

23779

T.C.  
ULUDAG ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

HAFIF İNŞAAT MALZEMELERİ  
(ANORGANİK)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARZU OKUCU  
İnşaat Mühendisi

BURSA, ŞUBAT 1992

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

T.C.  
ULUDAG ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

HAFIF İNŞAAT MALZEMELERİ  
(ANORGANİK)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARZU OKUCU  
İnşaat Mühendisi

Jüri üyeleri: Doç. Dr. Hayri ERDİNC (Danışman) *N. Erdinc*  
Prof. Dr. Tuncer KODAMANÖĞLU *Kodamanoglu*  
Doç. Dr. Şerif SAYLAN *Saylan*

BURSA, ŞUBAT 1992

## İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ .....	I
ÖZET.....	II
SUMMARY .....	III
ŞEKİL LİSTESİ .....	IV
TABLO LİSTESİ .....	V
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM-I PERLİT	
I-1. Tanımı .....	3
2. Tarihçesi .....	3
3. Fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	4
4. Kökeni, oluşumu, tanınması ve üretim yöntemi ...	6
5. Genleştirilmesi .....	9
6. Genleşmeyi etkileyen faktörler ve genleşme egrisi .....	14
7. Genleşmiş perlitin özellikleri .....	15
8. Genleşmiş perlitin kullanım alanları .....	19
8-1. İnşaat sektörü .....	19
8-1-1. Perlitin gevşek dolgu malzemesi olarak kullanımı .....	20
8-1-2. Perlit betonu ve kullanımı .....	27
8-1-3. Alçılı perlitli yapı elemanları ve hazır sıvalar .....	38
8-2. Tarım sektörü .....	55
8-3. Sanayi sektörü .....	57
9. Türkiye perlit yatakları ve üretimi .....	57
10. Hedef pazarların incelenmesi .....	63
11. Dünya perlit yatakları ve üretimi .....	63
12. Deneyler .....	65
BÖLÜM-II DİĞER HAFİF İNŞAAT MALZEMELERİ	
II-1. Pomza .....	71
2. Diyatomit .....	76
3. Vermikülit .....	78
4. Kil, şeyl ve sleyt .....	81
5. Uçucu kül .....	83
SONUÇLAR .....	85
KAYNAKLAR .....	87

ÖNSÖZ

Bu çalışma Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalında 1991-1992 öğretim yılında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmanın amacı, yurdumuzda yeterince değerlendirilemeyen hafif inşaat malzemelerini tanıtmak ve bu malzemelerin herbirinin özelliklerini belirterek, inşaat sektöründe kullanımının faydalarını ortaya koymaktır.

Literatür derlemesi Ege Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Tübitak Yayın Derleme Merkezi, Cumaovası Perlit İşletmesinde; perlit ile ilgili deneyler ise Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi ve Balıkesir Mühendislik Fakültesi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmalarına başlamamda yardımcı olan İnşaat Bölüm Başkanı Prof. Dr. Deniz EREN'e, çalışmalarım süresince her türlü yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Hayri ERDİNÇ'e Doç. Dr. Şerif SAYLAN'a, Ügr. Gör. Metin AKIN'a ve tezin yazım işlemini gerçekleştiren Adil OKUCU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Arzu OKUCU

## ÖZET

Beton ve sıva yapımında tüketilen kum,çakıl ve kırmataştan daha hafif olan malzemelere "Hafif agregalar" denir.Bunlar ya doğal halleriyle hafiftirler (pomza, diyatomit) veya yapay olarak uygun hale getirilirler (perlit, vermikülit, kil,şeyl, sleyt).Yan ürün olarak elde edilen bazı malzemeler de aynı özelliği taşıyabilir (kül,cüruf v.b).Büyük ölçüde inşaat sektöründe bu tip malzemelerin kullanılmasıyla taşıyıcı elemanlara gelen yükler azaltılır,ısı ve ses yalıtımı,don ve kimyasal etkilere karşı direnç sağlanır.Volkanik kökenli hafif agregalar puzzolanik özellikte olduğundan, bunlarla üretilen betonların mukavemeti artar. Refrakter, aşındırıcı, süzücü, emici,kriyojenik özellikleri tarım ve diğer sanayi dallarında da kullanılmaya elverişlidir.

Asidik volkanizmanın ürünleri olan perlit ve pomza yatakları en çok ABD,BDT,Türkiye,Yunanistan,İtalya,Japonya vs.de bulunur.

Hafif Yapı malzemeleri daha çok kalkınmış ülkelerde bolca tüketilir. Ülkemizde ise henüz fazla kullanılma alışkanlığı bulunmayan bu malzeme türlerinin değeri gözetilerek daha çok tüketileceği umulur.

### SUMMARY

Lighter aggregates relative to sand, gravel and crushed stone which are used in concrete and plaster, are called "lightweight aggregates". They may be natural such as pumice and diatomite or expanded materials by heat process including perlite, vermiculite, clay, shale and slate. Some waste products may hold the same properties as well (coal ash, slag, etc). By widely using these aggregates in making buildings; as well as the loads that act on supporting systems can be reduced, also improved heat and sound isolation and resistance to frost and chemical agents can be achieved. Since volcanic based lightweight aggregates have pozzolanic properties, they strengthen the ordinary concrete. Refractory, abrasive, filtering, criogenic, absorbent properties are suitable for agricultural and other industrial purposes.

Some acidic volcanism products like perlite and pumice are widespread in the USA, the CIS, Turkey, Greece, Japan, and etc.

Lightweight construction materials are consumed by far in developed countries. Though in recent years the domestic consumption of these raw materials is not at a satisfactory level, it is hoped that they will be considered to be valid and be used increasingly in Turkey.

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil-1 Perlit Genleşme Eğrisi .....	15
Şekil-2 Perlitin Yalıtım Özelliğinin Yoğunlukla İlişkisi .	21
Şekil-3 Perlit Agregası Uygulaması .....	23
Şekil-4 Perlit Agregası Uygulaması .....	24
Şekil-5 Perlit Agregası Uygulaması .....	25
Şekil-6 Yüzer Döşeme Detayı .....	26
Şekil-7 Tabandan Isıtılan Binalarda Perlit Betonlu Döşeme Yalıtım Detayı.....	31
Şekil-8 Ahşap Oturtma Çatılarda Perlit Beton Yalıtım Detayı .....	34
Şekil-9 Teras Çatılarda Perlit Beton Yalıtım Detayı .....	35
Şekil-10 Düz Çelik Çatılarda Dluklu Sac Kalıplar Üzerine Perlit Beton Yalıtım Uygulaması .....	36
Şekil-11 Çelik Konstrüksiyonların Yangına Karşı Korunması Detayı .....	36
Şekil-12 Metal Dubluyave (Rabitz Teli) Üzerine Alçı-Perlit Sıvasıyla Perde Duvarı Yapılması .....	37
Şekil-13 Blok Tuğla Duvar Perspektif Görünüşü .....	41
Şekil-14 Perlit Sıvaları ile Malzeme Cinsine Göre Kazanılan Duvar Kalınlıkları .....	49
Şekil-15 Boşluklu Gövdeli Duvarlara Ait İki Örnek .....	52
Şekil-16 Dolu Gövdeli Duvarlara Ait İki Örnek .....	53
Şekil-17 Alçı-Perlit Sıvasıyla Kaplanan Çelik Profillerin Yangına Karşı Dayanım Süreleri ve Uygulama Şekil- leri .....	54
Şekil-18 Türkiye'de Perlit Yatakları .....	58
Şekil-19 Isı İletkenliğini Ölçen Cihazın Kesit Görünüşü ..	67
Şekil-20 Genleştirilmemiş ve Genleştirilmiş Perlit Infra- red Diagramları .....	70

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo-1 Ham Perlitin Fiziksel Özellikleri .....	4
Tablo-2 Ham Perlitin Kimyasal Analiz Sonuçları .....	5
Tablo-3 Tasnif Edilmiş Perlit .....	10
Tablo-4 Hafif Beton Agregaları ile Normal Beton Agregası Çakılın Özelliklerinin Karşılaştırılması .....	16
Tablo-5 Perlitin Farklı Sıcaklıklara Göre Isı İletkenlik Katsayısı Değişimi .....	17
Tablo-6 Perlit Agregasının Diğer Yalıtkanlarla Karşı- laştırılması .....	22
Tablo-7 Çeşitli Duvarlarda Perlit Agregası ile Sağlanan Isı Geçirgenlik Katsayısı .....	23
Tablo-8 Çeşitli Duvarlarda Perlit Agregası ile Sağlanan Isı Geçirgenliği Katsayıları .....	24
Tablo-9 Çeşitli Duvarlarda Perlit Agregası ile Sağlanan Isı Geçirgenliği Katsayıları .....	25
Tablo-10 Hafif Agregalarla Üretilen Betonların Birim Ağırlık Mukavemeti .....	27
Tablo-11 Perlit Betonu Özellikleri .....	28
Tablo-12 Perlitli Isı Yalıtım Betonlarında Karışım Oran- larına Bağlı Olarak Isı İletkenliği ve Basınç Dayanımları Değişimi .....	28
Tablo-13 Perlitli Isı Yalıtım Betonu Yapımında Kulla- nılacak Genleştirilmiş Perlitin Gevşek Kuru Birim Ağırlığı ve Tane Büyüklüğü Dağılımı .....	30
Tablo-14 Perlit Betonunun Diğer Yalıtım Malzemeleri ile Karşılaştırılması .....	33
Tablo-15 Cumaovası Perlit Ürünleri .....	38
Tablo-16 Bölme Panolarının Karakteristik Özellikleri .....	39
Tablo-17 Blok Tuğlaların Karakteristik Özellikleri .....	40
Tablo-18 Perlitli Sıvaların Yapımında Kullanılacak Genleş- tirilmiş Perlitin Kuru Gevşek Birim Ağırlığı ve Tane Büyüklüğü Dağılımı.....	43
Tablo-19 Çeşitli Sıvaların Isı İletkenlik Katsayıları.....	45
Tablo-20 Perlit Sıvası Karışım Oranları.....	46



Tablo-21	İdeal Bir Katkı Maddesi ve Perlitin Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması .....	56
Tablo-22	Türkiyede Bazı Büyük Perlit Yatakları .....	58
Tablo-23	Türkiyede Perlit Cevheri Çıkaran Firmaların Adları, Yerleri, Üretim veya Kapasiteleri .....	60
Tablo-24	Perlit Genleştirme Firmalarının Adı, Yeri ve Kapasiteleri .....	61
Tablo-25	Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planında Ham Perlite Ait Miktar, Değer ve Yıllık Artış Oranı .....	62
Tablo-26	Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planında 1984-1988 Yıllarında Gerçekleşen Ham Perlit Üretimleri, 1989 ve 1994 Yıllarına Ait Tahmin ve Hedefler ...	62
Tablo-27	AET Ülkelerinin Ham Perlit İthalatı .....	63
Tablo-28	Dünya Perlit Yatakları ve Rezerv Miktarları.....	64
Tablo-29	Dünya Perlit Üretimi (1985-1987) .....	64
Tablo-30	Manisa ve Kızıltepeden Derlenen Perlit Numunelerinin Kimyasal Analiz Sonuçları .....	68
Tablo-31	Pomzanın Ortalama Kimyasal Analiz Sonuçları .....	72
Tablo-32	Türkiye Pomza Talebi ve Üretimi .....	74
Tablo-33	Türkiye Pomza İhracatı .....	74
Tablo-34	Vermikülitin Kimyasal Analizi .....	78
Tablo-35	Genleşmiş Vermikülitin Yoğunluğu .....	79
Tablo-36	Dünya Vermikülit Üretimi .....	80
Tablo-37	Uçucu Küllerin Kimyasal Bileşimi .....	83

## GİRİŞ

İnşaat sektöründe; geleneksel ağır inşaat malzemeleri (kum, çakıl, yapıtaşları, vs. ) yanında, gittikçe artan oranda hafif inşaat malzemeleri de kullanılır. Bu oran Almanya için 1/25, Japonya için 1/32, ABD için 1/70 iken Türkiye için ancak 1/300 kadardır. Bütün dünyada yaklaşık olarak 12.1 milyar ton ağır malzeme ve buna karşılık 100 milyon ton kadar da hafif malzeme tüketildiği tahmin edilmektedir (SEYHAN, 1977).

Hafif inşaat malzemelerini doğal kaynakları bakımından üç grupta toplayabiliriz:

1) Doğal halleri ile kullanılmaya uygun hafif malzemeler:  
Bunların başında pomza gelir. Pomza volkanik olaylar sırasında doğal olarak genleşmiştir. Tane inceliği dağılımı düzensizdir. Genleşmeyen artık madde bakımından da zengindir. Bu olumsuz taraflarına rağmen dünya üretim ve tüketimi 15 milyon ton/yıl kadardır. Pomzadan başka hafif volkanik tüf, cüruf ve diyatomitler bu gruba girer.

2) Ağır malzemelerden yapay olarak üretilen hafif inşaat malzemeleri:  
Bu gruba perlit, genleştirilmiş kil ve şeyl, vermikülit girer.

3) Yan ürün olarak elde edilen hafif inşaat malzemeleri:  
Termik santrallerde ve büyük şehirlerde yakılan kömürlerden açığa çıkan küller ve her türlü cüruflar bu grupta yer alırlar. Ülkemizde de çimento ile preslenerek briket yapımında kullanılan kömür cürufları, kömürle birlikte bulunan kilin genleşmesinden meydana gelir.

Bu agregaların düşük ağırlıkta olmaları yanısıra, izolasyon, basınca, donmaya, aşınmaya, kimyasal etkilere direnç, elastisite ve kolay bağlanabilme özelliklerine sahip olmaları inşaatta aranan niteliklerdir. Hafif malzemeler yalnız inşaatta değil

aşındırıcı, süzücü, emici, iyileştirici, havalandırıcı, vs. gibi çeşitli özellikleri ile tarımda ve birçok sanayi kollarında da kullanılır.

Hafif malzeme sanayii daha çok kalkınmış ülkelerde gelişmiştir. Halbuki üretim tesisleri, fazla büyük yatırım gerektirmez. Doğal kaynağı bulunan her ülkenin kurup işletebileceği tesislerdir. Ülkemiz doğal kaynaklar bakımından çok zengin olmasına karşın, hafif malzemeler yeterince tanıtılmamış ve yararları anlaşılmamıştır. Bu yüzden kullanım azdır.

Hafif malzemelerin herbiri farklı özellikler gösterir. Bunların içinde diğerlerine göre birçok özelliği bir arada taşıyan perlit üzerinde öncelikle durulmuş, diğer anorganik kökenli malzemeler hakkında kısa bilgi verilerek, organik ve kimyasal yöntemlerle hazırlanan hafif malzemeler kapsam dışında tutulmuştur.

## BÖLÜM - I

### PERLİT

#### I-1) TANIMI

Perlit bünyesinde, belirli oranda su ve bol sayıda soğuma nedeniyle oluşmuş tipik konsantrik çatlaklar içeren camsı volkanik bir kayadır. Perlit adı Almanca PERLSTEIN kelimesinden türemiş olup (Perl=inci, Stein=taş); dilimizde incitaşı anlamına gelmektedir.

Ticari anlamda perlit; 750°-1250° C arasında ani olarak ısıtıldığında genleşebilen, geriye camsı partiküllerden ibaret beyaz bir köpük agregası bırakan asit volkanik kayadır. Perlit adı hem ham perlit, hem de genleştirilmiş perlit için kullanılır.

#### I-2) TARİHÇESİ

Başta perlit olmak üzere bazı volkanik cam tiplerinin ani ısıtma ile genleştikleri 1928 den beri bilinmektedir. Perlit 1940 da Las Vegas'taki bir fırında deneysel olarak genleştirilmiş ve yapı sıvası elde etmek için, alçı ile birlikte kullanılmıştır. Yaklaşık olarak bir yıl sonra Arizona yakınlarında bulunan Picket Post yöresinden üretilen ham perlit, pilot tesiste pişirilmiştir. Bu denemeler, genleştirilmiş perlitin kullanılması ve işlenmesi ile ilgili bir dizi tesisin kurulmasına önderlik etmiştir.

Perlit endüstrisi 1940'lı yıllarda ilk önce Amerika Birleşik Devletlerinde, 1950'li yılların başlarında Hollanda'da sonra da diğer Avrupa ülkelerinde gelişmiştir. 1949 yılından önce perlitin ticari amaçla kullanım alanı çok az olmuştur. 1952 yılında hafif beton agregalarında önemli ölçüde kullanılmaya başlanmış ve endüstrileşmenin gelişmesine bağlı olarak kullanım alanları artmıştır. Perlit endüstrisi büyürken, yeni kul-

lanım alanları ve yeni ürünler bulunmuştur. Perlitin bugün en fazla kullanıldığı alan inşaat sektörüdür.

Perlit Türkiyede 19 Temmuz 1967 tarihli 12505 sayılı Resmi Gazetede çıkan bir karar ile ilk kez maden kanununa alınmıştır.

### I-3) FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Renk	: Gri,beyaz,yeşil,siyah ve bunların tonları
Yumuşama Noktası:	750°-1250° C
Ergime Noktası	: 1315°-1332° C
Spesifik Isı	: 0.20 KCal/Kg°C
Özgül Ağırlık	: 2.2 - 2.4 Gr/cm <sup>3</sup>
Kırılma İndisi	: 1.488 - 1.506
Serbest Nem	: 0.5
Ağırlık Kaybı	: Arzu edildiği gibi

### Tablo-1 Ham Perlitin Fiziksel Özellikleri

Ham perlitin rengi açık griden,parlak siyaha kadar değişir. Perlitin yapısı genellikle konsantrik çatlaklar içeren,sogan kabuğu şekilli ufak parçalara ayrılmış cam halindedir. Kayaç olarak görünümü,kompakt,ince taneli, gözenekli, gevşek, kolay kırılabilir,kum ve kumtaşı yapısında,el ile ufalanabilir nitelikler taşır. Petrografik olarak doku ve görünümüne göre perlit aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- a) Taneli perlit
- b) Pomzalı perlit
- c) Konsantrik yapıllı perlit
- d) Lifli perlit
- e) Fenokristalli perlit
- f) Kum halinde perlit (Bezelye iriligidinden, portakal büyüklüğüne kadar değişen perlit nodülleri mevcuttur.)

Perlit camsı oluşumuna karşın 73-710 arasında kristalleşmiş mineraller de içerebilir. Hacminin % 90 - 97 kadarı cam olup

kristalleşen mineraller feldspat ve biotittir. Nadir olarak kuvars,apatit ve magnetit görülür.X-ışını analizleri ile perlitlerin en çok %4 oranında serbest silis içerdiği saptanmıştır.Ortalama kimyasal analiz sonuçları aşağıda verilen tablo-2'deki değerler arasındadır.

Bileşenler	Ağırlıkça %
SiO <sub>2</sub>	71 - 75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.5 - 18
Na <sub>2</sub> O	2.9 - 4
K <sub>2</sub> O	4 - 5
CaO	0.5 - 2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1 - 1.5
FeO	0 - 0.1
MgO	0.03 - 0.5
PbO	0 - 0.3
TiO <sub>2</sub>	0.03 - 0.2
MnO <sub>2</sub>	0 - 0.1
SO <sub>3</sub>	0 - 0.2
Cr	0 - 0.1
Ba	0 - 0.05
H <sub>2</sub> O	2 - 6
Toplam klorürler	Eser - 0.2
pH	6.6 - 8.0

Tablo-2 Ham Perlitin Kimyasal Analiz Sonuçları  
(Etibank Pazarlama ve Satış Dairesi,1978)

Perlitte en önemli bileşen,içerdiği su olup perlitin endüstriyel kullanımında en büyük etkindir.Perlitde,su iki şekilde bulunmaktadır:

a) Bağlı Su (Efektif Su):Silis tetraederlerinde moleküle bağlı olarak bulunur.Kristalizasyonu engelleyerek cam oluşumuna neden olur.

b) Serbest Su:Mikroskobik,ya da daha küçük yarıklarda ve göze-

neklerde bulunur. Bu tür su buharlaştırılarak düşük ısılarda kolayca uzaklaşır. 350 °C'ye kadar ısıtıldığında perlitteki suyun % 80 - 90'ı uçar. Kalan kısmı,genleşme işleminde etkili efektif sudur.Ham perlitin efektif su miktarının saptanması çok önemlidir. Bunun saptanabilmesi için, perlit önce 350 °C civarında ısıtılır,soguduktan sonra alınarak 1250 °C'ye kadar kızdırılır ve kızdırma kaybı,efektif su miktarı olarak saptanır.

Laboratuarlarda yapılan deneylerle, perlitin genleşme oranları doğru olarak saptanamamaktadır.Bunun için pilot ölçüde çalışmak gerekmektedir. Öncelikle,perlitin genleşme ısısının (yumuşama noktasının) saptanması gerekir. Genleştirilen perlitlerin birim hacim ağırlığı,ısı ve ses iletkenlik katsayılarının bilinmesi de önemlidir (Türkiye Perlit Envanteri.MTA).

#### I-4) KÖKENİ,OLUŞUMU,TANINMASI VE ÜRETİM YÖNTEMİ

##### Kökeni ve oluşumu:

Perlit doğada asit karakterli ( $SiO_2$ 'ce zengin) volkanik faaliyetlerin ürünü olarak oluşmuştur.Volkanlardan parça halinde çıkan katı maddeler içersinde küller, volkanik süngertaşları,cüruflar,volkanik camlar,vs.bulunmaktadır.

Perlit oluşumlarıyla asit magmanın oluşturduğu diğer kayalar biraradadır. Perlitin kimyasal bileşimi de yaklaşık olarak bu kayalara yakındır.Bu nedenle  $SiO_2$ 'ce zengin, riyolit,liparit,dasit,kuvarslatit vs.kökenli bir magma ortamı vardır.Camsı dokunun meydana gelmesi ise ani soğumanın bir sonucudur.

Genellikle yüzeyde görülen asidik,camsı, volkanit damarları, cam nodüllü veya camsı bağlayıcı breşimsi ve aglomeratik baca dolguları veya örtüleri, derinlerde genişleyen, homojenleşen perlit oluşumlarının varlığını göstermektedir.

Perlitin oluşumu hakkında,temelde farklı iki teori mevcuttur:

1) Birinci teori; perlitin, zaman faktörü içinde dıştan ve sonradan etkileyen biçimde, yapıya su moleküllerinin girmesi sureti ile oluştuğudur. ABD'de bir yatakta perlitin göl sularının altında dışa doğru çıktığına ait deliller gösterilmiştir. Perlit muhtemelen ince bir örtü ve sıvının süngertaşı şeklinde köpüklenmesini önleyen yeterli bir basınç altında, intrüzyon yoluyla meydana gelmiştir. Burada su buharının ana kaynağın veya kristal yapıcı riyolitten geldiği ifade edilmiştir.

Perlit yataklarında volkanitlerin soğuması sırasında özel bazı koşulların, perlitik dokuyu oluşturan fiziksel dengeyi kurdukları sonuç olarak ortaya çıkmaktadır.

2) İkinci teori; perlitin riyolit, pomza gibi asit kayaların hidrotermal alterasyonu ile meydana geldiği görüşüdür (Türkiye Perlit Envanteri, M.T.A 1982).

Wilfloy ve Taylor, Colorado ABD'de bulunan ve granit ile şistleri kesen, perlit ve gözenekli riyolitten ibaret bir dayk'ı tarif etmişlerdir. Riyolit "çabuk soğuma" teorisine uygun olarak perlit zonları arasında, fakat tabanda yayılmıştır. Dolayısıyla, perlitin riyolitin hidrotermal alterasyonu ile meydana geldiği görüşü ileri sürülmüştür.

Cumaovası (İzmir), Demirciköy ve Zeytindağı (Manisa) yörelerindeki riyolit lavlarıyla dereceli geçişli dokanaga sahip, perlitik dokulu, soğuma çatlakları içeren perlitlerin, camsı riyolitlerin yüzeydeki su ortamında hidratasyona uğrayarak oluştuğu; kompakt ve gözenekli perlitlerin ise, göl ortamı dışında geliştiği, yeterli suyun birim içinde ekstrüzyon (Dış Püskürme) anında var olduğu ve ani soğumayla fazla kaçamadan tutulduğu ileri sürülmektedir (ÖZGENÇ, 1968).

Bu duruma göre, yani hem 1. hem de 2. temel görüşe uyan perlitlerin oluşmuş olması ise; bunların kaynaklandığı magmanın zaman zaman yeterli hızla suyunu kaybetmeden yüzeye ulaşarak kompakt ve gözenekli perlitleri oluşturduğu, zaman zaman da



hızını kaybederek, yüzeye ulaşınca kadar bünyesindeki suyun büyük kısmını buharlaşarak kaybettiği, ancak su altı ortamında kalarak hidratasyona uğrayıp bünyesine yeniden su aldığını ve perlitik dokulu, soguma çatlakları içeren perlitlerin oluştuğunu düşündürür.

Son zamanlarda ise, perlit hidratasyonunun normal atmosfer basıncı ve sıcaklığında meydana gelmiş tipik bir sekonder reaksiyon olduğu görüşü kuvvet kazanmıştır.

Özet olarak perlit, tektonik evrim ile ilgili volkanik faaliyetler sırasında, asidik bir magmanın lav halinde yüzeye çıkarak, çok ani soguma ve bu soguma sırasında da atomik bünyesine bir miktar su alması ile oluşur. Bu oluşum sırasında genellikle aynı yaşlı bir su ortamı (sığ gölsel ortam veya kıyı alanları) düşünülebilir.

Bununla beraber terrestik lav akıntılarında veya kuru lav akıntılarının altında olabileceği gibi, subvolkanik durumlarda da oluşabilmektedir. Perlitin sabit olmayışı ve zamanla devitrifiye olması nedeniyle, perlit yataklarına genellikle Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların altında rastlanmaktadır.

#### Tanınması:

Arazide prospeksiyon sırasında perlitini tanımak için 1-2 cm çapında parçalar pürmüz alevinde ısıtılır. Aktif perlitler, ısı yavaş yükseltirse bile, kolayca ve fazla miktarda genişir. Pasif perlitler pürmüz alevinde hiç genişmez veya kenarlarda az miktarda genişme gösterir. Pasif perlitleri uygun bir fırında, uygun şartlarda 12 misli genişletmek mümkündür.

Çok çeşitli yapıya sahip olmaları bakımından perlitlerin mikroskopla tayinleri her zaman mümkün olmamaktadır. Perlitlerin kimyasal analizleri, özellikleri hakkında önemli bilgiler verir.

