstitüsü
<b>TS</b>	: Türk Standardı
<b>PÇ</b>	:Portland Çimentosu
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik Arama

## ÖZET

### “BİMS AGREGALARIN VE BİMSBETON ÜRÜNLERİN MİMARLIK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ”

Beton yapısı itibariyle şekil vermeye uygun bir malzeme olup, diğer malzemelerle yakalanamayacak plastik etkilerin elde edilmesine imkan verir. Rengi, dokusu ve içyapısı çeşitli yollarla değiştirilebildiği için pek çok farklı türde beton elde edilerek çeşitli yapı elemanı ve obje tasarımını mümkün kılar. Bu şekilde elde edilen beton çeşitlerinden biri de içeriğindeki agregaların tamamen ya da kısmen hafif agregalarla değiştirilmesi sonucu oluşan hafif betonlardır.

Hafif beton üretiminde kullanılan agregalardan biriside bimsdir. Pek çok farklı sektörde kullanılmakla birlikte dünyada ve Türkiye’de en yaygın kullanım alanı inşaat sektörüdür. İnşaat sektöründe bims; prefabrik ve prekast hafif yapı elemanları üretiminde, çevre düzenlemesinde kullanılmakla beraber, harç ve beton agregası, yalıtım malzemesi, çatı ve yalıtım dolgusu olarak da kullanılmaktadır.

Son yıllarda bims agregalarından oluşan bimsbeton yapı elemanlarının yapı sektöründe kullanımı normal betondan hafif olmaları nedeniyle hızla yaygınlaşmaktadır. Normal betona kıyasla deprem yüklerine daha elastik davranış gösteren bu yapı elemanlarının diğer teknik avantajları arasında; ısı ve ses yalıtımı ile yangın geciktiriciliği özelliğinin yüksek, atmosferik ortamın koşullarına karşı son derece dayanıklı, inorganik, toksik olmayan, çevreci ve doğal bir malzeme olması ve mikro-organizmalardan etkilenmemesi gibi özellikler sayılabilmektedir. Sağladıkları bu avantajlar sayesinde bims ve bimsbetonlar, duvar, döşeme ve çatı elemanlarında, iç mekan mobilyalarında, dekoratif elemanlarda, çevre düzenlemesinde ve kent mobilyalarının oluşumunda kullanılmaktadır.

Bu çalışmada bims agregalarının ve bims agregalarından mamul hafif beton ve hafif yapı elemanlarının kullanım alanları, avantajları ve özellikleri irdelenmektedir. Özellikle enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik kavramının her geçen gün önem kazandığı ülkemizde, bimsin bu bağlamda değerlendirilmesi üzerinde durulmaktadır.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde çalışmanın konusu, amacı, kapsamı ve yöntemi anlatılmaktadır. Genel hatlarıyla bims ve kullanımının yapı sektörüne sağladığı avantajlar ile ülke ekonomisi ve enerji verimliliği açısından öneminden bahsedilmektedir.

İkinci bölümde bims ve ilgili literatür taraması yapılmakta, bimsin tanımı, oluşumu, sınıflandırılması, fiziksel, kimyasal ve teknik özellikleri ele alınmaktadır. Bims ve kullanım alanlarıyla ilgili olarak genel bir değerlendirme yapılmaktadır. Bims volkanik olaylar neticesinde oluşmuş gözenekli bir kayadır. Gözenek oranının yüksek olması sebebiyle hafif ve yalıtım özellikleri yüksektir. Endüstriyel kullanım alanları oldukça geniş olan bimsin, birçok ülkede yüzyılı aşkın bir süredir yaygın kullanımına rağmen, ülkemizde önemi son yıllarda anlaşılmaya başlamıştır.

Üçüncü bölümde bimsin inşaat sektöründe kullanım alanları detaylı olarak ele alınmaktadır. Bimsin yapı alanı harç ve beton agregası olarak, prefabrikasyon ve prekast hafif yapı elemanları üretiminde ve yapı sektöründe diğer alanlarda kullanımı incelenmektedir. Bims normal kum ve çakılın 1/3 - 2/3 'ü kadar yoğunluğa sahiptir. Bims betonu normal betondan hafif olması sebebiyle zaman ve işçilikten tasarruf sağlamaktadır. Bimsin yaşanan mekanlarında kullanımı ile büyük çapta enerji tasarrufu sağlanması mümkün olmaktadır.

Dördüncü bölümde bimsbetonların tanımı, avantajları, özellikleri, bimsbeton bileşenleri ve karışım hesapları ele alınmaktadır.

Beşinci bölümde önceki bölümlerde inşaat sektörü açısından detaylı olarak irdelenmesi yapılan bims ve bimsbetondan üretilen yapı elemanlarının mimari açıdan ele alınması ve sürdürülebilirlik bakımından değerlendirilmesi yapılmaktadır.

Altıncı bölümde ise tez çalışmasının genel bir değerlendirmesi yapılarak bims ve bimsbetondan üretilen yapı elemanlarının inşaat sektörüne, mimariye, çevreye ve ekonomiye katkıları ve sonuçları anlatılmaktadır.

**Bilim Kodu** :

**Anahtar Kelimeler** : Bims, Bimsbeton, Prekast Hafif Yapı Elemanları, Bimsblok, Yalıtım, Enerji Verimliliği, Sürdürülebilirlik, Mimarlık

**Sayfa Adedi** : 219

**Tez Yöneticisi** : Halit Yaşa ERSOY

## **SUMMARY**

### **“THE ASSESSMENT OF PUMICE AGGREGATES AND PUMICE CONCRETE PRODUCTS IN TERMS OF ARCHITECTURE AND SUSTAINABILITY”**

Concrete, a kind of a material that it is easily given form due to its structure, has such plastic impacts that no other material could provide. As its color, texture and internal structure could be modified in various ways many different types of concrete could be produced whereby many objects and building designs are brought into life. One type of concrete produced in this way is lightweight concrete in which lightweight aggregates are used completely or partially.

Pumice is one of the aggregates used in production of lightweight concrete. Besides its extensive use in many different industries, it's most common usage area in both worldwide and Turkey is construction industry. In construction industry, in addition to its usage in production of prefabricated and pumice concrete building components, landscaping, pumice is applied as mortar and concrete aggregate, insulation material, roof and insulation sealant.

In recent years, usage of pumice concrete building elements consisting of pumice aggregates has been gradually increasing as they are lighter than common concrete. Being more resilient against earthquake loads, these building elements provide many benefits from technical aspects such as: being a natural and environment friendly material, supplying better heat/sound insulation and higher fire delay, being inorganic, non-toxic and highly resistant to atmospheric conditions and micro-organisms. As a result of these benefits, lightweight concrete from pumice aggregates is applied in walls, floors, interior furniture, decoration, landscaping and street furniture.

In this research, usage areas, advantages and properties of pumice aggregates and lightweight concrete/building elements from pumice are examined. Particularly, pumice is evaluated in terms of energy efficiency and sustainability concepts as they become important problems in Turkey.

Thesis comprises of six chapters:

In the first chapter, subject, aim, scope and methodology of the research are expressed. In general terms, pumice, advantages of its usage in construction sector and its importance from the points of economy and energy efficiency are mentioned.

The second chapter composed of a literature survey about definition of pumice, its formation, classification, physical, chemical and technical properties and an assessment about its usage areas. Pumice is a porous rock that is formed as a result of volcanic events. As a result of high porosity rate, it provides lightness and better insulation. Despite pumice has been commonly used in lots of countries for more than a century, in Turkey its importance is dawn on in recent years.

In the third chapter, usage areas of pumice in construction industry such as its application as mortar and concrete aggregates, its use in the production of lightweight prefabricated and precast building components are analyzed in detail. Pumice has density of 1/3-2/3 of sand and gravel, therefore it is lighter than conventional concrete and provides time, workmanship and energy saving.

The fourth chapter examines the definition, advantages, properties, components and concrete mix designs of pumice concrete in detail.

In chapter five the pumice and pumice concrete expressed in terms of construction industry in previous chapters are reviewed from the point of architectural and sustainability concepts.

In the last chapter, a general evaluation of the research is represented by emphasizing the contribution of pumice and pumice concrete to construction industry, architecture, environment and economy.

**Science Code :**

**Key Words** : Pumice, Pumice Concrete, Prefabricated Building Components, Pumice Concrete Bricks And Blocks, Insulation, Energy Efficiency, Sustainability, Architecture,

**Page Number:** 219

**Supervisor** : Halit Yaşa ERSOY



# 1 GİRİŞ

İnsalığın varoluşundan beri, yapı malzemeleri ve verimli kullanımları, gelişim sürecini önemli ölçüde etkileyen faktörlerden biri olmuştur. Gelişen teknolojiyle birlikte çeşitli yapı malzemelerinden azami derecede istifade sağlanabilmesi ve hammadde kaynaklarının yeni endüstri alanlarının gelişimine alt yapı oluşturabilmesi için ar-ge çalışmaları yapılmaktadır. Bu önemli hammadde kaynaklarından biride bimsdir.

## 1.1 GENEL

Bims madeni, doğal hammadde potansiyelimizde çok önemli bir yer tutmaktadır. Yaklaşık dünya rezervlerinin % 40'ına sahip olan ülkemizde, ne yazık ki yakın zamana kadar kaynaklarımızın değeri bilinmemiştir. Başta İtalya, Almanya, ABD, Fransa, Yunanistan olmak üzere birçok gelişmiş ülkede yüzyılı aşkın süredir bims madeni yaygın bir şekilde kullanılmakta olup her geçen gün endüstriyel kullanım alanları genişlemektedir. Günümüzde Almanya kısıtlı bims yataklarına rağmen kaynaklarını optimumda kullanmış ve rezervlerinin tükenmesi durumunda bile hammaddeyi ithal ederek bimsden mamul hafif yapı elemanları üretimine devam etmiştir. Aynı şekilde İngiltere bims yataklarına sahip olmasına rağmen, tüketiminin daha fazla olması sebebiyle bims ithalatı yapmaktadır.

Dünya üzerinde ihraç edilen bimsin dolaşımına bakıldığında ise, yıllara göre bims tonajlarının düşmesine karşılık, m<sup>3</sup> bazında ve ihracat gelirlerinde artış olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi ise bimsin saflaştırma yöntemleri sayesinde hafifletilerek nakliye bedellerinin düşürülmesi ve kullanılacağı sektöre göre istenilen boyut ve saflıklarda ayrıştırılabilmesidir.

Bimsin dünya pazarındaki payını artırmasının en önemli sebebi, son zamanlarda bütün dünyanın üzerinde hassasiyetle durduğu enerji verimliliği konusudur. Endüstriyel bir hammadde olan bimsin yüksek poroziteye sahip olması sebebiyle, birim ağırlığı düşük, ısı yalıtımı ve ses yutuculuk özellikleri yüksektir. Bimsden

mamul yapı elemanları, maliyetlerinin ucuz olması, doğal, depreme dayanıklı, yüksek ısı ve ses yalıtımlı mekanlar oluşturması gibi özellikleri sebebiyle tercih edilmektedir. Özellikle yakıt tasarrufu bakımından yaşanan mekanlarda ısı yalıtımının sağlanması, önemli enerji tasarrufu sağlama yöntemlerinden biridir. Bu sebeple dünya üzerinde bims kullanımının her geçen gün arttığı gözlenmektedir. Çünkü gelişmiş ülkelerde enerji tüketimini karşılamak için tesisler kurmak yerine enerji tasarrufu yapılabilmesi için çalışılmaktadır. Ülkemiz açısından değerlendirildiğinde ise mevcut kaynaklar israf edilmekle birlikte yurt dışından teknoloji transferi yolu seçilerek enerji maliyetli üretim yöntemleriyle zaten kısıtlı olan enerji kaynakları israf edilmekte ve önemli hammadde kaynaklarımız atıl bırakılmaya devam edilmektedir.

Bims ve bimsbeton ürünleri, üretimi, yapıda kullanımı ve sonrasında da sürdürülebilirliği olan ürünlerdir. Bims yataklarının işletilmesi çok düşük bir maliyet getirmesinin yanı sıra, dağlık arazilerin üzerinde açılan ocağın tekrar doğaya bırakılmasının ardından en verimli tarım arazilerine dönüşmesi sebebiyle bims ülke ekonomisine ve çevreye önemli katkı sağlayan sürdürülebilir bir malzemedir.

İnşaat sektöründe bims agregaları, hafif beton agregası, dolgu malzemesi, yalıtım malzemesi, katkı malzemesi, yapı alanı örgü, sıva ve şap harcı agregası gibi kullanımlarının yanı sıra prefabrik ve prekast hafif yapı elemanlarının üretiminde de kullanılmaktadır. Günümüzde konut ihtiyacının karşılanabilmesi için çok katlı binalar yapılmaktadır. Çok katlı binalar bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Bunlardan en önemlisi bina ölü ağırlığının artması sebebiyle depremde binanın yıkılma riskinin artmasıdır. Bu nedenle binalarda kullanılan malzemelerin birim ağırlığının, belirli mühendislik parametreleri sınırları içerisinde düşürülmeye çalışılması gerekmektedir. Bims gözenekli yapısı sebebiyle birim ağırlığı düşük, ısı ve ses yalıtımı özelliği yüksek bir malzemedir. Doğal yapısı ve gözenekleri sayesinde nefes alan, sağlıklı mekanlar yaratır.

Hammadde rezervleri bakımından dünyada ikinci sırayı alan bims ve oluşumlarının, ülkemiz açısından çok büyük bir katma değer sağlama potansiyeli olmasına rağmen henüz tatmin edici boyutlarda bir grafik yakalanamamıştır. Ekonomikliği, hafifliği, yüksek ısı yalıtım ve ses yutuculuk özellikleri, doğal olması, çevreye zararlı bir atık oluşturmaması ve üretiminde dışarıya bağımlı yüksek enerji giderlerinin olmaması

gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Sağladığı bu avantajlar sebebiyle, bims ve bimsbeton yapı elemanlarının, duvarda, döşemede, çatıda, prefabrik ve prekast yapı elemanlarında, iç mekan mobilyalarında, dekoratif elemanlarda, çevre düzenlemesinde ve kent mobilyalarının oluşumunda kullanımını yaygınlaştırmak ve yapıda yeni kullanım olanaklarını saptayabilmek için konuyla ilgili çalışmalar yapılması gerekliliği kaçınılmazdır.

## **1.2 AMACI VE KAPSAMI**

Bu tez çalışmasında, dünyada ve ülkemizde rezerv açısından oldukça zengin olan bimsin, kullanım alanları, endüstriyel potansiyelleri ve saflaştırma yöntemleriyle hafif beton üretimine ve inşaat sektörüne sağladığı avantajlar irdelenmiş olup, bims agregaların ve bims agregalarından mamul hafif beton ve yapı elemanların kullanım alanları, avantajları ve özellikleri ele alınarak, mimarlık ve sürdürülebilirlik bakımından değerlendirilmesi üzerine bir çalışma amaçlanmaktadır. Tüm dünyanın üzerinde hassasiyetle durduğu enerji verimliliği, ekoloji ve sürdürülebilirlik kavramlarının, bims ve bimsbeton ürünleri açısından değerlendirilmesi de kapsam dahilindedir.

Bu çalışmanın amacı, bims ve bimsbeton ürünlerinin, sürdürülebilir mimarlıktaki yerini belirleyerek, yapı alanı harç ve beton agregası olarak kullanımlarından, prefabrikasyon ve prekast hafif yapı elemanı kullanımı ile yapı alanı diğer uygulama alanlarında kullanımına kadar, üretimi, yapıda kullanımı ve sonrasında da tekrar geriye kazandırılabilirliğini; çevreye, mimari tasarım kriterlerine ve yapıya etkilerini bu kapsamda değerlendirmektir.

İlgili literatür taraması ve durum değerlendirilmesi yapılarak çalışma altı bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde çalışmanın konusu, amacı ve yöntemi anlatılmaktadır. Genel hatlarıyla bims ve kullanımının yapı sektörüne sağladığı avantajlar ile ülke ekonomisi ve enerji verimliliği açısından öneminden bahsedilmektedir.

İkinci bölümde bims ve ilgili literatür taraması yapılmakta, bimsin tanımı, oluşumu, sınıflandırılması, fiziksel, kimyasal ve teknik özellikleri, bimsin saflaştırılması,

dünyada ve ülkemizdeki durumu ele alınmaktadır. Bims ve kullanım alanlarıyla ilgili olarak genel bir değerlendirme yapılmaktadır.

Üçüncü bölümde ise bimsin inşaat sektöründe kullanım alanları detaylı olarak ele alınmaktadır. İlk kısmında bimsin yapı alanı harç ve beton agregası olarak kullanımı incelenmektedir. Hafif betonlar, yapıya sağladığı avantajlar ve hafif beton agregası özellikleri ele alınmaktadır. Hafif betonlar normal betonun içerisinde bulunan normal agregaların tamamen ya da kısmen hafif agregalarla değiştirilmesi suretiyle elde edilmektedir. Normal kumun veya çakılın 1/3'ü - 2/3'ü kadar bir yoğunluğa sahip olan bims agregaları ile yapılan betonun normal betondan daha hafif olduğu görülmektedir. Zemin mekaniği açısından ise temele iletilen yük azalacağından yaklaşık olarak %17 oranında inşaat demirinden tasarruf sağlanabilmektedir. Bimsin gözenekli yapısı sayesinde, bu malzemeyle üretilen hafif betonlarda ısı ve ses yalıtımında da normal betona kıyasla çok daha yüksek yalıtım sağladığı bilinmektedir. Ayrıca zamandan ve işçilikten de önemli avantajlar sağlamaktadır. Bimsin bir diğer önemli kullanım alanı da örgü, sıva ve şap harcında kullanımudur. Pumicite adı verilen ve bazen de volkan külü, volkan tozu olarak adlandırılan ince taneli bimslerin, yüksek puzzolanik aktivite göstermesinin yanında, ısı ve ses yalıtımı sağlayan bir yalıtım malzemesi olması sebebiyle, sıva ve örgü harçlarının yapımında kullanılmaktadır. Bims agregaları, eleme-ayırıştırma, saflaştırma işlemleri neticesinde granülometrik olarak sınıflandırılır ve ince taneli agregalar hafif harç yapımında kullanılır.

İkinci kısmında inşaat sektöründe, bimsin prefabrikasyon ve prekast hafif yapı elemanlarında kullanımları incelenmektedir. Dolu ve boşluklu bimsblok hafif yapı elemanlarının, duvarda, döşemede, çatıda ve çevre düzenlemelerinde kullanımlarına ve yapıya sağladığı avantajlara değinilmektedir. Bims agregalarından üretilen hafif yapı elemanları ülkemiz için yeni sayılmakla beraber, yüzyılı aşkın bir süredir Avrupa'da ve Amerika'da kullanılan, gelenekselleşmiş yapı malzemesi konumundadır. Yapılarda, mekan konfor koşulları açısından bims ile üretilen hafif yapı elemanları büyük avantajlar sağlamaktadır.

Üçüncü kısmında ise bimsin yapı sektöründe diğer kullanım alanları incelenmektedir. Çimento katkı maddesi, yalıtım malzemesi, çatı ve izolasyon dolgu malzemesi, dekoratif kaplama elemanlarında ve mobilyalarda kullanımları ele

alınmaktadır. Estetik mimari ve peyzaj mimarisine yönelik dekoratif kaplama elemanları alanında, hafifliği, sağlamlığı, kolay işlenebilirliği ve atmosferik etkenlerden zarar görmemesi gibi önemli özelliklerinden dolayı bims kullanımları tercih edilmektedir.

Dördüncü bölümde ise bims agregalarından üretilen bimsbetonların tanımı, bileşenleri, üretimi, karışım kıvamı ve özellikleri ele alınmaktadır. Doğal hafif agrega çeşidi olan bims agregası, çimento, su ve gerektiğinde katkı malzemesiyle bileşerek bimsbetonu meydana getirmektedir.

Beşinci bölümde ise önceki bölümlerde inşaat sektörü açısından detaylı olarak irdelenmesi yapılan bims ve bimsbetondan üretilen yapı elemanlarının mimari açıdan ele alınması ve sürdürülebilirlik bakımından değerlendirilmesi yapılmaktadır. Öncelikle bims ve bimsbeton ürünlerinin mimariye etkileri ele alınmaktadır. Tasarım ve uygulama kriterleri değerlendirilerek, yapı fiziği, ekoloji, yapı biyolojisi ve insan sağlığı açısından irdelenmektedir. Daha sonra sürdürülebilirlik kavramı olarak ele alınarak, bims ve bimsbeton ürünleri açısından mimaride sürdürülebilirliği sağlama yolları ele alınmaktadır. Uygulanabilirlik, ekoloji, yapı konforu ve insan sağlığı gibi kavramlarla birlikte değerlendirilmektedir.

Altıncı bölümde ise bu incelemelerin sonucu olarak, bims ve bimsbeton ürünlerinin genel bir değerlendirmesi yapılmakta ve inşaat sektörüne, mimariye, çevreye ve ekonomiye etkileri ve sonuçları anlatılmaktadır. Bims ve bimsbeton ürünlerinin, üretimi, yapıda kullanımı ve sonrasında da sürdürülebilirliği olan ürünler olduğu ele alınarak, ülke ekonomisine, mimariye ve çevreye faydalı olabilmesi için neler yapılabileceği değerlendirilmektedir.

### **1.3 YÖNTEMİ**

Çalışmanın yöntemi alan-yayın taraması ve durum değerlendirmesine dayanmaktadır. Alan-yayın taraması, kapsam dâhilinde kitap, dergi araştırması, uluslararası bildiriler, tezler ve benzerlerinin araştırılmasına dayanmaktadır. Konuyla ilgili olarak alan-yayın taramasından sonra, yapılan incelemelere dayanan bir çizelgeye göre, bims ve bimsbeton ürünlerinin yapıda kullanımının yaygınlaştırılması için neler yapılabileceği konusunda değerlendirmeler yapılacaktır.

## **2 BİMS VE İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI**

Bims volkanik olaylar neticesinde oluşmuş gözenekli bir kayadır. Gözenek oranının yüksek olması sebebiyle hafif ve yalıtım özellikleri yüksektir. Endüstriyel kullanım alanları oldukça geniş olan bimsin, birçok ülkede yüzyılı aşkın bir süredir yaygın kullanımına rağmen, ülkemizde önemi son yıllarda anlaşılmaya başlamıştır.

### **2.1 BİMS VE ÖZELLİKLERİ**

Bims ve bims agregalarından üretilen yapı elemanlarının en önemli özelliklerinden biri hafif olmasıdır. Bims volkanik esaslı olması sebebiyle yüksek sıcaklıklara ve yangına dayanıklı, doğal, gözenekli yapısı sayesinde yüksek ısı ve ses yalıtımı sağlayan, depreme ve atmosferik ortam koşullarına dayanıklı bir yapı malzemesidir.

#### **2.1.1 Bimsin Tanımı Ve Oluşumu**

Bims, volkanik faaliyetler esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi aniden terk etmesi sonucu oluşmuş hafif bir yapı malzemesidir. Gözenekli, süngerimsi yapıda, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, zararsız, uzun ömürlü, ısı ve ses yalıtım özelliği sağlayan, yüksek sıcaklıklara dayanıklı, camsı bir yapıya sahip volkanik bir kayadır. Oluşumu sırasında bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuma nedeniyle makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içerir. Gözenekler arası genellikle bağlantısız ve boşluklu olduğundan permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir. ( DPT, 2001 )

Dilimizde süngertaşı, köpük taşı, topuk taşı, hışır taşı, nasır taşı, küveki taşı ve kisir gibi yöresel adlandırmalar ile anılmakla birlikte, diğer dillerin ve teknoloji ithalinin etkisiyle Türkçeye pomza, ponza, bims, pümis ve pümis terimleri olarak yerleşmiştir. Bims taşı farklı dillerde şu sözcüklerle adlandırılmaktadır; İtalyanca Ponza, Almanca Bims (iri taneli bims agregası), Bimstein(ince taneli bims agregası), Fransızca Ponce, İngilizce Pumice (iri taneli bims agregası), Pumicite (ince taneli bims agregası).

Bims taşı, teknik terminolojide "*doğal hafif agrega*" olarak nitelendirilmekte olup, "*pomza taşı*" olarak da adlandırılmaktadır. Bims taşının kırma, eleme ve boyutlandırma ile elde edilmiş farklı tane boyutlarındaki malzeme haline "*bims agregası*" (pomza agregası) adı verilmektedir. TS 1114 EN 13055-1 standardında öngörülen *tabii hafif agrega* tanımı; meydana gelişleri sırasında gözenekli bir yapı kazanmış bulunan tuf, bims (pomza), sünger taşı, lav cürufu, diatomit vb. kırılmış veya kırılmamış agregalar olarak nitelendirilmiştir. (Şekil 2.1 Bims agregaları).

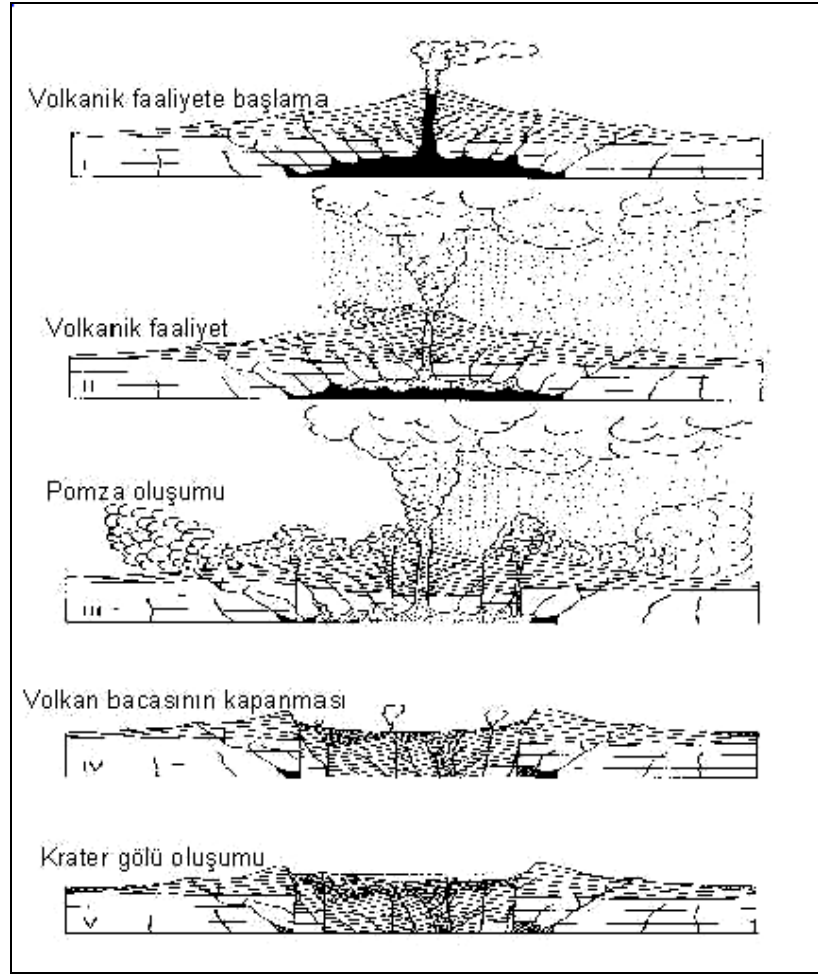


Şekil 2.1 Bims Agregaları

TS 3234 standardına göre bims; birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görünümlü silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle 1 gr/cm<sup>3</sup>'ten küçük, sertliği Mohs skalasına göre yaklaşık 6 olan ve camsı doku gösteren volkanik bir madde olarak tanımlanmıştır.

Bims magma köpürmesi ve bu esnada açığa çıkan gazların bünyeyi ani terk etmesiyle gözenekli taş camı karakterinde oluşur. Bu oluşum genellikle şu şekilde açıklanır. Asidik magmanın bazik magmaya oranla daha viskoz bir yapıda olması ve yüksek silis içermesi sebebiyle bazik magmanın sıvı olduğu sıcaklıklarda asidik magma katı halde bulunur ve volkanik aktivitenin durduğu zamanlarda magma akışı durarak asidik kayaç ve kütleler meydana gelir. Volkanik baca içinde tıkanma sonucu oluşan doğal basınç birikimi ve basıncın artmasıyla da asidik malzeme ile birlikte magmadaki erimiş gazlar büyük patlamalar şeklinde bacadan püskürmeye başlar. Ani basınç serbestleşmesi ani genişlemelere neden olur ve bu esnada

bünyedeki uçucu bileşenlerin ani kaçmasıyla arkada kalan erimiş küresel parçalar, atmosferle temas eder etmez hızla soğurlar. Böylelikle bims oluşur (şekil 2.2). Bu oluşan bims parçaları volkan bacalarının yakınından itibaren uzaklara doğru hava akımının da etkisiyle, eski yüzey şekline uygun olarak depolanır ve bims yatakları oluşmuş olur (Gündüz 1998, Davraz 2001 ).



Şekil 2.2 Bims Oluşumunun Sembolik Gösterimi (Rittman, 1976)

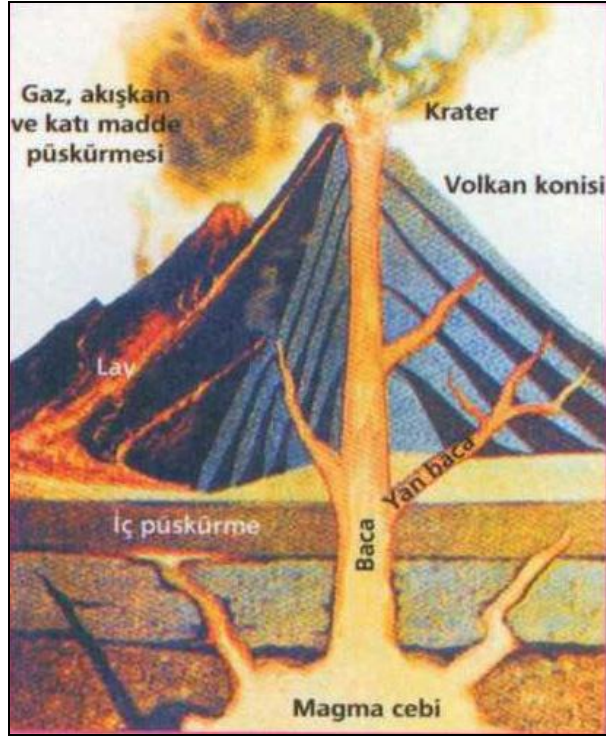
Bims oluşuma etki eden faktörler;

- Püskürme süresi,
- Ara süreler,
- Magmanın ısısı,
- Magmada erimiş gaz miktarı
- Püsküren malzemenin soğuma süresidir.



Bu etkenlere bağılı olarak, değişik yüzey yapısında ve boyutlarda daneler oluşur. Bims yatakları zamanla akarsular tarafından taşınarak uygun havzalarda depolanır. Yatakların içinde % 1-3 oranında andezit, bazalt obsidyen gibi volkanik kayaç parçaları bulunur. İkincil durumda oluşan bims yataklarında ise, yabancı maddeler daha fazla olabilmektedir. Bimste taşınma mekaniği, basitleştirilmiş olarak 3 ana grupta ele alınabilmektedir.

- 1) Düşme (buluttan çökme) ile yığılma
- 2) Fırlatma ile yığılma
- 3) Akma ile yığılma



Şekil 2.3 Bir Volkanın Yapısını Gösteren Şematik Kesit

Düşme ile yığılmada sınıflandırma iyi bir değişim sergilemekte, tane büyüklükleri de dar aralıklarda kalmaktadır. Bims oluşum tabaka kalınlıkları çok ince olup, cm ve dm ile simgelenebilmektedir. Ayrıca, tabaka kalınlıkları tepelerde ve düzlüklerde aynı kalınlığı göstermektedir. Fırlatma ile yığılma şeklinde oluşmuş bims oluşumlarında ise, bazen düzgün ve yer yer birbiri içine itilmiş tabakalar ve arada bazaltik kayaç sokulumları ve patlama-çarpmanın etkisi ile yapıda parçalanma ve sıkışma

görülmektedir. Akma ile yığılma şeklinde oluşmuş bims yataklarında ise, genel olarak masif strüktür, tabakalarda yoğun kötü bir ayrışma ve boyut sınıflandırması yok denilecek kadar az bir olgu izlenebilmektedir. Bu oluşumun en açık göstergesi ise gang mineralleri alt katmanda kalırken, bimsin ise serbest halde üst katmanda yer almasıdır, (Köse ve diğ., 1997, Özkan ve diğ., 2001).

Bims oluşumlarında % 3 ile % 55 arasında değişen oranlarda yabancı madde karışımı söz konusudur. Bu yabancı maddeler teknik terminolojide “gang” madde olarak adlandırılır. Bunlardan en çok görülen andezit ve bazalttır. Bims yatağında, gang malzeme miktarının fazlalığı, bu yataktan üretilecek bims taşının kullanım yerine de bağlı olmak koşuluyla kalitesini düşürücü bir unsurdur. Ancak, gerekli cevher zenginleştirme işlemleri, bir proses olarak uygulanarak, bims yatağından elde edilen tüvenan malzemedeki gang uzaklaştırılır, temiz ve saf bims taşı bu sayede kazanılabilir. ( Gündüz, 2005, Şengün, 2004).

Bims agregasının tane iriliği arttıkça, birim hacim ağırlık değeri düşmektedir. Örneğin, aynı ocaktan alınan tüvenan bir malzeme ile gronülometrik sınıflandırması yapılmış farklı tane boyut aralıklarındaki malzemenin birim hacim ağırlığı farklı olacaktır, agrega tane iriliği düştükçe, agreganın birim hacim ağırlığı büyüyecektir. Yani tane boyutu arttıkça agregadaki gözenek oranı da artmakta, birim hacim ağırlık değeri ise azalmaktadır. Bims agregalarında gözenek hacimleri %85'e kadar çıkabilmektedir. Bims oluşumlarında genellikle, bimsin gözenek yüzdesi volkan bacasından uzaklaştıkça artar. Gözenek oranının artması ve buna bağlı olarak düşük birim hacim ağırlık değerine sahip olması, bimsin yalıtım özelliklerinin de artması anlamına gelmektedir.

Bimsin diğer volkanik camlardan (perlit, obsidyen, pekştayn) farkı, kristal suyunun olmaması ve bol miktarda doğal boşluklar içermesidir. Bims; rengi, gözenekliliği ve kristal suyunun olmaması ile pratik olarak benzer yapı arz eden diğer tür kayalardan ayrılmaktadır. En çok renk benzerliği ve kimyasal bileşimi bakımından perlit ile karıştırılmakta olup, bazı durumlarda perlitten ayırt edilmesi zorlaşabilmektedir. Pomzalı perlit, pomzatik perlit veya perlitik pomza olarak adlandırılabilen geçişli kayalarla petrografik analizle ve gözenek yapısı itibariyle ayrılabilir. Bimste gözenekler, çoğunlukla birbiriyle bağlantılı değildir. İçerdiği gözenekler gözle

görülebiyecek boyutlardan, mikroskobik boyutlara kadar sayısız miktarda olup, her biri diğzerinden camsı bir zarla yalıtılmıştır. Bu yüzden hafif, suda uzun süre yüzebilen, yalıtımı yüksek bir kayadır. (Uğur, 2001).

### 2.1.2 Bimsin Sınıflandırılması

Bims oluşumlarının detaylı olarak incelenebilmesi için öncelikle kayadır oluşum mekanizmalarının etüt edilmesi gerekmektedir. Kayadır karakteristiğine bağılı olarak bimsin kullanım yeri ve amacı da değışmektedir. Birçok araştırmacı tarafından yapılan etütlerde, kayalar farklı şekillerde sınıflandırılabilir. (Uz, 1987, Gass, 1973). Bunların başlıcaları:

- Mineralojik sınıflama,
- Kimyasal sınıflama,
- Dokusal sınıflama,
- Doğada bulunuş şekillerine göre sınıflama,
- Renk indisine göre sınıflama,
- Feldspat indisine göre sınıflama;

olarak sayılabilmektedir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan, kimyasal sınıflama şeklidir. Bu sınıflandırma, kayacın kimyasal yöntemlerle analizi sonucu elde edilen elementlere dayanarak yapılmakta ve kayacın kimyasal bileşimine göre, oluşum (jenerik), magma özellikleri, kayadır serilerini tanımlamaya yaramaktadır. Bu sınıflandırma, kayacın yapı, doku ve direkt olarak mineralojik bileşimi hakkında bilgi vermez, ancak, bazı yardımcı yöntemlerle mineralojik bileşimi saptanabilir. (Uz,1987).

Bir kayacın kimyasal analizi, çeşitli oksitlerin % oranlarını ifade eder. Bunların en yaygın olarak bilineni, SiO<sub>2</sub> içeriğine göre olan sınıflandırmadır. Bu sınıflamada esas olarak irdelenen, kayadır yapısındaki silika içeriğidir. Magmadan oluşmuş kayalarda SiO<sub>2</sub> oranı %35 - %80 arasında değışim göstermektedir ve bu geniş aralıkta değışim gösteren silis, diğzer oksitlerinde değışim göstermesine neden olmaktadır. SiO<sub>2</sub> içeriğine göre kayadır oluşumları:

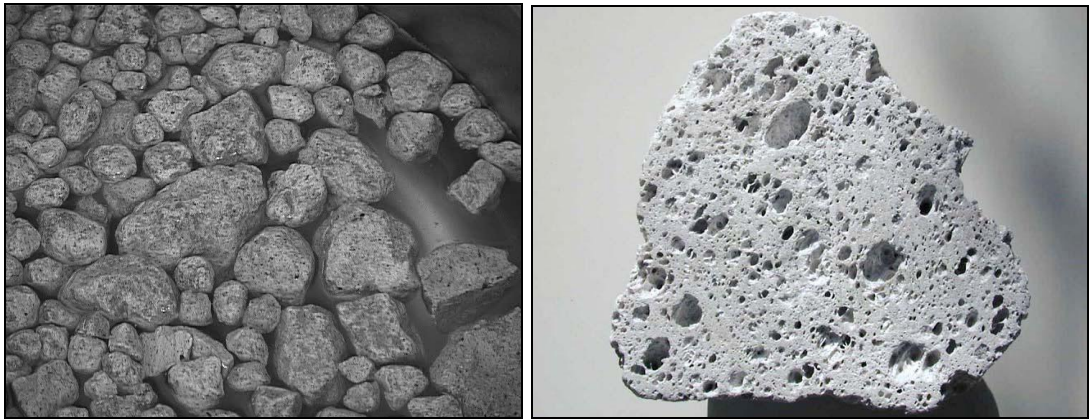
- %66 fazla SiO<sub>2</sub> içeren kayaçlar, asit kayaçlar
- %66 - 52 SiO<sub>2</sub> içeren, kayaçlar, nötr kayaçlar
- %52 - 45 SiO<sub>2</sub> içeren kayaçlar, bazik kayaçlar

olarak adlandırılmaktadır. Bugün dünyada farklı bölgelerde bulunan sünger taşlarında, kimyasal olarak %75'e varan silis içeriği bulunabilmektedir. Bimslerin genel olarak, kimyasal bileşiminde; %55-75 SiO<sub>2</sub>, % 13-17 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 1-3 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1-2CaO, %7-8 Na<sub>2</sub>O.K<sub>2</sub>O, ve eser miktarda TiO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub> bulunmaktadır. (Gündüz, ve diğ., 2001, Uz, 1987)

Volkanizmanın oluşum sürecine ve volkanik oluşum şartlarına bağlı olarak iki ayrı karakteristik yapıya sahip bims oluşumu meydana gelmektedir. Her iki oluşumda da volkanik faaliyetler esnasında gazların bünyeyi ani olarak terk etmesi sonucu oldukça gözenekli bir kayaç yapısı meydana gelir. Bunlar;

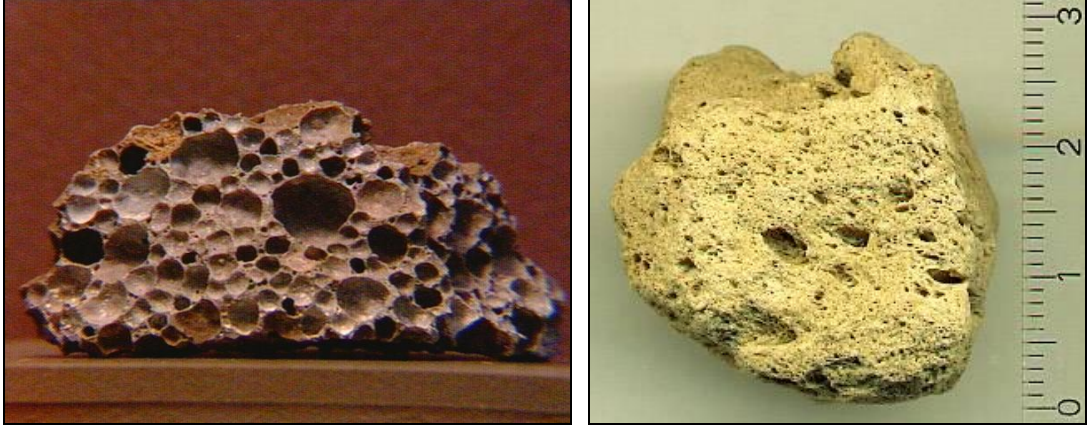
- Asidik karakterde bims,
- Bazik karakterde bims

oluşumları olarak adlandırılır. Asidik magmanın yoğunluğu bazik magmaya göre oldukça düşük olup, asidik karakterde bimsin gözeneklilik oranı çok daha yüksek, birim hacim ağırlığı 500-1000 kg/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. Asidik özellikteki bims, açık gri-beyaz renk tonlarında olup, silisyum oranındaki artış asidik özelliği artırdığı için renk de beyaza doğru yaklaşır. Bu karakterdeki bims oluşumlarının beyaz, kirli beyaz ve gri renklerde olduğu görülmektedir (Şekil 2.4)



Şekil 2.4 Asidik Karakterli Bims

Bazik bims oluşumlarında ise porozitesi düşük olup, birim hacim ağırlığı 1000-2000 kg/m<sup>3</sup> civarında değişmektedir. Bazik bims ise yabancıların “Scoria” dedikleri, Türkçede ise bazaltik bims olarak bilinen kahve-siyah arası koyu tonlarda olmaktadır (Şekil 2.5). Renk ve genel görünüm itibariyle bazı kayaç oluşumları bu tip bims oluşumları ile karıştırılabilmektedir. Bu bakımdan kayacın tanımlamaları mutlaka kayacın mineralojisine ve petrografisine göre yapılmalıdır.



Şekil 2.5 Bazik Karakterli Bims

Genel olarak asidik karakterli sünger taşlarında SiO<sub>2</sub> oranı >%50, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı <%3, bazik karakterli sünger taşlarında ise SiO<sub>2</sub> oranı <%50, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı genel olarak %5’den büyüktür. İnşaat sektörü açısından, silis oranı ve porozitesi yüksek, demir oranı düşük olan asidik bimsler tercih edilmektedir. Bazik bimsler ise alüminyum, demir, kalsiyum ve magnezyum bileşenleri daha yüksek oranda bulunması nedeniyle diğer endüstriyel alanlarda (örneğin gübre sanayinde kek maddesi olarak, toprak ıslahı amacıyla tarımda vs.) kullanım alanı bulabilmektedir. Çizelge 2.1’de asidik ve bazik karakterli bimsin kimyasal bileşimi verilmiştir (Önem, 2000, Gündüz 2005).

Bims oluşumlarının orijinini, malzemeyi meydana getiren kimyasal bileşenlerine göre tanımlayabilmek ve malzemeleri bir biri ile mukayese edebilmek mümkün olabilmektedir. Bu bağlamda, bimsin bir volkanik patlama sonrası meydana geldiği bilindiğine göre, bimsi oluşturan magmanın oluşum şekline göre bir değerlendirme yapabilmek mümkün olmaktadır. Konu üzerine birçok araştırmacılar detay incelemeler yapmışlar ve L. Ritmann, 1976 da magmanın oluşum ve kimyasal bileşimine göre bir sınıflama sistemi tanımlamıştır. Bu tanımlamaya göre, magmanın

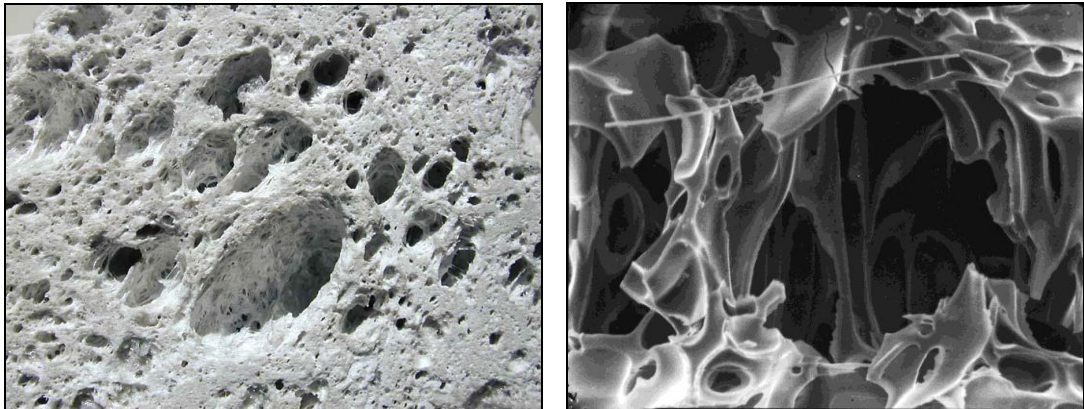
kimyasal bileşiminde, bulunan Silis, Sodyum, Potasyum, Alüminyum ve Titanyum oksitlerine göre bir değerlendirme kriteri tanımlanmış, bu kriter gere de, *Kratonik* magma, *Orejenik* magma ve *Alkali* magma olarak 3 ana grupta ele alınmıştır (Gündüz ve diğ., 2001, Uz, 1987).

Çizelge 2.1 Asidik ve bazik karakterli bims kimyasal bileşimi

Bileşim	Asidik Karakterli Bims	Bazik Karakterli Bims
SiO <sub>2</sub>	70	45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14	21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.5	7
CaO	0.9	1.1
MgO	0.6	7
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	9	S
A.K.	3	1

### 2.1.3 Bimsin Fiziksel, Kimyasal Ve Teknik Özellikleri

Yüksek poroziteye (% 85'e varan gözenekliliğe) sahip olan bims tanelerinin büyük dayanımları yoktur ancak bu dayanıklılık taşıyıcı duvar yapımında aranan niteliklere sahiptir. Bimsin boşluklu yapıya sahip oluşu aynı zamanda yüksek ısı yalıtımı da sağlamaktadır. Isı iletkenlik değeri oldukça düşük olan bimsin, ortalama ısı iletkenlik değeri 0,10-0,60 kcal/m<sup>2</sup>h°C dir. (Davraz, 1997).



Şekil 2.6 Bims Agrega Örneğinin Gözenek Yapısının Görünümü (Çıplak Gözle Ve Scan Elektron Mikroskop İle)

### 2.1.3.1 Fiziksel Özellikleri

Bims köpürmüş magma kökenli taş camı karakteristiği sergiler ve oluşum mekanizmasına göre köşeli veya yuvarlak taneli bir yapıda olabilir. Bims kendine özgü bazı fiziksel özellikleri ile benzer volkanik camı kayaçlardan ayrılır. Bunlardan rengi, gözenekliliği, kristal suyunun olmaması ile pratik olarak ayrılmaktadır. Özgül ağırlık; özgül kütle'nin kuru hacmine olan oranı (gözenek hacmi hariç) olarak değerlendirilen fiziksel bir özellik olup, bims agregalarında genellikle 2,1 gr/cm<sup>3</sup>'ün üzerindedir. Agregada hacim ağırlığı ise kuru kütle'nin tüm hacmine oranı olup, yatağa ve tane iriliğine göre 300-1000 kg/m<sup>3</sup> arasında değişim gösterir. Aynı yataktan alınan tüvanan bir malzemede, boyut sınıflandırılması yapıldıktan sonra her bir grup için farklı birim hacim ağırlığı ortaya çıkacaktır. Yani malzemenin boyutu arttıkça, malzemedeki gözenek oranı da artacağı için, birim hacim ağırlığı azalacaktır. Bims oluşumlarında, volkan bacasından uzaklaştıkça malzemenin gözenek oranı artar birim hacim ağırlığı da azalır. Bimsin sertliği mohs skalasına göre 5-6'dır. Çizelge 2.2'de bimsin genel fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.2 Ülkemizdeki bims kayaçlarının genel fiziksel özellikleri (Gündüz, 2005)

Renk	Açık griden, kirli beyaza
Kristal Şekli	Amorf
Kristal Suyu	Yok
Sertlik (MOHS)	5.5 - 6.0
K:B.Hacim Ağırlığı(gr/cm <sup>3</sup> )	0.32 - 0.97
Gerçek Özgül Ağırlığı(gr/cm <sup>3</sup> )	2.15 - 2.65
Porozite (%)	45 - 90
Rötre ( mm/m)	<1
Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	0.08 – 0.20
Isınma Isısı (cal/gr.°C)	0.24 – 0.28
Ses Yutuculuğu (dB)	40 - 55
Su Emme ( Ağırlıkça %)	30 - 70
Buhar Difüzyon Direnç Faktörü (μ)	5 - 10

### 2.1.3.2 Kimyasal Özellikleri

Bimsin kimyasal bileşimi bulunduğu yöreye göre bir takım farklılıklar göstermektedir. Kimyasal olarak % 75'e varan SiO<sub>2</sub> içeriğine sahip olup bu durum bazik ya da asidik karakterde olmasına göre de değişmektedir. Asidik karakterli sünger taşlarında bu oran daha yüksek olup, kayacın içerdiği SiO<sub>2</sub> oranı kayaca abrasiflik özelliği kazandırmaktadır. Bu özelliğinden dolayı çeliği rahatlıkla aşındırabilecek bir kimyasal yapı sergileyebilmektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, bileşimi ise ateşe ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırmaktadır. Na<sub>2</sub>O ve K<sub>2</sub>O ise tekstil sanayinde reaksiyon özellikleri veren mineraller olarak bilinmektedir.

Çizelge 2.3'de bims kayaçlarının genel kimyasal özellikleri verilmiştir(Gündüz, 2005)

pH	7 – 7.3
Radyoaktivite	Yok
Suda Çözünen Madde Miktarı ( Ağırlıkça %)	<0.15
Asitte Çözünen Madde Miktarı ( Ağırlıkça % )	<2.9
Uçucu Madde Miktarı ( Ağırlıkça % )	Yok
Asitlerle Etkileşim (*)	İnert.
Alevlenme Derecesi (°C)	Yok
Ergime Derecesi (°C)	> 900
(*) bims sadece hidroflorik asit ile etkileşerek toksik silikon tetraflorit gazı çıkarır.	
Kimyasal Bileşenler	
Silisyum dioksit ( SiO <sub>2</sub> )	52-75
Alüminyum oksit ( Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	11-17
Demir oksit ( Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.5 – 5.0
Kalsiyum oksit (CaO)	1.0 - 8
Magnezyum oksit (MgO)	0.5 - 3
Sodyum oksit + Potasyum oksit ( Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O )	3 - 9
Titanyum oksit (TiO <sub>2</sub> )	< 1
Sülfür trioksit (SO <sub>3</sub> )	< 1
Ateş kaybı ( A.K. )	1 - 3



#### 2.1.4 Bimsin Saflaştırılması

Bims, hafif olması, gözenekli yapısı, ısı ve ses yalıtımı açısından diğer malzemelere kıyasla çok daha iyi olması, üstelik genleştirme, pişirme vs gibi ek yüksek enerji maliyetleri gerektirmeyen, çevreci, doğal bir malzeme olması sebebiyle, yapı sektöründe yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Tarım sektöründe ise toprağı ıslah etmesi ve suni gübrenin topraklaşmasını önlemesi sebebiyle yine yaygın kullanımı söz konusudur. Hem inşaat hem tarım sektöründe ki bu yaygın kullanımları sebebiyle ülkemizde bulunan işletmeler bu alanlara yoğunlaşmış, çok daha büyük katma değer sağlayan sanayi sektörü ve endüstriyel kullanım alanları ihmal edilmiştir. Ülkemiz bimsin tüvanan üretimi açısından dünyada 3. sırayı alırken, ne yazık ki mamul ürün açısından en sonlarda yer almaktadır. (Deniz, 2005)

##### 2.1.4.1 Saflaştırmanın Tanımı, Amacı Ve Önemi

Bims dünyada ve ülkemizde başta inşaat sektörü olmak üzere tarım sektörü, kimya sektörü, tekstil sektörü ve çeşitli sanayi sektörlerinde kullanılmaktadır. Her bir sektör için kullanılacak olan bims agregalarında aranılan özelliklerde farklı olmaktadır. Buna bağlı olarak cevherin serbestleşme boyutu ve diğer özellikleri dikkate alınarak boyuta göre sınıflandırma ve saflaştırma yöntemlerinin gerekliliği de kaçınılmaz olmaktadır. Doğanbey'de bulunan bir üretim tesisine ait kırma ve eleme üniteleri şekil 2.7'te gösterilmektedir.



Şekil 2.7 Bims Eleme Ve Sınıflandırma Tesisinden Görünümler

Bimsin çok ince boyutlarda öğütülmesi ile abrasif sanayi, kozmetik sanayi, seramik sanayi, dişçilik gibi alanlarda kullanımı sağlanmaktadır. Bu alanlarda kullanılacak bimsin temiz yani saflaştırılmış (zenginleştirilmiş) ve çok ince boyutlarda öğütülmüş olması gerekmektedir. Bimsin oluşumunda bulunan andezit, trakiandezit, serpantin ve bazalt gibi yan kayaçların ayrıştırılmasıyla ürün özelliğini bozmaması temel amaç edinilmelidir. Bimsin yoğunluğu (kuru birim hacim ağırlığı), yaklaşık 0.8-1.2 gr/cm<sup>3</sup>'dür. Bu yan kayaçların yani gang minerallerin yoğunlukları ise yaklaşık 2.09 ile 2.46 gr/cm<sup>3</sup>'dür (Çevikbaş ve İlğün, 1997). Zenginleştirme durumuna bakıldığında, bims ile yan kayaçları arasındaki yoğunluk farkının bu kadar yüksek olması ister istemez gravite yöntemi ile zenginleştirilebileceği kanısı hakim olmaktadır. (Deniz & Umucu, 2005)



Şekil 2.8 Bims Kırma-Eleme Ünitesi

İnşaat sektöründe kullanılan bimslerde de homojen bir tane boyutu istenmektedir. Bu sebeple tüvanan bimsin 3 cm'nin altına elenmesi ile bims içerisindeki bazalt ve andezitten ayrılması için havalı jiglerden geçirilmesi ürünün daha iyi pazar ve fiyat bulmasını sağlamaktadır. Ancak bugün inşaat sektöründe bu standartlara

uyulmamakta, maden işletmelerinden rastgele üretim metotları ile üretilen bimsler bimsblok yapımında kullanılmaktadır. Tüvanan ürünlerle basılan bims bloklarda ısı, ses yalıtım ve mukavemet değerleri azalmakta, ürünlerin standartlığı sağlanamamaktadır. Eleme ve ayrıştırma yöntemleriyle zenginleştirilmiş bimsten basılan ürünlerde ise yüksek ısı ve ses yalıtımı avantajlarının yanında, yüzey, görünüm, ağırlık vb. fiziksel, kimyasal ve teknik değerlerde belli bir standart sağlanabilmektedir. Şekil 2.13'te doğanbeydeki bir üretim tesisinden kırma-eleme ve sınıflandırma tesisinden görüntüler verilmiştir.



Şekil 2.9 Bims Yıkama Ünitesi

Zenginleştirme (saflaştırma) tesisinin sağlayacağı avantajlarla, istenilen boyut ve özelliklerde, örgü-yapıştırma harcı, ince sıva kumu, kaba sıva kumu, şap kumu, dolgu malzemesi, yalıtım malzemesi, kilit taşı-parke taşı yüzey kumu, hafif beton agregası, katkı malzemesi, kaplama malzemesi, tarım sektörü, tekstil sektörü, kimya sektörü vb. birçok sektör için kullanım yeri ve amacına göre, yıkama-eleme, ayrıştırma ve öğütme işlemleri ile bims agregaları hazırlanabilir. (şekil 2.14)



Şekil 2.10. Tüvanan Bims Ve Zenginleştirilmiş Bims

#### 2.1.4.2 Saflaştırma (Zenginleştirme) Yöntemleri

Hammadde sahalarından çıkarılan ham (tüvanan) bims direk olarak nadiren kullanılır. Genellikle kırma-eleme, yıkama, yabancı taşlardan ayırma gibi sınıflama ve saflaştırma işlemlerine tabi tutulduktan sonra kullanıma sunulur. Bimsin oluşum koşullarının farklı olması, dolayısıyla mineralojik ve kimyasal özelliklerinin de farklılıklar göstermesi sebebiyle her hammadde ocağı için uygulanacak işlemler farklı değerlendirilmeli ve en yüksek verimi sağlayacak şekilde saflaştırma (zenginleştirme) yöntemi belirlenmelidir.

#### Boyuta Göre Sınıflandırma İle Saflaştırma

En eski cevher hazırlama yöntemlerinden biri olan boyuta göre sınıflandırma ve ayıklama, duruma göre, hazırlık, ön saflaştırma ya da nihai saflaştırma işlemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Boyuta göre sınıflandırma ile saflaştırmada boyut küçültme işlemleri sırasında cevheri oluşturan mineraller dayanıklılık, kırılış şekli ve dilinim gibi yapısal özelliklerine bağlı olarak farklı büyüklüklerde ufalanabilir. Bims, yan kayaçları olan andezit ve bazalta göre daha gözenekli bir yapı sergilediği ve bu gözenekler arasında herhangi bir bağlantısı bulunmadığı için dayanımı gang minerallere göre oldukça düşüktür. Bu nedenle bir kırma işlemi sonucunda bimsin serbestleşme boyutuna bağlı olarak seçilen bir elekte bims elek altına geçerken iri boyutlarda kırılan andezit ve bazalt elek üstünde kalır ve gang minerallerinden ayrılmış olur. (Farizoğlu, ve diğ., 2003, Umucu, 2004)

Elle ayıklama (tavuklama) yöntemi ise minerallerin renk, parlaklık, flouresans, radyoaktivite, özgül ağırlık, ve görünüm farklılıklarından yararlanılarak elle seçilerek birbirinden ayrılmasıdır. Bimsin rengi gri-beyazken, gang minerallerinin ki siyahımsı-yeşilimsidir. Genellikle işçiliğin ucuz olduğu yerlerde nihai saflaştırma işlemi olarak zenginleştirme tesisleri öncesinde iri boyuta konsantre üretimi veya atık atmak amacı ile uygulanmaktadır. Bu yöntemin kullanılabilmesi için cevherin 3 cm üzerinde ve birbirine yakın boyutta olması gerekir. ( Umucu, 2004)

### Gravite İle Saflaştırma

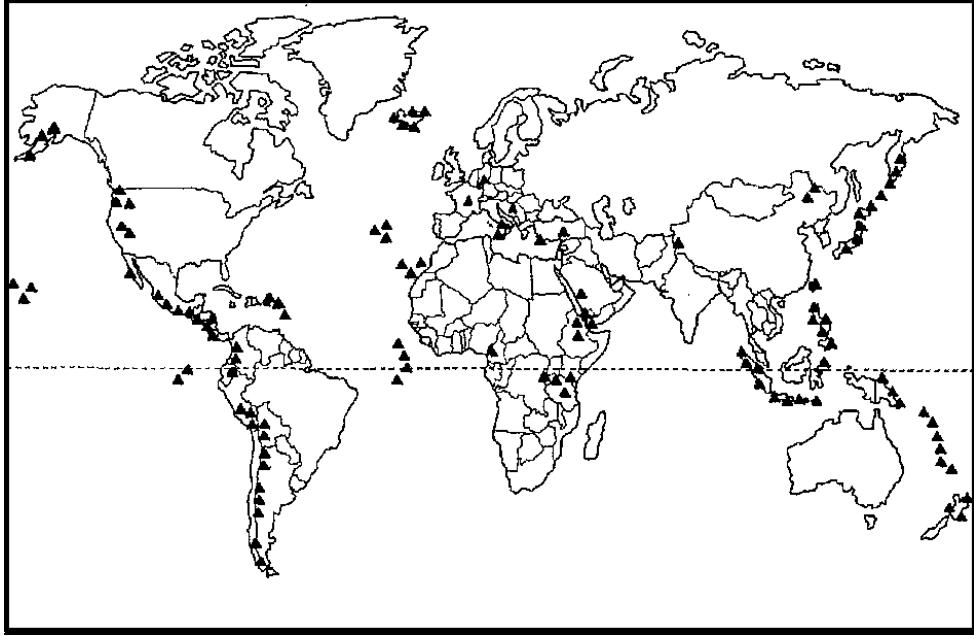
Mineral tanelerinin aralarındaki özgül ağırlık farklılığının neden olduğu, akışkan ortamlardaki hareket farklılığına dayanılarak birbirinden ayrılması ile gerçekleştirilen saflaştırmaya özgül ağırlık farkı ile saflaştırma(zenginleştirme) veya gravite ile saflaştırma adı verilir. (Önal, 1979). Özgül ağırlık farkı ile saflaştırmada, mineral tanelerinin akışkan ortamlardaki hareket hızları ve davranışları, özgül ağırlığının yanı sıra mineral şekli, dane büyüklüğü, akışkan ortamın akış rejimi, viskozite, özgül ağırlık gibi özellikleri içinde saflaştırma yapan aygıtın yapı ve çalışma şekli ile yakından ilişkilidir. Bu yöntemde akışkan ortam olarak çoğunlukla su, bazen sudan ağır bir akışkan, bazen de hava kullanılır. (Umucu, 2004)

Farklı özgül ağırlıktaki mineral tanelerinin, düşey hareketli bir akışkan ortamından yararlanılarak tabakalar halinde ayrılması ile yapılan saflaştırmaya jigle zenginleştirme denir. Zenginleştirmenin yapıldığı aygıtta da jig adı verilir. Jiglerde kullanılan akışkan ortam çoğunlukla su, bazen sudan ağır bir akışkan, bazen de hava olmaktadır. (Önal, 1979).

### **2.1.5 Dünyada Ve Türkiye'de Bims**

Dünyanın birçok ülkesinde farklı karakteristik yapı sergileyen bims oluşumları bulunmaktadır. Volkanik kaynaklı üretimler İtalya ekonomisinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. İtalya'daki volkanlar genellikle Agenien Dağları ve Tiran kıyılarına paralel olarak gelişmiş bir hat boyunca görülmektedir. İtalya'da en önemli ticari bims yatağı, Lipari adasında işletilmektedir. Ancak günümüzde bu rezerv yavaş tükenmektedir. Dünyanın en büyük üreticilerinden birisi olan Yunanistan'da, bims madenciliği uzun bir tarihe sahiptir. Birçok volkanik oluşumlarda bimsli

materyaller gözlenmesine karşılık büyük oluşum ve rezervler Yali ve Thira adasında bulunmaktadır. Diğer taraftan Almanya, bims ticaretine uzun yıllar önce başlamış ve bugüne kadar sürdürmüştür. 1978 yılından bu yana 7 milyon ton'a yakın Scoria ve Bims üretimi ile dünyanın önde gelen üreticilerinden olmuştur. Almanya'da Bims; Ren bölgesi ve Neuwied Kasabasının bir kaç km batısındaki bims yataklarından sağlanmaktadır. Ülkedeki rezervlerin azalması sonucu ithalata yönelen Almanya, bu ihtiyacının büyük bir bölümünü Yunanistan ve ülkemizden karşılar duruma gelmiştir (Gündüz, 1998).



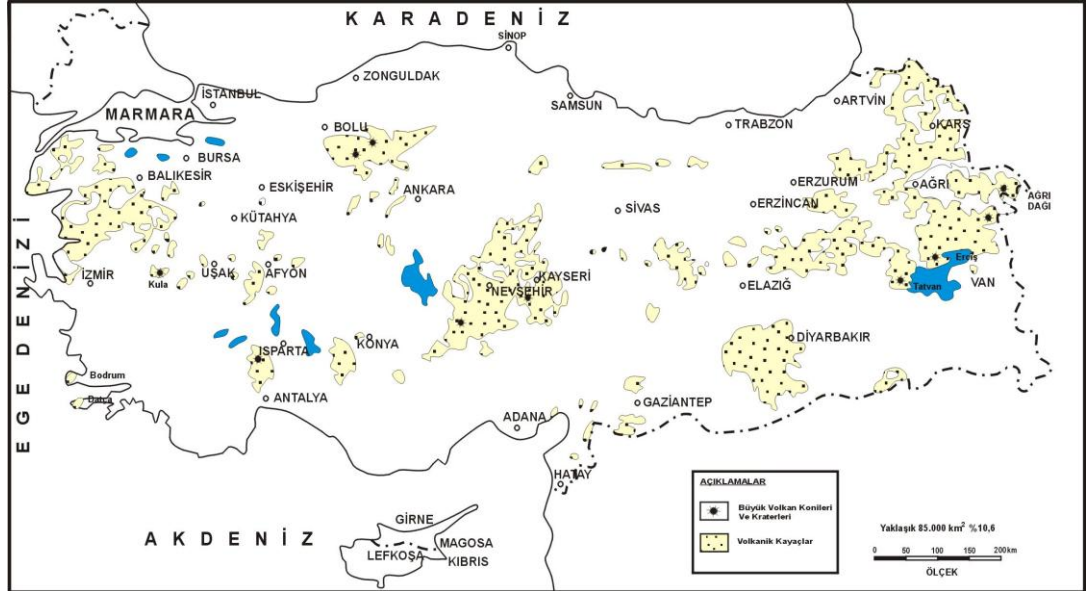
Şekil 2.11 Dünya'daki Volkanik Alanların Dağılımı

ABD'nin batı eyaletlerindeki volkanik faaliyetler, doğu eyaletlerinden fazla olduğundan ABD'nin toplam bims üretiminin büyük kısmı, tamamen dört batı eyaletinde üretilmektedir. Bunlar Kaliforniya, Idaho, New Mexico ve Oregon'dur. Diğer taraftan, İzlanda'da buzul çağındaki püskürmeler, binlerce metre kalınlığındaki buz altında meydana gelmiştir. Bu İzlanda'da "Palagonite" denilen ve su altındaki püskürmelerle ortaya çıkan diğer rezervlere benzemektedir. Hakla Volkanında görülen ve buzlar altı püskürmelerde bims daha az buzulme görülmüş ve bunu takibinde bims içindeki boşluklar az miktarda kapanmıştır (Gündüz, 1998).