#### Üretim yöntemi:

Perlit açık işletme tekniği ile çıkarılır. Perlit yatakları, genellikle 80 - 100 m kalınlıkta masif lav çıkıntıları halinde, geniş bölgeleri kaplarlar. Perlit yataklarında kısa aralıklı, yatay mesafelerde kalite farkı görülmez. Bunun için, genellikle perlit ocakları yatay olarak işletilir. Fakat, yatağın özelliği ve morfolojik durumuna göre, basamak şeklinde yapılan açık işletmeler de mevcuttur. Perlit işletmelerinin kapasitesi, çalışma tekniği ve üretimde kullanılan, makina ve araçların kapasitesine bağlıdır.

Ocaklarda üretilen perlit, küçüklü, büyüklü çeşitli parçalar halindedir. Bu şekilde ham perlitin (tüvenan) cevher olarak satış olanığı her zaman için vardır. Fakat daha çok istenilen tane büyüklüğüne göre kırılıp sınıflandırılarak satışı yapılır.

#### I-5) GENLEŞTİRİLMESİ

Perlit genleştirme işleminde ilk aşama, ham perlitin kırılması ve öğütülmesidir. Uniform büyüklükte genleşmiş ürün elde edebilmek için belirli ve dar bir aralıkta ham perlit kullanılmalıdır. Perlit oldukça gevrek olduğundan ve mikroskopik çatlaklar içerdiğinden zayıf bir materyaldir. Tüvenan cevher önce çeneli kırıcıdan geçirilir. Eğer cevher rutubetli ise daha ince kırmaya geçmeden önce kurutulmalıdır. Daha sonra konik kırıcı ve dişli merdaneli kırıcıdan geçirilerek istenilen veya kullanılacak tane iriliginde elenerek sınıflandırılır. Perlit cevheri zayıf (kırılgan) olduğundan, toz oranını azaltmak için kırma işlemleri arasında eleme yapılarak belli tane iriliginin altına geçenler ayrılmalıdır. Kırma ve eleme işlemleri yaş metotla da yapılabilir. 15 ton su / 1 ton perlit oranında olan sistemin sakıncalı tarafı, kurutma için oldukça fazla enerji sarfetmesidir. Kırma ve eleme tesisleri ocak yanında kurulmalıdır. Tasnif edilmiş perlitin tane ebadı ve yoğunlukları tablo-3'tedir.

Tane ebadı (mm)	Yogunluk (Kg/m <sup>3</sup> )
1- 0-0.3	1145
2- 0-0.6	1150
3- 0-0.8	1175
4- 0-1.0	1200
5- 0.3-0.8	1200
6- 0.3-1.0	1200
7- 1.0-2.2	1250

Tablo-3 Tasnif Edilmiş Perlit

Perlitin genleştirilmesinde (patlatılmasında) aranılan iki önemli karakteristiği vardır. Bunlardan birincisi hammaddenin mümkün olduğunca düşük bir sıcaklıkta ergimesidir. Ergime sıcaklığı 750°-1250 °C civarında olabilir. İkinci ve en önemli karakteristiği ise bünyesinde bulunan suyun bir kısmının kütle yumuşama noktasına gelinceye kadar buharlaşmayacak şekilde sıkı bağlı olmasıdır. Isı şoku altında piroplastik bir duruma gelen kütlede bu sıkı bağlı su (efektif su), yarattığı buhar basıncı ile taneciklerin şişmesine yol açar.

Bu iki karakterin kontrol altında tutulması ile perlit genleşebilmektedir. % 2-6 oranında bulunan su halkalar, damarlar veya uzunluğuna sıralanmış kanallar halinde bulunur. Halkalar halindeki su depoları kırma, elemelerde çok kere kayıp olur. Çünkü malzeme bu zayıf yerinden kırılacak ve su depoları zedelenecektir. En mükemmel perlitler bünyesindeki su depocukları damarlar ve kanallar şeklinde olanlarıdır. Ham perlitin bu özelliklerinin önceden bilinmesi genleşme sisteminin seçilmesinde büyük önem taşır. Perlitin su içeriğinin yanısıra optimum genleştirme şartları, kimyasal yapısına da bağlıdır. Camın bileşimindeki değişmeler, yumuşama noktasına, genleşmenin tip ve derecesine, su kabarcıklarının hacmine, bunlar arasındaki duvarın kalınlığına ve ürünün porozitesine etki etmektedir.

Perlit içinde sudan başka uçucu maddeler de bulunur. Bu mad-

deler su miktarı ile karşılaştırılacak olursa ihmal edilebilirler. Bağlı (efektif) su perlitin patlamasında rol oynayan ve en önemli olan bileşendir. Diğer taraftan efektif su dışındaki perlit bünyesinde bulunan suyun genleşme için zararlı olduğu söylenebilir. Bugünkü teknoloji ile bazı perlitler hacimlerinin 30 katı kadar genleştirilebilir. Bu tip perlitlere kolayca genleşebilen perlitler denilmektedir.

Teorik olarak orjinal hacminin 30 katı bir genleşme elde edebilmek için perlit ağırlığının % 0.6 - 0.8'i kadar bir su miktarı yeterli olmakta ve bu suyun hepsinin genleşmede kullanıldığı varsayılmaktadır. Ancak pratikte bu su miktarı yetersizdir. Çünkü, bir miktar efektif su perlit çatlak ve deliklerinden dışarıya çıkarak genleşmede hiçbir rol almaz. Diğer bir konu da perlit yüzeyinde fazla ısınmadan dolayı erimelerin meydana gelmesi ve yüzeye yakın efektif suyun genleşmede etkinliğini kaybetmesidir (GÜKTAŞ, 1982).

Bu sebeplerden dolayı, pratikte efektif su miktarının kritik sınırı % 1 olarak alınmakta ve bu limit altındaki perlitlerin patlama kapasitelerinin düşük olduğu kabul edilmektedir.

Her ocaktan çıkan perlitlerin belirli bir kurutma, kırma, eleme ve tasnif işlemlerinden geçtikten sonra optimum bir su miktarına sahip olması gerekir. Pratikte optimum su miktarı %1-1.6 arasında alınır. Eğer optimum su miktarı %1.6'nın üzerinde ise, perlitin patlatılmadan önce bir ön ısıtma (250° - 500° C) işlemine tabi tutulması gerekir. Perlit içinde bulunan optimum su miktarının %1.6'nın üzerinde bulunması ve ön ısıtmanın yapılmaması halinde iki sorun ortaya çıkmaktadır:

- 1) Yatırım amacına uygun ürünün elde edilmemesi,
- 2) Belirli bir yatırımın yapılmasına rağmen, elde edilen ürünün kullanım alanının değişmesi ile ön ısıtma işlemi yapılmadan yeni bir sektör içinde de kullanılabilecek genleşmiş perlitin uygun olması

Bu durumda perlit bünyesinde bulunan optimum su miktarının % 1.6'nın üzerinde olması halinde genleşme ideal olmayan ve arzu edilmeyen biçimde yapılmaktadır. Genleştirilecek perlitin ön ısıtma işlemi;

- 1) Kaba kırmadan sonra yapılabilir.
- 2) Patlama ünitesinden hemen önce yapılarak ve malzeme genleştirmeye sıcak olarak verilir.

Ön ısıtma işleminin (250° - 500°C) düşük sıcaklıklarda daha uzun süre, yüksek sıcaklıklarda daha kısa bir süre yapılması gerekmektedir. Bu işlemde kullanılacak sıcaklık;

- 1) Perlitin granülometrisine
- 2) Elde bulunan ekipman ve uygulanacak ısıtma sistemine göre tespit edilmektedir.

Kolayca genleşen perlitlerin ön ısıtması bir ile üç saniye arasında çabucak yapılmaktadır.

Genleşme sıcaklığının seçilmesi:

Perlitin genleşme sıcaklığının seçilmesi perlit kompozisyonuna ve özellikle alkali miktarına bağlıdır. Alkali miktarının düşük olması, genleşme sıcaklığının yüksek olmasına; alkali miktarının yüksek olması, genleşme sıcaklığının düşük olmasına sebep olmakta ve böylece optimum genleşme sıcaklığı belirlenmektedir. Bugün çeşitli ülkelerde genleştirme sıcaklığı 750° - 1250°C arasında bulunmaktadır. 750 °C'de genleşebilen perlitlere "aktif perlit"; daha yukarı sıcaklıkta genleşen perlitlere "pasif perlit" denir. Bir perlitin aktif veya pasif oluşu kalite niteliğini etkilemez. Uygun bir teknikle her cins perlitten karakteristik ürün elde edilebilir (GÜKTAŞ, 1982).

Ön ısıtma metodu ve süresi ile genleşme sıcaklığı arasında dengeli bir bağlantı kurularak perlitin kalitesi belirlenebilir. Optimum sıcaklığın altında, perlitin genleşmesi istenilen seviyeye ulaşamaz. Bununla beraber partikül yüzeyinde ergime meydana gelmediği, çatlak ve delikler tıkanmadığından, bünyede bulunan efektif suyun bir kısmı hiçbir iş yapmadan buharlaş-

maktadır.Genleşme sıcaklığının çok yüksek olması halinde ise, genleşmiş perlit erir veya kavrulur. Isıtma süresi, perlitin genleşme kabiliyetine (aktif veya pasif oluşuna) ve tane iriliğine bağlıdır.

Isıtma süresi ne kadar kısa olursa perlit o kadar fazla genleşir.Fakat kısa süre içinde genleşen perlitin mukavemeti düşük olur. Yani genleştirme zamanı genleştirme sıcaklığına bağlıdır.Düşük sıcaklıkta perlitin genleşmesi daha uzun,yüksek sıcaklıkta ise daha kısa sürmektedir.

Homojen bir ısıtmanın elde edilebilmesi için tane iriliği mümkün olduğu kadar dar bir aralıkta olmalıdır. Iri tanelerin genleşmesini sağlayabilecek bir ısı,daha küçüklerin eriyerek toplanmasına,düşük seçilmiş bir sıcaklık ise iri tanelerin iç kısımlarına yeterince ısı ulaşamamasına yol açacaktır (GÖKTAS 1982).

Perlitin genleştirilmesinde üç tip fırın kullanılmaktadır:

- 1) Döner Fırınlar
- 2) Egimli Tüp Tipi Fırınlar
- 3) Dikey Fırınlar

1) Döner Fırınlar: Perlitin genleştirilmesinde ilk kullanılan fırınlar 15 - 10 ° egimli döner fırınlardır.Bugüne kadar ulaşılan teknolojilerle döner fırın pek az tesiste kullanılmaktadır.Ancak güç genleşen perlitler günümüzde döner tip fırınlarda genleştirilmektedir.Genleşmiş perlit için fırın kapasiteleri yüksektir.

2) Egimli Tüp Tipi Fırınlar: Döner fırınlardan sonra geliştirilen 12 ° egimli tüp tipi fırınlar üretim miktarı yönünden üstün avantajlar taşımaktadır.Bu fırınlarda 20 - 25 m<sup>3</sup> / saat genleşmiş perlit üretimi mümkün olmaktadır.

3) Dikey Fırınlar: Tamamen dikey olan fırınlar özellikle perlit genleştirilmesi için geliştirilmiştir. Bu fırınlardan elde edilen kapasite 5 - 8 m<sup>3</sup>/saat civarındadır.

Perlit genleştirme fırınları sabit ve taşınabilir tip olarak da incelenebilir. Fırınlarda sıcaklık ile temas çok kısa bir süre olduğundan, fırınlar sürekli tiptir. Yakıt olarak ürünü kirletmeyecek herhangi bir sıvı veya gaz kullanılabilir. Odun veya kömür kullanılması sakıncalıdır. Genleştirme fırınlarında aranılan en önemli iki özellik vardır:

- a) Ham perlitin genleşmeye yol ačan suyunu kaybetmeden en kısa sürede genleştirme sıcaklığına kadar ısıtılabilmesi,
- b) Bu sıcaklıkta genleşme sona erinceye kadar tutulabilmesidir.

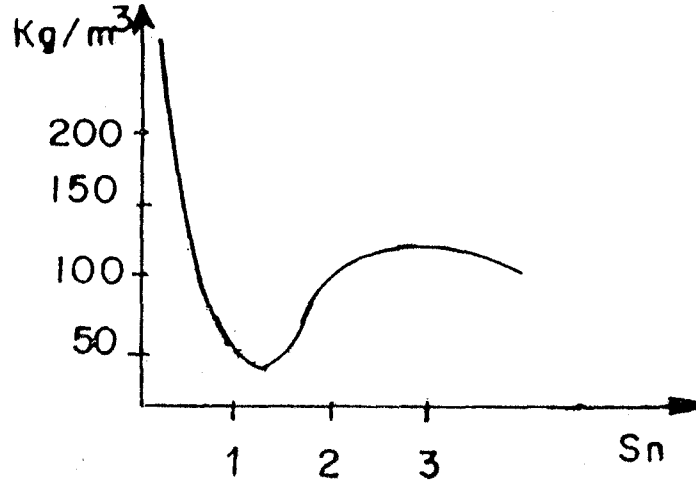
Böylece ısıtma metodu, ısıtma süresi ve sıcaklığı her perlit tipine göre en uygun şekilde ayarlanmalıdır.

#### I-6) GENLEŞMEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER VE GENLEŞME EGRİSİ

Ham perlitin genleşmesini etkileyen faktörler şunlardır:  
(ARBATLI, 1977).

- 1) Bünyedeki toplam su miktarı
- 2) Yumuşama noktasına erişildiğinde bünyede alıkonulan su miktarı
- 3) Uygulanan ısı ve erişilen maksimum sıcaklık
- 4) Çatlaklar da dahil olmak üzere perlitin yapısı
- 5) Fırına beslenen cevherin tane iriliği dağılımı
- 6) Ham cevherin yumuşama noktası

Perlit taneleri genleşirken aynı zamanda hafiflerler. Bu hafifleme olayı şekil - 1' deki prensip eğrisine göre olur. Grafikte perlit tanelerinin fırın içinde iki kez aynı yoğunluğa dönüşümleri önemlidir. Genleşmenin hangi aşamada sona erdirilmesi gerektiğinin bilinmesi, ürünün kullanılacağı amaç bakımından ve enerji tüketiminin asgaride tutulması açısından önemlidir.



Şekil-1 Perlit Genleşme Eğrisi (ARBATLI,1977)

#### I-7) GENLEŞMİŞ PERLİTİN ÖZELLİKLERİ

Perlit yüksek oranda (%83-93) silikatlar, az miktarda sodyum, potasyum, demir, kalsiyum oksitten oluşur. Rengi beyaz, ergime noktası 1300 °C civarındadır. Diğer özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

1) Gözeneklilik: Bu özellik, perlit taneciklerindeki boşluk hacminin toplam tanecik hacmine oranının ortalaması olarak tanımlanır. Genellikle perlite emicilik (absorptif) ve yüzeyde soğurma (adsorptif) özellikleri kazandırır. Su kirliliğini giderme çalışmaları ve ısı yalıtıcılığı aranan durumlarda su emicilik istenmemektedir. Bu durumda silikonla gözenekler kapatılır.

Perlitin gözenekli yapısı, başta süzme yardımcı maddesi olmak üzere, tarım, kimyasal maddeler için (örneğin: Tarım-savaş ilaçları, temizleyiciler) taşıyıcı olarak kullanılmasını sağlar.

2) Hafiflik: Perlitin gözenekli bir yapıya sahip olmasından dolayı ortaya çıkmış özelliğidir.  $m^3$  ağırlığı 40-240 kg arasında değişmektedir. (Ham perlitin yoğunluğu 2200-2400  $Kg/m^3$ ). Bu ağırlık farkı genleştirme koşulları ile genleşmiş perli-



tin sıkışma ve tane büyüklüğüne göre değişmektedir. Hafiflik, özellikle prefabrik yapı malzemesi üretiminde ve çeşitli dolgu maddesi olarak kullanımında önemlidir.

3) Isı geçirgenliği: Perlit ısı geçirme katsayısı oldukça düşüktür. Tablo-4 de en iyi yalıtım özelliği olan malzeme perlit olarak görünmektedir.

Agrega	Ortalama Yoğunluk kg/m <sup>3</sup>	Betonun Kuru Ağırlığı kg/m <sup>3</sup>	Basınç Mukavemeti MN/M <sup>2</sup>	%5 Nemlikte Isı Geçirgenliği
Genleşmiş Vermikülit	65-200	400-800	0.7-3.5	0.16-0.26
Genleşmiş Perlit	40-240	400-1120	0.5-7.0	0.16-0.39
Ponza Taşı	500-880	640-1140	2.0-14.0	0.21-0.60
Genleşmiş Kil	320-1040	720-1760	2.0-62.0	0.24-0.91
Çakıl veya Kırmataş	1300-1760	2240-2480	14.0-70.0	1.40-1.80

Tablo-4: Hafif Beton Agregaları ile Normal Beton Agregası Çakılın Özelliklerinin Karşılaştırılması (GBKHAN, 1977).

Gazlı betonun 0.5 yoğunlukta olanının ısı geçirgenliği 0.82, poliüretanındaki 0.19, perlit betonunun ise (1'e 7 karışımında) 0.53 'tür. Diğer malzemelerle de karşılaştırıldığında iyi bir yalıtım özelliğinin olduğu ortaya çıkar. Tablo - 5'de perlitin farklı sıcaklıklara göre ısı iletkenlik katsayısı değişimi verilmiştir.

Ortalama Sıcaklık °C	Isı İletkenliği	
	KCal	W/m.K (Watt/metre.Kelvin)
-18	0.040	0.047
25	0.047	0.055
120	0.060	0.071
260	0.081	0.095
400	0.107	0.125
538	0.140	0.163
649	0.173	2.202

Tablo-5 Perlitin Farklı Sıcaklıklara Göre Isı İletkenlik Katsayısı Değişimi (GÜKHAN,1977).

4) Ateşe karşı dayanımı: Perlit yanmaz. Bu çok önemli bir özelliğidir. Belirli bir sıcaklığa kadar ısıtıldığında bir değişiklik göstermez. 750 °C'yi geçince yumuşamaya başlar. 1200°-1250°C de eriyik haline geçmesine rağmen hala akışkanlığı az (viskozitesi yüksek) bir malzemedir. Bu açıdan perlit yangına karşı iyi bir koruyucu malzemedir. Çelik konstrüksiyon binaların yangından korunması için perlit sıvası kullanılır.

5) Ses geçirmezliği ve ses yutuculuğu: Perlitli beton daha az ses geçirir. Çeşitli malzemelerle (alçı, kum, vs) karıştırılarak özel panolar yapılır. Bu panolar ses yalıtım amacıyla kullanılır. Alçı ile karıştırıldığında ses yutucu özelliği de kazandığından akustik sıva yapımında kullanılır. Ses yutuculuğu yüksek olan malzemeler çok kötü ses yalıtıcılarıdır. Önemli olan amaca uygun farklı bileşimde ve farklı üretim yöntemi ile perlitli kullanmaktır. Perlitin ses yutma katsayısı 125 Hz'de sesin 0.18'ini, 400 Hz'de 0.90'ını bulmaktadır. Ortalama olarak bu katsayı 0.60 olarak alınabilir (GÜKHAN,1977).

6) Suya ve neme karşı dayanımı: Perlit gözenekli olduğundan dolayı nem çeken bir malzemedir. İki saatteki su emmesi 1.5 gr/m<sup>3</sup> kadardır. İki günde hacminin %3'ü, ağırlığının ise %15'i

kadar su emer.Su içinde 4-5 mm/metre oranında şişer.Perlitin en büyük dezavantajı nem çekme özelliğidir (GÖKHAN,1977).

7) Mukavemeti:Tablo-4'de perlitli betonun basınç mukavemeti  $0.5-7 \text{ MN/M}^2$ 'dir.Normal betonun  $1/10$ 'u kadar düşük olan bu değer perlit agregası ile yapılmış betonun taşıyıcı özelliği olmayacağını gösterir.

8) Kimyasal Pasiflik: Perlit kararlı kimyasal yapısı nedeni ile kimyasal reaksiyonlara girmeyen ve suda çözünmeyen bir maddedir.Bu özelliğinden dolayı perlit çeşitli kimyasal maddelerle birlikte, onları etkilemeden kullanılabilir. Perlit yalnız derişik hidroflorik asitte çözünür. Bu özelliği ile perlit, dolgu maddesi,kimyasal madde taşıyıcısı,süzme yardımcı malzemesi,yalıtım maddesi gibi yerlerde kullanılır.

Genleştirilmiş perlitten elde edilen ürün türleri aşağıdadır:

Ürün Cinsi	Yogunluk ( $\text{Kg/m}^3$ )
1) Kriyojenik Perlit ( $-190 \text{ }^\circ\text{C}$ 'e kadar izolasyon için.Oksijen,Etilen vs.tankları)	30 - 50
2) Normal Perlit (İnşaat)	60 - 80
3) Standart Perlit (İnşaat-Tarım)	80 - 120
4) Süper Perlit (Tarım)	120 - 150
5) Mikronize Perlit	
M-1	100 - 130
M-2	100 - 150
M-3	120 - 170

## I-8) GENLEŞMİŞ PERLİTİN KULLANIM ALANLARI

Çeşitli sektörlerde genişmiş perlitin kullanılması düzenli ve amaca uygun araştırmaların sonucunda ortaya çıkmıştır. Günümüzde bilinen teknolojilerle geliştirilen perlit başlıca üç sektörde kullanılmaktadır:

1) İnşaat sektörü 2) Tarım sektörü 3) Sanayi sektörü

### I-8-1) İNŞAAT SEKTÖRÜ

Perlitin en yaygın kullanım alanı inşaat sektörüdür. İnşaat sektörünün başlangıçtan günümüze kadar en büyük problemlerinden biri bina ağırlıklarıdır. Bina ağırlıklarını azaltabilmek için uygulamacılar çok değişik malzemeler kullanmışlardır. Kullanılan malzemelerin hafif olmaları yanında; yük taşıma, ateşe dayanıklılık, ısı yalıtkanlığı gibi inşaat malzemelerinde olması gereken özellikler de istenir. Modern bina inşaat sistemleri gelişmeden önce uygulamacılar; yük taşıyıcılık, yanmazlık, ısı ve ses yalıtıcılık gibi özellikleri tuğlada bulmuşlar ve tuğlayı inşaat sektörünün temel elemanı haline getirmişlerdir. 38 cm kalınlığındaki bir tuğla duvar o günlerde istenilenleri verebilmiştir. Dış duvarlar, don ve ateşe dayanıklı özel tuğlalarla yapılmıştır. Bugünkü yapı tekniğinde tuğla iyi ve ucuz bir malzeme sayılmaz. Tuğlanın kurutulması ve pişirilmesinde önemli miktarda yakıt tüketildiği için yerine daha ucuz ve kolay üretilebilen pek çok malzeme kullanılabilir. Ayrıca tuğla yapımında kullanılan tuğla toprağı, ekilebilir birinci sınıf arazilerde bulunmaktadır. Bu arazilerden tuğla toprağı alınması tarım sektörüne zarar vermektedir.

İnşaat sanayinin gelişmesi ve modern tekniklerin ortaya çıkması, beraberinde teknolojik gereksinimleri de getirmiştir. Modern teknikler; yüksek mukavemette, büyük boyutlarda fakat mümkün olduğu kadar hafif birimlerin kullanılmasını gerektirmektedir. Bu gereksinimler sadece tuğla kullanılarak karşılanamadığından, ön gerilimli betonarmeler, daha sonra da çelik, yük taşıyıcı olarak kullanılmıştır (YALGIN, 1983).

Binaların ısıtılmasında tüketilen enerji doğrudan doğruya ısı kaybıyla ilgilidir. Çeşitli araştırmalara göre ısı kayıplarının yaklaşık %40 hava sızmaları, %30 pencereden iletme, %10 duvardan iletme, %10 da bodrumdan iletme ile olduğu saptanmış ve binalarda belirli önlemlerin alınmasıyla kayıpların yaklaşık %60 kadar azalabileceği gösterilmiştir (ÖZMEN, 1983).

Isı yalıtım malzemesi olarak delikli tuğla, hafif beton ve son zamanlarda sentetik malzemeler kullanılır. Bununla beraber sentetik malzemelerin refrakterlikleri ve pahalı oluşları bir problem olarak henüz çözümlenememiştir.

Modern teknikler; bina elemanlarının yüksek mekanizasyon ve otomasyonla, iklim şartlarına bağlı kalmadan inşaat alanında ek işlemlere gerek duyulmayacak şekilde, yüksek verimlilikle üretilmesini gerektirmektedir. Perlit; bu problemlerin bir kısmı için belki de aranılan bir çözümdür.

#### I-8-1-1) PERLİTİN GEVŞEK DOLGU MALZEMESİ OLARAK KULLANIMI

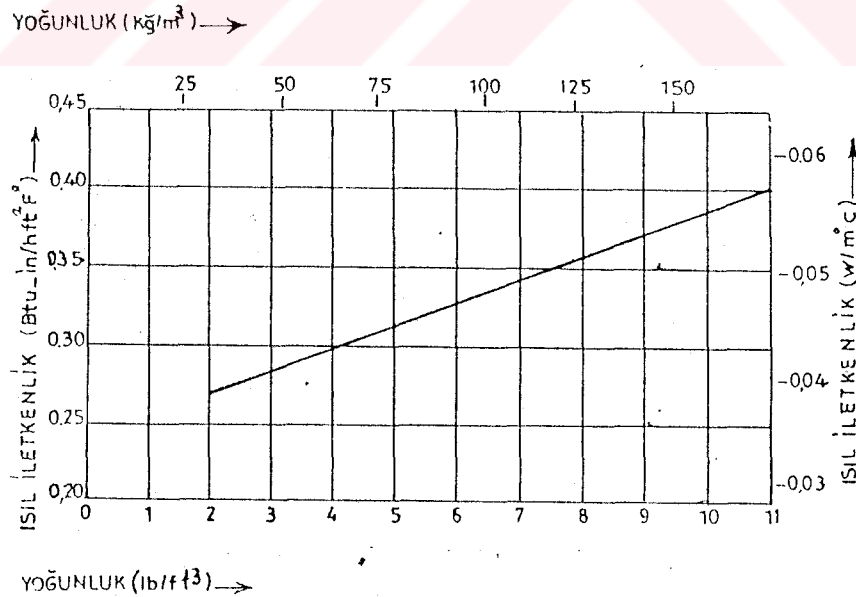
Genleştirilmiş perlit; bağlayıcı madde kullanılmadan gevşek dolgu agregası olarak, ısı ve ses yalıtımı amacıyla duvarlarda yüzer döşemelerde ve sanayi tesislerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Gevşek dolgu agregası olarak kullanılan genişmiş perlit tanelerinin suyla olan ilgisinin azaltılması gerekir. Bu amaçla perlit taneleri yanma özelliği olmayan silikonla işleme sokularak suya olan hassasiyeti azaltılır. İşlem görmüş perlit agregası; ateşe karşı dayanıklı olması, bakteriyel bozulmalara uğramayı, küf tutmayı, nedenleri ile ısı ve ses yalıtımında kullanılır. Genleşmiş perlit, gevşek dolgu agregası olarak -269 °C ile +1093°C arasında ısı yalıtımı amacıyla kullanıldığında iyi sonuçlar verir. Çeşitli gevşek dolgu uygulamaları için, -196°C ısıdaki nitrojen ve oksijen tanklarının yalıtımı, -51°C ısıdaki propan, klorin, amonyak tanklarının yalıtımı, +24°C ısıdaki duvarların yalıtımı ve +1093°C ısıdaki akkor çelik kütüklerin yalıtımları örnek verilebilir.