Bims üreticisi konumunda olan bir diğer ülke de Yeni Zelanda'dır. Yeni Zelanda'nın en büyük bims üreten bölgesi, Kuzey Adasının Rotorua Taupo bölgesindeki riyolitik

volkanik kayaçların bulunduğu yerlerdir. Ticari nitelikteki materyal Auckland'm hemen güneyinde bulunan The Waikato River'in altından tarakla taranarak çıkarılmaktadır. Bu şekilde çıkan malzemenin üçte ikisi kum ve üçte biri bims olup, bims eleme ve yoğunluk ayırma yolu ile kumdan ayrılmaktadır (Gündüz,1998).

Dünya bims rezervlerinin 18 milyar ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Dünyadaki bims rezervlerinin büyük bir kısmına ABD sahip olup, Türkiye ise Avrupa ülkeleri arasında en yüksek rezerve sahip olan, dünyada ise Amerika' dan sonra ikinci en büyük rezerve sahip olan ülke konumundadır. Özellikle Avrupa' da rezervlerin azalmaya başlaması ve Almanya gibi sektörde öncü kuruluşların rezervlerinin tükenmesiyle Türkiye'nin bims sektöründeki önemi her geçen gün artmaktadır.



Şekil 2.12 Türkiye'deki Volkanik Alanların Dağılımı

Türkiye, bims rezervleri açısından oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Araştırılmış alanlarda yaklaşık 7 milyar m<sup>3</sup> bims rezervi olduğu tahmin edilmektedir. Bims rezervlerinin İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmış olmasına karşılık, Akdeniz ve Ege bölgelerinde de bims rezervlerine rastlanılmakta ve üretim faaliyetleri yapılmaktadır. Dünya bims rezervleri bakımından önemli bir yere sahip olan Türkiye, 10'a varan birim hacim ağırlığı, renk ve doku kalitesine sahip bims türleri ile oldukça yüksek dış pazar şansına sahiptir.

## 2.2 BİMSİN KULLANIM ALANLARI

Bims, çok eskiden beri kendine çeşitli kullanım alanları bulan en eski yapı malzemelerinden biridir. Gözenekli yapısı, hafifliği, ısı yalıtım ve ses yutuculuk özelliklerinin yüksek olması, atmosferik ortam koşullarına dayanıklılığı ve puzzolonik aktivitesi nedeniyle başta inşaat sektörü olmak üzere, dünyada ve ülkemizde farklı endüstri dallarında yaygın kullanım imkanı bulmaktadır. Bu endüstri dalları; tekstil, kimya, tarım, kişisel bakım–kozmetik, sağlık ve diğer endüstri dallarıdır. (Şekil 2.13)



Şekil 2.13 Bimsin Çeşitli Kullanım Alanları

Maddelerin ovalanarak temizlemesinde ve parlatılmasında aşındırıcı olarak çok uzun yıllardır kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalarda kimya endüstrisinde zeolit yapımında, DNA ekstraksiyonunda, atık su arıtımında, kataliz üretiminde kullanım olanakları bulmuştur. İnşaat sektöründe, dolgu malzemesi, yalıtım malzemesi, çimento katkı malzemesi, hafif beton agregası vb. yaygın kullanımının yanı sıra, prefabrik ve prekast hafif yapı elamanları üretiminde ve gün geçtikçe teknolojinin de ilerlemesiyle çeşitli sanayi dallarında kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır.

Genel olarak bimsin kullanıldığı sektörler;

1. İnşaat Sektörü
2. Tarım Sektörü
3. Kimya Sektörü
4. Tekstil Sektörü
5. Diğer endüstriyel ve teknolojik alanlar.



### 2.2.1 Bims Kullanımının Tarihi Gelişimi

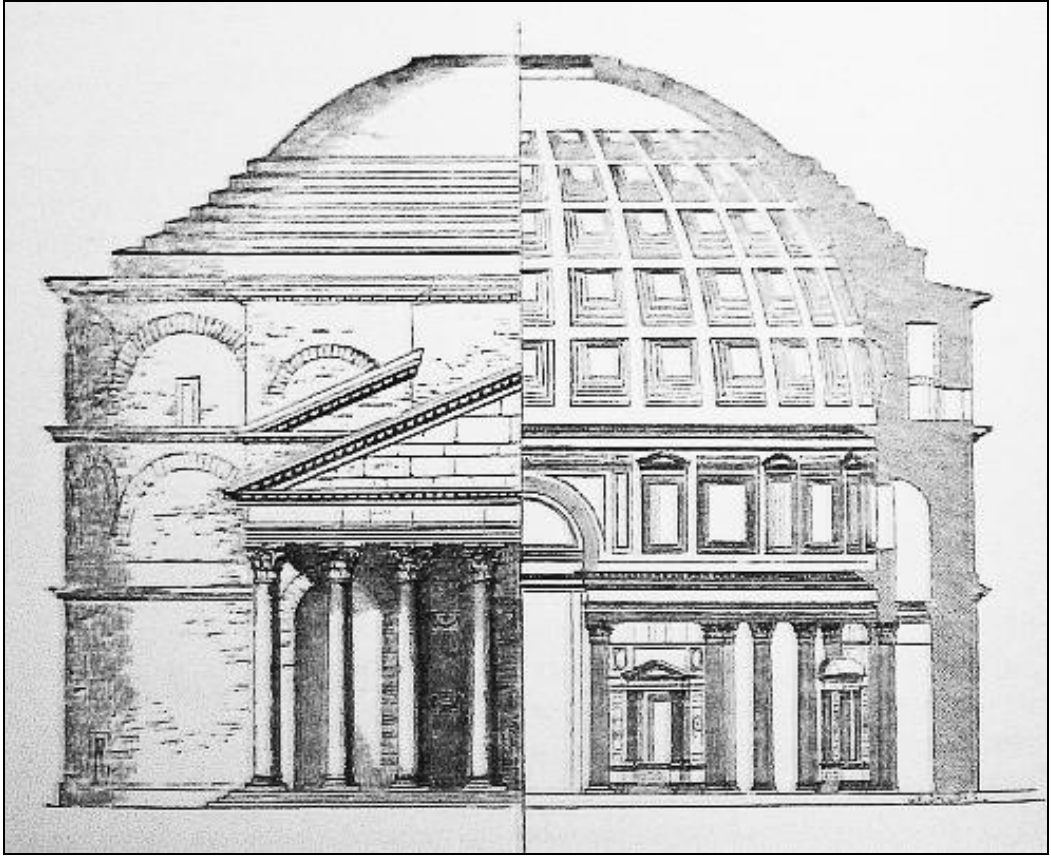
Bims, gözenekli yapısı, hafifliği, yüksek yalıtım etkileri, atmosferik şartlara olağanüstü direnci ve yüksek puzzolonik aktivitesi nedeniyle insanoğlunun kullana geldiği en eski yapı malzemelerinden biridir. Hıristiyanlıktan çok önceleri ilk olarak Yunanlılar ve daha sonra da Romalılar tarafından kullanılmıştır. Bimsin bilinen en eski referansı MÖ I. yy.da Vitruvio' ya ait mimari özete dayanmaktadır. Vitruvio, yığınları sudan hafif bu nedenle de yüzücü olarak tanımlar. Ayrıca suyu emmediğini ve hijyenik olduğunu da belirtir. Eski Romalılar zamanında bims çoğunlukla termal banyoların ve tapınakların yapımında kullanılmıştır. Eski Yunanlıların ve Romalıların görkemli yapılarının birçoğunda hala görülebilmektedir. Roma duvarlarının inşaatında, su kanalları, amfi tiyatrolar, tapınaklar, su kemerleri, hamamlar, mahzenler ve konut inşaatlarında yaygın olarak kullanılmıştır. Bu yapılar zamana karşı hala direnmektedir. Bu dönemlere ait en belirgin örnekler Roma Panteonu ve Ayasofya Müzesidir (Şekil 2.4 ve Şekil 2.6). Bu yapıların kubbelerinde hafiflik, dış ortam koşullarına ve depreme dayanım gibi avantajları sebebiyle bims kullanılmıştır. (Andrew ve William 1978, Sarışık vd., 1998 ).

Amerika'da bims, Kaliforniya'da 1851'den beri bina inşaatlarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu tarihten itibaren bims endüstrisi 15 eyalette 103 işletmeye kadar genişlemiştir. Özellikle baraj inşaatlarında hafif beton agregası olarak kullanılmasıyla büyük tasarruf sağlanmıştır. Los Angeles su kemerinin yapımında çimentoyla birlikte 1908'den 1918'e kadar kullanılmıştır. Amerika'da 1935'ten itibaren beton agregası olarak kullanılmaya başlanmış ve bu tarihten itibaren de düzenli bir artış göstermiştir. Los Angeles'de bir binada hafif agrega olarak betonda kullanılmasıyla normal agregaya göre 10800 \$'lık fazla harcama yapılmasına karşılık 39000 \$'lık da tasarruf sağlanmıştır. ( Serin, 1999 ).

Almanya'da ise 1980'den önce önemli ölçüde bims üretimi ve inşaat sektöründe yaygın bir şekilde kullanımı söz konusu iken, bu tarihten sonra kaynakların tükenmesiyle birlikte üretimde de önemli düşüşler gözlenmiştir. Mevcut üretilen bims sadece inşaat sektöründe kullanılmakta olup, ithalat yolu ile temin ettiği bimsi ise diğer alanlarda kullanmaya devam etmektedir. Achen kenti civarındaki 100'e yakın işletmede bims ve yapı elemanları üretimi yapılmaktadır.



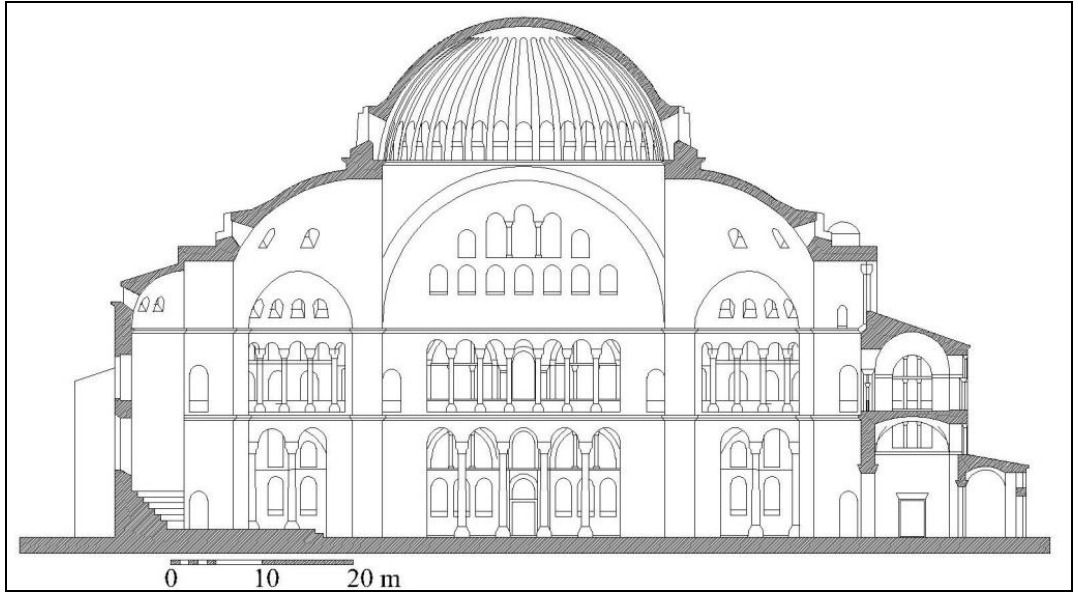
Şekil 2.14 Panteon Tapınağı Kubbesi



Şekil 2.15 Panteon Tapınağı Kesit-Görünüşü



Şekil 2.16 Ayasofya Müzesi



Şekil 2.17 Ayasofya Müzesi Kesiti

İtalya bimsin önemli üretim ve ihracat merkezlerinden biridir. İtalya'nın bims ihracatı ton bazında miktar olarak azalırken işlenmiş kaliteli bims üretiminin artması sebebiyle ihracat gelirlerinde artış gözlenmiştir.

İngiltere’de de bims üretimi yapılmasına rağmen tüketimin daha fazla olması sebebiyle ithalat yapılmaktadır. Ayrıca Yunanistan, İzlanda ve Yeni Zelanda’da düşük yoğunluğa sahip kaliteli bims yatakları bulunmaktadır.

Ülkemizde ise 1972 yılından bu yana bims üretimi yapıldığı tespit edilmiştir. Türkiye bims rezervleri bakımından oldukça zengindir. Araştırılmış alanlarda yaklaşık 7 milyar metreküp bir potansiyele sahiptir. 1980’li yıllardaki 250 bin ton civarındaki toplam üretim, 1998 yılı sonu itibariyle 1 milyon tona dayanmıştır. Ancak ihraç birim fiyatlarında dikkat çekici bir gerilemenin olduğu gözlenmiştir. Türkiye’nin ihraç ettiği bims 3-7 cm ve daha iri boyutlarda olup, 3 cm’nin altındaki bims atılmakta ve % 40- 50 civarında kayıp yaşanmaktadır. Ancak bu atık bimsin inşaat sektörü başta olmak üzere, tekstil sektörü, tarım sektörü ve diğer alanlarda kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır ( Serin, 1999 ).

### **2.2.2 Tarım Sektörü**

Bims; boşluklu yapısı sayesinde suyu bünyede uzun süre tutabilir bu özelliği sebebiyle sulu tarımda tercih edilir. Modern sera uygulamalarında da bims toprak yerine kullanılmaktadır. Seracılığın yanında süs bitkisi üretiminde de bims tercih edilmektedir.

Bims; niteliksiz tarım arazilerinin ıslahında mineral ve su tutucu olarak kullanılır. Aynı zamanda kimyasal ilaçları ve gübreleri bünyede tutarak yeraltı suyunu zehirlenmelerini engeller. Bu şekilde ekonomik ve ekolojik açıdan fayda sağlar. Bims gelişmiş ülkelerin çoğunda tarımda kuraklığa çare olarak başvurulan seçeneklerden bir tanesidir. Bünyesine aldığı suyu uzun müddet muhafaza ederek sürekli olarak nemli bir ortamın oluşmasını temin ettiğinden, kuraklığa çare olarak kısmi bir çözüm getirdiği için yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bugün su kaynakları yetersiz olan İsrail, Suudi Arabistan, Kuveyt gibi ülkeler, iklimin sıcak olması ve sulama suyunun da aşırı buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının önüne geçilebilmesi için, toprağın altında belirli bir derinlikte ve belirli bir kalınlıkta serilen bims tabakası içerisine (yastıklama), toprak altından su vererek, bitkilerin ihtiyacı olan suyun direkt olarak köklere ulaşması sağlanmakta ve buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının önüne geçilmektedir (Reyhanoğlu, 1988).

Toprağın su tutma özelliğinin iyileştirilmesi (hidrokültür) özellikle su problemi olan bölgeler için çok önemlidir. Perlit 760-1200°C arasında, kil 1200°C de geliştirilerek tarımda kullanılmaya uygun hidrokültür hammaddesi haline dönüştürülmektedir. Bims ise doğal halde bir hidrokültür hammaddesi olduğundan maliyeti geliştirilmiş perlit ve kile kıyasla çok daha düşüktür. Son yıllarda bu konuda bazı Avrupa ülkeleri (Hollanda, İsveç vb.) ve Japonya bu tip araştırmaları kapsamlı bir şekilde yürüten ülkelerin başında gelip bu ülkelerde topraksız veya çok az toprakla ve çok az su ile bitki yetiştirilmektedir. Ülkemizde bu alandaki çalışmalar henüz deneme safhasındadır. Bims, tarımda hem ucuz hem de özellikleri açısından bitkiler için önemli bir hammadde (girdi) durumdadır. Tuttuğu, suyu/nemi içinde bulunduğu ortama göre ayarlayarak gerektiğinde bitkiye verebilen bimsin bu alanda kullanılabilmesi için, bazı özelliklerinin uygun olup olmadığının (su tutma faktörü, besin emme özelliği, gözenek durumu, granüllerin görünür yoğunluğu vb.) analizi gerekmektedir: Bu analizlere geçilmeden önce tane boyutu açısından uygun ve aynı özelliklerde yeterli rezerve sahip, değişmeyen kalitede bims kullanım gerekliliği açısından önemlidir. Öte yandan sıvı gübre kullanımı söz konusu olduğunda, bims gübre kaybını minimuma indirdiği gibi, yeraltı su kaynaklarının kirlenmesinin de önüne geçmektedir (Reyhanoğlu, 1988).



Şekil 2.18 Seracılıkta Ve Toprak Islahında Bims Kullanımı

### 2.2.3 Kimya Sektörü

Bims kimya sektöründe kullanım alanlarını her geçen gün artırmaktadır. Özellikle öğütülmüş ince bimsin kimya sektöründe kullanımı oldukça geniştir. Bims, kimyasallarda özellikle tarım ilaçlarında, diş macunlarında, birçok alanda emici madde olarak, yabancı otlarla mücadele ilaçlarında, mantar ilaçlarında katalizör taşıyıcısı olarak, suni gübrenin topraklaşmasını önleme amacıyla antikek maddesi olarak kullanılmaktadır. Burada kimyasallar eşit taşıyıcı ve dengeleme rolü oynamaktadır (Taner ve Ersöz, 1989).

Bims tozu abrasifleri özellikle TV ekranı çapak düzeltme ve cilalama, yuvarlak ahşap hazırlama ve cilalama, metal hazırlama ve cilalama, kum püskürtme metodu ile oyma ve işlemecilik, bilgisayar çiplerinde çapak alma ve temizleme, dişçilikte protez hazırlama ve cilalama gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır. (Sezgin ve diğ., 2005)

Bimsin kimya sektöründe kullanım alanları;

- Abrasife Olarak Kullanımı
- Kozmetik Endüstrisinde Kullanımı
- Sabun Ve Deterjan İmalinde Kullanımı
- İlaç Endüstrisinde Kullanımı
- Farklı Endüstriyel Alanlarda Katalizör Olarak Kullanımı
- Su-Atık Su Arıtma Ve Hava Temizleme Teknolojisinde Kullanımı



Şekil 2.19 Sabun Üretiminde Bims Kullanımı

Bims kozmetik sektöründe özellikle ayak bakımında kaba cildin arındırılmasında vazgeçilmez kişisel bakım malzemelerinden biridir. Ülkemizde topuk taşı olarak çok eskiden beri kullanılmaktadır. Bunun haricinde cilt bakım kremlerinde ve çanta vb. taşınabilen parfüm emdirilmiş bims taşları olarak kullanılmaktadır.(Şekil 2.21)



Şekil 2.20 Bimsin Kozmetik Sektöründe Kullanımı

Ayrıca bims, özel boyalarda dolgu maddesi olarak kullanılır. Pürüzlü kaplamada ses izole edici duvar boyası olarak, motifli boya için astar macununu düzeltme işlerinde kullanılmaktadır. Boya tipinde kullanılacak bimsin;

- A tipi ( Trafik amaçlı boyalar için),
- B tipi ( Kaymaz yüzey boyalar için)

olmak üzere iki alt başlık halinde tane boyut dağılımı ve diğer bazı özelliklerine bakılmaktadır (Davraz, 2005).

#### 2.2.4 Tekstil Sektörü

Ülkemizde tekstil sektörüne paralel olarak bims tüketimi de yükselmiştir. Tekstil sektörünün bazı dallarında bims, aranılan ve azımsanmayacak miktarlarda tüketilen önemli girdi hammaddelerinden biri olmuştur. Yaygın olarak kot taşlama olarak bilinen bu işlemden kot kumaşların renklerin açılması (ağartılması) ve kumaşın yumuşatılması yapılmaktadır. Kumaşın sadece yumuşatılması isteniyorsa yine su ve bims kullanılır ve bu işlem “tas yıkama” olarak tabir edilir. Giysinin hem yumuşatılması hem de ağartılması isteniyorsa kazana su ve kimyasal madde emdirilmiş bims konularak yapılır. Bu işleme de “kar yıkama” adı verilir. Bu iki işlemin dışında sadece istenilen bölgeleri ağartan “kumlama” işlemi vardır (Duran, 1997).



Şekil 2.21 Tekstil Sektöründe Bims Kullanımı

Tekstil sanayicinde kullanılan bimsin kimyevi ve fiziki özellikleri büyük önem taşır ve bu özellikler ancak derinlik bimslerinde bulunur. Bu özellikler şöyle sıralanabilir:

- Beyaz renkte ve suda belirli süre yüzme kabiliyetine sahip olmalıdır,
- Tekstil sanayinde bimsin kullanılabilmesi için, kimyevi birleşimindeki demir oksit, sodyum oksit ve potasyum oksit miktarlarının, kumaş boyası ve yıkamada kullanılan diğer kimyevi maddelerle reaksiyona girebileceği ve kumaşta renk değişikliği oluşturabileceği hususu dikkate alınmalıdır.



- Bims orta sertlikte olmalı ve sert bir yüzeye vurulduğunda ezilip toz olmalı fakat kırılmamalıdır. Mineralojik yapısında bimsden sert mineral olmamalıdır (Kumaşı çizmemelidir),
- Sıfır nemde özgül ağırlığının 0.5-0.55 gr/cm<sup>3</sup> olması istenir.
- Tekstil kalitesi için %50'den fazla olan su emme özelliği ideal kullanımı sağlar.
- Tekstil kalitesi bimsin keskin yüzeylerinin yuvarlatılmış olması istenir ki, temas ettiği kumaş yırtılmasın.
- Kullanılan bimsin kalitesi standart olmalıdır.

Yıkama işleminde bir parça blucin için, ortalama 0.5-1 kg bims tüketilmektedir. Son zamanlarda üretilen kumaşlar da artık öyle yapılmaktadır ki bunları daha az bimsle ağartmak mümkün olabilmektedir. Bu tip kumaşlarda parça başına bims tüketimi 0.5 kg civarındadır (Güngör ve Tombul, 1997).

### 2.2.5 Diğer Endüstriyel Ve Teknolojik Alanlarda

Bimsin diğer büyük kullanım alanı abrasif (aşındırıcı) sanayidir. Oldukça hafif aşındırıcı olarak sınıflandırılan bims gerek doğal, gerek yapay madeni eşyaları ve yumuşak metalleri (gümüş gibi) cilalamakta kullanılır.



Şekil 2.22 Öğütülmüş Bims Tozu

Cam eşyaların işlenmesinde, özel boyalarda dolgu maddesi olarak, tarım ilaçlarında kimyasal taşıyıcı olarak, sabun ve deterjan üretiminde puzzolan madde olarak kullanılması diğer kullanım alanlarından bazılarıdır. Son yıllardaki bir kullanım alanı da “barbekü” tabir edilen mangalarda, kömürün yerini almasıdır. Burada mangalın alttan fazla ısıtılması sonucunda akkor hale gelen bims, kömür ateşi işlevini görür. Bims;

- Kuyumculuk, metal, cam ve plastik sanayinde abrasif,
- TV tüpleri ve elektronik devre ve çiplerin üretiminde hassas temizleme maddesi,
- Yol tutucu- kaymaz tip oto lastikleri üretiminde katkı,
- Asfalt kaplamalarda ve karayollarında buzlanmaları kontrol altına almada,
- Dekoratif ve yalıtımlı, hafif tavan kaplama malzemelerinin imalinde,
- Yiyecekleri sıhhi ortamda koruma amaçlı, geçirgen film üretiminde,
- Hijyenik ortamda yiyecek saklama kabı imalinde,
- Polimer dolgulu fast-food paketleme malzemesi imalinde,
- Silikon dioksit imalinde,
- Zeolitlerin hidrotermal sentezinde,
- Tarihi eserlerin dış yüzeylerinin püskürtme metodu ile temizlenmesinde,
- Gaz geçişli ve sıvı tutucu agregaların imalinde,
- Hafif termoplastik reçine esaslı kalıpların yapımında,
- Emprenye edici malzeme imalinde,
- Bims ile agarose jelinden DNA' nın geri kazanımında,
- Granüler nem emici ve geri verici malzeme olarak,
- Granül veya monolitik formlarda silikon kaplamaların imali ve geliştirilmesinde

- Konsolidasyona müsait inşaat alanlarına ait zeminlerini iyileştirilmesi ve su drenajında,
- Protein emici malzeme imalinde,
- Yazıcı mürekkebi imalinde,
- PVC kaplamada dolgu malzemesi olarak,
- Uzay teknolojisinde yüksek ısıya dayanıklı seramik ve kabin camı imalinde,
- Otomobil endüstrisinde ısı ve ses yalıtımında dolgu malzemesi olarak

pek çok sektörde kullanım imkanı bulmaktadır. Ayrıca günümüzde seramik malzemelerinin sır tabaklarının yapımında, refrakter malzeme, hafif izo-akustik sıva imalinde, biyoteknoloji alanlarında absorban malzeme olarak ve su arıtım teknolojisi gibi pek çok alanda kullanımına ilişkin çalışmalarında sürdürüldüğü de bilinmektedir (Güngör ve Tombul, 1997).

İçme suyunun filtrasyonu içinde saf bims taşı kullanılmaktadır. Bims insan sağlığını tehdit edecek hiç bir element içermez. Bims genellikle iki katmanlı filtrelerde hafifliğinden ötürü birincil arıtma amacıyla kullanılırken, alttaki diğer tabaka bims tarafından yakalanamayan küçük maddeleri süzer.

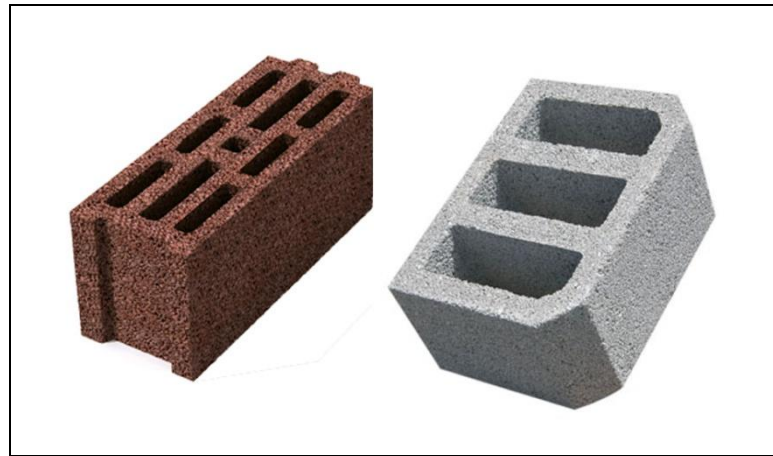
### **2.2.6 İnşaat Sektöründe**

Son yıllarda bims agregalarından oluşan bimsbeton yapı elemanlarının yapı sektöründe kullanımı normal betondan hafif olmaları nedeniyle hızla yaygınlaşmaktadır. Normal betona kıyasla deprem yüklerine daha elastik davranış gösteren bu yapı elemanlarının diğer teknik avantajları arasında; ısı yalıtımı, ses yutuculuğu ve yangın geciktiriciliği özelliğinin yüksek, atmosferik ortamın koşullarına karşı son derece dayanıklı, inorganik, toksik olmayan, çevreci ve doğal bir malzeme olması ve mikro-organizmalardan etkilenmemesi gibi özellikleri sayılabilmektedir. Sağladıkları bu avantajlar sayesinde bims ve bimsbetonlar, duvar, döşeme ve çatı elemanlarında, iç mekan mobilyalarında, dekoratif elemanlarda, çevre düzenlemesinde ve kent mobilyalarının oluşumunda kullanılmaktadır.

Bims, her geçen gün yeni bir kullanım alanı bulunan bir hammaddedir. Pek çok farklı sektörde kullanılmakla birlikte dünyada ve Türkiye’de en yaygın kullanım alanı inşaat sektörüdür. İnşaat sektöründe bims; prefabrik ve prekast hafif yapı elemanları üretiminde, evre düzenlemesinde kullanılmakla beraber, harç ve beton agregası, yalıtım malzemesi, çatı ve yalıtım dolgusu olarak da kullanılmaktadır. Pmisit adı verilen ve bazen de volkan külü, volkan tozu olarak adlandırılan ince taneli olanları çimentoda katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bimse bu alanda kullanım imkanı veren özelliği, bimsin yüksek puzzolanik aktiviteye sahip olmasıdır.



şekil 2.23 Bimsbetondan Yapılmış Bir Bina



şekil 2.24 Bimsblok Hafif Yapı Elemanları

### **3 BİMSİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIMI**

Bimsin alternatif yapı malzemesi hammaddesi olarak kullanım alanları her geçen gün genişlemektedir. Yapılan çalışmalar gerek bimsin yüksek silis içeriği ve puzzolan özelliği, gerekse düşük yoğunluğu sebebiyle büyük bir potansiyel teşkil ettiğini, sahip olduğu karakteristik yalıtım özellikleri ve ekonomikliği ile de hem kısa hem de uzun vadede en önemli alternatif yapı malzemelerinden biri olacağını göstermektedir. Özellikle hafif beton üretimi ve çimento dolgu malzemesi olarak ilavesi alanlarında yoğunlaşmaktadır. Ayrıca yalıtım maddesi, yalıtım özelliklerine sahip yapı elemanı eldesi ve yer karolarının üretimi gibi çeşitli alanlarda da bimsin kullanımını dikkat çekmektedir. (Hiçyılmaz ve Altun, 2005 ).

Dekoratif özellikli asma tavanlar, ses absorbe edebilecek ve akustik amaçlı panolar, bölücü duvar elemanları, preslenmiş duvar tuğlası, ısı yalıtım ve ses yutuculuk özellikleri yüksek duvar, döşeme ve peyzaj blokları üretilebilmektedir. İnşaat sektöründe bims; prefabrik ve prekast hafif yapı elemanları üretiminde, çevre düzenlemesinde kullanılmakla beraber, harç ve beton agregası, yalıtım malzemesi, çatı ve yalıtım dolgusu olarak da kullanılmaktadır. Bimsin inşaat sektöründe kullanımını başlıca üç ana grupta toplamak mümkündür;

1. Yapı alanı harç ve beton agregası olarak kullanımı
2. Prefabrikasyonda ve prekast yapı elemanları üretiminde kullanımı
3. İnşaat sektöründe diğer alanlarda kullanımı

#### **3.1 YAPI ALANI HARÇ VE BETON AGREGASI OLARAK KULLANIMI**

Bimsin inşaat sektöründe kullanım alanlarının başında hafif beton agregası olarak kullanımı gelmektedir. Bimsin yapı alanı harç ve beton agregası olarak kullanım alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Hafif Beton Agregası Olarak Kullanımı
- Örgü (Yapıştırma), Sıva Ve Şap Harcı Olarak Kullanımı
- Katkı Malzemesi Olarak Kullanımı

### 3.1.1 Hafif Beton Agregası Olarak Kullanımı

Bimsin hafif beton eldesinde agrega olarak kullanımı son yıllarda üzerinde hassasiyetle durulan konulardan biridir. Ülkemizde yaşanan depremler neticesinde hafif betonların önemi giderek artmaktadır. Hafif beton üretiminde kullanılan agregalardan biriside bimsdir.



Şekil 3.1 Boyutlandırılmış Bims Agregaları

Bims, perlitin kullanıldığı alanların, genellikle tümünde kullanılmaktadır. Perlit gibi genişletmek için enerji ve yatırım gerektirmediğinden, ekonomikliği sebebiyle inşaat sektöründe son yıllarda kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Bims normal kum ve çakılın 1/3 - 2/3 'ü kadar yoğunluğa sahip olup, aynı durum bims ile yapılan betonlarda da görülür. Bimsbeton ve ürünleri normal betondan hafif olması sebebiyle binaya gelen gereksiz yüklemeleri azaltmakta, zamandan, işçilikten, demirden, çimentodan ve nakliyeden, yani toplam maliyetten tasarruf sağlamaktadır. Zemin mekaniği açısından değerlendirildiğinde, temele iletilen yükler azalacağı için, inşaat demirinden % 17 civarında tasarruf sağlanmaktadır. Bimsin ısı iletkenlik katsayısı dikkate alındığında, normal betondan 4-6 kat daha fazla ısı yalıtımı sağladığı tespit edilmiştir. Bu özelliği sayesinde, yaşanan mekanlarında kullanımı ile büyük çapta

enerji tasarrufu sağlanması mümkün olmaktadır. Ses yutuculuğu normal betonlara nazaran yüksek olan bimsin, ses denetiminde de avantaj sağladığı tesbit edilmiştir. Ayrıca yangına dayanıklılık açısından da normal betona kıyasla %20' ye varan oranda daha emniyetli olduğu kabul edilmektedir. Bims ile üretilen betonun normal betona kıyasla önemli bir avantajı da deprem yüklerine karşı daha elastik davranış gösterebilmesidir. Ayrıca bimsle üretilen beton ve yapı elemanları dondan etkilenmemektedir.

### 3.1.1.1 Hafif Betonun Tanımı

İnşaat sektörünün vazgeçilmez yapı elemanlarından olan betonun birçok avantajının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. İnşaat sektörünün önemli problemlerinden biri olan bina ölü ağırlığının azaltılabilmesi için çeşitli ar-ge çalışmaları yapılmaktadır. Hafifliği ve ısı yalıtımı bakımından normal betonlara kıyasla büyük avantajları olan hafif betonlar, her geçen gün kullanım alanını artırmaktadır.

Hafif beton, normal betonun bileşiminde bulunan normal ağırlıklı agregaların tamamen veya kısmen hafif agregalarla yer değiştirmesi suretiyle elde edilmektedir. Hafif agrega olarak bims (pomza), genişletilmiş perlit, genişletilmiş kil veya şist ve genişletilmiş polistren (stropor) kullanılabilir. Hafif beton üretiminde en çok başvurulan yöntem, hafif agrega kullanımı ile birim ağırlığı istenen düzeyde tutmaktır.

Kum ve çakıl agregaları ile yapılmış normal betonların birim hacim ağırlıkları 2000–2600 kg/m<sup>3</sup> civarındadır. Beton yapımında kullanılan kum, çakıl veya çimentonun bir kısmı beton yapısında hava boşlukları meydana getirdiği için geleneksel agregalar yerine hafif ve çok hafif agregalar kullanıldığında betonun hacim ağırlığı azaltılabilmektedir. Bu yolla üretilen kuru birim hacim ağırlığı 2000 kg/m<sup>3</sup>'den düşük olan betonlar, hafif beton olarak adlandırılmaktadır. Kuru birim hacim ağırlığı 800 kg/m<sup>3</sup>'den düşük betonların yapım yöntemleri, kullanım koşulları ve alanları farklı olduğundan, çok hafif betonlar olarak adlandırılmak yerinde olacaktır. Hafif agreganın tarifini yapmak gerekirse, hafif agrega (beton için), su, çimento ve gerektiğinde katkı maddeleri ile karıştırılarak hafif beton imalinde kullanılan, gevşek

birim ağırlığının en büyük değeri  $1200 \text{ kg/m}^3$ ' ü aşmayan kırılmış veya kırılmamış gözenekli inorganik agregadır (TS 1114 EN 13055-1, 2004). Normal ağırlıklı beton; maliyetinin ucuzluğu, yüksek dayanımı, kolay işlenebilme özelliği ve monolitik yapısı gibi özelliklerinden dolayı, diğer yapı malzemelerine göre daha fazla kullanılmaktadır. Ancak bu betondan inşa edilen yapı elemanlarının birim ağırlıklarının fazla olması istenmeyen bir durumdur (Gündüz ve diğ., 1998b).

Bu elemanlar kendi öz ağırlıklarını taşıyabilmek için oldukça fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar. Bu nedenle, normal betonda kullanılan tabii agrega yerine boşluklu hafif malzemenin kullanımı ile daha hafif beton üretimi yoluna gidilmiş ve bu konuda önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Hafif beton üretiminde kullanılan hafif agregalar aşağıdaki gibi sınıflandırabilmektedir.

- Doğal hafif agregalar: Bims, volkanik tüf, volkanik cüruf ve ağaç parçacıkları gibi organik malzemeler
- Doğal malzemelerden üretilen yapay hafif agregalar: Genleştirilmiş kil, genleştirilmiş şist, genleştirilmiş arduvaz, perlit, vermikülit ile stropor gibi polimer esaslı malzemeler.
- Endüstriyel atıklardan üretilen hafif agregalar: Yüksek fırın cürufu, uçucu kül.
- Endüstriyel atıkların işlenmesiyle üretilen hafif agregalar: Genleştirilmiş yüksek fırın cürufu ve kızdırılmış uçucu kül.

### 3.1.1.2 Hafif Betonun Sınıflandırılması

Hafif betonların sınıflandırılması ise hem birim ağırlık hem de basınç dayanım özellikleri bakımından yapılabilmektedir. Neville (1996)'nin yaptığı sınıflama şu şekildedir;

1. Yoğunluğu  $1350-1900 \text{ kg/m}^3$  ( $85-120 \text{ lb/ft}^3$ ) arasında değişen, yapısal amaçlı kullanılan ve tek eksenli basınç dayanımı en az  $17 \text{ MPa}$  ( $2500 \text{ psi}$ ) büyüklüğünde olan yapısal hafif betonlar,
2. Yoğunluğu  $300-800 \text{ kg/m}^3$  arasında değişen, yapısal amaçlı olmayan ve özellikle yüksek ısı yalıtımının sağlandığı hafif betonlar.



### 3.1.1.3 Hafif Betonun Avantajları

Doğal hafif bir agrega çeşidi olan bims agregalarının hafif beton üretiminde kullanımını ülkemiz açısından yeni olmakla beraber gelişmiş ülkelerde uzun yıllardır kullanılmaktadır. İhtiyaroğlu (1974) ve Postacıoğlu (1987) yaptıkları çalışmalarda hafif betonların avantajlarını şu şekilde açıklamışlardır:

1. İsimlerinden de anlaşılacağı gibi bu betonlar, normal kum-çakıl betonuna nazaran çok daha hafiftirler. Birçok hafif betonun birim ağırlığı tuğlaninkinden de daha azdır. Bu bakımdan hafif betonların yapıda kullanılmasıyla yapı zati yüklerinin azalması sonucu olarak taşıyıcı elemanların kesitlerinde de bir küçülme meydana gelmekte ve bu suretle malzemede tasarruf sağlanabilmektedir.
2. Malzemenin hafifliği dolayısıyla daha büyük boyutlarda prefabrike yapı elemanları imal etmek imkanı gerektiğinden inşaatın hızı artmakta, işçilik ve zamandan önemli derecede tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca prefabrike inşaat uygunsuz iklim şartlarından normal inşaat kadar etkilenmediğinden hemen hemen yılın her mevsiminde yapım işine devam olanağı sağlamaktadır. Prefabrike paneller dış ve iç sıvaya ihtiyaç göstermeden de imal edilebildiklerinden ayrıca sıva iskelelerinin yapılmasına da gerek kalmamakta ve dolayısıyla yine malzeme, işçilik ve zamandan tasarruf sağlanmaktadır. Hafif betonların yapı endüstrisinde kullanılmasıyla, gerek yapı malzemesi üretimindeki randıman gerekse konut ihtiyacının karşılanma hızı artmıştır.
3. Yapı malzemelerinin yoğunlukları azaldıkça, genel olarak, ısı yalıtım özellikleri artacağından hafif betonlar, normal beton ve tuğlaya nazaran daha iyi ısı yalıtım malzemeleridir. Bu özelliklerinden dolayı duvar elemanı olarak kullanıldıkları zaman, ısı özellikleri bakımından dayanımları uygun olduğu hallerde tuğlaya nazaran daha az bir duvar kalınlığı yeterli olmaktadır. Böylece binada faydalı alan artmakta ve yine zati yüklerde ayrıca bir azalma olmaktadır. Aynı duvar kalınlıklarında ise, yoğunluk dolayısıyla yine nispeten zati yüklerde bir azalma olmakla beraber aynı zamanda yapının ısıtma masraflarında da tasarruf sağlanabilmektedir.

4. Hafif betonlar yapı endüstrisinde kullanılmaya başlandıktan sonra bazı sanayi artıkları (yüksek fırın cürufu, kömür cürufu, uçucu kül vb.), çeşitli hafif betonlar imalinde kullanılmak suretiyle değerlendirilmişlerdir. Ayrıca, fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından yapıda kullanılmaya elverişsiz bir takım tabii taşlar, hafif agrega olarak, kullanılma yerleri bulmuşlardır. Tuğla imaline uygun olmayan killerden “şişirilmiş kil agrega” imal edilerek, bu killeri işe yarar hale getirilmiştir.
5. Yukarıda avantajları özetlenen hafif betonların yoğunluklarının az olmasının nedeni, bünyelerinde fazla gözenek bulunmasından kaynaklanmaktadır.
6. Hafif betonlar asıl betonarme yapıların depreme dayanıklılığını artırması bakımından yararlı işlev görmektedir. Yapının tüm ağırlığının, hafif betonların kullanılması sonunda, azalmasında dolayı deprem olayı esnasında daha küçük dinamik kuvvetler oluşacaktır. Dinamik etkilerin azalmasıyla ve bunların oluşturacağı gerilmelerin küçülmesiyle depreme dayanıklılık artmış olacaktır.
7. Hafif betonların termik iletkenlik katsayısı çok küçük değerler almaktadır. Böylelikle hafif beton kullanılması halinde iç hacimlerde 20°C dolayındaki sıcaklık çok daha az yakıt kullanarak elde edilir.
8. Bu betonların kullanım bakımından bazı üstünlükleri bulunmaktadır. Bunlar, bu betonların bir ahşap testeresiyle hiçbir zorlukla karşılaşılardan kesilmesi, bu malzemeye kolaylıkla çivi çakılabilmesi gibi özelliklere sahiptirler. (Demirdağ, 2005)

#### 3.1.1.4 Hafif Beton Agregası Özellikleri

Bims kullanılarak elde edilen hafif betonlarda, bims agregalarının, TS ve ASTM standartlarına uygunluğu bir dizi deneysel analizlerden elde edilen veriler ışığında belirlenmekte olup, tane boyutu, oranları vb. özellikleri belirlenmektedir. İlgili standartlar eklerde verilmiştir. Bimsin bimsbeton agregası olarak değerlendirilebilmesi için aşağıda verilen özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. (Gündüz, 2005)

- Malzeme yapısı ve tanımı,
- Kimyasal bileşimi ve jeolojik orijini,

- Tane büyüklüğü dağılımı (granülometrik bileşim),
- Özgül ağırlık ve birim ağırlık değeri,
- Su emme kapasitesi,
- Organik madde içeriği,
- İncelik modülü ve ince madde oranı,
- Rötire değeri,
- Sülfat tayini,
- Dona dayanıklılık analizi,
- Kapilarite (kılcal su emme) değeri,
- Ateşe dayanım ve kızdırma kaybı analizi,
- Termal parametreler ve ısısal konfor özellikleri,
- Ses geçirgenlik ve ses yutuculuk özellikleri.

#### Malzeme Yapısı Ve Tanımı

Yapılan çalışmalar bims agregalarının gözle görülür boyuttan mikroskobik boyuta kadar sayısız gözenek içerdiğini ve her bir gözeneğin diğerinden camsı bir zarla ayrıldığını göstermiştir. Sertliği Mohs skalasına göre 5,5-6 civarında olup, kristal suyu bulunmamaktadır. Bimsbeton yapımında kullanılacak agregaların asidik karakterleri olmaları istenir. Bims agregalarında su etkisiyle malzemede herhangi bir dağılma görülmemekte ve ağırlık kaybı ihmal edilebilecek kadar az bir oranda olmaktadır.

#### Kimyasal Bileşimi Ve Jeolojik Orijini

Bims agregaları kayaç oluşum şekillerine göre farklı karakteristik yapıda olabilmekte ve buna bağlı olarak agregaların kullanım yeri ve özellikleri de farklı olabilmektedir. Bims agregalarının sınıflandırılmasında en yaygın olanı kimyasal sınıflama şeklindedir. Bu sınıflandırma kayacın kimyasal yöntemlerle yapılan analizine dayanarak yapılmaktadır. 1987'de Uz'un yaptığı çalışmalarla ortaya koyduğu bu sınıflandırma

kayacın direkt olarak yapısı dokusu ve mineralojik bileşimi hakkında bilgi vermez ancak bazı yardımcı yöntemlerle mineralojik bileşimi saptanabilmektedir. (Gündüz, 2005).

Bimsin bileşimindeki en etkin element  $\text{SiO}_2$  olup, kayacın asidik ya da bazik karakterli olması hakkında bilgi verir. Bimste  $\text{SiO}_2$  oranı arttıkça asidik özellik artar ve çeliği rahatlıkla aşındırabilecek abrasif özellikte bir kimyasal yapı ortaya çıkar.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , elementi ise bimsin ısıya ve ateşe yüksek dayanım özelliği kazandırır. İnşaat sektörü açısından bakıldığında, bimsin asidik karakterde olması ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oranının düşük,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oranının ise yüksek olması arzu edilir. (Gündüz, 2005)

#### Tane Büyüklüğü Dağılımı (Granülometrik Bileşim)

Agreganın tane boyutlarının ölçülmesine ve miktarca karışım oranlarının tespiti için yapılan çalışmalara Granülometri denir. Granülometri hesaplarında önce elek analizleri yapılır, bulunan değerlerin elekten geçenlerin yüzdesine ve elek çaplarına göre bir koordinat sisteminde işaretlenmesi ile granülometri eğrisi çizilir. Bu eğri standart eğrilerle karşılaştırılarak hafif agregalı beton karışımların gerekli düzenlemesi yapılır. Bu çalışmaların su miktarı ve işlenebilirlik özelliğine de etkisi vardır. (Eriç, 1994)

#### Özgül Ağırlık Ve Birim Ağırlık Değeri

Özgül ağırlık, agreganın tanelerinin işgal ettiği gerçek birim ağırlık olarak tanımlanmakta ve TS 3526'da belirtilen esaslara göre deneysel olarak belirlenmektedir. Hafif agreganın kullanılmak üzere bims agregalarının özgül birim ağırlık değerinin minimum  $2,1 \text{ gr/cm}^3$  olması beklenir. Agreganın kuru birim ağırlığı ise belirli bir hacmi dolduran tanelerinin oluşturduğu ağırlık olarak tanımlanmakta ve TS 3529, DIN 4226'da belirtilen esaslara göre belirlenebilmektedir.

Bims agreganın kuru birim hacim ağırlığı elde edilecek hafif betonun özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Kuru birim hacim ağırlığının yüksek olması dayanımı artırırken, ısı yalıtım özelliklerini de düşürmektedir.

### Su Emme Kapasitesi

Gözenekli yapıdaki agregaların su emme kapasiteleri, su emme hızları ve içinde bulundurduğu nem yüzdesi, beton karışım hesaplarını ve beton yapımını doğrudan etkilemekle birlikte, birçok endüstri alanında malzemenin kullanılabilirlik kriterlerini de belirlemektedir. Agregaların su emme kapasitelerini etkileyen başlıca faktörler; tanelerin kompasitesi, açık ve kapalı gözenek oranı, doluluk oranı ve doyma derecesi olarak sıralanabilmektedir. Hafif betonun gözeneklerinde tutulan su, betonun mekanik ve termik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği için betonun minimum ölçülerde su emmesi arzu edilir. Bu nedenle hafif beton üretiminde kullanılacak agregaların düşük su emme oranına sahip olması gerekmektedir. Bims agregalarının su emme yüzdeleri arzu edilenin biraz üzerinde olabilmekle beraber, gerekli önlemler alındığında hafif beton agregası olarak kullanılabilceği görülmektedir (Gündüz, 2005).

### Organik Madde İçeriği

Agrega bileşiminde bulunan organik maddeler çimentonun yapısını etkileyerek bağlayıcılık özelliğini zayıflatmaktadır. Bu nedenle hafif beton üretiminde kullanılacak olan agregalarda organik maddelerin bulunmaması arzu edilir. Bims agregalarında TS 3673'de belirlenen prensiplere göre yapılan organik madde içeriği analizlerinde, organik maddelere rastlanmadığı görülür. (Gündüz, 2005)

### İncelik Modülü ve İnce Malzeme Oranı

TS 1114 EN 13055-1 standardında öngörülen prensiplere göre malzemenin incelik modülü belirlenir. İlgili standartlar ekler bölümünde verilmiştir.

### Rötre Değeri

Betonlar üretildikten sonra sertleşmelerini tamamlayıp, kuruyana kadar büzülmeleri sebebiyle boyutlarında küçülmeler meydana gelir. Bu büzüşme olayına Rötre adı verilir. Bu durum çatlama ve sıva dökülmelerine neden olabilmektedir. Agregaların mekanik dayanımları, inceliği ve çimento dozajı rötrenin büyüklüğü ile doğrudan ilgilidir.

### Sülfat Tayini

Hafif agregalardaki kükürt bileşimlerinin analizi, SO<sub>3</sub> cinsinden yapılmaktadır. TS 1114 EN 13055-1 standardına göre , hafif agregata bileşiminde ağırlıkça SO<sub>3</sub> bileşiminin maksimum %1 civarında olması arzu edilmektedir.

### Dona Dayanıklılık Analizi

Atmosferin yapı malzemelerine yağmur, kar, don olaylarıyla sıcaklık değişimi, nem-rutubet değişimi, rüzgar etkisi ve güneşin ultraviyole ışınları gibi zararlı etkileri olabilmektedir. Bunlardan malzemeyi en çok etkileyen donma etkisidir. Malzeme boşlukları içerisinde emilmiş bulunan su don etkisiyle buz haline geçer ve bu geçişte hacim artması meydana gelir. Malzeme içerisindeki buz basınçları çatlama, parçalanma ve dökülmelere yol açar. Bu durumun sık tekrarı söz konusu olursa, malzeme tamamen kullanılmayacak duruma gelebilmektedir. Atmosferin kısa sürede zarar veren en önemli etkisi donma-çözülme etkisi olup, malzemenin donmaya karşı dayanıklılığını araştırmak için donma-çözülme deneyleri yapılır. (Gündüz, 2005)

### Kapilarite (Kılcal Su Emme) Değeri

Betonda kullanılan gözenekli agregalarda kapilarite özelliği, agreganın gözeneklilik oranı ve gözeneklerin birbiriyle bağlantılı olup olmamasına göre değişim göstermekte olup, yapının zemin suyu etkileşimlerine maruz kalan bölümlerinde yer alan betonlar için oldukça önemli bir teknik parametredir.

### Ateşe Dayanım Ve Kızdırma Kaybı Analizi

Kızdırma kaybı analizleri, hafif beton üretiminde kullanılacak agreganın, yüksek sıcaklık ortamlarına maruz kaldığı zaman bünyesinde bulundurduğu uçucu gaz ve belirli sıcaklıklarda eriyik hale dönüşen bileşenlerin, sıcaklık değişimlerinden ne ölçülerde etkilenecek, kütlelerinde herhangi bir kaybın meydana gelip gelmediğini araştırmak için yapılır. TS 1114 EN 13055-1 standardında öngörülen prensiplere göre %5'den fazla olmamalıdır. Bims agregalarının kızdırma kaybı analizleri ve ateşe dayanıklılık testleri TS 1114 EN 13055-1'e göre yapılır. Bims için ateşe dayanıklılık testleri 20°C-1250°C sıcaklık değişim değerinde yapılır. (Gündüz, 2005). İlgili standartlar ekler bölümünde verilmiştir.

### Termal Parametreler Ve Isısal Konfor Özellikleri

Yaşadığımız mekanlarda ısısal konforun sağlanabilmesi oldukça önemlidir. Hafif agregalardan üretilen hafif betonlar birim ağırlıklarının düşük olması sebebiyle ısı yalıtım amaçlı termik özellikleri, ısısal konforu sağlayacak malzemeler olarak değerlendirilmektedir. Agreganın ısısal konfor için gerekli hesapların yapılabilmesi için, ısı geçirgenlik katsayısı ( $\lambda$ , kcal/mh°C), ısı direnç değeri (R, m<sup>2</sup>h°C/kcal) ve özgül ısı değeri (c, kcal/kg °C) parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. TS 4048 standartlarında öngörülen prensipler çerçevesinde bu değerler hesaplanır. (Gündüz, 2005)

### Ses Geçirgenlik Ve Ses Yutuculuk Özellikleri

Günümüzde gürültü kirliliğinin giderek artması, hem fiziksel hem de psikolojik açıdan, yaşadığımız mekanlarda akustik konforun sağlanması gerekliliğini kaçınılmaz kılmaktadır. Bu bakımdan yapıda kullanılan malzemenin akustik özelliği oldukça önemlidir. Ses bir malzemeye ulaştığında, bir kısmı malzeme bünyesinden geçerek ilerler, bir kısmı malzemedan yansıtılarak geri döner ve kalanı da malzeme bünyesinde sönümlenir, yani yutulur. Her malzemenin, ses geçirme, yansıtma ve yutma değerleri farklıdır. Yapı elemanlarının oluşturulma aşamasında istenilen ses konforunun sağlanması özellikle o yapı elemanlarını oluşturan malzemenin birim hacim ağırlığına bağlıdır. Bims agregaları hafif olması ve gözenekli yapısı sayesinde ses yalıtımı açısından ses yutma özellikleri yüksek olmakta ve bu agregalardan üretilen hafif betonlarda bu özellikleri taşımaktadır.

#### **3.1.2 Örgü (Yapıştırma), Sıva Ve Şap Harcında Agregada Olarak Kullanımı**

Sıva, şap ve örgü harçları, kum, bağlayıcı maddeler, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin karıştırılmasıyla elde edilen bir yapı malzemesidir. Doluluk, mukavemet, geçirimsizlik, aderans, aşınmaya ve dış etkenlere karşı dayanıklılık harçlarda aranan özelliklerdir. Harçların sınıflandırılması bünyelerine giren bağlayıcı malzeme çeşidine göre çimento, kil, alçı, kireç ve melez harçlar olmak üzere beş grupta, yapıda kullanım yerine göre de duvar harçları, sıva harçları, şap, şerbet ve badana olmak üzere dört grupta toplamak mümkündür. (Eriç, 1994).

İlk harç uygulamaları tarihte kil harçları olarak karşımıza çıkmaktadır. Endüstrinin gelişmesi ile Mısır'da alçı, Roma'da kireç ve puzzolan, Osmanlılarda horasan, Avrupa'da ise grapye ve su kireci harçları (Romen çimentosu) olarak karşımıza çıkmaktadır. En son olarak ise çimento harçları yapıda uygulama alanına girmiştir. (Eriç, 1994).

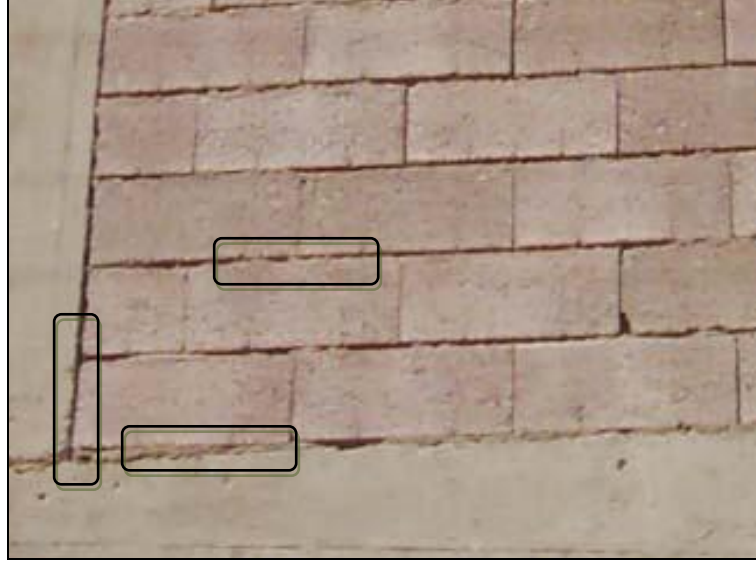
Çimento harçları hidrolitik harçların en iyisidir. Bu harçlarda bulunan çimento ve su miktarları oldukça önemlidir. Gereğinden fazla su harcın direncini azaltır, su yeterli olmadığı zaman ise katılaşma iyi olmaz. Harç yapmak için kullanılacak suyun miktarı kagir duvarda kullanılan yapı malzemenin su emme kabiliyetine göre tayin edilmekte olup, karma suyunda organik maddeler, madensel ve organik yağlar, endüstri artıkları ile kullanılacak bağlayıcıya zararlı olabilecek miktarlardaki mangan bileşikleri, amonyum tuzları ve SO<sub>3</sub> ile lağım suları bulunmamalıdır. Harç yapımı için en uygun su, içilebilecek nitelikteki sudur. Çimento harcında kullanılacak su miktarı önceden hesaplanmalı ve bir defada tamamen homojen duruma gelene kadar karıştırılmış olmalıdır. Harç karışımında suyun donma noktasını düşürecek herhangi bir madde kullanılmamalıdır (Şengün, 2004).

Hafif örgü harçları, gözenekli, tabi veya suni hafif agregalar, çimento ve su ile yapılmış birim ağırlığı 1000 kg/m<sup>3</sup>'den büyük olmayan duvar harcıdır. Değişik suni veya doğal boşluklu agrega türleri, bu tip sıva ve örgü harcı karışımlarında kullanılmaktadır. Bunlar arasında en yaygın olanları; cüruf bims, volkanik tüf, genişmiş perlit, volkanik cüruf, bims ve vermikülit gibi kayaçlardır. Bütün bu doğal agregaların kendine öz karakteristik özellikleri bulunması, hafif harçların özelliklerine doğrudan etki etmektedir. Volkanik tüfler, volkan külü ve volkan tozunun pekişmesiyle oluşan kayaçlar olup, en büyük özelliği içerdikleri silisyum, alüminyum, demir, magnezyum, alkali ve toprak alkali minerallerin oksitlerini, bünyelerinde birbirlerinden ayrılmış kristaller halinde değil de, birbirlerine karışık, ayırt edilemez ve camsı halde tutmalarındadır. (Bekar ve diğ., 2006)

Bims, her geçen gün yeni bir kullanım alanı bulan bir hammaddedir. Pumicite adı verilen ve bazen de volkan külü, volkan tozu olarak adlandırılan ince taneli bimslerin, yüksek puzzolanik aktivite göstermesinin yanında, ısı ve ses yalıtımı sağlayan bir yalıtım malzemesi olması sebebiyle, sıva ve örgü harçlarının yapımında



kullanılmaktadır. Bims agregaları, eleme-ayırıştırma, saflaştırma işlemleri neticesinde granülometrik olarak sınıflandırılır ve ince taneli agregalar hafif harç yapımında kullanılır.



Şekil 3.2 Kolon-Kiriş Ve Duvarlar Oluşan Isı Köprüleri

Örgü harçları, tuğla, gaz beton ve bimsblok gibi yapı elemanlarını hem birbirlerine hem de kolon ve kirişlere bağlayarak yapıda bütünlük sağlayabilmek için kullanılır. Günümüzde bütün dünyanın büyük bir hassasiyetle üzerinde durduğu önemli bir konu olan ısı yalıtımının sağlanabilmesi için, binalarda çeşitli tedbirler alınmaktadır. Ancak gözden kaçırılan önemli bir husus vardır ki; binalarda kolon kiriş ve duvar malzemelerini birleştiren örgü harçlarının yapımında kullanılan normal agregalar binalarda ısı köprülerini oluşturmaktadır. Duvar inşaatında yalıtım özelliği taşıyan duvar blokları kullanılsa bile bunları birbirine bağlayan örgü harcı normal agregadan oluşursa yine ısı kayıpları oluşacaktır. Bunu önlemenin yolu ise beton ve örgü harçların yapımında ısı yalıtımı sağlayacak hafif agregalar kullanmaktır. Örneğin bims (pomza) agregasından üretilen bimsbloklarla duvarları örülen bir binada, yine bims agregalarından üretilen hafif örgü harcı kullanıldığı zaman; aynı orijinli karışımlardan (bims agregası+çimento+su) oluşmaları sebebiyle, adersans, ısı yalıtımı, ses yalıtımı ve mukavemet anlamında büyük avantajlar sağladığı görülür.

Sıvaların çeşitli yapım amaçları arasında ise, bina içinde ve dışında pürüzsüz yüzeyler elde etmek, binayı ve yapı elemanlarını dış etkenlere (soğuk, sıcak, kar,

yağmur gibi iklimsel değişiklikler ile yangın tehlikesi v.b.) karşı korumak, yapıya güzel bir görünüş temin etmek ve diğer malzemeler ile kombinasyon kurmak için mükemmel bir altyapı oluşturmak olarak sıralanabilir. Binalarda hafif sıva harcı kullanıldığı zaman ise, aynı şekilde, aderans, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, rötre çatlağı, mukavemet, binaya gelen yük ve dış etkenlere dayanım konusunda büyük avantajlar sağladığı görülür. Örneğin yalıtım amaçlı hafif yapı elemanı olarak kullanılan bimsbloklarla örülen bir duvarda, ince taneli bimssten üretilen bir sıva kullanıldığında, aynı kökenli malzeme olmaları sebebiyle, duvar tek parça olarak davranış gösterir ve ısı, ses yalıtımına ek katkı sağlar. Sıva (rötre) çatlağı problemi ise ortadan kalkar.

Geçmiş yıllarda yapılan bir çalışmada; bims ve ince malzemesi kullanılarak, kumlu karışımlarla karşılaştırmalı dayanım, yanma, donma ve ısı iletkenlik deneyleri yapılmıştır. Bu deney sonuçlarından bims ince malzemesi kullanılarak yapılan sıvanın;

- Kum ile yapılan sıvaya göre 2 kat fazla basınç dayanımına sahip olduğu,
- Yangından sonra kum sıvaya göre 5 kat fazla basınç dayanımı gösterdiği,
- Dondan sonra kum sıvaya göre 3 kat fazla basınç dayanımına-sahip olduğu,
- Kum sıvaya göre ısı iletkenliği yarı yarıya düşük olduğu ve yaklaşık 3-4 kat ısı ve ses tasarrufu sağladığı saptanmıştır. (Özkan ve diğ., 2001)

Yapılarda su geçirimsizliği sağlamak ve döşemede düzgün bir yüzey elde etmek için şap kullanılmaktadır. Şap betonunda bims agregalarının kullanımı döşemede ses ve ısı yalıtımı avantajlarının yanında, hafifliği sebebiyle binaya getirdiği yük % 50 oranında azalmaktadır. Normal kumun veya çakılın 1/3'ü - 2/3'ü kadar bir yoğunluğa sahip olan bims agregaları bina ölü ağırlığı ve deprem yükleri açısından binaya gelen gereksiz yüklemeleri kaldırmakla birlikte ısı yalıtımında da 4-6 kat daha fazla yalıtım sağlamaktadır.

Yapıştırma(örgü), sıva ve şap harçlarında, bims agregalarının kullanımı, zamandan, işçilikten, çimentodan, demirden ve nakliyeden yani toplam maliyetten % 50 oranında tasarruf sağlarken, yangın, deprem, sağlık, ısı ve ses yalıtımında dolayısıyla

enerji tasarrufunda çok büyük avantajları da beraberinde getirmektedir. Mimari ve statik projeler hazırlanırken bu detaylar göz önüne alınır, insan sağlığı için gerekli konfor koşullarının sağlandığı, ülke ekonomisi ve enerji verimliliği açısından da çok önemli faydaların sağlandığı yapılar meydana gelir.

### **3.1.3 Katkı Malzemesi Olarak Kullanımı**

Beton; kum , çakıl, çimento ve suyun karışımından elde edilen kompozit bir yapı malzemesidir. Beton harcı belirli bir süre karıştırıldığında kalıpta istenilen biçimi alabilecek plastik bir yapı malzemesi elde edilir. Beton karışımlarında suyla etkileşime girerek agregaların birbirine bağlanmasını sağlayan çimentolar, hidrolik bağlayıcı maddeler olup, havada ve suda sertleşerek dayanım kazanırlar. Gerek ekonomik sebepler, gerek betonun özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla, beton karışımlarına değişik katkı maddeleri eklenebilmektedir.

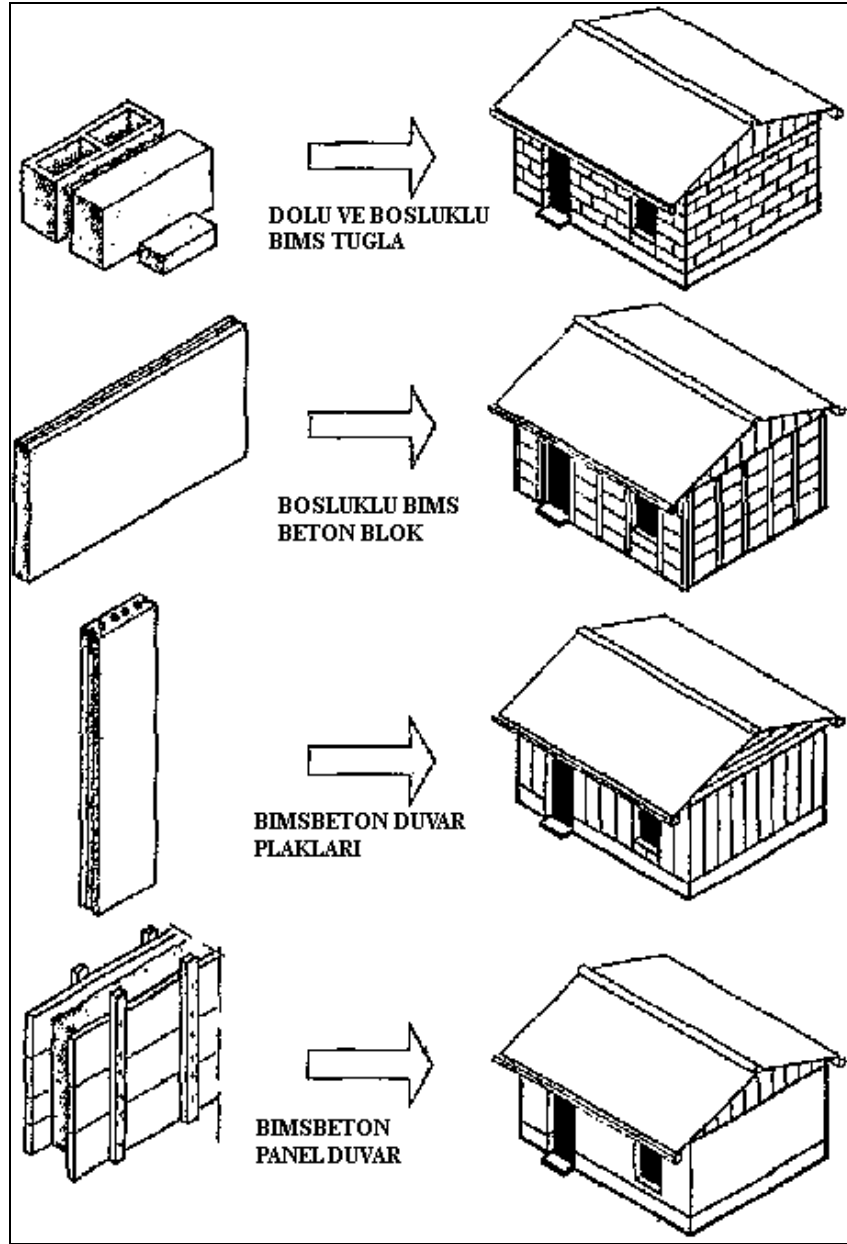
Bims, beton karışımlarında doğal puzzolan olması sebebiyle kullanılabilir. Beton karışımlarında, inceltmiş bims, portland çimentosuyla belirli oranlarda yer değiştirilerek, daha ekonomik beton üretimi mümkün olmaktadır.

Silikon metalinin üretimindeki atık ürün olan silis dumanı da kuvvetli puzzolanik aktivitesi sebebiyle betonda bir katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. (Yazıcıoğlu, ve diğ., 2005)

Yazıcıoğlu ve Demirel (2005) bims ve silis dumanının beton katkı maddesi olarak kullanımını üzerine yaptığı deneysel çalışmada, bimsin katkı maddesi olarak kullanımında, beton dayanımını düşürdüğünü gözlemlemişlerdir. Bu düşme özellikle 3 ve 7 günlük kür yaşlarında biraz daha belirgin iken, 28 günlük kür yaşında kontrol betonuna yaklaşan değerler aldığını gözlemlemişlerdir. Dayanımdaki bu düşme silis dumanının katkı maddesi olarak kullanılmasıyla engellendiğini belirtmişlerdir. Bims katkısına ilaveten, çimento ağırlığının %10'u kadar silis dumanı ilavesinin betonun dayanımının artmasını sağladığını belirtmişlerdir. Bimsin ve silis dumanının betonda katkı maddesi olarak kullanımıyla, doğal kaynaklar değerlendirilebilme, ekonomiye ve çevreye olumlu katkı sağlanabilmektedir.

### 3.2 PREFABRİKASYONDA VE PREKAST YAPI ELEMANLARI ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Bims inşaat sektörünün birçok alanında kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe yapı elemanı olarak kullanımları aşağıda kısaca özetlenmiştir. Ülkemizde, bimsblok duvar blokları bimsin yapı elemanı olarak kullanımında ilk sırayı alırken, prefabrikasyonda ve prekast yapı elemanları üretiminde, hafif panel duvar, asmolen, baca, lento ve peyzaj blokları üretiminde kullanımı da her geçen gün yaygınlaşmaktadır.



Şekil 3.3 Bimsin Yapı Elemanlarında Kullanımı

### **3.2.1 Prefabrik Yapı Elemanları Üretiminde Kullanımı**

Prefabrik yapı elemanı üretimi endüstrisi Avrupa'da ve Amerika'da yıllardır yaygın bir kullanım alanına sahip olmasına karşın ülkemizde yeni gelişen bir sektördür. Bimsten mamul prefabrik yapı elemanlarını 3 temel grupta incelemek mümkündür,

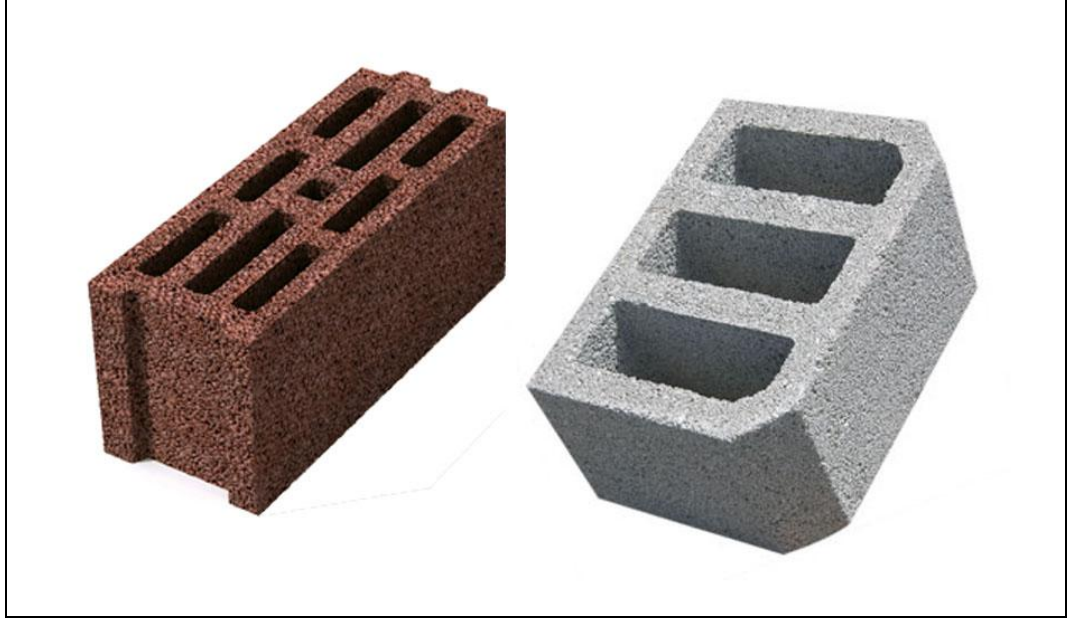
- Yekpare mekanlar (Kabin, büfe, garaj, Wc vs.)
- Entegre bölümlerden oluşan mekanlar (Konut, işyeri, sosyal tesis vs.)
- Panel duvar ve döşeme elemanları.

Bimsin panel duvar üretiminde kullanımı ülkemiz için yeni gelişen bir sektördür. İmalatının hızlı olması sebebiyle, inşaat sektörüne yapım, işçilik ve zamandan avantajlar sağlamaktadır. Yakın gelecekte bimsten mamul hafif panel duvar ve diğer prefabrik yapı elemanları üretiminin önemli bir endüstri dalı olacağı öngörülmektedir. (Gündüz, 2005)

### **3.2.2 Bimsblok Hafif Yapı Elemanları Üretiminde Kullanımı**

Bims agregalarından üretilen hafif yapı elemanları ülkemiz için yeni sayılmakla beraber gelişmiş ülkelerde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Yapılarda, mekan konfor koşulları açısından bims ile üretilen hafif yapı elemanları büyük avantajlar sağlamaktadır. Gözenekli yapısı sayesinde nefes alan sağlıklı mekanlar yaratır. Aynı şekilde, ortam nemini dengelemesi ve iklimlendirme özelliği ile yaşanabilen mekanların oluşturulmasına katkı sağlar.

Bims agregalarından üretilen hafif yapı elemanları, yüzyılı aşkın bir süredir Avrupa'da ve Amerika'da kullanılan, gelenekselleşmiş yapı malzemesi konumundadır. Bims agregalarından üretilen hafif yapı elemanlarının en yaygın olanı bimsbloklardır. Bimsbetondan mamul hafif yapı elemanları, bims agregalarının çimento ve su ilavesi ile basınç altında vibrasyonla sıkıştırılıp kalıplara döküldükten sonra kür edilmesiyle oluşturulan blok şeklindeki yapı elemanlarıdır. Duvar bloğu, asmolen bloğu, peyzaj bloğu, baca ve lento elemanı gibi çeşitli kullanım alanları mevcuttur.



Şekil 3.4 Bimsblok Hafif Yapı Elemanları

#### 3.2.2.1 Bimsblokların Tanımı Ve Sınıflandırılması

Bimsbloklar, bims agregalarının çimento ve su ilavesi ile basınç altında vibrasyonla sıkıştırılıp çeşitli boyut ve geometrideki kalıplara dökülmesi ve herhangi bir pişirme, genişletme vb. bir işlem yapılmaksızın, ürünün doğal priz almasıyla elde edilen hafif yapı elemanlarıdır.

Bimsbetondan mamul hafif yapı elemanlarının kullanımı ve uygulama prensipleri TS EN 771-3 de belirtilmiştir. Bimsbetondan mamul yapı elemanları başlıca iki ayrı kategoride ele alınmaktadır.

1. Teçhizatlı bimsbeton yapı elemanları
2. Teçhizatsız bimsbeton yapı elemanları

#### Teçhizatlı bimsbeton yapı elemanları

- Kapı ve pencere lentoları
- Döşeme plakları
- Çatı plakları
- Düşey duvar elemanları
- Yatay duvar elemanları

### Teçhizatsız bimsbeton yapı elemanları

- Boşluklu duvar blokları
- Boşlukları dolgulu duvar blokları
- Dolu duvar blokları
- Özel yarıklı dolu duvar blokları
- Asmolen bloklar

Bimsbetondan mamul hafif yapı elemanlarının, dünyanın birçok ülkesinde standardize edilmiş ve yaygın olarak kullanımındaki şekil ve geometrik formları, ülkemizden oldukça farklı bir durum sergilemektedir. Gündüz (2005) bimsbetondan mamul hafif yapı elemanlarını şu şekilde gruplandırmıştır;

1. Tuğla Bimsbloklar
  - Dolu Bims Tuğla
  - Boşluklu Bims Tuğla
  - Özel Amaçlı Bims Tuğla
2. Boşluklu Bimsbloklar
  - Dikdörtgen Sıra Boşluklu Bimsblok
  - Daire/Oval Sıra Boşluklu Bimsblok
  - Karma Sıra Boşluklu Bimsblok
3. Boşlukları Dolgulu Bimsbloklar
  - Boşlukları Dolgulu Bimsbloklar
  - Sandviç Bimsblok
  - Dolgusu Kesintisiz Bimsblok
4. Özel Yarıklı Bimsblok
5. Dolu Bimsblok
  - Dolu Duvar Bimsblok
  - Açılı Köşe Örgüsü Bimsblok
  - L Tipi Köşe Örgüsü Bimsblok
6. U Tipi Bimsblok
  - Normal U Tipi Bimsblok

- İçten Yalıtımlı U Tipi Bimsblok
- Güçlendirilmiş U Tipi Bimsblok
- 7. Yanak Kaplamalı Bimsblok
- 8. Peyzaj Bimsbloklar
  - Halka Şekli Bimsblok
  - Yarım Halka Şekli Bimsblok
- 9. Döşeme Levhası Bimsbloklar
  - Taban Döşeme Levhası Bimsblok
  - Tavan Ve Çatı Döşeme Levhası Bimsblok
  - Yalıtım Levhası Bimsblok
- 10. Donatısız Lento Bimsbloklar
  - Düz Lento Bimsblok
  - Kemer Lento Bims Blok
- 11. Asmolen Bimsbloklar
  - Düz Asmolen Bimsblok
  - Normal Tavan Asmolen Blok
  - Filigran Asmolen Blok

### 3.2.2.2 *Bims Bimsblokların Özellikleri ve Diğer Yapı Elemanlarıyla Mukayesesi*

Bims agregasının fiziksel, kimyasal ve yapısal özellikleri bimsbloklarda kaliteyi belirleyen unsurların başında gelmektedir. Üretim teknolojisi, saflaştırma yöntemleri, agrega granülometrisi, karışım oranları, agregaların nem oranları, su/çimento oranı, çimento çeşidi gibi etkenler bimsblokların basınç dayanımı, ısı ve ses yalıtımı, birim ağırlık dolayısıyla da blok ağırlığı gibi özelliklerini belirleyen başlıca unsurlardır.

Bims agregalarından üretilen bir bloğun kalite tanımlaması aşağıdaki parametreler ışığında değerlendirilebilmektedir: (Gündüz v.d., 2005)

1. Basınç/kesme yük dayanımı,
2. Kuru birim hacim ağırlık değeri,
3. Gerilme birim şekil değiştirme ilişkisi,
4. Çekme dayanımı ve çatlak gelişim mekanizması,



5. Rutubet genişmesi, kuruma büzülmesi,
6. İçyapı matris bağ özellikleri,
7. Kayma bağ dayanımı,
8. Kapiler su emme özelliği,
9. Değişken çevre koşullarına dayanım,
10. Isıl davranış özelliği ve ısı yalıtımı,
11. Akustik etkiler ve ses yalıtımı,
12. Ateşe-yangına dayanım.

İnşaat sektöründe kullanılan malzemenin hafifliği, yapı statiği ve dinamiği açısından oldukça önemli olmakla beraber, bu hafifliği sağlayacak yapı bileşenlerinin standartlara uygun ve istenilen teknik değerlerde olması da oldukça önemlidir. İnşaat, temini ve uygulanabilirliği kolay, ekonomik, atmosferik ortam koşullarında bozulmaya uğramayan, mekan konfor koşullarını sağlayabilen yapı elemanı ve bileşeni olarak kullanılacak malzeme arayışları her geçen gün önemini artırmaktadır. Bims ve bimssten elde edilen hafif yapı elemanlarının inşaatı sağladığı avantajların yanı sıra, sahip olduğu rezerv potansiyeli bakımından ülke ekonomisi için de oldukça önemlidir.

Bimsblokların başlıca avantajları ve diğer yapı elemanları ile mukayesesi şu şekilde özetlenebilir;

1. Bims yapı elemanları üretiminde doğal agrega, çimento ve su haricinde yabancı bir madde eklenmediği için doğaldır. Doğal olmayan yapı malzemesinde kullanılan kimyasallar, güneş ve diğer kaynaklardan gelen zararlı etkiler insan sağlığını olumsuz etkilemektedir ve hastalıklara yol açmaktadır. Gözenekli yapısı sayesinde bims yapı elemanları ile inşa edilen yapılar nefes alır, doğal havalandırma sağlar ve sağlıklı mekanlar yaratır. Nasıl bir insanın derisinde bulunan gözeneklerle solunum sağlaması hayati bir öneme sahipse binalarında nefes alan elemanlarla oluşturulması o kadar önemlidir. Bims yapı elemanları gözenekli ve doğal yapısından ötürü nefes alan, sağlıklı ve koku yapmayan ortamlar oluşturmaktadır.

2. Bims agregalarından üretilen yapı elamanları, birim ağırlıklarının düşük olması ve gözenekli bir yapıya sahip olması sebebiyle, ısı denetimini ve ısısal konforu sağlayacak kompozisyona sahiplerdir. Homojen dağılmış küçük gözenekli bir yapı malzemesinin ısı iletkenliği, düzensiz dağılmış büyük gözenekli bir yapı malzemesine oranla daha küçüktür. Eleme-ayırıştırma işlemleriyle boyutlandırılarak üretilen bims yapı elamanlarının ısı iletkenlik özelliği düşük olmaktadır. Düşük ısı iletkenliğine bağlı olarak, yüksek ısı yalıtımı ve bunun sonucunda da daha az yakıt, daha büyük pencere ve daha ince duvar olanağı sağlamaktadır.

Dolgu duvar elemanlarının ısı iletkenlik hesap değerlerinin karşılaştırması aşağıda verilmiştir. (Köse ve diğ., 1997)

- Tuğla duvarların yoğunluğu 1200-2200 kg/m<sup>3</sup> arasında değişirken,  $\lambda_h=0,39-1,03$  kcal/mh°C olmaktadır.
  - Gaz betonla örülen duvarlar için yoğunluk 400-800 kg/m<sup>3</sup> arasında değişirken,  $\lambda_h=0,17-0,25$  kcal/mh°C olmaktadır.
  - Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarda yoğunluk 500-800 kg/m<sup>3</sup> iken,  $\lambda_h=0,22-0,30$  kcal/mh°C olmaktadır.
  - Boşluklu briketlerde yoğunluk 500-1400 kg/m<sup>3</sup> arasında iken,  $\lambda_h=0,25-0,63$  kcal/mh°C olmaktadır
  - Doğal bimsle yapılmış bloklarda ise yoğunluk 500-800 kg/m<sup>3</sup> iken,  $\lambda_h=0,16-0,24$  kcal/mh°C arasında değişmektedir.
3. Günümüz koşullarında gürültü kirliliğinin giderek artması, yaşanan mekanlarda akustik konforun önemini gündeme getirmektedir. Yapılarda akustik konforun sağlanması, kullanılan yapı elemanı ve bileşeni malzemenin karakteristik akustik özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. İyi bir ses yutumu, pürüzlü ve gözenekli yüzeyli malzemeler ile elde edilir. Gözenekli yapıları sebebiyle, bims agregaları ile elde edilen yapı elamanlarının ses yutuculuğu yüksektir. Ayrıca Avrupa ülkelerinin birçoğunda akustik konforun oldukça önemli olduğu konser salonlarında, konferans salonlarında ve dini

mekanlarda bims yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde de Ayasofya'nın kubbesinde bims kullanıldığı bilinmektedir.

4. Bünyesinde yüksek miktarda su buharı bulundurabilme, böylece nemlenmeme ve rutubetlenmeme özelliklerine sahiptir. Birçok inşaat malzemesinden farklı olarak kapilaritesiyle su emmeyi, difüzyon yoluyla bünyesinde su toplamaktadır. Hacim içerisinde nem miktarının, bağıl nem miktarının altına düşmesi durumunda, her bir gözenekteki su buharı hacim içerisine geri verilir. Bu sebeple bims yapı elemanları, ortam nemini dengeleme ve iklimlendirme özelliğine sahiptir. Bimsbloкта difüzyon olayı, yapı hacimlerinin kış aylarında ısıtılmasıyla meydana gelmektedir. Su buharı difüzyonuna karşı direnç katsayısı 2-4 arasındadır. Buhar geçirgenlik direnci ( $\mu$ ) malzemenin, aynı kalınlıktaki hava tabakasına oranla kaç kat daha buhar geçirimsiz olduğunu gösteren bir katsayıdır. Bu değer gaz betonda 5-10, tuğla duvarda 10, artı plastik köpük kullanılmasında ise 25-4 olmaktadır. Sonuç olarak; bims yapı elemanlarıyla yapılan bir bina ıslanınca daha çabuk kururken diğer yapay gözenekli malzemeler bazen birkaç yıl nemli kalabilmektedir. Bu yüzden, bimsbloklarda, diğer ürünlerde görülen duvarlardaki terleme ve dolap arkalarındaki küf oluşumlarıyla karşılaşılmamaktadır. (Köse ve diğ., 1997)

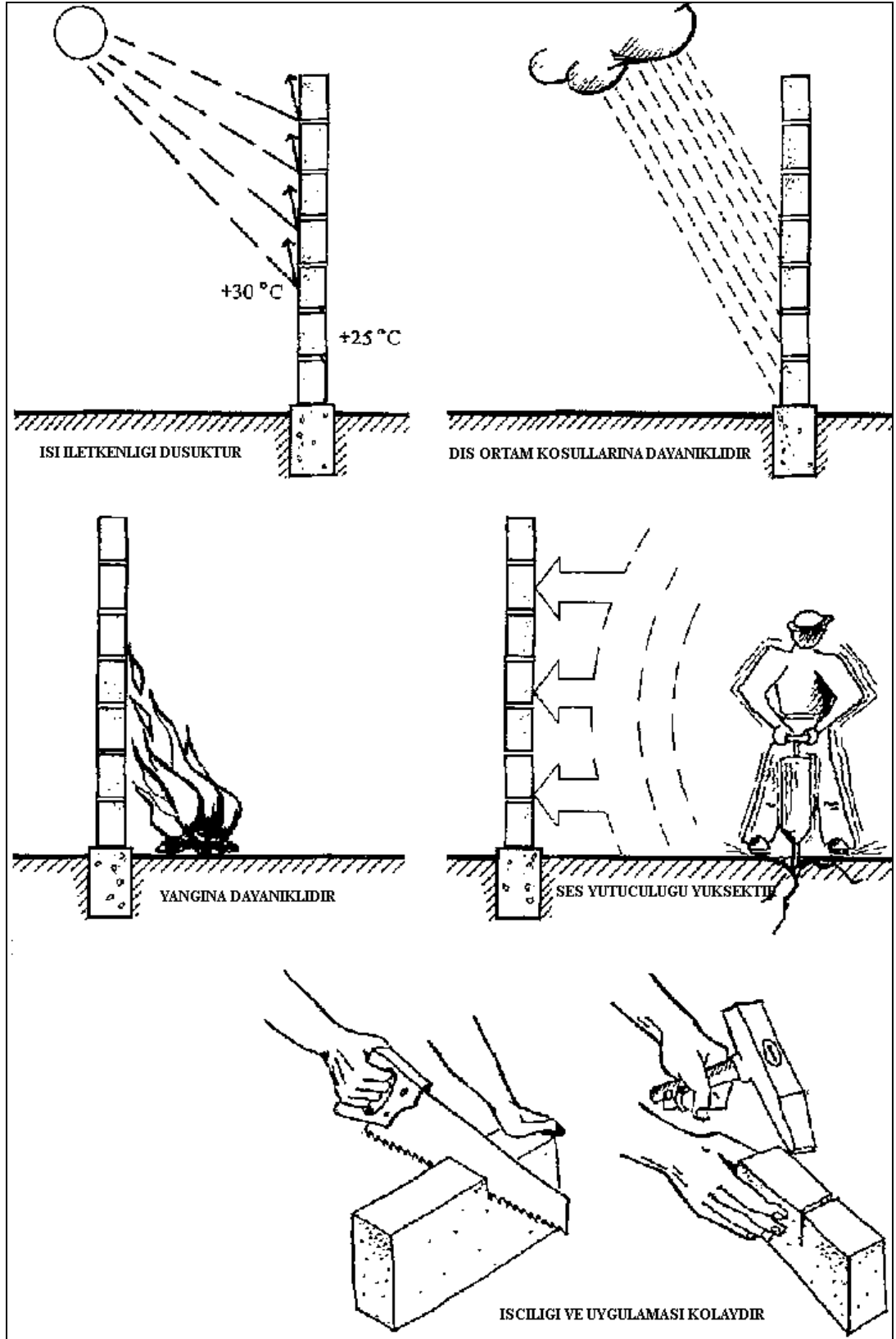
Çizelge 3 Yapı Malzemelerinin Su Emme Katsayıları (kg/m<sup>2</sup>, h)

Malzeme	Su Emme Katsayısı
Tuğla	9-30
Kireç Kumtaşı	4.2-8.4
Gaz beton	2.4-7.2
Kireç Harçlı Sıva	2.1-4.2
Normal Sıva	2.1-3.0
Bimsbeton	1.8-2.4

5. Bimsin diğerk önemli bir özelliği de hafifliğidir. Bims agregası aynı hacimdeki kumun ve çakılın 1/3-2/3'ü kadar bir ağırlığa sahip olduğu için bims ile yapılan betonlar daha hafiftir. İnşaatta kullanılan malzemenin hafif olması, bina ölü ağırlığını azaltacağı için, statik açılarından titreşimlere ve şok darbelere karşı daha duyarlı olmasını sağlamaktadır. Bimsten üretilen yapı elemanları, gözenekli yapısı ve yüksek elastikiyet modülü sayesinde şokları, kırılma ve çatlamaya uğramadan daha kolay soğurabilmekte ve deprem dayanımında avantaj sağlamaktadır.
6. Bimsbeton yapı elamanları, sektördeki en ekonomik hafif yapı elemanlarından biridir. Bitmiş bina ağırlıkları göz önünde bulundurulduğunda, diğerk yapı elamanlarıyla yapılan duvarlara nazaran daha hafif olması ve üretim teknolojisinin sağladığı imkanlarla, milimetrik hassasiyette, düzgün yüzeyli ve düzgün kenarlı yapı elemanları olmaları sebebiyle, işçilikten, sıvadan, zamandan ve nakliyeden, dolayısıyla toplam maliyetten büyük tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca zemin mekaniği açısından da temele iletilen yük azalacağından, inşaat demirinden %17-30 oranında bir tasarruf sağlamaktadır (Köse ve diğ., 2001).
7. Bazı yapı elemanları bünyelerinde bulunan kristal suyu nedeniyle yangına karşı dayanıksız olmaktadır. Yanma esnasında meydana gelen yüksek ısıdan dolayı, yapısal bozulmalar, hacimsel değişiklikler ve parçalanmalar meydana gelmektedir. Bimsbloklar yangına son derece dayanıklıdır. Yüksek yanma ısısında, alev almama, şekil ve boyut kaybetmeme ve duman çıkarmama özelliğine sahiptir. Erime sıcaklığı yüksektir ( > 970 °C) ve çevreye zararlı herhangi bir gaz çıkartmamaktadır.
8. Bimsbloklar gözenekli yapısı ve doğal çimento hammaddesi puzzolana sahip olması nedeniyle yüksek sıva tutuculuğa sahiptir. Bimsblok yapı elemanları bims agregası, çimento ve su karışımından oluşmaktadır. Aynı şekilde örgü, sıva ve şap harcı da, ince agrega, çimento ve su karışımından oluşmaktadır. Dolayısıyla, aynı kökenli malzeme olmaları sebebiyle, aderansları çok yüksektir ve yapıda ısı köprülerini engellemektedir. Ayrıca örgü, sıva ve şap harcında da bims kullanımıyla yapıya ek ısı yalıtımı sağlamaktadır. Diğerk

yapı elemanlarıyla yapılan duvarlarda kaba ve ince sıvaya ihtiyaç duyulurken, bimsbloklar pürüzlü yüzeyleri sayesinde tek kat sıva ile çözümlenebilmektedir. İç duvarlar doğrudan alçı sıva ile sıvanabilmektedir. Ürünlerin düzgün yüzeyli ve dekoratif görünümlü olmasından dolayı sıva yapmadan duvar yapılması da mümkün olabilmektedir.

9. Bimsbloklar, tamamen doğal malzeme oluşu ve üretimde herhangi bir kimyasal teknik kesinlikle kullanılmaması sebebiyle çevreye zararsızdır ve herhangi bir atık söz konusu değildir. Tam aksine bims ocağı tekrar doğaya bırakıldığı zaman en verimli tarım arazilerine dönüşmektedir. Ayrıca içme sularının arıtılmasında bims kullanılmakta olup doğal bir filtre görevi yapmaktadır. Üretim esnasında işçi sağlığı bakımından herhangi bir tehlike arz etmemektedir.
10. Yapı biyolojisi ve insan sağlığı açısından, yapı bileşenlerinin doğal, insan sağlığına zararsız ve enerji tasarrufu sağlayan malzemelerden oluşması istenmektedir. Doğal olmayan yapı malzemelerinde kullanılan kimyevi maddeler, insan sağlığını olumsuz etkilemekte ve bazı hastalıklara yol açmaktadır. Yer altı manyetizmasının yayımladığı elektromanyetik dalgaların ise insan sağlığına olumsuz etkilere yol açtığı bilimsel bir gerçektir. Bimsbloklar elektromanyetik dalgalara karşı yalıtım sağlayarak, insanlara stresten uzak doğal mekanlar oluşturmaktadır. Ayrıca güneş ve diğer kaynaklardan gelen ultraviyole ve radyasyonik zararlı ışınlar bilindiği gibi atmosferin iyonesfer tabakasında tutulmaktadır. Bu tabakanın, gelişen teknoloji ile beraber flor gazının yaygın kullanımı neticesinde tahribata uğrayarak incelendiği ve süzme görevini tam olarak yapamadığı bilinmektedir. Bu zararlı ışınlar başta cilt olmak üzere pek çok kanser vakasına yol açmaktadır. Bu zararlı ışınların etkisini en aza indirmenin bir yolu da yaşadığımız mekanların inşasında doğru malzeme kullanmaktır. Gerek hafif beton uygulamalarında, gerek yapı elemanları gerekse sıva yapımı ile ilgili çalışmalar Avrupa'da yapılmakta olup, olumlu gelişmeler kaydedilmiştir. Radyasyonu geçirmeyen iki madde; kurşun ve barit olarak bilinmektedir. Ancak, bir üçüncü madde olma yolunda olan malzeme ise bimsdir.



Şekil 3.5 Bimsin Yapı Elemanlarının, Yapıda Kullanımının Sağladığı Avantajlar

### 3.2.2.3 *Bimsblok Ürün Geometrisi Ve Etkileri*

Isı akışı farklı sıcaklıklara sahip ortamlarda sıcaktan soğuğa doğru geçerek termodinamik bir denge oluşturma eğilimindedir. Yapı elemanlarının eldesinde kullanılan malzemeler, ısı iletkenlik özelliğine ve kalınlığına bağlı olarak, bu ısı transferine direnç gösterirler.

Bimsblok yapı elemanlarının ısı iletkenlik değeri, elde edildiği bimsbeton karışımının ısı iletkenlik özelliğinin yanı sıra ürün geometrisine bağlı olarak değişim göstermektedir. Aynı bimsbeton karışımından üretilmiş farklı ürün geometrisindeki bimsbloklar, sıra boşluk sayısına, boyutlarına ve her bir sıranın et kalınlığına bağlı olarak farklı ısı iletkenlik özelliğine sahip olmaktadır. Gündüz ve arkadaşları yaptıkları deneysel bir çalışmada aşağıdaki verileri elde etmişlerdir;

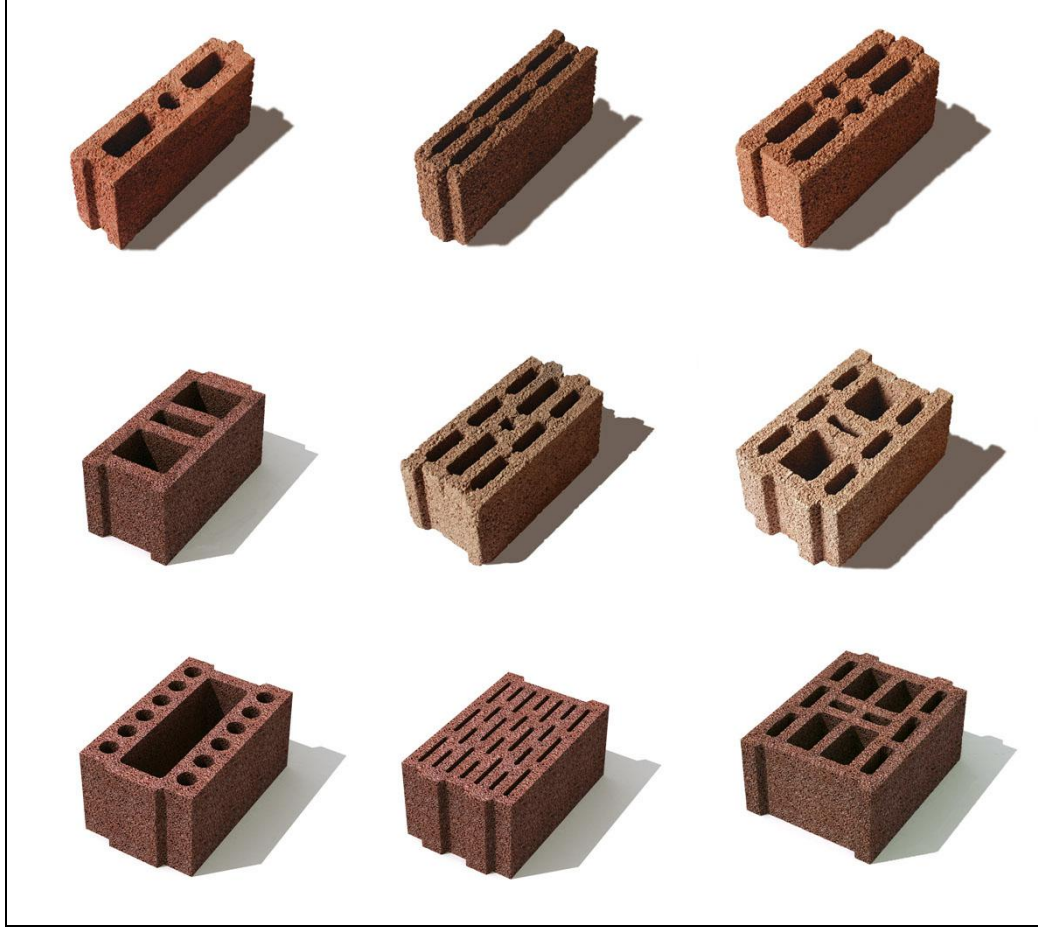
Çizelge 3.1 Bimsblok eşdeğer ısı iletkenlik değerleri

Sıra boşluk sayısı	Bir sıra boşluklu duvar bloğu	İki sıra boşluklu duvar bloğu	Üç sıra boşluklu duvar bloğu
Isı iletkenlik değeri( $\lambda$ ), W/mK	0,241	0,181	0,154

Ayrıca bimsbloklarda, ürünün şekil, boyut ve geometrisi doğrudan elemanın dayanım ve elastite özellikleri ile de ilişkilidir. Gündüz bu ilişkileri aşağıdaki başlıklar altında ele almıştır;

- Blok geometrisi ve dayanım ilişkisi
- Blok geometrisi-malzeme bileşenleri ve blok ağırlık ilişkisi
- Blok geometrisi-malzeme oranı ve blok dayanım ilişkisi

Bimsbloğun sıra boşluk adedi arttıkça, bloğun doluluk oranı da artmakta ve bir bloğun döküm kalıbına daha fazla harç girmektedir. Buna bağlı olarak, blok birim ağırlığı blok doluluk oranı nispetinde artmakta ve daha yüksek mukavemette blok elde edilebilmektedir. (Gündüz ve diğ., 2005)



Şekil 3.6 Farklı Ürün Geometrisindeki Bimsbloklardan Bazıları

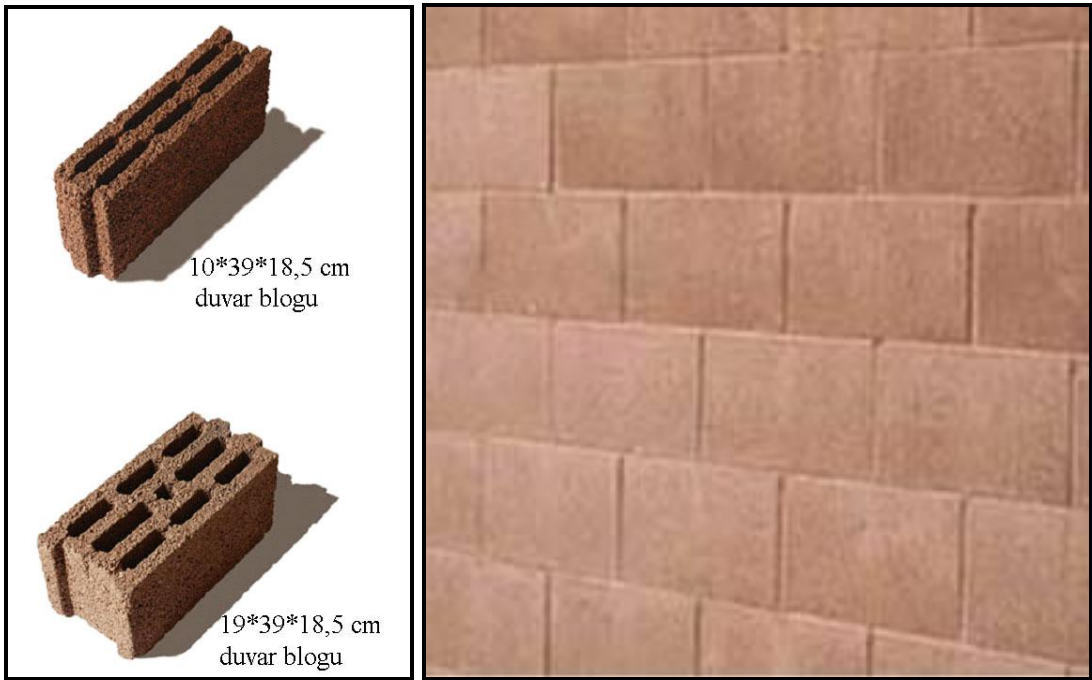
#### 3.2.2.4 Bimsblokların Kullanım Alanları

Dolu ve boşluklu olmak üzere birçok farklı ürün geometrisinde üretilen bimsblokların kullanım alanları da oldukça geniştir. Duvar blokları başta olmak üzere, asmolen bloklar, baca elemanları, lentolar, peyzaj blokları, parke ve kilit taşı blokları gibi bimsblok ürün çeşitleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım yeri ve amacına göre hazırlanan bimsbeton karışımlarının, belirli bir basınç altında, istenilen kalıplara dökülmesi ve sonrada kür edilmesi suretiyle bimsblok hafif yapı elemanları üretilmektedir. Aşağıdaki bölümlerde kullanım alanları detaylı olarak ele alınmaktadır.



### Bims Duvar Bloğu Olarak Kullanımı

Bims duvar bloklarının kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde Akdeniz bölgesinde, kıyı şeridinde, otellerde ve büyük ölçekli projelerde özellikle tercih edilmektedir. İç bölgelerde konutlarda, okul yapılarında, hastanelerde ve diğer inşaatlarda kullanımı giderek artmaktadır. Ancak bu bölgeler için yeterli boyutlarda bir kullanıma henüz ulaşılammıştır. Otel ve diğer büyük ölçekli projelerde bims duvar bloğunun tercih edilmesinin başlıca nedenleri, ekonomik olması, ısı ve ses yalıtımı sağlaması, işçilik ve zamandan tasarruf sağlaması olarak sıralanabilir.



Şekil 3.7 Bimsblokların Duvarda Uygulaması

Geçmeli bims duvar bloklarıyla örülen duvarda düşeyde harç kullanıma gerek olmadığı için zamandan, işçilikten ve maliyetten tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca blokların geçmeli olması sayesinde milimetrik hassasiyette düzgün duvarlar örülebilmekte ve sıvada da büyük avantajları beraberinde getirmektedir. Düşük ısı iletkenliğine bağlı olarak, yüksek ısı yalıtımı ve bunun sonucunda da daha az yakıt, daha büyük pencere ve daha ince duvar olanağı sağlaması sebebiyle, mimariye de katkı sağlamaktadır. Örneğin geleneksel tuğla ile örülen bir sandviç duvar uygulamasıyla bimsblok ile örülen bir duvar mukayese edildiğinde zamandan, işçilikten, maliyetten ve enerjiden % 50 oranında tasarruf sağlandığı görülür. Yine

Isparta’da yapılan bir çalışmada aynı yerde, aynı yönde, inşa edilen iki bloklu bir toplu konut projesinde, blokların birinde tuğla diğesinde bimsblok kullanılmıştır. Tuğla ile inşa edilen konut bloğu 4,5 ton yakıt harcarken, aynı şartlarda bimsblok ile inşa edilen toplu konut bloğu 2,5 ton yakıt harcamıştır. Enerji korunumunun her geçen gün daha da önemli oldu günümüzde, ısı yalıtım özelliği yüksek yapı bileşenlerinin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Yine aynı konutlarda bimsblokla inşa edilen toplu konut bloğunda, tuğla ile inşa edilen bloğa göre %50 oranında ses yalıtımında da avantaj sağladığı tespit edilmiştir. Teknolojinin ve çarpık kentleşmenin bir sonucu olarak oluşan gürültü kirliliği insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Yaşanılan mekanlarda ses denetimi gerekliliği ruh sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Yine bir diğ önemli konu ise, yapı bileşenlerinde, doğal, insan sağlığına ve çevreye zararsız yapı malzemesi kullanımı gerekliliğidir. Bimsblokların duvarda kullanılması ile nefes alan sağlıklı mekanlar oluşur. Gözenekli yapısı sayesinde yaşanılan mekanlarda ortam neminin dengelenmesini sağlar. Bims duvar blokları gözenekli yapısı ve yüksek elastikiyet modülü sayesinde şokları, kırılma ve çatlamaya uğramadan daha kolay soğurabilmekte ve deprem dayanımında da önemli avantajlar sağlamaktadır. Bims duvar bloklarının inşaatlarda kullanımının yaygınlaşması, ülke ekonomisi, enerji verimliliği ve sürdürülebilir kalkınma açısından da büyük önem taşımaktadır.

#### *Asmolen döşeme malzemesi olarak kullanımı*

İlerleyen yapım teknolojileri ve mimari gereksinimler yapılarda plak döşemelerin yerini alternatiflerine bırakmaya başlamıştır. Plak döşemeye göre daha büyük açıklıkların geçilebilmesi için nervürlü ve kaset döşemeler kullanılabilir. Birbirine paralel, aynı boyutlu, kesiti normal kirişlere nazaran daha küçük olan kirişlerin, oldukça sık (40~70 cm) yerleştirilmesi ve üzerine ince (5~7 cm) bir plak dökülmesi sonucu dişli döşeme oluşturulur. Diş genişliği genellikle 10~15 cm, yüksekliği 25-37 cm civarında olmaktadır. Nervürlü döşemelerin boşluklarının hafif bir dolgu malzemesi ile doldurulması sonucu asmolen döşeme oluşur. Plağın alt kısmındaki dişler arası asmolenler ile doldurulur. Dolgu malzemesinin taşıyıcı özelliği yoktur. Ancak yapıya yüksek ısı ve ses yalıtımı kazandırır. Ayrıca asmolen döşeme alttan bakıldığında düzgün bir tavan görünümünün oluşmasını sağlar.



Şekil 3.8 Bimsten Mamul Asmolen Blok

Nervür kirişlerinin arasına dolgu yapılmaması durumunda kalıp masrafı, sıva ve işçilik yüksek olur. Alttan bakıldığında dişler gözüktür. Dolgu yapıldığında dişleri oluşturmak için özel kalıba gerek kalmaz. Asmolenler düz kalıp platformu üzerine dişlerin yerleri bos kalacak şekilde dizilir. Dişlerin donatıları bu boşluklara yerleştirilir. İnce plak için gerekli donatılar da yerleştirildikten sonra beton dökülür. Alt kalıp platformu söküldüğünde, dişler ve asmolenler düz bir tavan görünümü oluşturur. Dişler genellikle bir doğrultuda düzenlenir. Döşeme açıklığının çok büyük olması ve/veya yüklerin çok ağır olduğu (kütüphane gibi) yerlerde iki doğrultuda düzenlenebilir. Asmolen döşemenin avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Bimsten üretilen asmolen bloklarla yapılan döşemede, yüksek ısı ve ses yalıtımı sağlanır.
- Asmolen döşemede, düz bir tavan görüntüsü ile mimari ve estetik açıdan avantaj sağlanır.
- Asmolen döşemenin kalıp maliyeti düşüktür ve ekonomiklik sağlar. Asmolen kullanılmaması durumunda kalıp, sıva ve işçilik maliyeti çok yüksek olur.
- Büyük açıklıklı, ağır yük taşıyan döşeme yapılabilir (8~10 m). Döşemede boşluk oluşturmak, döşeme üzerindeki tekil ve duvar yüklerini taşımak kolaydır.



Şekil 3.9 Asmolen Döşemeden Bir Görünüm

#### Baca elemanı olarak kullanımı

Doğal gaz kullanımının ülkemizde giderek yaygınlaşmasına paralel olarak beraberinde yeni bir üretim alanı da gelişmektedir. Bu alan, doğal gaz baca elemanları üretimidir. Doğal gaz kullanılan konutların bacaları, geleneksel baca kullanımından farklı olup, hafif ve yalıtım özelliği olan malzemelerden imal edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, bims agregalı baca elemanı imalatı gündeme gelmektedir. Bims agregalı baca elemanı üretimi yapan küçük ve orta ölçekli imalathanelerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. (Gündüz, 2005)

#### Lento elemanı üretiminde kullanımı

Duvar imalatında önemli elemanlardan biri de lento kullanımımızdır. Ülkemizde lentolar, genellikle geleneksel betondan, donatılı ya da seyrek donatılı olarak yapılmaktadır. Ancak, bu elemanların yüksek birim ağırlıkları nedeniyle, uygulama alanında işçiliği zor ve kullanımı pratik olmaktan uzaktır. Ayrıca, duvarda ısı köprüsü oluşturmakta, lento yüzeylerinde nem yoğunlaşmaları da meydana gelebilmektedir. Yapılan ARGE çalışmaları bims agregalı hafif betondan, 1,7 metreye kadar donatısız ve 3 metreye kadar seyrek donatılı lento imalatının mümkün olduğunu göstermektedir.

### Peyzaj bloklarında kullanımı

Çevre düzenlemesi ile özellikle gürültü kirliliği olan dış ortamların ön planda tutulduğu durumlarda, bims agregalı peyzaj bloklarının önemi gündeme gelmektedir. Özellikle Almanya başta olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde, otoban kenarları, havaalanları çevresi, park ve bahçe düzenlemelerinde bims agregalı peyzaj bloklarının kullanımı oldukça yaygındır. Halka bloklar şeklinde üretilen ve herhangi bir harca gereksinim duyulmaksızın duvar/şev örgüsü yapılabilen bu blokların, ülkemizde üretimi çok kısıtlı olup buna bağlı olarak kullanımı da yok denecek kadar azdır. Peyzaj blokları ekonomik getirisi yüksek, uygulaması son derece kolay, çevre düzenlemesi açısından estetik ürünlerdir.



Şekil 3.10 Peyzaj Bimsblokların Genel Görünümleri.

Günümüz teknolojisinde, hafif doğal agregaların farklı endüstri alanlarında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bunlar arasında özellikle bims agregalarından üretilen peyzaj blok elemanlarının kullanımları yeni bir sektörel alanı oluşturmaktadır. Peyzaj düzenlemelerinde kullanılan bims blokları, tamamen bitki ile örtülmüş bir duvarın oluşturulmasına da imkan tanımaktadır. Duvarda açık bir yeşillendirme sistemi, asma

şekilli bahçe peyzajı, bir manzara, akustik bariyer, şev stabilizasyonu için uygun bir ortam ve istinat duvarlarının oluşumunu da sağlamaktadır. Bu nedenle bims agregaların ve bimsbetondan üretilen peyzaj blokların önemi giderek artmaktadır.



Şekil 3.11 Bimsblokların Çevre Düzenlemesinde Kullanımı

Çağdaş yaşamın ve toplumsallaşmanın yoğun olduğu günümüz şartları, yaşadığımız şehirlerin, konutların, mekânların estetik ve görsel önemini giderek daha ön plana çıkarmaktadır. İnsanoğlunun kendini doğal ve yeşil bir ortamda daha iyi hissettiği bilinen bir gerçektir. Güzel bir çevre insan psikolojisi, ruh sağlığı ve bunun yanında beden sağlığı üzerinde çok olumlu rol oynar. Özellikle büyük şehirlerde yaşayanlar için iyi tasarlanmış bir bahçe, oturlan konutun peyzajı ve kentsel peyzajdaki estetik ve doğallık, günün bütün stresini ve yorgunluğunu atmak için oldukça önemlidir.



Şekil 3.12 Peyzaj Blokların Çevre Düzenlemesinde Kullanımı

Günümüz binalarına bakıldığında, genellikle çevre düzenlemesi ya yapılmamakta ya da insanoğlunun ihtiyaç duyduğu estetik ve doğallık işlenmeden, arzu edilen peyzaj düzenlemesinin yeterince yapılmadığını görebilmekteyiz. Oysaki insan yaşamı için doğallığın daha da önem kazandığı günümüzde, oturduğumuz, yaşadığımız veya

gezinti yaptığımız tüm mekânların, doğal bir ortamı andırması ve doğallığın korunmasına özen gösterilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Bu bakımdan, doğal ortamı oluşturmak, yaşatmak ve yeşil bir ortam ile iç içe olabilmek amacıyla, hafif betonlar ile üretilen peyzaj amaçlı blokların kentsel peyzaj mimarisinde ve özellikle konut ve bahçe peyzajında kullanımı gelişmiş ülkelerde çok yaygındır. Bu tarz blokların kullanımı üzerine, ayrı bir sektörel gelişimi de görebilmek mümkündür (Gündüz, 2005).



Şekil 3.13 Peyzaj Blokların Çevre Düzenlemesinde Kullanımı

Peyzaj, sözlük anlamı itibariyle manzara diye tanımlanmakta olup, bireyin görsel alanı içine giren en ön plandan en arka plana kadar tüm görüntüler, anlatımlar manasına da gelmektedir. Diğer bir anlatımla; bitki örtüsünü, diğer doğal ya da insan yapımı öğeleri düzenleyerek doğal peyzajı insanların kullanması amacıyla başkalaştırma sanatı ve işine, peyzaj denilmektedir. Bu anlamda, peyzaj mimarlığı gelişmekte ve peyzaj türlerinin kentsel, kırsal, doğal, kıyı peyzajı gibi farklı özellikler gösteren kategorik çeşitlemelere sahip olduğu görülmektedir.

Toplu konut, site ve müstakil ev bahçelerinde geniş açık çim alanlar ile kenar bölgelerde düzenlenen bitkisel düzenlemeler; hem yaşanabilir ferah alanlar yaratırken hem de doğa ile yapılar arasında bütünleşmeyi sağlar. Bahçe peyzajında, belirli köşelerine yapılan özel çeşitli görünümlere sahip doğal kayalardan oluşturulmuş figüratif elemanlar, çeşitli bitkiler ile bir arada kullanılarak bahçe içinde özel minyatür bahçeler oluşturularak ayrı bir görsellik ve doğallık oluşturulabilir. Teras düzenlemeleri, yapıların soğuk görünümlerine sıcaklık katar

hem de yeşilin az olduğu şehirlerde insanlara nefes alacak ortamlar yaratır. Bu açıdan, teras düzenlenmesi amacıyla da hafif beton ile üretilen peyzaj blokları, doğal kayaç ortamı ile yeşili bütünleştiren ve yaşanabilir mekânların oluşturulmasına olanak sağlayan temel elemanlar arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, bahçe aksesuarları bahçede hem doğallığı artırır hem de bahçelere görsel zenginlik katar. Bahçelere dikilecek mevsimlik çiçekler güzel, değişik ve estetik görünümler oluşturur.



Şekil 3.14 Peyzaj Blokların Çevre Düzenlemesinde Kullanımı



Şekil 3.15 Bimsbeton Elemanların Peyzajda Kullanımı

Hafif betonlar ile üretilen peyzaj amaçlı blokların kentsel çevre düzenlemesi ve peyzaj mimarisinde kullanımı ile doğal görünümlü estetik yüzeyler elde edilirken,



bahçelerde hem dinlendirici bir işlev oluşturulmakta, hem de dış ortamlardan gelebilecek gürültünün absorbe edilmesine de önemli katkıda bulunmaktadır.



Şekil 3.16 Bimsbeton Ürünlerin Çevre Düzenlemelerinde Kullanımları

Çevre düzenlemesinde kullanılan hafif bloklar, İri ve ince gradasyonlarda farklı karışım kombinasyonlarındaki hafif agrega ve çimento ile oluşturulan hafif beton harcından değişik geometrik formlarda hazırlanmış kalıplara vibrasyon+sıkıştırma tekniği ile üretilmektedir. Genellikle fabrikasyonda tam otomasyon sisteminin kullanıldığı bu üretim şekli, homojen karakteristikte peyzaj blokların oluşturulmasına imkan tanımaktadır. Arzu edilen renk pigmentleri yardımı ile bu peyzaj blokları üretim sürecinde renklendirilebilmekte ve uzun ömürlü kullanımları sağlanabilmektedir. Düzgün üst yüzeyleri, hafif olmaları ve uygulamada herhangi bir örgü harcına gereksinim duymaksızın düzgün ve görselliği yüksek bir bahçe duvarı oluşturmaları gibi avantajları olup, genellikle şu amaçlar için kullanılmaktadır;

- Düzgün yüzeyli bahçe duvarlarının oluşturulmasında,
- Bitki ve çiçek dikimi ile yeşillendirilebilir duvar yüzeyi oluşturmada
- Prekast elemanlar olarak yol ve yamaç düzenlemelerinde,
- Teras düzenlemelerinde,
- Aşırı gürültü kirliliğinin olduğu ortamlarda ses yutucu bahçe duvar elemanı olarak,
- Konut çevresinde istinat duvarı olarak.

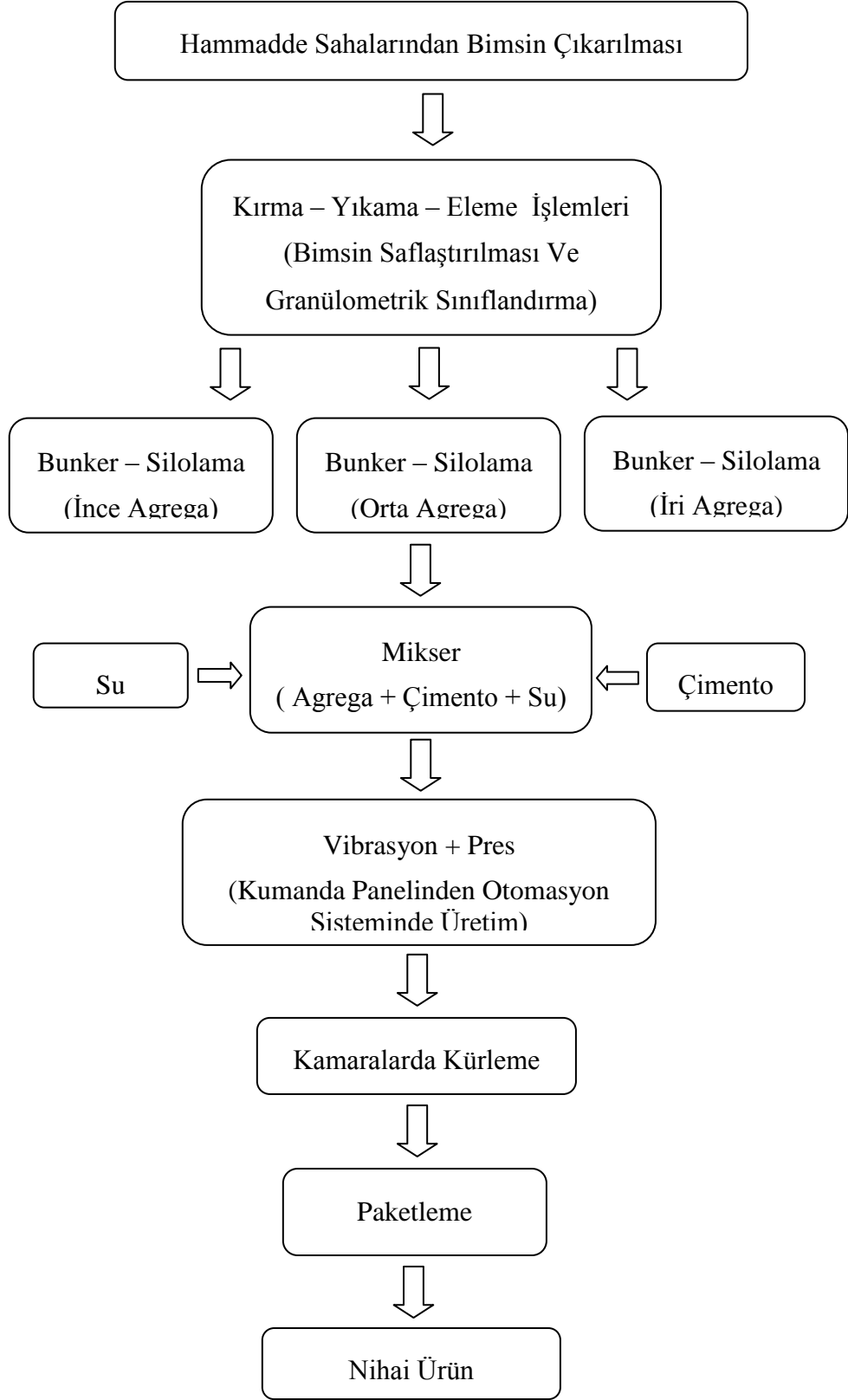


Şekil 3.17 Dekoratif Amaçlı Bimsbeton Ürünleri

Peyzaj amaçlı kullanılan bimsblok elemanlarının önemli bir diğer avantajı da, yaşanılan mekânın dışında oluşan ve gürültü kirliliği bakımından insan kulağını rahatsız eden ses şiddetlerine karşı, bahçe duvar elemanı olarak ilk ses yalıtımının sağlandığı bir bariyer görevini üstlenmektedir. Konu üzerine yapılan incelemeler göstermiştir ki; blok elemanlarının peyzaj amaçlı bahçe duvarı olarak kullanımında, duvarın ses yalıtım özelliği, blok elemanlarının yüzey yoğunluğunun bir fonksiyonu şeklinde değişim gösterdiği belirlenmiştir (Gündüz, 2005)

#### 3.2.2.5 Bimsblok Üretim Teknolojisi

Bimsblok üretimi ana hatlarıyla şu şekilde açıklanabilir. Bims ocağından çıkarılan hammaddeler, yıkama ve eleme tesisine getirilerek granülometrik sınıflandırılması yapılır ve ardından üretim silolarına aktarılır. Otomasyon sisteminde yapılan üretimde, mikserde hammadde silolarından belirli yüzdelerde agregalar karışıma alınır, çimento ve su ilave edilir. Mikserdeki karışım yine kumanda panelinden verilen komutlarla vibrasyon süresi ve presi ayarlanarak kalıplara yerleştirilir. Taşıyıcı robotlar vasıtasıyla, bimsbloklar kamaralara yerleştirilerek kür edilir. Mukavemetini kazanan bloklar paketleme ünitesine alınarak nihai ürüne ulaşılır. Stok sahasına alınan ürünler sevkiyata hazır hale gelerek üretim sürecini tamamlar.



Şekil 3.18 Şematik Olarak Bimsblok Üretim Aşamaları

### Hammadde Sahalarından Bimsin Çıkarılması

Bims madenciliği, yatakların oluşum şekli ve örtü/dekupaj oranları dahilinde açık işletme metodu şeklinde yürütülmektedir. Cevher üretimi önce bims üst örtüsünün dozer ve/veya loder ile dekopajı, sonra cevherin loder veya paletli yükleyici ile kazısı ve kamyonlara yüklenmesi şeklinde yapılmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, üst örtü dekopajının gerekli özen gösterilmeden yapılması neticesinde cevher ile üst örtünün birbirine karışması ve kalitenin düşmesi veya üst örtünün mevcut kalınlığından daha fazla dekopaj yapılarak cevher kaybına neden olunması durumudur. Genellikle bims yatakları gevşek agregalardan oluşmuştur ve bu sebeple kazısı ve işletmeciliği kolaydır.



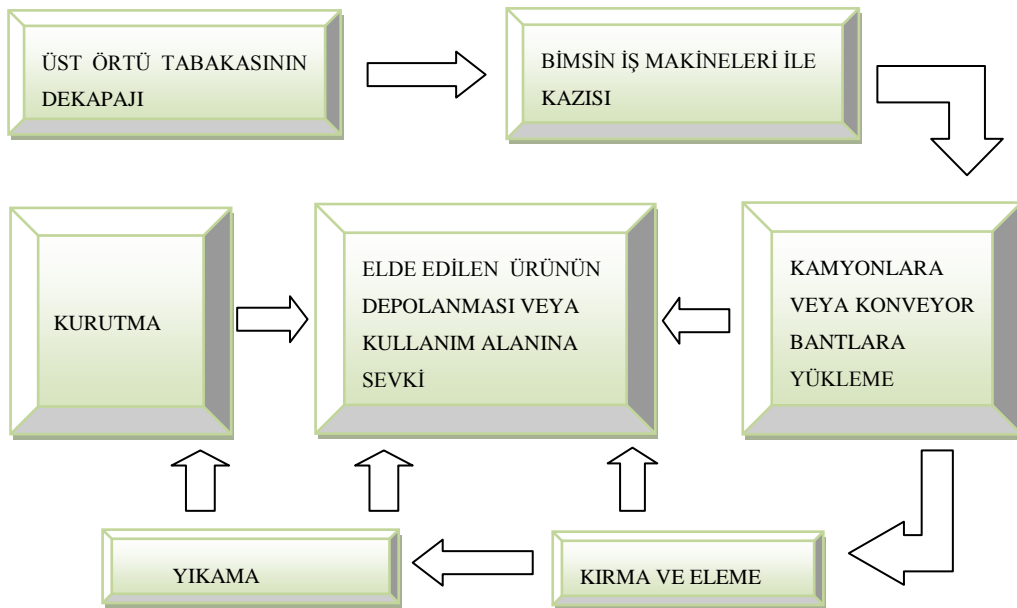
Şekil 3.19 Bimsin Hammadde Sahasından Çıkarılması

Ocakta kazısı yapılan bims, iş makineleriyle kamyonlara yüklenerek zenginleştirme tesisine aktarılır. Ocağın zenginleştirilme ünitelerine yakın olduğu durumlarda nakliye konveyör bantlarla da yapılabilmektedir. Ocaktan çıkarılan ham (tüvanan)

haldeki işlenmemiş bims bazı işletmelerde direk olarak kullanılmaktadır. Ancak tüvanan haldeki bims ile üretilen ürünlerin bir takım sakıncaları bulunmaktadır. Bu husus bölüm 2.1.6’da detaylı olarak anlatılmıştır.



Şekil 3.20 Doğanbey Bims Ocağından Bir Görünüm



Şekil 3.21 Bims Ocağından Hammadde Üretiminin Akış Şeması(Gündüz, 2005)

Kırma – Yıkama – Eleme İşlemleri (Bimsin Saflaştırılması Ve Granülometrik Sınıflandırma)

Hammadde sahalarından çıkarılan tüvanan haldeki bimsler, genellikle kırma-eleme, yıkama ve yabancı taşlardan ayırıştırma gibi sınıflama ve zenginleştirme işlemlerine tabii tutulduktan sonra inşaat sektörü ve diğer sektörlerin kullanımına sunulur. Tüvanan bimsler, 0 mm'den +100 mm ve hatta daha üst boyutlarda değişen oranlarda tane boyut dağılımı sergilemektedir. Bimsin inşaat sektöründe verimli kullanılabilmesi için, kullanım amacına uygun olarak kırıcı ve eleklerden geçirilmek suretiyle tane boyut sınıflamasının yapılması gerekir.



Şekil 3.22 Bimsin Kırma-Eleme İşlemlerinden Görünümler

Bims agregasının kırılmasında çeşitli kırıcılar kullanılmaktadır. Önceleri kullanılan merdaneli kırıcılar bir takım dezavantajları sebebiyle zamanla yerini darbeli kırıcılara bırakmıştır. Bu kırıcılarda ki ana prensip agrega tanelerini ezerek değil, sert yüzeylere uygun hızlarla çarptırarak tanenin en zayıf yerinden kırılmasını sağlamaktır. Darbeli kırıcılarda kendi içinde sınıflara ayrılmaktadır. Deniz, (2005) Yaptığı çalışmalarda yatay milli darbeli kırıcılardan çekiçli ve şoklu kırıcıların bimsin kırılmasında kesinlikle kaçınılması gerektiğini belirtmektedir. Gündüz, (2005) ise bims için en uygun darbeli kırıcı seçiminin “rebaunt tipi” darbeli kırıcılar olduğunu belirtmektedir. Bimsin gözenekli olması iri boyutlu kırma işlemlerinde avantaj sağlarken, ince boyutlarda, bünyesindeki SiO<sub>2</sub> içeriğinin fazla olması sebebiyle kırma ve öğütme ekipmanlarının astarlarını aşındırma problemiyle sorun teşkil etmektedir. (Deniz, 2005)



Şekil 3.23 Doğanbey Eleme Tesisi

Hammadde sahalarından eleme tesisine getirilen tüvenan bims, kırıcıdan ve eleklerden geçerek granülometrik olarak sınıflandırılır. Kullanım yeri ve amacına göre istenen boyuta uygun elek seçimi yapılır. Kullanılacağı sektöre göre tane çapı değişiklik göstermekle beraber, inşaat sektöründeki agrega kullanımına bağlı olarak yapı malzemesi, hafif beton, panel duvar, serbest yalıtım agregası ve hafif yapı elemanları gibi kullanım alanlarında tane boyut sınıflandırılması yapmak gerekir. Özellikle hafif yapı elemanında ideal karışım reçetesinin hazırlanabilmesi için karışıma girecek maksimumum agrega çapının, minimum kalıp açıklığına göre belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle granülometrik sınıflandırma oldukça önemlidir. (Gündüz, 2005)

Her bir sektör için kullanılacak olan bims agregalarında aranılan özelliklerin farklı olması, cevherin serbestleşme boyutu ve diğer özellikleri dikkate alınarak boyuta göre sınıflandırma ve saflaştırma yöntemlerinin gerekliliğini de kaçınılmaz kılmaktadır. Bimsin oluşumunda bulunan andezit, trakiandezit, serpantin ve bazalt gibi yan kayalar zenginleştirme ünitesinde ayrıştırılarak, bimsin saflaştırılması sağlanır. Tüvenan bims ile üretilen yapı elemanlarında, mukavemet ısı ve ses yalıtımı değerleri azalmakta, ürünlerin standartlığı sağlanamamaktadır. Yıkama-eleme ve ayrıştırma yöntemleriyle zenginleştirilmiş bimsten üretilen yapı elemanlarında ise yüksek ısı ve ses yalıtımı avantajlarının yanında, yüzey, görünüm, ağırlık vb. fiziksel, kimyasal ve teknik değerlerde istenilen değerler ve standartlaşma sağlanabilmektedir.



Şekil 3.24 Boyutlandırılmış Bims Agregaları

Eleme işlemlerinde randımanın yüksek olabilmesi için tesisin kapasitesine ve iklim koşullarına göre elek seçimi yapılmalıdır. Yaş eleme işlemlerinin uygulandığı tesislerde ilave olarak kurutma tesisi projelendirilebilir. Soğuk iklim koşullarında yılın her mevsimi çalışma zorunluluğu olan tesislerde, stoklamanın da yetersiz olması durumunda kurutma tesisi ihtiyaç olabilmektedir. Ancak inşaat sektörüne yönelik kullanımlarda kurutma tesisi ekonomik olmamaktadır. (Gündüz, 2005).



Şekil 3.25 Doğanbey Saflaştırma Tesisinden Görünümler



### Sınıflandırılmış Agreganın Stoklanması (Silolama)

Yıkama eleme ve saflaştırma ünitelerinde granülometrik sınıflandırması yapılan bims agregaları karışıma alınmak üzere hammadde silolarında stoklanır. İnce agrega, orta agrega ve iri agrega, karışıma istenilen oranlarda alınmak üzere ayrı ayrı bunkerlere dökülür. Tam otomasyonlu sistemlerde blok üretim reçetelerine paralel olarak bunkerlerin kapasiteleri belirlenir ve projelendirilmesi yapılır. Eleme tesisinden iş makineleriyle bunkerlere taşınabileceği gibi, konveyör bantlar vasıtasıyla da aktarılabılır.



Şekil 3.26 Agregası Silolarından Bir Görünüm



Şekil 3.27 Agregası Silolarını Ve Elekler

### Karışım (agrega-çimento-su)

Tam otomasyon sistemiyle çalışan tesislerde bütün sistem bir bilgisayar vasıtasıyla komuta edilmektedir. Daha önceden hazırlanmış olan karışım reçetelerine uygun olarak, kumanda panelinden girilen yüzdelerle agregalar hammadde silolarından, mikserde taşıyacak olan hazneye alınır. (Şekil 4.1.17)



Şekil 3.28 Bunkerlerden Agregaların Karışıma Alındığı Hazne ( Skraypere)



Şekil 3.29 Agregaların Mikserde Alınması

Karışıma alınan agregalara, kumanda panelinden verilen komutlarla, hazırlanan reçete doğrultusunda çimento ve su otomatik olarak silolardan ilave edilir. Agregalar ve çimento mikserde bir süre karıştırılır. Kuru karışımın hazırlanmasından

hemen sonra, önceden miktarı belirlenen su otomatik olarak mikserde karışıma ilave edilir ve bimsbeton karışımı baskıya hazır hale getirilir.