Genleşmiş perlit agregası sıfırın altında ve derin dondurma ısılarında uygulamalar için ucuz bir yalıtım malzemesidir. Özellikle düşük ısı geçirgenliği, kullanım kolaylığı ve ucuz oluşu nedeniyle tercih edilmektedir.

Gevşek dolgu agregası olarak, yalıtım amacıyla genleşmiş perlit bina yalıtımlarında; a) Duvarlarda b) Döşemelerde kullanılır.

Bina Yalıtımlarında: Silikonla işlem görmüş ve suya karşı korunmuş olan genleşmiş perlit agregası, duvar ve döşemeler için ucuz, pratik bir yalıtım malzemesidir. Yalıtım özelliği şekil - 2'de gösterildiği gibi yoğunluğu ile orantılı olarak değişir. Yalıtım amaçlı gevşek dolgu uygulamalarında perlit yoğunluğu  $80-128 \text{ kg/m}^3$  arasında olmalıdır. Bu yoğunluklardaki genleşmiş perlitin ısı iletkenliği  $0.045-0.053 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  arasında ( $0.038-0.045 \text{ KCal/mh}^\circ\text{C}$ ) değişir. Tablo-6 da 2 cm perlit agregasına eşit ısı yalıtımı yapan diğer bazı malzemelerin eşdeğer kalınlıklarını gösteren karşılaştırma değerleri verilmiştir.



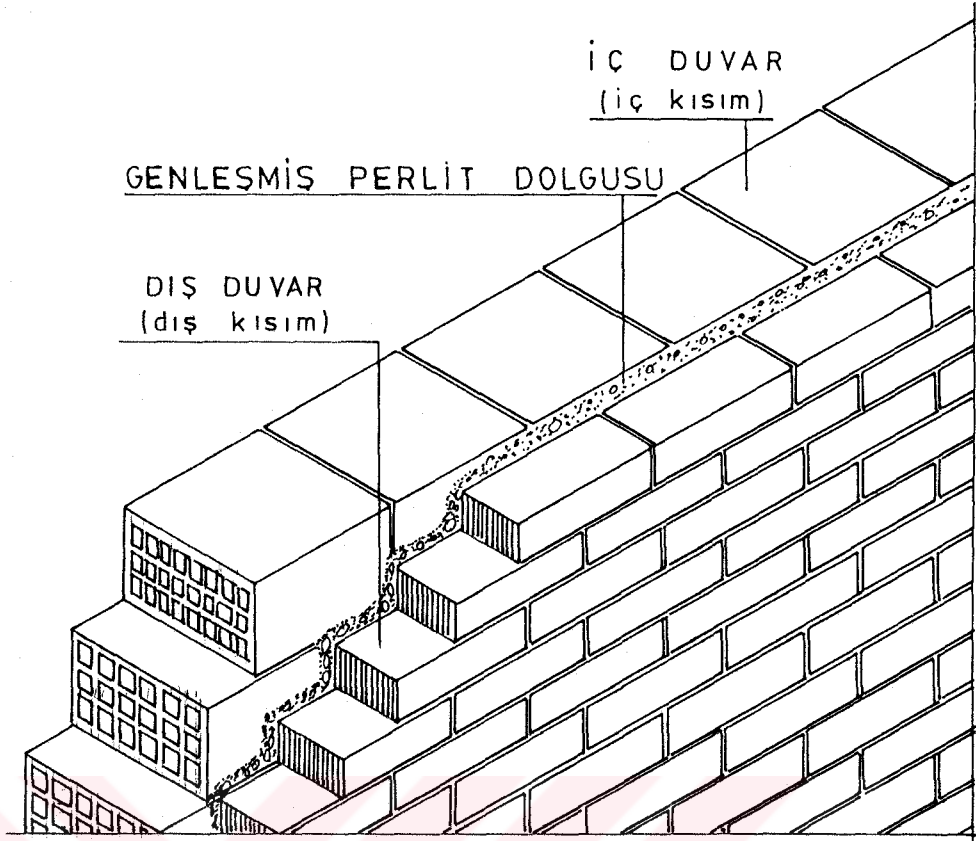
Şekil-2 Perlitin Yalıtım Özelliğinin Yoğunluk ile İlişkisi (YALGIN, 1983).

Yogunluk Kg/m <sup>3</sup> )	Isı iletkenligi (KCal/mhC°)	Kalınlık (cm)	Malzeme
32-80	0.035-0.04	2	Perlit agregası
10-200	0.035	2	İzocam
15-200	0.035	2	Plastik köpük
10-200	0.040	2.3	Bitkisel ve hayvan- sal lifler
150-200	0.050	3	Kamıştan hafif plakalar
200	0.060	3.5	Testere ve planya talaşı
400	0.080	5	Mantar levhalar
500	0.100	6	Ahşap rende talaşı hafif levhalar

Tablo-6 Perlit Agregasının Diğer Yalıtkanlarla Karşılaştırılması (YUCELEN,1984).

a) Duvarlarda:Genleşmiş perlit agregası,boşluklu duvar,briket veya delikli tuğla duvar ve kaplama duvarlarda uygulanabilir. Uygulama şekilleri resimlerle belirtilerek, bu tip duvarların izolasyonsuz (yalıtımsız) ve izolasyonlu (yalıtımlı) ısı geçirgenlik katsayıları tablolar halinde verilmiştir.(Şekil-3, 4,5, Tablo-7,8,9)

b) Döşemelerde:Genleşmiş perlit agregası, gevşek dolgu malzemesi olarak yüzer döşemelerde ısı ve ses yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır. Yüzer döşemelerde perlit kullanımı ısı izolasyonu yanında, apartmanlarda daha çok ses yalıtımı amacını taşımaktadır.Bu uygulamalarda 70 - 85 kg/m<sup>3</sup> yoğunluktaki genleşmiş perlit iyi sonuç vermektedir.Şekil-6 'da bir yüzer döşeme detayı verilmiştir.

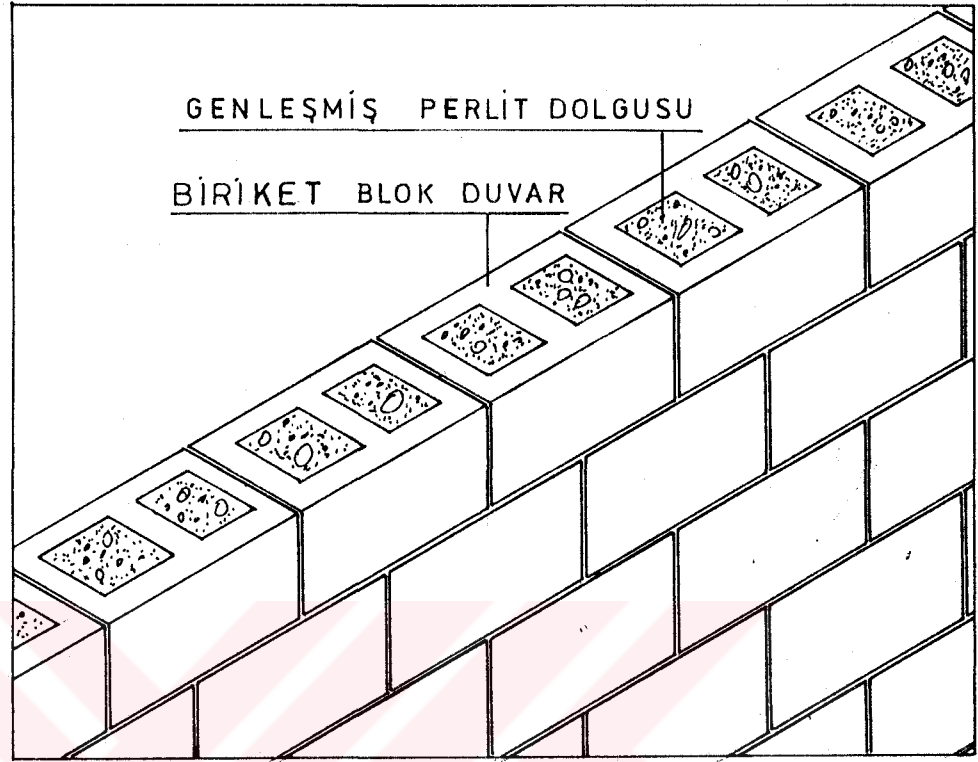


Şekil-3 Perlit Agregası Uygulaması

DIŞ KISIM		İÇ KISIM		Isı İletkenlik Katsayısı (W/m <sup>2</sup> °C)				
Kalınlık (cm)	Malzeme	Kalınlık (cm)	Malzeme	Yalıtımsız	Yalıtım Kalınlığı (cm)	6.4	7.6	10.2
10	TUĞLA	10	Tuğla	1.66	0.63	0.57	0.46	
		10	Beton Biriket	1.72	0.63	0.57	0.46	
		10	Haf.Bet.Birik.	1.37	0.57	0.51	0.40	
		15	Haf.Bet.Birik.	1.32	0.57	0.51	0.40	
10	PRES TUĞLA	10	Tuğla	1.89	0.69	0.57	0.46	
		10	Pres Tuğla	2.11	0.69	0.57	0.46	
		10	Beton Biriket	1.94	0.69	0.57	0.46	
		10	Haf.Bet.Birik.	1.54	0.63	0.51	0.40	
		15	Haf.Bet.Birik.	1.43	0.57	0.51	0.40	
10	BETON BİRİKETİ	10	Beton Biriketi	1.77	0.63	0.57	0.46	
		10	Haf.Bet.Birik.	1.43	0.57	0.51	0.40	
		15	Haf.Bet.Birik.	1.37	0.57	0.51	0.40	
10	TAŞ	10	Tuğla	1.94	0.69	0.57	0.46	
		10	Beton Biriketi	2.00	0.69	0.57	0.46	
		10	Haf.Bet.Birik.	1.54	0.63	0.51	0.40	
		15	Haf.Bet.Birik.	1.49	0.63	0.51	0.40	

Tablo-7 Çeşitli Duvarlarda Perlit Agregası ile Sağlanan Isı Geçirgenlik Katsayıları

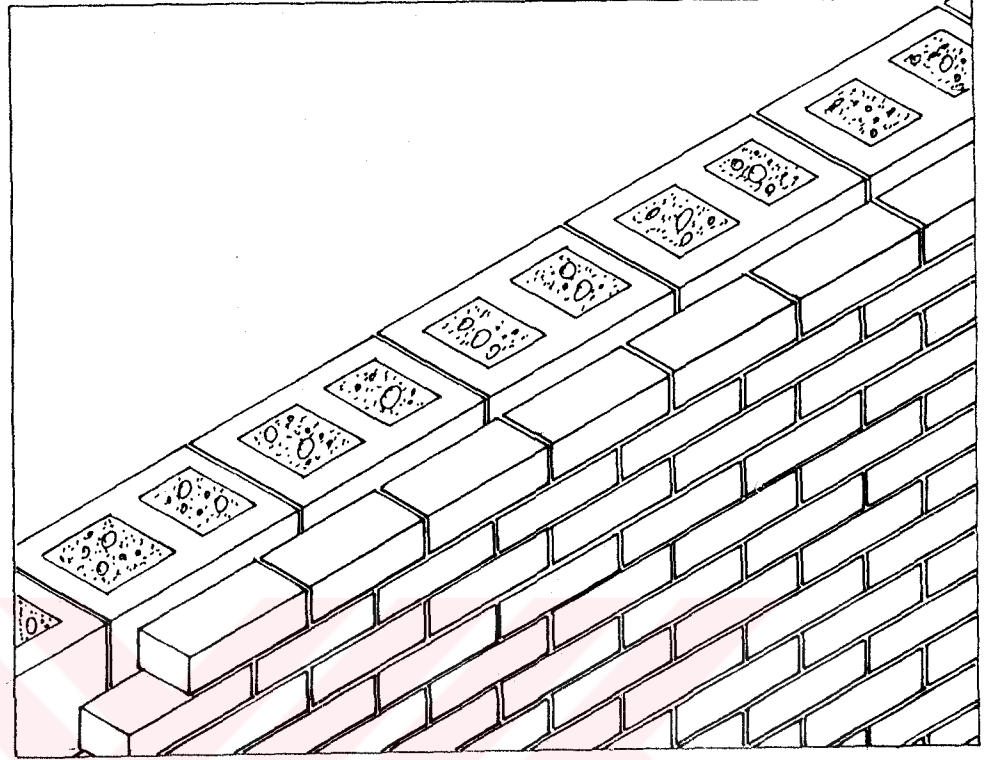




Şekil-4 Perlit Agregası Uygulaması

TANIMLAMA	Kalınlık (cm)	Isı İletkenlik Katsayısı (W/m <sup>2</sup> °C)	
		Yalıtımsız	Yalıtımlı
Hafif Beton Biriketi	15	2.06	1.14
Hafif Beton Biriketi	20	1.89	0.89
Hafif Beton Biriketi	30	1.66	0.57
Kum-Çakıl Biriketi	20	3.03	1.94
Kum-Çakıl Biriketi	30	2.76	1.25

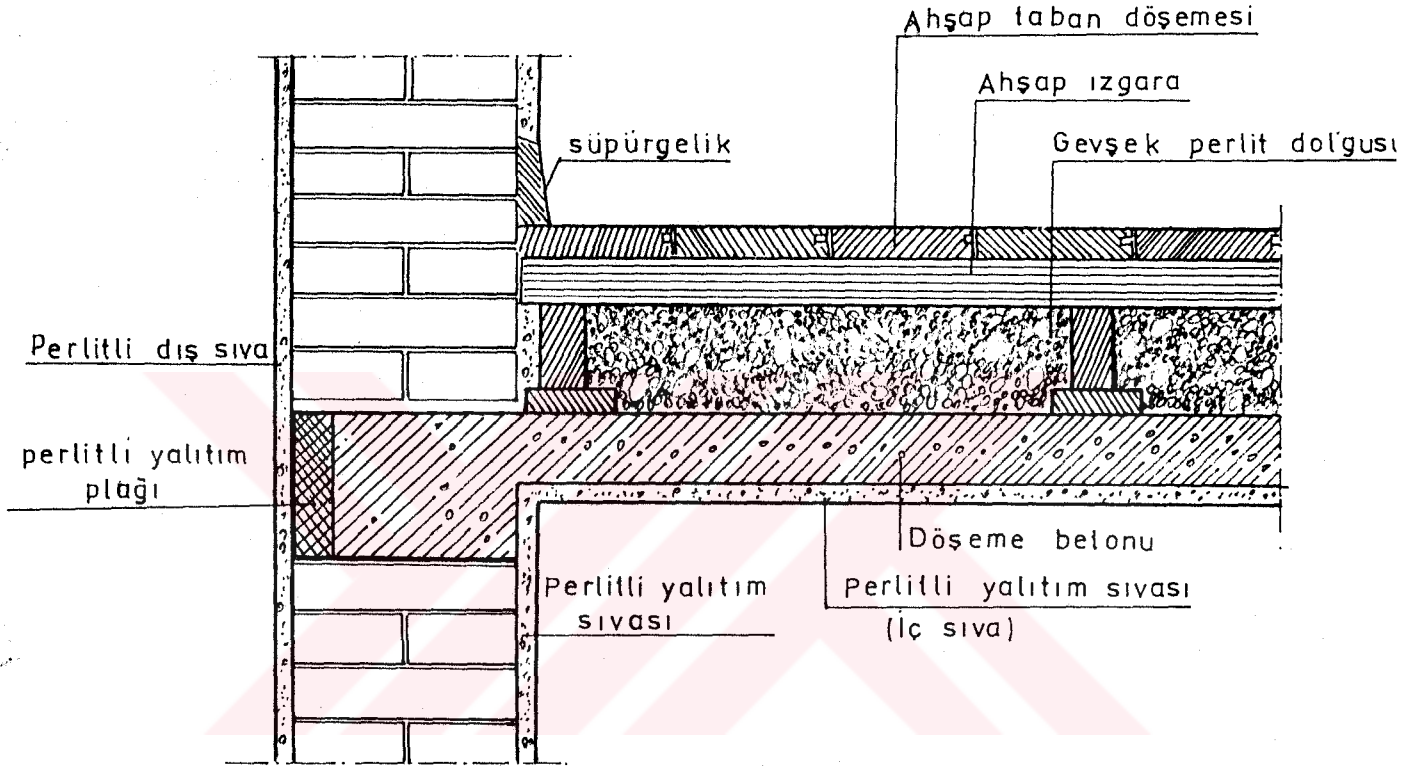
Tablo-8 Çeşitli Duvarlarda Perlit Agregası ile Sağlanan Isı Geçirgenliği Katsayıları



Şekil-5 Perlit Agregası Uygulaması

Dış Kısım		İç Kısım		Isı İletkenlik Katsayısı (W/m <sup>2</sup> *C)	
Kalınlık (cm)	Malzeme	Kalınlık (cm)	Malzeme	Yalıtımsız	Yalıtımlı
15.2	HAFIF BETON BİRİKETİ	-	Tugla	1.72	0.97
		-	Pres tuğla	1.94	1.03
		10	Taş	2.00	1.09
20.3	HAFIF BETON BİRİKETİ	-	Tugla	1.54	0.74
		-	Pres tuğla	1.72	0.80
		10	Taş	1.83	0.80
20.3	KUM-ÇAKIL BİRİKETİ	-	Tugla	2.06	1.49
		-	Pres tuğla	2.40	1.66
		10	Taş	2.52	1.72

Tablo-9 Çeşitli Duvarlarda Perlit Agregası ile Sağlanan Isı Geçirgenliği Katsayıları

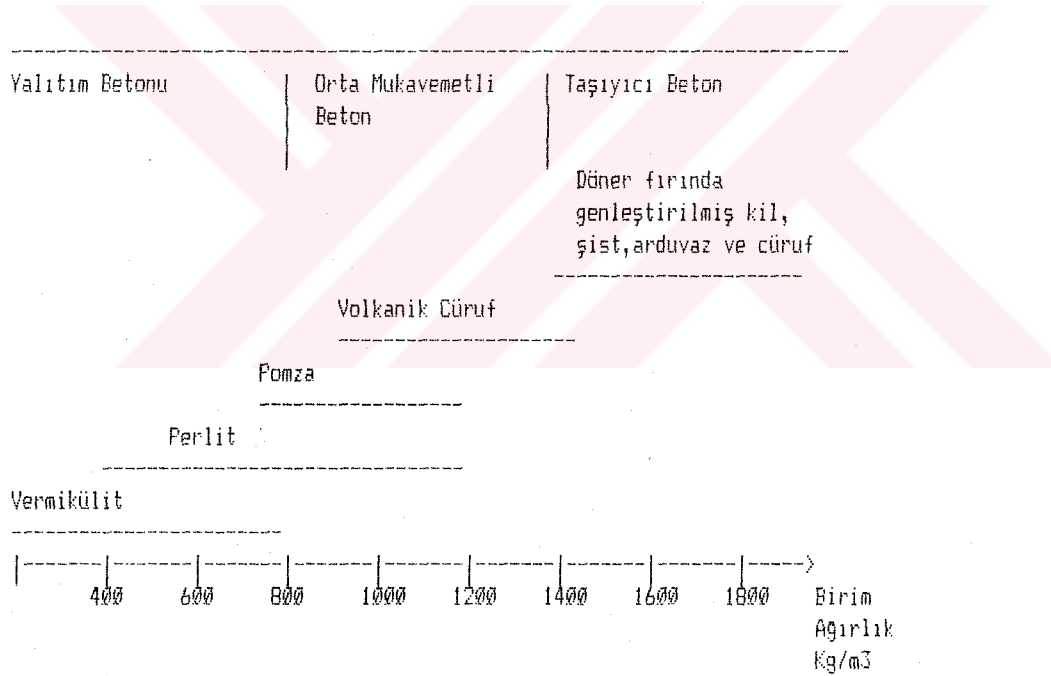


Şekil-6 Yüzer Döşeme Detayı (BALKANLI, 1983)

### I-B-1-2) PERLİT BETONU VE KULLANIMI

Perlit betonu normal beton agregaları olan kum, çakıl, vs. gibi malzemeler yerine perlit kullanılarak elde edilir.

Perlit betonu, inşaat sektöründe ölü yükleri azaltma, ısı ve ses yalıtımı sağlama amacıyla kullanılır. Genellikle taşıyıcı olmayan bina birimlerinde de uygulanabilir. Fakat 35 Kg/cm<sup>2</sup> ve daha yüksek mukavemete sahip perlit betonları ara duvar ve dış duvar elemanlarının yapımında tercih edilir. Tablo-10 hafif agregalarla üretilen betonların birim ağırlık ve mukavemetleri ile ilgilidir.



Tablo-10 Hafif Agregalarla Üretilen Betonların Birim Ağırlık ve Mukavemeti (AKMAN, TASDEMİR, 1978).

#### Perlit Betonunun Hazırlanması:

Perlit betonunun hazırlanmasında; istenilen özellikler dik-

kate alınarak karışım oranları tesbit edilir. Düşük mukavemette ve düşük yoğunlukta olan perlit betonunun ısı yalıtım özelliği artar. Yüksek yoğunlukta olan perlit betonlarının ise mukavemetleri yüksek olur. Buna karşılık yalıtım özelliği azalır. Tablo - 11'de perlit betonunun özellikleri, Tablo-12'de TS 3649'a göre karışım oranlarına bağlı olarak ısı iletkenlik ve basınç dayanımlarının değişimi verilmiştir.

Kuru Yoğunluk Kg/m <sup>3</sup>	Islak Yoğunluk Kg/m <sup>3</sup>	Basınç Dayanımı Kg/cm <sup>2</sup>	Çekme Dayanımı Kg/cm <sup>2</sup>	Aderans Kg/cm <sup>2</sup>	Isı İletkenliği W/m°C
576	808	24.13-34.47	6.20	6.80	0.10-0.12
488	728	15.85-23.44	4.10	4.00	0.09-0.10
432	648	09.65-13.78	3.30	2.10	0.08-0.09
352	584	05.52-08.61	1.60	----	0.07-0.08

Tablo-11 Perlit Betonun Özellikleri

Çimento/Perlit Oranı m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Betonun kuruduktan sonraki ağır. Kg/m <sup>3</sup>	Taze betonun birim ağır. Kg/m <sup>3</sup>	28 Günlük basınç day. Kg/cm <sup>2</sup>	Ortalama ısı iletkenliği KCal/mh°C
1/7	400	620 ± 20	14	0.084
1/6	400	725 ± 20	22	0.101
1/5	560	800 ± 25	34	0.117
1/4	640	900 ± 30	48	0.133

Tablo-12 Perlitli Isı Yalıtım Betonlarında Karışım Oranlarına Bağlı Olarak Isı İletkenliği ve Basınç Dayanımları Değişimi

Karışım oranları saptandıktan sonra gerekli miktarda su ile çimento iyice karıştırılır. Daha sonra perlit ilave edilerek kıvam buluncaya kadar karıştırmaya devam edilir. Karıştırma işlemi, serbest düşmeli ( Betoniyer gibi) veya kanatlı ( Hamur makinası tipinde) karıştırıcılarla yapılabilir. El aletleri de kullanılarak karışım yapmak mümkündür. Karıştırma sırasında;

perlit taneleri kırılarak ufalanmamalı ve karışım mümkün olduğu kadar kısa sürede yapılmalıdır. Bu nedenlerle kanatlı tip karıştırıcılar, perlit betonunun yapımında tercih edilir. Tablo 13'de perlitli ısı yalıtım betonu yapımında kullanılabilecek genişletilmiş perlit agregasının gevşek kuru birim ağırlığı ve tane büyüklüğü dağılımı TS 3681'e göre verilmiştir (ERGEN, 1983).

Karıştırma işlemi üç şekilde yapılır.

1) Karıştırıcı içine önce perlit atılır. Karışmanın başlamasından bir dakika sonra gerekli su ilave edilir. Su, perlit ile 1 dakika karıştırıldıktan sonra, içine çimento ilave edilerek kıvam buluncaya kadar işlem sürdürülür.

Bu karışım tarzı, betoniyer tipi serbest düşmeli karıştırıcılarda tatbik edilmemelidir. Çünkü çimento, ince perlit taneleri ile bütünleşerek yuvarlak çimento kürecikleri oluşturur.

2) Karışım suyu önce karıştırıcı içine atılır. Daha sonra çimento ilave edilir. Elde edilen su-çimento karışımına perlit katılır ve kıvam buluncaya kadar karıştırmaya devam edilir.

3) Perlit ve çimento kuru olarak karıştırıcı içine konulur ve karıştırılır. Bir dakika kuru karıştırma yapıldıktan sonra su ilave edilerek bir dakika daha karıştırılır.

Kanatlı tip karıştırıcılarda iki dakikadan daha fazla süre karıştırma yapılmamalıdır. Aksi halde karışım ani olarak akışkan, plastik bir yapı kazanır.

Perlit betonu değişik şekillerde kullanılabilir;

a) Döşemelerde

Perlit betonu hafifliği ve ısı yalıtım özelliklerinden dolayı döşeme dolgularında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çok katlı binalarda ölü yükleri azaltmak için katlar arası döşemeler perlit betonu kullanılarak yapılabilir.

Katlar arası döşeme uygulamalarında genleşmiş perlit agregası inşaat kumu ile belirli oranlarda karıştırılarak perlit-kum betonu elde edilir. Perlit - kum betonunun yoğunluğu 960-1600 Kg/m<sup>3</sup>'tür. (Normal betonun yoğunluğu 2200 - 2400 Kg/m<sup>3</sup>). Perlit-kum betonlarının çökme miktarı iyi bir karışımda 8-15 cm olur.