#### Otomasyon Sisteminde Üretim(Vibrasyon + Pres)

Tam otomasyonlu bimsblok üretim tesislerinde tüm sistem bir bilgisayar vasıtasıyla kontrol edilir. (şekil 5.1). Önceden hazırlanmış karışım reçetesi bilgileri bilgisayara girilir. Karışım reçetesinde bimsbeton karışımına girecek olan agrega sınıfları ve miktarları, çimento dozajı ve su miktarı belirlenmiştir.



Şekil 3.30 . Otomasyon Sisteminde Kullanılan Kumanda Paneli

Bimsbeton karışımı ürün çeşidine göre vibrasyonu ve basıncı belirlenerek baskı kalıplarına alınarak pres ünitesinde baskı paletleri üzerine dökümü yapılır. Değişen ebatlarda ve ürün geometrilerindeki her bir ürün çeşidi için, istenen bloğun kalıbı takılarak üretimi yapılır.



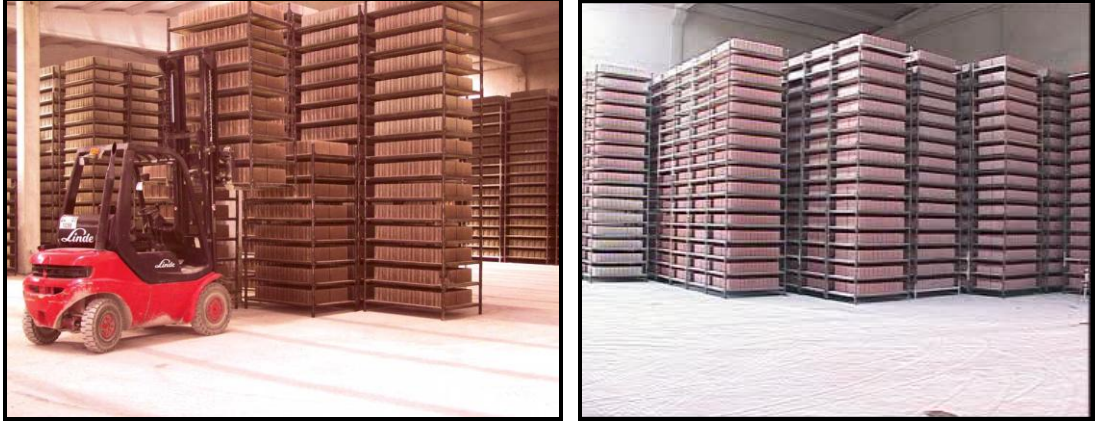
Şekil 3.31 Baskı Ünitesi



Şekil 3.32 Bimsblokların Üretiminden Bir Görünüm

### Kamaralarda Krleme

Baskı nitesinden çıkan yaş bloklar prizlerini kazanmak üzere taşıyıcı robot yada forklift vasıtasıyla kamaralara yerleştirilir. (Şekil 6.5). rnlerin doğru priz alabilmesi için bu ünite oldukça önemlidir. Baskıdan çıkan ürünler doğrudan stok alanında kurumaya bırakılırsa güneş, rüzgar vb. Atmosferik ortam koşullarına maruz kalacakları için ilk mukavemetlerini doğru kazanamayacakları gibi yanma ve çatlama gibi problemlerde oluşacaktır. Kapalı ortamda, sabit klima şartlarında ürünün ilk mukavemetini kazanması oldukça önemlidir. Kamaralarda ilk mukavemetlerini (yaklaşık 1 N/mm<sup>2</sup>) kazanan ürünler, yine taşıyıcı robot veya forklift vasıtasıyla paketleme ünitesine aktarılır.



Şekil 3.33 rnlerin Kamaralara Yerleştirilmesi



Şekil 3.34 rnlerin İlk Prizlerini Aldıkları Kamaralar

### Paketleme

Kamaralarda, paketleme için yeterli olacak ilk prizlerini kazanan ürünler, taşıyıcı robot yada forklift vasıtasıyla paketleme ünitesine aktarılır. Paletli konveyör sistemde sırayla gelen ürünler, baskı paletlerinden alınarak otomatik paketleme ünitesinde istenilen şekilde ve dizimde paketlemesi gerçekleştirilir. Ürünler isteğe göre, taşıma paletlerine yada paletsiz olarak dizilerek paketlemesi yapılır.



Şekil 3.35. Otomatik Paketleme Ünitesi



Şekil 3.36 Otomatik Paketlemeden Bir Görünüm

### Stok

Paketleme ünitesinden getirilen ürünler, son mukavemetlerini kazanmak üzere forkliftler ile stok alanına istiflenir. Nihai stok alanından sevkiyata hazır olan ürünler forkliftler ile araçlara yüklenererek kullanıma sunulur.



Şekil 3.37 Ürünlerin Stok Sahasına Alınması



Şekil 3.38 Doğanbey Stok Sahasından Bir Görünüm

### 3.3 İNŞAAT SEKTÖRÜNDE DİĞER ALANLARDA KULLANIMI

Bims inşaat sektöründe yoğun olarak hafif beton agregası, bimsbeton ve bimsbeton yapı elemanları eldesinde kullanılmakla beraber, inşaat sektöründe daha birçok farklı alanda da kullanılmaktadır. Başlıca ısı yalıtım malzemesi olmak üzere, çimento katkı maddesi olarak, çatı ve dekoratif kaplama elemanı olarak, asfalt üst kaplaması, hafif kiremit imali, söve ve cephe kaplama elemanı gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

#### 3.3.1 Çimento Katkı Maddesi Olarak Kullanımı

Çimento, belli oranlarda karıştırılan kil ( $mSiO_2$ ,  $nAl_2O_3$ ,  $pH_2O$ ),  $Fe_2O_3$ , ve kalker ( $CaCO_3$ ) karışımının çeşitli sıcaklık derecelerinde (1200-1400 °C) pişirilmesi sonucu elde edilen, havada ve suda katılaşma özelliği gösteren, gri veya beyaz renkli, inorganik esaslı bir bağlayıcı türüdür. Çimentolar ana maddeleri ve bileşenlerinin oranlarına göre sınıflandırılıp, farklı kullanım amaçlarına ve uygulamanın getirdiği çeşitli özelliklere göre hazırlanır. Günümüzde kullanımı ve üretimi bakımından en yaygın tipi oluşturan portland çimentosu diğer özel çimentoların kökenini oluşturmaktadır. (Eriç, 1994).

Bugünkü anlamda ilk çimento üretimini gerçekleştiren, 1824 yılında Joseph Aspdin adında bir duvarcı ustası olmuş ve senelerce bu keşfini saklayarak ailesine sır olarak, intikal ettirmiştir. Çimento üretimi ancak sırasıyla, Fransa'da 1848, Almanya'da 1852, Belçika'da 1855, ABD'de 1871 yıllarında başlamıştır. Türkiye'de ilk çimento fabrikası 1914'te Darıca ve Eskişehir'de kurulmuş, bunu 1933'te Zeytinburnu ve Kartal fabrikaları izlemiştir. (Eriç, 1994).

Ülkemizde çimento sanayinde, maliyetlerinin düşürülmesi ve bir takım artı özelliklerin kazandırılabilmesi için çeşitli katkı malzemeleri kullanılmaktadır. Ülkemizde, doğal puzzolanik katkı maddesi olarak, tras ve bazik nitelikli volkanik işlevlerin bir ürünü olan doğal cürufur, yapay olarak elde edilen yüksek fırın cürufu ve uçucu küller katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. İgnimbritler tras olarak kullanılabilir, Tras ise bir puzzolandır. Puzzolan kendileri herhangi bir bağlayıcı özelliğe sahip olmasalar da normal sıcaklıklarda, sulu ortamda kireçle birleşerek bağlayıcı özelliğine sahip suda çözünmeyen kararlı bileşikler oluşturan bileşenler içeren maddelerdir. TS 25 de ise puzzolan tras olarak; "tras, silisli ve alümino-silisli



volkanik bir tuf olup, yalnız basına bulunduğu zaman hidrolik özellik göstermediği halde, çok ince öğütüldüğünde sulu ortamda ve normal sıcaklıkta kalsiyum hidroksitle kimyasal reaksiyona girerek hidrolik özellik gösteren doğal puzzolanik bir maddedir," şeklinde tanımlanmıştır. (Kuscu v.d., 1993).

Çoğu puzzolanik maddeler volkanik kökenli olup, en çok bilineni tüflerdir. Puzzolan terimi, Napoli Körfezindeki Vezüv Dağı yakınındaki Pozzuoli'den kaynaklanmaktadır. Puzzolanik maddelerin özelliği yüksek miktarda  $\text{SiO}_2$ , ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , içermeleridir. Bu nedenle  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ile tepkimeleri kolaydır ve bağlayıcı özellik gösterirler. Puzzolanlar, doğal ve yapay olarak ikiye ayrılırlar. Doğal olanlar, bims (pumis), volkanik cam, volkanik kül (pumisit) ve volkanik tüftür. Yapay olanlar ise, yüksek fırın cürufu, kızdırılmış kil ve uçucu küllerdir.

Puzzolanların tipik özelliklerinden biri kireçle reaksiyona girmeleridir. Puzzolan-kireç karışımının çok eski tarihlerden beri kullanıldığı bilinmektedir. Romalılar zamanında birçok su kemeri, köprü ve deniz yapıtında puzzolan-kireç harcı kullanılmıştır. Tarihte horasan harcı olarak bilinen malzeme Orta Asya'da yaygın olarak kullanılmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde maliyetlerin düşük olmasından dolayı bu malzeme hala kullanılmaktadır.

Çimento maliyetlerinin düşürülmesi açısından katkı maddelerinin yüksek oranda katılabilir kalitede olmaları önemlidir. Puzzolanik aktivite değerleri ile çözünmüş kalıntı oranları, katılabilirlik oranını belirleyen faktörler olup, katılım oranı genelde % 10-30 arasında değişmektedir. (Ersoy v.d., 2005)

Çimento içerisindeki kalsiyum hidroksitin puzzolan ile reaksiyonu sonunda yapıya artı mukavemet kazandırdığı bilinmektedir. Puzzolanlar aynı anda hem kireçle hem de portland çimentosuyla karıştırıldığında, her iki bağlayıcıda mevcut olan serbest kireçle  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  birleşerek harca ilave bağlayıcılık özelliği kazandırmaktadır.  $\text{SiO}_2$   $2\text{CaO}$  ve  $\text{SiO}_2$   $3\text{CaO}$  portland çimentosunun ana bileşenleridir. Bu iki bileşen su ile birlikte olduklarında hidrasyon sonucu serbest kirecin oluşmasına neden olur. Bu da bu bağlayıcı maddelerin mekanik dayanımlarını azalttığı gibi kimyasal özelliklerini de olumsuz yönde etkiler. Silis bakımından zengin olan puzzolanların

serbest kireçle reaksiyonu sonucunda kirecin zararlı etkileri azaltılabilmektedir. (Binici v.d., 2005).

Yapılan araştırmalar kristal silisin kireçle birleşmediğini göstermiştir. Bu yzden bir puzzolanda kolloidal silis veya reaktif silis ne kadar fazla ise, o puzzolan o oranda yksek bir bağlayıcılık özelliğine sahiptir. ( TS EN 197-1)

Bims puzzolanik bir madde olup, puzzolanik aktivitesi yksektir. Puzzolonik maddelerin çimento içerisinde katkı olarak kullanılması ekonomik olmasının yanında aşağdaki avantajları da beraberinde getirmektedir.

Çimento hidratasyonu sırasında puzzolanik malzemelerin reaksiyonu ile kireç serbest kalmaktadır. Puzzolanik maddeler içinde bulunan amorf silikat kireç ( $Ca(OH)_2$ ) ile birleşerek çimento yapıcı malzemeleri oluşturmaktadır. Yani puzzolanlar kalsiyum hidroksiti bağlayıcı görevi yaparlar. Kalsiyum hidroksit miktarı az çimentolar deniz yapılarında kullanılmamalıdır.(Akman, 1994) Puzzolanik katkı oranı arttıka, korozyona karşı dayanım artmakta, korozyon miktarı azalmaktadır. (Binici ve Çađatay, 2003). Puzzolanlı çimentolar kimyasal etkilere karşı daha yksek dayanım gösterirler. Puzzolanların katkı oranı arttıka sülfaata karşı dayanım artar. (Binici ve Çađatay, 2003). Puzzolanik malzemeler betonun ömrünü ve dayanımını artırır, ısı iletkenliğini dűřürür. (Ersoy v.d., 2005)

ASTM C618-03 ve ASTM C595-03'te tanımlanan herhangi bir puzzolan sınıfında  $SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$  toplamının %70 veya daha büyük olması gerekmektedir. Çimentoda kullanılan puzzolanlar bu şartı sağlamalıdır. Bimsin kimyasal bileşime bakıldığında (%55-75  $SiO_2$ , % 13-17  $Al_2O_3$ , % 1-3  $Fe_2O_3$ ), puzzolanik özelliği yksek bir malzeme olduğu görölmektedir. Çimento katkı maddesi olarak kullanılacak bims, siyah, koyu kahve, koyu gri renk tonlarında, birbirinden bağlantısız oval-küresel boşluklar (1-15 mm) içeren bir yapıda olmalıdır. (Ersoy v.d., 2005)

### **3.3.2 Yalıtım Malzemesi Olarak Kullanımı**

Binalarda ısı yalıtımının sağlanması, enerji kaynaklarımızın tükenmesi ve fosil yakıt kaynaklı gazların atmosferde sera etkisi oluşturması sebebiyle önemini her geçen gün artırmaktadır. Isı akışı farklı sıcaklıklara sahip ortamlarda sıcaktan soğuğa doğru

geçerek termodinamik bir denge oluşturma eğilimindedir. Yapı elemanlarının eldesinde kullanılan malzemeler, ısı iletkenlik özelliğine ve kalınlığına bağlı olarak, bu ısı transferine direnç gösterirler. Bir başka deyişle farklı sıcaklıktaki iki ortam arasındaki ısı geçişini azaltmak için ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Bu malzemelerin ısı yalıtımı ile ilgili en önemli özelliği “ısı iletkenlik katsayısı” olup, “ $\lambda$ ” sembolü ile gösterilmekte ve “kcal/mh°C” veya W/mK” biriminde ifade edilmektedir. Bu değer ne kadar küçük olursa, malzemenin ısı yalıtımına katkısı o kadar büyük olur ( Gündüz ve diğ., 2005).

Çizelge 3.2 Hafif Agregaların Isı İletkenlik Değerleri (TS 825)

Malzeme veya Bileşenin çeşidi	Birim hacim ağırlık(kg/m <sup>3</sup> )	Isı İletkenliği Hesap Değeri (W/mK)
Kum, çakıl, kırma taş	1800	0, 70
Bims çakılı	<1000	0, 18
Genleştirilmiş Perlit Agregası	<50	0, 046
	<100	0, 058
	<150	0, 070
	<200	0, 081

Genelde bir malzemenin ısı yalıtım amaçlı olarak değerlendirilmesinde, ele alınan temel termik özelliklerinin başında, malzemenin özgül ısı kapasite değeri ve ısı iletkenlik katsayısı ( $X$ ) gelmektedir. Bu parametreler, malzemenin atomları arasındaki bağ kuvvetlerine, iç yapıya, boşluk miktarlarına, bünyesinde bulundurduğu nem miktarına.bağlı olarak değişimler göstermektedir (Eriç, 1994).

Kararlı halde bulunan homojen bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyi arasında 1°C sıcaklık farkı olduğunda, 1 m<sup>2</sup> alan ve bu alana dik 1 m kalınlıktan geçen ısı miktarına "ısı iletkenliği" denir. Önemli bir malzeme özelliği olan ısı iletkenliği,

yoğunluk, gözeneklerin büyüklüğü - dağılımı ve denge rutubeti olmak üzere başlıca şu bu üç faktöre bağlıdır; (Köse ve diğ., 2005)

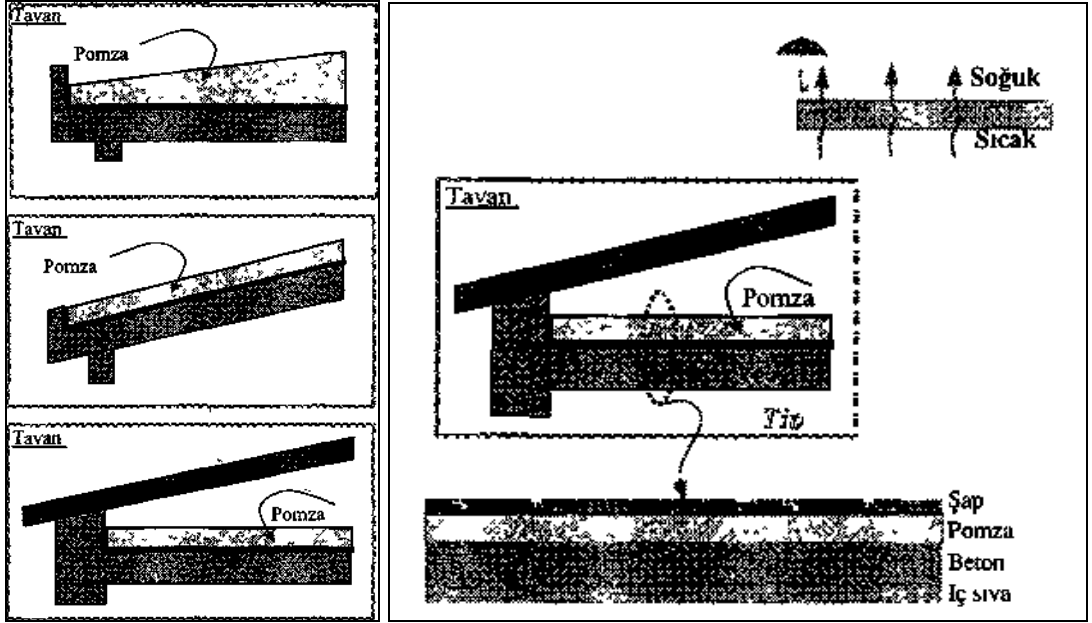
Bimsin en önemli kullanım alanlarından biride yalıtım malzemesi olarak kullanılmasıdır. Ancak, ne yazık ki ülkemizde bu konuyla ilgili yeterli hassasiyet gösterilmemektedir. Yapılarda ısı yalıtımıyla ilgili esaslar TS 825 de belirtilmesine rağmen bu kurallara uyulmadığı gözlemlenmektedir. Bütün dünyanın üzerinde hassasiyetle durduğu enerji verimliliği konusunda ısı yalıtımı büyük önem arz etmektedir. Binalarda, sıcaklık etkilerinden korunma, insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt ekonomisi ve ilk yapım giderleri yönlerinden ısı yalıtımı konusu oldukça önemlidir.

Isı yalıtım malzemeleri, beraber kullanıldığı diğer yapı malzemeleriyle ve yapı kabuğuyla uyumlu, insan sağlığına zararlı etkileri olmayan, yapı fiziği ve yapı biyolojisi kurallarına uygun, çevreye uyumlu, zararsız, mimari ve estetik beklentileri bozmayan, uygulaması pratik ve temini kolay malzemeler olmalıdır. Bims ısı yalıtım malzemesi olarak bütün bu beklentileri karşılamaktadır. Birim hacim ağırlığı düşük, porozitesi yüksek olan bimsin ısı iletkenlik kat sayısı oldukça düşüktür. Bims, atmosferik ortam koşullarına dayanıklı, ısı ve ses denetimi sağlayan, gözenekli, su ve nemden etkilenmeyen, yoğunlaşma problemi olmayan, yangın dayanımı yüksek, kimyasal etkilere dayanıklı, kokusuz, parazitleri barındırmayan, sağlıklı, uzun ömürlü, doğal ve ekonomik bir yapı malzemesidir. Piyasadaki ısı yalıtım malzemelerinin çoğunun petrol kökenli, yurt dışına bağımlı ve pahalı olması sebebiyle uygulamada ısı yalıtımında TS 825 kurallarına uyulmadığı görülmektedir. Bu sebeplerle, yapılarda yalıtım malzemesi olarak bimsin kullanımının yaygınlaşması gerekmektedir. Mimari projelerin hazırlanma safhasında kullanılacak malzemelerin belirlenmesinde ve detaylarda mimarlara büyük sorumluluk düşmektedir. Nefes almayan, plastik kökenli, yanabilen ve yandığı zaman zehirli gazlar çıkaran, sağlığa zararlı ve pahalı yalıtım malzemelerinin piyasada ve uygulamadaki yerini, yalıtım malzemelerinde aranılan bütün kriterleri taşıyan, sağlıklı ve ekonomik olan bims bırakması ülkemize katma değer kazandırması bakımından da önemlidir.

### 3.3.3 Çatı Ve Döşeme İzolasyon Dolgusu Olarak Kullanımı

Bimsin çatı ve döşemelerde doğal bir yalıtım malzemesi olarak kullanımı eskiden beri uygulanmaktadır. Özellikle ıslak hacimlerde düşük döşemelerde, hafif olması, dolayısıyla binaya yük getirmemesi ve ses, ısı yalıtımı sağlaması sebebiyle tercih edilmektedir. Ayrıca binaların temel aralarında ve kapalı çatı altı son kat tabliyesi üstünde,teraslarda serbest taban yaygısı olarak boyutlandırılmış bims agregaları kullanılmaktadır.

Isı iletkenlik katsayısı 0,12-0,20 kcal/mh°C arasında değişmekte olan (-16mm/+3mm boyutlandırılmış %100 kuru halde) bims agregası ısısal konfor açısından oldukça önemli ve ekonomik avantajlar sunmaktadır. (Davraz, 2001)



Şekil 3.39 bimsin ısı yalıtım amaçlı binaların tavan veya çatı yalıtımında kullanımı(Gündüz, 2001)

### 3.3.4 Dekoratif Kaplama Elemanları Ve Mobilyalarda Kullanımı

Beton yapısı itibariyle şekil vermeye uygun bir malzeme olup, diğer malzemelerle yakalanamayacak plastik etkilerin elde edilmesine imkan verir. Rengi, dokusu ve içyapısı çeşitli yollarla değiştirilebildiği için pek çok farklı türde beton elde edilerek çeşitli mobilya ve obje tasarımını mümkün kılar. Beton ucuz ve insana bağımlı üretimine karşın diğer malzemelerde yakalanamayacak plastik etkilerle karşımıza

çıkır. Yarattığı tezatlıklar onun heykelsi duruşunu yumuşatıp, rastlantısal doku ve renk oyunları malzemeye yaşanmışlık katar.

İnşaat ve yapı endüstrisinin daha çok estetik mimari ve peyzaj mimarisine yönelik dekoratif kaplama elemanları dalında hafif ve sağlamlığı, kolay işlenebilirliği, atmosferik etkenlerden zarar görmemesi gibi önemli özelliklerinden dolayı aranan başlıca hammadde kaynaklarından birisi de bims olmuştur. Ayrıca yeşil alan, park, kaldırım kaplama elemanlarında aranan dona dayanım, yüzeysel suların drenajı, hızlı uygulama, aşınma etkilerinden minimum düzeyde etkilenme gibi önemli özelliklere sahip olması nedeniyle geleneksel kalker agregalı suni kaplama malzemeleri yerini bims agregalı kaplama malzemelerine bırakmaya başlamıştır. Bahçe ve kent mobilyaları olarak adlandırılan hafif beton mamulü ürünler de (sütunlar, banklar, çiçeklikler, korkuluklar, yapay kayalar vs.) bims oldukça önemli oranda tüketilmektedir. Akrilik kaplı dekoratif-renkli beton kiremit üretiminde de pumisit kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.



Şekil 3.40 Dekoratif Kaplama Elemanlarında Ve Mobilyalarda Bims Kullanımı

## **4 BİMSBETON VE İLGİLİ YAPIM KURALLARI**

### **4.1 BİMSBETONUN TANIMI**

Bimsbeton, agrega olarak bims agregalarının kullanıldığı, gerektiğinde kuvars kumu da ilave edilerek üretilen hafif betondur. Doğal hafif agrega çeşidi olan bims agregası, çimento, su ve gerektiğinde katkı malzemesiyle bileşerek bimsbetonu meydana getirir.

İnşaat sektöründe aranan teknik materyaller açısından, malzemenin hafifliği, yüksek sıcaklıklara dayanımı, gürültü kirliliği açısından ses yalıtımı sağlaması, ısısal konforun sağlanması açısından ısı yalıtımı sağlaması, sağlıklı, nefes alan mekanlar yaratması açısından doğal olması, deprem yük ve davranışları karşısında elastikiyetinin olması, atmosferik ortam koşullarına ve dış etkilere karşı dayanıklı olması, iklimlendirme özelliği ve kolay sıva tutması gibi özellikleri barındırması bakımından bimsbetonlara ilgi giderek artmaktadır.

### **4.2 BİMSBETONUN BİLEŞENLERİ**

Bimsbetonların üretim yöntemi, bileşenleri ve karışım oranları gibi etkenlere bağlı olarak, birim ağırlık, dayanım ve ısı yalıtım özellikleri değişmektedir. Bims agregalarının porozitesinin yüksek olması ve dolayısıyla yüksek oranda su emmeleri nedeniyle bimsbetonun net su/çimento oranı karışım hesabı yeterli doğrulukta saptanamayabilmektedir. Bu sebeple, normal beton karışım hesaplarının doğrudan bimsbetona uygulanması mümkün olamamaktadır. Bimsbeton karışımları için genelde uygulanan pratik metot, çimento dozajı esasına göre bir dizi deneme karışımlarıyla en uygun karışım kombinasyonunun belirlenmesidir. Bu karışım kombinasyonunu etkileyen başlıca faktörler; agrega dağılımı (granülometri), çimento miktarı(dozaj), su/çimento oranı, hava katkısı-işlenebilirlik ve sıkılama oranı gibi karışım parametreleridir. (Gündüz, 2005)

#### **4.2.1 Agregada Dağılımı(Granülometri)**

Beton üretiminde iyi bir granülometrik dağılım, minimum boşluk yaratılmasını ve minimum çimento harcıyla maksimum dayanım elde edilmesini sağlamaktadır. Bu bakımdan doğru agregada dağılımı betonun performansı açısından oldukça önemlidir. Normal betonlarda elek analizi, farklı elekler üstünde kalan agregada ağırlıklarının yüzdeleri olarak ifade edilmektedir. Bu değerler aynı zamanda agregaların hacimce oranlarına da karşılık gelmektedir. Normal agregalarda, boyut arttıkça hacme paralel olarak ağırlıkta artmaktadır. Ancak hafif agregalar için aynı durum söz konusu değildir. Hafif beton üretiminde kullanılan hafif agregalarda, dane çapı arttıkça gözenek oranı da arttığı için özgül ağırlıkları azalmaktadır. Bu nedenle ağırlıkça ifade edilen agregada dağılımı, hacimce aynı dağılım değerine sahip değildir. Bu sebeple bimsbeton karışımlarında granülometri mutlaka hacim esasına göre kontrol edilerek düzenlenmelidir. (Gündüz, 2005)

Hafif betonlarda ince malzeme kullanımı (0-1mm grubu), dane özgül ağırlığının büyük olması sebebiyle, betonun birim ağırlığını artırmakta ve buna bağlı olarak da beton dayanımının artmasına etki etmektedir. Ancak ince malzemeyi belirli bir oranda kullanmak gerekmektedir. İyi bir işlenebilirliğin sağlanabilmesi için ince agregada minimum miktarlarda kullanılmalıdır. Ayrıca bimsbetonun ısı yalıtım özelliğinin artması ve hafif olması açısından iri agregaların kullanılması avantaj sağlar. Bu bakımdan agregada dağılımında optimum ince-iri agregada oranını sağlamak büyük önem kazanmaktadır. İnce ve iri agreganın uygun bir oranda seçilebilmesi için farklı beton karışımları hazırlanıp 7, 14 ve 28 günlük kür sürelerindeki değerlerine göre bu oran belirlenir. Ayrıca ince ve iri bims agreganın oranının belirlenmesi için maksimum birim ağırlığı yönteminden de faydalanılabilmektedir. Bu yöntemle göre, ince ve iri agregalar arasındaki oran maksimum birim hacim ağırlığı verecek şekilde ayarlanmalıdır. (Gündüz, 2005)

#### **4.2.2 Çimento Miktarı**

Beton karışımlarında betonun kullanım yeri ve amacına göre değişen miktarlarda çimento kullanılmaktadır. Beton karışım hesaplarında bu miktara dozaj denilmekte



olup, genellikle, 1m<sup>3</sup>'lük bir beton karışımında kaç kg çimento kullanıldığının bir ölçütüdür.

Hafif agregalarla yapılan betonlarda, betonun basınç dayanımı ile çimento dozajı arasında bir ilişki bulunmakta olup, bu ilişki her beton uygulaması için aynı olmamakta ve agrega, çimento, su oranlarına göre değişim göstermektedir. Çimento dozajındaki artış betonun dayanımını artırmakla beraber, bu artışta bir limit değer bulunmaktadır. Bu limit değer üstündeki çimento dozajı artırımlarında, bimsbetonun dayanımı da bir artış olmamaktadır. Ayrıca çimento dozajının artması ekonomikliği de düşürmektedir. Bu sebeplerle, uygun çimento değerinin belirlenebilmesi için deneme beton karışımları yapılmalıdır. Bimsbetonun dayanımını artırmak için karışımda kullanılan ince agrega oranını artırmak olumlu sonuçlar verebilir ancak birim hacim ağırlığın artmasına ve işlenebilirliğin azalmasına sebep olabilir. Bu nedenle kumlu karışımların işlenebilirliğini artırmak için su-çimento oranını artırmak gerekmektedir. (Gündüz, 2005)

#### **4.2.3 Karışım Suyu**

Bims agregalarının gözenek oranı ve su emme kapasiteleri yüksektir. Seçilen kıvama göre su miktarı ortalama 200-300 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmekle birlikte, bimsbeton karışım suyunun saptanabilmesi için deneme karışımların yapılması gerekmektedir. Çünkü aynı bölgeden alınan bims agregalarının bile su emme karakteristiğine farklı olabilmektedir. Bu bakımdan seçilen kıvama erişilinceye kadar su veya agrega ilave etmek suretiyle deneme karışımların ardından sonuca varılması en sağlıklı olanıdır.

Bimsbeton karışımlarında, agrega bünyesine emilen su, karışımda kalma süresine bağlı olarak bünyesine aldığı suyun bir kısmını tekrar geri verebilmektedir. Genellikle uzun süre karılan bimsbetonlarda akıcılık yüksek, çökme değeri ise düşük olmaktadır. Bu sebeplerle, yapılan araştırmalarda, normal betonlardan farklı olarak, su-çimento oranından ziyade karılma sürecinin ve çökme değerinin kontrol edilmesinin daha güvenilir olduğu görülmüştür. (Gündüz, 2005)

#### **4.2.4 Katkı Malzemesi**

Gerektiğinde, hava şartlarına, betonların kullanım yerine ve amacına göre, beton karışımlarına ilave edilerek, priz süresi, akışkanlık, dona dayanıklılık, işlenebilirlik ve su/çimento oranı gibi hususların iyileştirilmesi için kullanılan malzemedir. Katkılar genel olarak sadece çimento ile reaksiyona girerler ve çimento tanelerinin hareketini kolaylaştırarak, betonun akışkanlık özelliğini daha düşük su miktarı ile sağlarlar. Karışım suyunun azalması ile orantılı olarak erken ve nihai mukavemetlerde artış sağlanır.

### **4.3 BİMSBETON YAPIM KURALLARI VE ÜRETİM SÜRECİ**

#### **4.3.1 Bimsbeton Hazırlama**

Bims agregalarının porozitesinin yüksek olması ve dolayısıyla yüksek oranda su emmeleri nedeniyle bimsbetonun net su/çimento oranı karışım hesabı yeterli doğrulukta saptanamayabilmektedir. Bu sebeple, normal beton karışım hesaplarının doğrudan bimsbetona uygulanması mümkün olamamaktadır. Bimsbeton karışımları için genelde uygulanan pratik metot, çimento dozajı esasına göre bir dizi deneme karışımlarıyla en uygun karışım kombinasyonunun belirlenmesidir. Bu deneme karışımlarında bimsbeton kalitesinin değerlendirilmesinde, betonun basınç dayanımı ve birim ağırlık özellikleri yanı sıra, karışım kıvamı, agrega dağılımı, çimento dozajı, su-çimento oranı, hava katkısı-işlenebilirlik ve sıkılama oranı gibi karışım parametreleri belirlenmelidir.

#### **4.3.2 Bimsbeton Karışım Kıvamı**

Bimsbeton karışım hesabı yapılırken, bimsbetonun kullanılacağı yapı elemanının boyutları, ürünün geometrisi, kullanım yeri ve amacı, istenilen dayanım, hafiflik ve yalıtım değerleri ile maruz kalacağı dış etkiler göz önünde bulundurularak bir karışım kıvamı belirlenmelidir. Örneğin, bimsblok üretimi için hazırlanan bir bimsbeton karışımında, kalıba döküldükten sonra bekletilmeden kalıptan çıkarılacağı için taze betonun ayakta durabilecek bir karışım kıvamında olması gerekmektedir. Genelde kıvam için istenilen teknik değerler; teknik değerler 5cm'yi geçmemeli, Ve-Be derecesi ise 20 saniyeden az olmalıdır. (Gündüz, 2005)

### 4.3.3 Bimsbeton Karışım Hesabı

Bimsbeton karışım hesabı hacim yöntemiyle yapılabileceği gibi ağırlık yöntemiyle de hesaplanabilmektedir. Bimsbeton karışımları için hacim yöntemine göre uygulanabilecek bir karışım hesabı :

1. Beton dayanımına uygun çimento dozajının seçilmesi ( $W_c$ ).
2. Deneme karışımları sonuçlarına göre ağırlıkça su-çimento oranının belirlenmesi ( $W_w - W_c$ ).

Bu oran bimsbeton uygulamalarında 0.50-0.85 arasında değişmektedir.

3. Elek analizi ve deneme karışımları sonuçları değerlendirilerek agrega gruplarının oranlarının belirlenmesi:

$a =$  Hacimsel iri agrega yüzdesi / Hacimsel ince agrega yüzdesi

4. Agrega gruplarının nem oranlarının belirlenmesi:

İri agrega nemi :  $m_{ca}$  (ağırlıkça %)

İnce agrega nemi :  $m_{fa}$  (ağırlıkça %)

5. Agrega gruplarının su emme kapasitelerinin belirlenmesi:

İri agrega su emme kapasitesi :  $n_{ca}$  (ağırlıkça %)

İnce agrega su emme kapasitesi :  $n_{fa}$  (ağırlıkça %)

6. Agrega gruplarının özgül ağırlık faktörlerinin belirlenmesi:

İri agrega özgül ağırlık faktörü :  $S_{ca}$

İnce agrega özgül ağırlık faktörü :  $S_{fa}$

7. Çimento özgül ağırlık faktörü :  $S_c$  (Genellikle 3.15)

8. Hava oranlarının hacimsel % değerinin kestirilmesi, A.

Hava oranı. ASTM C-173 ve ASTM C-138 standartlarında öngörülen deney yöntemleriyle karışım üzerinde hesaplanabilmektedir. Bims beton karışımları için, hesaplamaların sonucunda düzeltilmek üzere 0.03-0.06 arasında bir değer

alınabilmektedir. Karışıma girecek miktarlar aşağıda verilen bağıntılar ile hesaplanabilmektedir:

$$c = 100. (1+A)-( W_w / W_c + 1/ S_c$$

$$g = a + 1$$

$$d_{ca} = (m_{ca} - n_{ca}) / (1 + m_{ca})$$

$$d_{fa} = (m_{fa} - n_{fa}) / (1 + m_{fa})$$

$$h = d_{ca} * a * S_{ca} + d_{fa} * S_{fa}$$

Bu değişkenler kullanılarak 1 m<sup>3</sup> beton için gerekli miktarlar kg olarak elde edilir.

$$\text{İnce agrega ağırlığı} \quad : \quad W_{fa} = e * S_{fa} / (g - h)$$

$$\text{İri agrega ağırlığı} \quad : \quad W_{ca} = e * a * S_{ca} / (g - h)$$

$$\text{Su ağırlığı} \quad : \quad W_w = (W_w / W_c) * W_c - e * h / (g - h)$$

$$\text{Çimento ağırlığı} \quad : \quad W_c \text{ (önceden belirlenmiştir.)}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ taze beton ağırlığı} \quad : \quad W_T = W_{fa} + W_{ca} + W_w + W_c$$

Karışımında bulunan gerçek hava oranı, taze betonun birim hacim ağırlığının, hesapla bulunan birim hacim ağırlığı ile karşılaştırılması sonucunda yaklaşık olarak bulunabilmektedir.

Diğer bir karışım hesabı ise ağırlık yöntemine göre yapılabilmektedir. Bu yöntemin uygulanışı, bir örnek ile şu şekilde açıklanmıştır:

BB 40 hafif beton sınıfına girecek bir bimsbeton karışımı hazırlanarak, 40 x 1.15 = 46 kg/cm<sup>2</sup>'lik bir dayanım elde edilmesi planlanmış olsun. Beton karışımında özgül ağırlığı 3.15 olan PÇ 32.5 çimentosu kullanılmış olsun. Bims agregada en büyük tane çapı 15mm ve 0-5mm boyutu, ince bims agrega grubu ve 5-15 mm boyutu ise iri bims agrega boyutu olarak tanımlanmış olsun. Bims agrega grupları için yapılan nem tayininde, iri bims agrega grubunun % 9.4 nemli, ince bims agrega grubunun ise % 4.8 nemli olduğu belirlenmiş olsun. Bu nemlilik derecelerinde tayin edilen agrega özgül ağırlık faktörleri ise, iri agrega grubu için 1.24. ince agrega grubu için ise 1.43 olarak belirlenmiş olsun. Tasarımı yapılan beton karışımında iri agrega grubundan, toplam agrega ağırlığının %49'u, ince agrega grubundan ise %5Ti kadar

miktarlarda kullanılacak olsun. Yapılan deneme karışımlarında BB 40 hafif beton sınıfı için çimento dozajı  $200 \text{ kg/m}^3$  seçilmiş ve karışımdaki su ihtiyacı ise 155 litre olarak belirlenmiştir, ansımda sıkışmış hava oranının hacimsel metotla yapılan deneylere göre % 3 olarak belirlendiğini kabul edelim. Bu kabul ve belirlenen karışım Parametre değerlerine göre, BB 40 sınıfı bir bimsbeton karışımında yer alacak mal/eme ve miktarları ise şu şekilde hesaplanır:

Çimento hacmi hesabı  $200 : 3.15 = 64 \text{ dm}^3$

Toplam agrega hacmi hesabı  $1000 - (64+30+155) = 751 \text{ dm}^3$

İri agrega hacmi hesabı  $751 * 0.49 = 368 \text{ dm}^3$

İnce agrega hacmi hesabı  $751 * 0.51 = 383 \text{ dm}^3$

İri agrega ağırlık hesabı (% 9.4 nemli)  $368 * 1.24 = 456 \text{ Kg}$

İnce agrega ağırlık hesabı (% 4.8 nemli)  $383 * 1.49 = 571 \text{ Kg}$

Bulunan bu değerlere göre  $1 \text{ m}^3$  bimsbeton için gerekli malzeme miktarları ise tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.1  $1 \text{ m}^3$  bimsbeton için gerekli malzeme miktarları

Malzeme	Ağırlık ( $\text{kg/m}^3$ )	Hacim Hesabı	Hacim ( $\text{dm}^3$ )
Çimento	200	$200:3.15$	64
Hava	-	-	30
İri bims agregası (%9.4 nemli)	456	$751 * 0.49$	368
İnce bims agregası (%4.8 nemli)	571	$751 * 0.51$	383
Su	155	-	155
Ağırlıklar toplamı	1382	Hacimler toplamı	1000

Bu karışım miktarları belirlendikten sonra, bimsbeton için deneme karışımları dökülür. Ancak, karışımda belirlenen miktarlar, deneme karışımları için fazla gelecektir. Bu bakımdan, 0.05 m<sup>3</sup> hacmi için deneme karışımında kullanılacak malzeme miktarları ise:

Çimento miktarı  $200*0.05= 10.0$  Kg

İri bims agregası  $456*0.05 = 22.8$  Kg

İnce bims agregası  $571 * 0.05 = 28.6$  Kg

Su miktarı  $155* 0.05 = 7.75$  Kg

olarak kullanılacaktır. Malzemeler karıştırıldıktan sonra çökme değeri, Vebe derecesi, hava oranı ve birim ağırlığı deney ile tespit edilir. Karışım yeterli ise hiçbir düzeltmeye gerek duyulmayacaktır. Ancak, agrega veya su miktarında düzeltme gerekiyor ise, karışım miktarları aşağıdaki bölümde öngörüldüğü şekilde değiştirilir.

#### **4.3.4 Bims Beton Karışım Hesabına Etki Eden Faktörler**

Gözenekli bir yapıya sahip olan bims agregasının birim hacim ağırlığı diğer doğal agregalardan daha az olması sebebiyle normal beton karışım hesaplarında kullanılan birim hacim ağırlığı bimsbeton karışım hesaplarında kullanılamaz. Bims agregasının oldukça yüksek su emme özelliği vardır ve birim hacim ağırlığı ile kapladığı yer arasında sabit bir bağlantıdan söz edilememektedir. Bu nedenle karışım hesaplarında birim hacim ağırlık yerine özgül ağırlık kullanılmaktadır.

Bimsbeton agregalarında normal beton agregalarının aksine, bims agregasının dayanımı onu çevreleyen beton harcın dayanımından daha düşüktür. Çap olarak büyük farklılıklar gösteren bims agregalarında, dane çapı büyük olanlar beton içerisinde zayıf bölgeler oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalar, maksimum tane çapı büyük karışımların, maksimum tane çapı küçük karışımlara göre daha düşük beton dayanımına sahip olduğunu göstermiştir. Bu sebeplerle agrega dağılımı belirlenirken yüksek beton dayanımı için maksimum tane çapının küçük seçilmesi gerekmektedir.

Bims agregalarının yüksek poroziteye sahip olmaları sebebiyle, su emme ve nem tutma oranları ağırlıkça %50'lere kadar çıkabilmektedir. Normal beton karışım hesaplarından farklı olarak bimsbeton karışım hesapları için, agregaların nem oranı;

iklim koşullarına ve depolama durumuma göre farklılıklar gösterebilen bir yapıda olması sebebiyle, oldukça önemli bir faktördür. Karışım işleminin başlarında agrega karışım suyunun bir kısmını emerek çimentonun işlenebilirliğini azaltır. Bims agregalarının yüksek su emme kapasitesi sebebiyle, bimsbeton karışımı için gereken su miktarı, normal beton karışımlarından daha fazla olmaktadır. (Gündüz, 2005)

Bimsbeton karışımlarında kullanılan malzemeler ve beton özelliklerinde oluşabilecek değişimler sebebiyle, beton karışımında kullanılan karışım miktarlarında birtakım ayarlamalar yapmak gerekebilmektedir. Bu tip ayarlamalarda kullanılacak yaklaşık değerler tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.2 Bimsbeton Malzemeleri Üzerinde Yapılması Gerekli Düzeltmeler  
(Gündüz, 2005)

Koşullardaki Değişmeler	Su Miktarı	Çimento Miktarı
ince agreganın her %1 artması	%1 artış	%1 artış
ince agreganın her %1 azalması	%1 azalma	%1 azalma
çökmede her 2.5 cm'lik artış	%3 artış	%4 artış
çökmede her 2.5 cm'lik azalma	%3 azalma	%4 azalma
havada her %1 artış	%1,5 azalma	%2 artış
havada her %1 azalma	%1,5 artış	%2 azalma

#### 4.4 BİMSBETONUN ÖZELLİKLERİ

İnşaat sektöründe kullanımı giderek yaygınlaşan bimsbetonların teknik açıdan irdelenmeleri, malzeme teknolojisi ve mekanik özellikleri bakımından incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Kullanılan hammaddenin kayaç özellikleri, elde edilen ürünlerin kalitesiyle doğrudan ilişkili olup, kayaç karakteristiğinin ürün özelliklerine

etkisi detaylı olarak analiz edilmelidir. Hafif betonların kullanıldığı tüm yerlerde, aşağıda verilen değişken değerler detay olarak irdelenmelidir. (Gündüz, 2005)

1. Basınç dayanımı,
2. Kuru birim hacim ağırlık değeri,
3. Gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi,
4. Çekme dayanımı ve çatlak gelişim mekanizması,
5. İçyapı ve matris bağ özellikleri,
6. Sünme ve çekme davranışı,
7. Değişken çevre koşullarına dayanım,
8. Termik etkiler ve ısı iletkenliği,
9. Akustik etkiler ve ses yalıtımı,
10. Ateşe dayanım.

Normal betonlardaki agregalar, mukavemet ve elastite modülü bakımından harcınkine oranla birkaç kat daha yüksek bir değere sahiptir. Bimsbetonlarda ise gözenekli agrega yapısı ile harç arasındaki mukavemet ve elastite modülü gibi elastik özellikler daha uyumludur. Buna bağlı olarak gözenekli agregaların ve çimento harcının çeperlerinde oluşan gerilme konsantrasyonu azalmaktadır. Gözenekli agregaların elastite modülü daha düşük bir değere sahiptir. Bilinen hafif betonların tümü normal betonlarla kıyaslandığında hem basınç hem de çekme dayanımı bakımından daha elastik olmayan bir gerilme değerine sahiptir. Bu farklılık hafif betonların kırılma özelliklerinin daha yüksek olmasına bağlıdır. (Gündüz, 2005)



## **5 BIMS VE BİMSBETON ÜRÜNLERİNİN MİMARİ AÇIDAN ELE ALINMASI VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

İnsanlığın varoluşundan beri, yapı malzemeleri ve verimli kullanımları, gelişim sürecini önemli ölçüde etkileyen faktörlerden biri olmuştur. İnsanın yaşam gereksinimlerinin karşılanabildiği, mekan konfor koşullarının sağlanabildiği yapıların eldesi, fonksiyonel tasarımların, doğru malzeme seçimleriyle bütünleşmesiyle mümkün olmaktadır. Bu bakımdan yapı malzemesi ve bileşenlerinin mimariye ve yaşam kalitesine etkisi oldukça önemlidir.

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte doğal kaynakların hızla tüketilmesi ve bilinçsizce doğanın tahribi sonucu, çeşitli yapı malzemelerinden azami derecede istifade sağlanabilmesi ve hammadde kaynaklarının yeni endüstri alanlarının gelişimine alt yapı oluşturabilmesi gerekliliği önemini daha da çok artırmıştır.

Genellikle 1970’li yıllardan sonra petrol krizi ile gündeme gelen enerji tasarrufuna yönelik yapı planlaması ve uygulaması gerekliliği her geçen gün daha çok önemsenmektedir. Bu sebeple, yapı malzemesi, yapı elemanlarının üretimini de kapsamak üzere, enerji tüketimini azaltması ve çevreye en az zararı vermesi temel prensibine dayanmak zorundadır. Yapıların ihtiyaçları ve bu çerçevede mimari tasarım kriterleri, insan ihtiyaçları ile özdeşleşmektedir. Yapının fonksiyonel açıdan iyi bir performans sağlayacak şekilde tasarlanması büyük önem taşırken, bu tasarımın doğru malzeme seçimleriyle bütünleştirilerek yaşanabilen mekanlar yaratması asıl önemli olan noktadır. Yapılarda, deprem dayanımı, yangın korunumu, çevre duyarlılığı, nefes alan sağlıklı mekan oluşumu ve enerji tasarrufu sağlanabilmesi için uygun malzeme seçimi gerekliliği kaçınılmazdır. Ayrıca, yeni yerleşim alanları için çevresel verileri dikkate alarak, yerleşme politikalarında kaynak kullanımının belirlenmesi ve doğal dengelerin korunması gerekmektedir.

İşte tamda bu noktada, hammadde rezervleri bakımından Avrupa ülkeleri arasında en yüksek rezerve sahip olan, dünyada ise Amerika' dan sonra ikinci en büyük rezerve sahip olan ülkemizdeki bims ve oluşumlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Ekonomikliği, hafifliği, yüksek ısı ve ses denetimi olanaklarının yanında, doğal olması, çevreye zararlı bir atık oluşturmaması ve üretiminde dışarıya bağımlı yüksek enerji giderlerinin olmaması gibi bimsin sahip olduğu özellikler, son zamanlarda bütün dünyanın üzerinde hassasiyetle durduğu sürdürülebilirlik, ekoloji ve enerji verimliliği kriterleri bakımından, bimsin tercih edilen bir malzeme olmasını sağlamaktadır. Sağladığı bu avantajlar sayesinde bims ve bimsbetondan mamul hafif yapı elemanlarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Endüstriyel bir hammadde olan bimsin, yüksek poroziteye sahip olması sebebiyle, birim ağırlığı ve ısı iletkenlik katsayısı düşük, ses yutuculuk özellikleri yüksektir. Bimsten mamul yapı elemanları, maliyetlerinin ucuz olması, doğal, depreme dayanıklı, ısı ve ses denetiminin sağlanabildiği mekanlar oluşturması sebebiyle tercih edilmektedir. Özellikle yakıt tasarrufu bakımından yaşanan mekanlarda ısı yalıtımının sağlanması, önemli enerji tasarrufu sağlama yöntemlerinden biridir. Bu sebeple dünya üzerinde bimsin kullanımının her geçen gün arttığı gözlenmektedir.

Bims ve bimsbeton ürünleri, üretimi, yapıda kullanımı ve sonrasında da sürdürülebilirlik kriterlerine uygun ürünlerdir. Bims yataklarının işletilmesi çok düşük bir maliyet getirmesinin yanı sıra, dağlık arazilerin üzerinde açılan ocağın tekrar doğaya bırakılmasının ardından en verimli tarım arazilerine dönüşmesi sebebiyle de ülke ekonomisine önemli katkı sağlamaktadır. Bims, doğadan çıkarılması sırasında çevreye zararlı herhangi bir atık oluşturmaması ve doğal döngünün devamını sağlaması sebebiyle ekoloji ve sürdürülebilirlik kriterleri bakımından da tercih edilmesi gereken bir malzemedir.

Aşağıda ki bölümlerde, bims ve bimsbeton ürünlerinin, yapı fiziği, yapı biyolojisi, insan sağlığı, ekoloji, ekonomi, mimari tasarım ve sürdürülebilirlik kriterleri bakımından detaylı olarak değerlendirilmesi yapılmaktadır.

## 5.1 MİMARİ AÇIDAN DEĞERLENDİRME

İnsanların barınma gereksinimleri varoluşun ilk gününden itibaren her dönemde önemini korumuştur. Yaşanılan çevre ve insan ihtiyaçları, yapı tasarımını belirleyen başlıca kriterlerdir. Yapının işlevsel açıdan iyi bir performans sağlayabilmesi için, doğru bir tasarım, uygun malzeme seçimi ve uygulanabilirliği şüphesiz mimarının temel unsurlarıdır.

Yapı ürünleri ile ilgili tercihlerde, üretim maliyeti düşük olan yerel ürün kullanılması, sera etkisi yaratmayan ve ozon delici gazlar yaymayan, doğal ürünlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Yapıda kullanılacak malzemeler, beraber kullanıldığı diğer yapı malzemeleriyle ve yapı kabuğuyla uyumlu, insan sağlığına zararlı etkileri olmayan, yapı fiziği ve yapı biyolojisi kurallarına uygun, çevreye uyumlu, zararsız, mimari ve estetik beklentileri bozmayan, uygulaması pratik ve temini kolay malzemeler olmalıdır.

Bims, atmosferik ortam koşullarına dayanıklı, gözenekli, ısı ve ses denetimi olanaklarının yanında, su ve nemden etkilenmeyen, yoğuşma problemi olmayan, yangın dayanımı yüksek, kimyasal etkilere dayanıklı, kokusuz, parazitleri barındırmayan, sağlıklı, uzun ömürlü, doğal ve ekonomik bir yapı malzemesidir. Bu sebeplerle, yapılarda bimsin kullanımının yaygınlaşması gerekmektedir. Mimari projelerin hazırlanma safhasında kullanılacak malzemelerin belirlenmesinde ve detaylarda mimarlara büyük sorumluluk düşmektedir. Nefes almayan, plastik kökenli, yanabilen ve yandığı zaman zehirli gazlar çıkaran, sağlığa zararlı ve pahalı malzemelerinin piyasada ve uygulamadaki yerini, yapı malzemelerinde aranılan bütün kriterleri taşıyan, sağlıklı ve ekonomik olan bims bırakması ülkemize katma değer kazandırması bakımından da önemlidir.

Bims ve bimsbeton ürünlerinin mimariye bir diğer katkısı da, yapıda kullanımı ile yapı elemanlarının kesitlerin küçülmesi sonucunda mekanların kullanım alanlarının genişlemesidir. Bims, mimari açıdan değerlendirildiğinde, gerekli ısı ve ses denetimi olanaklarını sağlaması, ortam nemini dengelemesi gibi daha bir çok özelliği ile mekan konfor koşullarını sağlarken, aynı zamanda, kullanım yeri ve amacına göre,

mimariye ve estetik beklentilere uyumlu yapı elamanları tasarımına imkan veren bir yapı malzemesi olması bakımından da önemlidir.

Yapı ürünleri yönetmeliği, mimarlar için oldukça önemlidir. Bu yönetmeliğe göre satılan tüm yapı ürünlerinin yapıda kullanılabilmeleri, aşağıdaki etkenleri yerine getirip getirmediğine bağlıdır; (Uçurum, 2007)

- Mekanik dayanım- mukavemet
- Yangına dayanıklılık,
- Hijyen, sağlık ve çevre,
- Kullanımda güvenilirlik,
- Gürültüye karşı korunurluk,
- Etkin enerji kullanımı ve ısı tutuculuk,

Bims ve bimsbeton ürünlerinin, yukarıda değinilen kriterleri sağlaması bakımından, değerlendirilmesi aşağıda özetlenmektedir;

Mekanik dayanım ve mukavemet açısından değerlendirildiğinde;

Bims ve bimsbeton ürünlerinin hafif olması, bina ölü ağırlığının düşürülmesine doğrudan etki eden bir faktör olup, gözenekli yapısı ve yüksek elastikiyet modülü sayesinde şokları, kırılma ve çatlama uğramadan daha kolay soğurabilmesi sebebiyle deprem dayanımında avantaj sağlamaktadır.

Yangına dayanıklılık bakımından değerlendirildiğinde;

Bims volkanik kökenli bir malzeme olması sebebiyle yangın dayanımı oldukça yüksektir. Yüksek yanma ısısında, alev almama, şekil ve boyut kaybetmeme ve duman çıkarmama özelliğine sahiptir. Erime sıcaklığı yüksektir ( > 970°C) ve eridiğinde çevreye zararlı herhangi bir gaz çıkartmaz.

Hijyen, sağlık ve çevre açısından değerlendirildiğinde,

Bims ve bimsbeton ürünleri doğal malzeme oluşu, üretimde herhangi bir kimyasal veya biyolojik teknik kullanılmaması ve herhangi bir atığı söz konusu olmaması sebebiyle çevreye zararlı değildir. Gözenekli yapısı sayesinde nefes alan mekanlar

yaratırken, ortam nemini dengelemesi ve toksik olmaması sebebiyle de sağlıklı mekanlar oluşturmaktadır.

Kullanımda güvenilirlik bakımından ele alındığında,

Bims ve bims yapı elemanları insan sağlığına ve çevreye karşı olumsuz herhangi bir özellik barındırmamakla beraber, dış ortam koşullarına, mikro-organizmalara ve fiziksel-kimyasal etkilere karşı dayanıklıdır.

Gürültüye karşı korunurluk açısından ele alındığında,

İyi bir ses yutumu, pürüzlü ve gözenekli yüzeyli malzemeler ile elde edilmekte olup, bims ve bimsbeton ürünlerin, gözenekli yapıları sebebiyle, ses yutuculuk özelliği yüksektir. Bu sebeple bims ve bimsbeton ürünlerin kullanıldığı mekanlarda ses denetimi sağlanabilmektedir.

Etkin enerji kullanımı ve ısı tutuculuk açısından değerlendirildiğinde;

Bims ve bimsbeton ürünlerinin, birim ağırlıklarının düşük olması ve gözenekli bir yapıya sahip olmaları sebebiyle, ısı yalıtım amaçlı termik özellikleri, ısısal konforu sağlayacak kompozisyona sahip malzemelerdir. Bu özellikleriyle, ısı yalıtımlı binalar sağlayan bims, enerji korunumu ve tasarrufunda da önemli katkı sağlamaktadır. Yapılarda bims kullanımı ile ısınma giderlerinde % 50 oranında tasarruf sağlanabilmektedir.

## **5.2 YAPI FİZİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME**

Yapı fiziği kavramı açısından malzemeye yaklaşımda, malzemenin yapı içinde veya dışında oluşan fiziksel ortamın sentezinden hareketle seçimine gidilmesi, yapı sağlığı yanında yapının içinde yaşayan insanların konforunu da karşılayacak biçimlerde yan yana getirilmesi gerekir. Bir yapı amacına göre; içinde yaşayan insanların her türlü ihtiyacına cevap verebilir nitelikte olmalıdır. Bunu sağlamak ise mimarın başlıca görevidir. (Eriç, 1994)

Gerekli fonksiyonları ve konfor koşullarını sağlamayan bir yapı bitmiş olsa bile; malzeme özelliklerinin bilinmeden kullanılması veya üretiminde yapılan bir hata ya da kötü bir uygulama sonucu meydana gelen bozulmalar neticesinde çeşitli

onarımlara gereksinim göstermesi kaçınılmaz olup, malzeme ve işçilik masraflarını da beraberinde getirmektedir. Bunun dışında yapının taşıyıcı malzemesinde görülen hatalar can kayıplarına da yol açması sebebiyle, malzeme seçimi ve yapı fiziği açısından irdelenmesi üzerinde hassasiyetle durulması gereken konulardan biridir. Dolayısıyla yapı sağlığını doğrudan etkileyen mekanik deformasyonlar, aşınma, deprem, ısısal etkiler, su ve nem etkileri, akustik sorunlar, güneş ve atmosfer etkileri yangın gibi etkenlerin tümü yapı fiziği kapsamı içerisinde ele alınmaktadır. (Eriç, 1994)

Yapıda meydana gelen bozulmaların genel nedenlerini, aşırı ve devamlı yükleme, ısısal genleşmeler, nem miktarının değişimi, ses, trafik ve makinelerden doğan şiddetli titreşimler, korozyon, sülfat etkisi ve çiçeklenme, don, yangın, rötre gibi fiziko-kimyasal olaylar, oturma ve deprem gibi zemin hareketleri türünden çeşitli etkenler olarak sınıflandırabiliriz. Aşağıdaki bölümlerde yapı fiziği sorunlarının, bims ve bimsbeton yapı elemanları bakımından genel bir değerlendirilmesi yapılmaktadır.

*Mekanik etkiler ve yapı fiziği sorunları bakımından değerlendirildiğinde:*

Malzemede görülen deformasyonlar, basınç, çekme, kayma, burulma, eğilme, burkulma, yorulma, çarpma, sertlik gibi hallerdir. Bimsblok elemanlarının mekanik dayanımı, bloğun boyutlandırmasına göre “*basınç dayanımı*” yada “*eğilmede çekme dayanımı*” olarak tanımlanmaktadır. Bimsbeton yapı elemanlarının sert veya yumuşak karakteristik göstermelerine göre yorulma şekilleride farklılıklar göstermektedir.

Bimsbeton yapı elemanları, gözenekli yapısı ve yüksek elastikiyet modülü sayesinde şokları, kırılma ve çatlamaya uğramadan daha kolay soğurabilmekte ve deprem dayanımında normal betonlara kıyasla avantaj sağlamaktadır.

*Isısal etkiler ve yapı fiziği sorunları bakımından değerlendirildiğinde:*

Isısal özelliklerin beraberinde getirdiği sorunlar yapı içinde yaşayan insanın konforunun zedelenmesine, ısısal deformasyonlar sonucu yapının da kısa zamanda tahrip olmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, yapı fiziği yanında enerji tasarrufu açısından da üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. (Eriç, 1994). Bims ve

bimsbeton yapı elemanları birim ağırlıklarının düşük olması ve gözenekli bir yapıya sahip olmaları sebebiyle, ısı denetimini ve ısısal konforu sağlayacak kompozisyona sahiplerdir. Homojen dağılmış küçük gözenekli bir yapı malzemesinin ısı iletkenliği, düzensiz dağılmış büyük gözenekli bir yapı malzemesine oranla daha küçüktür. Eleme- ayırıştırma işlemleriyle boyutlandırılmış bims agregalarından üretilen bims yapı elemanlarının ısı iletkenlik özelliği düşük olmaktadır. Düşük ısı iletkenliğine bağlı olarak, yüksek ısı yalıtımı ve bunun sonucunda da daha az yakıt tüketimi sağlamaktadır. Yapılan araştırmalar, yapıların ısı ihtiyaçlarında, geleneksel malzemelere oranla bimsblok yapı elemanları kullanımında %50 civarında ısı tasarrufu sağlandığını göstermiştir. Ayrıca bimsblok yapı elemanları ile duvar imalatına uygun birim hacim ağırlıkta pumisit (ince bims agregası) kullanımı ile bu oranın %70'lere kadar çıkabildiğini göstermiştir.

Çizelge 5.1 Sadece Bims Kullanılarak Üretilen Boşluklu Kagir Birimlerin Isı İletkenlik Değerleri (Gündüz, 2005)

Birim Hacim Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	Isı İletkenlik Değeri, $\lambda$ (W/mK)
400	0,13
500	0,15
600	0,18
700	0,21
800	0,24
900	0,28
1000	0,32

*Su-nem etkileri ve yapı fiziği sorunları bakımından değerlendirildiğinde;*

Malzemeyi etkileyen su, su emme, basınçlı veya kapiler su geçirimsizlik ve buhar geçirimsizlik olarak üç şekilde karşımıza çıkmaktadır. Terleme ve yoğuşma olayları yapı elemanı içindeki ısı tutucu malzemelerin değerini düşürmekte, metalik bileşim elemanlarını korozyona uğratmakta, ahşabın deformasyonuna sebep olmakta, akış yönünde yüzeysel çiçeklenmelere veya kaplama malzemelerinin kabarma ve dökülmelerine neden olmaktadır. Terleme yapı elemanlarının yüzeyinde sıcaklık

düşmesi ile meydana gelen buharın su haline dönüşmesidir. Yoğuşma ise, farklı buhar basınçlarından dolayı yapı elemanlarının malzemeleri arasında meydana gelen buharın su haline dönüşmesi olayıdır (Eriç, 1994).

Yapılan çalışmalarda, bims agregalı boşluklu blok elemanları ile örülen duvarlarda, aynı ortam şartları içerisinde nem yoğuşmasının meydana gelmediği gözlenmiştir. Bimsbeton yapı elemanlarının, normal betondan üretilen yapı elemanlarına kıyasla, nem yoğuşması ve buhar difüzyonu açısından oldukça avantajlı bir malzeme olduğu gözlemlenmiştir (Gündüz, 2005).

Bimsbeton yapı elemanları, bünyesinde yüksek miktarda su buharı bulundurabilme, böylece nemlenmeme ve rutubetlenmeme özelliklerine sahiptir. Birçok inşaat malzemesinden farklı olarak kapilaritesiyle su emmeyip, difüzyon yoluyla bünyesinde su toplamaktadır. Hacim içerisinde nem miktarının, bağıl nem miktarının altına düşmesi durumunda, her bir gözenekteki su buharı hacim içerisine geri verilir. Bu sebeple bims yapı elemanları, ortam nemini dengeleme ve iklimlendirme özelliğine sahiptir. Bims yapı elemanlarıyla yapılan bir bina ıslanınca daha çabuk kururken diğer yapay gözenekli malzemeler bazen birkaç yıl nemli kalabilmektedir. Bu yüzden, bimsbloklarda, diğer ürünlerde görülen duvarlardaki terleme ve dolap arkalarındaki küf oluşumlarıyla karşılaşmamaktadır.

#### Ses etkisi ve yapı fiziği sorunları bakımından değerlendirildiğinde;

Bir mekanın işlevine bağlı olarak, yapı içinde işitsel konforun sağlanması ve gerekli denetimin kurulması temel bir gereksinimdir. İnsan çok yüksek ses şiddetine maruz kaldığında, aşırı yüklenme sonucu, kulak zarında fiziksel yaralanmalar meydana gelebileceği gibi, uzun süreli ve konfor sınırının üzerinde bir gürültüye ya da sese maruz kaldığında da psikolojik sorunlarla karşılaşabilir. Bu nedenle yapı içerisindeki sesi belirlenen konfor düzeyinde tutmak ve kontrol altına almak için ses denetim uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılarda akustik konforun sağlanması, kullanılan yapı elemanı ve bileşeni malzemenin karakteristik akustik özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. İyi bir ses yutumu, pürüzlü ve gözenekli yüzeyli malzemeler ile elde edilir. Gözenekli yapıları sebebiyle, bims agregaları ile elde edilen yapı elemanlarının ses yutuculuğu



yüksektir. Ayrıca Avrupa ülkelerinin birçoğunda akustik konforun oldukça önemli olduğu konser salonlarında, konferans salonlarında ve dini mekanlarda bims yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde de Ayasofya'nın kubbesinde bims kullanıldığı bilinmektedir.

Çizelge 5.2 Bimsblok Elemanların Farklı Ses Frekanslarındaki Ses Yutuculuk Değeri (Gündüz, 2005)

Bimsbeton harcı BHA:750 kg/m <sup>3</sup>						
Blok Genişliği (mm)	Blok Ağırlığı (kg)	Blok BHA (kg/m <sup>3</sup> )	Alansal Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Bimsblok Ses Yutuculuk Değeri (dB)		
				500 Hz	1000 Hz	1600 Hz
100	4,59	636	64	34	41	51
150	6,36	588	88	37	45	56
190	7,88	575	109	39	47	59
200	8,08	560	112	40	48	60
250	9,06	502	126	41	49	61

*Fiziko-kimyasal etkiler ve yapı fiziki sorunları bakımından değerlendirildiğinde;*

Güneş, yangın, korozyon ve çeşitli atmosfer etkileri sonucu ortaya çıkan bazı kimyasal değişimlerle, genellikle süreye bağlı olarak malzemenin içyapısında veya yüzeysel olarak bozulmalar ortaya çıkar. Yangın etkisi hariç bu olaylar, uzun bir süreç sonucunda görüldükleri için ani çökmelere ve bozulmalara yol açmazlar. Çoğunlukla bu sorunlar malzemenin içinde bulunduğu çevresel koşullar ve iki malzemenin birbiriyle ilişkisi sonucunda ortaya çıkar. Bu etkiler neticesinde gerekli olacak olan yenileme ve onarım işlemleri, malzeme ve işçilik maliyetlerini de beraberinde getireceğinden, henüz tasarım aşamasında bu tür fiziko-kimyasal etkilerin göz önüne alınması gerekir. (Eriç, 1994)

Bimbeton yapı elemanları, farklı yerlerde, farklı atmosfer etkilerine maruz kalabilmektedirler. Bunlar; genelde kış aylarında donma/çözülme olgusu, yaz aylarında ise sıcaklık etkisinde boy değişim olgusu gibi ele alınabilmektedir. Boşluklu malzemede, atmosferin kısa sürede zarar veren en önemli etkisi, donma-çözülme etkisidir.