Gevşek kuru birim ağırl. (Kg/m <sup>3</sup> )	Kare gözlü elek göz açıklığı (mm)	Elek üzerinde kalan (Ağırlıkça %)	
		En Çok	En Az
100-200	5.0	-	-
	2.5	15	-
	1.25	60	15
	0.63	80	40
	0.315	95	75
	0.160	100	90

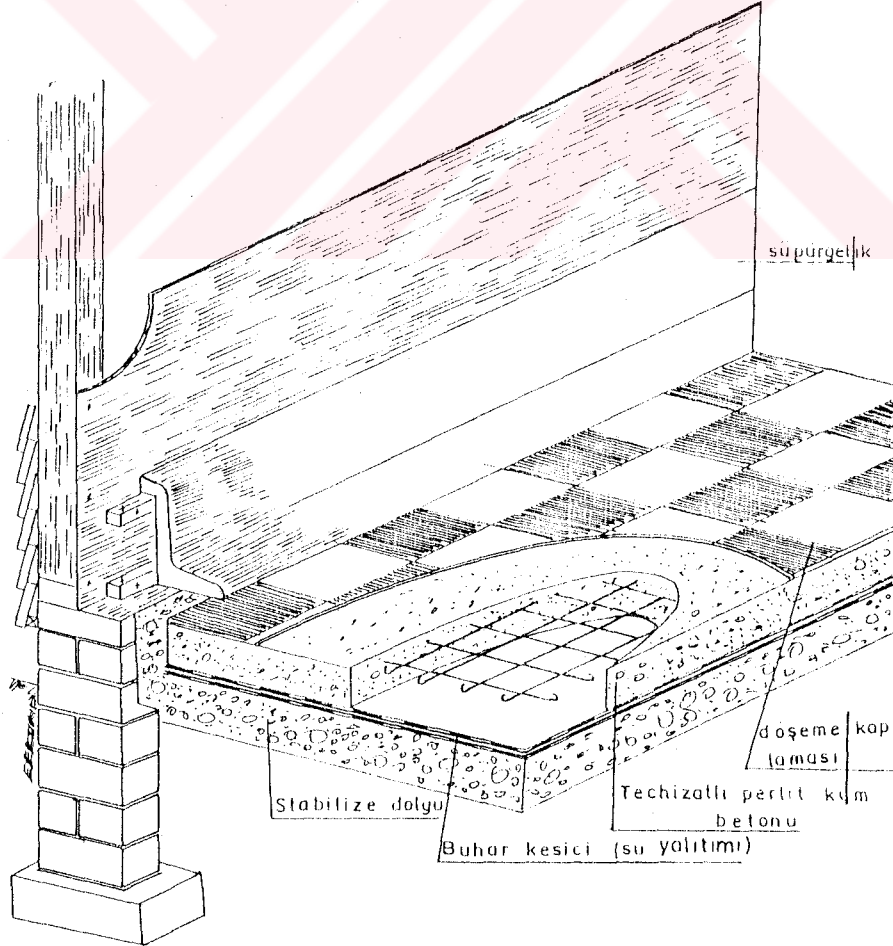
Tablo-13 Perlitli Isı Yalıtım Betonu Yapımında Kullanılacak Genleştirilmiş Perlitin Gevşek Kuru Birim Ağırlığı ve Tane Büyüklüğü Dağılımı.

Perlit - kum betonunda beton donatısının yeri ve büyüklüğü yapı hesaplarına bağlı olarak saptanır. Perlit-kum betonunun dökülmesinde klasik metodlar kullanılır. Pompa ile dökme de bu metodlara dahildir. Betonun iyi priz almasını sağlamak, çatlakların azalmasını ve tam mukavemetin elde edilmesini sağlar. Fakat taze beton hızlı kurumamalı ve betonun dökümünden sonra üç gün üzerinde gezinilmemelidir.

Perlit-kum betonu iyi bir ses yalıtkanıdır. Arzu edilmeyen; hava yoluyla yayılan veya darbelerle ortaya çıkan sesleri belirli ölçüler içinde aksettirmez.

Perlit-kum betonu normal döşemelerin sakıncalarını, özellikle geniş alanlar üzerine kurulu binalarda ortadan kaldırır. Tabanı normal betonla döşenmiş bu tür binalar; kış ve yaz ay-

larında belirli özellikler gösterir. Normal betonun yüksek ısı iletkenliğinden dolayı kış aylarında ısıtma için daha büyük miktarda enerji gerekir. Yaz aylarında ise sıcak ve yüksek nemdeki hava, toprak sıcaklığına yakın ısıda olan beton döşeme yüzeyinde yoğunlaşmış nemini bina içine bırakır. Bu insan sağlığına aykırı bir ortam oluşturduğu gibi, insanları rahatsız eden bir atmosferin oluşmasına da sebep olur. Geniş alanlar üzerine kurulu bu tür binalarda, ısıtma problemini çözmek ve daha sağlıklı bir ortam oluşturmak için perlit - kum betonu veya perlit betonu kullanılmaktadır. Perlit-kum betonlu sistemlerde; döşeme dolgusu üzerine buhar kesici kaplama yapılmakta, onun üzerine de teçhizatlı perlit-kum betonu atılmaktadır (Şekil-7). Böylece tabandan kaçan ısı enerjisi kısmen engellenip ısı kayıpları azaltılmakta ve yaz şartlarında nem yoğunlaşmasının önüne geçilmektedir (BALKANLI, 1983).



Şekil-7 Tabandan Isıtılan Binalarda Perlit Betonlu Döşeme Yalıtım Detayı (BALKANLI, 1983)



b) Çatılarda:

Perlit betonu, çatılarda kullanılan diğer yalıtım malzemelerine göre çok daha iyi yalıtımıyla beraber, daha fazla mukavemet, yekparelik ve yangına karşı dayanıklılık gösterir. Düz çatılarda drenaj elde etmek için beton kalınlığı eğime bağlı olarak ayarlanır.

Otururma çatılarda, teras ve çelik çatılarda döşeme betonu veya oluklu saclar üzerine dökülerek uygulanır. Perlit betonu diğer hafif betonlara oranla daha az su kullanılarak elde edilir. Bu nedenle daha kısa sürede kurur. Perlit betonunun kuruma süresi 24-38 gün olarak kabul edilmektedir. Perlit betonu döküldükten sonra 3 gün üzerinde gezilmemelidir. Az su kullanılarak elde edildiği için çabuk priz alması sağlanmalı ve priz için ilave su verilmemelidir. Perlit betonu, çatı döşeme betonu üzerine döküldüğünde, çatı kaplaması normal olarak beton tamamen kurumadan yapılır. Çatı kaplaması yapıldıktan sonra, perlit betonu ve döşeme betonunda kalan su ortamdaki uzaklaştırılmalıdır. Suyun tamamen uzaklaştırılması ısı yalıtımı özelliğinden en iyi şekilde yararlanılmasını sağlar.

Döşeme betonu üzerine perlit betonu ile yalıtım uygulaması, döşeme betonu işçiliğini azalttığı için ekonomiktir. Özellikle kubbe, kemer gibi düzgün olmayan yüzeylerde kesme, doldurma ve yapıştırma güçlükleri perlit betonunun uygulanmasında görülmez. Döşeme betonu üzerine perlit betonlu yalıtım sistemlerinden elde edilen yalıtımdan, daha yüksek değerlerde yalıtım aranıyorsa, strafor tabakası sandviç sistemle iki perlit betonu arasına serilir. Şekil - 8'de ahşap otururma çatılarda perlit betonu yalıtım detayı ve şekil - 9'da teras çatılarda perlit betonu yalıtım detayı verilmiştir.

Perlit betonu çatı döşeme betonu üzerine uygulanır. Bundan başka çelik çatılarda oluklu sac kalıplar veya plakalar üzerine dökülerek yalıtım yapılır. Şekil- 10'da düz çelik çatı-

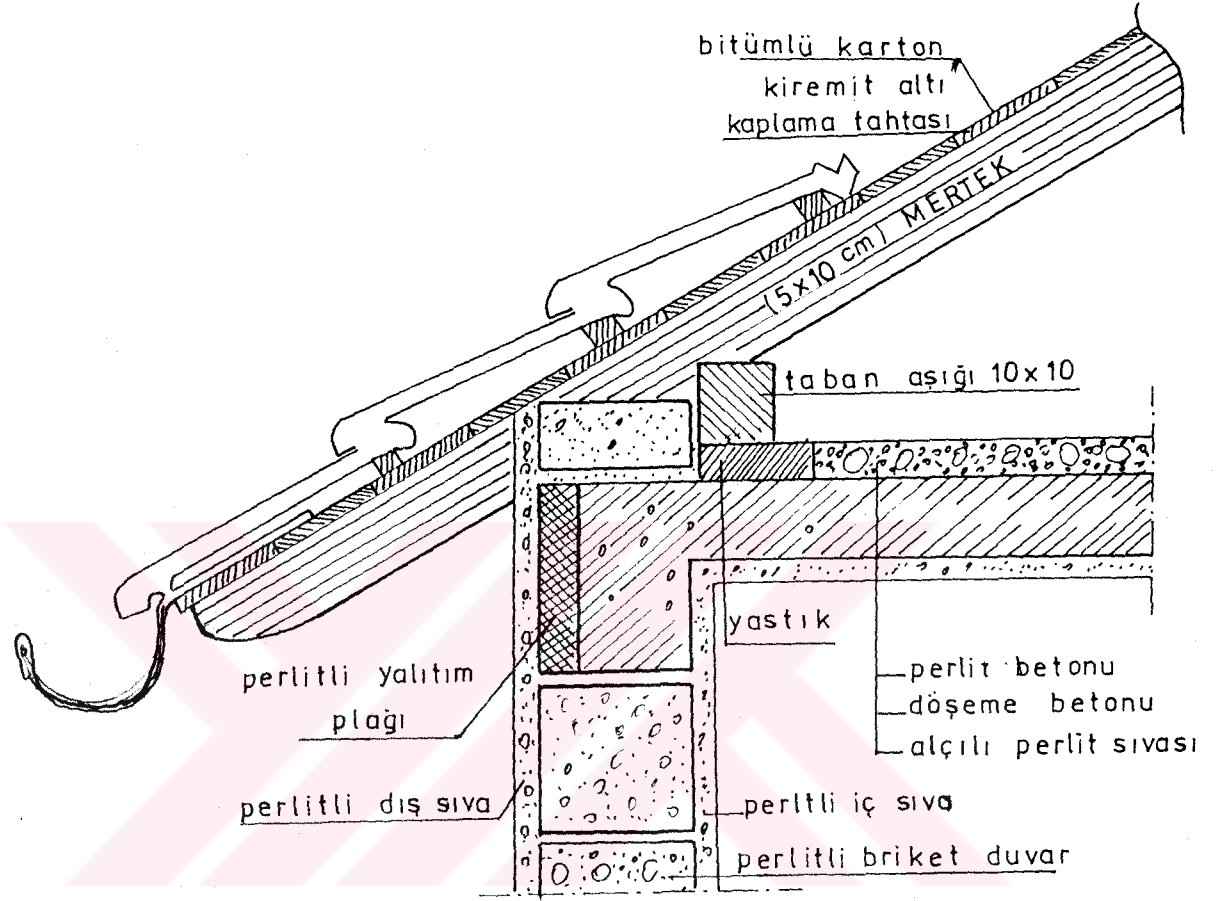
larda oluklu saç kalıplar üzerine perlit betonlu yalıtım uygulaması detayı ve şekil - 11'de çelik konstrüksiyonların yangına karşı korunması detayı verilmiştir (YALGIN,1983).

c) Perde Duvarlarda:

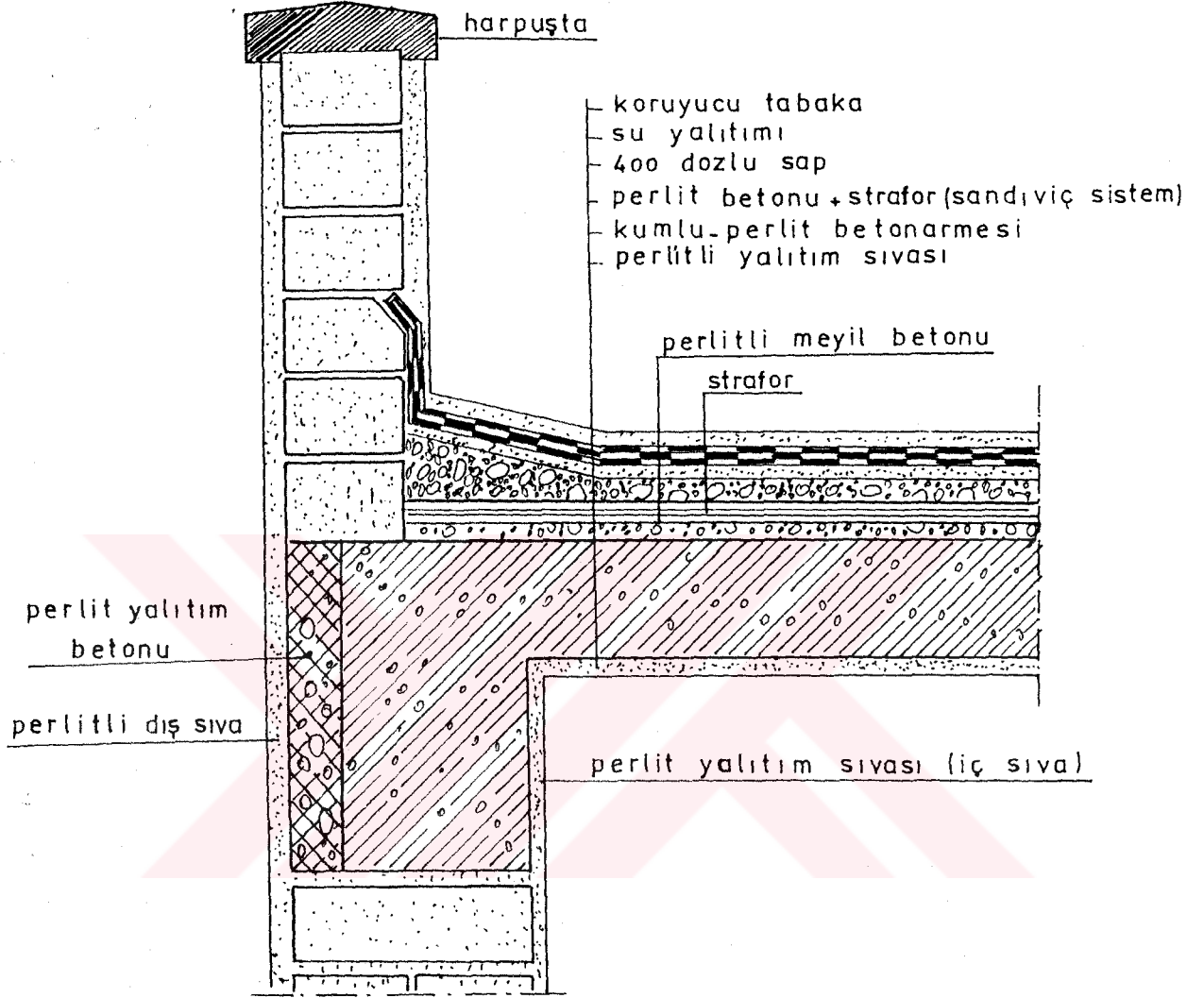
Perde duvar sistemleri, dış duvar ve iç duvar yapımında kullanılan yeni bir uygulamadır. Şekil-12'de görüldüğü gibi metal dublövaye (Rabitz teli) üzerine perlit betonu kaplaması yapılarak elde edilir. Bu sistemler, ölü yükleri azaltır, zamandan ve maliyetten büyük tasarruf sağlar. Tablo- 14'de 10 cm perlit betonuna eşit ısı yalıtımı yapan diğer bazı malzemelerin eşdeğer kalınlıklarını gösteren karşılaştırma değerleri verilmiştir.

Yogunluk (Kg/m <sup>3</sup> )	Isı iletkenliği (KCal/mhC°)	Kalınlık (cm)	Malzeme
600-900	0.07-0.14	10	Perlit betonu
800-1000	0.20-0.24	17	Kömür cürufu
400-800	0.12-0.25	18	Gazlı beton
400-1200	0.12-0.38	27	Ahşap testere veya planya talaşı
1600	0.60	43	Delikli tuğla duvar
950-1950	0.21-0.65	46	Hafif beton
1800	0.68	49	Dolu tuğla duvar
2200-2500	1.12-1.49	106	Taşıyıcı yoğun beton
2000	2.00	143	Taş duvar

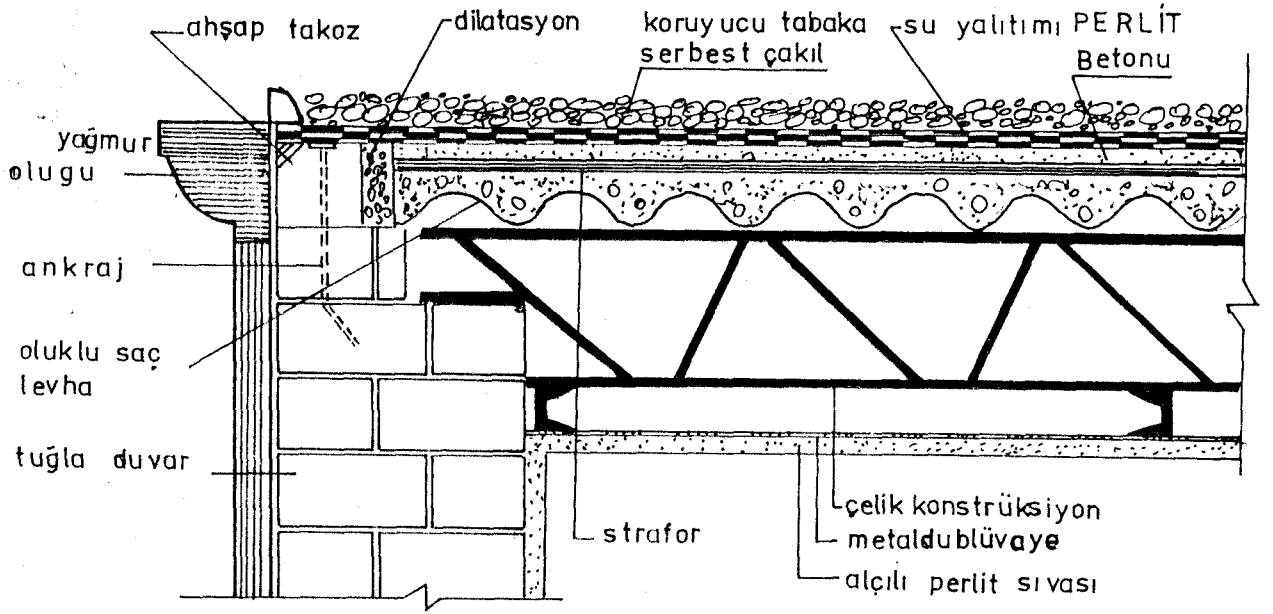
Tablo-14 Perlit Betonunun Diğer Yalıtım Malzemeleri ile Karşılaştırılması.



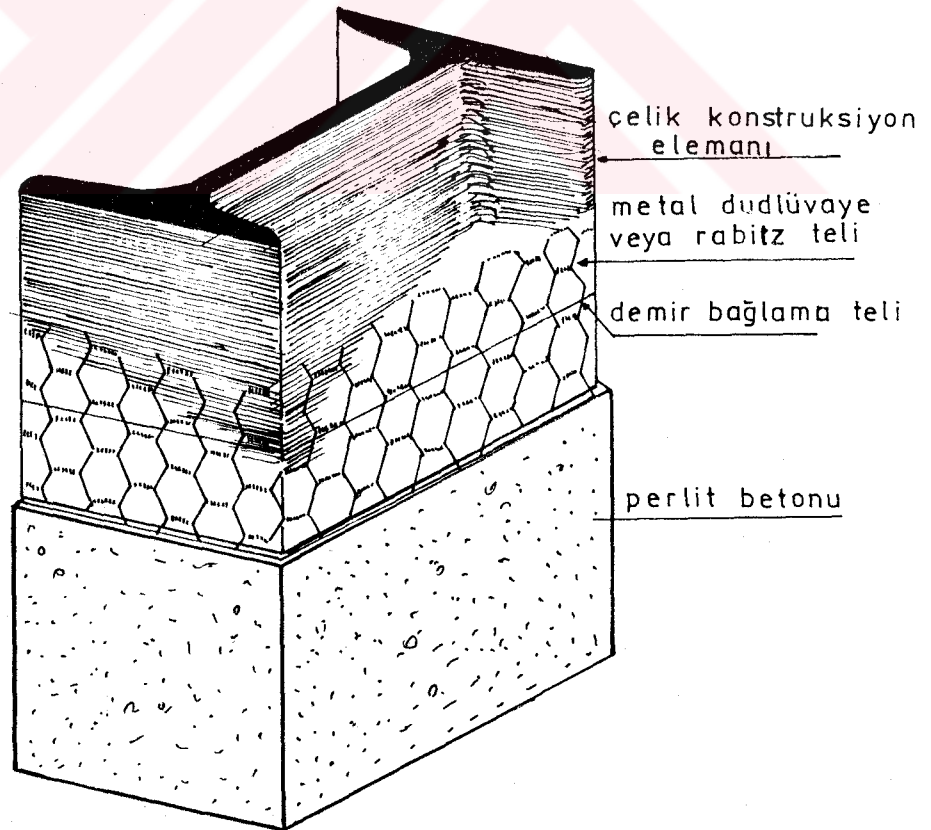
Sekil-8 Ahşap Oturtma Çatılarda Perlit Betonu Yalıtım  
Detayı (BALKANLI, 1983)



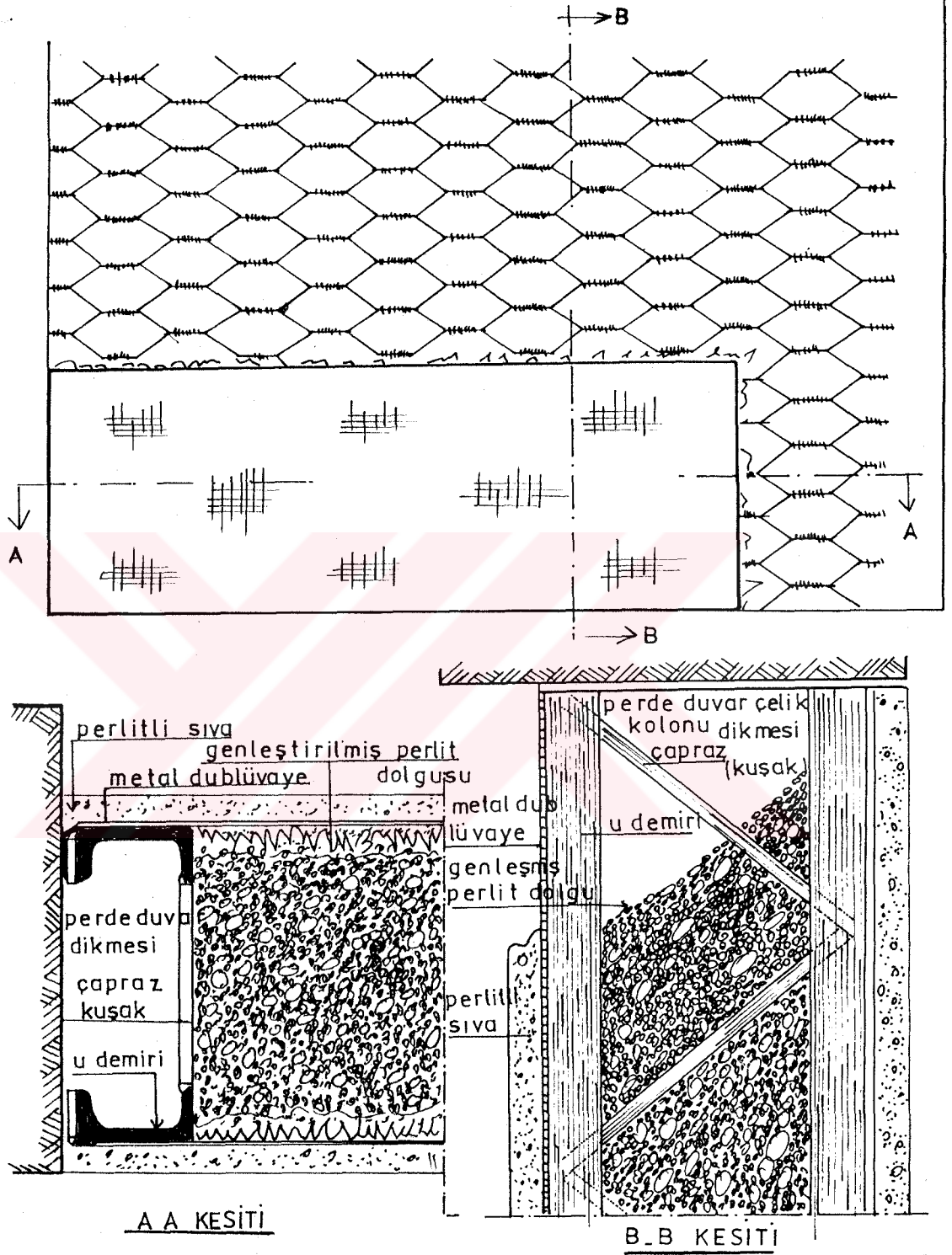
şekil-9 Teras atılarda Perlit Betonlu Yalıtım Detayı  
(BALKANLI, 1983)



Şekil-10 Düz Çelik Catılarda Oluklu Sac Kalıplar Üzerine Perlit Betonlu Yalıtım Uygulaması



Şekil-11 Çelik Konstrüksiyonların Yangına Karşı Korunması Detayı (BALKANLI, 1983)



Sekil-12 Metal Dublövaye (Rabitz Teli) Üzerine Alçı-Perlit Sıvasıyla Perde Duvarı Yapılması

I-B-1-3) ALÇILI, PERLİTLİ YAPI ELEMANLARI VE HAZIR SIVALAR

Etibank İzmir-Cumaovası Perlit İşletmesi ürünleri şunlardır:

- a) Bölme panoları
- b) Blok tuğlalar
- c) Hazır sıvalar

Bu ürünlerin Cumaovasında 1988-90 yılları arasındaki üretim ve satış miktarları tablo-15'dedir.

Ürün	1988		1989		1990	
	Üretim	Satış	Üretim	Satış	Üretim	Satış
Bölme panosu (m <sup>2</sup> )	1400	1000	80	300	-	-
Blok tuğla (m <sup>2</sup> )	200	50	-	-	-	-
Sıvalar (ton)	900	900	800	800	-	-
=====						
Kırılmış perlit (ton)	19000	8000	12300	8500	11600	5100
Genleşmiş (m <sup>3</sup> )	73000	63000	50000	40000	44000	38000
Mikronize (ton)	400	400	500	500	400	400

Tablo-15 Cumaovası Perlit Ürünleri

a) Bölme panoları:

Bölme panoları; alçı, perlit, katkı maddeleri ve su kullanılarak elde edilen hazır yapı elemanıdır. Bu elemanların uygun oranlarda karıştırılarak kalıplanmasıyla elde edilir. Tablo-16 da bölme panolarının karakteristik özellikleri verilmiştir.