Bimsin teknik özellikleri arasında; yangın geciktiriciliği özelliğinin yüksek, atmosferik ortamın koşullarına karşı dayanıklı, inorganik, non-toksik ve doğal bir malzeme olması ve mikro-organizmalardan etkilenmemesi gibi özellikler sayılabilmektedir. Bimsbeton yapı elemanlarının yangın dayanımı oldukça yüksektir. Yüksek yanma ısısında, alev almama, şekil ve boyut kaybetmeme ve duman çıkarmama özelliğine sahiptir. Erime sıcaklığı yüksektir (>970 °C) ve çevreye zararlı herhangi bir gaz çıkartmamaktadır. Gözenekli ve doğal yapısı sebebiyle, bimsbeton yapı elemanları ile inşa edilen yapılar, nefes alan, sağlıklı, koku yapmayan doğal havalandırma sağlayan mekanlar oluşturmaktadır.

Diğer taraftan, güneş ve diğer kaynaklardan gelen ultraviyole ve radyasyonik zararlı ışınımın etkisini en aza indirmenin bir yolu da yaşadığımız mekanlarıda doğru malzeme seçimi yapmaktır. Bims ve bimsbeton ürünleri ile ilgili Avrupa'da yapılmakta olan çalışmalarda olumlu gelişmeler kaydedilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalar, bimsbeton yapı elemanlarının, elektromanyetik dalgalara karşı da yalıtım özelliğinin olduğunu göstermektedir.

### **5.3 YAPI BİYOLOJİSİ VE İNSAN SAĞLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRME**

Yapıların üretim ve işletimi sırasında havaya, suya ve toprağa salınan birçok madde, insanlar, hayvanlar, bitkiler ve onları destekleyen ekosistemleri için zehirlidir. İç ortamdaki hava kalitesine bağlı olarak ortaya çıkan hastalıklar artan bir ilgi ile incelenmektedir. Yapılarda bulunan birçok malzeme havaya kimyasal gazlar salmaktadır. Toksinlere maruz kalınması, mukozada ve ciltte tahriş gibi hastalıklara veya çoğunlukla baş ağrısı, yorgunluk, konsantrasyon güçlüğü gibi daha genel rahatsızlıklara sebep olmaktadır. (Gür, 2007)

İnsan hayatının yaklaşık olarak %90'ı yapılarda geçmektedir. Yapılardaki sağlıksız koşullar insanlarda baş ağrısı, stres astım gibi rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Bu sağlıksız koşulların azaltılabilmesi için; yapay olan üründen çok doğal ürünlerin kullanılması gereklidir. (Uçurum, 2007).

Ekolojik sisteme uyumluluğu ve yeniden kullanılabilirliğinin yanı sıra bims ve bims beton ürünlerin iç ortam konfor koşullarına katkıları fazladır. Yapı ürünleri ile ilgili tercihlerde, sera etkisi yaratmayan ve ozon delici gazlar yaymayan, doğal ürünlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Yapıda kullanılacak malzemeler, insan sağlığına zararlı etkileri olmayan, yapı fiziği ve yapı biyolojisi kurallarına uygun, çevreye uyumlu ve zararsız malzemeler olmalıdır. Bims ve bims beton ürünleri, ortam nemini dengeleme, iklimlendirme, doğal, zararsız, toksik olmayan ve mikro-organizmalardan etkilenmemesi gibi özellikleri ile yapı biyolojisi ve kullanıcı sağlığı açısından yapıda kullanımında önemli avantajlar sağlamaktadır.

#### **5.4 SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÜLKE EKONOMİSİNE KATKILARI**

Bir yapının yaşam döngüsü boyunca oluşturduğu çevresel etkilerin yaklaşık % 20 si yapı malzemelerinden kaynaklanmaktadır. Bu etkiler, yapı malzemesi üretimi için gerekli hammaddenin doğadan çıkarılması, üretim yerine taşınması, yapıdaki yerini alması, kullanım, bakım, onarım ve yapı ömrünü tamamladıktan sonra yıkım ve doğaya geri dönme süreçlerinde oluşmaktadır. Yapı malzemeleri ve ürünlerinin sürdürülebilirlik ilkelerine göre seçimi, yapıların doğal çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmakla kalmaz, enerji etkinliğini artırır, işletme, bakım ve onarım giderlerini azaltır, kullanıcılar için sağlıklı ve konforlu ortamlar sunar. (Sev, 2009)

Yapılan araştırmalar insan yaşamının yaklaşık %90'ının iç mekanlarda geçtiğini ve bu mekanlardaki hava kirlilik düzeyinin dış mekanlardan daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu bakımdan yaşanan mekanlarda gerekli konfor koşullarının sağlanabilmesi için malzeme seçimi büyük önem taşımaktadır.

Hammaddelerin verimli kullanımı, çevreye duyarlı bir üretim süreci, geri dönüşüm, toksik bileşenlerin azaltılması/ortadan kaldırılması, orta ve uzun vadede çevresel,

ekonomik ve toplumsal yararlar sağlayan girişimlerdir. Bims, doğal, inorganik, toksik olmayan, çevreci ve ekonomik bir malzeme olması sebebiyle bu kriterlere uygun bir malzeme olup, verimli kullanımıyla da yapı sağlığı, insan sağlığı ve ülke ekonomisi gibi toplumsal yararlar sağlayan bir malzemedir.

#### **5.4.1 Sürdürülebilirlik Kavramının Tanımı Ve Gelişimi**

Türk Dil Kurumu'nun Türkçe Sözlüğünde “sürdürmek”, “bir durumun, bir şeyin sürmesini, olmasını sağlamak” olarak tanımlanmaktadır. Dünya Bankası sürdürülebilirliği, herhangi bir tasarım, uzun bir zaman dilimi boyunca, kendisinden beklenen yararları sağlamasını devam ettirme kapasitesi olarak tanımlamaktadır. Sürdürülebilirlik, herhangi bir nesne, tasar ya da sisteme ait; var olan, istenilen ya da ulaşılan olumlu durum ya da özelliğin belirli bir zaman dilimi boyunca aynı nitelikte (kalitede) olmasının sağlanması biçiminde tanımlanmıştır (Sarp, 2007)

Sürdürülebilirlik kavramı ilk defa 1972 yılında, Stockholm'de yapılan İnsan Çevresi Konferansı sırasında kullanılmaya başlanmış, konferans sonunda Stockholm Çevre Bildirgesi yayımlanmıştır. Bunu 1976'daki Barcelona Sözleşmesi izlemiştir. 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayımlanan, Ortak Geleceğimiz (Our Common Future) olarak adlandırılan ve Bruntland Raporu olarak bilinen rapor ise sürdürülebilirliğin günümüzde de kullanılan tanımını ortaya koymuştur: “Sürdürülebilir kalkınma, günümüzün ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan yapılan kalkınmadır.” (Bruntland, 1987). Bruntland Raporu'ndan sonraki gelişme 1992 yılında gerçekleşen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı'dır. Konferansta yağmur ormanlarının ve biyolojik çeşitliliğin korunması, CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılması ve sürdürülebilir gelişme için yeni stratejiler geliştirilmesi konularında kararlar alınmıştır. Rio Bildirgesi, Orman İlkeleri Bildirgesi, İklim Değişikliği Sözleşmesi, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi ve Gündem 21 (Agenda 21) belgeleri kabul edilmiştir. Bundan sonra, 1997 yılında Kyoto şehrinde, atmosfere salınan sera gazlarının azaltılmasını konu alan Birleşmiş Milletler Küresel Isınma Konferansı düzenlenmiştir.

Sürdürülebilirlik son yıllarda üzerinde önemle durulan bir kavramdır. Sürdürülebilir tasarım ve kalkınmada karşılanması beklenen gereksinimler aşağıdaki maddelerle açıklanabilmektedir (Gür, 2007).

- Günümüzün ihtiyaçlarını gelecek kuşakların yaşam kalitesini tehlikeye atmadan sağlamalı
- Ekonomik büyümeyi, çevresel kirlenmeyi minimum düzeyde tutarak sağlamalı, az atık üretmeli, sağlıklı ve yaşanabilir bir çevre sağlamalı
- İnsan gereksinimlerini; gelişme, sosyal eşitlik, ekoloji ve ekonomi arasında bir denge sağlayacak şekilde karşılamalı
- Çevresel etki, enerji kullanımı, doğal kaynaklar, ekonomi ve yaşam kalitesi konularını göz önüne almalı
- Bir projenin planlama, programlama, tasarım, yapım, kullanım ve yok olma aşamalarını içeren tüm yaşam döngüsü kapsamında optimum yarar sağlamalı

Çevre kalitesini geliştirmek, insan sağlığını korumak ve doğal kaynakların akılcı kullanımını sağlamak sürdürülebilirliğin temel ilkeleri olarak ele alınabilmektedir. Bims, üretiminde, yapıda kullanımında ve yapı dönemi sonrasında da çevreye ve insan sağlığına zararlı herhangi bir atık oluşturmaması ve ülkemizdeki doğal kaynakların akılcı kullanımını sağlaması sebebiyle sürdürülebilirliğin temel ilkelerine uygun yapı malzemesi ve bileşenlerini oluşturmaktadır.

#### **5.4.2 Mimaride Sürdürülebilirliği Sağlama Yolları**

Sürdürülebilir mimari; içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde çevreye duyarlı, doğaya en az düzeyde zarar veren, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümüdür. İnsan gereksinimlerini, doğal kaynakların varlığını ve geleceğini tehlikeye atmadan karşılamayı esas alır. Sürdürülebilir yapılar; kullanıcıların sağlığı ile konforunu korur ve geliştirir, yapımı ve kullanımı sırasında doğayı ve doğal kaynakları korur, yıkımından sonra diğer yapılar için kaynak, ya da doğaya zarar vermeyecek şekilde atık oluşturur. (Sev, 2009)

Sürdürülebilir yapı tanımını, ekolojik, sosyal ve ekonomik konularda daha kapsamlı bir çerçeve oluşturmaktadır. Uluslararası bir yapı araştırma organizasyonu olan CIB (Conseil International du Batiment), 1994 yılında, sürdürülebilir yapının amacını; “kaynakların etkin kullanımını ve ekolojik tasarımı temel alarak sağlıklı çevrelerin yaratılması ve yönetilmesi” olarak tanımlamıştır (Kibert, 2005).

Mimaride sürdürülebilirlik, insan sağlığı ve ekolojik dengeye duyarlılığı vurgulayan bir kavramdır. Ekolojik dengeye saygı, binaların daha az enerji tüketmesi, geri dönüşümü olan malzemelerin kullanımı, doğal enerji kaynaklarından olabildiğince yararlanmak gibi çözümler ile olabilmektedir. Tüm yapı elemanlarının sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda uygulanması, doğaya verilen zararın minimize edilmesi için bir gereklilik olarak gözükmektedir. (Gür, 2007)

Yukarıda sıralanan hedefler ve ilkeler doğrultusunda, sürdürülebilir bir yapının temel özellikleri aşağıda sıralanmıştır. Sürdürülebilir yapı,

- İnsan sağlığını ve konforunu en üst düzeye sağlar.
- İnsanın yaşam kalitesini yükseltmeye yöneliktir.
- Kaynak tüketiminde korunum sağlar.
- Yapım ve kullanım sürecinde en az enerjiye gereksinim duyar, enerji korunumunu sağlar.
- Alternatif enerjilerin kullanımını sağlayan sistemlerden yararlanır.
- İçinde bulunduğu çevreye saygılı ve uyumludur.
- Atık üretimi en az seviyededir ve denetimlidir.
- Yapım niteliği en üst düzeydedir ve uzun ömürlüdür.
- Yeniden kullanılabilen ve dönüşümlü malzeme kullanır.
- Kullanıcısının sosyal ve kültürel gereksinimlerini sağlar.
- Kullanıcısının kişisel seçimlerine uygundur.

Yukarıda değinilen sürdürülebilir yapı kriterlerinin bims ve bimsbeton ürünleri bakımından değerlendirilmesi yapıldığında;

Bims ve bimsbeton ürünlerin yapıda kullanımı ile insan sağlığı ve mekan konfor koşulları açısından önemli avantajlar sağladığı görülür. Doğal bir malzeme olması, ortam nemini dengelemesi, gözenekli yapısı sebebiyle nefes alan, ısı ve ses denetiminin sağlandığı mekanlar oluşturması ve toksik bileşen içermemesi sebebiyle insan yaşam kalitesini yükseltmeye yöneliktir. Yapım ve kullanım sürecinde az enerjiye gereksinim duyar ve enerji korunumu sağlar. Uzun ömürlü ve çevreye zararlı bir etkisi olmaması, yapı elemanlarında bims ve bimsbeton ürünlerin kullanılması ile sürdürülebilir mimarlık kriterlerinin sağlanabileceğini göstermektedir.

Sürdürülebilir mimarlık; binaların tasarımına, yapımına, işletmesine, çevre alanlarına yöneliktir ve binaların çevresi ve kullanıcılarıyla olan ilişkisini düzenlemeyi amaçlar. Sürdürülebilir mimarlığın amacı, çevresine duyarlı, az enerji tüketen, çevre üzerinde en az olumsuz etkiye sahip, kullanıcılarına sağlıklı iç ortamlar sunan ve konfor koşullarını optimum düzeyde sağlayan binaların tasarlanmasıdır.

Sürdürülebilir mimarlığın giderek daha fazla ilgi odağı olmasının nedenlerinden biri sürdürülebilir yapıların uzun vadede ekonomik yarar sağlamalarıdır. Sürdürülebilir mimarlık, bir tarzı ya da belirleyici bir görünüşü tarif etmeden, bir binanın ömrü boyunca nasıl olması gerektiğini ve görünüşü ardında neleri barındırması gerektiğini tanımlar. Sürdürülebilir mimarlığın amacı özel yöntemler kullanarak, insan gereksinimlerini; gelişim, sosyal eşitlik, ekoloji ve ekonomi arasında bir denge oluşturarak sağlamaktır. Günümüzde sürdürülebilir mimarlık kapsamında, temelde aynı amaçlar doğrultusunda çalışan, özelde belli konular üzerine yoğunlaşan ekolojik, bioklimatik, enerji etkin tasarım ya da mimari olarak adlandırılan yaklaşımlar özellikle tasarımcı ve kullanıcıların kişisel yaklaşımları doğrultusunda yaygın biçimde uygulanmaktadır (Sev, 2009).

Yine bir başka değerlendirmeye sürdürülebilir yapı;

- Enerji ve kaynakların korunumunu sağlayan,
- Kullanılan ürünlerle yeniden kullanıma olanak sağlayan, yaşam döngüsü boyunca en az düzeyde toksik madde yayan,
- İklimsel, kültürel, çevresel koşullarla uyumlu,

- İnsan yaşamının sürdürülmesinde kaliteyi artıran, aynı zamanda da ekosisteme gerek makro gerekse mikro düzeyde zarar vermeyen yapılar olarak tanımlanabilir.

Mimaride sürdürülebilirliği sağlama yöntemlerinden biri de iklimle dengeli tasarım anlayışıdır. İklimle dengeli tasarım, yerleşimlerin oluşmaya başladığı ilk zamanlardan beri, insanın yapılarda iklimsel konforunu en az enerji ile en iyi biçimde oluşturulmasında etkin biçimde yüzyıllardır değerlendirilen bir yaklaşımdır. Ancak gelişen teknoloji, yerel boyuttan evrensel boyuta taşınan beğeni ölçütleri, zorlayıcı ekonomik koşullar, kentleşme ile son zamanlarda etkinliğini kaybetmiş görünse de sürdürülebilir bina tasarımının temel ve değişmez ögesidir (Gür, 2007).

İklimle Dengeli Tasarım yaklaşımı, iç ortamda insan için en uygun ısısal konfor koşullarının sağlanmasında, iklim ve çevre koşullarından yararlanmayı amaçlar. İklimle dengeli tasarım, konfor koşullarının sağlanmasını, en az ısınma ve soğutma yükleri ile gerçekleştirmeyi hedefler. Sıradan mimari elemanları, yapının enerji etkinliğini arttırmak ve konfor koşullarını doğal yöntemlerle sağlamak için kullanır.

Bimsbeton yapı elemanlarının ısı iletkenlik değerinin düşük olması sebebiyle, yaşanılan mekanlarda ısısal konforu sağlanmasında oldukça etkilidir. Yapılan araştırmalar bimsbeton yapı elemanlarının kullanıldığı binalarda, ısınma ve soğutma giderlerinde önemli ölçüde tasarruf sağlandığını ve etkin enerji kullanımına imkan verdiğini göstermiştir. Seçilen yapı elemanının birim hacim ağırlık, ısı iletkenlik kat sayısı, buhar geçirimsizlik gibi bileşen malzeme özellikleri, iklimle dengeli tasarım yaklaşımında önceden bilinmesi gereken özelliklerdir. İklimle dengeli tasarımda, konfor koşullarının sağlanmasını en az ısınma ve soğutma yükleri ile gerçekleştirmesi, yapı bileşeninin kesit kalınlığı ve ürün geometrisi gibi etkenlerle de yakından alakalıdır. Yapının içinde bulunduğu iklim ve çevre koşullarına göre kullanılacak yapı elemanının seçilmesi ve tasarlanan binanın yapısal özelliklerinin bu koşulların doğrultusunda yapılması büyük önem taşımaktadır. Bulunduğu yerin iklimsel ve çevresel özellikleri uyumlu olmayan bir binanın sürdürülebilir olmasının olanaklı olamayacağı açıktır. Bimsbeton yapı elemanlarının teknik özellikleri ve ısısal konfor koşullarına etkileri önceki bölümlerde detaylı olarak ele alınmıştır.



### 5.4.3 Sürdürülebilir Yapı Malzemesi

Yapı malzemeleri ve ürünlerin sürdürülebilirlik ilkelerine göre seçimi, yapıların doğal çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmakla kalmaz, enerji etkinliğini artırır, işletme, bakım ve onarım giderlerini azaltır, kullanıcılar için sağlıklı ve konforlu ortamlar sunar. Sürdürülebilir, bir başka deyişle yeşil yapı malzemesi çevreye ve üretiminde tükenir kaynakların sınırlarına duyarlı hammaddeleri etkin kullanan malzemelerdir. Yapı malzemelerin seçim sürecinde, kalite, performans, estetik ve maliyet gibi kriterlerin yanı sıra sürdürülebilirlik kriterlerinin karşılanabilirliği de dikkate alınmalıdır (Sev, 2009). Sürdürülebilir yapı malzemeleri;

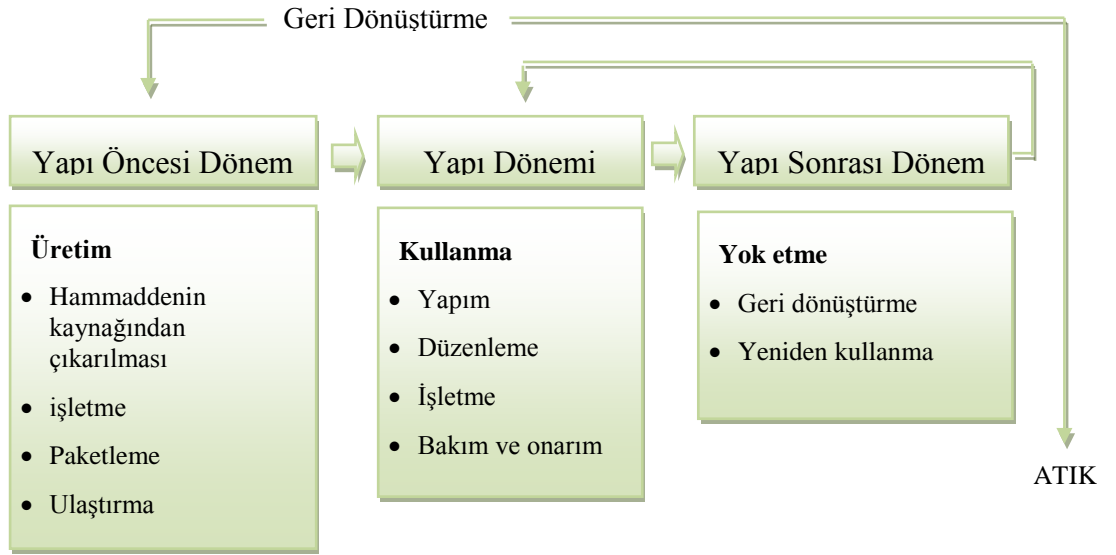
- Toksik bileşen içermedikleri için insan sağlığına zararlı değildir.
- Geri dönüşümlüdürler ve/veya tekrar kullanılabilirler.
- Üretimleri enerji ve su korunumu ilkelerine uygun olarak gerçekleştirilir.
- İşlevlerini tamamladıktan sonra doğal çevre üzerinde zararlı etki oluşturmazlar.
- Yerel kaynaklardan ve üreticilerden elde edilir.

Bu kriterler kapsamında bims değerlendirildiğinde;

- toksik bileşen içermemesi, doğal bir malzeme oluşu ve insan sağlığına zararlı olmaması,
- hammaddenin ocaktan çıkarılışından başlayarak, yapıda kullanımında ve sonrasında da geri dönüşümü olan ve tekrar kullanılabilir bir malzeme olması,
- üretiminde pişirme genleştirme vb. yüksek enerji maliyetli bir durumun söz konusu olmaması ve yapıda kullanımıyla enerji tasarrufu sağlaması,
- kimyasal ilaçları ve gübreleri bünyesinde tutarak, yeraltı su kaynaklarının kirlenmesinin önüne geçmesi, ekonomik ve ekolojik açıdan fayda sağlaması,
- işlevini tamamladıktan sonra da doğal çevre düzenine zararlı herhangi bir atık ve/veya gaz oluşturmaması,
- yerel kaynaklardan ve üreticilerden elde edilebilmesi

sebebiyle, bimsin sürdürülebilir yapı malzemesi kriterlerine uygun olduğu görülmektedir.

Bir yapının yaşam döngüsü, yapım için gerekli hammaddelerin kaynağından çıkarılmasından yıkımına kadar geçen tüm süreçleri kapsamaktadır (Şekil 5.1). Yapı öncesi dönem, malzemenin üretimi için gerekli hammaddenin kaynağından çıkarılması, işlenmesi, paketlenmesi ve yerine ulaşmasını kapsar.



Şekil 5. 1 Yapı malzemelerinin yaşam döngüsüne ilişkin dönemler (Sev, 2009)

Bims ve bimsbeton ürünlerin yapı öncesi dönemde geçirdiği süreçler değerlendirildiğinde, çevreci ve enerji korunumlu bir yaklaşım görülmektedir. Bims doğal hammadde potansiyelimizde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bims yerel kaynakların kullanımını bakımından değerlendirildiğinde, ülke ekonomisi açısından da büyük önem taşımaktadır. Genellikle bims yatakları gevşek agregalardan oluşmuştur ve bu sebeple kazısı ve işletmeciliği kolaydır. Hammaddenin kaynağından çıkarılmasında dışa bağımlı teknoloji ve enerji gerektirmediği gibi, çevreye ve insan sağlığına zararlı atık bulundurmamaktadır. Hammaddenin işlenmesi ise kırıcı ve eleklerle sağlandığı için malzemeyi üretmek için gerekli enerji miktarı da düşük olmaktadır. Bims ve bimsbeton ürünleri paketleme sürecinde de çevreye ve insan sağlığına zararlı bir etki oluşturmadığı gibi, enerji maliyetli bir sistem gerektirmemektedir. Bimsin gözenekli yapısı sebebiyle birim hacim ağırlığının düşük

olması nakliye giderlerinde, dolayısıyla ulaştırma sürecinde büyük avantaj sağlamaktadır. Aynı durum bimsbeton yapı elemanları içinde geçerli olmaktadır. Üretiminde pişirme veya genleştirme gibi yüksek enerji maliyetlerinin olmaması, toksik madde bulundurmaması, doğal ve çevreye zararsız olması bimsin yapı malzemesi seçiminde tercih edilmesini sağlamaktadır.

Yapı malzemelerinin faydalı ömrüne karşılık gelen yapı dönemi süreci, yapım faaliyetlerinin yanı sıra bakım ve onarımında kapsar. Bu dönemde oluşacak atık miktarı önemlidir. Kullanım sürecinde malzemenin toksik madde içerip içermediği dikkate alınması gereken hususlardan biridir. Bims ve bimsbeton ürünlerin yapı döneminde geçirdiği süreçler; yapım, düzenleme, işletme, bakım ve onarım olarak ele alındığında, sürdürülebilir yapı malzemesi kriterlerini sağladığı görülür. Bims deprem yüklerine daha elastik davranış göstermesi, ısı ve ses denetimi olanakları sağlaması, yangına ve atmosferik ortam koşullarına karşı dayanıklı olması, mikro-organizmalardan etkilenmeyen, inorganik, toksik olmayan, çevreci ve doğal bir malzeme olması sebebiyle yapıda kullanımı tercih edilmesi gereken bir malzemedir.

Yapı faydalı ömrü sona erdikten sonra, malzeme veya ürün bütünüyle ya da bir kısım bileşenleri geri dönüştürülmekte ya da yok edilmektedir. Tasarımcı tarafından yapı malzemelerinin en az dikkate alınan süreci budur. Binanın yıkımı sonrasında oluşan atıklar büyük çevresel zararlar oluşturmaktadır. Buna karşılık malzemelerin geri dönüştürülerek yeniden kullanılması atık oluşumunu önlemenin yanı sıra gömülü enerji değerlerinde korunmasını sağlamaktadır (Sev, 2009). Bims ve bimsbeton ürünleri yapı sonrası dönemde geri dönüşümü olan ve yeniden kullanılabilen malzemelerdir.

Yapı malzemesi seçiminin maliyet, estetik, performans, temin edilebilirlik, yapı yönetmelikleri ve üretici garantisi gibi kriterlerin yanı sıra yaşam döngüsü değerlendirmesi kriterlerine göre yapılması gerekir (Sev, 2009).

Aşağıda bims ve bimsbeton ürünleri bu kriterler doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Dünya genelinde en çok kullanılan maddeler arasında sudan sonra ikinci sırayı alan beton, çok yönlü, dayanıklı, ekonomik açıdan etkin ve estetik açıdan uygun bir yapı bileşenidir (Sev, 2009). Hafif bir beton çeşidi olan bimsbetonlar diğer yapı



kullanılmaktadır. Yapısı itibariyle şekil vermeye uygun bir malzeme olup, diğer malzemelerle yakalanamayacak plastik etkilerin elde edilmesine imkan verir. Rengi, dokusu ve içyapısı çeşitli yollarla değiştirilebildiği için pek çok farklı türde yapı elemanı ve obje tasarımını mümkün kılar.

#### **5.4.4 Çevre Ve Ekoloji Açısından Değerlendirme**

Doğal durum yaklaşımında, öncelikli olan doğa yasalarının esas alınmasıdır. Doğa yasalarına uygun davranış biçimleri geçerlidir ve doğa ile insan arasındaki uyum bu temelde gelişmektedir. Bu yaklaşım gerek bilim çevrelerinde gerek ilahi nedenlere dayandırılarak felsefe alanında da karşılık bulmuş, doğaya insan müdahalesinin karşısında bir tavır geliştirmiştir. Bu nedenle de çevreyi bozmayan davranış biçimlerinin araştırılması ve yaygınlaştırılması gereklidir. (İncedayı, 2004).

Bims çevre ve ekoloji açısından değerlendirildiğinde, malzemenin yaşam döngüsü sürecinde çevreye zararlı atık oluşturmadığı gibi, ekolojik açıdan da fayda sağlayan bir malzemedir. Bims gelişmiş ülkelerin çoğunda tarımda kuraklığa çare olarak başvurulan seçeneklerden bir tanesidir. Bünyesine aldığı suyu uzun müddet muhafaza ederek sürekli olarak nemli bir ortamın oluşmasını temin ettiğinden, kuraklığa çare olarak kısmi bir çözüm getirdiği için yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bugün su kaynakları yetersiz olan İsrail, Suudi Arabistan, Kuveyt gibi ülkeler, iklimin sıcak olması ve sulama suyunun da aşırı buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının önüne geçilebilmesi için, toprağın altında belirli bir derinlikte ve belirli bir kalınlıkta serilen bims tabakası içerisine, toprak altından su vererek, bitkilerin ihtiyacı olan suyun direkt olarak köklere ulaşması sağlanmakta ve buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının önüne geçilmektedir. Ayrıca bims kimyasal ilaçları ve gübreleri bünyede tutarak yeraltı suyunu zehirlemelerini engelleyerek, ekonomik ve ekolojik açıdan da fayda sağlamaktadır. İçme suyunun filtrasyonu içinde saf bims taşı kullanılmaktadır. Bims insan sağlığını tehdit edecek hiç bir element içermez. Bims genellikle iki katmanlı filtrelerde hafifliğinden ötürü birincil arıtma amacıyla kullanılırken, alttaki diğer tabaka bims tarafından yakalanamayan küçük maddeleri süzer.

#### 5.4.5 Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirme

Enerji ve çevre bilinçli bir tasarımda bina kabuğu, bir mekanın çevresi ile yaptığı ısı, ses, nem, su ve hava ile ilgili alışverişler yapı kabuğu ve onu oluşturan katmanların özellikleri ile ilgilidir. (Akıncıtürk, 1999)

Tükettiği enerjinin büyük bir bölümünde dışa bağımlı bir ülke olarak, yapı sektöründe enerjiyi verimli kullanma ve enerji tasarrufu sağlama, yapı tasarlama ve oluşturmada ele alınacak önemli konulardan biridir. Yapı elemanlarının gerekli ısı yalıtımını sağlayacak şekilde seçilmesi, mimari detaylandırmalarda önemli konulardan biridir. Döşeme, duvar ve çatıdan oluşabilecek ısı kayıplarına karşı çeşitli malzemelerden oluşturulan katmanlarla önlemler alınmalıdır. (Akıncıtürk, 1999)

Bimsin en önemli kullanım alanlarından biride yalıtım malzemesi olarak kullanılmasıdır. Çatılarda ve ısı kayıplarının oluşabileceği yerlerde serbest yalıtım agregası olarak kullanılabilir. Bütün dünyanın üzerinde hassasiyetle durduğu enerji verimliliği konusunda ısı yalıtımı büyük önem arz etmektedir. Binalarda, sıcaklık etkilerinden korunma, insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt ekonomisi ve ilk yapım giderleri yönlerinden ısı yalıtımı konusu oldukça önemlidir. Bims ve bimsbeton yapı elemanları, gözenekli yapısı, hafifliği ve düşük ısı iletkenlik katsayısı özellikleri ile bir yapının ısıtma-soğutma için gereksinim duyduğu enerjiyi azaltarak, enerji verimliliğinin sağlanmasında büyük bir öneme sahip olmaktadır.

Bina, yapım sürecinde tükettiği enerjinin dışında ömrü boyunca,

- Isıtma, soğutma,
- Aydınlatama,
- Havalandırma,
- Bina işlevine bağlı etkinlikler,

için enerjiye gereksinim duyar. (Göksal, vd., 2002) Bu gereksinimler için yapının tüketeceği enerji oranı; kullanıcı sayısına, tüketim alışkanlıklarına, dış çevre koşullarına, yapının tasarımına ve uygulanma özellikleri gibi etkenlere bağlı olarak değişmekle birlikte, enerji kullanımının dağılımına bakıldığında, enerjinin, % 50 oranında mekan ısıtmada kullanıldığı hesaplanmıştır. Bu durumda, en büyük enerji

ısıtmada kullanılmaktadır. Bu nedenle ısı kaybını azaltmak büyük bir enerji tasarrufu sağlama yöntemlerinden biri olarak gözükmektedir. Bims ve bimsbeton ürünleri hem dışa bağımlı yüksek enerji maliyetli bir üretim yöntemine sahip olmaması hem de yapıda kullanımı ile etkin enerji kullanımına imkan sağlaması sebebiyle enerji verimliliğinde tercih edilmesi gereken ürünlerdir.

#### **5.4.6 Ülke Ekonomisi Açısından Değerlendirme**

Bims rezervleri bakımından dünyanın ikinci ülkesi konumunda olan ülkemizde, bims ve bimsbeton ürünleri sahip olduğu doğal hammadde potansiyeli bakımından ülke ekonomisi için büyük önem taşımaktadır. Doğru ticari politikalar ve dış ticarete hitap edebilecek nitelikte tesislerin oluşturulmasıyla, bimsin ülke için çok ciddi ekonomik kazanç sağlanabilmesi mümkündür. Bimsin saflaştırma yöntemleri ile içerisindeki gang minerallerin ve yabancı taşların ayrıştırılmasıyla agregaların birim hacim ağırlıkları azaltılabilmektedir. Bu da dış ticarete daha az nakliye giderleriyle daha çok bimsin ihraç edilebilmesi anlamına gelmektedir.

Bims, volkanik patlamalar neticesinde oluşmuş gözenekli hafif bir malzeme olması sebebiyle, genellikle bims yatakları gevşek agregalardan oluşmuştur ve bu sebeple kazısı ve işletmeciliği kolay ve ekonomiktir. Bimsin hammadde sahalarından çıkarılması, genellikle açık ocak işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır. Ocaktan çıkarılmasından nihai ürünlere dönüşmesine kadar, bims çok az insan gücü ve az bir enerji tüketimine sahiptir. Bimsin pişirme ya da genleştirme gibi yüksek enerji tüketen herhangi bir üretim aşamasının olmaması, enerji verimliliği ve ülke ekonomisi bakımından diğer yapı malzemelerine üstünlük sağlamaktadır. Enerjide dışa bağımlı bir ülke olarak, bims ve bimsbeton ürünleri, diğer yapı elamanlarıyla mukayese edildiğinde, bimsin sağlamış olduğu avantajlar büyük önem teşkil etmektedir. Geleneksel yapı malzemesi tuğladaki gibi herhangi bir pişirme maliyetinin olmaması ve verimli tarım topraklarının kullanılmaması sebebiyle her iki açıdan da ülke ekonomisine avantaj sağlamaktadır. Gaz beton ise doğal olmayan bir malzeme olmasının yanı sıra, üretiminde genleştirme işlemleri için yüksek enerji harcanması sebebiyle ülke ekonomisine her iki açıdan da dezavantaj oluşturmaktadır.

Yakıt tasarrufu bakımından yaşanan mekanlarda ısı yalıtımının sağlanması, önemli enerji tasarrufu sağlama yöntemlerinden biridir. Bu sebeple dünya üzerinde bims kullanımının her geçen gün arttığı gözlenmektedir. Çünkü gelişmiş ülkelerde enerji tüketimini karşılamak için tesisler kurmak yerine enerji tasarrufu yapılabilmesi ve enerjinin etkin olarak kullanılabilmesi için çalışılmaktadır.

Ülkemiz açısından değerlendirildiğinde bims kullanımı ile

- Mevcut kaynakların israf edilmesi engellenmekte
- Yurt dışından teknoloji transferi yolu ile enerji maliyetli üretim yöntemi gerektirmemekte,
- Kısıtlı olan enerji kaynakları israf edilmemekte,
- Hammadde kaynaklarımız atıl bırakılmakta,
- Enerji tüketimi ve ülke ekonomisine ek maliyet getirmemesinin yanı sıra yapılarda enerji korunumu da sağlamaktadır.



## 6 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bims volkanik olaylar sonucunda oluşmuş, gözenekli, süngerimsi yapıda bir kayadır. Bims; yüksek sıcaklıklara, dış ortam koşullarına ve fiziksel, kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, uzun ömürlü, hafif, ısı ve ses yalıtım özelliği yüksek olan doğal bir malzemedir. Bu özellikleri sebebiyle, bims oldukça geniş bir yelpazede kullanım olanaklarına sahiptir. Bims agregaların, başta inşaat sektörü olmak üzere, tarım, tekstil ve kimya sektörü ile diğer endüstriyel ve teknolojik alanlarda pek çok kullanım avantajları bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, bimsin her bir sektör için aranan teknik değerler bakımından malzeme özellikleri incelenmiştir. Farklı sektörlerde bimsin kullanım yeri ve amacına göre, bims agregalarından en verimli şekilde faydalanabilmek için, bimsin saflaştırılması (zenginleştirilmesi) gerekliliğinin kaçınılmaz olduğu sonucuna varılmıştır. Bims yatağında bulunan yabancı madde (gang) miktarının fazlalığı, bu yataktan üretilen bims agregalarının kullanım yerine de bağlı olmak koşuluyla kalitesini düşürücü bir unsur olmaktadır. Gerekli cevher zenginleştirme işlemleri uygulanarak, bims yatağından elde edilen tüvenan malzemedeki gang minerallerinin uzaklaştırılması ve temiz, saf bims agregalarının elde edilmesi gerekliliğinin, kaçınılmaz olduğu sonucuna varılmıştır.

Bimsin çok ince boyutlarda öğütülmesi ile abrasif sanayi, kozmetik sanayi, seramik sanayi, dişçilik gibi alanlarda kullanımı sağlanmaktadır. Bu alanlarda kullanılacak bimsin temiz yani saflaştırılmış (zenginleştirilmiş) ve çok ince boyutlarda öğütülmüş olması gerekmektedir. İnşaat sektöründe kullanılan bimslerde de homojen bir tane boyutu istenmektedir. Tüvenan ürünlerle üretilen bimsbloklarda, mukavemet, ısı ve ses yalıtımı ile ilgili değerler tam denetlenememekte ve ürünlerin standartlığı sağlanamamaktadır. Eleme ve ayırıştırma yöntemleriyle saflaştırılmış bimsden üretilen ürünlerde ise yüksek ısı ve ses denetimi olanaklarının yanında, yüzey, görünüm, ağırlık vb. fiziksel, kimyasal ve teknik değerlerde belli bir standart

sağlanabilmektedir. Bu sebeplerle, bimsin saflaştırılmasının oldukça önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Hammadde rezervleri bakımından Avrupa ülkeleri arasında en yüksek rezerve sahip olan, dünyada ise Amerika' dan sonra ikinci en büyük rezerve sahip olan ülkemizdeki bims ve oluşumları, ülkemiz için oldukça önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen, işlenmiş ürünlerde yani, boyutlandırılmış ve saflaştırılmış bims agregaları ile bimsbeton ve yapı elemanları üretiminde ne yazık ki son sıralarda yer almaktadır. Ülke ekonomisi ve dış ticaret politikaları bakımından saflaştırmanın büyük avantaj sağladığı tespit edilmiştir. Gronülometrik sınıflandırma ve saflaştırma sayesinde ağır gang mineraller uzaklaştırıldığı için nakliyeden ve dış ticaret satış gelirlerden büyük kazanç sağlanacağı bir gerçektir. Bu sebeplerle ülkemizde, bims ve bimsbeton yapı elemanlarının üretimine ve kullanımına yönelik teşvik ve bilinçlendirme programlarının gerekliliğinin kaçınılmaz olduğu sonucuna varılmıştır.

Bimsin alternatif yapı malzemesi hammaddesi olarak kullanım alanları her geçen gün genişlemektedir. Yapılan çalışmalar gerek bimsin yüksek silis içeriği ve puzzolan özelliği, gerekse düşük yoğunluğu sebebiyle büyük bir potansiyel teşkil ettiğini, sahip olduğu karakteristik yalıtım özellikleri ve ekonomikliği ile hem kısa hem de uzun vadede en önemli yapı malzemelerinden biri olacağını göstermektedir.

Bims agregaları, yapıştırma(örgü), sıva ve şap harçlarında, kullanımı ile zamandan, işçilikten, çimentodan, demirden ve nakliyeden yani toplam maliyetten % 50 oranında tasarruf sağlarken, yangın, deprem, sağlık, ısı ve ses denetiminin sağlanmasında, dolayısıyla enerji tasarrufunda çok büyük avantajları da beraberinde getirmektedir. Mimari ve statik projeler hazırlanırken bu detaylar göz önüne alınırsa, insan sağlığı için gerekli konfor koşullarının sağlandığı, ülke ekonomisi ve enerji verimliliği açısından da çok önemli faydaların sağlandığı yapılar meydana gelir.

Endüstriyel bir hammadde olan bimsin, yüksek poroziteye sahip olması sebebiyle, birim ağırlığı düşük, ısı ve ses yalıtım özellikleri yüksektir. Günümüzde gürültü kirliliğinin giderek artması, hem fiziksel hem de psikolojik açıdan, yaşadığımız mekanlarda akustik konforun sağlanması gerekliliğini kaçınılmaz kılmaktadır. Bims ve bimsbeton ürünleri akustik konforun sağlanmasında kullanılan malzemelerdir.

Bimsten mamul yapı elemanlar ise, maliyetlerinin ucuz olması, doğal, depreme dayanıklı, yüksek ısı ve ses denetiminin sağlandığı mekanlar oluşturması sebebiyle tercih edilmektedir. Özellikle yakıt tasarrufu bakımından yaşanan mekanlarda ısı yalıtımının sağlanması, önemli enerji tasarrufu sağlama yöntemlerinden biridir. Bu sebeple dünya üzerinde bimsin kullanımının her geçen gün arttığı gözlenmektedir. Çünkü gelişmiş ülkelerde enerji tüketimini karşılamak için tesisler kurmak yerine enerjinin etkin kullanılabilmesi için çalışılmaktadır. Ülkemiz açısından değerlendirildiğinde ise mevcut kaynaklar israf edilmekle birlikte yurt dışından teknoloji transferi yolu seçilerek enerji maliyetli üretim yöntemleriyle zaten kısıtlı olan enerji kaynakları israf edilmekte ve önemli hammadde kaynaklarımız atıl bırakılmaya devam edilmektedir.

Genellikle 1970’li yıllardan sonra petrol krizi ile gündeme gelen enerji tasarrufuna yönelik yapı planlaması ve uygulaması gerekliliği her geçen gün daha çok önemsenmektedir. Bu sebeple, yapı malzemesi, yapı elemanlarının üretimini de kapsamak üzere, enerji tüketimini azaltması ve çevreye en az zararı vermesi temel prensibine dayanmak zorundadır. Yapıların ihtiyaçları ve bu çerçevede mimari tasarım kriterleri insan ihtiyaçları ile özdeşleşmektedir. Yapının fonksiyonel açıdan iyi bir performans sağlayacak şekilde tasarlanması büyük önem taşırken, bu tasarımın doğru malzeme seçimleriyle bütünleştirilerek yaşanabilen mekanlar yaratması asıl önemli olan noktadır.

Yapı ürünleri ile ilgili tercihlerde, üretim maliyeti düşük olan yerel ürün kullanılması, sera etkisi yaratmayan ve ozon delici gazlar yaymayan, doğal ürünlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Yapıda kullanılacak malzemeler, beraber kullanıldığı diğer yapı malzemeleriyle ve yapı kabuğuyla uyumlu, insan sağlığına zararlı etkileri olmayan, yapı fiziği ve yapı biyolojisi kurallarına uygun, çevreye uyumlu, zararsız, mimari ve estetik beklentileri bozmayan, uygulaması pratik ve temini kolay malzemeler olmalıdır.

Yapılarda, deprem dayanımı, yangın korunumu, çevre duyarlılığı, nefes alan sağlıklı mekan oluşumu ve enerji tasarrufu sağlanabilmesi için uygun malzeme seçimi gerekliliği kaçınılmazdır. Ayrıca, yeni yerleşim alanları için çevresel verileri dikkate

olarak, yerleşme politikalarında kaynak kullanımlarının belirlenmesi ve doğal dengelerin korunması gerekmektedir.

İşte tam da bu noktada, hammadde rezervleri bakımından dünyada ikinci sırayı alan ülkemizdeki bims ve oluşumlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Bims, atmosferik ortam koşullarına dayanıklı, gözenekli, ısı ve ses denetimi olanaklarının yanında, su ve nemden etkilenmeyen, yoğuşma problemi olmayan, yangın dayanımı yüksek, kimyasal etkilere dayanıklı, kokusuz, parazitleri barındırmayan, sağlıklı, uzun ömürlü, doğal ve ekonomik bir yapı malzemesidir. Bu sebeplerle, yapılarda bimsin kullanımının yaygınlaşması gerekmektedir. Mimari projelerin hazırlanma safhasında kullanılacak malzemelerin belirlenmesinde ve detaylarda mimarlara büyük sorumluluk düşmektedir. Nefes almayan, plastik kökenli, yanabilen ve yandığı zaman zehirli gazlar çıkaran, sağlığa zararlı ve pahalı malzemelerinin piyasada ve uygulamadaki yerini, yapı malzemelerinde aranan bütün kriterleri taşıyan, sağlıklı ve ekonomik olan bims bırakması ülkemize katma değer kazandırması bakımından da önemlidir.

Ekonomikliği, hafifliği, yüksek ısı ve ses yalıtım değerleri, doğal olması, çevreye zararlı bir atık oluşturmaması ve üretiminde dışarıya bağımlı yüksek enerji giderlerinin olmaması gibi bimsin sahip olduğu özellikler, son zamanlarda bütün dünyanın üzerinde hassasiyetle durduğu sürdürülebilir mimarlık, sürdürülebilir malzeme, ekolojik tasarım ve enerji verimliliği kriterleri bakımından, bimsin tercih edilen bir malzeme olmasını sağlamaktadır. Sağladığı bu avantajlar sayesinde bims ve bimsbetondan mamul hafif yapı elemanlarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Bims ve bimsbeton ürünleri, üretimi, yapıda kullanımı ve sonrasında da sürdürülebilirliği olan ürünlerdir. Bims yataklarının işletilmesi çok düşük bir maliyet getirmesinin yanı sıra, dağlık arazilerin üzerinde açılan ocağın tekrar doğaya bırakılmasının ardından en verimli tarım arazilerine dönüşmesi sebebiyle de ülke ekonomisine ve çevreye önemli katkı sağlamaktadır.

Bims yatakları genellikle gevşek agregalardan oluşmuştur ve bu sebeple kazısı ve işletmeciliği kolaydır. Bims, doğadan çıkarılması sırasında çevreye zararlı herhangi

bir atık oluşturmaması ve doğal döngünün devamını sağlaması sebebiyle ekolojik ve sürdürülebilirlik kriterlerine uygun bir malzemedir. Aynı şekilde bimsbeton ve yapı elemanlarının, yapıda kullanımı ile insan sağlığı, yapılabirlik ve ekoloji kriterleri bakımından sürdürülebilirlik sağlanabilmektedir. Bu çalışmada bims ve bims beton ürünlerin yapı sektöründe kullanılabilirliğinin araştırılması sonucunda, ısı ve ses denetimi sağlama olanaklarının iyi olması, yangına ve darbelere karşı dayanıklı olması gibi özellikleri sebebiyle, bimsin uygulamada tercih edilmesi gereken bir yapı malzemesi olduğunu göstermiştir. Doğal malzemeler arasında bu özellikleri bir arada tutan bimsin, yapıya ve mimariye pek çok avantaj sağlayacağı da bir gerçektir.

Yapı malzemesi, yapı elemanlarının üretimini de kapsamak üzere, enerji tüketimini azaltması ve çevreye en az zararı vermesi temel prensibi çerçevesinde, bimsin değerlendirilmesi yapılmıştır ve yapı malzemesi ve ürünlerin sürdürülebilirlik ilkelerine göre seçimi detaylı olarak ele alınmıştır. Sürdürülebilir yapı malzemesi, yapıların doğal çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmakla kalmaz, enerji etkinliğini artırır, işletme, bakım ve onarım giderlerini azaltır, kullanıcılar için sağlıklı ve konforlu ortamlar sunar. Bir yapının yaşam döngüsü, yapım için gerekli hammaddelerin kaynağından çıkarılmasından yıkımına kadar geçen tüm süreçleri kapsamaktadır. Bu tez çalışmasında, bimsin yaşam döngüsü süreci boyunca sürdürülebilir bir malzeme olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapı öncesi dönem, malzemenin üretimi için gerekli hammaddenin kaynağından çıkarılması, işlenmesi, paketlenmesi ve yerine ulaşmasını kapsar. Bims ve bimsbeton ürünlerin yapı öncesi dönemde geçirdiği süreçler değerlendirildiğinde, çevreci ve enerji korunumlu bir yaklaşım görülmektedir. Tez çalışmasında yapılan değerlendirmeler, aynı durumun yapı döneminde ve yapı sonrası dönemde de geçerli olduğu göstermiştir.

Ülkemizde bol miktarda rezerv potansiyeline sahip olan bims agregasının, inşaat sektöründe, gerek hafif beton agregası olarak, gerek yalıtım, dolgu, sıva ve katkı malzemesi olarak, gerekse prefabrik ve prekast hafif yapı elemanları üretiminde kullanılarak, sağlıklı, mekan konfor koşullarının sağlandığı, sürdürülebilir yapılar oluşturarak mimariye ve ülke ekonomisine katkı sağlanması amacı doğrultusunda konuyla ilgili çalışmalara devam edilmelidir.

## KAYNAKLAR

- **Ağırdır, L.**, 1989. “Altınapa Bims Agregasından TS 3234’e Uygun Hafif Beton Briket İmali”, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya
- **Akbaba, H.**, 2007, Agrega Türünün Hafif Blokların Özelliklerine Etkisinin Araştırılması, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon
- **Akıncıtürk, N.**, 1999, Eko mimari Ölçekte Yapı Elemanları Ve Malzeme Olgusunun Sürdürülebilir Kentleşmeye Yansıması, Baü Fen Bil Ens. Derg., Uludağ Üniversitesi, Müh.-Mimarlık Fakültesi, Bursa
- **Akman, M.,S.**, 1984 Beton Agregaları, Beton Semineri, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, 6-10 Şubat, Ankara
- **Andrew, S., and Willian, K.**, 1978, “Lightweight Concrete, Third Edition, Formerly, Bualding Research Establishment Garston, Watford, U.K.
- **Anonim**, 2000, Maple Aggregates, Yali Pumice Chataloge, U.K.
- **Bekar, M., Şapcı N., Gündüz, L.**, 2006, Aksaray Bölgesi Volkanik Tüf Serilerinin Sıva Malzemesi Olarak Kullanımı, IV.Ulusal Kırmatas Sempozyumu, İstanbul
- **Binici, H., ve Bodur, M.N.**, 2005, Çimento Katkı Maddesi Olarak Pomzaların Aktiviteleri, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül
- **Ciravoğlu, A.**, 2006, Sürdürülebilirlik Düşüncesi - Mimarlık Etkileşimine Alternatif Bir Bakış: “Yeri”In Çevre Bilincine Etkisi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul
- **Çerçi, S., Erten, E.**, 1997; Hafif Beton Olarak Pomza, I.Isparta Pomza Sempozyumu Bildiriler Kitabı,

- **D.P.T,** 2001, 8.Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu
- **Davraz, M.,** 2004, Isparta Keçiborlu Yöresi Doğal Amorf Silika Oluşumlarının Geleneksel Ve Hafif Beton Endüstrilerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, SDÜ, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Isparta,
- **Demirağ, S.,** 2005, Volkanik Cüruf Oluşumlarının İnşaat Endüstrisinde Hafif Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi, SDÜ, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Isparta
- **Deniz, V.,** 2005, Pomzanın Ufalanma Özelliği ve Çok İnce Pomzanın Kullanımı, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül
- **Edwards, B.,** 1996, Towards sustainable architecture: European directives and building design, Butterworth Architecture, Oxford.
- **Engin, N., ve Pehlevan, A.,** 2005, Yalıtım Tekniği Açısından Bimsbeton Blokların Dış Duvarlarda Kullanım Olanakları ve Duvar Kapı/Pencere Boşluklarının Boyutlandırılması, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül
- **Erciyas, Y.,** 1963, Bims Ve Bims Betonu Üzerine Araştırmalar, İmar Ve İskan Bakanlığı Yayınları No:5-17, Ankara
- **Eriç M.,** 1994, Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul,
- **Erkoyun, H.,** 2005, Pomzanın Türkiye'deki Yeri Ve Önemi, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül
- **Ersoy H.,Y.,** 1985, Alçı Sünger Taşı Cam Lifi Kompoziti, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul
- **Ersoy H.Y.,** 2001, Kompozit Malzeme, Literatür Yayıncılık, İstanbul

- **Ersoy,A., Atıcı, U., Yünsel, T.Y.,** 2005, Pomzanın Çimento Sanayinde Katkı Maddesi Olarak Kullanımı, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül
- **Gass I.G., Smith P.J., Wilson R.C.L.,** 1973, Understanding the Earth, Open University Set Book, 383 pp.
- **Gençer, Ö.,** 2000, Pomza Katkılı Bimsbloklar İle Yapılmış Yığma Yapı Üzerinde Deprem Etkisinin Araştırılması, SDÜ, Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- **Güler, Ç.,** 2005, Yapı Biyolojisinin Kuramsal Temelleri, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ
- **Gündüz L. (ed.),** 1998, Pomza Teknolojisi Cilt I, Isparta.
- **Gündüz, L.,** 2001, “Isı Yalıtım Agregası Olarak Pomzanın Kullanımı”, 4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 18-19 Ekim
- **Gündüz, L.,** 2005, İnşaat Sektöründe Bimsblok, SDÜ, Pomza Araştırma Ve Uygulama Merkezi, Isparta
- **Gündüz, L., Rota A., Hüseyin, A.,** 2001, “Türkiye ve Dünyadaki Pomza Oluşumlarının Malzeme Karakteristiği Analizi”, 4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 18-19 Ekim
- **Gündüz, L., Sarıışık, A., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O.,** 1998, Pomza Teknolojisi Cilt II, SDÜ Yayını, Isparta.
- **Gündüz, L., Şapçı, N., Davraz M.,** 2005, “Pomza Madenciliği Endüstrisi ve Türkiye Açısından Önemi (Gelişen Yeni Bir Sektör)”, Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, izmir
- **Gündüz, L.,& Deniz, V., (Ed),** 2005, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi Bildiriler Kitabı, SDÜ, Isparta
- **Gündüz,L., Şapçı,N., Ulusoy, M., ve Ulusoy, H.,** 2005, Peyzaj Mimarisinde Bimsblok, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül



- **Gür, V.**, 2007. Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- **Hiçyılmaz, C., ve Altun, E.**, 2005, Pomzanın Yapı Malzemesi Olarak Kullanılma Olanaklarındaki Son Gelişmelerin ve Koşullarının Değerlendirilmesi, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül
- **İhtiyaroğlu, E.**, 1974. Tabii Hafif Agregalarla İmal Edilen Hafif Beton Blokların Duvar Elemanı Olarak Özelliklerinin Tayini Üzerine Araştırmalar, İmar ve İskan Bakanlığı, Yapı Malzemesi Genel Müdürlüğü, Araştırma ve Laboratuvarlar Dairesi, Ankara.
- **İnel, İ., Aslan C., & Ulusoy, G.**, Pomzalı Betonların Refrakter Amaçlı Kullanımı, 4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu 118-19 Ekim 2001, İzmir, Türkiye
- **Kıvrak, S.,O.**, 2006, “Uçucu Kül Katkılı Bimsblokların Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması”, Gazi Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- **Kibert, C. J.**, 2005, Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- **Kiper, A.**, 1992, Yapı Fiziği Açısından Günümüz Cephe Sistemlerinin Analizi ve Malzeme Seçim Kriterleri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul.
- **Klaus Grasser & Gernot Minke**, 1990, Building With Pumice, Published By Deutsches Zentrum,
- **Koçu, N., Dereli, M.**, 2005, Yapılarda Pomzanın Isı Yalıtım Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül
- **Koçu., N.**, 2005, İnşaat Sektöründe Puzolonik Aktiviteye Sahip Tüflerin Kullanılması Ve Özelliklerinin Araştırılması, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül

- **Köse, C.**, 2006, Dogu Anadolu Bölgesi Pomzalarının Bazı Fiziksel Özellikleri Ve Su Tutma Kapasiteleri, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum
- **Köse, H., Pamukçu, Ç.**, 1997, “Pomza ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanakları”, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 16-17 Ekim
- **L. Gündüz, L., Davraz, M., Ortaçesme, H.**, 2005, Bimsblok Ve Isı Yalıtım Özellikleri, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül
- **Lakot, E.**, 2007, Ekolojik Ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri Ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon
- **Özkan, Ş.,G., & Tuncer, G.**, 2001,“Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış”, 4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 118-19 Ekim
- **Postacıoğlu, B.**, 1987, Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton Cilt II, Agregalar, Beton, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- **Ritmann L.**, 1976, Volcanoes, Orbis Publishing, London UK.
- **Rocher P.**, 1996, Caraceterisation de pierres ponces de diverses origines, Etude comparative de neuf echantiilions, Mars, N 2243, BRGM Service
- **Sakınç, E.**, 2006 .Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimaride Güneş Enerjili Etkin Sistemlerin Tasarım Ögesi Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım, Doktora Tezi,Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- **Sarışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran O.**, 1998, Pomza Teknolojisi, S.D.Ü Müh.Fak.-İsbaş, Isparta
- **Sarp, A.**, 2007, Sağlıklı Yapının Sürdürülebilirlik Sürecine Yönelik Bir Model Önerisi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul

- **Sengün N. ve Gündüz L.**, 2003, “Kırmatas Agregası Katkılı Hafif Örgü Harçlarının Teknik Analizi” III.Ulusal Kırmatas Sempozyumu, İstanbul, 3-4 Aralık.
- **Serin, G.**, 1999, Pomzanın Hafif Beton Blok Duvar Elemanı Olarak Kullanılmasının Araştırılması, SDÜ, Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- **Sev, A.**, 2009, Sürdürülebilir Mimarlık, Yem Yayınları, İstanbul
- **Sezgin, M., Davraz, M., Gündüz, L.**, 2005. Pomza Endüstrisine Sektörel Bir Bakış, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül
- **Şapçı, N.**, 2008, “aksaray bölgesi volkanik hafif agrega oluşumlarının incelenmesi ve endüstriyel kullanılabilirliği” SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- **Şengün, N.**, 2004, Pomzanın Hafif Harç Yapımında Endüstriyel Hammadde Olarak Kullanımı, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- **Şimşek, O.**, (1987) “Madenşehri (Karaman) Doğusundaki Pomza Taşının Hafif Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması” Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- **Taşdemir, M.A.**, 1982, Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Elastik Ve Elastik Olmayan Davranışları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul
- **Uçurum, E.**, 2007, Sürdürülebilirlikte Ekolojik Çatının İncelenmesi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- **Ulusoy, G.**, Pomzanın İzole Monolitik Malzeme İmalinde Kullanılması, MTA Dergisi 129, 89-96, 2004
- **Umucu, Y.**, 2004, Isparta-Karakaya Yöresi Pomza Yataklarının Gravite İle Zenginleştirme Olanaklarının Araştırılması Ve Tesis Simülasyonu, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta

- **Uz, B.**, 1987, Petrografi-I, C.1. Magmatik Kayaçlar, Ocak, İstanbul, 286s.
- **Ünal,O., Uygunoğlu, T., ve Yıldız, A.**, 2005, Pomza ve Diyomitle Üretilen Hafif Betonların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül
- **Vikursteypur A.**, 198&, Ny notfeunarsvig (Pumicé concrete - new applications) IBRT Report.
- **Vural, N ., ve Pehlevan, A.**, 2005, Havalandırılmalı Bimsbeton Blok İle Oluşturulan Dış Duvarlarda Isıl Konfor-Isıtımda Enerji Ekonomisi Etkileşimi, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül
- **Yazıcıoğlu, S., Arıcı, E., Gönen, T.**, , 2003 “Pomza Tasinin Kullanım Alanları Ve Ekonomiye Etkisi” , F.Ü. Daum Dergisi , 1 , 118-123
- **Yazıcıoğlu, S., ve Bozkurt, N.**, 2005, Pomza Taşı İle Elde Edilen Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Türkiye Pomza Sempozyumu Ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 15-17 Eylül

## **EKLER**

Bims ve ürünleri ile ilgili önemli Türk Standartları :

- Bims agregası gevşek ve sıkışık birim hacim Ağırlığı TS 3529
- Bims agregalarının tane büyüklüğü dağılımı TS 1114 EN 13055-1
- Bims agregası organik madde miktarı TS 1114 EN 13055-1
- Bims agregası ince madde oranı TS 1114 EN 13055-1
- Bims agregaları sülfat oranı TS 1114 EN 13055-1
- Bims agregaları yanıcı madde oranı TS 1114 EN 13055-1
- Hafif agregalardan numune alma, muayene ve deneyler TS 1114 EN 13055-1
- Dona Dayanıklılık TS TS 1114 EN 13055-1
- Beton Kâgir Birimler (Yogun ve Hafif Agregalı) TS EN 771-3
- Bimsbetonda kullanılacak karışım suyu TS 500 ve 1247
- Taşıyıcı hafif betonların karışım hesapları TS 2511
- Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları TS 3234
- Doğal puzolan (tras)-Çimento ve betonda kullanılan-Tarifler, gerekler ve uygunluk kriterleri TS 25
- Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri TS EN 197-1/A3
- Boyut ve Tolerans Analizi TS EN 772-16
- Konfigürasyon ve Görünüş Analizi TS EN 772-16
- Birim hacim ağırlık Analizi TS EN 772-13
- Mekanik (Basınç) Dayanım Analizi TS EN 772-1
- Isıl Davranış Analizi TS EN 1745 EN ISO 6946 ASTM C-236 TS EN ISO 8990,
- Su Buharı Geçirimsizlik Özelliği TS EN 1745, TS EN ISO 12572
- Yangına Direnç Analizi TS EN 13820
- Su Emme Analizi TS EN 771-2 BS 1881-122
- Kapiler Etkiyle Su Emme Analizi TS EN 772-11
- Ses Yutuculuk Analizi TS EN 20140-10 TS 1477
- Donma-Çözünme Dayanım Analizi TS EN 772-18

## Hafif agregalar - Bölüm 1: Beton, harç ve şerbette kullanım için

### 1 Kapsam

Bu standard, doğal, yapay veya geri kazanılmış malzemelerin işlenmesi ile elde edilen hafif agregalar ve hafif dolgu (filler) agregaları ile bunların karışımından oluşan agregaların, binalar, yollar ve inşaat mühendisliği alanına giren diğer yapılarda kullanılan beton, harç ve şerbet içinde kullanımı için gerekli özellikleri kapsar.

Bu standard, tane yoğunluğu 2000 kg/m<sup>3</sup>'ü (2,00 Mg/m<sup>3</sup>) veya gevşek yığın yoğunluğu 1200 kg/m<sup>3</sup>'ü (1,20 Mg/m<sup>3</sup>) aşmayan mineral kökenli aşağıdaki hafif agregaları kapsar:

- Doğal agregalar,
- Doğal malzemelerden ve/veya endüstriyel işlemlerin yan mamullerinden imal edilen agregalar,
- Endüstriyel işlemlerin yan mamulleri olan agregalar,
- Geri kazanılmış agregalar.

Bu standard, mamullerin bu standarda uygunluğunun değerlendirilmesi ile ilgili işlemleri de kapsar.

Bu standardda belirtilen özellikler, bütün hafif agregalar için geçerli olmayabilir. Özel uygulamalarda özellikler ve toleranslar, nihai kullanıma göre uyarlamaya tâbi tutulabilir.

**Not** - Bu standardda belirtilen özellikler, yerleşik bir kullanım şekli bulunan agregalar tiplerinden elde edilen tecrübelerle dayanmaktadır. Geri kazanılmış agregalar ve belirli endüstriyel yan mamullerden elde edilen agregalar gibi yerleşik bir kullanım şekli bulunmayan kaynaklardan elde edilen agregaların kullanımına karar verilirken dikkat edilmelidir. Bu standardda belirtilen bütün özelliklere uyması gereken bu tür agregalar, M 125 Talimatı'nın kapsamında olmayan ve yerleşik kullanım şekli bulunan agregalar tiplerinin çoğuna uygulanmayan diğer özelliklere uygun olabilir ve gerektiğinde bu agregaların uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla kullanım yerinde geçerli olan kurallar (yönetmelikler, şartnameler vb.) uygulanabilir.

### 2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar

Bu standardda, tarih belirtilerek veya belirtilmeksizin diğer standard ve/veya dokümanlara atıf yapılmaktadır. Bu atıflar metin içerisinde uygun yerlerde belirtilmiş ve aşağıda liste halinde verilmiştir. Tarih belirtilen atıflarda daha sonra yapılan tadil veya revizyonlar, atıf yapan bu standardda da tadil veya revizyon yapılması şartıyla uygulanır. Atıf yapılan standard ve/veya dokümanın tarihinin belirtilmemesi halinde en son baskısı kullanılır.

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No <sup>1)</sup>	Adı (Türkçe)
EN 932-1	Tests for general properties of aggregates - Part 1: Methods for sampling	TS EN 932-1	Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler - Kısım 1: Numune Alma Metotları
EN 932-2	Tests for general properties of aggregates - Part 2: Methods for reducing laboratory samples	TS EN 932-2	Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 2: Lâboratuvar Numunelerinin Azaltılması Metodu
EN 932-5	Tests for general properties of aggregates - Part 5: Common equipment and calibration	TS EN 932-5	Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 5: Genel Cihazlar ve Kalibrasyon
EN 933-1	Tests for geometrical properties of aggregates - Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method	TS 3530 EN 933-1	Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini - Eleme Metodu
EN 933-2	Tests for geometrical properties of aggregates - Part 2: Determination of particle size distribution - Test sieves, nominal size of apertures	TS EN 933-2	Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Kısım 2: Tane Boyutu Dağılımı Tayini - Deney Elekleri, Elek Göz Açıklıklarının Anma Büyüklükleri

1) TSE Notu: Atıf yapılan standartların TS numarası ve Türkçe adı, 3. ve 4. kolonda verilmiştir.