Kalınlık	: 60 mm
En	: 600 mm
Boy	: 2500-3000 mm
Yüzey alanı	: 1.8 m <sup>2</sup> (En fazla)
Eleman ağırlığı	: 70 kg (En fazla)
1 m <sup>2</sup> ağırlığı	: 39 kg (En fazla)
Ateşe dayanıklılığı	: 60 Dakika (En az)
Sıkışma dayanımı	: 50-90 kg/cm <sup>2</sup>
Egilmeye çekme dayanımı	: 20-40 kg/cm <sup>2</sup>
Ses iletkenliği	: 28-30 dB
Isı iletkenliği	: 0.16 KCal/mh°C
Su emiciliği	: Ağırlığının %56'sı kadar su emebilir
İşlenebilirlik	: El aletleri ile kesilebilir ve yontulabilir.

Tablo-16 Bölme panolarının karakteristik özellikleri  
(YALGIN, 1983).

Bölme panoları kat yüksekliğindedir. İsteğe bağlı olarak 2500 mm ile 3000 mm arasında değişen boylarda üretilir. Testere ile kolaylıkla kesilebilir. İçinde boyuna uzanan 9 adet delik vardır. Delikler panoların ağırlığını azaltır ve elektrik tesisatı çekilebilir. Bölme panoları, birbirlerine geçme yapıldıktan sonra arada kalan derzler özel harç ile kapatılır. Nem oranı % 70'in üzerinde olan ve sürekli olarak bu nem oranına sahip bulunan odalarda, bölme panoları üzerine koruyucu tabaka (su geçirmeyen plastik duvar kağıtları, akrilik esaslı boyalar vs) kaplamak gerekir. Direkt olarak su etkisinde kalmamalıdır.

Bölme panoları testereyle boyuna ve çapraz olarak kesilebilir. Gerekirse sıhhi tesisat parçalarının bağlanabilmesi için kesilip yontulabilir.



Su, gaz ve ısı tesisatları bölme panolarının deliklerinden geçirilmemelidir. Tesisatlar panoların dışına yerleştirilmelidir. Bölme panolarından yapılmış ara duvarlara, her panoya 30 kilograma kadar yük düşecek şekilde çivi veya askı türü şeyler çakılarak her türlü eşya asılabilir. Bölme panolarından yapılan duvarlar boyanabilir, duvar kağıdı veya fayansla kaplanabilir.

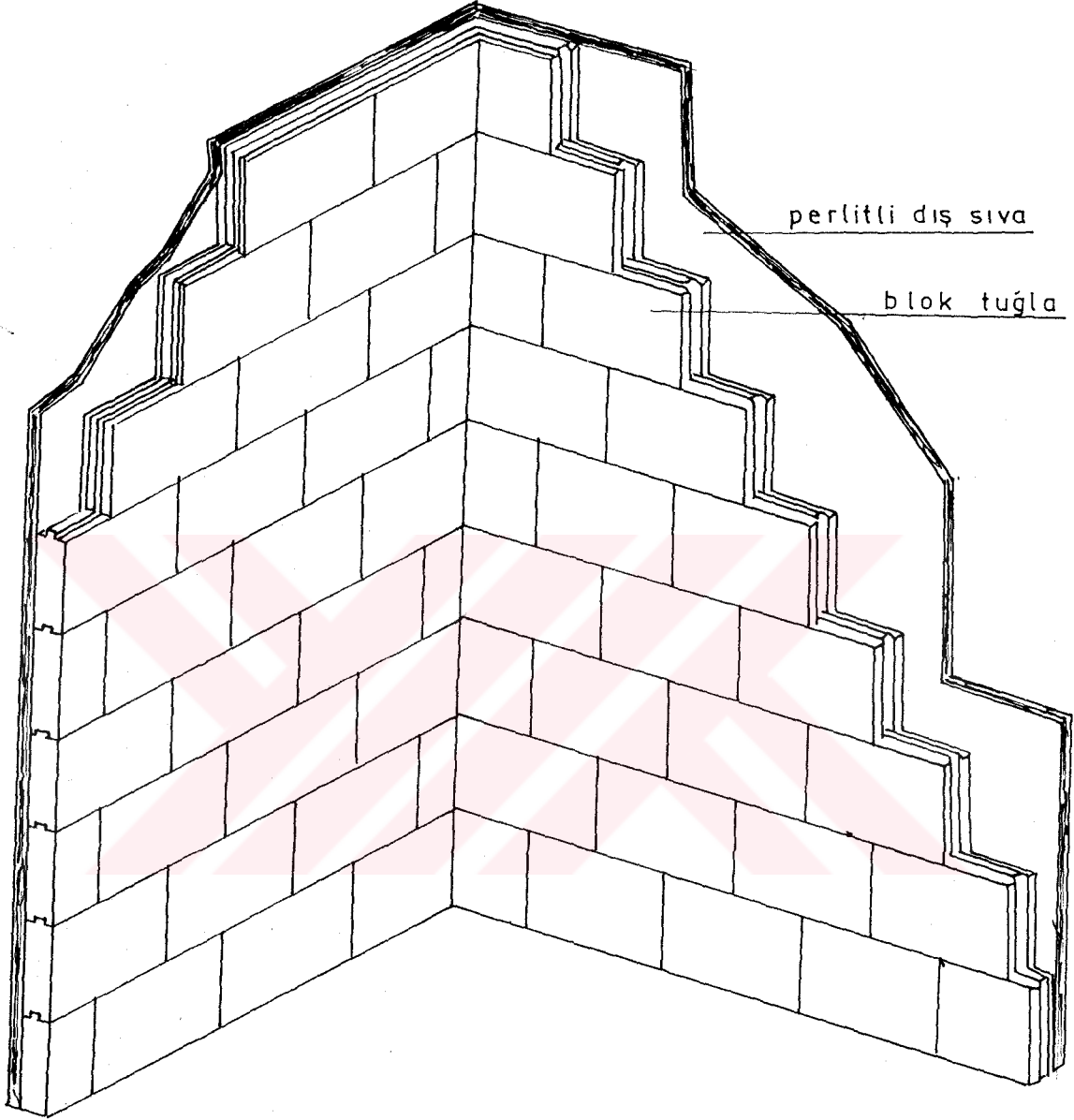
b) Blok tuğlalar:

Blok tuğlalar bölme panoları gibi alçı, perlit, katkı maddeleri ve suyun uygun oranlarda karıştırılarak kalıplanmasıyla elde edilen hazır yapı elemanıdır. Tablo-17'de blok tuğlaların karakteristik özellikleri verilmiştir.

Kalınlık	: 80 mm
En	: 500 mm
Boy	: 333 mm
Yüzey alanı	: 500x333 mm <sup>2</sup>
Eleman ağırlığı	: 9.35-12 kg
1 m <sup>2</sup> ağırlığı	: 56.1-72 kg
Ateşe dayanıklılık	: 90 dakika
Sıkışma dayanımı	: 40-90 kg/cm <sup>2</sup>
Egilmeye çekme dayanımı	: 20-40 kg/cm <sup>2</sup>
Ses iletkenliği	: 32 dB
Isı iletkenliği	: 0.15 KCal/mh°C
Su emiciliği	: Ağırlığının %56'sı kadar su emebilir
İşlenebilirlik	: El aletleri ile kesilip yontulabilir

Tablo-17 Blok Tuğlaların Karakteristik Özellikleri  
(YALGIN, 1983).

Blok tuğlalar bölme panoların kullanıldığı bütün bölmelerde kullanılır. Sıva gerektirmez. Boyanabilir ve duvar kağıdı kaplanabilir. Direkt su etkisinde kalmamak şartıyla binaların her yerinde kullanılır. Şekil - 13'de blok tuğla duvar perspektif görünüşü verilmiştir.



Şekil-13 Blok Tuğla Duvar Perspektif Görünüşü

c) Perlitli sıvalar:

Sıvalar; iç ve dış duvarları, tavanları tamamlayıcı bir kaplama malzemesidir. Pratik olarak kesiksiz, sürekli yüzey oluştururlar. Pürüzlü yüzeylerin örtülmesinde, su ve elektrik tesisatlarının döşenmesinde kullanılır. Sıvalar; bağlayıcı madde, agrega ve sudan oluşur. Bazen priz sürelerini kontrol altına alabilmek için karışım içine katkı maddesi ilave edilir. Katkı maddesi priz süresini uzatır veya kısaltır. Sıvalarda kullanılan bağlayıcı maddeler kireç, alçı ve çimentodur. Kireç bilinen en eski bağlayıcıdır. Kireçli sıvalar, ince siva tatbikatlarında kullanılır. Ayrıca kireç; alçılı ve çimentolu sıvalara siva plastikliğini artırmak için ilave edilir. Çimentolu sıvalar, genellikle ıslanıp kurumaya elverişli, nemli ortamlarda dayanıklı ve mukavemeti diğerlerine göre yüksek olan sıvalardır. Alçılı sıvaların kullanım alanı geniştir. Sıvalarda kum, perlit, vermikülit, kil, ağaç yongası gibi agregalar kullanılır.

Perlit sıvası, alçı veya çimento ve genleştirilmiş perlit agregasının karışımı ile elde edilir. Tablo-18'de perlitli sıvaların yapımında kullanılacak genleştirilmiş perlitin kuru gevşek birim ağırlığı ve tane büyüklüğü dağılımı verilmiştir.

Normal siva yapım tekniği ile yapılan ve normal sıvalardaki kumun yerine perlit kullanılarak oluşturulan bu sıvaların, hafiflik, ısı ve ses yalıtımı, yangına dayanıklılık gibi üstünlükleri vardır. Alçılı ve çimentolu perlit sıvaları, çelik konstrüksiyonların kaplanmasında ve binalarda yangına karşı korunması gerekli yerlerde kullanılır. Klasik siva uygulamaları dışında, alçılı perlitli sıvalar, tavan kaplamalarında da akustik siva olarak kullanılır. Perlitli sıvalar, normal sıvalara göre bazı üstünlüklere sahiptir. Bunlar; normal kum sıvasına oranla %60 daha hafiftir. 13 mm kalınlığında yapılan 83.6 m<sup>2</sup>'lik bir siva tatbikatında ağırlık azalması 907 kg'dır.

Normal kum sıvasına göre 4 kat daha az ısı geçirir. Isıtmada ve soğutmada tasarruf sağlar. Minimum kalınlık ve ağırlıkta yangına karşı 4 saat kadar dayanır. Bölmeler arasında ses geçişini azaltır. Kolay karıştırılır ve uygulanır. Bozulmaz ve dağılmaz. Serttir. Kırılganlığı yoktur.

Kuru gevşek birim ağır.	Kare gözlü elek göz açıklığı (mm)	Elek üzerinde kalan (ağırlıkça %)	
		En çok	En az
	5	-	-
	2.5	5	-
	1.25	60	5
90-200	0.630	95	45
	0.315	98	75
	0.160	100	88

Tablo-18 Perlitli Sıvaların Yapımında Kullanılacak  
Genleştirilmiş Perlitin Kuru Gevşek Birim  
Ağırlığı ve Tane Büyüklüğü Dağılımı.

ETİBANK, normal sıvalara göre büyük üstünlükleri olan perlitli sıvaların yurdumuzda kullanılmasında öncülük etmektedir. İzmir - Cumaovası Perlit İşletmesinde üretilen çeşitli sıva türleri ve özellikleri aşağıdadır:

**Perlit Sıvası:**

Basınç dayanımı-28 günlük: 15 kg/cm<sup>2</sup>  
Yapışma dayanımı-tuğlaya : 2 kg/cm<sup>2</sup>  
Yapışma dayanımı-betona : 0.6 kg/cm<sup>2</sup>  
Isı iletkenliği : 0.18 KCal/mh°C  
Kuru yoğunluk : 650 kg/m<sup>3</sup>

**İzolasyon Sıvası:**

Basınç dayanımı-28 günlük: 2 kg/cm<sup>2</sup>  
Yapışma dayanımı-tuğlaya : 0.6 kg/cm<sup>2</sup>  
Yapışma dayanımı-betona : 0.2 kg/cm<sup>2</sup>  
Isı iletkenliği : 0.08 KCal/mh°C  
Kuru yoğunluk : 300 kg/m<sup>3</sup>

**Hafif İzolasyon Sıvası:**

Basınç dayanımı-28 günlük:	1 kg/cm <sup>2</sup>
Yapışma dayanımı-tuğlaya :	0.3 kg/cm <sup>2</sup>
Yapışma dayanımı-betona :	0.1 kg/cm <sup>2</sup>
Isı iletkenliği :	0.08 KCal/mh°C
Kuru yoğunluk :	300 kg/m <sup>3</sup>

**Alçılı Perlit Sıvası:**

Basınç dayanımı-28 günlük:	10-12 kg/cm <sup>2</sup>
Isı iletkenliği :	0.11 KCal/mh°C
Kuru yoğunluk :	800 kg/m <sup>3</sup>

**Alçılı Perlit İzolasyon Sıvası:**

Basınç dayanımı-28 günlük:	2 kg/cm <sup>2</sup>
Isı iletkenliği :	0.08 KCal/mh°C

**Yüksek Kaliteli Sıva:**

Basınç dayanımı-28 günlük:	12-20 kg/cm <sup>2</sup>
Yapışma dayanımı :	0.3-0.4 kg/cm <sup>2</sup>
Isı iletkenliği :	0.15-0.18 KCal/mh°C
Kuru yoğunluk :	500-600 kg/m <sup>3</sup>

**Şeffaf Perlit Sıvası:**

Basınç dayanımı-28 günlük:	25-30 kg/cm <sup>2</sup>
Yapışma dayanımı :	0.3-0.4 kg/cm <sup>2</sup>
Isı iletkenliği :	0.20-0.29 KCal/mh°C
Kuru yoğunluk :	650-750 kg/m <sup>3</sup>

**Perlitli Sıvaların Kullanımı:**

Perlitli sıvalar ısı dirençleri yüksek malzemelerdir. Perlitli sıva yapılan binalarda iç sıcaklık ısı kayıplarının az olması nedeniyle değişmez. Tablo-19'da perlitli sıvalar ile normal sıvaların ısı iletkenlik değerleri verilmiştir.

Perlit sıvası; ısı yalıtımı amacıyla duvarlarda, ses ve ısı yalıtımı için tavanlarda, yangına karşı korumada çelik konstrüksiyonların örtülmesinde kullanılır. Bu uygulamaların dışında, bölme panoları, dış duvarlar, kavisli çatı vb. konstrüksiyonlarının yapımında kullanılır.

Perlit sıvası bütün yüzeylere tatbik edilebilir. Genellikle iki veya üç kat sıva olarak uygulanır. İlk kat sıva yeterli dayanıklılığı kazandığında beklemeden ikinci kat sıva uygulanır. Perlit sıvası, ahşap ve metal yüzeylere üç kat tatbik edilir. Tuğla duvarlara iki kat yeterlidir. Alçı veya yalıtım levhalarının özellikleri ve yerlerine göre iki veya üç kat sıva yapılır.

Perlitli sıva, hafif olduğu için uygulaması kolaydır. Fakat diğer sıvalara oranla yapışkanlığı fazladır. Bu nedenle daha zor yayılır. Yapışkanlığını azaltmak için içine bir miktar kum ilave edilir. Hazır olarak satılan perlitli sıvalarda bu uygulama gerekmez. Tablo- 20'de perlit sıvası karışım oranları verilmiştir.

Sıva Çeşitleri	Yogunluk Kg/m <sup>3</sup>	Ortalama Sıcaklık °C	Isı iletkenliği KCal/mh°C
Cimento harcı	2100-2200	24	1.20
Cimentolu kireç harcı	1800-2000	24	0.75
Alçı, kireçli alçı harcı	1400	24	0.60
Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları			

(Tablo 19. devam)

	400	24	0.12
	500	24	0.16
	600	24	0.20
	800	24	0.25
	1000	24	0.30
	1200	24	0.47
Alçılı perlit sıvası	800	24	0.11
Alçılı perlit izolasyon sıvası	---	24	0.08
Hafif izolasyon sıvası	250	24	0.08
Perlit sıva harcı	650	24	0.18
Şeffaf perlit sıvası	500-600	24	0.15

Tablo-19 Çeşitli Sıvaların Isı İletkenlik Katsayıları (YALGIN, 1983).

	Çimento Harcı		Çimento Kireç			Alçı Kireç		
	Çimento m <sup>3</sup>	Perlit m <sup>3</sup>	Çimento m <sup>3</sup>	Kireç m <sup>3</sup>	Perlit m <sup>3</sup>	Kireç m <sup>3</sup>	Alçı m <sup>3</sup>	Perlit m <sup>3</sup>
Isı Yalıtımı	1	4-5	1	1	8	1	2	3
Rutubetten koruma	1	4-5	1	1	8	-	-	-
Ateşten koruma	1	4-5	-	-	-	-	-	-

Tablo-20 Perlit Sıvası Karışım Oranları (YALGIN 1983).

Perlitli izolasyon sıvası gözenekli yapısından dolayı kumlu sıvalara oranla bünyesine daha fazla su alır. Aldığı suyu süratle kısa zamanda atar. Bu nedenle iklim koşulları da göz önünde tutularak (Aşırı güneş, yağmur, don ve rüzgar) kumlu sıva veya oranla daha fazla sulanması gerekir. Ayrıca perlitli izolasyon sıvası sulandıkça mukavemetini artırıp sertleşir. Kaliteli bir perlit izolasyon sıva uygulamasında aşağıdaki esaslara dikkat edilmelidir:

1) Sıva işlemine başlamadan önce sıva uygulanacak duvar yüzeyleri her türlü yağ, toz ve kirden temizlenmelidir.

2) Mevsim koşulları ve duvar cinsleri (Beton perde, tuğla, bims blok, ytong duvar vs.) dikkate alınarak duvar yüzeyleri ıslatılır. Aksi halde doğrudan duvar yüzeyine yapılacak sıva harcının suyunu alt duvar elemanı çeker ve sıva normal prizini alamaz. Bu yanlış uygulama ileride sıva çatlamlarını, kabarmalarını ve dökülmelerini meydana getirir.

3) Duvar yüzeyi ıslatıldıktan sonra serpme sıva uygulamasına geçilir. Serpme sıva 1-2 mm kalınlığında duvar yüzeyine serpme makinası veya mala ile elle kuvvetli bir şekilde çarptırılarak atılmalıdır.

Serpme sıva taşıyıcı, bağlayıcı ve yağış suyunu kesici bir sıva tabakası olması nedeniyle dış etkilerden (Aşırı güneş, yağmur, don ve rüzgar) korunması gerekir.

4) Duvar örgüsündeki şakül hatalarından meydana gelmiş eğrilikler, serpme sıva üzerine uygulanacak kumlu sıva ile düzeltilmelidir.

5) Serpme sıva yapımından en az bir gün sonra (Sıva sertleşince) duvar yüzeyi ıslatılır. Yaklaşık 15 mm kalınlığı geçmeyecek şekilde kuvvetli çarptırmayla, birinci kat perlitli izolasyon sıvası uygulanır. Mevsim şartları da göz önünde tutularak 8 - 10 saat sonra sıva ıslatılır. Birinci kat kaba sıva yüzeyi kesinlikle düzeltilmemeli, pürüzlü olarak bırakılmalıdır.



6) Birinci kat izolasyon sıvasının uygulanmasından en az bir gün sonra yüzey suyla ıslatılır. İkinci kat izolasyon sıvası yine kuvvetli çarptırma ile 15 mm kalınlığı geçmeyecek şekilde uygulanır. Yüzey pürüzlü bırakılır. 8-10 saat sonra sıva yüzeyi nemlendirilir.

7) Kaba sıva işi bittikten bir gün sonra yüzey nemlendirilerek ince sıva yukarıdan aşağıya doğru 2 - 3 mm kalınlığında yapılır. Tersine uygulandığında yapılan sıva, devamlı tamirat gerektirir.

8) Perlitli izolasyon sıvasının dış cephede uygulanması halinde ince sıva üzerine akrilik esaslı bir cephe kaplaması yapılmalıdır. Taze sıva katmanları, aşırı güneş, yağmur, don ve rüzgar etkilerinden mutlaka korunmalıdır.

Perlit sıvası binalarda çeşitli kısımlarda çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Bunları aşağıdaki gibi gruplandırmak mümkündür:

a) Duvarlarda:

Perlit sıvası duvarlarda ısı yalıtımı amacıyla kullanılır. Bunun yanında hafifliği nedeniyle ölü yüklerde azalma meydana getirir. Duvar kalınlıkları azalır. Şekil-14'de perlit sıvaları ile malzeme cinsine göre kazanılan duvar kalınlıkları verilmiştir.

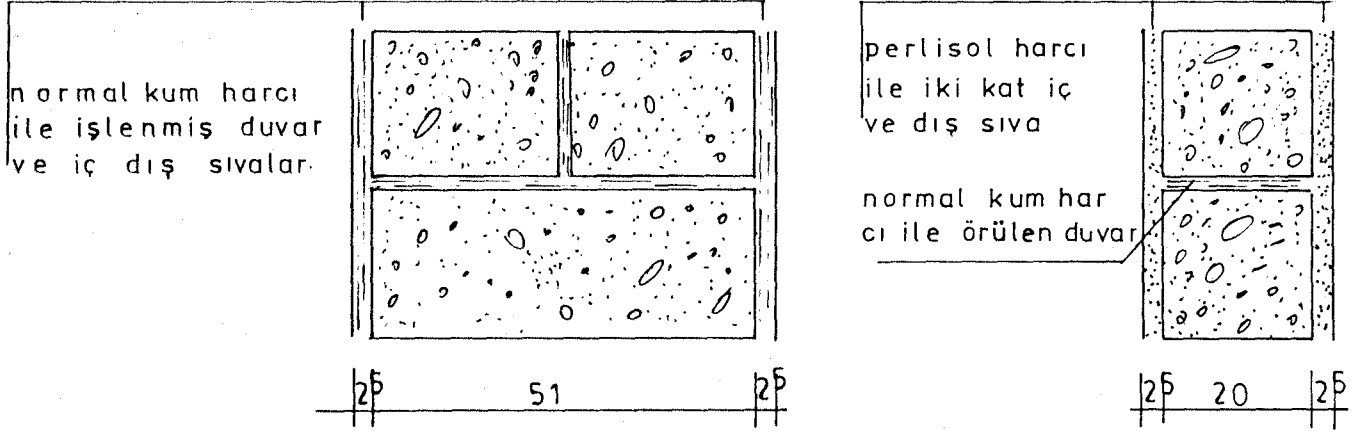
b) Tavanlarda:

Alçılı perlit sıvası kullanılarak yapılan tavanlar ısı yalıtımı özelliğinin yanında ses yalıtımı özelliği de kazanırlar.

c) Duvar yapımında:

Perlitli sıva kullanılarak dış duvarlar ve bölme duvarları yapılır. Özellikle kubbe ve benzeri şekillerdeki dış duvarların ve konstrüksiyonların yapımında çimentolu perlit sıvası kullanılır. Alçılı perlit sıvası ile bina iç bölme duvarları yapılır. Bu teknikte yapılan duvarlar; boşluklu veya dolu gövdeli olur.

### BETON BRİKET DUVAR



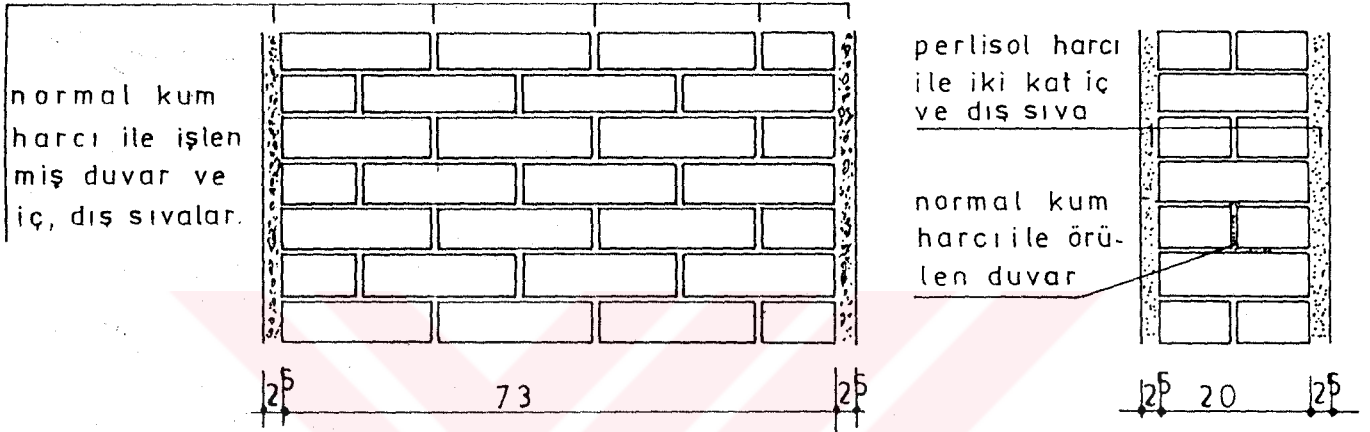
### BETONARME PERDELER



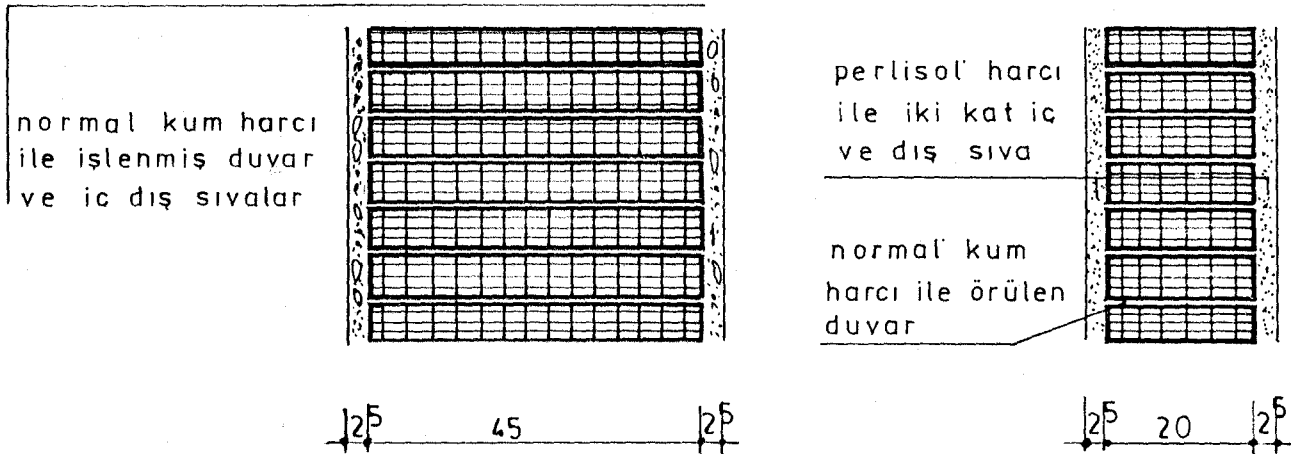
Şekil-14 Perlit Sıvaları ile Malzeme Cinsine Göre Kazanılan Duvar Kalınlıkları

(Şekil 14. devam)

### DOLGU TUĞLA DUVAR



### DELİKLİ FABRİKA TUĞLASI



1) Boşluklu gövdeli duvarlar:

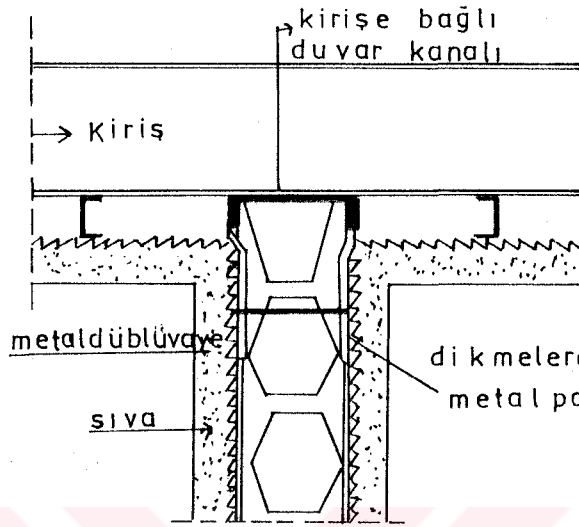
Boşluklu gövdeli duvarlar yük taşıyıcı veya bölme duvarı olarak yapılır.Yapımında kullanılan dikmeler ahşap veya metal olur. Duvar kalınlığı; yüke,istenilen sağlamlığa,ses yalıtım derecesine ve duvar karkasının örtülmesi için gerekli mesafeye bağlı olarak değişir. Sekil- 15'de boşluklu gövdeli duvar detayları verilmiştir.

2) Dolu gövdeli duvarlar:

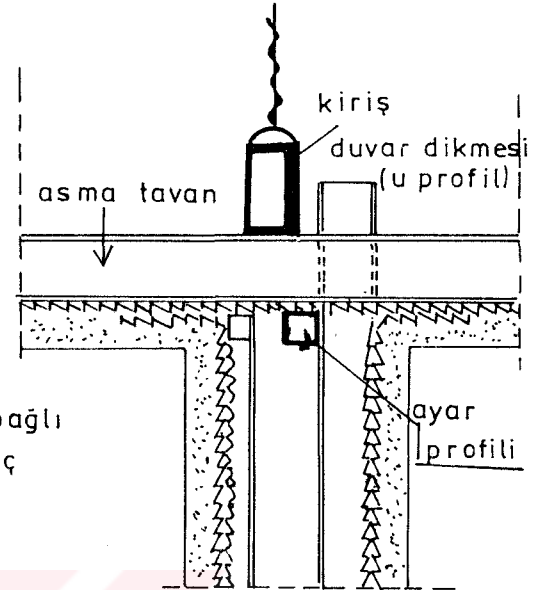
Dolu gövdeli duvarlar; ekonomik,ateşe karşı yüksek dayanım gösteren,az yer kaplayan sistemlerdir.Dolu gövdeli duvarlarda minimum kalınlığın 50 mm olması önerilir.Alçıllı levhalar ile yapılan dolu gövdeli duvar yüksekliği 3.60 metreye ulaşabilir. 8.25 cm kalınlığında yapıldıklarında duvar yüksekliği 7.30 metreye ulaşır. Genellikle 3 metre yüksekliğe kadar yapılmalıdır (Sekil- 16).

d) Yangına karşı korumada:

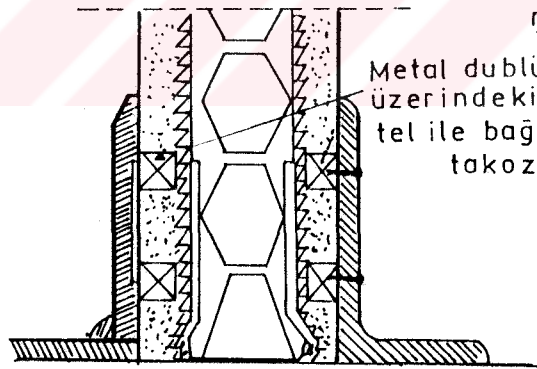
Alçıllı perlit sıvası ile kaplanan duvarlar ateşe karşı dayanıklıdır.Yangın sırasında bağlayıcı maddelerin (çimento, alçı) kristal suları buharlaşır.Bu nedenle bina elemanlarının kristal yapısı bozulur. Taşıyıcılık özelliklerini kaybeder ve binanın çökmesine neden olurlar.Alçıllı perlit ile kaplanan kolon ve kirişler,yüksek ısı yalıtımı gösteren perlitli sıvaların,ısıyı içeri iletmemesi ile yangından korunurlar. Yüksek ısı etkisinde kalan alçıllı sıva içindeki alçı belirli bir süre suyunu vermez.Suyu buharlaşmaya başladığında bu su perlit tarafından tutularak ortamdaki uzaklaşması engellenir. Böylece alçı çözülmeyle bağlayıcılığını belirli bir süre korur ve kiriş,kolon,duvarlara direnç kazandırır.Yangına karşı dayanıklılık süresi uygulanan detaylara göre değişir.Sekil 17' de alçıllı perlit sıvası ile kaplanan çelik profillerin yangına karşı dayanım süreleri ve uygulama şekilleri verilmiştir.



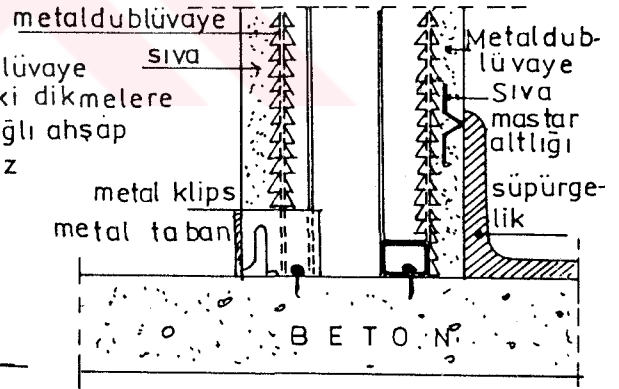
a=TAVANA ASKILI BAĞLANTI  
DETAYI



a=TAVANA DOGRUDAN BAĞLANTI  
DETAYI

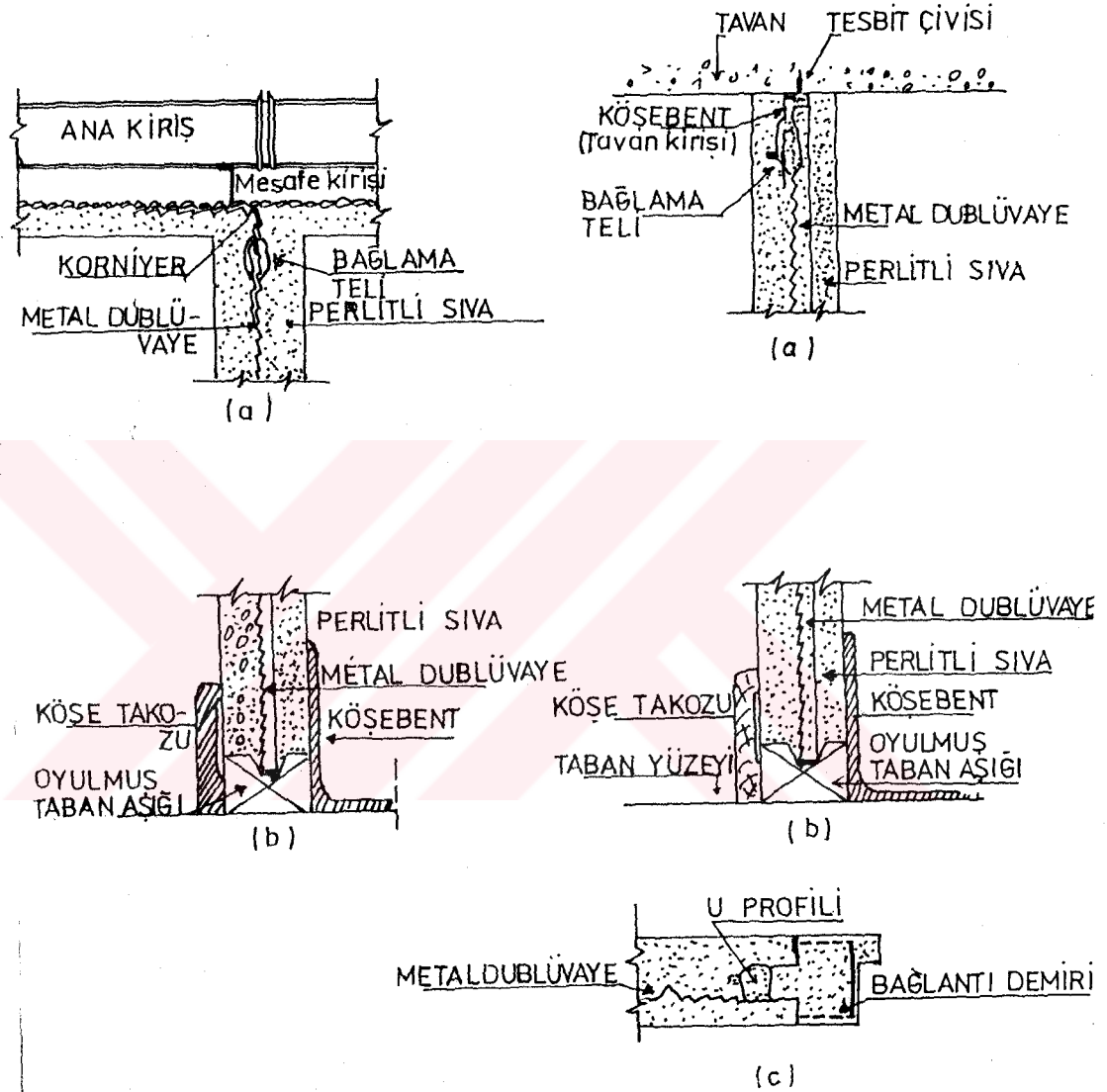


b=TAVANA BAĞLANTI DETAYI:



b=TAVANA BAĞLANTI DETAYI:

**Şekil-15 Boşluklu Gövdeli Duvarlara Ait İki Örnek**

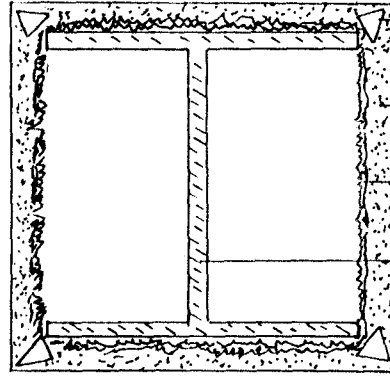


a-Asma tavana bağlantı detayı  
b-Tabana bağlantı detayı

a-Beton döşemeye bağlantı detayı  
b-Tabana bağlantı detayı  
c Metal kapı kasası detayı

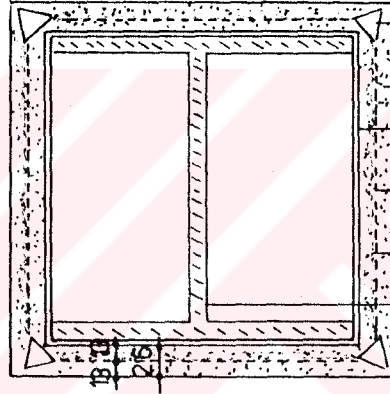
Şekil-16 Dolu Gövdeli Duvarlara Ait İki Örnek

4 SAAT



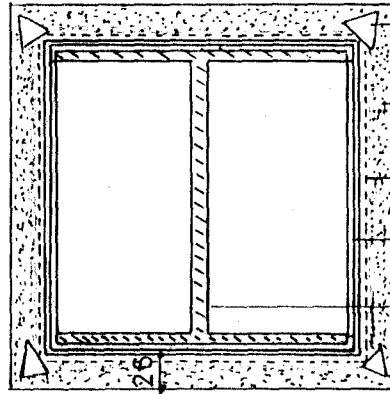
METAL ÇITA  
PERLİT ALÇI  
METAL DÜBLÜVAYE  
I PROFİLİ

4 SAAT



METAL ÇITA  
PERLİT ALÇI 13mm  
ALÇI SIVASI 13mm  
METAL TEL  
ALÇI PERLİT 13mm  
I PROFİLİ

3 SAAT



METAL ÇITA  
PERLİT-ALÇI  
METAL TEL  
ALÇI SIVA 13mm  
I PROFİLİ

Şekil-17 Alçı-Perlit Sıvasıyla Kaplanan Çelik Profillerin Yangına Karşı Dayanım Süreleri ve Uygulama Şekilleri

I-9-2) TARIM SEKTÖRÜ:

Toprakların fiziksel özelliklerinin istenen yönde değiştirilmesini amaçlayan çalışmalara, alışıl gelmiş toprak düzenleyicilerinden başka, son otuz yıldır sentetik toprak düzenleyiciler de katılmıştır. Bu yolla, toprağın bir yandan erozyonla elden çıkmasının önlenmesi, diğer yandan toprağın su geçirgenliği değiştirilerek, toprak profiline ait normal su rejiminin kurulması ve düzenlenmesi amaçlanmaktadır. Bunun için kullanılan toprak düzenleyicilerin toprağın su, hava ve fiziksel özelliklerini iyileştirmesi yanında, başka özellikleri de göz önüne alınmalıdır. Bunlardan başlıcaları, toprağın kimyasal ve biyolojik dengesini düzeltmesi veya en azından bozmaması, bitkilere zarar vermemesi, kolay ve bol olması, zaman içinde fiziksel ve kimyasal olarak hızla ayrışmaması ( uzun süre etkili olması), parçalanma ürünlerinin toprak ve bitkiye zarar vermemesi olarak sıralanabilir.

Seralarda iyi nitelikte toprakların bulunup kullanılması gittikçe zorlaşmaktadır. Bunun sonucu olarak çeşitli katkı maddelerinin kullanımı son yıllarda büyük artış göstermiştir. Katkı maddesi-toprak karışımlarında, toprağın bitki besin maddelerince zengin olmasının yanında, hastalığa neden olabilecek yabancı ot tohumu ve zararlı organizmalar içermemesi, karışımın sürekli olarak kullanılabilmesi gibi noktalara dikkat edilmelidir. Karışımın fiziksel özelliklerini düzenleme görevini yüklenen katkı maddeleri arasında perlit, üstün nitelikleriyle önemli bir yer tutar. Perlitin hafifliği, toprağın mineral yapı maddelerini andıran bileşimi, steril oluşu, kolay uygulanması, yüksek havalanma ve su tutma yeteneği, ucuzluğu, kimyasal ve biyolojik parçalanmaya dayanıklılığı gibi üstünlükleri vardır. Tablo- 21'de ideal bir katkı maddesi ve perlitin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Perlit, üstün niteliklerinin yanısıra uygun olmayan biçimde kullanıldığında, yetiştiriciye zarar da verebilir. Perlitin suyu ve besin maddelerini düşük tansiyonda tuttuğu, bileşiminde besin maddesi bulunmadığı, düşük reaksiyonlarda toksik etkile-



ri olabileceği, hafifliği nedeni ile açık havada rüzgarla kolayca taşınabileceği, hazırlanması ve uygulanması sırasında mutlaka ısıtılması gerektiği, steril olmasına karşın bir bu-  
laşma söz konusu olduğunda yüksek su tutma ve havalanma özel-  
likleri ile hastalık yapıcı mikroplar için bir yuva da olabi-  
leceği göz önünde bulundurulursa perlit uygulamalarında başa-  
rılı sonuçlar alınabilecektir. Genleştirilmiş perlit tarımda;

- 1) Toprak düzenleyici olarak
- 2) Çimlendirme ve köklendirmede
- 3) Saksı bitkileri ve kasada yetiştirilen fidanlarda
- 4) Sera tezgahlarının hazırlanmasında
- 5) Seralarda su kayıplarını azaltmakta
- 6) Üretim kaplarında drenajı sağlamada
- 7) Köklenmiş çiçekleri, durgun dönemdeki bitkileri veya soğan-  
ları paketlemede
- 8) Çok yıllık süs bitkilerinin bakımında
- 9) Çiçeklerin düzenlenmesinde (Aranjman)
- 10) Zirai mücadele ilaçları için taşıyıcı madde olarak kulla-  
nılmaktadır.

	Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	Toplam Porozite (%)	Havalanma Porozitesi (%)	Kolaylıkla Yararlanılan Su (%)
İdeal Katkı Maddesi	0.215	85	20-30	20-30
Perlit	0.130	92.7-94.2	52.7-62.4	9.3-12.5

Tablo-21 İdeal Bir Katkı Maddesi ve Perlitin Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması.

### I-9-3) SANAYİ SEKTÖRÜ:

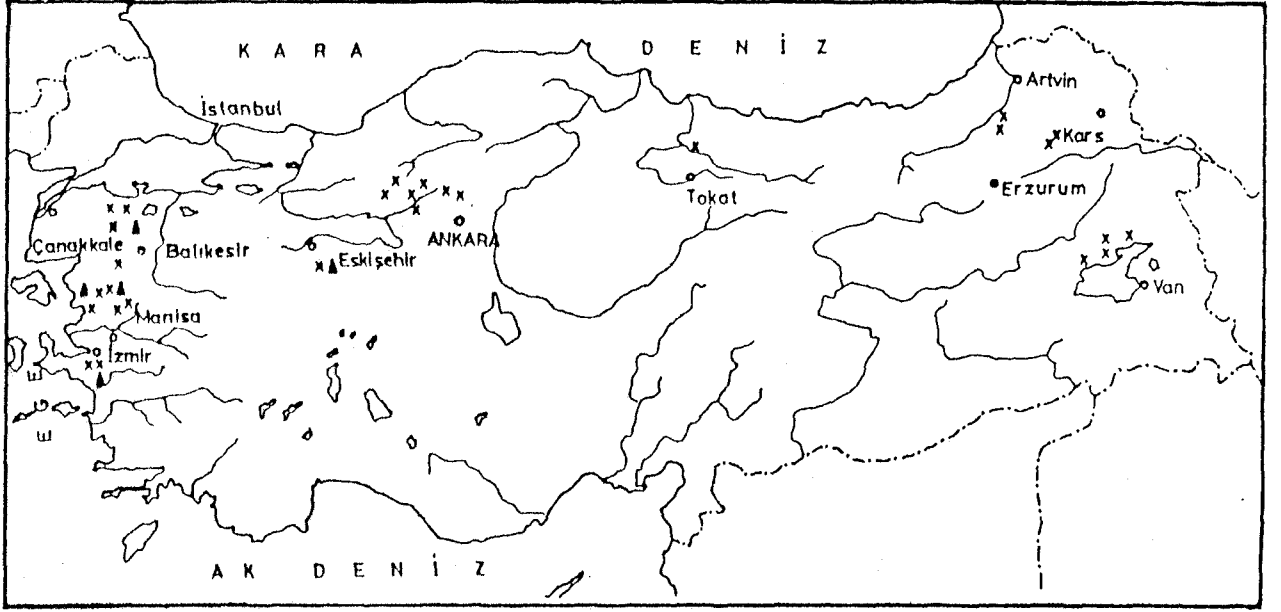
Perlit sanayi sektöründe çeşitli alanlarda kullanılır. Bunlardan başlıcaları şunlardır:

- 1) Pütürlü yüzey veren boya yapımı
- 2) İlaç, şarap, bira, alkolsüz içkiler, yemeklik yağ ve şeker gibi maddelerin süzülmesinde filtre yardımcısı
- 3) Derin sondajcılık
- 4) Ambalaj sanayii
- 5) Gres ve yağ emici madde
- 6) Temizleyiciler, sabunlar için aşındırıcı
- 7) Düşük sıcaklık ve kriyojenik yalıtım maddesi, oksijen, azot gibi sıvı gazların izolasyonu
- 8) Metalurjide cüruf tutucu ve ergimiş metal yüzey ısısını tutucu
- 9) Çelik endüstrisi

### I-10) TÜRKİYE PERLİT YATAKLARI VE ÜRETİMİ

Türkiyedeki perlit yataklarının, eski büyük kristalen masiflerin kenarında veya çevresindeki volkanik faaliyetlere bağlı olarak yer aldıkları görülür. Bu volkanlar büyüklü küçüklü gruplar oluştururlar. Bazı bölgelerde ise bir çizgi boyunca dizilirler. Bununla beraber tek başına oluşanlarına da rastlanır. Türkiye perlit yatakları bu volkanik faaliyetlere bağlı olarak Batı Anadolu, Orta Anadolu ve Doğu Anadolu olmak üzere üç bölgede yoğunlaşmıştır (Şekil - 18). Bu kaynaklar 5 milyar ton kadardır. Tablo-22'de büyük perlit yataklarından bazıları rezerv miktarları ile verilmiştir.

Perlit rezervleri göz önüne alındığında Türkiye zengin bir ülkedir. Halen 6 firma ham perlit üretmektedir. Bu firmaların adları, üretim veya kapasiteleri tablo-23'de verilmiştir.



x :Perlit Yatakları      A:Halén İşletilen Yataklar

Sekil-18 Türkiye'de Perlit Yatakları (M.T.A Rapor.no.2791)

Yeri	Rezerv (Ton)	Kalite/Tenör (%)
Ankara (Çamlıdere)	8.000.000 (1)	İyi
Ankara (Çubuk)	53.000.000 (1)	
Ankara (Kızılcahamam)	41.200.000 (1)	Çok iyi
Balıkesir (Savaştepe-Sındırgı)	42.000.000 (P)	Orta
Bitlis (Tatvan-Adilcevaz)	940.000.000 (P)	Orta
Çankırı	15.000.000 (P)	
Erzurum (Pasinler)	292.500.000 (P)	Orta
Erzincan	73.500.000 (1)	İyi

(Tablo 22. devam)

Eskişehir	15.100.000 (2)	
İzmir (Seferhisar- Cumaovası)	50.000.000 (1)	İyi
İzmir (Foça)	14.000.000 (P)	Orta
İzmir (Bergama-Dikili)	28.000.000 (P)	
Kars (Sarıkamış)	1.311.500.000 (P)	
Manisa (Demirci)	17.700.000 (P)	
Nevşehir (Merkez- Derinkuyu)	780.000.000 (P)	
Van-Erciş	1.400.000.000 (1)	İyi

(1) Görünür rezerv

(2) Muhtemel rezerv

(P) Potansiyel rezerv

Tablo-22 Türkiyedeki Bazı Büyük Perlit Yatakları.

Kaynak: "Türkiyenin bilinen maden ve mineral kaynakları"  
M.T.A. No:185, 1981

Firma Adı	Yeri	Üretim veya Kapasite
Etibank	Cumaovası, Manisa	Kapasite: Yılda 180.000 ton ham perlit, 140.000 ton kırılmış-tasnif edilmiş perlit
Pabalk Ticaret ve Perlit Sanayii A.Ş	Biga, Soma	Kapasite: Yılda 6000 ton ham perlit
Perlisan Madencilik ve İnşaat Ltd.Şti.	İzmir, Dikili	Kapasite: Günde 500 ton ham perlit
Oktay San.ve Tic. Mustafa Altun	Konya	Kapasite: Yılda 480 ton öğütülmüş perlit
Perlitsan Perlit Türevleri San. ve Ltd.Şti.	Gönen, Bergama	Üretim: 550 Ton/yıl ham perlit.
Düzgün Ürün	Mollaköy-Erzincan	Kapasite: 80.000 ton/yıl kırılmış elenmiş perlit

Tablo-23 Türkiyede Perlit Cevheri Çıkaran Firmaların Adları, Yerleri, Üretim veya Kapasiteleri (YALÇIN, 1985).

Ülkemizde halen başlıca 5 perlit geliştirme tesisi mevcuttur. Bunların adları, yeri ve kapasiteleri tablo- 24'de belirtilmiştir.

Firma Adı	Yeri	Kapasitesi
Etibank Perlit İşletmesi	Cumaovası-Izmir	Yılda 50.000 m <sup>3</sup> genişmiş perlit, 20.000 m <sup>3</sup> hazır sıva 240.000 m <sup>2</sup> blok tuğla ve 35.000 m <sup>2</sup> bölme panosu
Pabalk Tic. ve Perlit San.A.Ş.	Haliç-Istanbul	Yılda 49.000 m <sup>3</sup> genişmiş perlit (zirai, izolasyon ve filtre yardımcı malzeme olarak kullanıma uygun)
Superlit Perlit Fab.	Yunus-Istanbul	Yılda 360 ton genişirme kapasitesi vardır. Tarım, izolasyon ve ziraat perlitini üretmektedir.
Persa Perlit Fab.	Üsküdar-Istanbul	Filtre yardımcı malzemesi olarak yılda 300 ton perlit genişirmektedir.
Aker Perlit Fab.	Istanbul	Günde 50-60 m <sup>3</sup> filtre yardımcı malzemesi üretmektedir.

Tablo-24 Perlit Genleştirme Firmalarının Adı, Yeri ve Kapasiteleri (YALÇIN, 1985).

Etibanktan sonra diğer perlit üreticileri küçük ölçekli firmalardır. Pabalk Tic. ve Perlit San.A.Ş. Biga ve Somada olmak üzere iki perlit ocağına sahiptir. Bu ocaklardan yılda toplam 6.000 ton civarında ham perlit çıkarılır. Etibank Cumaovası Tesislerinde ise yaklaşık olarak 60.000 ton kırılmış elenmiş perlit üretilmektedir.

Istanbulda genişirme tesisleri olan Superlit, Persa ve Aker fabrikaları talep üzerine perlit genişirirler. Persa % 25, Superlit % 50 kapasite ile üretim yapmaktadır.

Ülkemizde hem inşaat sektöründeki durgunluk, hem de gerekli tanıtımın yapılmamasından dolayı üretici talebi düşüktür. İmar ve İskan Bakanlığı tarafından 30/10/1981 tarihinde "Binalarda ısı tasarrufu" sağlanması amacıyla yayınlanan yönetmelikte, ısı yalıtımı bölgelere göre belirli sınırlar içinde zorunlu tutulmuştur. Bu sayede iyi geliştirilmiş perlitin yurtiçi kullanımı nisbeten artmıştır.

Beşinci ve altıncı beş yıllık kalkınma planlarında ham perlit üretim miktarları tablo-25 ve 26'da verilmektedir.

Perlit dışsatımı genel olarak geliştirilmemiş ürün olarak daha çok Batı Avrupa ülkelerine; İngiltere, Fransa, Batı Almanya, Belçika, İtalyaya yapılmaktadır. İhraç edilen perlit filtre ve inşaat yapımında kullanılmaya uygundur.