EN, ISO, IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No <sup>1)</sup>	Adı (Türkçe)
EN 933-5	Tests for geometrical properties of aggregates - Part 5: Determination of percentage of crushed and broken surfaces in coarse aggregate particles	TS EN 933-5	Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Kısım 5: İri Agregalarda Ezilmiş ve Kırılmış Yüzeylerin Yüzdesinin Tayini
EN 933-10	Tests for geometrical properties of aggregates - Part 10: Assessment of fines - Grading of fillers (air jet sieving)	TS EN 933-10	Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 10: İnce Tanelerin Tayini - İnce Dolgu Malzemelerinin Tane Büyüklüğüne Göre Sınıflandırılması (Hava Jetiyle Eleme)
EN 1097-3	Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 3: Determination of loose bulk density and voids	TS EN 1097-3	Agregaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 3: Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini
EN 1097-5	Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 5: Determination of the water content by drying in a ventilated oven	TS EN 1097-5	Agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri için deneyler - Bölüm 5: Hava dolaşimli etüvde kurutma ile su muhtevasının tayini
EN 1097-6: 2000	Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 6: Determination of particle density and water absorption	TS EN 1097-6	Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini
EN 1744-1: 1998	Tests for chemical properties of aggregates - Part 1: Chemical analysis	TS EN 1744-1	Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 1: Kimyasal Analiz
ISO 3310-1	Test sieves - Technical requirements and testing - Part 1: Test sieves of metal wire cloth	TS 1227 ISO 3310-1	Deney Elekleri - Teknik Özellikler ve Deneyler - Kısım 1: Tel Örgülü Deney Elekleri
ISO 3310-2	Test sieves - Technical requirements and testing - Part 2: Test sieves of perforated metal plane	TS 1226 ISO 3310-2	Deney Elekleri - Teknik Özellikler ve Deneyler - Kısım 2: Delikli Metal Levhalı Deney Elekleri

### 3 Terimler ve tarifler

Bu standardın amacı bakımından aşağıdaki terimler ve tarifler uygulanır.

#### 3.1 Agreg

Yapılarda kullanılan taneli malzeme. Agreg, doğal, yapay, yan mamul veya geri kazanılmış tipte olabilir.

#### 3.2 Hafif agreg

Tane yoğunluğu 2000 kg/m<sup>3</sup>'ü (2,00 Mg/m<sup>3</sup>) veya gevşek yığın yoğunluğu 1200 kg/m<sup>3</sup>'ü (1,20 Mg/m<sup>3</sup>) aşmayan mineral kökenli agreg.

#### 3.3 Doğal agreg

Mekanik işlem dışında herhangi bir işleme tâbi tutulmamış olan mineral kaynaklardan elde edilen agreg.

#### 3.4 Yapay agreg

Isıl veya diğer değişiklik işlemlerini ihtiva eden bir endüstriyel işlem sonucunda elde edilen mineral kökenli agreg.

#### 3.5 Yan mamul agregası

Bir endüstriyel işlem sonucunda elde edilen, daha sonradan ise mekanik işlem dışında herhangi bir işleme tâbi tutulmamış olan mineral kökenli agreg.

#### 3.6 Geri kazanılmış agreg

Önceden yapılarda kullanılmış olan inorganik malzemelerin işleminden geçirilmesi sonucunda elde edilen agreg.

### 3.7 Çok ince malzeme

0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen agrega tane sınıfı.

### 3.8 Dolgu (filler) agregası

Çoğunluğu, 0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen ve yapı malzemelerine belirli özellikler kazandırmak amacıyla ilâve edilen malzeme.

### 3.9 Tane büyüklüğü dağılımı (granülometri)

Belirli bir elek serisinden geçen ve kütlece yüzde olarak ifade edilen tane büyüklüğü dağılımı.

## 4 Fiziksel özellikler

### 4.1 Genel

Bu maddede belirtilen özelliklerden deneyle tayin edilmesi ve beyan edilmesi gerekli olanlara, nihai kullanımdaki özel uygulamaya veya agrega kökenine göre karar verilmelidir. Gerekliğinde, bu maddede belirtilen deneyler, uygun fiziksel özelliklerin tayin edilmesi amacıyla yapılmalıdır.

### 4.2 Yoğunluk

#### 4.2.1 Gevşek yığın yoğunluğu

Gevşek yığın yoğunluğu beyan edilmeli ve EN 1097-3'e uygun şekilde tayin edilmelidir. Deneyle tayin edilen değer, beyan değerine  $\pm 100 \text{ kg/m}^3$  ( $0,10 \text{ Mg/m}^3$ ) ilâve edilmesiyle ulaşılan sınır değerleri aşmamak kaydıyla, beyan değerine, beyan değerinin  $\pm \% 15$ 'inin ilâve edilmesiyle ulaşılan değerler arasında kalmalıdır.

**Not** - Deney kabı, standard bir kepçe kullanılarak, kaba temas edilmeden ve kabın tam merkezi üzerinden boşaltma yapılarak doldurulmalıdır.

#### 4.2.2 Tane yoğunluğu

Gerekliğinde, tane yoğunluğu, EN 1097-6:2000 Ek C'ye uygun şekilde tayin edilmelidir. Deneyle tayin edilen değer, beyan değerine  $\pm 150 \text{ kg/m}^3$  ( $0,15 \text{ Mg/m}^3$ ) ilâve edilmesiyle ulaşılan sınır değerleri aşmamak kaydıyla, beyan değerine, beyan değerinin  $\pm \% 15$ 'inin ilâve edilmesiyle ulaşılan değerler arasında kalmalıdır.

### 4.3 Agrega tane sınıfı

#### 4.3.1 Genel

Agrega tane sınıfları, Çizelge 1'de belirtilen temel elek serisi veya temel elek serisi + seri 1 veya temel elek serisi + seri 2 sütunlarından seçilen bir elek göz açıklığı çifti kullanılarak gösterilmelidir.

**Not** - Bu gösteriliş, üst elekte kalan (elek üstü) ve alt elekten geçen bazı tanelerin (elek altı) varlığını kabul eder.



Çizelge 1 - Agregata mamul tane sınıflarının gösterilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları

Temel elek serisi mm	Temel elek serisi + seri 1 mm	Temel elek serisi + seri 2 Mm
0	0	0
0,25	0,25	0,25
0,5	0,5	0,5
1	1	1
2	2	2
-	2,8 (3)	3,15 (3)
4	4	4
-	5,6 (5)	-
-	-	6,3 (6)
8	8	8
-	-	10
-	11,2 (11)	-
-	-	12,5 (12)
-	-	14
16	16	16
-	-	20
-	22,4 (22)	-
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
-	-	40
-	45	-
63	63	63

Not - Parantez içinde gösterilen yuvarlatılmış büyüklükler, agregata tane büyüklüklerinin basitleştirilmiş gösterilişi olarak kullanılabilir.

**4.3.2 Elek altı**

Elek altı miktarı, kütlece % 15'i aşmamalıdır.

**4.3.3 Elek üstü**

Elek üstü miktarı, kütlece % 10'u aşmamalıdır. Gerekğinde, malzemenin % 100'ünün geçtiği elek beyan edilmelidir.

**4.4 Tane büyüklüğü dağılımı (granülometri)**

Tane büyüklüğü dağılımı, EN 933-1'e uygun şekilde kuru eleme metoduyla tayin edilmeli ve sonuçlar beyan edilmelidir.

Not - Tane büyüklüğü dağılımının değişmesini önlemek için kolay ufalanabilir agregalarda eleme işlemi yapılırken dikkatli davranılmalıdır.

**4.5 Tane şekli**

Gerekğinde, tane şekli tarif ve beyan edilmelidir.

Not - Bu agregalar için normal agregalara ait deney metotları uygulanamaz.

**4.6 Çok ince malzeme**

Gerekğinde, hafif agregalar içindeki çok ince malzemenin miktarı, EN 933-1'e uygun şekilde tayin edilmeli ve sonuçlar beyan edilmelidir.

Not - Tane büyüklüğü dağılımının değişmesini önlemek için kolay ufalanabilir agregalarda eleme işlemi yapılırken dikkatli davranılmalıdır.

**4.7 Dolgu agregalarının tane büyüklük dağılımı**

Gerekğinde, dolgu agregalarının tane büyüklüğü dağılımı, EN 933-10'a uygun şekilde tayin edilmeli ve sonuçlar beyan edilmelidir.

#### 4.8 Su emme oranı

Gerektiğinde, hafif agreganın su emme oranı, EN 1097-6:2000 Ek C'ye uygun şekilde tayin edilmeli ve sonuçlar beyan edilmelidir.

#### 4.9 Su muhtevası

Gerektiğinde, hafif agreganın su muhtevası, EN 1097-5'e uygun şekilde tayin edilmeli ve sonuçlar beyan edilmelidir.

#### 4.10 Ezilme direnci

Gerektiğinde, hafif agregaların ezilme direnci, Ek A'ya uygun şekilde tayin edilmeli ve sonuçlar beyan edilmelidir.

**Not** - Hafif agreganın ezilme direnci ile nihaî kullanımındaki özellikleri arasında basit herhangi bir ilişki yoktur.

#### 4.11 Ezilmiş tanelerin yüzdesi

Gerektiğinde, gevşek yığın yoğunluğu  $150 \text{ kg/m}^3$ 'den ( $0,15 \text{ Mg/m}^3$ ) az olmayan hafif agregadaki ezilmiş tanelerin yüzdesi, EN 933-5'e uygun şekilde tayin edilmeli ve sonuçlar beyan edilmelidir.

**Not** - EN 933-5'de belirtilen deney, gevşek yığın yoğunluğu  $150 \text{ kg/m}^3$ 'den ( $0,15 \text{ Mg/m}^3$ ) az olan yapay hafif agregalar için uygun durumda kullanılabilir.

#### 4.12 Parçalanmaya karşı direnç

Gerektiğinde, parçalanmaya karşı direnç, Ek B'ye uygun şekilde tayin edilmeli ve beyan edilmelidir.

**Not** - Bu deney, gevşek yığın yoğunluğu en az  $150 \text{ kg/m}^3$  ( $0,15 \text{ Mg/m}^3$ ) olan agregalar için uygundur.

#### 4.13 Donma ve çözölmeye karşı direnç

Donma ve çözölmeye maruz kalan bir ortamda kullanılacak beton, harç veya şerbet için donmaya dirençli agregalara ihtiyaç duyulduğunda, tane büyüklüğü 4 mm'den küçük, tane yoğunluğu ise  $150 \text{ kg/m}^3$ 'den ( $0,15 \text{ Mg/m}^3$ ) az olmayan agregaların donmaya/çözölmeye karşı direnci, Ek C'ye uygun şekilde tayin edilmeli ve beyan edilmelidir.

Tane büyüklüğü 4 mm veya daha küçük, tane yoğunluğu ise  $150 \text{ kg/m}^3$ 'den ( $0,15 \text{ Mg/m}^3$ ) az olan agregaların donma ve çözölmeye karşı direnç değerine nihaî kullanım durumunda ihtiyaç duyulduğunda, bu değer, mamulün kullanıldığı yerde geçerli olan kurallara (yönetmelikler, şartnameler vb.) uygun şekilde nihaî mamul üzerinde yapılan donma-çözölme deneyinden çıkarım yoluyla elde edilmeli ve sonuçlar beyan edilmelidir.

**Not** - Agregalar, yukarıda verilen bilgilere alternatif olarak, daha önceden yapılmış imalâtlarla ilgili yeterli gözlem kayıtları veya nihaî mamul (sertleşmiş beton, harç, şerbet) üzerinde yapılan deney esas alınarak değerlendirilebilir.

## 5 Kimyasal özellikler

### 5.1 Genel

Bu maddede belirtilen özelliklerden deneyle tayin edilmesi ve beyan edilmesi gerekli olanlara, nihaî kullanımındaki özel uygulamaya veya agrega kökenine göre karar verilmelidir. Gerektiğinde, Madde 5'te belirtilen deneyler, kütlece uygun kimyasal madde muhtevalarının tayin edilmesi amacıyla yapılmalıdır. Tayin edilen değerlerin bir sınır değeri ile mukayesesi söz konusu olduğunda, kütlece kimyasal madde muhtevası, aşağıdaki eşitliğe uygun şekilde bir mukayese değerine dönüştürülmelidir:

$$V_c = V_m \cdot \frac{\text{Gevşek yığın yoğunluğu}}{1500}$$

Burada;

$V_c$  Mukayese değeri,

$V_m$  EN 1744-1'e uygun şekilde ölçülen değer,

1500 Normal agreganın kabul edilen anma gevşek yığın yoğunluğu

dur.

**Not 1** - Bu konuda daha fazla yol gösterici bilgi, Ek D'de verilmiştir.

**Not 2** - Hafif agregalar içindeki kimyasal bileşenlerin, alkali-silika reaktivitesi de dahil olmak üzere içine katıldıkları beton, harç ve şerbetin dayanıklılığı, görünümü ve yüzey özelliklerine etkisine ilişkin yol gösterici bilgiler, Ek E'de verilmiştir.

## 5.2 Klorür

Hafif agregaların suda çözünebilir klorür iyon muhtevası verilmeli ve bu muhteva EN 1744-1:1998 Madde 7'ye uygun şekilde tayin edilmeli ve beyan edilmelidir.

**Not** - Bu konuda daha fazla yol gösterici bilgi, Ek E'de verilmiştir.

## 5.3 Kükürt ihtiva eden bileşikler

### 5.3.1 Asitte çözünebilir sülfat

Asitte çözünebilir sülfat muhtevası, EN 1744-1:1998 Madde 12'ye uygun şekilde tayin edilmeli ve beyan edilmelidir.

### 5.3.2 Toplam kükürt

Toplam kükürt muhtevası, EN 1744-1:1998 Madde 11'e uygun şekilde tayin edilmeli ve beyan edilmelidir.

## 5.4 Kızdırma kaybı (sadece uçucu küller için)

Kızdırma kaybı, EN 1744-1:1998 Madde 17'ye uygun şekilde tayin edilmeli ve beyan edilmelidir.

## 5.5 Organik kirleticiler

Tabii hafif agregalar içindeki, beton, harç ve şerbetin priz alma ve sertleşme hızını değiştiren zararlı bileşenler, EN 1744-1:1998 Madde 15.3'e uygun şekilde tayin edilmeli ve beyan edilmelidir.

**Not** - Bu konuda daha fazla yol gösterici bilgi, Ek E'de verilmiştir.

## 5.6 Doğal hafif agregaların alkali-silika reaktivitesi

Gerektiğinde, doğal hafif agregaların alkali-silika reaktivitesi, kullanım yerinde geçerli olan kurallara (yönetmelikler, şartnameler vb.) uygun şekilde değerlendirilmeli ve sonuçlar beyan edilmelidir.

**Not** - Alkali-silika reaktivitesinin etkilerine ilişkin yol gösterici bilgiler, Ek E'de verilmiştir.

## 6 Deneyler

### 6.1 Numune alma

Numune, EN 932-1'de tarif edilen şekilde alınmalıdır.

**Not** - Numunenin temsili olmasını sağlamak amacıyla, numune alınırken ayrışmanın (segregasyonun) önlenmesine dikkat edilmelidir.

### 6.2 Deney kümelerinin miktarı

Deney metodlarında belirtilen deney kümesi miktarı, deney metodunda belirtilmediğinde, gevşek yığın yoğunluğu  $1500 \text{ kg/m}^3$  ( $1,5 \text{ Mg/m}^3$ ) olan agreganın hacmine eşdeğer bir hacim almak amacıyla gevşek yığın yoğunluğu esasına göre düzeltilmelidir.

### 6.3 Deney numunelerinin hazırlanması

#### 6.3.1 Kurutma

Deney numuneleri, EN 1097-5'e uygun şekilde kurutulmalıdır.

#### 6.3.2 Kurutma sonrası şartlandırma

Deney numuneleri, oda sıcaklığına erişinceye kadar soğumaya bırakılmalıdır. Bazı hafif agregalar için deney numuneleri,  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$  ve %  $(50 \pm 10)$  bağıl nem değerlerinde kararlı hale gelmiş olan rutubet şartına maruz bırakılmalıdır.

## 7 Uygunluk değerlendirmesi

### 7.1 Genel

İmalâtçı, mamulün bu standarda ve ilgili beyan değerlerine uygunluğunu sağlamak amacıyla, başlangıç tip deneylerini (Madde 7.2) yapmalı ve fabrika imalât kontrol sistemini (Madde 7.3) kurmalıdır.

### 7.2 Başlangıç tip deneyleri

Tasarlanan nihai kullanımla ilgili başlangıç tip deneyleri, belirtilen özelliklerin aşağıda verilen şartlardaki uygunluğunun kontrol edilmesi amacıyla yapılmalıdır:

- Yeni bir agregaya kaynağının kullanılacak olması,
- Ham maddelerin yapısında veya işleme tâbi tutma şartlarında, agregaların özelliklerini etkileyebilen temel bir değişikliğin söz konusu olması.

Başlangıç tip deneylerinin sonuçları, ilgili malzeme için fabrika imalât kontrolünün başlangıç noktası olarak belgelendirilmelidir. Bu belge özellikle, normal alt sınır değerlerin üzerinde radyasyon yayma, poliaromatik karbonları açığa çıkarma ihtimali olan bileşenlerin veya diğer tehlikeli maddelerin tanımı ile ilgili bilgileri ihtiva etmelidir. Bu bileşenlerden herhangi birinin muhtevası, agreganın kullanıldığı yerde geçerli olan kurallara (yönetmelikler, şartnameler vb.) göre yürürlükte olan sınır değerleri aşarsa, başlangıç tip deneylerinin sonuçları beyan edilmelidir.

### 7.3 Fabrika imalât kontrolü

İmalâtçı, Ek F'de belirtilen özelliklere uyan fabrika bünyesinde kurulmuş bir imalât kontrol sistemini oluşturmalıdır.

İmalâtçı tarafından tutulan kayıtlarda, agregaya imalâtı esnasında hangi kontrol işlemlerinin kullanıldığı belirtilmelidir.

**Not** - Herhangi bir agregaya uygulanan kontrol şekli, agreganın tasarlanan kullanımına ve bu kullanım ile ilgili şartnamelere bağlıdır.

## 8 Kısa gösteriliş

### 8.1 Kısa gösteriliş ve tarif

Hafif agregaya, aşağıdaki terimlerle tanımlanmalıdır:

- İmalâtçının adı ve adresi veya tescilli markası,
- Tane sınıfı,
- Gevşek yığın yoğunluğu veya tane yoğunluğu,
- Bu standarda atıf (TS 1114 EN 13055-1 şeklinde),
- Belirli bir hafif agregayı tanımlamak için ihtiyaç duyulan diğer ilâve bilgiler.

### 8.2 Teslim

**8.2.1** Malzeme, hacim veya kütle esasına göre teslim edilmelidir.

**8.2.2** Malzemenin bütünü kirlenmeye karşı korunmalıdır.

### 8.3 İşaretleme ve etiketleme

Her bir hafif agregaya partisi, en az aşağıdaki bilgileri içeren numaralı irsaliye belgesi ile tanımlanmalıdır:

- Madde 8.1'e uygun şekilde kısa gösteriliş,
- Kaynak veya imalât yeri,
- İmalâtçının fabrikasından sevk tarihi,
- Hafif agreganın miktarı,
- Müşterinin adı ve adresi.

**Not** - CE işareti ve etiketi için, Ek ZA'ya bakılmalıdır.

## Ek A

### Ezilme direncinin tayini

#### A.1 Prensip

Hazırlanmış hafif agrega numunesi, belirtilen çelik silindir içine doldurulur ve titreşimle sıkıştırılır. Daha sonra, basınç altındaki bir piston silindir içine itilerek numuneye belirli bir mesafeye kadar kuvvet uygulanır, gereken kuvvet ölçülür ve tespit edilen değer ezilme direnci olarak ifade edilir.

İki deney işlemi belirtilmiştir. İşlem 1, normalde, tane büyüklüğü 4 mm - 22 mm arasında, gevşek yığın yoğunluğu ise  $150 \text{ kg/m}^3$ 'ün ( $0,15 \text{ Mg/m}^3$ ) üstünde olan hafif agregaya uygulanabilir. İşlem 2, normalde, gevşek yığın yoğunluğu  $150 \text{ kg/m}^3$  ( $0,15 \text{ Mg/m}^3$ ) ve altında olan hafif agregaya uygulanabilir.

#### A.2 Cihazlar

**A.2.1** Bütün cihazlar, aksi belirtilmedikçe, EN 932-5'de verilen genel özelliklere uygun olan.

**A.2.2** Çelik deney silindiri ve piston, işlem 1 için Şekil A.1'de, işlem 2 için ise Şekil A.2'de gösterildiği gibi olan.

**A.2.3** Hidrolik pres veya benzeri bir cihaz, deney için yeterli basıncı uygulayabilen ve basıncı  $\pm \% 5$  doğrulukla ölçebilen.

**A.2.4** Titreşim masası, yüksüz iken dakikada yaklaşık 3000 titreşim ve 0,5 genlik değerlerinde çalışan.

**A.2.5** Çelik master, uygun uzunlukta olan.

**A.2.6** Kepçe, deney silindirini doldurmak için uygun boyutta olan.

**A.2.7** Termostatik kontrollü, havalandırılmalı etüv, sıcaklığı  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 'da sabit tutabilen.

#### A.3 Deney numunelerinin hazırlanması

Numuneler, EN 932-1'e uygun şekilde alınmalı ve EN 932-2'ye uygun şekilde küçültülmelidir. Uygun miktarda üç temsili deney numunesi hazırlanır ve elek üstü ve elek altı ayrılır.

#### A.4 İşlem

##### A.4.1 İşlem 1

Silindir titreşim masasının üzerine yerleştirilir ve ayrışmanın (segregasyonun) önlenmesine dikkat edilerek, taşana kadar, kepçe kullanılmak suretiyle içine silindir üst kenarından çepçevre boşaltılan deney hafif agregası ile dikkatlice doldurulur. Silindir, 3 saniye ilâ 60 saniye arası bir süre boyunca titretilir ve sıkışma nedeniyle kap üzerinde boşalan kısım yeniden doldurulur.

Silindir bir kez daha 3 saniye ilâ 60 saniye arası bir süre boyunca titretilir ve hafif agreganın yüzeyi master kullanılarak tesviye edilir.

Silindir başlık halkası silindir üzerinde konumlandırılır ve piston sıkışmış durumdaki hafif agreganın üst yüzeyine yavaşça yerleştirilir. Sıkmalı temas bileziği ile silindir başlık halkası arasındaki mesafe 20 mm'ye ayarlanır ve deney düzeneği bu haliyle hidrolik prese yerleştirilir.

Piston üzerindeki kuvvet, yaklaşık 100 saniye içinde 20 mm'lik sıkıştırma değerine erişilinceye kadar artırılır ve bu sıkıştırma değerine erişildiği andaki kuvvet değeri newton cinsinden kaydedilir. İşlem, kalan iki deney numunesi üzerinde tekrarlanır.

##### A.4.1 İşlem 2

Silindir titreşim masasının üzerine yerleştirilir ve ayrışmanın (segregasyonun) önlenmesine dikkat edilerek, taşana kadar kepçe kullanılmak suretiyle içine boşaltılan deney hafif agregası ile dikkatlice doldurulur.

Silindir 3 saniye süre ile titretilir ve deney silindirin üstüne flânlı başlık oturtulur. Başlığı doldurmak için gereken miktarda hafif agrega ilâve edilir ve silindir bir kez daha 3 saniye süre ile titretilir.

Başlık çıkarılır, hafif agrega yüzeyi tesviye edilir ve deney düzeneği bu haliyle hidrolik prese yerleştirilir.

Piston üzerindeki kuvvet, yaklaşık 100 saniye içinde 50 mm'lik sıkıştırma değerine erişilinceye kadar artırılır ve bu sıkıştırma değerine erişildiği andaki kuvvet değeri newton cinsinden kaydedilir.

İşlem, kalan iki deney numunesi üzerinde tekrarlanır.

### A.5 Hesaplama ve sonuçların ifade edilmesi

Her bir deney numunesi için ezilme direnci ( $C_a$  veya  $C_b$ ), aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$C_a \text{ veya } C_b = \frac{L+F}{A} \text{ N/mm}^2$$

Burada;

- $C_a$  İşlem 1'e uygun şekilde tayin edilen ezilme direnci ( $\text{N/mm}^2$ ),
  - $C_b$  İşlem 2'ye uygun şekilde tayin edilen ezilme direnci ( $\text{N/mm}^2$ ),
  - $L$  Piston tarafından uygulanan kuvvet (N),
  - $F$  Basınç kuvveti (N),
  - $A$  Pistonun alanı ( $\text{mm}^2$ )
- dır.

Üç numuneden elde edilen sonuçların ortalama değeri hesaplanır.

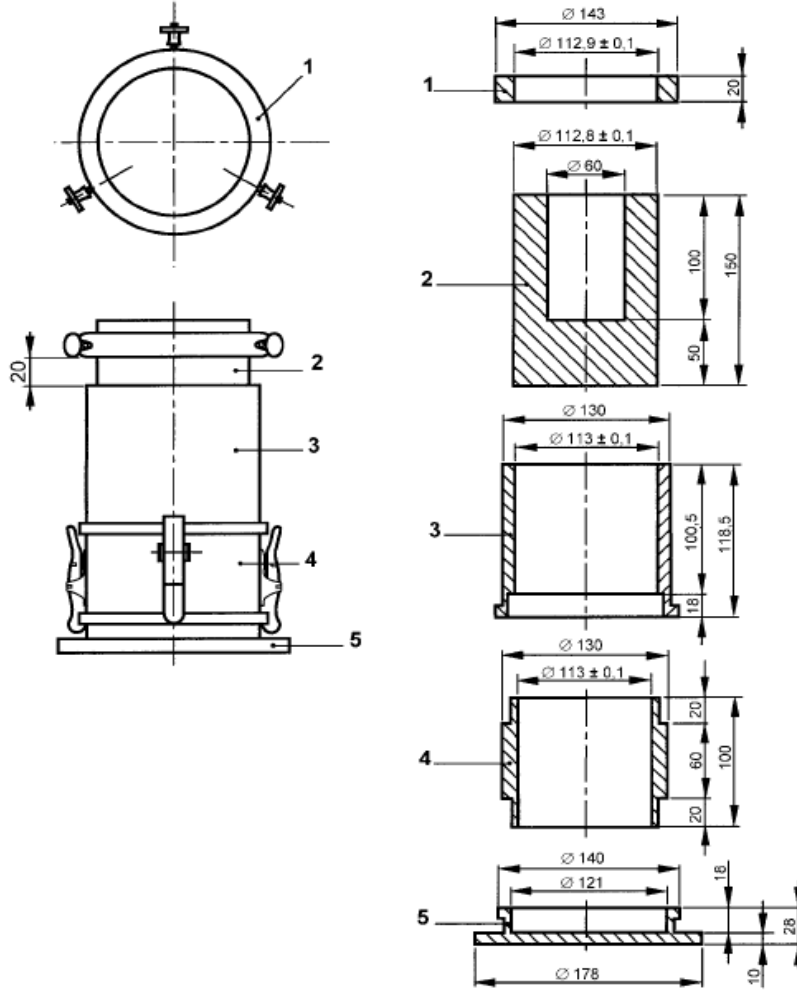
### A.6 Deney raporu<sup>2)</sup>

Deney raporu, aşağıdaki bilgileri içermelidir:

- a) Bu standarda atf (TS 1114 EN 13055-1 şeklinde),
- b) İşlem 1 veya İşlem 2'ye uygun şekilde yapılan deney,
- c) Deney numunesinin tanımı,
- d) Deney l boratuvarının tanımı,
- e) Deney tarihi,
- f) Ezilme direnç değerlerinin ortalaması ( $C_a$  veya  $C_b$ ),
- g) Üç deney sonucunun değer aralığı,
- h) Titreşim süresi.

2) TSE Notu: Deney raporu, burada istenilen bilgilere ilâveten, TS EN ISO / IEC 17025'de verilen bilgileri de ihtiva edecek şekilde düzenlenebilir.

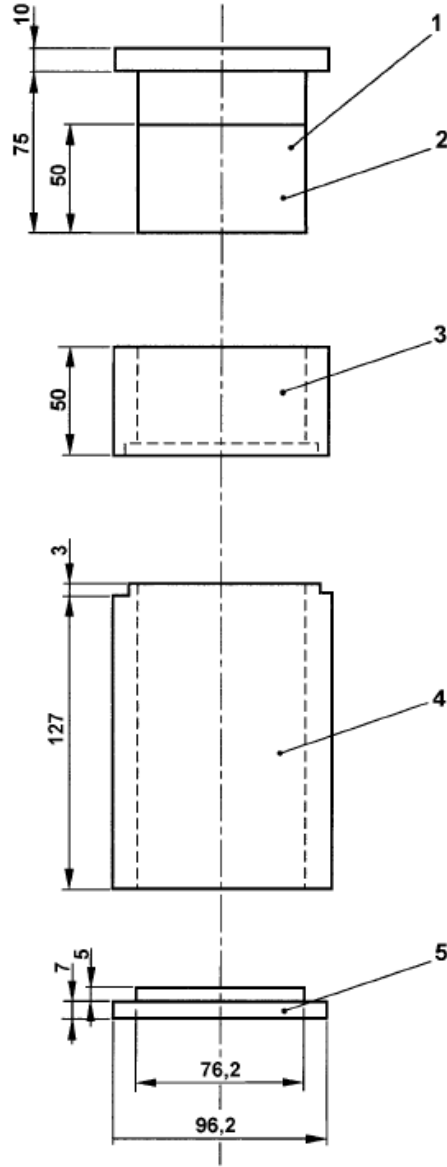
Ölçüler mm'dir.

**Açıklama**

- 1 Yüksekliği ayarlanabilen sıkımalı bilezik
- 2 Piston
- 3 Silindir üst parçası
- 4 Silindir alt parçası
- 5 Taban parçası

Şekil A.1 - İşlem 1 için deney cihazları

Ölçüler mm'dir.

**Açıklama**

- 1 50 mm çizgisi
- 2 Piston
- 3 Flânşlı başlık
- 4 Silindir
- 5 Taban parçası

Şekil A.2 - İşlem 2 için deney cihazları



**Ek B****Parçalanmaya karşı direncin tayini****B.1 Prensip**

Ortam sıcaklığındaki su içinde 3 gün bekletilen iki hafif agrega deney numunesi, 3 gün sonunda sudan çıkarılarak 2 MPa basınç, 215 °C sıcaklık değerlerinde çalışan otoklav içinde 3 saat tutulur ve sonra 30 °C'a kadar soğutulur.

Deney numuneleri 110 °C sıcaklıkta kurutulup soğutulduktan sonra, tek deney sınıfı için alt elek göz açıklığından bir sonraki küçük göz açıklıklı elekten elenir.

Bu deney eleğinden geçen kütle, her bir kuru deney numunesinin başlangıç kütlelerine yüzde oranı olacak şekilde ifade edilir.

İki deney numunesinden elde edilen sonuçların ortalama değeri alınır ve sonuç olarak kaydedilir.

**B.2 Cihazlar**

**B.2.1** Bütün cihazlar, aksi belirtilmedikçe, EN 932-5'de verilen genel özelliklere uygun olan.

**B.2.2** Termostatik kontrollü, doygun buharla çalışan otoklav, deney numunelerinin sıcaklığını (60 ± 5) dakika içinde 20 °C'dan (215 ± 5) °C'a kadar yükseltebilecek ve bu sıcaklığı (2 ± 0,2) MPa basınçta (180 ± 10) dakika boyunca sabit tutabilecek uygun kapasitede olan. Buna ek olarak, otoklav, deney numunelerini (90 ± 10) dakikada (30 ± 10) °C'a kadar soğutabilecek özellikte olmalıdır.

**B.2.3** Deney elekleri, ISO 3310-1 veya ISO 3310-2'ye uygun olan.

**B.2.4** Terazi, yeterli kapasitede olan ve ± 0,1 g doğrulukla tartabilen.

**B.2.5** Termostatik kontrollü, havalandırılmalı etüv, sıcaklığı (110 ± 5) °C'da sabit tutabilen.

**B.2.6** İki metal kap, hafif agregayı otoklav içinde tutabilmek için uygun olan.

**B.3 Deney numunelerinin hazırlanması**

Numuneler, EN 932-1'e uygun şekilde alınmalı, EN 932-2'ye uygun şekilde küçültülmeli ve Çizelge B.1'de belirtilen iki deney numunesini oluşturmaya yetecek hacimde olmalıdır.

**B.3.1** Hafif agrega numunesi, EN 1097-5'e uygun şekilde kurutulur.

**B.3.2** İki deney numunesi, Çizelge B.1'de belirtilen uygun üst ve alt eleklerden kuru şekilde elenip elek üstü ve elek altı kısımlar ayrılır.

**Çizelge B.1** - Numune tane sınıfı/elek göz açıklıkları

Üst ve alt elek göz açıklıkları mm	Yaklaşık hacim ml	Bir sonraki küçük elek göz açıklığı mm
4/8	500	2
8/16	1000	4
16/22	2000	8

## B.4 İşlem

**B.4.1** İki deney numunesi, su yüzeyinin tamamen altında kalmasını sağlamak amacıyla üzerlerine bir ağırlık koyularak, ortam sıcaklığındaki destile su içine ( $72 \pm 1$ ) saat süre ile batırılır.

**B.4.2** Suya batırma işleminden sonra, hafif agrega destile sudan süzülerek alınır ve deney numunelerinin suyunu bırakması için 15 dakika beklenir.

**B.4.3** Suyunu bırakan numuneler iki metal kap içine doldurulur ve metal kaplar otoklav içine yerleştirilir.

**B.4.4** ( $90 \pm 5$ ) dakika içinde otoklav içindeki basınç ( $2 \pm 0,2$ ) MPa'a, sıcaklık ise ( $215 \pm 5$ ) °C'a yükseltir ve bu basınç ve sıcaklık değerleri ( $180 \pm 5$ ) dakika boyunca sabit tutulur. Numuneler, ( $90 \pm 5$ ) dakika içinde ( $30 \pm 10$ ) °C'a kadar soğumaya bırakılır.

**B.4.5** Metal kaplar, içindeki muhteva ile birlikte etüve aktarılırak EN 1097-5'e uygun şekilde ( $110 \pm 5$ ) °C sıcaklıkta kurutulur ve sonra soğumaya bırakılır.

**B.4.6** Her deney numunesi, 0,1 g doğrulukla tartılır ( $m_1$ ).

**B.4.7** Her deney numunesi, Çizelge B.1'de gösterilen bir sonraki küçük göz açıklıklı elekten dikkatlice elenir.

**B.4.8** Her deney numunesi için bu elekten geçen malzeme, 0,1 g doğrulukla tartılır ( $m_2$ ).

## B.5 Hesaplama ve sonuçların ifade edilmesi

**B.5.1** Her deney numunesi için yüzde olarak kütle kaybı  $M$ , aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$M = \frac{m_2}{m_1} \times 100$$

Burada;

$M$  Yüzde olarak kütle kaybı,

$m_1$  Deney numunesinin başlangıç kütlesi (g),

$m_2$  Otoklava koyulduktan sonra uygun olan bir sonraki küçük göz açıklıklı elekten geçen malzemenin kütlesi (g)

dir.

**B.5.2** Sonuç, iki numunedan elde edilen değerlerin ortalama değeri şeklinde ifade edilmelidir.

## Ek C

### Hafif agregaların donma ve çözölmeye karşı direncinin tayini

#### C.1 Giriş

Bu ekte belirtilen deneyin, tane büyüklüğü 4 mm'den küçük, gevşek yığın yoğunluğu ise 150 kg/m<sup>3</sup>'den (0,15 Mg/m<sup>3</sup>) az olmayan hafif agregalar için uygun olduğu tespit edilmiştir.

Not - Bu deneyin prensibi, EN 1367-1'de belirtilen deney metodundan farklılık gösterir.

#### C.2 Prensip

Bir hafif agrega deney numunesi, atmosfer basıncı altında suya batırıldıktan sonra, 20 donma-çözölme çevrimine tâbi tutulur. Bu işlem, numunenin havada -15 °C'a kadar soğutulması, daha sonra ise yaklaşık 20 °C sıcaklıktaki su banyosu içinde çözölmesini esas alır. Hafif agrega, donma-çözölme çevrimlerinin hepsinin tamamlanmasını takiben, çatlak oluşumu ve/veya kütle kaybı gibi değişiklikler açısından incelenir.

#### C.3 Cihazlar

**C.3.1 Bütün cihazlar**, aksi belirtilmedikçe, EN 932-5'de verilen genel özelliklere uygun olan.

**C.3.2 Havalandırmalı etüv**, yeterli derecede hava dolaşımını pervane ile sağlayan. Etüv, sıcaklığın (110 ± 5) °C'da sabit tutulabilmesini sağlayan nitelikte olmalıdır.

**C.3.3 Terazi**, kütlesi 400 g'a kadar olan deney numunelerini ± 0,02 g, kütlesi 400 g'ın üstünde olan deney numunelerini 0,05 g doğrulukla tartabilen.

**C.3.4 Düşük sıcaklık kabini**, (dik durabilen veya duvara asılabilen) hava dolaşımına sahip olan. Kabin, sıcaklığın (-17,5 ± 2,5) °C'da sabit tutulabilmesini sağlayan nitelikte olmalıdır.

**C.3.5 Kaplar**, korozyona dirençli çelik levhadan imal edilmiş, taban alanı yaklaşık 0,02 m<sup>2</sup>, yüksekliği ise en az 100 mm olan.

**C.3.6 Izgara**, hafif agreganın Madde C.3.5'de belirtilen kap içinde yüzmesini önlemek için uygun boyutlu ve aralıklı olan.

**C.3.7 Deney elekleri**, EN 933-2'ye uygun olan.

**C.3.8 Su**, destile veya damıtık olan.

#### C.4 Numune alma

Numune, EN 932-1'e uygun şekilde alınmalıdır.

#### C.5 Deney numuneleri

##### C.5.1 Deney numuneleri

Üç ayrı deney numunesi kullanılmalıdır. Deney numuneleri, EN 932-2'ye uygun şekilde, elek üstü ve elek altının ayrılarak tek tane sınıfta imal edilmiş agregalardan numune küçültülmesi yoluyla elde edilmelidir.

##### C.5.2 Deney numunelerinin tane büyüklüğü

Çizelge C.1'de verilen tane sınıf değerlerinden herhangi biri kullanılabilir. Üç ayrı deney numunesinin her biri için alınacak miktar Çizelge 1'de verilmiştir ve bu miktarlar alınırken meydana gelebilecek ± % 5'lik sapmaya izin verilebilir.

Çizelge C.1 - Donma-çözülme çevrim deneyi için gereken deney numuneleri

En büyük agrega tane sınıfı mm	Gerekli olan hafif agrega hacmi ml
4 - 8 arası	500
8 - 16 arası	1000
16 - 32 arası	1500

**C.5.3 Deney numunelerinin hazırlanması**

Deney numuneleri, yapışık taneleri birbirinden ayırmak amacıyla yıkanır. Yıkanan deney numuneleri, EN 1097-5'e uygun şekilde kurutulurak ortam sıcaklığına erişinceye kadar soğumaya bırakılır ve tartılır.

**Not** - Bazı hafif agregalar için deney numuneleri,  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$  ve %  $(50 \pm 10)$  bağıl nem değerlerinde kararlı hale gelmiş olan rutubet şartına maruz bırakılır.

Tartım, aşağıdaki doğruluklarla yapılmalıdır:

- Kütlesi 400 g'a kadar olan deney numuneleri için  $\pm 0,04$  g,
- Kütlesi 400 g'ın üstünde olan deney numuneleri için  $\pm 0,1$  g.

**C.6 İşlem****C.6.1 Suya batırma**

Madde C.3.5'de belirtilen kaplar içindeki deney numuneleri, sıcaklığı  $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$  olan atmosfer basıncı altındaki destile veya damıtık su içinde, suyun 4 saatlik suya batırma süresinin tamamında deney numunelerinin üstünü en az 10 mm kapatması sağlanarak,  $(4 \pm 0,2)$  saat bekletilir. Deney numunelerinin suda yüzmesini önlemek amacıyla, numuneler, su altında Madde C.3.6'da belirtilen ızgaralar yardımıyla tutulur.

**C.6.2 Donma ve çözülmeye maruz bırakma**

Deney numuneleri kaplardan alınarak bir elek üzerinde boşaltılır ve suyunu bırakması için 1 dakika beklenir. Bu işlemden sonra, kaplar, her kaba eşit miktarda numune gelecek şekilde tekrar doldurulur.

Kaplar, düşük sıcaklık kabini içine, kabin içindeki ısının her deney numunesinin her tarafına mümkün olduğunca eşit derecede nüfuz etmesi sağlanarak yerleştirilir. Kaplar ve kaplarla kabinin yan duvarları arasındaki mesafe, 50 mm'den az olmamalıdır. Kaplar kabin içine yerleştirildikten sonra, kabin içindeki hava sıcaklığı  $-20 ^\circ\text{C}$ 'da tutulur. Bu işlem esnasında kabin içindeki hava sıcaklığının hiçbir safhada  $-22 ^\circ\text{C}$ 'un altına düşmesine veya  $-15 ^\circ\text{C}$ 'un üstüne çıkmasına izin verilmez. Gerekliğinde, kabin içine yapılan yükleme, kabinin soğutma kapasitesine göre ayarlanmalıdır.

Deney numuneleri ile dolu kaplar, kabin içinde en az 4 saat bekletilmelidir.

Donma çevrimininin tamamlanmasını takiben, deney numuneleri ile dolu kaplar, sıcaklığı  $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ 'da sabit olan su içinde 1 saat bekletilir.

Suyun dikkatlice akıtılması ve deney numunelerinin suyunu bırakması sağlandıktan sonra, bir sonraki donma çevrimi başlatılmalıdır; Toplamda 20 donma-çözülme çevrimi tamamlanmalıdır.

**Not** - Deneyi donma çevrimi esnasında bir süreliğine durdurmak gerekiyorsa, deney numuneleri, kabin içinde  $(-17,5 \pm 2,5) ^\circ\text{C}$ 'da bekletilmelidir. Toplam 72 saatlik durdurma süresine izin verilir.

**C.6.3 Eleme ve kurutma**

20. çevrimin tamamlanmasını takiben, her kaptaki numune, göz açıklığı, deney numunesini hazırlarken kullanılan alt elek göz açıklığının yarısı olan elek üzerine serilir (örneğin; 8 mm - 16 mm arası tane sınıfı için, 4 mm göz açıklıklı deney eleği üzerine). Deney numunesi, belirtilen elek üzerinde elle yıkanır ve elenir. Elek üzerinde kalan artık, Madde C.5.3'e uygun şekilde kurutulur ve tartılır.

**C.7 Hesaplama ve sonuçların ifade edilmesi**

**C.7.1** Üç deney numunesine ait artık miktarlar birleştirilerek elek altı hesaplanır, bu miktar tartılır ve elde edilen kütle birleştirilmiş deney numunelerinin kütlelerine yüzde oranı olacak şekilde ifade edilir.

**C.7.2** Donma-çözülme deneyinin sonucu, aşağıdaki eşitliğe uygun şekilde hesaplanır:

$$F = [(M_1 - M_2) / M_1] \times 100$$

Burada;

- $M_1$  Üç deney numunesinin donma-çözülme çevrimleri öncesi toplam kuru başlangıç kütlesi (g),  
 $M_2$  Üç deney numunesinin donma-çözülme çevrimleri sonrası, belirtilen elek üzerinde kalan toplam kuru nihai kütlesi (g),  
 $F$  Üç deney numunesinin donma-çözülme çevrimleri sonrası toplam kütledeki yüzde kayıptır.

**C.8 Deney raporu<sup>3)</sup>**

Deney raporu, bu standarda atıf yapmalı (TS 1114 EN 13055-1 şeklinde) ve aşağıdaki bilgileri içermelidir:

- Lâboratuvar numunelerinin, biliniyor ise numune alma metodu, işaretlemesi, tipi ve kökeni,
- Lâboratuvar numunelerinin tane şekli, tane sınıfı, tane büyüklük dağılımı ve sayısı,
- Belirtilen elek üzerinde kalan agregada ile ilgili görsel gözlemler,

**Not** - Elek üzerinde kalan agregada meydana gelen olağan dışı bir parçalanma şekli rapor edilmelidir.

- Donma-çözülme deneyinin, kütlece % 0,1 doğrulukla ifade edilen sonucu  $F$ ,
- Rapor tarihi ve lâboratuvarın adı.

**3) TSE Notu:** Deney raporu, burada istenilen bilgilere ilâveten, TS EN ISO / IEC 17025'de verilen bilgileri de ihtiva edecek şekilde düzenlenebilir.

## Ek D (Bilgi için)

### Kütlenin esas alındığı miktarlardan hacmin esas alındığı miktarlara nasıl geçiş yapılacağına ilişkin yol gösterici bilgiler

#### D.1 Temel bilgiler

Kimyasal madde muhtevalarına ait sınır değerlerde, gevşek yığın yoğunluğu yaklaşık  $1500 \text{ kg/m}^3$  ( $1,50 \text{ Mg/m}^3$ ) olan normal agregalar esas alınır.

EN 1744-1'e uygun şekilde tayin edilen kimyasal madde muhtevaları, kütle esasına göre yüzde olarak ifade edilir.

Hafif agrega için böyle bir deney değerinin, gevşek yığın yoğunluğu düşük hafif agreganın sınır değer ile mukayese edilebilmesini sağlamak amacıyla düzeltilmesi gerekir.

Buna göre, gevşek yığın yoğunluğu  $750 \text{ kg/m}^3$  ( $0,75 \text{ Mg/m}^3$ ) olan agrega, kütlelerin oranlanması esasına göre belirli bir maddeyi, gevşek yığın yoğunluğu  $1500 \text{ kg/m}^3$  ( $1,50 \text{ Mg/m}^3$ ) olan agreganın ihtiva edebileceğinden iki katı fazla miktarda ihtiva edebilir ve  $1 \text{ m}^3$  betona ait sınır değere hâlâ uygun olabilir.

#### D.2 Örnek hesaplama

Bir uygulama için sınır değer, kütlelerin oranlanması esasına göre % 0,01'dir.

Önerilen agreganın gevşek yığın yoğunluğu,  $750 \text{ kg/m}^3$  ( $0,75 \text{ Mg/m}^3$ )'dür.

EN 1744-1'e göre ölçülen kimyasal madde muhtevası ( $C_n$ ), kütlelerin oranlanmasına esasına göre % 0,018'dir.

Buna göre mukayese değeri;

$$C_n = 0,018 \frac{750}{1500} = 0,009$$

dur.

Mukayese değeri % 0,009, sınır değer olan % 0,01'den küçüktür.

Bu nedenle önerilen agrega, tasarlanan uygulama için uygundur.

## Ek E (Bilgi için)

### Hafif agregaların bazı kimyasal bileşenlerinin, içine katıldıkları beton, harç ve şerbetin dayanıklılığı üzerindeki etkileri ile ilgili yol gösterici bilgiler

#### E.1 Genel

Hafif agregalar, tasarlanan kullanımları için uygunluğu olumsuz yönde etkilecek miktarlar ve türlerde olan maddeleri ihtiva etmemelidir.

#### E.2 Klorürler

Hafif agregalar içinde klorürler mevcut olabilir. Beton ve harç içine yerleştirilen metalin korozyon riskini en aza indirmek amacıyla, beton ve harç içindeki bütün bileşenlerden gelen toplam klorür miktarının sınırlandırılması genel bir uygulamadır.

#### E.3 Organik bileşenler

**E.3.1** Organik madde mevcudiyetini belirlemek için yaygın olarak kullanılan iki sınıma deneyi bulunmaktadır: Sodyum hidroksit deneyi ve fulvo asit deneyi. Bu deneylerde kullanılan berrak sıvının rengi, EN 1744-1:1998 Madde 15.1 ve/veya Madde 15.2'ye uygun şekilde tayin edildiğinde standard renklerden daha açık ise, agreganın organik madde ihtiva etmediği kabul edilebilir (Madde E.3.5).

**Not** - Sodyum hidroksit deneyindeki berrak sıvının rengini değiştiren bazı inorganik bileşikler, betonun/harcın priz almasını ve sertleşmesini olumsuz yönde etkilemez.

**E.3.2** Betonun/harcın priz alma ve sertleşme hızını değiştiren oranlarda organik veya diğer maddeleri ihtiva eden agregalar, bu gibi maddelerin mevcudiyeti açısından nicel olarak değerlendirilmelidir. Bu maddelerin katılma süresi ve basınç dayanımına etkisi, EN 1744-1:1998 Madde 15.3'e uygun şekilde tayin edilmelidir.

Bu gibi maddelerin oranı, Madde E.3.2 ve Madde E.3.4'de verilen şartlara uygunluğun sağlanacağı kadar olmalıdır.

**E.3.3** Beton/harç deney numunelerinin katılma süresindeki artış, 120 dakikadan fazla olmamalıdır.

**E.3.4** Beton/harç deney numunesinin basınç dayanımındaki azalış, % 20'den fazla olmamalıdır.

**E.3.5** Şekerler, sodyum hidroksit veya fulvo asit deneyindeki berrak sıvının rengini etkilemez. Şekerlerin veya şeker türevi maddelerin mevcudiyetinden şüphelenilmesi halinde, agrega, EN 1744-1:1998 Madde 15.3'de belirtilen beton/harç deney numunesi deneyi kullanılarak deneye tâbi tutulmalıdır. Bu durumda, Madde E.3.3 ve Madde E.3.4'de verilen katılma süresi ve basınç dayanımı şartları uygulanmalıdır.

#### E.4 Alkali agrega reaksiyonu

Belirli agregalar, beton, harç ve şerbetteki gözenekler içerisindeki sıvılarda mevcut bulunan alkali hidroksitler ile reaksiyona girebilir. Olumsuz şartlar altında ve rutubet mevcudiyeti söz konusu olduğunda, bu olay beton, harç ve şerbette şişmeye ve takiben çatlamaya veya parçalanmaya yol açabilir. En yaygın reaksiyon şekli, alkali hidroksit ile belirli silis formları arasında meydana gelir (alkali-silika reaksiyonu). Daha az yaygın diğer bir reaksiyon şekli, alkali-karbonat reaksiyonudur.

**E.4.1** Belirli bir çimento-agrega birleşiminin parçalanmaya yol açan reaktivitesinin bulunmadığını gösteren geçmiş uzun vadeli bir tecrübe olmaması halinde, aşağıda verilen tedbirlerin hesaba katılması gerekli olabilir:

- Beton/harç karışımının toplam alkali muhtevasının sınırlandırılması,
- Etkin alkali muhtevası düşük olan çimento kullanılması,
- Reaktif olmayan bir agrega birleşiminin kullanılması,
- Betonun/harcın suya doygunluk derecesinin sınırlandırılması.

## TAŞIYICI HAFİF BETONLARIN HESAP ESASLARI

### 0 - KONU, TANIM, KAPSAM

#### 0.1 - KONU

Bu Standard, taşıyıcı hafif betonların karışım hesap esaslarına dairdir.

#### 0.2 - TANIMLAR

##### 0.2.1 - Taşıyıcı Hafif Beton

Taşıyıcı hafif beton, havada kurumuş haldeki birim ağırlığı 1900 kg/m<sup>3</sup>den az olan ve en az B 160 <sup>1)</sup> dayanım sınıfındaki betondur.

##### 0.2.12 - Beton Karışım Hesabı

Beton karışım hesabı, istenen işlenebilme özeliğinde, yeterli dayanım ve dayanıklılıkta ekonomik betonun malzeme oranlarının tespitidir.

#### 0.3 - KAPSAM

Bu standard, TS 1114 <sup>2)</sup> kapsamına giren hafif beton agregası ile, veya TS 706 ya uygun ince agreganın da katılmasıyla elde edilen betonun karışım hesap esaslarını kapsar.

### 1 - MALZEME KARIŞIM ORANLARININ

Çoğunlukla, hafif agregalı betonların net su/çimento oranı, karışım hesabına esas olabilecek yeterli doğrulukta saptanamadığından hafif agregalı beton kim-şunları şart koşulan kıvamda, çimento dozu esasına göre bir seri deney karışım yaparak hesaplanmalıdır.

Beton karışım hesabı yapılırken betonun kullanılacağı yapı elemanının boyutları, istenilen dayanım, karşılaşılabilecek etkiler gözönünde bulundurulmalıdır.

#### 1.1 - KIVAM SEÇİMİ

Beton, randımanlı bir tarzda dökülebilecek, homogen bir kütle teşkilini ve işlenebilirliği sağlayacak en düşük kıvamda olmalıdır.

Özellikle hafif agregalı betonların ayrışmayı önlemek için çökme değeri 10 cm yi geçmemelidir. Hafif agregalı betonun aynı işlenebilirlikteki normal betona göre daha düşük çökme değeri vereceği gözönünde bulundurulmalıdır.

#### 1.2 - AGREGA

Taşıyıcı hafif beton agregası TS 1114 e uygun olmalıdır. Hafif agreganın özgül ağırlığı tane büyüklüğüne bağlı olarak değişebileceğinden TS 1114 Çizelge - 2 deki granülometri limitleri hacim esasına göre uygulanmalıdır.

Genellikle, 1 m<sup>3</sup> beton imali için 1,1 m<sup>3</sup> 1,2 m<sup>2</sup> arasında kuru gevşek hafif agregalı gereklidir. Maksimum birim ağırlık yöntemi uygulanarak nice ve iri agreganın oranları için iyi bir seçim yapılmalı ve miktarlar agrega karışımında maksimum birim ağırlık sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. (Birim ağırlık değerleri, agrega karışımındaki ince kısım yüzdesine göre çizildiğinde Şekil -1 de görülen eğriye benzer bir eğri elde edilir, ince ve iri kısımların özgül ağırlıklarındaki farklılıktan dolayı eğrinin maksimumu ince kısmın % 100 değerinin altında olmayabilir. Ancak, eğrilikte ani bir değişme görülür. Eğrilikteki bu değişme minimum boşluk miktarı bölgesini gösterir). Bu uygulamaya göre, genellikle, en büyük tane boyutu 16 mm olan agrega için kum yüzdesi, kuru gevşek hacim esasına göre, % 40 - % 60 arasında olmalıdır, (ince agrega olarak tabii kum kullanıldığında, kumun kuru gevşek hacminin toplam agreganın % 40 inin üstüne çıktığı

1) TS 500'e göre en az II. b dayanım niteliğindeki ( $W_{b28}$  160 kgf/cm<sup>2</sup>) betondur.

2) Atif yapılan Türk Standardlarının numaraları ve yayım tarihleri bu metnin sonunda verilmiştir.



enderdir.) Agreganın en büyük boyutu azaldıkça ince agrega oranı artar. Hava katkısı kullanılıyorsa veya çimento dozu yüksekse normal olarak daha düşük bir ince agrega yüzdesi kullanılmalıdır. % 40 ve % 60 limitleri arasında, boşluk yüzdesinde pek az değişme görülür, ince agrega, iyi bir işlenebilirlik sağlamak şartıyla minimum miktarda kullanılmalıdır, ince agreganın tamamının tabii malzeme olması halinde işlenebilirlik artacağından, ince agrega hacmi toplamı agrega hacmine göre % 10 azaltılabilir.

### 1.3 - ÇİMENTO

Çeşitli hafif agregaların özellikleri arasında büyük değişiklikler görüldüğünden, belirli bir dayanım elde edilebilmesi için gereken çimento miktarı da geniş sınırlar arasında değişir. Çizelge - 1, ön karışımlar hazırlanırken çimento miktarının ilk tahmini için kullanılmalıdır.

#### ÇİZELGE - 1 Beton Sınıfına Göre Yaklaşık Çimento Miktarları (PÇ 325<sup>3</sup> için)

Beton Sınıfı	Çimento Miktarı, kg/m <sup>3</sup>
B 160 (WMg 160)	300-450
B 225 (Wb28 225)	325 - 500
B 300 (Wb28 300)	350 - 500

Rötre yönünden sakıncalı olabileceğinden çimento dozu mümkünse 450 kg/m<sup>3</sup> ün üzerine çıkmamalıdır.

### 1.4 - GEREKLİ SUYUN SAPTANMASI

İstenen kıvamı sağlayacak net su miktarı yeterli deneyi ile saptanmalıdır. Çeşitli agregalarla yaklaşık 5 cm çökme verecek kıvamda 1 m<sup>3</sup> beton için gerekli net su miktarı 180 kg ile 270 kg arasında değişir, ince agrega olarak hafif agrega yerine normal kum kullanıldığında su ihtiyacı % 10 - % 15 kadar azalır. Hava katkısı kullanılıyorsa katılan havanın her % 1 (10 cins) i için su ihtiyacında genellikle % 2 - % 3 azalma görülür.

### 1.5 - HAVA KATKISI

Hava katkısı işlenebilirliği, hava koşullarına dayanıklılığı artırması, kuma ve bozuk gradasyondan gelebilecek eksiklikleri azaltması bakımından genellikle arzu edilir bir uygulamadır. Dış etkilere dayanıklılık gerektiğinde hafif agregalı betonlarda en büyük tane boyutu 16 mm ise en az % 6 ± % 1,5; en büyük tane boyutu 8 mm ise en az % 7,5 ± % 1,5 hava katılması tavsiye edilir. Sadece işlenebilirlik için optimum hava miktarı % 4 - % 8 arasında değişir.

## 2 - DENEY KARIŞIMLARI

Agreganın özgül ağırlık ve su emme değerlerini yeterli bir şekilde belirlemedeki zorluklardan dolayı bu değerleri içermeyen bir yöntem kullanmak gerekir.

Agregaların özgül ağırlıkları yerine, değişik nem durumlarındaki özgül ağırlık faktörleri TS 707 de verilen özgül ağırlık deney yöntemleri ile iri ve ince agreganın özgül ağırlıkları, etüvde kurumuş agreganın nem durumundan başlanarak beklenebilecek maksimum nem yüzdesine kadar değişen nemlilik dereceleri için bulunmalıdır, özgül ağırlık faktörlerinin hesabında, TS 707 de iri ve ince agreganın doymun kuru yüzey özgül ağırlığı için verilen denklemler kullanılmalıdır. Ancak, ince agrega için «B» ağırlığı olarak doymun kuru yüzey ağırlık yerine agreganın kullanıldığı nemlilikteki ağırlığı, iri agrega için ise «B» ağırlığı olarak agreganın kullanıldığı nemlilikte havada ağırlığı, «C» ağırlığı olarak da kullanıldığı nemlilikte sudaki ağırlığı alınmalıdır.

Karışım hesabında agregaların suda 10 dakika bekletilerek bulunan özgül ağırlık faktörleri kullanılmalıdır. Uzun mesafeye taşınacak hazır beton uygulamalarında, agrega daha uzun süre su emeceğinden çökme değerinde beklenen düşmeyi karşılamak için bir miktar suya daha gerek duyulacaktır. Bu betonların karışım hesabı da 10 dakikalık özgül ağırlık faktörleri kullanılarak yapılmalıdır. Ancak beklenen kaybı karşılamaya gerekli su miktarı hakkında bir fikir edinmek için karışım oranları, daha uzun bir süre su emdirmeye tekabül eden özgül ağırlık faktörleri ile ikinci bir defa hesaplanmalıdır.

3) PÇ 325 normu TS 19'da verilmiştir.

Dayanım ile çimento dozu arasındaki bağıntıyı saptamak için deney karışımları kullanılmalıdır. En az üç değişik çimento dozu ile deney yapılmalıdır. Her deney karışımı birim ağırlığının tayini, en az 6 adet basınç dayanım numunesinin dökülmesi ve gerektiğinde hava miktarının belirlenmesine yetecek miktarda olmalıdır. Dayanım deneyleri yapıldıktan sonra, sonuçlardan dayanım ile çimento miktarı arasındaki bağıntıyı verecek bir grafik çizilmeli ve gerek dayanımı sağlayacak çimento dozu saptanmalıdır. Deney karışımlarının karışım oranlarından faydalanarak seçilen çimento dozu için karışım oranları tam olarak bulunur. Deney karışımları şantiyede uygulandığında tekrar ayarlamalar yapmak gerekebilir, ince agreganın bir kısmı veya tamamı normal ağırlıkta ise, karışım hesapları kumun doymuş kuru yüzey özgül ağırlığı veya kullanıldığı nemlilikteki özgül ağırlığı esas alınarak yapılır.

Bazı durumlarda, ince agrega miktarı, çökme değeri ve hava oranında ufak değişiklikler istenebileceğinden, verimi ve diğer özellikleri sabit tutmak için karışım oranlarında bazı ayarlamalar yapılmalıdır. Bu ayarlamalar için aşağıdaki kurallar geçerlidir.

(i) ince agreganın toplam agregaya oranında meydana gelen her % 1 lik artış (veya düşüş) için 1 m<sup>3</sup> deki su miktarı yaklaşık 1,5 kg, çimento dozu da % 1 kadar artırılır (veya eksiltilir).

(ii) Çökmedeki her 2,5 cm lik artış (veya düşüş için), her m<sup>3</sup> de su miktarı ortalama-6 kg ve çimento dozu da % 3 artırılır (veya eksiltilir). İlk çökme değeri 7,5 cm den küçük olması halinde, bir miktar daha fazla su ve buna bağlı olarak da bir miktar daha fazla çimentoya gerek duyulur.

(iii) Hava miktarındaki her % 1 lik artış (veya düşüş) için, 1 m<sup>3</sup> deki su miktarı yaklaşık 3 kg azaltılır (veya artırılır) ve 1 m<sup>3</sup> deki çimento dozu % 2 artırılır (veya eksiltilir). Zayıf karışımlarda çimento dozu için daha küçük bir ayarlama yeterli olabilir.

Ayarlamaların hesapları, kuru agregalara ait karışım miktarı üzerinde yapılmalıdır, iri agregayı sabit tutarak çimento, hava veya su yukarıda verilen kurallardan yararlanarak çoğaltılır veya azaltılır. Bu ayarlamalar toplam hacimde bir artışa veya eksilmeye sebep olabilir, ilk hacmi sabit tutabilmek için, buna göre ince agrega oranı azaltılır veya çoğaltılır.

## ÖRNEKLER

### A - KARIŞIM ORANLARININ SEÇİLMESİ-NE AİT ÖRNEK

#### 1 - GENEL KABULLER

Bütün agregası hafif olan bir B 225 betonunun karışım hesabı istenmektedir. Beton karışımında özgül ağırlığı 3,1 olan PÇ 325 normuna uygun çimento kullanılacaktır, iri agreganın kuru gevsek birim ağırlığı 720 kg/m<sup>3</sup>, incenininki ise 960 kg/m<sup>3</sup> dür. Karıştırma sırasında iri agregada bulunan nem % 5, ince agregada ise % 8 dir.

Çizelge -1 e göre çimento dozu 325 - 500 kg/m<sup>3</sup> arasında olmalıdır. Buna göre çimento dozu yaklaşık 400, 450, 500 kg/m<sup>3</sup> olan beton karışımları yapılabilir, 1 m<sup>3</sup> beton imali için yaklaşık 1,150 m<sup>3</sup> kuru gevsek agrega gerekeceğinden ilk seçim için bu değer kullanılmıştır. İri ve ince agrega eşit hacimlerde alınmıştır.

#### II - 400 kg/m<sup>3</sup> Dozlu Beton Karışım için Hesaplar

1 — 1 m<sup>3</sup> için gerekli nemli iri ve ince agrega ağırlıklarının hesabı:

iri agrega ağırlığı (% 5 nemli) = 0,575 x 720 x 1,05 = 435 kg

ince agrega ağırlığı (% 8 nemli) = 0,575 x 960 x 1,08 = 596 kg

2 — Nemli agregaların karışım içinde kapladığı hacim hesabı:

Bu hesap o andaki nemlilik durumuna ait özgül ağırlık faktörleri kullanılarak yapılır. 10 dakikalık özgül ağırlık faktörünün, % 5 nem bulunan iri agrega için 1,37, % 8 nemli ince agrega için 1,95 olarak deneyde saptandığını kabul edelim.

İri agrega hacmi (% 5 nemli) = 435/1,37 = 318 dm<sup>3</sup> 8 nemli) = 596/1,95 =

İnce agrega hacmi 306 dm<sup>3</sup>

3 — Çimentonun karışım içinde kapladığı hacmin hesabı :  
Çimento hacmi =  $400/3,1 = 129 \text{ dm}^3$

4 — Gerekli Suyun Saptanması:

Karışımı  $1 \text{ m}^3$  tamamlamak için gerekli su miktarı, çimento ve agregâ hacimlerinin toplamından geriye, kalan hacimdir.

$$\text{Su hacmi} = 1000 - (318 - 308 + 129) = 247 \text{ dm}^3$$

$$\text{Su ağırlığı} = 247 \text{ kg}$$

5 —  $60 \text{ dm}^3$  lük deney karışımı için malzeme miktarları:

$$\text{Çimento} = 400 \times 0,06 = 24,000 \text{ kg}$$

$$\text{iri agregâ} = 435 \times 0,06 = 26,100 \text{ kg}$$

$$\text{ince agregâ} = 596 \times 0,06 = 35,760 \text{ kg}$$

$$\text{Su} = 247 \times 0,06 = 14,820 \text{ kg}$$

6 — Malzemeler karıştırıldıktan sonra işlenebilmek çökme değeri, hava oranı ve birim ağırlığı deneyle tespit edilir. Karışım yeterli ise hiçbir düzeltmeye gerek yok demektir. Agregâ veya su miktarında düzeltine gerekiyorsa karışım miktarları aşağıda verilen şekilde ayarlanır.

Betonun işlenebilirlik ve görünümünü bozmadan daha fazla iri agregâ kullanılabileceğini ve istenen çökmeyi sağlamak için de daha fazla su gerektiğini kabul edelim.  $60 \text{ dm}^3$  lük deney karışımına ilâve edilen iri agregâ  $2,5 \text{ kg}$ . su ise  $1,5 \text{ kg}$  olsun. Buna göre  $1 \text{ m}^3$  betona,

$$100 \times 2,5/60 = 42 \text{ kg} \text{ (% 5 nemli iri agregâ)}$$

$$1000 \times 1,5/60 = 25 \text{ kg SU ilâvesi gerekir.}$$

7 — Hava oranının saptanması ve malzeme  $1 \text{ m}^3$  teki gerçek miktarının hesabı :

Karışımındaki hapsolmuş hava oranının % 3 olarak deneyle saptandığını kabul edelim. Buna göre :

$$\begin{array}{rcl} \text{Çimento} & = & 129 \text{ dm}^3 \\ \text{Hava} & = & 30 \text{ dm}^3 \\ \text{iri agregâ } (435 + 42)/1,37 & = & 348 \text{ dm}^3 \\ \text{ince agregâ} & = & 306 \text{ dm}^3 \\ \text{Su } (247 - 24) & = & \underline{223 \text{ dm}^3} \end{array}$$

$$\text{Toplam hacim} \quad 1085 \text{ dm}^3$$

$1 \text{ m}^3$  için gerekli malzeme miktarı, bütün malzemenin ağırlıklarının ve hacimlerinin  $1000/1085 = 0,82$  katsayısı ile çarpılarak bulunur.