1978		1983		1984(Tahmin)		1989(Hedef)		Yıllık Artış %	
Miktar	Deger	Miktar	Deger	Miktar	Deger	Miktar	Deger	1978-1983	1984-1989
6.0	35.4	30	177	30	177.5	47	277.3	37.97	9.32

Tablo-25 Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planında Ham Perlite Ait Miktar, Deger ve Yıllık Artış Oranı (1985-1989). Miktar=1000 ton, deger=milyon TL olarak alınmıştır.

1984		1988		1989(Tahmin)		1994(Hedef)		Yıllık Artış %	
Miktar	Deger	Miktar	Deger	Miktar	Deger	Miktar	Deger		
29.2	707	86.8	2100	85	2406	130	3679		8.9

Tablo-26 Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planında 1984 - 1988 Yıllarında Gerçekleşen Ham Perlit Üretimleri, 1989 ve 1994 Yıllarına Ait Tahmin ve Hedefler. Miktar=1000 ton Deger=milyon TL.

#### I-11) HEDEF PAZARLARIN INCELENMESİ

Perlit rezervleri bulunmayan, ama perlit ithal edip geniş-tiren ülkeler hedef pazarlarımız olarak belirlenmiştir. İngil-tere, Batı Almanya, Fransa, Belçika-Lüksemburg, Hollanda, İspanya Avusturya ve Danimarka perlit ithalatçısı başlıca ülkelerdir. Türkiye'nin perlit ihracatının hemen hepsi Batı Avrupa, özel-likle AET ülkelerine yönelik, fakat oldukça düzensizdir. Bu pazarda Yunanistan, İtalya, Macaristan ve BDT rakip ülkelerdir. Türkiye için cazip pazarlar olan Ortadoğu ve Kuzey Afrika ül-keleri nakliye avantajlarımızın olduğu ve müteahhitlerimizin faaliyet alanlarına giren ülkelerdir. Ama bu ülkelere perlit ihracatı yapabilmek için bu bölgelerde perlit geliştirme te-sislerinin kurulması ve perlit kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir (YALÇIN 1985).

Mevcut potansiyele oranla oldukça düşük bir ihracat hacmi-ne sahip olan Türkiye'nin dünya pazarlarındaki payını yükselt-mesi gerekmektedir. Tablo- 27'de AET ülkelerinin ithalatı ve-rilmiştir (YALÇIN, 1985).

Yıllar	Yunanistan	İtalya	BDT	Macaristan	Türkiye
1978	178	64	47	9	24
1979	206	66	55	9	22
1980	213	62	58	11	20
1981	147	69	60	13	3
1982	142	62	72	13	9
1983	123	67	95	11	3

Tablo-27 AET Ülkelerinin Ham Perlit İthalatı (Bin ton).

#### I-12) DÜNYA PERLİT YATAKLARI VE ÜRETİMİ

Dünya perlit yatakları asidik volkanizmanın mevcut olduğu bazı bölgelerde bulunur. Başlıca ülkeler ve bölgeler için tah-mini perlit rezervleri tablo-28'de verilmiştir.



	Toplam tahmini rezerv (milyon ton)
KUZEY AMERIKA	
ABD	700
Meksika	10
AVRUPA	
Yunanistan	200
Macaristan	10
İtalya	10
BDT	1500
Diğerleri	70
ASYA, OKYANUSYA	
Japonya	35
Yeni Zelanda	25
Türkiye	5000
Diğerleri	40
DÜNYA TOPLAMI:	7600

Tablo-28 Dünya Perlit Yatakları ve Rezerv Miktarları  
(YALÇIN, 1985).

Üç ülke; ABD, BDT ve Yunanistan toplam dünya üretiminin % 70' ini karşılamaktadır. Türkiyenin dünya üretimindeki payı ise %3 oranındadır. Tablo-29'da dünya perlit üretimi verilmiştir (1985-1987 yılları arası).

Ülkeler	1985	1986	1987
ABD	615.000	667.000	670.000 (e)
BDT (e)	600.000	600.000	600.000
Yunanistan	400.000	541.000	530.000 (e)
Türkiye	60.000	103.000	143.000
Macaristan	94.000	109.000	112.000
İtalya (e)	80.000	73.000	(b)
Japonya (e)	75.000	75.000	75.000

(Tablo 29. devam)

Çekoslovakya (a)	44.000 (e)	41.000	42.000
Meksika	37.000	35.000 (e)	(b)
Filipinler	3.000	24.000	(b)
Arjantin	16.000	19.000	(b)
Avustralya	2.000	3.000	(b)

a=Genleştirilmiş e=Tahmini b=Bulunamadı Birim=ton

Tablo-29 Dünya Perlit Üretimi (1985-1987).  
(Industrial Minerals)

#### I-12) DENEYLER

Perlit örneklerinin ısı iletkenliği, kimyasal analizleri, ve birim hacim ağırlıkları Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

#### Isı iletkenliğinin ölçülmesi:

Binalarda ısı yalıtımı: İç hacimlerle dış hava ve değişik sıcaklıktaki hacimler arasında ısı akışını azaltıcı önlemlerin tümüdür.

Isı iletkenliği: Homojen bir malzemenin kararlı hal şartlarında birbirine paralel iki yüzeyin sıcaklıkları arasındaki fark 1 °C (1 K) olduğunda, birim zamanda (1 saat) birim alan (1 m<sup>2</sup>) ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan (1m) geçen ısı miktarıdır. Birimi KCal/mh°C, W/mK'dır. L sembolü ile gösterilir.

Saptanması: Isı geçirgenlik katsayısı ölçülecek yapı elemanları 500 X 500 mm, boyutlarında ve 10 - 125 mm kalınlığında çift olarak hazırlanır. Yapı elemanlarının ısıtıcı ve soğuk plakalarla tam bir yüzey teması sağlanmalıdır.

Ölçüm şu formüle göre yapılır;

$$L=q*b/2A(t_2-t_1) \quad q=0.86*E*I$$

E: Isıtıcı plaka rezistansına uygulanan gerilim (Volt)

I: Isıtıcı plaka rezistansından geçen akım (Amper)

$\emptyset.86$ : Çevrim katsayısı

A: Yapı elemanı yüzey alanı (m<sup>2</sup>)

b: Yapı elemanı kalınlığı (m)

t<sub>2</sub>: Isıtıcı plaka sıcaklığı (°C)

t<sub>1</sub>: Soğuk plaka sıcaklığı (°C)

Numuneye ait değerler:

Özellik	Birimi	Numune 1	Numune 2
Boy	: mm	500	500
En	: mm	500	500
Deneydeki kalınlık	: mm	50	50
Kuru birim hacim ağırlığı	: Kg/m <sup>3</sup>	46.70	46.70
Kuru birim alan ağırlığı	: Kg/m <sup>2</sup>	2.34	2.34

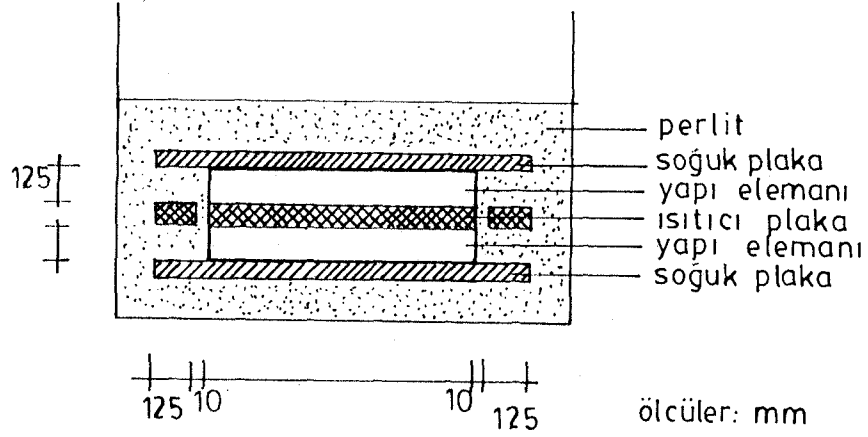
Deney ölçü değerleri:

Deney no	Numune sıcak yüzeyi ort. sic. (t <sub>2</sub> )	Numune soğuk yüzeyi ort. sic. (t <sub>1</sub> )	Ortalama sic. farkı (t <sub>2</sub> -t <sub>1</sub> )	Ortalama sıcaklık t <sub>2</sub> +t <sub>1</sub>	Ortalama ısı ilet. t <sub>0</sub> = Kcal/mh°C W/mK	
1	30	15	15	22.5	0.043	0.050
2	42	18	24	30	0.046	0.053
3	59	21	38	40	0.049	0.057

Kurutma sıcaklığı: 105 ± 2 °C

Kurutma şekli : %0.2 değişmez ağırlık durumuna gelinceye kadar numuneler aspirasyonlu etüvde tutularak kurutulmuşlardır.

L'nin 0.034-0.052 KCal/mh°C değerleri arasında olması istenir.



Sekil-19 Isı İletkenliğini Ölçen Cihazın Kesit Görünüşü.

Isı geçirgenlik direncinin hesaplanması: Bir yapı bileşeninin ısı etkilerinden koruma özelliğinin saptanmasında ısı geçirgenlik direncinin ( $1/L$ ) belirlenmesi yeterlidir.

$$1/L = d_1/L_1 + d_2/L_2 + d_3/L_3 + \dots + d_n/L_n = m^2h^\circ C/KCal$$

$L_1 \dots L_n$  = Yapı bileşenlerini meydana getiren tabakaların ısı iletkenliği hesap değerleri ( $KCal/mh^\circ C$ )

$d_1 \dots d_n$  = Yapı bileşenini meydana getiren tabaka kalınlıkları (m)

Perlitli sıvaların ısı iletkenlik hesap değerleri  $L = 0.14$   $KCal/mh^\circ C$  olarak alındığında, 1 cm kalınlıktaki perlitli sıvanın sağlayacağı ısı geçirgenlik direnci;

$$1/L = 0.01/0.14 = 0.0714 \text{ m}^2h^\circ C/KCal \text{ 'dir.}$$

Bu durumda 1 cm perlitli sıva ile aynı ısı geçirgenlik direncini verecek çeşitli elemanların kalınlıkları şöyle hesaplanır:

Beton veya betonarme duvar ( $L = 1.75$ )

$$1/L = 0.0714 = d/1.75 \Rightarrow d = 12.5 \text{ cm}$$

Çimento harçlı sıva (L=1.20)

$$1/L=0.0714=d/1.20 \Rightarrow d=8.5 \text{ cm}$$

Kireç-çimento karışımı sıva (L=0.75)

$$1/L=0.0714=d/0.75 \Rightarrow d=5.4 \text{ cm}$$

Dolu tuğla duvar (L=0.68)

$$1/L=0.0714=d/0.68 \Rightarrow d=5 \text{ cm}$$

Delikli tuğla duvar (L=0.40)

$$1/L=0.0714=d/0.40 \Rightarrow d=3 \text{ cm}$$

Kimyasal analiz sonuçları:

Manisa ve Kızıltepe'den alınan perlit numunelerinin kimyasal analiz sonuçları asit volkanik karakteri yansıtmakta olup tablo-30'daki değerlerle uyumludur.

Bileşenler	Manisa (%)	Kızıltepe (%)
SiO <sub>2</sub>	73.03	73.46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.94	12.24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.81	0.75
CaO	0.85	0.83
K <sub>2</sub> O	5.13	5.04
Na <sub>2</sub> O	3.41	2.93
MgO	0.08	0.11
TiO <sub>2</sub>	0.10	0.09
MnO <sub>2</sub>	0.06	0.06
H <sub>2</sub> O	3.50	4.03

Tablo-30 Manisa ve Kızıltepe'den Derlenen Perlit Numunelerinin Kimyasal Analiz Sonuçları.

Genleşmiş perlitin birim hacim ağırlığının ölçülmesi:

Genleşen perlit,ölçekli bir cam kap içine alınarak birlikte tartılır.Tartımda elde edilen sonuçtan cam kabın boş ağırlığı çıkartılır ve gram/litre cinsinden genleşmiş perlitin birim hacim ağırlığı bulunur.

$$GPBHA = \frac{Wd - Wb}{V}$$

GPBHA = Genleşmiş perlitin birim hacim ağırlığı (gr/lt)

Wd = Genleşmiş perlit dolu kabın ağırlığı (gr)

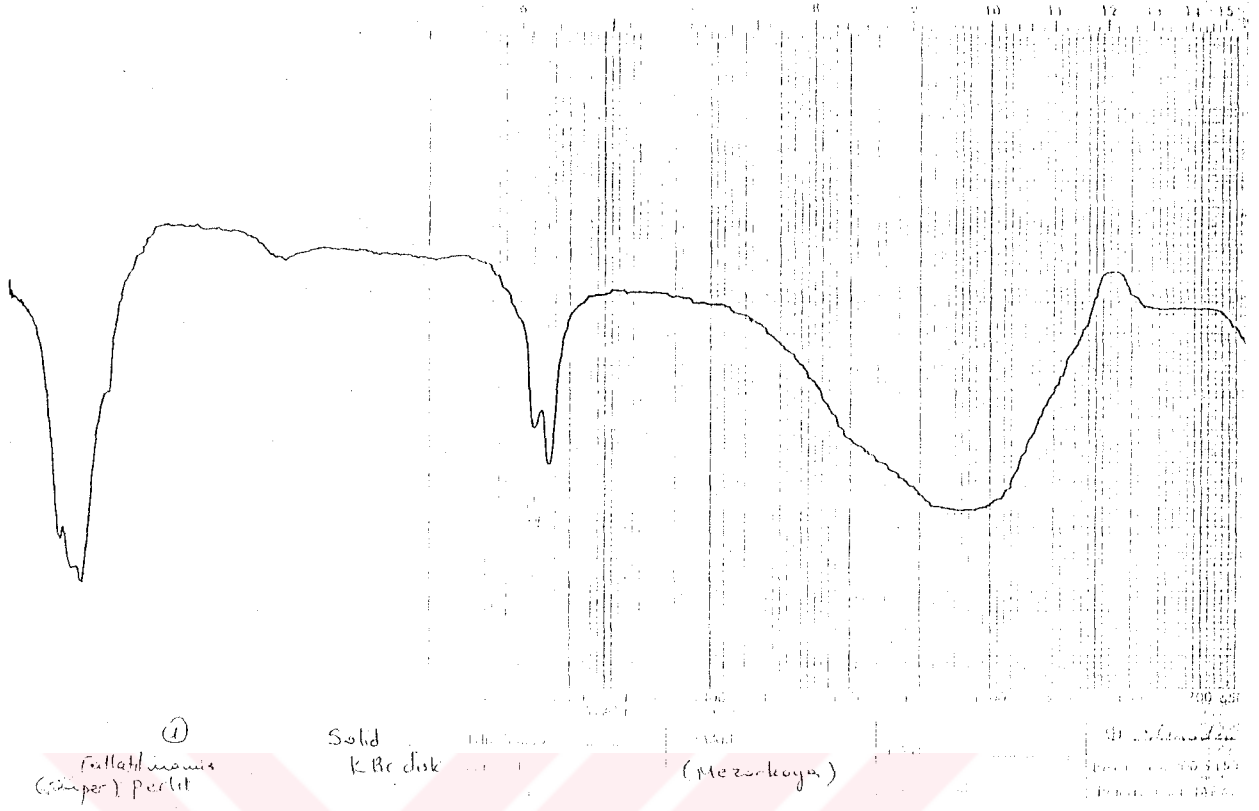
Wb = Boş kabın ağırlığı (gr)

V = Kabın hacmi (lt)

Genleşmiş iri taneli perlitin birim hacim ağırlığının ortalama 75 gr/lt olduğu saptanmıştır. Bu sonuca göre genleşmenin oldukça iyi olduğu ileri sürülebilir.

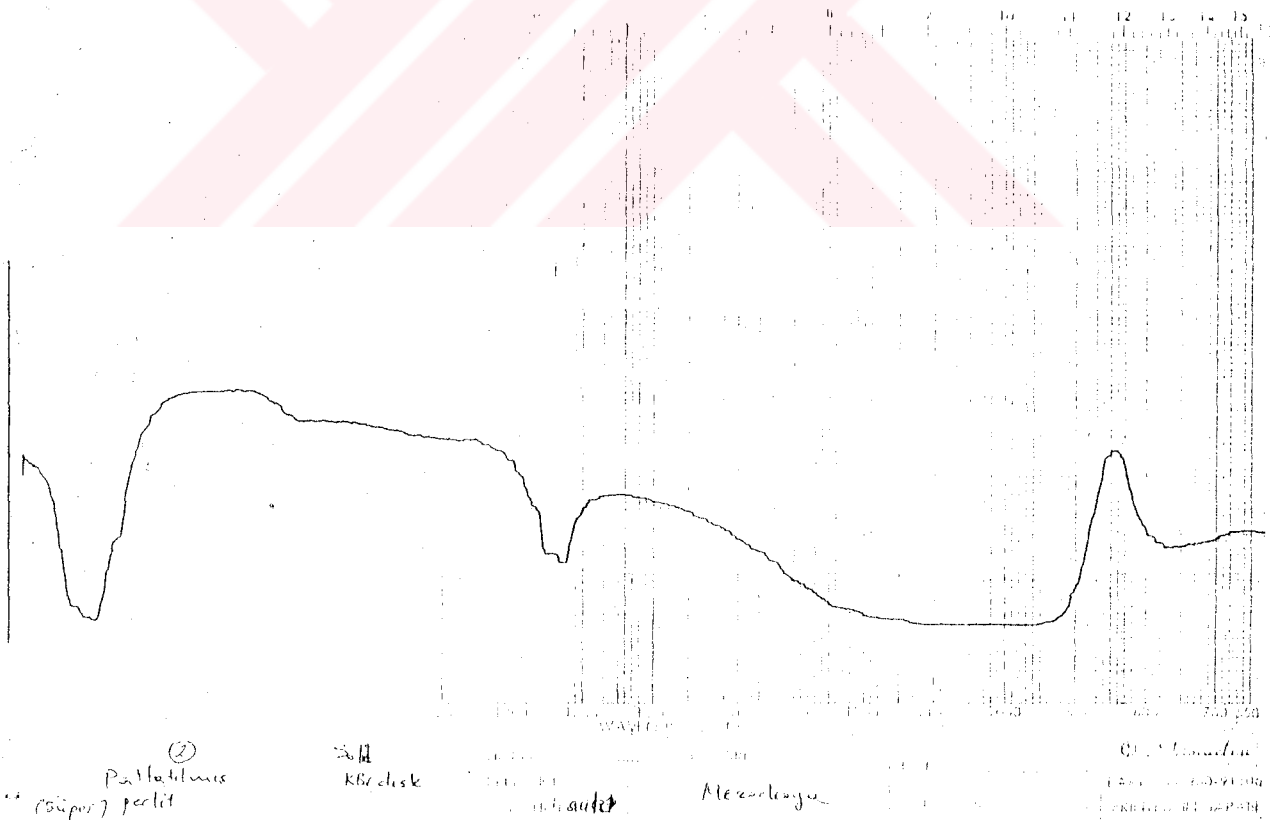
**Infrared (Kızılötesi) spektrometre yöntemi:**

Bu yöntemle perlit içinde bulunabilen %2-6 oranındaki suyun, kayaç içinde bağlı olabileceği elementler ile ne tip kimyasal bağlar oluşturduğu ve suyun kayacı terk etme sıcaklıkları ile olan ilişkileri incelenebilir. Infrared spektrometre analizleri için Balıkesir Mühendislik Fakültesi Laboratuvarlarındaki Schmadzu IR 408 cihazı kullanılmıştır. 2 mg toz numune 200 mg KBr içine ilave edilerek homojen hale gelinceye kadar karıştırılmış ve 120 °C'de etüve konularak 24 saat bekletilmiştir. Bu işlemden sonra tablet haline getirilen numunelerin spektrometrede 2.5-15 µ dalga boyları arasında ölçümleri yapılarak, absorpsiyonlar otomatik bir kaydedici ile diagramlar üzerine kaydedilmiştir. Şekil-20' deki infrared diagramlarında en kuvvetli absorpsiyonların 2.70 - 3.12, 6.20, 8 - 11 ve 12.50 µ' larda olduğu saptanmıştır. 8-11 ve 12.50 µ civarlarındaki pikler sıkı bağlı silis tetraederlerine aittir. 2.70-3.12 ve 6.20 µ civarlarındakiler ise hücre suyu veya düzenli su pikleridir.



①  
Pallatılmış  
(Süper) perlit  
Solid  
KBr disk  
(Mezarkaya)  
Q. Menden  
100-1000  
1000-10000

(1) Genleştirilmemiş Perlit Infrared Diagramı



②  
Pallatılmış  
(Süper) perlit  
Solid  
KBr disk  
(Mezarkaya)  
Q. Menden  
100-1000  
1000-10000

(2) Genleştirilmiş Perlit Infrared Diagramı

Şekil-20 Genleştirilmemiş (1) ve Genleştirilmiş (2) Perlit Infrared Diagramları

## BÖLÜM - II

### DİĞER HAFIF İNŞAAT MALZEMELERİ

#### II-1) POMZA

Volkanik bir cam olan pomza; ülkemizde sünger taşı, köpük taşı, hışır taşı, nasır taşı ve küvek olarak da bilinmektedir. İri taneli olanlarına İngilizcede pumice stone, Almandada bimsstein, küçük taneli olanlarına ise İngilizcede pumicite almandada ise bims denilmektedir. Fransızcadada hem büyük hem de küçük taneli olanlar pierre ponce olarak adlandırılmaktadır.

Aktif volkanların bacalarında oluşan tıkanıklıklar, bacadaki basıncın yükselmesine ve su ile diğer gazların ergimiş haldeki magma içinde çözünmesine yol açar. Volkanda püskürme başladığında ani basınç düşmesi ile magma içindeki gazlar hızla uzaklaşır. Geride kalan küresel şekilli ergimiş magma, püskürerek atmosferle temas eder ve ani olarak soğur. Böylece bol gözenekli ve gözeneklerin birbirleriyle bağlantılı olmadığı pomza diye adlandırılan kayaç meydana gelir. Pomza sahalarında %1-3 oranında andezit, bazalt ve opsidyen gibi diğer volkanitler istenmeyen kayaçlardır.

Oluşan pomza parçaları volkan bacalarının yakınından başlayarak uzaklara doğru hava akımının etkisiyle, eski yüzey şekline uygun olarak depolanırlar. Böylece pomza yatakları meydana gelir. Birincil durumdaki pomza yatakları zamanla akarsular tarafından taşınarak tekrar uygun havzalarda depolanırlar. Birincil durumdakilerin içinde % 1-3 oranında andezit, bazalt, opsidyen gibi volkanik kaya parçaları bulunur. İkincil durumda oluşan pomza yataklarında ise yabancı maddeler daha fazladır. Bazen yabancı madde oranı % 50'ye ulaşabilir.

Asidik ve bazik olarak iki çeşidi olan pomzanın, daha çok asidik olanı kullanılır. Asidik pomza beyaz veya kirli beyaz renkli olup özgül ağırlığı  $0.5-1.0 \text{ gr/cm}^3$ , bazik pomza (Scoria) kahverengi-siyah renkli olup özgül ağırlığı  $1-2 \text{ gr/cm}^3$ 'tür.



Yapısının bol gözenekli olması nedeniyle, pomzanın ısı ve ses geçirgenliği düşüktür. Sertliği 5.5 - 6.0 mohs'tur. Bünyesinde kristal suyu yoktur. % 50'den fazla su emme özelliğine sahiptir.

Pomzanın kimyasal özelliği geniş sınırlar içinde değişim göstermektedir. Bünyesinde kristal suyu yoktur. Ortalama ağırlık yüzdesi olarak kimyasal analiz sonuçları tablo - 31'deki gibidir.

Bileşen	Ağırlıkça %
SiO <sub>2</sub>	60 - 75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13 - 15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 - 4
Na <sub>2</sub> O	2 - 5
K <sub>2</sub> O	3 - 4
CaO	1 - 2
MgO	1 - 2
Ateşte kayıp	4 - 5

Tablo-31 Pomzanın Ortalama Kimyasal Analiz Sonuçları  
(İŞCAN, 1989).

#### Üretimi:

Pomza üretimi açık ocak madenciliği şeklinde yapılır. Üretim için bir çok yerde sadece kazma ve kürek, bazı büyük ocaklarda ise dozer ve kepçe kullanılır.

Pomza, ocakta elekten geçirilerek üç santimden küçük boyutlu olanları bir kenara atılır veya yığılır. Üç santimden büyük olanlar ise çuvallanarak tesise getirilir. Tesiste döner eleklerden geçirilerek 3-4-5-6 cm boyutlarına ayrılır, içindeki yabancı maddeler temizlenir. Döner eleklerden geçirmenin bir diğer nedeni de, pomza parçalarının sivri kısımlarının yuvarlatılmasıdır.

Döner elekten geçirilip boyutlarına göre sınıflandırılan pomza genellikle yere serilerek güneşte kurutulur. Az sayıda

firma elekten geçirilen taşı yıkayıp toz, topraktan arındırır, kurutma işlemini normal veya sıcak hava püskürterek yapar. Böylece başta %30-35 civarında (hatta kış aylarında %50) olan su oranı, güneşte kuruyunca %10 civarına, suni kurutmayla ise %7'nin altına düşer. Daha sonra ürün ambalajlanır. Ambalajlama genellikle 50, bazen de 30-45 kiloluk plastik çuvalarla yapılır.

İnşaatta kullanılan pomza taneli olup ince eleklerden geçirilerek tasnif edilir ve daha sonra kullanılır. Pomza ince taneli değilse, kırılıp elenerek istenilen boyuta getirilir.

#### Kullanım Alanları:

Pomza en çok inşaat alanında kullanılır. Son yıllarda tekstil sanayiindeki kullanımı özellikle Türkiye açısından çok önemli olmuştur. Bunlardan başka aşındırıcı, kimya, kozmetik, boya sanayi, tarım ve ayrıca pumisit adı verilen ince taneli olanları çimentoda puzzolan materyal olarak kullanılır.

Pomza yapı endüstrisinde özellikle gelişmiş ülkelerde çok kullanılır. Pomzadan üretilen hafif beton bloklar, briketler ve diğer kullanım şekilleri, inşaatla kullanılan harç ve demirden tasarruf sağlar. Bunun yanında pomzanın gözenekli olması pomza kullanılan inşaatlardaki ısı ve ses izolasyonunu ideal hale getirir. Isı kayıpları %50 oranında azalır. Ayrıca normal betona oranla yangına karşı %20 daha dayanıklıdır. Hafif briket ve hazır duvarın nakliyesi de kolaydır. Pomza betonunun normal betona kıyasla önemli bir üstünlüğü daha vardır. Bu da elastik olması nedeniyle depreme karşı dayanıklı oluşudur. Ayrıca dondan etkilenmez.