Malzeme	Ağırlık, kg	Hacim $\text{dm}^3$
Çimento	368	119
Hava	-	30
İri agregâ. (% 5 nemli)	439	320
ince agregâ (% 8 nemli)	548	250
Su.	250	$\frac{250}{1000}$

8 — Kuru agregâ ile malzeme miktarının hesabı :

Yukarıda hesaplanan ağırlık ve hacimler nemli agregâlar içindir/ Bunlarda daha sonra gerekebilecek ayarlamalar için karışımındaki malzeme miktarının kuru ağırlıklara çevrilmesi gerekir. Agregânın nemlilik derecesi, çimento dozu, agregâ oranları, çökme, hava miktarında meydana gelebilecek değişikliklere göre

1 m<sup>3</sup> betonun elde edilmesi için yapılacak ayarlamalara kuru ağırlıklar esas teşkil edecektir. Nemli agregalann karışım ağırlıklarını kuru agregalann karışım ağırlıklarına çevirmek için uygulanacak yöntem aşağıda gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{İri agrega ağırlığı (kuru)} &= 439/1,05 = 418 \text{ kg} \\ \text{İnce agrega ağırlığı (kuru)} &= 548/1,08 = 507 \text{ kg} \end{aligned}$$

Bu örnekte kuru durumdaki özgül ağırlık faktörlerinin iri agrega için 1,34, ince agrega için 1,99 olarak saptandığını kabul edelim.

$$\begin{aligned} \text{İri agrega hacmi (kuru)} &= 418/1,34 = 312 \text{ dm}^3 \\ \text{İnce agrega hacmi (kuru)} &= 507/1,99 = 255 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

Çimento ve hava hacmi sabit kalacağından su miktarı karışımı 1 m<sup>3</sup> e tamamlamak için gereken hacimdir. Böylece :

$$\begin{aligned} \text{Su hacmi} &= 1000 - (119 + 30 + 312 + 255) \\ &= 284 \text{ dm}^3 \\ \text{Su ağırlığı} &= 284 \text{ kg} \end{aligned}$$

Buna göre kuru agregalarla yapılacak karışımın malzeme miktarı aşağıdaki gibi olacaktır :

Malzeme	Ağırlık, kg	Hacim dm <sup>3</sup>
Çimento	368	119
Hava	-	30
iri agrega (kuru)	418	312
İnce agrega (kuru)	507	255
Su	284	<u>284</u>

1000

9— Yeni nem durumuna göre malzeme miktarının hesabı

Daha sonraki agrega partilerinin nemlilik derecesi farklı olabilir. Bunun için 1 m<sup>3</sup> lük verimi korumak için malzeme miktarını yeni nem durumuna göre ayarlamak gerekir.

Yeni nem yüzdelerinin iri agrega için % 2, ve ince agrega ağırlığı (%4 nemli) =507x1,04=527 kg

Bu hesap için agregalann yeni nem durumundaki özgül ağırlık faktörleri iri agregada 15, ince agregada 1,97 olarak deneyle saptanmış olsun. Buna göre gerekli ayarlamalar aşağıda gösterildiği gibi yapılır. Çimento ağırlığı, çimento ve havanın hacimleri sabit tutulur, iri agrega ağırlığı (%2 nemli)=418x1,02=426 kg ince agrega ağırlığı (%4 nemli) =507x1,04=527 kg

Yeni nem durumundaki özgül ağırlık faktörleri

İri agrega için 1,35, ince agrega için 1,97"olarak saptandığına göre :

İri agrega hacmi (%2 nemli) =426/1,35=316 dm<sup>3</sup> ince agrega hacmi (%4 nemli) =527/1,97=268'-dm<sup>3</sup> Bu miktarı, karışımı 1 m<sup>3</sup> e tamamlamak için gereken hacim olduğundan,

$$\begin{aligned} \text{Su hacmi} &= 1000 - (119 + 316 + 268) \\ &= 267 \text{ dm}^3 \\ \text{Su ağırlığı} &= 267 \text{ kg,} \end{aligned}$$

Buna göre yeni nem durumundaki agregalarla yapılacak karışımın malzeme miktarları aşağıdaki gibi olacaktır:

Malzeme	Ağırlık, kg	Hacim, dm <sup>3</sup>
Çimento	368	119
Hava	—	30
İri agrega (% 2 nemli)	426	316
İnce agrega (% 4 nemli)	527	268
Su	267	<u>267</u>
		1000

**III - 450 kg/m<sup>3</sup> ve 500 kg/m<sup>3</sup> DOZLU BETON KARIŞIMLAR İÇİN HESAPLAR**

Çimento dozu ortalama 450 kg/m<sup>3</sup> ve 500 kg/m<sup>3</sup> olan iki deney karışımı daha hazırlanacaktır. Bu hesap aşağıda gösterildiği gibi ilk karışımın kuru malzeme miktarından yararlanarak yapılır.

İri agregası, hava ve su miktarı sabit tutulur. Yeni doza göre :

$$\text{Çimento hacmi} = 450/3,1 = 145 \text{ dm}^3$$

ince agregası miktarı karışımı 1m<sup>3</sup> e tamamlamak için gereken hacimdir.

Böylece:

$$\text{ince agregası hacmi (Kuru)} = 1000 - (145 + 30 - f 312 4 - 284) = 229 \text{ dm}^3$$

$$\text{ince agregası ağırlığı (% 8 nemli) (Kuru)} = 229 \times 1,08 = 456 \text{ kg}$$

$$\text{ince agregası ağırlığı (% 8 nemli)} = 456 \times 1,08 = 492 \text{ kg}$$

ince agregasının özgül ağırlık faktörü 1,97 olduğuna göre,

$$\text{ince agregası hacmi (% 8 nemli)} = 492/1,97 = 250 \text{ dm}^3$$

Su miktarı nemli agregalarla yapılan karışımı 1 m<sup>3</sup>e tamamlamak için gerekli hacim olduğundan,

$$\text{Su hacmi} = 1000 - (145 + 30 + 320 + 250)$$

$$= 255 \text{ dm}^3$$

$$\text{Su ağırlığı} = 255 \text{ kg}$$

500 dozlu karışım için gerekli malzeme miktarları da 450 dozlu karışımı için olduğu gibi hesaplanacaktır.

**B - İNCE AGREGA MİKTARI, ÇÖKME DEĞERİ VEYA HAVA ORANINDAKİ DEĞİŞMELERE GÖRE MALZEME MİKTARININ AYARLANMASI İÇİN ÖRNEK**

400 dozlu karışıma ait malzeme miktarının, çökme değerini 5 cm düşürecek ve hava katkılı betonda hava oranını da % 2 artıracak şekilde ayarlanacağını varsayalım. Bu ayarlamalar 2. Maddede verilen kurallara göre yapılacaktır. Çökmede 5 cm lik azalma için suyu,

$$2 \times 6 = 12 \text{ kg}$$

ve 1 m<sup>3</sup> deki çimento miktarını da,

$$2 \times 0,03 \times 400 = 24 \text{ kg azaltmak gerekir. Hava oranındaki % 2 artış için suyu,$$

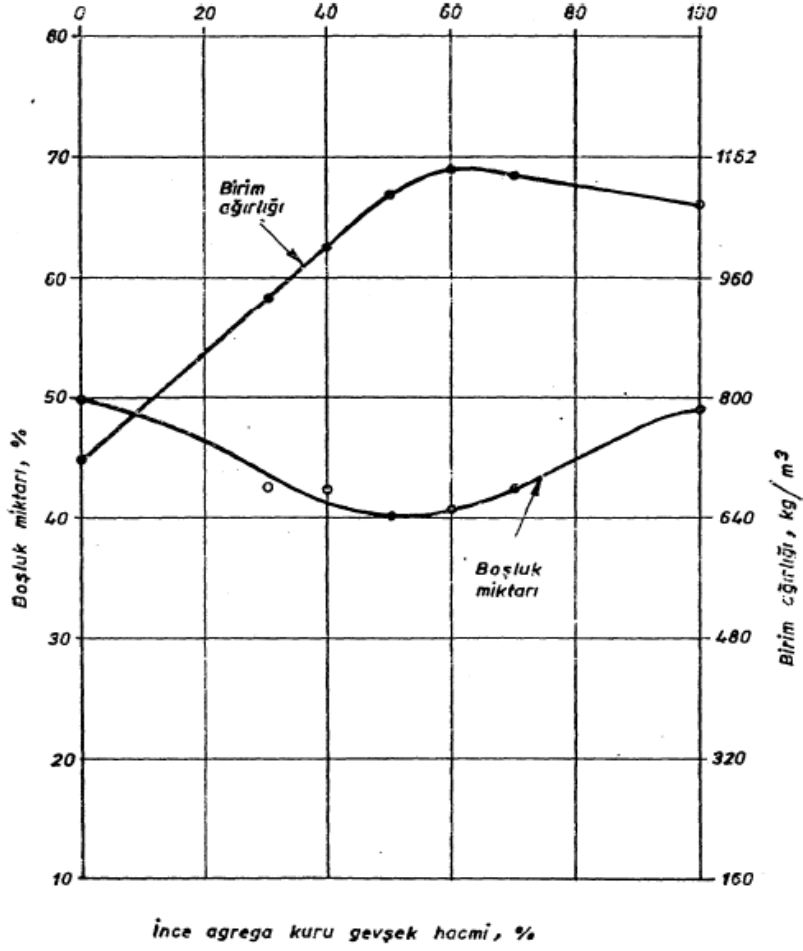
$$2 \times 3 = 6 \text{ kg azaltmak ve 1 m}^3 \text{ deki çimento miktarını da}$$

$$2 \times 0,02 \times 400 = 16 \text{ kg artırmak gerekir. Buna göre :}$$

$$\text{Su miktarındaki toplam eksilme} = 12 + 6 = 18 \text{ kg ve}$$

$$\text{Çimento miktarındaki toplam eksilme} = 24 - 16 = 8 \text{ kg olacaktır.}$$

Hava oranında % 2 (20 dm<sup>3</sup>) değişme olacağından ince agregası miktarındaki gereken değişiklik yapılır.



ŞEKİL 1-

## Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 3: Beton kâgir birimler (Yoğun ve hafif agregalı)

### 1 Kapsam

Bu standard, esas olarak, binaların ve inşaat mühendisliği alanına giren diğer yapıların yük taşıyan veya taşımayan, gömülü, kaplama veya açık yüzeyli kâgir kısımlarında kullanılmak için tasarlanmış, yoğun veya hafif agregalı veya bunların karışımı kullanılarak yapılan beton kâgir birimlerin karakteristiklerini ve performans gereksinimlerini kapsar. Kâgir birimler, tek duvar, bacaların dış duvar kanadı, sandviç duvar, bölme duvarı, istinat duvarı ve bodrum duvarlarını kapsayan duvar işlerinin bütün çeşitleri için uygundur. Bu kâgir birimler, yangından koruma, ısı yalıtımı, ses yalıtımı ve ses yutma özellikleri de sağlayabilir.

Bu standard, genelde dikdörtgenler prizması şekilli olmayan, özel şekillendirilmiş ve yardımcı beton kâgir birimleri kapsar.

Bu standardda, dayanım, birim hacim kütlesi, boyut doğruluğu, vb. ile ilgili performans tarif edilmiş ve mamulün bu standarda uygunluğunun değerlendirilmesi verilmiştir. Bu standard kapsamında olan mamullerin işaretleme özellikleri de standarda dâhil edilmiştir.

Bu standardda, beton kâgir birimler için standard ölçüler, standard çalışma boyutları ve özel şekillendirilmiş veya yardımcı birimlerde açılar tarif edilmemiştir. Bu standard, kat yüksekliğinde panelleri, bacaların duman geçiş kaplamalarını ve rutubet yalıtım tabakası olarak kullanılacak birimleri kapsamaz. Yangına maruz kalma tehlikesi olan birimlere yapıştırılan ısı yalıtım tabakalı birimler bu standarda dâhil edilmemiştir.

### 2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar

Bu standardda, tarih belirtilerek veya belirtilmeksizin diğer standard ve/veya dokümanlara atıf yapılmaktadır. Bu atıflar metin içerisinde uygun yerlerde belirtilmiş ve aşağıda liste hâlinde verilmiştir. Tarih belirtilen atıflarda daha sonra yapılan tadil veya revizyonlar, atıf yapan bu standarda da tadil veya revizyon yapılması şartı ile uygulanır. Atıf yapılan standard ve/veya dokümanın tarihinin belirtilmemesi hâlinde en son baskısı kullanılır.

EN, IEC, ISO vb.No	Adı (İngilizce)	TS No <sup>1)</sup>	Adı (Türkçe)
EN 772-1	Methods of test for mortar for masonry units - Part 1 : Determination of compressive strength	TS EN 772-1	Kâgir birimler - Deney metotları - Bölüm 1: Basınç dayanımının tayini
EN 772-2	Methods of test for masonry units - Part 2: Determination of percentage area of voids in masonry units (by paper indentation)	TS EN 772-2	Kâgir birimler - Deney metotları - Bölüm 2: Beton kâgir birimlerin boşluk alanı yüzdesinin tayini (Kâğıtta iz çıkarma metodu ile)
EN 772-6	Methods of test for masonry units - Part 6: Determination of bending tensile strength of aggregate concrete masonry units.	TS EN 772-6	Kâgir birimler - Deney metotları - Bölüm 6: Beton kâgir birimlerin eğilmede çekme dayanımının tayini
EN 772-11	Methods of test for masonry units - Part 11: Determination of water absorption of aggregate concrete, manufactured stone and natural stone masonry units due to capillary action and the initial rate of water absorption of clay masonry units	TS EN 772-11	Kâgir birimler - Deney metotları - Bölüm 11: Agregalı ve doğal taş kullanarak imal edilmiş kâgir birimler - Kılcal su emmeye bağlı olarak su emme tayini

1) TSE Notu: Atıf yapılan standartların TS numarası ve Türkçe adı 3. ve 4. kolonda verilmiştir.

\* İşaretilenler İngilizce metin olarak basılan Türk Standardlarıdır.

EN, IEC, ISO vb.No	Adı (İngilizce)	TS No <sup>1)</sup>	Adı (Türkçe)
EN 772-13	Methods of test for masonry units - Part 13 : Determination of net and gross dry density of masonry units (except for natural stone)	TS EN 772-13	Kâgir birimler - Deney metotları - Bölüm 13: Kâgir birimlerin net ve brüt kuru birim hacim kütlelerin tayini (Doğal taş hariç)
EN 772-16	Methods of test for masonry units - Part 16 : Determination of dimensions	TS EN 772-16	Kâgir birimler - Deney metotları - Bölüm 16: Ölçülerin tayini
EN 772-20	Methods of test for masonry units - Part 20 : Determination of flatness of faces of masonry units	TS EN 772-20	Kâgir birimler - Deney metotları - Bölüm 20: Agregâ, kuma taş ve doğal taş ile imal edilmiş kâgir birimlerin yüzey düzgünlüğü tayini
EN 998-2	Specification for mortar for masonry - Part 2: Masonry mortar	TS EN 998-2	Kâgir Harcı-Özellikler- Bölüm 2: Kâgir Harcı
EN 1052-3	Methods of test for masonry - Part 3 : Determination of initial shear strength	TS EN 1052-3	Kâgir - Deney metotları - Bölüm 3 : Başlangıç kayma dayanımının tayini
EN 1745	Masonry and masonry products - Methods for determining declared and design thermal values	TS EN 1745	Kâgir ve kâgir mamulleri - Tasarım ısı değerlerinin tayini metotları
EN 13501 -1	Fire classification of construction products and building elements - Part 1 : Classification using test data from reaction to fire tests	TS EN 13501-1	Yapı mamulleri ve yapı elemanları, yangın sınıflandırması - Bölüm 1: Yangın karşısındaki davranış deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak sınıflandırma
EN ISO 12572	Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water vapour transmission properties (ISO 12572:2001)	TS EN ISO 12572*	Binalarda kullanılan malzemelerin ve ürünlerin higrotermal performansı – Su buharı aktarımı özelliklerinin belirlenmesi
EN 772-14	Methods of test for masonry units - Part 14 : Determination of moisture movement of aggregate concrete and manufactured stone masonry units	TS EN 772-14	Kâgir birimler - Deney metotları - Bölüm 14: Beton ve sun'î taş kâgir birimlerin rutubet hareketinin tayini
EN 1996-1-1	Eurocode 6: Design of masonry structures - Part 1-1: Common rules for reinforced and unreinforced masonry structures	TS ENV 1996-1-1	Kâgir yapıların tasarımı - Bölüm 1-1: Binalar için genel kurallar - Donatılı ve donatısız kâgir kuralları (Eurocode 6)

### 3 Tarifler, terimler ve semboller

Bu standardın amacı bakımından aşağıda verilen terimler ve tarifleri geçerlidir.

#### 3.1 Terimler ve tarifleri

##### 3.1.1 Kâgir birim

Kâgir yapıda kullanım için tasarlanarak önceden şekillendirilmiş bileşen.

##### 3.1.2 Gömülü kâgir birim

Normal şartlarda, hiçbir yüzü görünmeyecek şekilde kullanılması tasarlanan kâgir birim.



**3.1.3 Kaplama kâgir birim**

Bir veya daha fazla sayıda yüzeyi görünür şekilde ve dış hava şartlarına maruz olacak veya olmayacak şekilde kullanılması tasarlanan kâgir birim.

**3.1.4 Açık yüzeyli kâgir birim**

Sıva veya eşdeğer koruma uygulanmadan dış hava şartlarına maruz olacak şekilde, yüzeyde kullanılması tasarlanan kâgir birim.

**3.1.5 Beton kâgir birim**

Çimento cinsi bağlayıcının, agreganın, suyun, kimyasal ve mineral katkıların, renk verici pigmentlerin ve hazırlanma esnasında veya hazırlandıktan sonra uygulanan veya karışıma ilâve edilen diğer malzemelerin karıştırılmasıyla imal edilen kâgir birim.

**3.1.6 Yerleşim boyutları**

Kâgir birimin, toleranslar ve derz için bırakılan kısımlar da dâhil olarak işgal ettiği hacim boyutları.

**3.1.7 Anma (çalışma) boyutları**

Kâgir birimin imalatı için belirlenmiş olan ve gerçek boyutların izin verilen sapma sınırları içerisinde uyum gösterdiği boyutlar.

**3.1.8 Gerçek boyutlar**

Kâgir birimin ölçülen boyutları.

**3.1.9 Düzgün şekilli kâgir birim**

Genel görünümüyle, yüzleri dikdörtgen şekilli ve birbirine paralel kâgir birim.

**Not** - Farklı şekillerdeki beton kâgir birim örnekleri Ek C'de gösterilmiştir.

**3.1.10 Özel şekle sahip kâgir birim**

Yüzleri birbirine paralel ve dikdörtgen olmayan kâgir birim.

**3.1.11 Yardımcı kâgir birim**

Kâgir yapı elemanı geometrisini tamamlamak gibi özel görevi gerçekleştirmek için şekillendirilmiş kâgir birim.

**3.1.12 Kenetleme şekilleri**

Kâgir birimlerin yatay düzlemde birbirine uyan şekillendirilmesi ve çentikler. Örneğin, lâmba-zıvana sistemleri.

**3.1.13 Boşluk**

Kâgir birimi, bir yüzden karşı yüze tamamen veya kısmen kat eden, tasarlanarak oluşturulmuş boşluk.

**3.1.14 Çukur**

Kâgir birimin bir veya her iki oturma yüzeyinde tasarlanarak oluşturulmuş çukurluk. Bu çukurlukların toplam hacmi, kâgir birimin brüt hacminin (uzunluk x genişlik x yükseklik) belirli bir oran sınırını geçemez.

**3.1.15 Oyuk**

Kâgir birimin bir veya daha fazla yüzeyindeki çukurluk veya iz (örneğin, harç cebi, sıva dış yuvası, harç derzde süreksizlik için yuva, kavrama yuvası gibi).

**3.1.16 Dış cidar (et kalınlığı)**

Kâgir birimin dış yüzü ile boşluk veya boşluklar arasındaki dolu malzeme kısmı.

**3.1.17 İç cidar**

Kâgir birimin tasarlanarak oluşturulmuş boşlukları arasındaki dolu malzeme kısmı.

**3.1.18 Beyan edilen değer**

İmalât işlemindeki farklılıklar ve deney hassasiyeti dikkate alınarak , imalâtçı tarafından temin edileceği garanti edilen değer.

**3.1.19 Kategori I kâgir birimler**

Beyan edilen basınç dayanım değerinin en fazla % 5 kusurlu numune ihtimaliyle sağlanabildiği kâgir birim. Bu, ortalama veya karakteristik değer ile temin edilebilir.

**3.1.20 Kategori II kâgir birimler**

Kategori I kâgir birimler için belirlenen güven seviyesini sağlaması tasarlanmayan kâgir birimler.

**3.1.21 Kâgir birimin standardlaştırılmış basınç dayanımı**

Kâgir birimin, 100 mm genişlik ve 100 mm yüksekliğe sahip eşdeğer kâgir birim kuru basınç dayanımına dönüştürülmüş basınç dayanımı.

Not - Bu işlem için EN 772-1 Ek A'ya bakılmalıdır.

**3.1.22 Kâgir birimlerin ortalama basınç dayanımı**

Kâgir birimlerin basınç dayanımlarının aritmetik ortalaması.

**3.1.23 Kâgir birimlerin karakteristik basınç dayanımı**

Bu seviyenin altına, numunelerden en fazla % 5'inin düşmesine izin verilen basınç dayanımı seviyesi.

**3.1.24 Dış ve iç cidarların birleşik kalınlığı**

Kâgir birimin yanakları ve alınları arasındaki dış ve iç cidar kalınlıkları toplamının, sırasıyla birimin genişliği veya uzunluğuna bölünmesiyle bulunan ve yüzde olarak ifade edilen değer. Dış ve iç cidar kalınlıkları toplamı ölçülürken kullanılan doğrultu, tasarlanarak oluşturulmuş boşluklardan geçirilmek suretiyle en küçük toplam cidar kalınlığı elde edilecek şekilde seçilmelidir.

**3.2 Semboller**

- l Uzunluk, mm,
- $l_d$  Köşegen uzunluğu, mm,
- w Genişlik, mm,
- h Yükseklik, mm,
- $f_b$  Standardlaştırılmış basınç dayanımı,  $N/mm^2$ ,
- $f_c$  Karakteristik basınç dayanımı,  $N/mm^2$ ,
- $f_m$  Ortalama basınç dayanımı,  $N/mm^2$ ,
- $f_{bi}$  Tek numune basınç dayanımı,  $N/mm^2$ ,

**4 Malzemeler****4.1 Genel**

Kullanılacak malzemelerin özellikleri imalât kontrol dokümanlarında yer almalıdır (Madde 8.3). Uygun Avrupa Standardı bulunması hâlinde bu standartlar, agreganın sahip olması gerekli granülometri şartı dışında kullanılabilir. Standard mevcut olmaması hâlinde, imalâtçı malzemeyi belirler ve bu malzemenin uygunluğu ile ilgili verileri temin eder.

**5 Beton kâgir birimlerin özellikleri****5.1 Genel**

Bu standardda verilen şartlar ve özellikler, bu standardda atıf yapılan deney metotları veya diğer işlemler kullanılarak belirlenmelidir.

Not - Beyan edilen değer, imalât yeri/birimin kullanılacağı yerden herhangi birindeki sınıflandırma sisteminden seçilebilir.

Deney metotlarının, Madde 3.1.10 ve Madde 3.1.11'de tanımlanan özel şekle sahip veya yardımcı birimlere her durumda uygun olmayacağı dikkate alınmalıdır.

Aşağıdaki maddelerde verilen uygunluk kriterleri, başlangıç tip deneyleri (Madde 8.2) ve teslimat partisi deneyleriyle (Ek A) ilgilidir. Kategori I kâgir birimlerin basınç dayanımında, ortalama değer için, dayanımın altına düşme oranı % 50 ( $p = 0,50$ ) veya karakteristik basınç dayanımı için dayanım değerinin altına düşme oranı %5 ( $p = 0,05$ ) ve güven seviyesi % 95 olarak kullanılır.

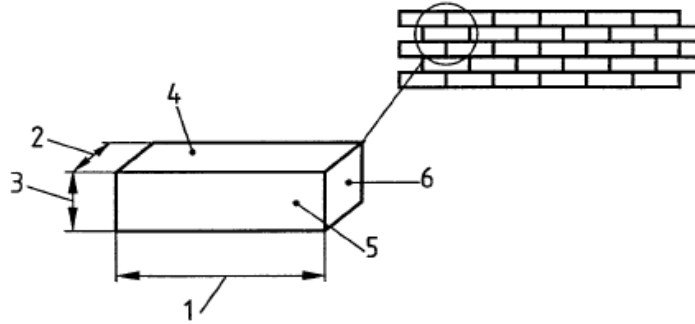
İmalâtçı, imalât değerlendirmesi için, fabrika imalât kontrol belgesinde (Madde 8.3) uygunluk kriterlerini tarif etmelidir.

## 5.2 Boyutlar ve toleranslar

### 5.2.1 Boyutlar

İmalâtçı, beton kâgir birimin boyutlarını, uzunluk , genişlik ve yükseklik olarak, verilen bu sırayla, mm biriminde beyan etmelidir (Şekil 1). Bu boyutlar, anma boyutları olarak beyan edilmelidir.

Not 1 - İlâve olarak yerleşim boyutları da verilebilir.



#### Açıklamalar

- 1 Uzunluk
- 2 Genişlik
- 3 Yükseklik
- 4 Üst yüz (Döşeme yüzü)
- 5 Yanak
- 6 Alın

Not 2 - Bu tarifler kâgir birimin duvardaki normal kullanımına göre yapılmıştır.

Şekil 1 - Boyutlar ve yüzeyler

### 5.2.2 Boyut toleransları

#### 5.2.2.1 Toleranslar

Düzdün şekilli bir kâgir birimde, beyan edilen anma boyutuna göre toleranslar Çizelge 1'de verilenlere uygun olmalıdır. Bir veya daha fazla sayıda boyut için daha sıkı toleranslar beyan edilebilir. İmalâtçı, kâgir birimlerin tolerans sınıflarını beyan etmelidir.

Çizelge 1 - Düzdün şekilli birimlerde izin verilen sapmalar

Tolerans sınıfı	D 1	D 2	D 3	D 4
Uzunluk	+ 3 mm - 5 mm	+ 1 mm - 3 mm	+ 1 mm - 3 mm	+ 1 mm - 3 mm
Yükseklik	+ 3 mm - 5 mm	+ 1 mm - 3 mm	+ 1 mm - 3 mm	+ 1 mm - 3 mm
Genişlik	+ 3 mm - 5 mm	± 2 mm	± 1,5 mm	± 1,0 mm

Düzdün şekilli olmayan ve yardımcı birimler için izin verilen sapmalar, Çizelge 1'de verildiği veya imalâtçı tarafından beyan edildiği gibi olmalıdır.

Bu toleranslar, yüzeyleri birbirine paralel olarak imal edilmeyecek birimlerin yüzeyleri arasındaki boyutlara uygulanmaz.

Madde A.2'ye uygun şekilde alınan numuneler üzerinde EN 772-16 (Metot A)'ya uygun şekilde yapılan deneyle tayin edilen ve Madde B.1'e göre değerlendirilen sonuçlar, beyan edilen tolerans kategorisine uygun olmalıdır.

#### **5.2.2.2 Döşeme yüzlerinin düzlükten sapması**

Beton kâgir birimlerin ince tabaka harcı ile birlikte kullanılmak üzere D4 tolerans sınıfı olarak beyan edilmesi halinde, imalatçı aynı zamanda döşeme yüzlerinin izin verilen düzlükten sapma toleranslarını da beyan etmelidir.

Madde A.2'ye uygun şekilde alınan numuneler üzerinde EN 772-20'ye uygun şekilde yapılan deneyle tayin edilen döşeme yüzlerinin düzlükten sapma değeri beyan değerini aşmamalıdır.

#### **5.2.2.3 Döşeme yüzlerinin düzlemsel paralellığı**

Beton kâgir birimlerin ince tabaka harcı ile birlikte kullanılmak üzere D4 tolerans sınıfı olarak beyan edilmesi halinde, imalatçı aynı zamanda döşeme yüzlerinin izin verilen düzlemsel paralellikten sapma toleranslarını da beyan etmelidir.

Madde A.2'ye uygun şekilde alınan numuneler üzerinde EN 772-16 (Metot d)'ya uygun şekilde yapılan deneyle tayin edilen döşeme yüzlerinin düzlemsel paralellikten sapma değeri beyan değerini aşmamalıdır.

### **5.3 Konfigürasyon ve görünüş**

#### **5.3.1 Konfigürasyon**

İmalatçı piyasada bu özelliği ile ilgili kullanılacak beton kâgir birimlerin konfigürasyonunu beyan etmelidir. Bu beyan, EN 1996-1-1'de tarif edilen gruplardan herhangi birine atıf yapılarak belirtilebilir ve/veya beyanda aşağıda verilen hususlardan ilgili olanlar bulunabilir.

- Varsa tasarlanarak oluşturulmuş boşlukların doğrultusu da (çizim veya resim yoluyla gösterilerek) dâhil olmak üzere biçim ve özellikler,
- Tasarlanarak oluşturulmuş bütün boşlukların toplam hacminin, kâgir birimin brüt hacmine (uzunluk x genişlik x yükseklik) yüzdece oranı,
- Tasarlanarak oluşturulmuş bütün boşluklardan en büyüğünün hacminin, kâgir birimin brüt hacmine (uzunluk x genişlik x yükseklik) yüzdece oranı,
- Kavrama yuvalarının toplam hacminin, kâgir birimin brüt hacmine (uzunluk x genişlik x yükseklik) yüzdece oranı,
- İç cidarların kalınlıkları,
- Dış cidarların kalınlıkları,
- Dış ve iç cidarların yanaktan yanağa birleşik kalınlığı,
- Dış ve iç cidarların alından alına birleşik kalınlığı,
- Bir döşeme yüzündeki boşluk alanlarının birimin yüzey alanına (uzunluk x genişlik) yüzdece oranı.

Yukarıda biçim ve özelliklerle ilgili olarak verilen gerekler, normal şartlarda düzgün şekilli kâgir birimlere uygulanır; ancak bu gereklerin özel biçimlendirilmiş veya yardımcı birimlerin yüzey veya kenarları için uygulanmasına gerek duyulmaz.

Birimler, oyuklu veya kilitleme özellikli ve keskin, yuvarlatılmış veya pahlandırılmış kenarlı olarak imal edilebilir.

Çukurların toplam hacmi, kâgir birimin brüt hacminin (uzunluk x genişlik x yükseklik) % 20'sini geçmemelidir.

Her beyan değeri; üst sınır, alt sınır veya iki değer aralığı olarak verilmelidir. Madde A.2'ye uygun şekilde partiden alınan numuneler üzerinde EN 772-16 ve gerekliyse EN 772-2'ye uygun şekilde yapılan deneyle tayin edilen sonuçların numune takımı için hesaplanan ortalama değeri, beyan edilen iki değer aralığında olmalı veya sınır değerlere uygun olmalıdır.

### 5.3.2 Görünüş

#### 5.3.2.1 Kaplama birimlerinin yüzeylerinin düzlüğü

Kaplama birimlerinin yüzeylerinin imalatçı tarafından düz olduğu beyan edilmişse, bu yüzeylerin düzelmeden sapması, (0,1 l<sub>d</sub>) mm veya 2 mm'den hangisi daha büyük ise ondan daha fazla sapma göstermemelidir. Burada; l<sub>d</sub> : Düz olduğu beyan edilen yüzeyin, birimin gerçek boyutu esas alınarak belirlenen köşegen uzunluğudur.

Düzlükle ilgili şartlar, yüzeyleri birbirine paralel olarak imal edilmeyen birimlerin yüzeylerine uygulanmaz.

Madde A.2'ye uygun şekilde alınan numuneler üzerinde EN 772-20'ye uygun şekilde yapılan deneyle tayin edilen ve Madde B.2'ye göre değerlendirilen sonuçlar, yukarıda verilen değere uygun olmalıdır.

#### 5.3.2.2 Kaplama birimlerinin yüzeylerinin görünüşü

Gerekli hâllerde, kaplama birimlerinin yüzey görünüşlerinin uygunluğu, onaylanmış numunelerle kıyaslama yoluyla kontrol edilebilir. Kıyaslama 3 m mesafeden normal gün ışığında yapılır. Bu uygunluk değerlendirmesi kâğır birim kullanılmadan önce yapılmalı ve birimlerin uygunluğu belirlenmiş olmalıdır.

### 5.4 Birim hacim kütlesi

#### 5.4.1 Kâğır birimlerin brüt kuru birim hacim kütlesi

Birimlerin brüt kuru birim hacim kütlesi, kg/m<sup>3</sup> olarak, imalatçı tarafından beyan edilmelidir.

Not - Kuru birim hacim kütlesi, aşağıda verilenlerin değerlendirilmesine yönelik olarak beyan edilir :

- Yükleme,
- Havadan iletilen ses yalıtımı,
- Isı yalıtımı,
- Yangına direnç.

İlave olarak imalatçı, brüt kuru birim hacim kütlesinin en küçük ve en büyük tek değerlerini de beyan edebilir.

#### 5.4.2 Net kuru birim hacim kütlesi

İmalatçı, piyasada bu özelliği ile ilgili olarak kullanılacak beton birimlerin net kuru birim hacim kütlesini kg/m<sup>3</sup> biriminde beyan etmelidir.

İlave olarak imalatçı, net kuru birim hacim kütlesinin en küçük ve en büyük tek değerlerini de beyan edebilir.

#### 5.4.3 İzin verilen sapmalar

Deneye tâbi tutulan numune takımının deney sonucunda bulunan ortalama değerleri, beyan edilen değerlerden ± % 10'dan daha fazla sapma göstermemelidir. Daha küçük sapmalar beyan edilebilir.

Madde A.2'ye uygun şekilde alınan numuneler üzerinde EN 772-13'e uygun şekilde yapılan deneyle tayin edilen ve Madde B.3'e göre değerlendirilen sonuçlar, beyan edilen değere uygun olmalıdır.

### 5.5 Mekanik dayanım

#### 5.5.1 Basınç dayanımı

##### 5.5.1.1 Genel

Kâğır numunelerin basınç dayanımı, imalatçı tarafından N/mm<sup>2</sup> olarak beyan edilmelidir (beyan değeri - tarif için Madde 3.1.18'e bakılmalıdır). Beyan değeri, birimlerin ortalama basınç dayanımı (% 50 alta düşme oranlı) f<sub>m</sub> veya karakteristik basınç dayanımı değeri (% 5 oranlı alta düşme oranlı) f<sub>c</sub> olmalıdır.

Ek olarak imalatçı, aşağıda verilenleri de beyan etmelidir :

- Beton birimin Kategori I veya kategori II'den hangisine dâhil olduğu (Madde ZA.2'ye bakılmalıdır),
- Gerekliyse standardlaştırılmış basınç dayanımı.

Not - Beyan edilen basınç dayanımının standardlaştırılmış basınç dayanımı hâline nasıl dönüştürüleceği EN 772-1'de tarif edilmiştir.

Madde A.2'ye uygun şekilde alınan numuneler üzerinde EN 772-1'e uygun şekilde yapılan deneyle tayin edilen ve karakteristik dayanım için Madde B.4.1'e göre veya ortalama dayanım için Madde B.4.2'ye göre değerlendirilen sonuçlar, beyan edilen değerden daha küçük olmamalıdır.

Beyanda, kâgir birimlerin deney esnasında bulunacağı konumu/konumları, birimlerin yataklanma metodu ve mevcut boşlukların (çukur) harç ile tamamen doldurulmasının plânlanıp plânlanmadığı belirtilmelidir. İmalâtçı şartlandırma rejimini ve kullanılacak yüzey hazırlama işlemini de beyan etmelidir.

Birimler, EN 772-1 Madde 7.3.2 a) veya Madde 7.3.5'e uygun şekilde şartlandırılmalı, ancak Madde 7.3.5'e göre şartlandırılma hâlinde değerler, EN 772-1 Ek A'da tarif edildiği şekilde hava kurusu şartlara getirilmelidir.

Deneylerde, tam bir birim veya birimden kesilmiş bir parça kullanılabilir. Deney, birimlere kullanım esnasında bulunacakları konumdan başka bir konumda da, deney uygulanacak yön ile kullanım esnasında bulunacakları yön arasında yeterli bir korelasyon sağlanması şartıyla uygulanabilir.

Yüzey hazırlanması (EN 772-1 Madde 7.2.1) gerekiyor ise, anma yüksekliği  $h$ , 100 mm'den daha küçük olan numuneler EN 772-1 Madde 7.2.4'e, anma yüksekliği  $h$ , 100 mm veya daha büyük olan numuneler ise EN 772-1 Madde 7.2.4 veya Madde 7.2.5'e göre hazırlanmalıdır.

#### **5.5.1.2 Birimlerden kesilmiş numunelerin deneye tâbi tutulması**

Bütün olarak deneye tâbi tutulması elverişli olmayan birimlerden, orijinal birimin  $w/h$  oranı aynen korunarak deney parçaları kesilebilir. Ancak deney için kesilen parçanın uzunluğu, yüksekliğinden daha küçük olmamalıdır.

Kesilmiş numune, orijinal birim kesitini temsil eder özellikte olmalıdır.

Kesilerek alınmış herhangi numunenin  $h$  değeri, 100 mm'den daha küçük olmamalıdır. Kesilmiş numunenin  $h$  yüksekliğinin, orijinal birimin yüksekliğinin yarısından daha küçük olması hâlinde, birimin alt ve üst yarılardan ayrı ayrı parça kesilmelidir. Orijinal parçadan kesilerek alınan parçaların yerleri, deney raporunda, şekil üzerinde gösterilmelidir.

#### **5.5.2 Eğilmede çekme dayanımı**

Genişliği ( $w$ ) 100 mm'den daha küçük ve uzunluk ( $l$ )/genişlik( $w$ ) oranı 10'dan daha büyük olan kâgir birimlerin ortalama eğilme dayanımları, basınç dayanımı yerine imalâtçı tarafından beyan edilebilir.

Madde A.2'ye uygun şekilde alınan, belirlenmiş sayıda beton kâgir birimin EN 772-6'ya uygun şekilde yapılan deneyle tayin edilen ve Madde B.4'e göre değerlendirilen sonuçları, beyan edilen değerden daha küçük olmamalıdır.

#### **5.6 Isıl davranış özellikleri**

İmalâtçı, piyasada bu özelliği ile ilgili olarak kullanılacak beton kâgir birimlerin veya ısı şartlarına maruz elemanlarda kullanılacak birimlerin ısı davranışıyla ilgili bilgiyi, bütün şartlarda EN 1745'e veya alternatif olarak Madde 5.3.1 ve Madde 5.4'ü uygun şekilde vermelidir.

#### **5.7 Dayanıklılık**

İmalâtçı, piyasada bu özelliği ile ilgili olarak kullanılacak beton kâgir birimlerin donma/çözülme dayanıklılığı ile ilgili bilgiyi, bu konuda standard hazırlanıncaya kadar, kullanılacağı yerde geçerli hükümlere göre değerlendirmeli ve beyan etmelidir.

**Not** - Mamulün tasarlanan kullanım yerinde, su işlemlerine karşı tam korunmuş olması (uygun sıva tabakası, kaplama yapılması veya sandviç duvarın iç kanadında veya bina içi duvarlarda kullanılması gibi) hâlinde, donma/çözülmeye karşı direnç şartı aranmaz.

#### **5.8 Kapiler etkiyle su emme katsayısı**

İmalâtçı, piyasada bu özelliği ile ilgili olarak kullanılacak beton kâgir birimlerin veya açık hava şartlarına maruz şekilde kullanılacak birimlerin (Madde 3.1.4) açık hava şartlarına maruz yüzünde, kapiler etkiyle meydana gelen en yüksek su emme katsayısını  $g/m^2$  s cinsinden beyan etmelidir.

Madde A.2'de tarif edilen şekilde alınan ve EN 772-11'e uygun olarak,  $(10 \pm 0,2)$  dakika suya batırma süresi uygulanarak deneye tâbi tutulan belirli sayıda kâgir birimden elde edilen ve Madde B.5'e göre değerlendirilen sonuçlar, beyan edilen değerden daha yüksek olmamalıdır.

**Not** - EN 772-11 kullanılarak elde edilen değerler 24,49 (600'ün kare kökü)'a bölünerek sonuçlar  $g/m^2$ s cinsinden ifade edilmiş olur.

### 5.9 Rutubet hareketi

İmalâtçı, piyasada bu özelliği ile ilgili olarak kullanılacak beton birimlerin ve taşıyıcı olma şartlarına maruz elemanlarda kullanılması tasarlanan bütün beton birimlerdeki nem hareketini (büzülme ve genleşmelerini) beyan etmelidir.

Madde A.2'de tarif edilen şekilde alınan ve EN 772-14'e uygun olarak deneye tâbi tutulan belirli sayıda kâgir birimden elde edilen ve Madde B.5'e göre değerlendirilen sonuçlar, beyan edilen değerden daha yüksek olmamalıdır.

### 5.10 Su buharı geçirgenliği

İmalâtçı, piyasada bu özelliği ile ilgili olarak kullanılacak beton birimlerin ve dış elemanlarda kullanılması tasarlanan beton birimlerin bütün şartlarda kullanımla ilgili su buharı geçirgenliği ile ilgili bilgiyi, EN 1745'te verilen çizelgelerde yer alan su buharı difüzyon katsayısı yoluyla veya EN ISO 12572'ye uygun şekilde tayin etme yoluyla beyan etmelidir.

### 5.11 Yangına direnç

İmalâtçı, yangına maruz kalma ile ilgili şartlara tâbi elemanlarda kullanılması tasarlanan beton birimlerin yangına direnç sınıflarını beyan etmelidir.

Kütle veya hacim oranı olarak (hangisi daha yüksek ise) en fazla % 1,0 düzgün dağılmış organik madde ihtiva eden kâgir birimler için, deneye ihtiyaç duyulmaksızın Yangın Sınıfı A1 beyan edilebilir.

Kütle veya hacim oranı olarak (hangisi daha yüksek ise) % 1,0'den daha yüksek, düzgün dağılmış organik madde ihtiva eden kâgir birimler, EN 13501-1'e göre sınıflandırılmalı ve uygun yangına direnç sınıfı beyan edilmelidir.

**Not** - 2000/605/EC sayılı kararlar değişik 96/603/EC no'lu komisyon kararında, kütle veya hacim oranı olarak (hangisi daha yüksek ise) en fazla % 1,0 olmasına, düzgün dağılmış organik madde ihtiva eden yanmaz kâgir birimlerin, deneye ihtiyaç duyulmaksızın Yangına Direnç Sınıfı A1'e dâhil olarak sınıflandırıldığına dikkat edilmelidir.

### 5.12 Kayma bağ dayanımı

#### 5.12.1 Genel

Taşıyıcı olma şartlarına maruz elemanlarda kullanılması tasarlanan beton birimlerin, harçla oluşturduğu bağ dayanımı, EN 1052-3'e uygun olarak karakteristik başlangıç kayma dayanımı yoluyla beyan edilmelidir. Beyan, Madde 5.12.2'de verilen sabit değer esasına göre veya Madde 5.12.3'te tarif edilen deney sonuçları esas alınarak yapılmalıdır. İmalâtçı, bağ dayanımının sabit değerden mi yoksa deney sonucundan mı elde edildiğini beyan etmelidir.

**Not** - Çoğu durumlarda sabit değerler yeterli olacaktır kabul edilir.

#### 5.12.2 Sabit değer esasına göre beyan

Madde 5.12.3'e göre deney yoluyla beyan yapılmamışsa, kâgir birimin harçla oluşturduğu başlangıç karakteristik kayma dayanımı, EN 998-2 :2003, Ek C esas alınarak beyan edilebilir.

#### 5.12.3 Deney esasına göre beyan

Beton birimlerin, EN 998-2'de tarif edilen özel harç tipleriyle, karakteristik başlangıç kayma dayanımı, teslimat partisinden Ek A'ya uygun şekilde alınan kâgir birim numular kullanılarak EN 1052-3'e göre yapılan deney esas alınarak beyan edilebilir. Karakteristik başlangıç kayma dayanımı, beyan değerinden daha küçük olmamalıdır.

**Not** - Bağ dayanımı, harç, kâgir birim ve işçiliğe bağlıdır.

### 5.13 Eğilme bağ dayanımı

Tasarlanan kullanım yerinde geçerli millî hükümlere göre gerekli görüldüğünde ve kullanım amacıyla ilgili hâllerde, kâgir birimler ile harç arasındaki eğilme bağ dayanımı değerlendirilmeli ve beyan edilmelidir.

## 6 Beton kâgir birimlerin tanımı, kısa gösterimi ve sınıflandırılması

### 6.1 Tanım ve kısa gösterim

Beton kâgir birimin tanımı ve kısa gösteriminde en az aşağıda verilenler bulunmalıdır :

- Bu standardın numarası ve yayım tarihi,
- Kâgir birimin tipi (Madde 3),
- Anma boyutları ve tolerans kategorisi (Madde 5.2),
- Basınç veya eğilmede çekme dayanımı (uygun hallerde) (Madde 5.5),
- Konfigürasyon ve görünüş (Madde 5.3).

Piyasaya sürülen birimin kullanımı ile ilgili olarak, imalâtçı, tanıma ve kısa gösterime aşağıda verilenlerden herhangi birisini veya bazılarını da ilâve edebilir.

- Brüt kuru birim hacim kütlesi (Madde 5.4.1),
- Beton için beyan edilen net kuru birim hacim kütlesi (Madde 5.4.2),
- Yerleşim boyutları (Madde 5.2.1),
- Nem hareketleri (Madde 5.9),
- Isıl özellikler (Madde 5.6),
- Diğer özellikler,

Not - Harmonize CE işareti için Madde ZA.3'e bakılmalıdır.

### 6.2 Sınıflandırma

Kâgir birimlerin özelliklerini gösteren şartnamelerde, sadece bu standardın kapsamında olan tek özellikleri esas alması ve ticarete engel teşkil etmemesi şartıyla uygun sınıflandırma sistemlerine atıfta bulunulabilir.

Bu atıf, bu standarda uygun imalât yaptığını iddia eden bütün imalâtçıların, gerekli durumlarda, mamul özellikleriyle ilgili beyanda bulunma şartını kaldırmaz.

Not - Kullanılan mevcut sınıflandırma sistemlerine ait ayrıntılı bilgi millî eklerde verilebilir.

## 7 İşaretleme

Aşağıda verilen hususlar, ambalajda, teslim makbuzunda, kâgir birimle birlikte verilen herhangi belgede veya her pakette en az 4 adet olmak üzere kâgir birimlerin % 5'i üzerinde açık şekilde işaretlenmelidir :

- İsim, ticarî unvan veya kâgir birim imalâtçısını tanıttığı diğer ifadeler,
- Kâgir birimin imalât tarihini tanımlayan ifadeler,
- Kâgir birimleri tanıttığı bilgi ve birimlerin tanım ve kısa gösterimi ile ilgili ifadeler ,

Not - CE işareti ve etiketi için Ek ZA'ya bakılmalıdır. Madde ZA.3'te CE işareti ile birlikte verilecek bilgilerin, bu maddede gerekli görülen bilgilerle aynı olması hâlinde, CE işareti ile birlikte yer alan bilgilerle, bu madde gereklerinin sağlandığı kabul edilebilir.

## 8 Uygunluk değerlendirmesi

### 8.1 Genel

İmalâtçı, mamulünün bu standardda verilen özelliklere ve beyan edilen değerlere uygunluğunu aşağıda verilenlerin her ikisini de uygulayarak göstermelidir:

- Mamulün başlangıç tip deneylerine tâbi tutulması (Madde 8.2),
- Fabrika imalât kontrolü (Madde 8.3).

Başlangıç tip deneyleri hariç olmak üzere, bu standardda verilen deneylerden başka alternatif deney metotları da kullanılabilir ve anlaşmazlık hâlinde bu alternatif deney metotları aşağıda verilenleri sağlamalıdır:

- Referans deney metodu ve alternatif deney metodu ile elde edilen sonuçlar arasındaki ilişki gösterilebilmelidir.
- Deney sonuçları arasındaki ilişkinin dayandığı bilgi muayene için mevcut olmalıdır.



## 8.2 Başlangıç tip deneyleri

Yeni tip mamul geliştirildiği zaman, bu mamul satışa sunulmadan önce, mamulün sağlanan mevcut özelliklerinin bu standardda verilen özellikleri ve imalatçı tarafından beyan edilen değerleri sağladığını doğrulamak üzere uygun başlangıç tip deneyleri yapılmalıdır. Ham maddelerde, kullanılan oranlarda veya imalat işleminde, mamul özelliklerini değiştirebilecek şekilde önemli değişiklik olması durumunda başlangıç tip deneyi tekrarlanmalıdır.

Tip deneyler, aşağıda liste hâlinde verilenlerden, kullanımı plânlanan mamul tipi, için imalatçı tarafından beyan edilene uygun özelliklerin tayini amacıyla, Çizelge A.1'de yer alan referans deneyler olmalıdır:

- Boyutlar ve toleranslar,
- Konfigürasyon,
- Birim hacim kütlesi,
- Kaplama birimlerinin yüzey düzlüğü (varsa),
- Mekanik dayanım,
- Rutubet hareketi,
- Kapiler yolla su emme,
- Yangına direnç (genellikle deney yapılmaksızın Sınıf A.1),
- Dayanıklılık,
- Isıl davranış özellikleri (bu özellik deney veya hesaplama yoluyla da ortaya konulabilir),
- Bağ dayanımı (deney veya sabit değerlerden),
- Su buharı geçirgenliği (bu özellik deney veya hesaplama yoluyla da ortaya konulabilir),

Başlangıç tip deneyleri için numuneler Ek A'ya uygun şekilde alınmalıdır.

Deneye tâbi tutulacak numune sayısı, Çizelge A.1'de verildiği gibi olmalı ve Madde 5'te verilen kriterler sağlanmalıdır.

Başlangıç tip deneylerinin sonuçları kaydedilmelidir.

**Not** - CE işareti hükümleri ile ilgili olarak sağlanması gerekli performans karakteristikleri için Çizelge ZA.1'e bakılmalıdır.

## 8.3 Fabrika imalat kontrolü

### 8.3.1 Genel

Fabrika imalat kontrol sistemi tesis edilmeli ve bu sistemle ilgili belgeler hazırlanmalıdır. Fabrika imalat kontrol sistemi, piyasaya sürülen mamulün bu standarda ve imalatçı tarafından beyan edilen değerlere uygun olduğunu garanti altına almak üzere, mamulün dâhilî kontrol işlemlerini kapsamalıdır.

Kategori 1'e dâhil kâğır birimler için fabrika imalat kontrol sistemi, beyan edilen basınç dayanımına % 95 güven seviyesi ile ulaşılmaya uygun ihtimalle tasarlanmış olmalıdır.

### 8.3.2 Ham maddeler

İmalâta giren ham maddelerin özellikleri ve bu maddelerin uygunluğunu teminat altına almak için yapılacak işlemlerden uygun görülenler kayda geçirilmelidir.

### 8.3.3 İmalât işlemi

Fabrikanın ve imalat işleminin ilgili özellikleri, donanım ve yapılmakta olan işin her ikisi için de uygunluk kriterleri ile birlikte muayene kontrolleri ve deneylerin sıklığı da verilerek tarif edilmelidir. Kontroller sonucunda tespit edilen değerlerin kriterlere uygun olmaması durumunda alınacak tedbirler de verilmelidir. Deney donanımlarının tamamı tahkik edilmeli ve tahkik işlemi, sıklığı ve kriter kayda geçirilmelidir.

### 8.3.4 İmalâtı tamamlanmış mamul deneyleri

Tamamlanmış mamulün deneyleri için numune alma plânı ve uygunluk kriterleri hazırlanmalı, sonuçlar kaydedilmeli ve kullanıma açık tutulmalıdır. Bütün deney donanımı tahkik edilmeli, tahkik işlemi, sıklığı ve kriterler kayda geçirilmelidir.

### 8.3.5 Stok kontrolü

Tamamlanmış mamulün stok kontrolü, uygun olmayan mamullerin tâbi tutulacağı işlemlerle birlikte kayda geçirilmelidir.

## Ek A

### Başlangıç tip deneyleri ve teslim partilerinin bağımsız deneylere tâbi tutulması için numune alma

#### A.1 Genel

Numune alma işlemi, başlangıç tip deneyi için ve mamul uygunluğunun, bağımsız deney teşkilatı tarafından değerlendirilmesine gerek duyulduğu durumlarda uygulanır. Bağımsız deney teşkilatı tarafından yapılacak deneyler için numune alınması esnasında bütün taraf temsilcilerinin hazır bulunmasına imkân tanınmalıdır.

Bu işlemle sadece imalâtçı tarafından beyan edilen özellikler değerlendirilmelidir.

Standarda uygunluğu belirlemek için gerekli sayıda kâgir birim , brüt hacmi en fazla 200 m<sup>3</sup>e kadar olan partiden veya parti bölümünden alınmalıdır (Çizelge A.1).

**Not -** Bu standarda uygun olarak imal edilen ve uygunluk kontrol işlemleri için üçüncü taraf kontrolüne tâbi beton kâgir birimler, partilerin tesliminden sonra, normal şartlarda bağımsız deneylere tâbi tutulmazlar.

#### A.2 Mamulün uygunluğunu tayin için numune alma işlemi

**Not -** Normal şartlarda numune alma yöntemi, incelenecek mamul partisinin fizikî şekline bağlı olarak seçilir.

##### A.2.1 Rastgele numune alma

Mümkün olan her durumda, partide bulunan her kâgir birimin numune olarak seçilme şansının eşit olduğu rastgele numune alma yöntemi kullanılmalıdır. Uygun sayıda kâgir birim, seçilen birimin kalitesine bakılmaksızın yığının her yerinden rastgele alınır. Ancak nakliye esnasında hasara uğramış birimler numune olarak alınmaz.

**Not -** Uygulamada, rastgele numune alma sadece, gevşek yığın teşkil eder şekilde (ambalajsız) nakledilen veya inşaat kalıbı gibi bir zemin üzerinde, yerine döşenmeden önce çok sayıda küçük yığınlara ayrılmış haldeki beton kâgir birimler için elverişlidir.

##### A.2.2 Temsili numune alma

###### A.2.2.1 Genel

Kâgir birimlerin büyük yığın teşkil ettiği veya yığında sadece kısıtlı sayıda birime ulaşım imkânının olması gibi, rastgele numune almanın uygun veya mümkün olmadığı yerlerde temsili numune alma işlemi kullanılır.

###### A.2.2.2 Yığından numune alma

Mamul partisi, en az 6 adet aynı büyüklükte kısma ayrılır veya ayrıldığı farzedilir. Her kısımdan eşit sayıda beton kâgir birim, gerekli sayıda numune elde edilecek şekilde, seçilen birimin kalitesine bakılmaksızın alınır. Ancak nakliye esnasında hasara uğramış birimler numune olarak alınmaz.

**Not -** Bazı yığın veya yığınlardan numune almak üzere, kâgir birimlere ulaşım yolu açmak için, yığının bazı kısımlarının boşaltılması gerekebilir.

###### A.2.2.3 Paketler hâlinde ambalâjlanmış partiden numune alma

Mamul partisinden en az 6 paket rastgele seçilir. Paketlerin ambalâjları açılır ve her paketten 4 adetten fazla olmamak üzere eşit sayıda kâgir birim, gerekli sayıda numune elde edilecek şekilde, seçilen birimin kalitesine bakılmaksızın paket içerisinden rastgele alınır. Ancak nakliye esnasında hasara uğramış birimler numune olarak alınmaz.

#### A.2.3 Numune bölme

Birden fazla sayıda deneye beton kâgir birim sağlamak amacıyla numune alınmışsa, alınan kâgir birimlerin tümü bir araya toplanır ve yığından rastgele kâgir birimler seçilerek numune yığını bölünür ve kâgir birim alt numune grupları oluşturulur.

**A.2.4 Deneyler için gerekli kâgir birim sayısı**

Her deney için numune sayısı Çizelge A.1'de verildiği gibi olmalıdır.

Çizelge A.1 - Deneyler için gerekli kâgir birim sayısı

Özellik	Madde No	Deney metodu	Her numune takımındaki kâgir birim sayısı <sup>a)</sup>	
			1. n <sub>1</sub>	2. n <sub>2</sub>
Boyutlar	5.2.1 ve 5.2.2.1	EN 772-16, EN 772-2	6	10
Döşeme yüzlerinin düzlükten sapması	5.2.2.2	EN 772-20	3	
Döşeme yüzlerinin düzlemsel paralellikten sapması	5.2.2.3	EN 772-16	3	
Konfigürasyon	5.3.1	EN 772-16, EN 772-2, EN 772-20	Sabit olarak 3 <sup>b</sup>	Sabit olarak 6 <sup>b</sup>
Birim hacim kütlesi	5.4	EN 772-13	6	10
Mekanik dayanım	5.5	EN 772-1, EN 772-6	6 <sup>c</sup>	10 <sup>c</sup>
Kapiler yolla su emme	5.8	EN 772-11	3	6
Rutubet hareketi	5.9	EN 772-14	6	12
Yangına direnç	5.11	EN 13501-1	Deney yapılmayan Avrupa Sınıfı A1 hariç olmak üzere 3 adet	-
Isıl özellikler	5.6	EN 1745	Deneyle belirlenmesi hâlinde 3 adet	
Su buharı geçirgenliği	5.10	EN 1745		
Bağ dayanımı	5.12	EN 1052-3	27	

<sup>a</sup> Uygun görülüyorsa kâgir birimlerin deney işleminden zarar görmemesi hâlinde, aynı birimler farklı deneylerde kullanılabilir.

<sup>b</sup> Deneye tâbi tutulacak kâgir birim adedine taraflar arasında karşılıklı anlaşma yoluyla karar verilir.

<sup>c</sup> Birimlerin, yukarıda Madde 5.5.1'de tarif edilen şekilde kesilmesi gerekli ise, numune takımını oluşturacak kâgir birim sayısı, kesilerek elde edilmesi gerekli deney numunesi sayısına yetecek şekilde ayarlanmalıdır.

**A.3 Muayene ve deneylerin yeri ve tarihi**

Lâboratuvarın yeri veya muayene ve deney yapılacak yer ve tarih ile tarafların temsil edilmesine, taraflar arasında yapılacak anlaşma yoluyla karar verilir. Karşılıklı anlaşma yoluyla karar verilen deneyler, yine karşılıklı anlaşılacak sırayla yapılır. Kâgir birim partisine ait özel bir niteliğin uygun çıkmaması hâlinde (Ek B'de tarif edildiği gibi), geri kalan deneyler, taraflar arasındaki karşılıklı anlaşmayla yapılabilir.

## Ek B

### Kâgir birim partilerinin başlangıç tip deneyleri ve bağımsız deney kuruluşları tarafından yapılacak deneylere tâbi tutulmasında uygunluk kriterleri

#### B.1 Boyutlar ve toleranslar (Madde 5.2)

Bir kâgir birimin bir boyutunda yapılan ölçme değerlerinin ortalaması, imalâtçı tarafından beyan edilen anma boyutundan, beyan edilen tolerans sınıfı için, Madde 5.2'de verilen toleranslardan daha fazla sapma göstermemelidir. Uygunluk değerlendirilmesinde, Şekil B.1'de verilen işlem esas alınmalıdır.

#### B.2 Konfigürasyon ve görünüş (Madde 5.3)

Kâgir birimin geometri, biçim ve şekil özellikleri Madde 5.3'te verilen şartlara veya imalâtçı tarafından beyan edilen özelliklere uygun olmalıdır. Uygunluk değerlendirilmesinde, Şekil B.1'de verilen işlem esas alınmalıdır.

#### B.3 Birim hacim kütlesi (Madde 5.4)

Kâgir birimin ortalama kuru birim hacim kütlesi, Madde 5.4'te verilen şartlara veya imalâtçı tarafından beyan edilen özelliklere uygun olmalıdır. Uygunluk değerlendirilmesinde, Şekil B.2'de verilen işlem esas alınmalıdır.

#### B.4 Mekanik dayanım (Madde 5.5)

##### B.4.1 Karakteristik dayanım

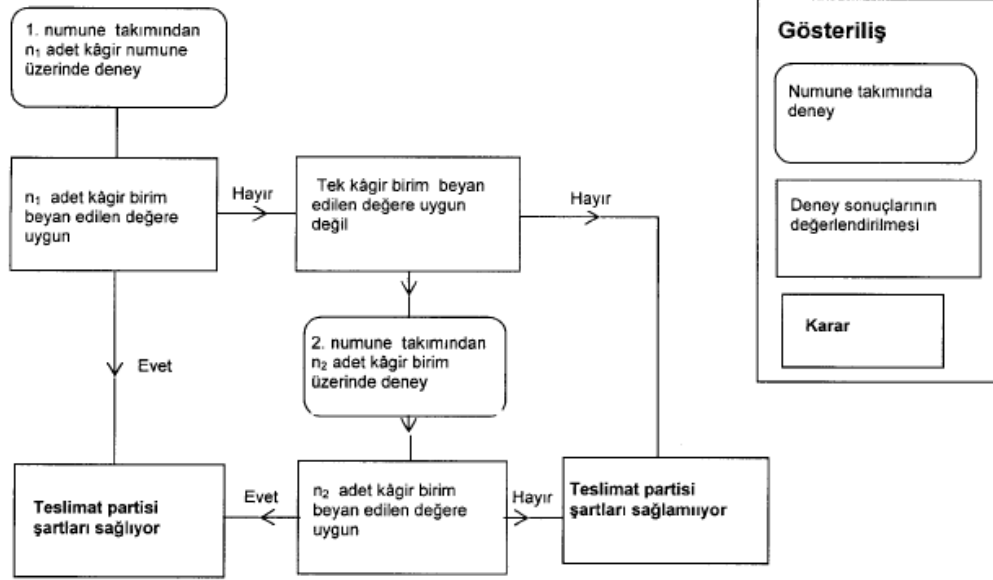
Beyan edilmişse, karakteristik dayanım, Madde 5.5'te verilen şartlara uygun olmalıdır. Uygunluk değerlendirilmesinde, Şekil B.3'de verilen işlem esas alınmalıdır.

##### B.4.2 Ortalama dayanım

Beyan edilmişse, ortalama dayanım, Madde 5.5'te verilen şartlara uygun olmalıdır. Uygunluk değerlendirilmesinde, Şekil B.4'de verilen işlem esas alınmalıdır.

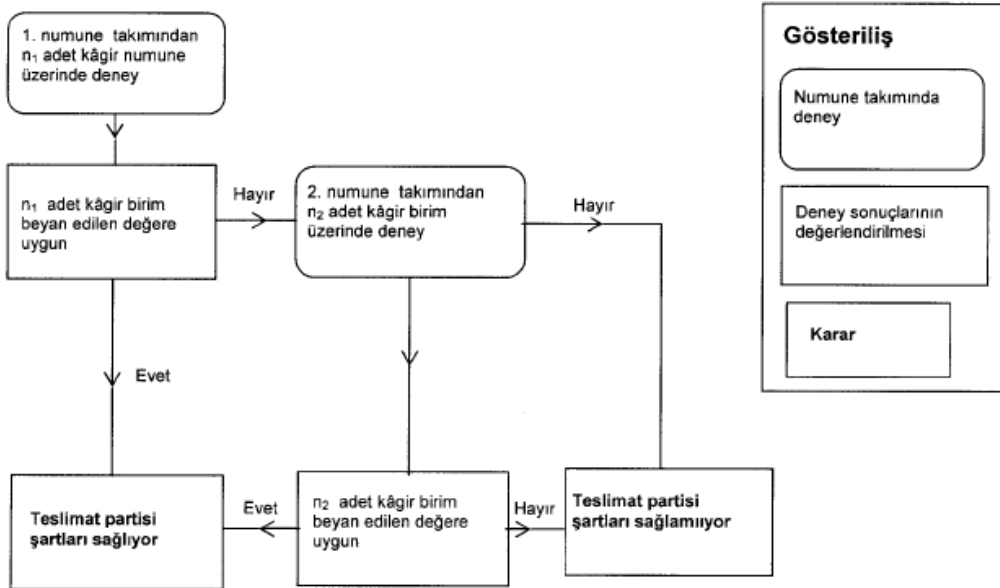
#### B.5 Nem hareketi ve kapiler yolla su emme (Madde 5.9 ve Madde 5.8)

Deney sonuçları, imalâtçı tarafından beyan edilen değerlerle kıyaslanmalıdır. Uygunluk değerlendirilmesinde, nem hareketi için Şekil B.2'de, kapiler yolla su emme için ise Şekil B.1'de verilen işlem esas alınmalıdır.



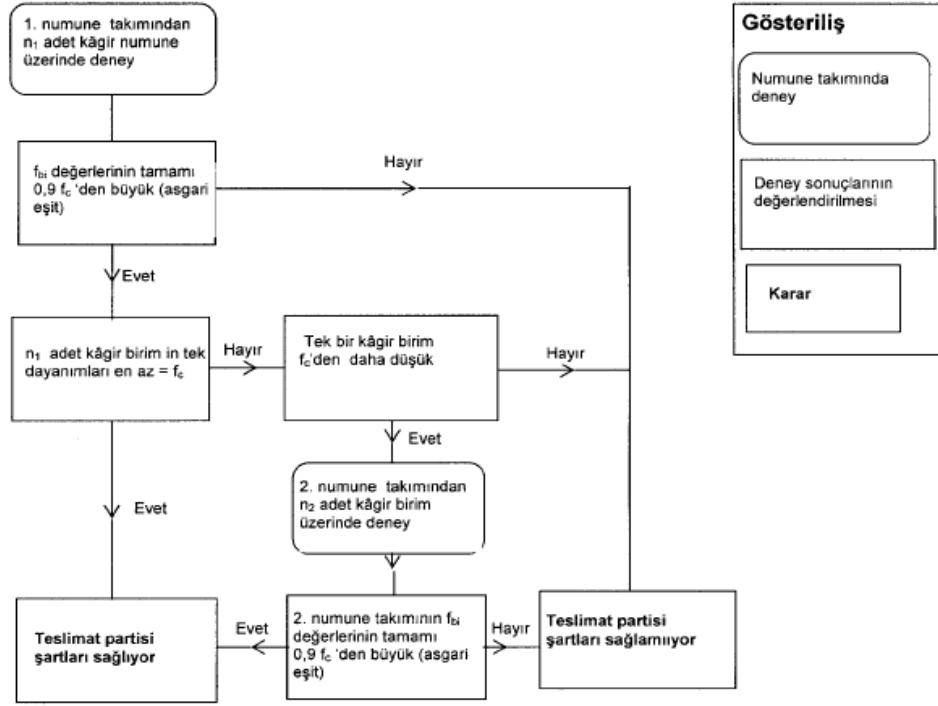
Açıklama :  
n<sub>1</sub> ve n<sub>2</sub> Çizelge A.1'de verilmiştir.

Şekil B.1 - Kâgir birimlerin boyut ve su emme özelliklerinin değerlendirilmesi



Açıklama :  
n<sub>1</sub> ve n<sub>2</sub> Çizelge A.1'de verilmiştir.

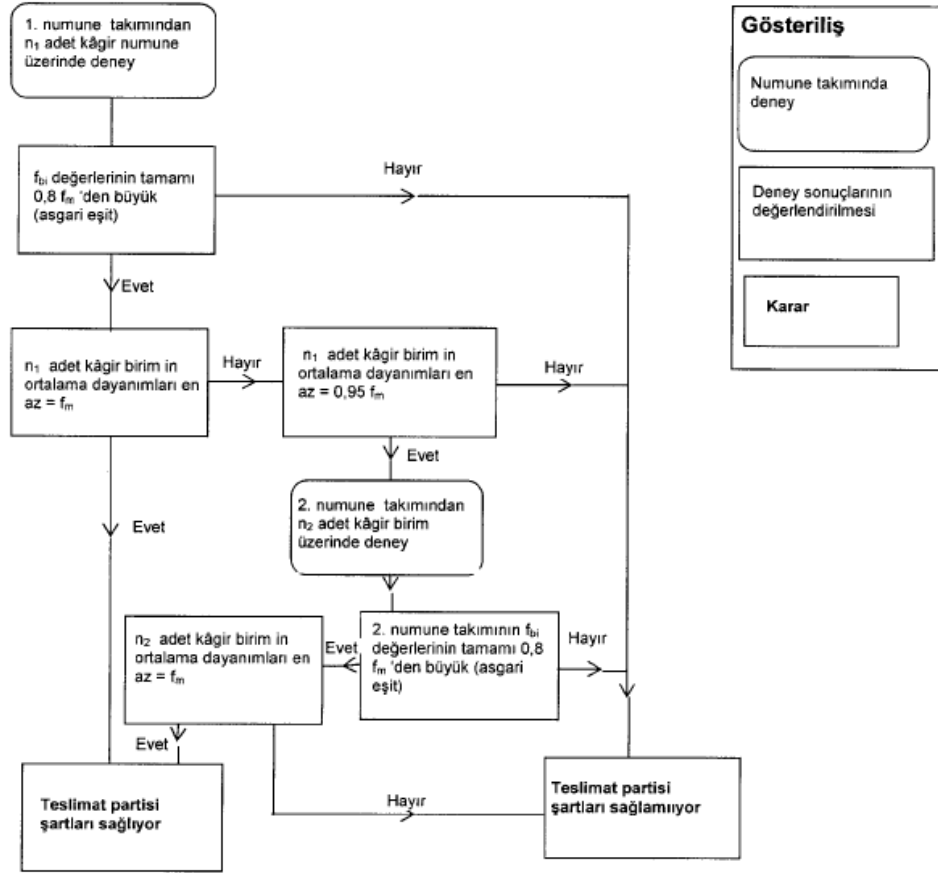
Şekil B.2 - Kâgir birimlerin birim hacim kütlesi ve nem hareketi özelliklerinin değerlendirilmesi



Açıklama :

$f_c$  beyan edilen karakteristik basınç dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>),  
 $f_{bi}$  tek bir kâgir birimin basınç dayanımı, Mpa (N/mm<sup>2</sup>),  
 $n_1$  ve  $n_2$  Çizelge A.1'de verilmiştir.

Şekil B.3 -Kâgir birimlerin karakteristik dayanımını değerlendirme şeması



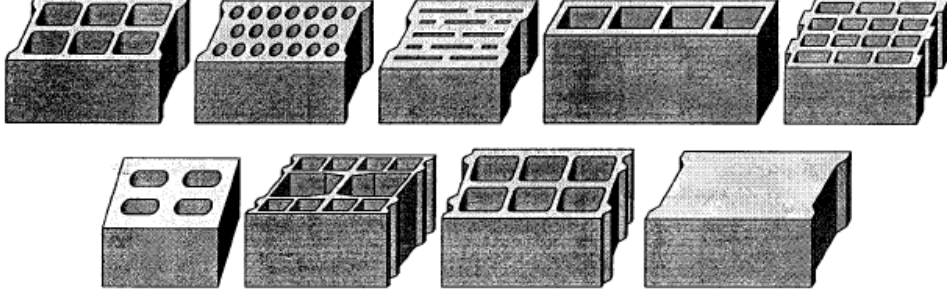
Açıklama :

$f_m$  beyan edilen karakteristik basınç veya eğilmede çekme dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>),  
 $f_{bi}$  tek bir kâgir birimin basınç veya eğilmede çekme dayanımı, Mpa (N/mm<sup>2</sup>),  
 $n_1$  ve  $n_2$  Çizelge A.1'de verilmiştir.

Şekil B.4 - Kâgir birimlerin ortalama dayanımını değerlendirilme şeması

**Ek C**  
**(Bilgi için)**

**Farklı şekillerdeki beton kâgir birim örnekleri**



**Şekil C.1 - Beton kâgir birimlerin farklı şekillerine ait örnekler**



**BİNALARDA ISI YALITIM KURALLARI****0 - KONU, TARİF, KAPSAM, AMAÇ, UYGULAMA ALANI****0.1 - KONU**

Bu standard, binalarda ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarına ve binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerinin belirlenmesine dairdir.

**0.2 - TARİFLER, SEMBOLLER VE BİRİMLER****0.2.1 - Tarifler****0.2.1.1 - Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ( $Q_{i,ay}$ )**

Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir ay içinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarıdır. Birimi "J"dir.

**0.2.1.2 - Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ( $Q_{i,yıl}$ )**

Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir yıl içinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarıdır. Birimi "J"dir.

**0.2.1.3 - Binanın Özgül Isı Kaybı (H)**

İç ve dış ortamlar arasında 1 K sıcaklık farkı olması durumunda binanın dış kabuğundan iletim ve havalandırma ile birim zamanda kaybedilen ısı enerjisi miktarıdır. Birimi "W/K"dir.

**0.2.1.4 - Aylık Ortalama Dış Sıcaklık ( $T_d$ )**

Dış sıcaklığın aylık ortalama değeridir. Birimi "°C"dir.

**0.2.1.5 - Aylık Ortalama İç Sıcaklık ( $T_i$ )**

İç sıcaklığın aylık ortalama değeridir. Birimi "°C"dir.

**0.2.1.6 - Binanın İç Isı Kazançları ( $\dot{q}_i$ )**

Binanın ısıtma sisteminin dışında, ısıtılan ortam içinde bulunan ısı kaynaklarından, ısıtılan ortama birim zamanda yayılan ısı enerjisi miktarıdır. Birimi "W"dir.

**0.2.1.7 - Güneş Enerjisi Kazançları ( $\dot{q}_g$ )**

Isıtılan ortama birim zamanda, doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarıdır. Birimi "W"dir.

**0.2.1.8 - Isı Kazancı Kullanım Faktörü ( $\eta$ )**

İç ısı kazançlarının ve güneş enerjisi kazancının toplamının ortamın ısıtılmasına olan katkı oranıdır. Birimsizdir.

**0.2.1.9 - Bina Kullanım Alanı ( $A_n$ )**

Binanın net kullanım alanıdır. Birimi "m<sup>2</sup>"dir.

**0.2.1.10 - Binanın Brüt Hacmi ( $V_{brüt}$ )**

Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacimdir. Birimi "m<sup>3</sup>"tür.

**0.2.1.11 - Binanın Isı Kaybeden Yüzeylerinin Toplam Alanı ( $A_{top}$ )**

Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı vb. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının toplamı olup, dış ölçülere göre bulunur. Birimi "m<sup>2</sup>"dir.

**0.2.1.12 -  $A_{top} / V_{brüt}$  Oranı**

Isı kaybeden toplam yüzeyin ( $A_{top}$ ) ısıtılmış yapı hacmine ( $V_{brüt}$ ) oranıdır. Birimi "m<sup>-1</sup>"dir.

Enerji ihtiyacı ile ilgili diğer tarifler TS 8442<sup>1)</sup>'de verilmiştir.

1) Bu standard metninde atıf yapılan standartların yayım tarihleri, Türkçe ve İngilizce isimleri kapak arkasında verilmiştir.

## 0.2.2 - Semboller ve Birimler

Sembol	Açıklama	Birim
$\rho$	Havanın yoğunluğu	kg/m <sup>3</sup>
$\beta$	Fanların çalıştığı zaman oranı	-
$\mu$	Su buharı difüzyon direnci kat sayısı	-
$\varphi$	Bağıl nem	-
$\eta_{ay}$	Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü	-
$\dot{Q}_{g,ay}$	Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı	W
$\lambda_h$	Isıl iletkenlik hesap değeri	W/m.K
$\dot{Q}_{i,ay}$	Aylık ortalama iç ısı kazancı	W
$\eta_v$	Havadan havaya ısı geri kazanım sisteminin verimi	-
$1/U$	Yapı bileşeninin ısı geçirgenlik direnci	m <sup>2</sup> .K/W
$1/\Lambda$	Isıl geçirgenlik direnci	m <sup>2</sup> .K/W
$1/\Delta$	Su buharı difüzyon direnci	m <sup>2</sup> .h.Pa/kg
$1/\alpha_e$	Dış yüzey ısı iletim direnci	m <sup>2</sup> .K/W
$1/\alpha_i$	İç yüzey ısı iletim direnci	m <sup>2</sup> .K/W
$A$	Yapı elemanlarının toplam alanı	m <sup>2</sup>
$A_D$	Dış duvar alanı	m <sup>2</sup>
$A_d$	Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı	m <sup>2</sup>
$A_{d,inc}$	Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı	m <sup>2</sup>
$A_i$	İ yönündeki toplam pencere alanı	m <sup>2</sup>
$A_n$	Bina kullanım alanı	m <sup>2</sup>
$A_p$	Pencere alanı	m <sup>2</sup>
$A_T$	Tavan alanı	m <sup>2</sup>
$A_t$	Taban/döşeme alanı	m <sup>2</sup>
$A_{top}$	Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı	m <sup>2</sup>
$c$	Havanın özgül ısı	J/kg.K
$d$	Yapı bileşeninin kalınlığı	m
$e$	Mekanik havalandırma hesabında kullanılacak kat sayısı	-
$f$	Binada dış ortama açık bir yüzey varsa 15, birden fazla yüzey varsa 20 alınır	-
$g_i$	Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü	-
$g_{i,ay}$	İ yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü	-
$H$	Binanın özgül ısı kaybı	W/K
$H_h$	Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı	W/K
$H_l$	İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı	W/K
$l$	Difüzyon akış yoğunluğu	kg/m <sup>2</sup> .h
$i_{i,ay}$	İ yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti	W/m <sup>2</sup>
$KKO_{ay}$	Kazanç / kayıp oranı	-
$n_{50}$	İç ve dış ortamlar arasında 50 Pa basınç farkı varken hava değişim sayısı	-
$n_h$	Hava değişim sayısı	h <sup>-1</sup>
$p$	Kısmi su buharı basıncı	Pa
$p_e$	Yapı bileşeninin dış yüzeyiyle temas halinde olan havanın su buharı kısmi basıncı	Pa
$p_i$	Yapı bileşeninin oda içindeki yüzeyiyle temas halinde olan havanın su buharı kısmi basıncı	Pa
$p_s$	T sıcaklığındaki, doymuş su buharı basıncı	Pa
$p_{sv}$	Doymuş su buharı basıncı	Pa
$q$	Isı akış yoğunluğu	W/m <sup>2</sup>
$Q_{ay}$	Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı	Joule
$Q_{yl}$	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	Joule
$r_{i,ay}$	İ yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü	-
$S_d$	Su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı	m
$t$	Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30)	s
$T_d$	Harici havanın yüzeyle temas halinde olduğu sıcaklık	°C
$T_{d,ay}$	Aylık ortalama dış hava sıcaklığı	°C

Sembol	Açıklama	Birim
$T_i$	Dahilî havanın yüzeyle temas halinde olduğu sıcaklık	°C
$T_{i,ay}$	Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı	°C
$T_o$	Yoğuşma noktası sıcaklığı	°C
$t_T$	Yoğuşma dönemi periyodu	h
$t_V$	Buharlaştırma dönemi periyodu	h
$T_{y,d}$	Dış yüzey sıcaklığı	°C
$T_{y,i}$	İç yüzey sıcaklığı	°C
$U$	Isıl geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> .K
$U_d$	Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> .K
$U_o$	Dış duvarın ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> .K
$U_{dec}$	Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> .K
$U_p$	Pencerenin ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> .K
$U_T$	Tavanın ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> .K
$U_z$	Zemine oturan tabanın/döşemenin ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> .K
$V_o$	Vantilatörlerin çalışmadığı durum için hacimsel hava değişim debisi	m <sup>3</sup> /h
$V_{brüt}$	Binanın brüt hacmi	m <sup>3</sup>
$V_c$	Hava çıkış debisi	m <sup>3</sup> /h
$V_f$	Hava giriş debisi	m <sup>3</sup> /h
$V_h$	Havalandırılan hacim	m <sup>3</sup>
$V'$	Hacimsel hava değişim debisi	m <sup>3</sup> /h
$V_g$	Hava giriş debisi	m <sup>3</sup> /h
$W_T$	Yoğuşma suyunun kütlesi	kg/m <sup>2</sup>
$W_V$	Buharlaştırma suyunun kütlesi	kg/m <sup>2</sup>

### 0.3 - KAPSAM

Bu standard, yeni inşa edilecek binaların ve mevcut binaların oturma alanının % 15'i oranında ve üzerinde yapılacak tadilatlarda, tadil edilen bölümünün ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplama kurallarını ve izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerin sunuş şeklini kapsar. Bu kurallar pasif güneş enerjisi sistemlerini ihtiva eden binalarda kullanılamaz. Standardda tanımlanan hesap metodunun kullanılması sırasında gerekli olan bazı bilgiler, yoğuşma hesabı dahil (EK 10) ekler halinde (EK 1 - EK 10) standardın sonuna eklenmiştir.

Bu standard binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabına yönelik bir metod belirlemektedir. Diğer amaçlarla olan enerji ihtiyaçları bu standardın kapsamı dışındadır.

Gerekli görülen hallerde soğutma amaçlı enerji ihtiyacı hesabı PrEN ISO 13791'e göre yapılır.

Bu standardda açıklanan hesap metodu, kararı durum için denge denklemlerini kullanmakta birlikte, dış ortam sıcaklık değişimleri ve güneş enerjisi kazançlarının dinamik etkilerini de dikkate almaktadır.

### 0.4 - AMAÇ

Bu standardın amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamayı, dolayısıyla enerji tasarrufunu artırmayı ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standard hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir. Bu standard ayrıca aşağıdaki amaçlarla da kullanılabilir:

- Yeni yapılacak bir binaya alt çeşitli tasarım seçeneklerine bu standardda açıklanan hesap metodunu ve değerlerini uygulayarak, ideal enerji performansını sağlayacak tasarım seçeneğini belirlemek,
- Mevcut binaların ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek,
- Mevcut bir binaya yenileme projesi uygulamadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek,
- Bina sektörünü temsil edebilecek muhtelif binaların enerji ihtiyacını hesaplayarak, bina sektöründe gelecekteki enerji ihtiyacını millî seviyede tahmin etmek.

**0.5 - UYGULAMA ALANI**

Bu standard, aşağıda belirtilen binalarda uygulanır:

- Konut olarak kullanılacak binalar,
- Büro ve idari binalar, tiyatrolar, kongre ve konser salonları, kültür merkezleri,
- Eğitim yapılan, kütüphaneler, spor tesisleri, öğrenci yurtları,
- Hastaneler, huzur evleri, bakım evleri, doğum evleri ve kreşler,
- ceza evleri ve kışla binaları,
- Konaklama tesisleri,
- Alışveriş merkezleri, iş hanları, banka ve borsa binaları,
- Genel kullanım amaçları dolayısıyla iç sıcaklıkları asgari 15°C olacak şekilde ısıtılan iş yerleri,
- Yukarıda belirtilen amaçların birkaçına yönelik olarak veya bunlara benzer amaçlar için kullanılan binalar.

**NOT -** Bu standardda yıllık ısı ihtiyacı hesabında kullanılacak olan binaların iç sıcaklık değerleri, konutlar için 19°C alınacaktır (diğer binalar için bk. TS 2164). Dış sıcaklık değerleri EK 2, illerin bulunduğu derece gün bölgeleri ise EK 4 de verilmiştir.

**1 - GENEL AÇIKLAMALAR**

İnsanların barındığı veya çalıştığı binalarda, sıcaklık etkilerinden korunma, insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt ekonomisi ve ilk yatırım giderleri yönlerinden önemlidir.

- Sıcaklık etkilerinden yeterli olarak korunma, sağlığa uygun, bir iç iklimsel çevrenin sağlanmasının temel şartıdır.
- Hacimlerin ısı ihtiyacı ve bunu sağlamak için yapılan ısıtma giderleri hacmi çevreleyen bileşenlerin ısı yalıtım ve ısı depolama yeteneklerine bağlıdır.
- Sıcaklık etkilerinden yeterince korunma hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin yüzeylerinde su buharı yoğunlaşmasını önler, bileşenlerde sıcaklık değişimlerinin oluşturduğu hareketleri küçültür ve böylece yapıda bu olaydan ileri gelebilecek zararları önleyerek, yakıt giderlerini azaltmakla birlikte, binanın bakım ve onarım giderlerini de azaltır.
- Binanın projelendirme döneminde alınacak önlemlerle (örneğin bina yerinin doğru seçilmesiyle) ısı ihtiyacı etkilenebilir. Rüzgâr etkisi altındaki bir binada ısı kaybı, komşu binalar, bitki ve ağaçlarla korunmuş olanlara oranla daha çoktur.
- Bina dış yüzeylerini büyütmeyen ısı kaybını da o oranda artıracığı, projelendirme döneminde göz önünde tutulmalıdır.
- Aynı bir binadaki ısı kaybı, aynı büyüklük ve inşaat biçiminde yapılan bitişik düzendeki başka bir binaya göre daha fazladır.
- Bir bina içindeki odaların birbiri ile olan ilişkisi (örneğin, ısıtılan hacimlerin yan yana veya üstüste yerleştirilmesi) büyük önem taşır.
- ısı kaybını önlemek için bina girişlerinde rüzgârlık yapılmalıdır (dış kapıdan ayrı olarak kendiliğinden kapanan ikinci bir kapı düzeni)
- Büyük pencere yüzeyleri, (çift yüzepli pencere, bitişik pencere, özel birleştirilmiş çok katlı camlı pencere bile olsa) ısı kaybını çoğaltır. Köşe odalarda, pencerelerin binanın dış duvarlarından yalnız birinde olması, ısı etkilerinden korunma yönünden daha doğrudur.
- Bacalar ve tesisat boruları dış duvarlar üzerinde bulunmamalıdır. Bu önlem yakıtın tam yararlanma, baca gazlarının soğumasını, bacanın kurum tutmasını, tesisat borularının donmasını önleme bakımından önemlidir.
- Duvar ve döşemelerin ısı depo etme yeteneği, kışın ısıtmanın durması halinde çabuk bir soğumayı, yazın da özellikle güneş etkisi altında, yapı bileşenleri bulunan hacimlerde, hava sıcaklığının gündüz saatlerinde aşırı yükselmesini önlemek bakımından gereklidir. ısı depo etme yeteneği yapı bileşeninin kütlesi ve yapıldığı malzemenin özgül ısı ile doğru orantılıdır.

**NOT -** Bu standarddaki hesap metodunun belirlenmesi sırasında milletlerarası standartlar ile uyum sağlanması amacıyla, ISO 9164 ve EN 832 standartlarındaki hesap kabulleri esas alınmış ancak bire bir tercüme yapıldıktan kaçınılmış ve ülkemiz şartlarına adaptasyon gerçekleştirilmiştir.

**1.1 - BİNANIN ISITMA ENERJİSİ İHTİYACINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler aşağıda açıklanmıştır;

- Bina özellikleri: İletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları (varsa ısı geri kazanımı) ve ısı kapasite,
- Isıtma sisteminin karakteristikleri: Özellikle kontrol sistemleri ve ısıtma sisteminin, ısıtma enerjisi ihtiyacındaki değişimlere cevap verme süresi,
- İç iklim şartları: Binayı kullananların istediği sıcaklık değeri, binanın farklı bölümlerinde ve günün farklı zamanlarında bu sıcaklık değerlerindeki değişimler,
- Dış iklim şartları: Dış hava sıcaklığı, hakim rüzgârın yönü ve şiddeti,
- İç ısı kazanç kaynakları: Isıtma sistemi dışında, ısıtmaya katkısı olan iç ısı kaynakları, yemek pişirme, sıcak su elde etme, aydınlatma gibi amaçlarla kullanılan ve ortama ısı yayan çeşitli cihazlar ve insanlar,
- Güneş enerjisi: Pencere gibi saydam bina elemanlarından ısıtılan mekâna doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı.

Bu standardda belirtilen hesap metodunda, iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır.

Bu standardda, yapı elemanını oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri direnç ve malzemelerin sırasına bağlı olarak su buharının gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali olduğundan malzemelerin ısı iletkenlik değerlerindeki kötüleşme EK 6'da tanımlanan metotta tahkik edilmeli, eğer yoğuşma varsa EK 6 Madde 9.2.5.2.1'de tanımlanan sınırların içerisinde kalmalıdır.

Isıtma enerjisi ihtiyacı ile, ısıtma sisteminin net çıktısı kastedilmektedir. Isıtma sisteminin dönüşüm verimi 1,00'den küçük olacağı ve dağıtım sırasında bir miktar ısı kayıpları meydana gelebileceği için, sistemin enerji girişi bu değerden büyüktür.

Hesap metodunda net iç ısı kazançları ve net güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır. Bu sebeple kazançların toplamı, "Isı Kazancı Kullanım Faktörü" ile çarpılır.

**1.2 - YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI SINIR DEĞERLERİ**

Bu standard, Madde 1.1'deki etkenlerin hesaba katılmasıyla binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplandığı bir metod belirlemektedir. Bu metotta hesaplanan, binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Ek 1-B'de verilen değerleri ( $A_{tep}/V_{bina}$  oranına göre) aşmamalıdır.

Yeni binaların tasarımı aşamasında, bu standardda verilen hesap metodu kullanılarak, binanın enerji ihtiyacı bu standardda verilen sınırları aşmayacak şekilde hesaplanmalı ve malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve detay çözümlerinin de belirtildiği bir ısı yalıtım projesi hazırlanmalıdır.

Belediye sınırları dışındaki alanlarda iki kata kadar olan ve ısıtılan toplam döşeme alanı 100 m<sup>2</sup>'den küçük olan yeni binalar ile, bu alanlardaki mevcut binalara ısı yalıtımı uygulamasının yapılması sırasında, yapı elemanlarının tavsiye edilen U-değerleri EK 1-C'de ve "Derece Gün" bölgelerine göre ve binanın  $A_{tep}/V_{bina}$  oranı göz önünde bulundurularak sınırlamalar getirilen Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ( $Q_{yıl}$ ) Ek 1-B'de verilmiştir. Bu binalarda yapı elemanlarının U-değerlerinin bu sınırın altında kalması ve pencere alanının, dış duvar alanının ( $A_o$ ) %12'sine eşit veya daha küçük olması halinde, bu standardda açıklanan hesap metodunun kullanılmasına ve ısı yalıtım projesi hazırlanmasına gerek yoktur. Herhangi bir U değerinin belirtilen sınırın üzerinde olması durumunda ise, bu standardda verilen hesap metodu kullanılarak EK 1-B'deki  $Q_{yıl}$  değerinin altında olduğunun ispatlanması gereklidir.

Belediye sınırları içindeki mevcut binalarda ısı yalıtımı uygulaması yapılması durumunda da bu standardda belirtilen hesap metodu kullanılarak binanın yalıtım projesi hazırlanmalıdır. Yalıtım projesinde, uygulanan yalıtımın sağlayacağı tahmini enerji tasarrufu hesaplanmalı, yalıtım uygulamasından önceki ve sonraki ısı ihtiyacı belirtilmelidir. Ayrıca, yalıtım uygulaması ile ilgili malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve detay çözümlerinde belirtilmelidir.

## 2 - HESAP METODU

### 2.1 - GENEL

Yeterli seviyede ısı yalıtımı sağlanmış bir binada, ısıtma periyodunda, iç ortamda belli bir iç sıcaklığı ( $T_i$ ) sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanır. Kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekir. Aşağıda tanımlanan hesap metodu kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama iletmesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olarak tanımlanan bu miktar, toplam kayıplardan, güneş enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkartılarak hesaplanır.

Tanımlanan hesap metodunda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunur. Böylece binanın ısı performansının gerçeğe daha yakın bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca, tasarımcıya, önerdiği tasarımın güneş enerjisinden faydalanma kapasitesini değerlendirme imkânı sağlayacaktır.

Hesap metodunda ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdandır ve eğer varsa ısıtılmayan ortamlardan ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencereden oluşur. Hesaplamalarda dıştan dışa ölçüler kullanılır. Eğer binanın tamamı aynı sıcaklığa kadar ısıtılıyorsa veya ortamlar arasındaki sıcaklık farkı 4 K'den küçük ise, binanın tamamı tek bölge olarak ele alınır ve ısıtma enerjisi ihtiyacı Madde 2.2 'de açıklanan metod uygulanarak hesaplanır. Aksi takdirde farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmeli ve hesaplar Madde 2.3 'e göre yapılmalıdır.

### 2.2 - TEK BÖLGE İÇİN YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACININ HESABI

Binalarda tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} \dots\dots\dots(1)$$

$$Q_{ay} = [H (T_i - T_d) - \eta_{ay} (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t \dots\dots\dots(2)$$

Burada;

- $Q_{yıl}$  : Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ..... (Joule),  
 $Q_{ay}$  : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı ..... (Joule),  
 $H$  : Binanın özgül ısı kaybı ..... (W/K),  
 $T_i$  : Aylık ortalama iç sıcaklık ..... (°C),  
 $T_d$  : Aylık ortalama dış sıcaklık ..... (°C),  
 $\eta_{ay}$  : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü ..... (Birimlessiz),  
 $\phi_{i,ay}$  : Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınabilir) ..... (W),  
 $\phi_{g,ay}$  : Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ..... (W),  
 $t$  : Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30) ..... (s),  
 dir.

NOT - 2 no'lu formülde köşeli parantez içindeki ifadenin pozitif olduğu aylar için toplama yapılacaktır. Negatif olan aylar dikkate alınmaz.

Hesaplamalar aşağıda verilen işlem sırasına göre yapılmalıdır.

- Isıtılan ortamın sınırları ve gerekli ise farklı sıcaklıktaki bölgelerin veya ısıtılmayan ortamların sınırları belirlenir.
- Tek bölge bir binada, binanın özgül ısı kaybı ( $H$ ) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.1).
- Aylık ortalama iç sıcaklıklar ( $T_i$ ) konular için 19°C alınmalıdır (diğer binalar için bk. TS 2164).
- Aylık ortalama dış sıcaklıklar ( $T_d$ ) EK 2'den alınmalıdır.
- Aylık iletim ve havalandırma ile ısı kaybı "[ $H(T_i - T_d)$ ]" formülü kullanılarak hesaplanmalıdır.
- Aylık ortalama iç kazançlar ( $\phi_{i,ay}$ ) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.2).
- Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ( $\phi_{g,ay}$ ) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.3). Hesap sırasında kullanılacak ( $I_{g,ay}$ ) değerleri EK 3'den alınmalıdır.
- Aylık ortalama dış sıcaklık değerleri kullanılarak aylık kazanç/kayıp oranı (KKO) ve ısı kazancı yararlanma faktörü ( $\eta_{ay}$ ) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.4).
- Aylık ortalama değerler kullanılarak, "[ $\eta_{ay} (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})$ ]" formülü ile faydalı kazançlar "W" cinsinden hesaplanmalıdır.
- Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı formül (2) 'ye göre hesaplanmalıdır.
- Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı formül (1) 'e göre hesaplanmalıdır.

Isıtılan binanın bölümlerinde farklı sıcaklıklar isteniyorsa hesap, Madde 2.3'de verilen metotlardan birine göre yapılmalıdır.

### 2.2.1 - Binaınin Özgöl Isı Kaybının Hesabı

Binaınin özgöl ısı kaybı (H), iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H<sub>1</sub>) ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının (H<sub>2</sub>) toplanması ile bulunur.

$$H = H_1 + H_2 \quad (3)$$

#### 2.2.1.1 - İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (4) no'lu formülle hesaplanır. Bu formülle yapı elemanlarının bünyesinden iletlen ısı kaybına, varsa ısı köprülerinden iletlen ısı kaybı eklenir. Isı köprüsü, bitişik yüzeye göre kompozisyonu değişik, ısı kaybı binaınin ortalama ısı kaybından daha yüksek ve kışın kararlı durum için iç yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu bölümdür. Cepheye dış bölme duvarlarının, kolon, giriş ve döşemelerin mümkünse mutlaka yalıtımları gereklidir. Ancak balkon vb. ısı köprüsü oluşturan ve yalıtımı çok zor olan bölgeler için ise ısı kaybı hesabı yapılarak iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybına ilâve edilmesi gereklidir.

$$H_1 = \Sigma AU + I U_1 \quad (4)$$

$$\Sigma AU = U_D A_D + U_P A_P + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_A A_A + U_G A_G + 0.5 U_{dnc} A_{dnc} \quad (5)$$

Burada;

U <sub>D</sub> : Dış duvarın ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> K,
U <sub>P</sub> : Pencerenin ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> K,
U <sub>T</sub> : Tavanın ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> K,
U <sub>A</sub> : Zemine oturan tabanın /döşemenin ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> K,
U <sub>G</sub> : Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> K,
U <sub>dnc</sub> : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik kat sayısı	W/m <sup>2</sup> K,
A <sub>D</sub> : Dış duvarın alanı	m <sup>2</sup> ,
A <sub>P</sub> : Pencerenin alanı	m <sup>2</sup> ,
A <sub>T</sub> : Tavan alanı	m <sup>2</sup> ,
A <sub>A</sub> : Zemine oturan taban/döşeme alanı	m <sup>2</sup> ,
A <sub>G</sub> : Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı	m <sup>2</sup> ,
A <sub>dnc</sub> : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı	m <sup>2</sup> ,

dır.

**UYARI :** Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa formülle yer alan U<sub>T</sub>'nin önündeki 0,8 kat sayısı 1 olarak alınır.

U değerinin hesaplanması (TS 8442) EK 6 - Formül 4 'de belirtilen hesap metodu ile yapılır. Hesap yapılırken kullanılması gereken ve malzemelerin ısı iletkenliğini gösteren λ<sub>s</sub> değerleri EK 5'da millî veya milletlerarası standartları olan malzemeler için verilmiştir. EK 5'de verilen λ<sub>s</sub> değerleri doğrudan kullanılabilir. Ancak tam karşılığı bulunmayan λ<sub>s</sub> değerleri (örneğin EK 5, Madde 10.2 'deki ısı yalıtım malzemeleri) ilgili ürün standardında belirtilen deney metotlarına göre belirlenen λ ölçme değerleri TS 415 e göre λ<sub>s</sub> değerlerine dönüştürülerek kullanılır.

TS belgeli malzemelerin λ<sub>s</sub> değerleri, ilgili ürün standardında belirtilen deneylerle tespit edilmelidir.

(4) no'lu formülde I, ısı köprüsü uzunluğunu (m cinsinden) U<sub>1</sub>, ısı köprüsünün doğrusal geçirgenliğini (W/mK cinsinden) göstermektedir.

Isı köprüsü olması durumunda ilgili büyüklükler TS 8441'de verilen metot ile hesaplanmalıdır.

#### 2.2.1.2 - Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (6) no'lu formül ile hesaplanır.

$$H_2 = \rho \cdot c \cdot V' = \rho \cdot c \cdot n_h \cdot V_h = 0.33 n_h \cdot V_h \quad (6)$$

Burada;

ρ : Havanın birim hacim kütlesi	(kg/m <sup>3</sup> ),
c : Havanın özgöl ısı	(J/kgK),

$V'$  : Hacimsel hava değişim debisi ..... ( $m^3/h$ ),  
 $n_h$  : Hava değişim sayısı ..... ( $h^{-1}$ ),  
 $V_h$  : Havalandırılan hacim ( $V_h = 0,8 \times V_{brak}$ ) ..... ( $m^3$ ),  
 dir.

" $\rho$ " ve " $c$ " sıcaklık ve basınca bağlı olarak az da olsa değişir, fakat aşağıdaki denklemden bu durum ihmal edilmiştir. Alınan değerler 20 °C ve 100 kPa içindir. Giren ve çıkan hava arasındaki entalpi artışı ihmal edilmiştir. 0,33 kat sayısının hesabında kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$0,33 = (\rho \cdot c / 3600) = (1,184 \cdot 1006 / 3600) = 0,33 \text{ J/m}^3\text{Ks} = \text{Wh/m}^3\text{K}$$

Doğal havalandırma yapılan binalarda ölçme sonucuna dayanan bir belge veya değer yoksa, hava kaçakları ve kontrollü doğal havalandırma kapsayacak şekilde " $n_h$ " değeri olarak, millî veya milletlerarası yetkili kuruluşlardan verilmiş uygunluk belgesine sahip firmaların pencere sistemlerinin kullanılması halinde  $n_h = 1,0 \text{ h}^{-1}$  değeri, diğer pencere sistemleri için  $n_h = 2,0 \text{ h}^{-1}$  değeri kullanılır.

Binada mekanik havalandırma uygulanıyorsa, hacimsel hava değişim debisi aşağıdaki formüllerden faydalanılarak hesaplanır ve 6 nolu formülden yerine konularak havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesaplanır.

Mekanik havalandırma bulunması durumunda, toplam hacimsel hava değişim debisi, sistem fanları çalışırken fanlardaki ortalama hacimsel hava değişim debisi ile, rüzgâr etkisi ile oluşan ilâve hacimsel hava değişim debisinin toplamına eşittir.

$$V' = V_f + V_x$$

Burada;

$V'$  : Toplam hacimsel hava değişim debisi ( $m^3/h$ )

$V_f$  : Sistem fanları çalışırken fanlardaki ortalama hacimsel hava değişim debisi ( $m^3/h$ )

$V_x$  : Rüzgâr etkisi ile oluşan ilâve hacimsel hava değişim debisi ( $m^3/h$ )  
dir.

Sistem sürekli ve kararlı halde çalışıyorsa, hacimsel hava değişim debisi ( $V_x$ ), hava giriş debisi ( $V_g$ ) ile çıkış debisinden ( $V_c$ ) büyük olana eşit alınır. " $V_x$ " in yaklaşık olarak hesaplanması için aşağıdaki formülden yararlanır:

$$V_x = \frac{V_h n_{50} e}{1 + \frac{f}{e} \left[ \frac{V_g - V_c}{V_h n_{50}} \right]^2}$$

Burada;

$V_h$  : Havalandırılan hacim ( $m^3$ ),

$n_{50}$  : İç ve dış ortamlar arasında 50 Pa basınç farkı varken hava değişim sayısı,

$f$  : Binada dış ortama açık bir yüzey varsa 15, birden fazla yüzey varsa 20 alınır,

$e$  : Çizelge 1 'den alınacak kat sayı,

$V_g$  : Hava giriş debisi ( $m^3/h$ ),

$V_c$  : Hava çıkış debisi ( $m^3/h$ ),  
dir.

ÇİZELGE 1 - Bina Sınıfı ve "e" Değerleri

Bina sınıfı	"e" değeri	
	Birden fazla dışa açık yüzey	Dışa açık bir yüzey
Açık alandaki binalar veya şehir içindeki 10 kattan daha yüksek binalar	0,10	0,03
Kırsal alandaki binalar	0,07	0,02
Şehir merkezlerindeki 10 kattan daha az katlı binalar	0,04	0,01



Binadaki havalandırma sistemi zaman zaman kapatılıyorsa, hacimsel hava değişim debisi için aşağıdaki formül kullanılır:

$$V = V_0 (1-\beta) + (V_r + V_k)\beta$$

Burada;

$V_0$  : Fanların çalışmadığı durum için hacimsel hava değişim debisi,

$\beta$  : Fanların çalıştığı zaman oranıdır.

Mekanik sistem farklı " $V_r$ " ler için tasarlanmışsa, " $V_r$ " olarak ortalama değer kullanılır.

Mekanik havalandırma sistemi dışarı atılan havadaki ısı enerjisi ortama gönderilen havanın ön ısıtmasını sağlamak amacıyla kullanılacak bir ısı değiştiricisine (eşanjörüne) ve geri kazanım sistemine sahip ise, mekanik havalandırma ile meydana gelecek ısı kayıplarının hesaplanmasında bir azaltma faktörünün kullanılması gerekir. Bu amaçla hacimsel hava değişim debisinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılır.

$$V = V_r (1-\eta_v) + V_k$$

Burada;

$\eta_v$  : Havadan havaya ısı geri kazanım sisteminin verimidir.

Yukarıdaki formül, ısı geri kazanım sistemi dışarı atılan havadan alınan ısı enerjisini, sıcak su sistemine veya ısı pompası gibi bir başka sistem aracılığıyla ısıtma sistemine iletiyorsa kullanılmaz.. Bu durumlarda azaltma, ilgili sistemin enerji tüketiminin hesaplanması sırasında dikkate alınmalıdır.

### 2.2.2 - Aylık Ortalama İç Kazançlar ( $\dot{\phi}_{i,ay}$ )

İç kazançlar aşağıda verilenleri kapsar.

- İnsanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları,
- Sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları.

Ortalama değerler ile çalışılması halinde, aydınlatma dışındaki ortalama değerler yıl boyunca hemen hemen sabittir. Bu standardda aydınlatmadan kaynaklanan kazançlar da sabit kabul edilmiştir ve her bir kaynak için alınacak değerler aşağıda verilmiştir.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları vb.) binalarda iç kazançlar olarak birim döşeme alanı başına en fazla  $5 \text{ W/m}^2$  alınırken; yemek fabrikaları gibi pişirme işleminin ağırlıklı olduğu binalarda, normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştırılan binalarda (aydınlatmanın sadece elektrikle sağlandığı binalar vb.) veya etrafa ısı veren sanayi cihazlarının kullanıldığı binalarda, iç kazançlar için birim döşeme alanı başına en fazla  $10 \text{ W/m}^2$  değer alınır.

Konutlarda .....  $\dot{\phi}_{i,ay} \leq 5 \times A_{et}$  (W)

Ticari Binalarda.....  $\dot{\phi}_{i,ay} \leq 10 \times A_{et}$  (W)

### 2.2.3 - Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları ( $\dot{\phi}_g$ )

Bu madde pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımının hesaplanmasını tarif etmektedir. Pasif güneş enerjisi sistemlerinden sağlanacak kazançlar ihmal edilmiştir.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ( $\dot{\phi}_{g,ay}$ ) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\dot{\phi}_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_{ci} \dots\dots\dots (7)$$

Burada;

$r_{i,ay}$  : "i" yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü,

$g_{i,ay}$  : "i" yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü,

$l_{i,ay}$  : "i" yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti ( $\text{W/m}^2$ ),

$A_v$  : "T" yönündeki toplam pencere alanı ( $m^2$ ),  
dir.

$i_{s,y}$  değerleri Ek 3'den alınır.

Hesaplanmış değerler yoksa,  $r_{i,s,y}$ 'in ısıtma periyodu boyunca sabit kaldığı kabul edilir ve binanın bulunduğu veya inşa edileceği yerleşim bölgesinin özelliğine göre aşağıdaki değerlerden biri seçilir.

Ayrık (müstakill) ve az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için..... $r_{i,s,y} = 0,8$   
Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalınıyorsa..... $r_{i,s,y} = 0,6$   
Bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için ... $r_{i,s,y} = 0,5$

olarak alınır.

$$g_{i,s,y} = 0,80 g_i$$

Burada;

$g_i$  : Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür.

Ölçü değerlerinin olmaması durumunda " $g_i$ " için aşağıdaki değerler kullanılabilir.

Tek cam için .....  $g_i = 0,85$   
Çok katlı cam (berrak) için .....  $g_i = 0,75$   
Isıl geçirgenlik değeri  $\leq 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  olan ısı yalıtım birimleri için .....  $g_i = 0,50$

#### 2.2.4 - Kazanç Kullanım Faktörü ( $\eta$ )

İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, ısıtma enerjisi ihtiyacının azaltılması açısından faydalı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmaz. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. İç ortam sıcaklık kontrol sistemi mükemmel değildir ve yapı elemanlarının bünyesinde bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir yararlanma faktörü ile azaltılır; bu faktörün büyüklüğü, kazançların ve kayıpların bağlı büyüklüğüne ve binanın ısıl kütesine bağlıdır.

Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır.

$$\eta_{s,y} = 1 - e^{-(KKO_{s,y})} \dots\dots\dots (8)$$

Burada;

$KKO_{s,y}$ , Kazanç / kayıp oranı olup, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır.

$$KKO_{s,y} = (\dot{q}_{i,s,y} + \dot{q}_{g,s,y}) / H(T_{i,s,y} - T_{d,s,y}) \dots\dots\dots (9)$$

Burada;

$T_{i,s,y}$  : Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı [Konutlar için  $19^\circ\text{C}$  alınır (Diğer binalar için bk. TS 2164)],

$T_{d,s,y}$  : Aylık ortalama dış hava sıcaklığı [Ek 2'den alınır ( $^\circ\text{C}$ )],

$\dot{q}_{i,s,y}$  : Aylık iç kazançlar [Madde 2.2.2'ye göre hesaplanır (W)],

$\dot{q}_{g,s,y}$  : Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı [Madde 2.2.3'e göre hesaplanır (W)],

dir.

$KKO_{s,y}$  oranı 2,5 ve üzerinde olursa o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir.

#### 2.3 - BİRDEN FAZLA BÖLGE İÇİN YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACININ HESABI

Madde 2.1'de belirtildiği gibi, binadaki birimler içerisinde sıcaklık farkı  $4 \text{ K}$ 'den büyük ortamlar mevcut ise, farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmeli ve hesaplar aşağıda verilenlerden birine göre yapılmalıdır.

- İç sıcaklık  $T_i$ , binadaki ortalama sıcaklık olarak alınmalı ve tek bölgeli hesap metodu uygulanmalıdır.

- Ortalama sıcaklık hesabında tavan yüksekliği 3 m ve altında ise döşeme alanı ağırlıklı, 3 m 'den yukarı ise hacim ağırlıklı ortalama değer kullanılmalıdır.
- Tek bölge hesap metodu, farklı sıcaklıktaki her bölge için ayrı ayrı uygulanmalı ve her bölgedeki ısıtma enerjisi ihtiyacı toplanmalıdır.

### 3 - HESAP RAPORU

#### 3.1 - BİRİMLER

Bu standarda göre yapılacak hesaplarda ve raporun hazırlanmasında SI birimleri kullanılır. Buna göre sıcaklık K veya °C olarak, enerji Joule olarak ve güç Watt olarak belirtilmelidir. Toplam ısı geçirgenlik değeri olan U ise W/m<sup>2</sup>K birimi ile gösterilmelidir. Birimler arasındaki dönüşüm kat sayıları aşağıda gösterilmiştir.

1 kCal	4,187	kJ
1 kCal	1,163 x 10 <sup>-3</sup>	kWh
1 kWh	860	kcal
1 kCal/m <sup>2</sup> h°C	1,163	W/m <sup>2</sup> K
1 m <sup>2</sup> h°C/kCal	0,86	m <sup>2</sup> K/W
1 kJ	0,278 x 10 <sup>-3</sup>	kWh

#### 3.2 - HESAP RAPORU

Bu standardın amacı, Madde 0.4'de belirtildiği gibi, binaların enerji verimliliklerinin artırılması amacıyla uzun ömürlü ve sağladığı enerji tasarrufu kalıcı olacak şekilde, binalarda ısı yalıtımının sağlanmasıdır. Bu amaçla sektörde mevcut yalıtım malzemelerinin ve tekniklerinin karşılaştırılarak o proje için en uygununu seçilebileceği bir hesap metodu önerilmiştir ve sonuç olarak bir ısı yalıtım projesi hazırlanması gerekmektedir. Bu projede, standardda belirtilen hesap metoduyla binanın enerji ihtiyacının bu standardda verilen sınır değerlerin altında kalmasını sağlayacak şekilde malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve detay çözümlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Isıtılacak yapı hacmi ( $V_{isiz}$ ) ile ve binanın kullanım alanı ( $A_{ki}$ ) ile ilişkili olarak azami yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri ( $A_{top}/V_{isiz}$ ) oranlarına bağlı olarak EK 1B'de verilmiştir.

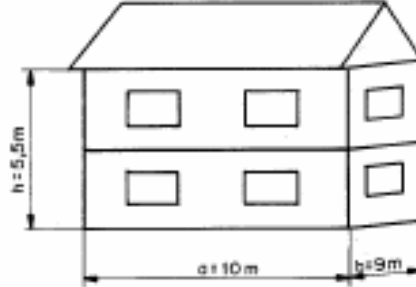
Binanın kullanım alanıyla ilişkili olarak verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q) sadece, temiz ölçüler verildiğinde oda yükseklikleri 2,60 m veya daha az olan binalarda kullanılabilir. Oda yüksekliklerinin 2,60 m'nin üzerinde olması durumunda ise ısıtılacak yapı hacmiyle ilişkili olarak verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q) gözönüne alınarak hesaplama yapılacaktır. Isı yalıtım projesinde aşağıdaki verilen bilgiler bulunmalıdır;

- İç ortam sıcaklıklarında 4 K 'den daha büyük fark olan bölgeler varsa bu bölgelerin sınırları,
- Farklı ısıtma bölgeleri varsa, her bölge için dış duvar, çatı, zemin ve pencerelerde kullanılan malzemeler, bu malzemelerin eleman içindeki sıralanışı ve kalınlıkları, duvar, pencere, tavan ve taban/döşeme elemanlarının alanları ve "U" değerleri, ısı köprüleri varsa ısı köprülerinin "T" ve "U<sub>i</sub>" değerleri,
- Pencere sisteminde kullanılan cam ve çerçevenin tipi (çok katlı cam, düşük yayımlı ısı yalıtım birimleri veya firmasının serisi gibi), çerçeve sisteminin sızdırmazlık değerleri,
- Duvar-pencere, duvar-tavan, taban/döşeme-duvar birleşim yerlerinin detayları,
- Havalandırma tipi,
- Farklı ısıtma bölgeleri varsa, her bölge için ısı kayıpları, ısı kazançları, KKO kullanım faktörü ve ısıtma enerjisi ihtiyacının çizelge halinde aylık ve ısıtma periyodu için büyüklükleri.

#### Hesap Örneği

3 'üncü derece gün bölgesinde bulunan ve dıştan dışa 9 m eninde, 10 m boyunda, 5,5 m yüksekliğinde, 158,4 m<sup>2</sup> kullanım alanı olan iki katlı bir konut örnek alınarak Madde 2.2 'de belirtilen tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Öncelikle binadaki dış duvar, pencere, tavan, taban/döşeme, dış ortamla temas eden döşeme alanı vb. alanlar hesaplanır. Örnek binamızda bu alanlar aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.



ŞEKİL A

Pencere alanı,  $A_p = 20 \text{ m}^2$

Dış duvar alanı,  $A_0 = (9 \times 5,5 \times 2 + 10 \times 5,5 \times 2) - A_p$   
 $A_0 = 189 \text{ m}^2$

Tavan alanı,  $A_t = 9 \times 10 = 90 \text{ m}^2$

Döşeme alanı,  $A_f = 9 \times 10 = 90 \text{ m}^2$  dir.

$A_{\text{top}} = 389 \text{ m}^2$ ,  $V_{\text{bina}} = 9 \times 10 \times 5,5 = 495 \text{ m}^3$

Daha sonra yapı elemanlarının ayrı ayrı U değerleri hesaplanır. Örnek binamızda yalıtımın yüksek seviyede sağlanması hedeflenmiştir. Duvarlarda tuğla üzerine dış taraftan  $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$  olan yalıtım malzemesinin kalınlığı 6 cm'dir. Pencereler çok katlı camdır ve çerçeveler 6 cm kalınlıklı PVC çerçevedir. Tavanda  $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$  olan yalıtım malzemesinin kalınlığı 12 cm'dir. Döşemede  $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$  olan yalıtım malzemesinin kalınlığı 8 cm'dir. Burada anlatılan hesaplamalar Çizelge 2 ve Çizelge 3'de örnek olarak gösterilmiştir. Ayrıca elemanlarda yoğuşma olmayacak ve ısı köprüsü meydana gelmeyecek şekilde tedbirlerin alındığı kabul edilmiştir. Dolayısıyla yapı elemanlarının "U" değerleri EK 6 Madde 4'de belirtilen kılsık hesap metoduna göre,

$U_D = 0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_p = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_T = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_f = 0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir.

Binanın iletimle olan ısı kaybı "H<sub>1</sub>" ise 4 no'lu formüle göre,

$H_1 = 189 \times 0,47 + 20 \times 2,8 + 0,8 \times 90 \times 0,30 + 0,5 \times 90 \times 0,43 = 185,78 \text{ W/K}$ 'dir.

Yukarıdaki iletimle olan ısı kaybı hesabı yapılırken, örnek olarak seçilen binada ısı köprüsü olmadığı kabul edildiğinden Madde 2.2.1.1 'de verilen 4 no'lu formüldeki  $\sum U_i$  katkısı ihmal edilmiştir.

Binadan havalandırma ile olan kayıplar için, mekanik havalandırma olmadığından  $0,33 \cdot n_v \cdot V_n$  formülü kullanılır. Çerçeveler, mevcut millî ve millîterarası standartlara uygun olarak seçildiği için "n<sub>v</sub>" olarak  $1,0 \text{ h}^{-1}$  seçilir. Binanın havalandırma hesabında kullanılacak olan hacmi ( $V_n$ ) ise  $0,8 \times V_{\text{bina}} = 0,8 \times 495 = 396 \text{ m}^3$  bulunur.

Bu durumda;

$H_h = 0,33 \times 1,0 \times 396 = 130,68 \text{ W/K}$ 'dir.

Dolayısıyla binanın özgül ısı kaybı (H);

$H = H_1 + H_h = 185,78 + 130,68 = 316,46 \text{ W/K}$ 'dir.

Bina konut olarak kullanılacağı için iç ısı kazançları  $5 \text{ W/m}^2$  olarak alınabilir (Madde 2.2.2). Bu durumda örnek bina için iç kazançlar;  $A_{\text{in}} \times 5 = 158,4 \times 5 = 792 \text{ W}$ 'dir.

Güneş enerjisi kazançlarının hesaplanması için binanın ayrı ve az katlı binaların bulunduğu bir yerleşim yerinde inşa edileceği, fakat ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalacağı düşünülerek; " $t_{i,ay}$ " için 0,6 değeri seçilir (Madde 2.2.3).

" $g_{i,ay}$ " değeri ise çok katlı cam olduğu için  $g_i = 0,75$  (Madde 2.2.3) alınarak ve  $g_{i,ay} = 0,80 g_i$  formülü kullanılarak hesaplanır. Bu örnekte  $g_{i,ay} = 0,80 \times 0,75 = 0,60$ 'dir.

" $A_i$ " değerleri, yani her yön için toplam pencere alanları hesaplanır. Örnek olarak seçilen binada aşağıda verilen pencere alanları hesaplanmıştır.

$$A_{güneş} = 10 \text{ m}^2, \quad A_{kuzey} = 2 \text{ m}^2, \quad A_{doğu} = 4 \text{ m}^2, \quad A_{batı} = 4 \text{ m}^2$$

" $i_{i,ay}$ " değerleri ise her ay için Ek 3'den alınır. Ocak ayı için örnek olmak üzere EK 3'den alınan aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} I_{güneş,ocak} &= 72 \text{ W/m}^2 \\ I_{kuzey,ocak} &= 26 \text{ W/m}^2 \\ I_{batıdoğu,ocak} &= 43 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

" $\phi_{g,ocak}$ " değeri 7 nolu formüle göre aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\phi_{g,ocak} = 0,6 \times 0,6 \times 72 \times 10 + 0,6 \times 0,6 \times 26 \times 2 + 0,6 \times 0,6 \times 43 \times 4 + 0,6 \times 0,6 \times 43 \times 4 = 402 \text{ W}$$

Kazanç kullanım faktörünün hesaplanması için önce " $KKO_{ocak}$ " 9 nolu formüle göre hesaplanır. Bu formülden gerekli olan " $\phi_i$ " ve " $\phi_{g,ocak}$ " değerleri ile H değerleri daha önce hesaplanmış idi.

Bina konut olarak kullanılacağı için  $T_i$  olarak 19°C alınır.

" $T_{d,ocak}$ " ise Ek 2'den alınır. 3. derece gün bölgesi için bu değer 1,3 °C'dir.

$$KKO_{ocak} = (792 + 402) / 316,46 \times (19 - 1,3) = 0,21$$

Kazanç kullanım faktörü " $\eta_{ocak}$ " ise 8 nolu formüle göre

$$\begin{aligned} \eta_{ocak} &= 1 - e^{-1/KKO_{ocak}} = 1 - e^{-1/0,21} = 0,99 \text{ olarak hesaplanır. Bu durumda ocak ayı için ısı kazançları} \\ \eta_{ocak} (\phi_i + \phi_{g,ocak}) &= 0,99 \times (792 + 402) = 0,99 \times 1194 = 1182,06 \text{ W olarak bulunur.} \\ \text{Bulunan değerler aşağıdaki formülden yerlerine konulursa;} \end{aligned}$$

$$Q_{ay} = [H (T_i - T_d) - \eta (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t$$

$$Q_{ay} = [316,46 \times (19 - 1,3) - 1182,06] \times 86400 \times 30 \times 10^{-3}$$

$$Q_{ay} = 11453892 \text{ kJ}$$

olarak bulunur.

Buraya kadar yapılan hesaplar her ay için tekrarlanarak toplam ısı kaybı bulunur ve karşılaştırma yapılarak standarda uygunluğu kontrol edilir. Bu hesaplamaların daha kolay takip edilebilmesi için Çizelge 2 (binanın özgül ısı kaybı) ve Çizelge 3 (yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) örnek olarak verilmiştir.

NOT - Hesap örneğinde dış ölçüleri verilen örnek binanın oda yüksekliği 2,60 m'den küçüktür.

ÇİZELGE 2 - Binaın Özgöl Isı Kaybı

Binadaki yapı elemanları		Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_0$ (W/mK)	d/λ, 1/α (m <sup>2</sup> K/W)	Isıl iletkenlik kat sayısı U (W/m <sup>2</sup> K)	Isıl kaybedilen yüzey A (m <sup>2</sup> )	Isıl kaybı A x U W/K
Duvar yüzeyleri	1/α <sub>1</sub>			0,130			
	Sıra	0,020	0,870	0,023			
	Yatay delikli tuğla	0,190	0,450	0,42			
	Isıl yalıtım malzemesi <sup>1)</sup>	0,060	0,040	1,500			
	Sıra	0,005	0,870	-			
1/α <sub>2</sub>				0,040			
Toplam				2,11	0,47	189	88,83
Taban/Döğeme	1/α <sub>1</sub>			0,130			
	PVC yer döğemesi	-	-	-			
	Şap	0,030	1,400	0,021			
	Isıl yalıtım malzemesi <sup>2)</sup>	0,080	0,040	2,000			
	Tesviye şapı	0,020	1,400	0,014			
	Hafif beton	0,100	1,100	0,090			
	Bloka <sup>3)</sup>	0,150	1,74	0,086			
1/α <sub>2</sub>				0			
Toplam				2,34	0,43x0,5	90	19,35
Tavan	1/α <sub>1</sub>			0,130			
	Sıra	0,020	0,870	0,023			
	Betonarme	0,15	1,30	0,115			
	Isıl yalıtım malzemesi <sup>4)</sup>	0,120	0,04	3,000			
1/α <sub>2</sub>				0			
Toplam				3,27	0,30x0,8	90	21,6
Pencere					2,8	20	56
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							185,78
<sup>1)</sup> EK 5, Çizelge 6 'den alınacaktır. <sup>2)</sup> EK 5 Sıra no 4.1 'den alınmıştır. <sup>3)</sup> EK 5 Sıra no 7.1.5 'den alınmıştır. <sup>4)</sup> EK 5 Sıra no 10 'den alınmıştır. <sup>5)</sup> Çok küçük bir değer olduğundan hesaba katılmadı. <sup>6)</sup> EK 5 Sıra no 4.6 'den alınmıştır. <sup>7)</sup> EK 5 Sıra no 5.3.1 'den alınmıştır. <sup>8)</sup> EK 5 Sıra no 5.1 'den alınmıştır. <sup>9)</sup> EK 5 Sıra no 5.2.1 'den alınmıştır.				$\Sigma AU = U_0A_0 + U_pA_p + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_Y A_Y + U_dA_d$ $\Sigma AU = 185,78 \text{ W/K}$ <p style="text-align: center;">Özgöl ısı kaybı ; <math>H = H_1 + H_2</math></p> <p>İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; <math>H_1 = \Sigma AU + I U_1</math></p> <p>Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı  <math>H_2 = 0,33 \cdot n_v \cdot V_h = 0,33 \times 396 = 130,68 \text{ W/K}</math></p> $H = H_1 + H_2 = 185,78 + 130,68 = 316,46 \text{ W/K}$			

ÇİZELGE 3 - Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H/H_0$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K, °C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_t = \phi_i + \phi_g$ (W)			
Ocak	316,46	17,7	5601	792	402	1194	0,21	0,99	11453892
Şubat		17	5380		493	1285	0,24	0,98	10680854
Mart		14	4430		601	1393	0,31	0,96	8016330
Nisan		9,2	2911		606	1398	0,48	0,88	4356530
Mayıs		4,9	1551		716	1508	0,97	0,64	1518601
Haziran		0,9	285		753	1545	5,42	-	0
Temmuz		$T_d$ yüksek	-		733	1525	-	-	0
Ağustos		$T_d$ yüksek	-		693	1485	-	-	0
Eylül		2,5	791		595	1387	1,75	0,44	468426
Ekim		7,7	2437		494	1286	0,53	0,85	3483389
Kasım		12,5	3956		379	1171	0,30	0,96	7340129
Aralık		16,4	5190		353	1145	0,22	0,99	10514318
$Q_{av} = [H(T_i - T_d) - \eta(\phi_{i,av} + \phi_{g,av})] \cdot t$ (J) (1kJ = $0,278 \times 10^{-3}$ kWh)							$Q_{av} = \Sigma Q_{av} =$	57832249	
Toplam ısı kaybı			$Q_{av} = 0,278 \times 10^{-3} \times 57832249(\text{kJ}) = 16077 \text{ kWh}$						
Konutlar için iç ısı kazancı			$\phi_{i,av} \leq 5 \cdot A_n$ (W)						
Güneş enerjisi kazancı			$\phi_{g,av} = \Sigma r_{i,av} \times g_{i,av} \times I_{i,av} \times A_i$						
Kazanç kayıp oranı			$KKO_{av} = (\phi_{i,av} + \phi_{g,av}) / H(T_{i,av} - T_{d,av})$						
Kazanç kullanım faktörü			$\eta_{av} = 1 - e^{-(KKO_{av})}$						
Örnek binadaki kullanım alanı $A_n$ başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;									
$Q = Q_{av}/A_n = 101,5 \text{ kWh/m}^2$			$A_n = 0,32 V_{sıc} = 158,4 \text{ m}^2$						
$A_{sıc}/V_{sıc} = 0,70$ oranı 3. bölge için EK 1'den alınan $Q' = 67,29 \text{ A/V} + 50,16$ formülünde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 103,3 \text{ kWh/m}^2$ bulunur ve hesaplanan $Q$ ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.									
Örnek $Q < Q'$ ( $101,5 < 103,3$ ) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değer altında olduğu görülmektedir. O halde bu proje, bu standardda verilen hesap metoduna göre uygundur.									

## EK 1

A - En büyük ve en küçük  $A_{\text{tep}}/V_{\text{bina}}$  oranları için ısıtma enerjisi değerleri

	$A/V \leq 0.2$ için	$A/V \geq 1.05$ için	
$Q'_{1,00} =$	27	66	kWh/m <sup>2</sup>
	8,5	21	kWh/m <sup>3</sup>
$Q'_{2,00} =$	48	104	kWh/m <sup>2</sup>
	14,7	33	kWh/m <sup>3</sup>
$Q'_{3,00} =$	64	121	kWh/m <sup>2</sup>
	20,4	39	kWh/m <sup>3</sup>
$Q'_{4,00} =$	104	175	kWh/m <sup>2</sup>
	33,4	56	kWh/m <sup>3</sup>

B - Bölgelere göre  $A_{\text{tep}}/V_{\text{bina}}$  oranlarına bağlı olarak gereken Q 'nun hesaplanması

$A_{\text{W}}$ ile ilişkili	$Q'_{1,00} =$	46,62	$A/V$	+ 17,38	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$V_{\text{bina}}$ ile ilişkili	$Q'_{1,00} =$	14,92	$A/V$	+ 5,56	[kWh/m <sup>3</sup> ]
$A_{\text{W}}$ ile ilişkili	$Q'_{2,00} =$	68,59	$A/V$	+ 32,30	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$V_{\text{bina}}$ ile ilişkili	$Q'_{2,00} =$	21,95	$A/V$	+ 10,34	[kWh/m <sup>3</sup> ]
$A_{\text{W}}$ ile ilişkili	$Q'_{3,00} =$	67,29	$A/V$	+ 50,16	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$V_{\text{bina}}$ ile ilişkili	$Q'_{3,00} =$	21,74	$A/V$	+ 16,05	[kWh/m <sup>3</sup> ]
$A_{\text{W}}$ ile ilişkili	$Q'_{4,00} =$	82,81	$A/V$	+ 87,70	[kWh/m <sup>2</sup> ]
$V_{\text{bina}}$ ile ilişkili	$Q'_{4,00} =$	26,5	$A/V$	+ 28,06	[kWh/m <sup>3</sup> ]

C - Bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri

	$U_D$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_T$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_i$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_p^*$ (W/m <sup>2</sup> K)
1. Bölge	0,80	0,50	0,80	2,80
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,80
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,80
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,80

\* :  $U_p$  olarak verilen ısı iletim kat sayıları Ek 1C'de bir cam türü için verilmiştir. Diğer kapı ve pencere türleri için ısı iletim kat sayıları TS 2164'den alınır ve hesaba katılır.

NOT - Bölgeler için bk. EK 4.



## EK 2

Farklı Derece Gün (DG) Bölgeleri İçin Hesaplamalarda Kullanılacak Aylık Ortalama  
Dış Sıcaklık Değerleri [  $T_a$  (°C) ]

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
OCAK	8,0	3,3	1,3	-5,2
ŞUBAT	9,3	4,5	2,0	-4,1
MART	11,5	7,2	5,0	-1,3
NISAN	15,7	12,6	9,8	5,1
MAYIS	20,6	17,8	14,1	10,1
HAZİRAN	25,4	21,9	18,1	13,5
TEMMUZ	28,0	24,4	21,1	17,2
AĞUSTOS	27,2	23,8	20,6	17,2
EYLÜL	23,3	19,6	16,5	13,2
EKİM	18,1	14,1	11,3	6,9
KASIM	13,3	9,1	6,5	1,3
ARALIK	9,4	4,9	2,6	-3,0

**EK 4**  
**İllere Göre Derece Gün Bölgeleri**

<b>1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
ADANA	AYDIN	İÇEL	OSMANIYE	
ANTALYA	HATAY	İZMİR		
<b>İli 2. Bölgede olupda kendisi 1.Bölgede olan Belediyeler</b>				
AYVALIK (Balıkesir)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARIS(Muğla)	
BOORUM (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)	
GÖKOVA (Muğla)				
<b>2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
ADAPAZARI	ÇANAKKALE	KAHRAMANMARAŞ	RİZE	TRABZON
ADİYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	SİİRT	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	
BARTIN	GAZİANTEP	MARDİN	ŞANLIURFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞIRNAK	
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ	
<b>İli 3. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan Belediyeler</b>				
HOPA (Artvin)		ARHAVİ (Artvin)	DÜZCE (Bolu)	
<b>İli 4. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan Belediyeler</b>				
ABANA(Kastamonu)		BOZKURT (Kastamonu)	ÇATALZEYTİN (Kastamonu)	
İNEBOLU (Kastamonu)		CİDE (Kastamonu)	DOĞANYURT (Kastamonu)	
<b>3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA	
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR	
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE	
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT	
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KİRŞEHİR	TUNCELİ	
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK	
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA		
<b>İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan Belediyeler</b>				
POZANTI (Adana)		KORKUTELİ (Antalya)		
<b>İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan Belediyeler</b>				
MERZİFON (Amasya)		DURSUNBEY (Balıkesir)	ULUS(Bartın)	
<b>İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan Belediyeler</b>				
TOSYA (Kastamonu)				
<b>4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ		
ARDAHAN	GÖMÜŞHANE	MUŞ		
BAYBURT	HAKKARİ	SİVAS		
BİTLİS	KARS	VAN		
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT		
<b>İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan Belediyeler</b>				
KELES (Bursa)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)	ELBİSTAN (K.Maraş)	MESUDİYE (Ordu)	
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K.Maraş)		
<b>İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan Belediyeler</b>				
KIĞI (Bingöl)	PÖLÖMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)		

**EK 5**

## ÖZGEÇMİŞ

4 Kasım 1982 tarihinde Konya’da doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Konya’da tamamladı. Lisans öğrenimini Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü’nde yaparak 2006 yılında Mimar unvanı ile mezun oldu. 2006 yılında Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı, Yapı Fiziği ve Malzemesi Programı’nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. Lisans eğitimi sonrasında, İstanbul’da mimari tasarım bürolarında çalışmasının ardından, 2008 yılında Antalya’da Kocaman İzo Bims bünyesinde başladığı görevini halen sürdürmektedir.

Pınar Kocaman

[p.kocaman@kibbims.com](mailto:p.kocaman@kibbims.com)

[pinarkocaman@gmail.com](mailto:pinarkocaman@gmail.com)

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın başlangıcından itibaren her aşamada, öneri ve yorumları ile destek ve yol gösterici olan yüksek lisans tez danışmanım sayın Prof.Dr.Halit Yaşa ERSOY'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Her zaman destek gördüğüm, Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Bölümü Yapı Fiziği ve Malzemesi kürsüsünün değerli öğretim elemanlarına ve yardımlarından dolayı değerli arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bims ve ilgili çalışmalarında desteğini esirgemeyen sayın Prof.Dr. Lütfullah Gündüz'e ve Pomza Araştırma Merkezi çalışanlarına teşekkür ederim.

Bims ve üretim aşamalarıyla ilgili fotoğraf, döküman ve bilgilerini esirgemeyen Kocaman İzo Bims'e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında yanımda olan ve her adımında beni yüreklendiren canım babama, ilgisi ve emeğiyle beni destekleyen canım anneme, sevgili aileme yürekten teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2009

Pınar KOCAMAN