### Türkiye ve Dünyada Pomza:

Ülkemizde bilinen belli başlı pomza sahaları, Orta Anadolu bölgesinde Nevşehir, Niğde, Kayseri, Konya, Ankara; Doğu Anadolu bölgesinde Bitlis, Van, Ağrı, Muş, Kars, Erzurum; Batı Anadolu'da ise Muğla, Isparta illeri çevresinde bulunmaktadır.

Türkiye'nin pomza talebi önceleri daha çok briket ve hafif yapı elemanları üretimi ile çimento yapımında puzolan madde için geçerli iken, son yıllarda tekstil sanayiinden ve diğer bazı alanlardan da talepler gelince, üretimde artış meydana gelmiştir. Tablo-32'de Türkiye pomza talebi ve üretimi verilmektedir.

YIL	TALEP	ÜRETİM
1985	550	603
1986	351	357
1987	619	710
1988	1290	1400
1989	1575	1700

Miktar=1000 ton

Tablo-32 Türkiye Pomza Talebi ve Üretimi (İSCAN, 1989).

Türkiyede üretilen pomzanın %90'ı yurtiçinde kullanılır, geri kalanı ise ihraç edilir. Tablo-33'de Türkiye'nin pomza ihracatı görülebilir.

YIL	İHRACAT (ton)
1982	3
1983	16
1984	102
1985	372
1986	2570
1987	40000

Tablo-33 Türkiye Pomza İhracatı (OKTAR, 1988).

Dünya pomza potansiyeli hakkında sağlıklı bilgiler bulma imkanı yoktur. Fakat en büyük yatakların İtalya, Yunanistan, Türkiye, İzlanda, Yeni Zelanda, Almanya, ABD, BDT da olduğu çeşitli yayınlardan anlaşılır. Dünya pomza üretimi ise, 15 milyon ton civarındadır ve en önemli üretici ülkeler, İtalya ve Yunanistan'dır.



## II-2) DIYATOMİT

Sedimenter kökenli diyatomit, tek hücreli bitkilerden olan diyatome'lerin fosilleşmiş kalıntılarının oluşturduğu silisi bol bir kayadır. Kieselguhr da denir. Diyatome fosil kalıntılarından başka kil veya karbonat mineralleri, kırıntıları, bir miktar demir oksit ve alkali metaller de olagandır.

Saf diyatomit ise opal veya hidrosilisten oluşmuştur. Doğada bulunuş şekliyle kayalık %10-60 arasında değişen oranda serbest su da içerir. Hafif, kireç benzeri açık renkli, gözeneklidir. Yumuşak olup kolayca kırılabilir. Asitlerden etkilenmez. Diyatome partükülleri mikroskopla tanımlanabilir. Organik madde içeren yataklarda görüntü tümüyle değişik olabilir. Böyle durumlarda rengi gri-kahverengi, yeşilimsi veya siyaha yakındır.

Mohs sertlik derecesi 4.5-6 arasında olmasına rağmen masif diyatomitlerin gözenekli, kırılma oluşları nedeniyle görünür sertlikleri 1.5 kadardır.

### Üretimi ve Satışa Hazırlanması:

Diyatomit; ince taneli tozlar, agregalar, tuğla büyüklüğünde bloklar ve ocaktan üretildiği şekilde olabilir. Bunların içinde tozlar bol miktardadır. Ham diyatomit çok yüksek oranda su içerdiğinden, bu suyu ekonomik olarak buharlaştırıp uzaklaştırmak bir sorundur. Bu yüzden ani kurutma ve öğütme işlemleri uygulanır. Öğütme sırasında fosil diyatome partiküllerinin mikroskobik yapısı korunmalıdır.

### Kullanımı:

Diyatomit gözenekli, düşük yoğunluklu ve dirençli partiküllere sahip olduğundan, endüstrinin birçok sahasında kullanılır. Endüstriyel kullanımlarından bazıları şöyle sınıflandırılabilir:

- 1) Filtrasyon malzemesi (su arıtılması gibi)
- 2) Dolgu maddesi (boya, kâğıt, plastik, baskı mürekkeplerinde, dişçilikte mineral dolgu maddesi olarak)

- 3) Absorban (Dinamit yapımında)
- 4) Aşındırıcı (Temizleme ve metal parlatmada)
- 5) Çimento karışımları için puzzolan
- 6) Tarımda
- 7) İzolasyon
- 8) İnşaatçılıkta

Diyatomit sıcak ve soğuga karşı izolan olarak kullanılan ilk malzemelerden biridir. Tuğla, blok ve toz halinde de (çimentoda) kullanılır. Diyatomitli izolasyon tuğlalarından fırınlarında, ergitme fırınlarında diğer sıcaklıktan etkilenen yerlerde yararlanılır. Boru kaplamada, (bağlayıcı ve asbest lifleri gibi) direnç artırıcı malzeme ile karıştırılarak iyi sonuçlar alınır (kireç, diyatomit ve asbest karışımı en çok tercih edilendir).

İnşaatçılıkta tuğla, blok, perde yapımında kullanılır. Bu malzemeler, diyatomit, kil, çimento, alçı ve kireç karışımlarından ibaret olup çok hafiftirler. Bunlardan başka çimentolu, alçılı akustik sıva yapımında, yangına karşı korumada ve çatı izolasyonunda yararlanılır. Türkiye'de Orta Anadolu'da az miktarda üretim yapılmaktadır.

### II-3) VERMİKÜLİT

Doğal haliyle vermikülit mikamsı görünümüne sahiptir. Gayet iyi gelişmiş dilinimleri yumuşak ve eğilebilir özelliktedir. Kimyasal analiz değerleri Tablo-34'de verilmiştir.

Bileşenler	Ağırlıkça %
SiO <sub>2</sub>	38.64-38.66
MgO	22.68-20.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.94-17.36
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.29- 8.45
K <sub>2</sub> O	7.84- 5.24
CaO	1.23- 0.75
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.29- 0.50
Cl	0.28- 0.52
H <sub>2</sub> O	5.29- 8.71

Tablo-34 Vermikülit'in Kimyasal Analizi (Industrial Minerals, 1990).

Vermikülit monoklinal sistemde kristallenir. Bileşimine bağlı olarak sertliği 1.5 -2 veya daha fazla olabilir. Yağ veya inci cilalıdır. Rengi amber, bronz, kahverengi, koyu yeşil veya siyah olabilir. Elle dokunulduğunda talk veya sabuna benzer his verir. 300 °C 'de ani ısıtıldığında, vermikülit dilinim yüzeylerine dik yönde genişler. Bu genişleme özelliği bünye suyunun buharlaşması sonucudur. Su buharı tabakaları dik yönde genişletir. Sonuçta ortaya çıkan partiküller eğrilir veya solucan benzeri görüntü alır. Bu yüzden küçük solucan anlamına gelen "vermiculus" 'tan adını alır. Tek bir vermikülit levhası hacim bakımından 8-12 kat genişlenebilir. Bazen 30 kat genişlediği de olagandır. Dilinim yönüne paralel genişleme görülmez. Genleşme sırasında renk değişir. Bileşimine göre açık sarımsı, bronz veya krem rengine dönüşüm izlenir.

Vermikülit hidratlaşmış magnezyum alüminyum silikat bileşimine sahiptir. Tek bir tür olmayıp, ilişkili minerallerle birlikte grup oluşturur. Bazı araştırmacılar vermikülitin kil mineral grubuna dahil etmişlerdir.

Genleşmiş vermikülit pek çok kullanım özelliğine sahiptir.  $-15^{\circ}\text{C}$  -  $1050^{\circ}\text{C}$  arasında iyi bir ısı yalıtıcısıdır. Hafiftir. Ateşe dayanıklıdır. Kimyasal olaylardan etkilenmez ve çürümez. Süngerimsi özelliğinden dolayı bol miktarda sıvı emebilir ve genleştirilmemiş vermikülitin yoğunluğu  $640 - 960 \text{ kg/m}^3$  iken genleştirilmiş vermikülitinki  $56-192 \text{ kg/m}^3$ 'tür.

#### Kullanımı:

Başlıca kullanım alanları yukarıda belirtilen özellikleri ile ilişkilidir.

#### Yalıtım Dolgusu

İri taneli vermikülit ev, işyeri, çiftlik ve soğuk depo yapılarının yapımında kullanılır.

#### Sıva Malzemesi

Orta tane boyutlular alçı ile sıva malzemesi olarak kullanılır. Vermikülit sıvası hafiftir (kum sıvasının  $1/3$ 'ü kadar). Ses ve ısı yalıtımı sağlar. Dayanıklıdır. Makine ile uygulanabilir. Belirgin özelliği ateşe dayanıklılığıdır. Tablo-35'de genleşmiş vermikülitin tane boyutuna göre yoğunluğu verilmiştir.

Yogunluk $\text{Kg/m}^3$	Yaklaşık tane boyutu (mm)
64-112	6.7
64-128	2.4
80-144	1.6
96-160	0.6
128-176	0.4

Tablo-35 Genleşmiş Vermikülit'in Yoğunluğu  
(Industrial Minerals, 1990).



### Beton Malzemesi

Vermikülit portland çimentosuyla karıştırılıp hafif yalıtım betonu yapılarak döşemede, duvarda, yapı bloklarında ve tavan kaplamalarında kullanılabilir. Karışım hacim itibarıyla 6 kısım vermikülit ve 1 kısım çimento şeklindedir. Bu şekilde yapılan betonun 1 m<sup>3</sup>'ü yaklaşık 450 kg ağırlıktadır. Sıkışma dayanımı 13 kg/cm<sup>2</sup>'dir. Ateşe dayanıklıdır.

### Yalıtım Malzemesi

Isıya dayanıklı yalıtım maddesi olarak, yalıtıcı tuğla-blok, yanma haznesi ve boru kaplaması işlerinde kullanılır.

Genleşmiş vermikülitin ince taneleri tarımda ve seracılıkta bol tüketilir. Su ve hava tutma özelliği bitkilerde kök gelişmesini sağlar. Toprağı geliştirir. Kullanılan gübrenin katılaşmasını engeller. Kümes tabanlarında yataklık dolgusu, absorblayıcı madde ve daha birçok kullanım alanı bulunmaktadır.

Pazar koşulları ve yatakların ekonomik değerine bağlı olarak vermikülit üretimi yapan ülkelerin başında Güney Afrika Cumhuriyeti ve ABD bulunur. Avusturya, Brezilya, Kanada, BDT, İspanya gibi ülkeler de vermikülit yataklarına sahiptirler. Ülkemizde Malatya-Hekimhan ilçesinde vermikülit yatağı vardır. Ancak henüz üretime geçirilmemiştir. Bazı ülkelerin vermikülit üretimi tablo-36'da verilmiştir.

Ülke	1985	1986	1987
ABD	285.000	288.000	272.000
Güney Afrika	184.000	194.000	229.000
Japonya	17.000	17.000	17.000
Brezilya	9.000	13.000	*
Arjantin	5.000	5.900	*
Kenya	1.500	2.500	3.900

Birim=ton

(\* = Bulunamadı)

Tablo-36 Dünya Vermikülit Üretimi (Industrial Minerals, 1990).

#### II-4) KIL,ŞEYL VE SLEYT

Perlit ve pumisin hafif malzeme olarak kullanılmasına paralel olarak genleşmiş kil kullanılışı da yaygınlaşmıştır. Genleşmiş şeyl;pumis ve genleşmiş perlitte aynı özelliklere sahiptir.

Genleşmiş şeyl 1920'lerden beri bilinmektedir. 1917'de geliştirme işlemi sonunda,yüksek dirençli ve yalıtım yeteneği olan hafif malzeme elde edilmiştir.

Stephen J. Hayde adında bir kimyager 1917 yılında bazı killerin ergime noktasına kadar ısıtılarak yalıtım yeteneği ve basınç dayanımı yüksek,hafif malzeme haline gelebildiklerini ortaya koymuştur.

Kil, şeyl ve sleytler aynı kimyasal bileşime sahiptirler. Şeyl ve sleytler jeolojik olarak,değişik oranlarda ısı ve basınçtan etkilenmiş killerdir.Birçok kil,şeyl ve sleytler olagan işlemlerle 800-900 °C arasında sıcaklığa tabi tutulduğunda genleşir veya kabarırlar.Genleşen killer,ısı etkisiyle,gaz habbecikleri bol piroplastik kütle haline gelirler.Genellikle % 6 kadar demiroksit ve aynı oranda alkali içerirler.Eğer alkaliler bu oranı geçerse curuflaşma eğilimi belirir. Belirli miktarlarda serbest silis gereklidir.

Isıtma sırasındaki kimyasal reaksiyonlarda gaz habbeciklerinin gelişmesini sağlayan SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ve CO<sub>2</sub> gazları ortaya çıkar.Çeşitli mineral formları genleşme faktörüdür. Örneğin demir,pirit şeklinde mevcutsa, hematit halinde bulunuşundan daha etkilidir.Karbonun genleşmeyi sağladığına inanılırsa da, çok düşük oranda karbon içeren killerin çok iyi genleştiği, yüksek karbon içerikli olanların ise genleşmediği de görülmüştür.

Genleşen kil,şeyl ve sleyt üretimi ve tüketimi de çok yaygınlaşmıştır.1960 yıllarında artan inşaat yapımına paralel olarak 5 milyon ton kadar kil,şeyl ve sleyt hafif malzeme olarak tüketilmiştir.

Madencilik açık işletme yoluyla yapılır. Malzeme döner fırınlarda genleştirilmeden önce 5 cm boyutunda kırılır. Malzemenin döner fırından geçişi yaklaşık 45 dakikadır. Döner fırın çimento fırını gibi eğimlidir. Çapı 180 cm, boyu ise 18 m'dir. Üstten beslenir. Yakıt gaz, fuel oil veya kömür tozu olabilir. Yakıtla sağlanan alev, alttan üste doğru, materyal akışının aksi yönde kontrollü olarak etki eder. Genleşen malzeme fırını terk ederek kısmen su ile dolu bir depoya alınır. Burada soğuktan sonra kırılarak, boyutlanır.

#### Kullanılışı:

Şeyl ve sleytler belirli boyutlarda kırılarak %6-10 kömür veya kok ile karıştırılır. Kil kuruyorsa bu oran % 20 kadar olabilir. Uygun derecedeki ısıyı ani ve kısa süreyle uygulayarak, sinterleme işlemiyle birbirine bağlanan materyalin bir m<sup>3</sup> ünün ağırlığı 800-1100 kg arasındadır. Bu şekilde elde olunan hafif malzeme ve üretilen beton diğer hafif malzeme ve betonlardan birkaç kat daha fazla kırılma direncine sahiptir. Özellikle çok katlı bina yapımında kullanıldığında önemli miktarda yük ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Henüz ülkemizde genleştirilmiş kil kullanımı yoktur. (ERDİNÇ, 1984)

## II-6) UÇUCU KÜL

Düşük kalorili olmaları nedeni ile endüstride yakıt olarak kullanılma imkanı olmayan kömürler, pulverize halde yakılarak termik yoldan elektrik enerjisi elde etmekte kullanılır. Bu kömürlerin dane çapları 0.2-0.5 mm dolayındadır ve kül oranları yüksektir. 0.09 mm inceliğe kadar öğütülen bu kömürler, su ile fırına püskürtülerek 1100-1600 °C arasında yakılır. Yanan kömürlerin %10-20 si yanma sırasında kazan altına düşer. daha ince partiküller, baca çıkışı ile siklon veya elektro filtrelerde toplanır. Ani soğuma ile puzolanik özellik kazanan bu küllere uçucu kül denir. Uçucu küllerin dane çapları 1-100 µ arasındadır. Taşkömürünün %10-15 i, linyit kömürünün %20-40 kadarı küldür. Uçucu kül miktarı, kullanılan kömür türü ve kazan türüne göre değişir. Türkiyede yapılması planlanan ve halihazırda işleyen linyit santrallerinde milyonlarca ton/yıl üretim olmaktadır. Örneğin Seyitömer Termik Santralinde 450 MW kurulu güçle yılda 1.000.000 ton uçucu kül elde edilmektedir. Maliyeti de milyarlarca yaklaşan bu uçucu küller en iyi şekilde değerlendirilmelidir.

Uçucu küller, içi boşluklu veya boşluksuz camsal kürecikler ve süngerimsi mineral parçacıklarından oluşur. Tablo - 37'de uçucu küllerin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Bileşenler	Ağırlıkça %
SiO <sub>2</sub>	50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7
CaO	2
MgO	2
SO <sub>3</sub>	0.5
Na <sub>2</sub> O	1
K <sub>2</sub> O	4
TiO <sub>2</sub>	1

Tablo-37 Uçucu küllerin kimyasal bileşimi

Çimentodan daha koyu gri renkte, çok küçük daneli yumuşak bir malzemedir. Mikroskopla bakıldığında çeşitli şekil ve büyüklükte, değişik renklerde olduğu görülür. İyi yanmış bir uçucu kül, iyi yanmamış uçucu külden daha açık renkte ince bir malzemedir. İnceliği kömürün cinsine ve külün alınma yerine bağlıdır. Yoğunluğu  $\emptyset.54\text{--}\emptyset.86$  gr/cm<sup>3</sup> dolayındadır. Boşluklu daneliklerden meydana gelen uçucu külün, deterjanla veya endüstri artıkları ile kirlenmiş suları emerek arıtma özelliği vardır.

Uçucu kül, kireç ile sulu ortamda tepkimeye girer. Buna puzolanik özellik denir. Puzolanlar, kendileri hidrolik bağlayıcı olmamalarına karşın, ince olarak öğütüldüklerinde nemli ortamda ve normal sıcaklıkta kalsiyum hidroksitle tepkimeye girerek bağlayıcı özellikte bileşikler oluşturan doğal veya yapay malzemelerdir. Volkanik camlar, tüfler, traslar doğal puzolanlardır. Yüksek fırın cürüfları, uçucu küller ve kızdırılarak puzolanik özellik kazandırılan kil ve şeyller ise yapay puzolanlardır. Puzolanların belli oranlarda çimentoya katılmasıyla çimento kalitesinde yükselme ve ekonomi sağlanır.

#### Kullanımı:

Uçucu küller inşaatta, tarımda, emici malzeme yapımında, metal eldesine kadar birçok alanda kullanılır.

Çimento katkı maddesi olarak  
Beton yapımında (Normal ağırlıklı beton)  
(Gazlı beton)  
(Hafif agregalı beton)

Tuğla yapımında  
Absorban olarak  
Karayollarında  
Döküm kumu olarak  
Duvar harçlarında  
Akustik blok yapımında kullanılır.

## SONUÇLAR

1) Perlit camsı volkanik bir kayadır. Camsı doku magmanın ani soğuması sonucunda meydana gelir. Bu sırada perlit atomik bünyesine bir miktar su alır.

2) Perlit cevheri kimyasal olarak  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$  ve  $H_2O$  içerir. Ayrıca Mg, Fe, Ca, vs de görülür. Yani bir silikattır.

3) Perlit bünyesinde %2-6 oranında bağlı su ve serbest su bulunur. Serbest su  $350^\circ C$ 'de uçar. Cevher  $750^\circ C$ 'nin üzerinde ısıtıldığında bağlı su buharlaşır ve mısır patlamasına benzer bir şekilde genişir. Genleşme sonucunda 4-24 katı kadar bir hacim büyümesi olur.

4) Genleşme sonucunda camsı griden, parlak siyaha kadar değişen renklerde olan cevher, kar gibi beyaza ve grimsi beyaza dönüşür.

5) Perlite önemli bir ekonomik ürün niteliği kazandıran teknik özellikler geliştirilmesinden sonra elde edilir. Genleşmiş perlit değişik sektörlerde kullanım alanı bulmakla birlikte, toplam üretimin %65'i inşaat sektöründe, %35'i ise tarım ve sanayi sektöründe kullanılır.

6) Perlit, hafif beton, prefabrike panolar, zayıf dozlu beton imalinde ve meyil betonunda ince agrega olarak kullanılabilir. Taşıyıcı hafif beton agregası olarak perlit tek başına kullanılamaz.

7) Perlit agregası gevşek dolgu yalıtımı olarak; kolay yerleştirilir, yanmaz, anorganiktir, zamanla bozulmaz.

8) Genleşmiş perlit agregasının yoğunluğu  $40 - 240 kg/m^3$  arasında değişirken; çakıl veya kırmataşın  $1300-1760 kg/m^3$ , pomzanın  $500-800 kg/m^3$ , genleşmiş kilin  $320-1040 kg/m^3$  arasındadır.

9) Perlit betonu, mukavemetin çok önem taşımadığı, hafifliğin, izolasyonun ve ateşe dayanıklılığın esas alındığı yerlerde kullanılır. Civilenebilir. Eğri yüzeylerde kullanılabilir, bilinen yöntemlerle uygulanır.

10) Perlitli sıva, duvarlarda  $m^2$ ' ye isabet eden ısı kaybını normal sıvalı duvarlara oranla 4 kat daha azaltır. Bilinen yöntemlerle kolay uygulanır.

11) Perlitli sıvalar taşıyıcı elemanlara ısıyı geç aktardıkları için yangın önleme ve alev etkisini geciktirme özellikleri taşır. Yapıları yangında 4 saat koruyabilir. Diğer hafif malzemelere oranla ısı izolasyon özelliği çok yüksektir.

12) Perlitli sıva sayesinde dış duvarlar inceleceğinden; iç hacim genişler, bina yükü azalır, inşaat yatırımları düşer.

13) Perlit üretimi 1988 yılı için 86.000 ton iken, pomza üretimi 603.000 tondur. Perlit yatakları daha iyi değerlendirilerek yapılacak ihracatla sınırsız döviz sağlamamız mümkündür.

14) Doğal haliyle çok gözenekli hafif bir taş olan pomza en çok inşaat sektöründe olmak üzere sanayi ve tarımda, ince taneli olanları çimentoda puzzolan materyal olarak kullanılır.

15) Ülkemizde henüz geliştirilmiş kil ve vermikülit kullanımı yoktur.

KAYNAKLAR

- ANDONİM: "Pumice - a Dual Role in Industry" Industrial Minerals no=120 (15-26). USA. 1977
- ANDONİM: "Vermiculite: Increased Capacity Encourages Optimism - but Construction Still the Key to Demand" Industrial Minerals no=115 (17-31). USA. 1977
- AKMAN, S.; TAŞDEMİR, A.: "Taşıyıcı Malzeme Olarak Perlit Betonu", 1.Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri (40-48). Ankara. 1977
- ARBATLI, A.: "Perlitin Bizde ve Dünyada Tatbik Şekilleri", 1.Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri (26-28). Ankara. 1977
- BARADAN, B.: "Uçucu Kül ve Kula Curufllu Malzemenin Özellikleri", Türkiye İnşaat Mühendisliği 8.Teknik Kongresi (251-262). Ankara. 1985
- BENBOW, J.: "Minerals in Fire Protection: Construction Supports Markets" Industrial Minerals no=240 (61-73). USA. 1987
- BESİNCİ ve ALTINCI BEŞ YILLIK KALKINMA PLANI: DPT, no=1975 (45); DPT, no=2747 (74). Ankara. 1985; 1990
- Cement and Concrete Research (465-477). 1987
- CUMMINS, A.B.: Industrial Minerals and Rocks (303-319). USA. 1966
- ÇİL, İ.: "Uçucu Kül - Perlit Sıvasının Yapım Olanaklarının Araştırılması", Ege Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi (1-30), (81-87). İzmir. 1982
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J.: An Introduction to the Rock-Forming Minerals. Longmans, Green and Co. Ltd. Londra. 1967



DURMUŞ, A.: "Betonarme inşaatda Hafif Betonlar", Türkiye İnşaat Mühendisliği 8. Teknik Kongresi (263-274). Ankara. 1985

ERDİNÇ, H.: "Hafif İnşaat Malzemeleri" Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi No=1 (135-146). Bursa. 1984

ERGEN, M.: "Perlitli Isı Yalıtım Betonu", Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Yapı Araştırma Enstitüsü Bilgi Yaprığı no=1. Ankara. 1983

ETİBANK Bülteni Sayı=41-70. Ankara. 1983-1985

GÖKHAN, C.: "İnşaat Malzemesi Olarak Perlit", 1. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri (33-38). Ankara. 1977

GÖKTAŞ, A.: Türkiye Perlit Envanteri M.T.A. Ankara. 1982

HARBEN, W.P.; BATES, L.R.: Industrial Minerals Geology and World Deposits. Redwood Burn Ltd. İngiltere. 1990

İGEME: Pomza Taşı Pazar Araştırması. 1989.

İSKENDER, C.: "Perlit", TBTAK Uygulayıcılarla İlişkiler Ünitesi Bilgi Profili No=43. Ankara. 1982.

KLİNEFELTER, T.A.: Industrial Minerals and Rocks (487-495). USA. 1966

M.T.A.: Türkiye Perlit Envanteri. Ankara. 1982

M.T.A.: 1. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri. Ankara. 1977

M.T.A.: "Türkiye'de Perlit Yatakları" Rapor No=2791. 1983

M.T.A.: "Türkiye'nin Bilinen Maden ve Mineral Kaynakları" No=185. 1981

OKTAR, H.: Türkiye Pomza Taşı Semineri. İstanbul. 1988

**ÖZGENÇ,İ.:** İzmir Bölgesi Perlit Yataklarının Jeolojisi ve Petrolojisi, Perlitlerin Fiziksel, Kimyasal ve Genleşme Özellikleri. İzmir. 1968

**ÖZMEN, T.:** "Türkiye'de Yapı Malzemesi ve Sorunları" Paneli, Türkiye Jeoloji Kurultayı (26-33). Ankara. 1983

**SEELEY, W.:** "Industrial Minerals and Rocks", Mudd Series (490-495). 1990.

**SEYHAN, İ.:** "Türkiye'de ve Dünyada Perlit ve Hafif İnşaat Sanaayinin Geleceği", 1. Ulusal Perlit Kongresi Bildirileri (13-16). Ankara. 1977

**SEZEN, M.:** "Türkiye Perlit Yatakları ve Üretimi", İTÜ Maden Fak. İstanbul. 1976

**TAYLOR, G. D.:** Materials of Construction, Longman. İngiltere. 1974

**TOPLUOĞLU, S.:** Türkiye Prosp. Der. Yay. no=2. Ankara. 1972

**Türkiye Pomza Taşı Semineri.** İstanbul İhracatçılar Birliği. İstanbul. 1988

**YALÇIN, S.:** Perlit Pazar Araştırması. Ankara. 1985

**YALGIN, S.; BALKANLI, E.:** İnşaat Sektöründe Genleşmiş Perlit Kullanımı. Etibank. 1983

**YALGIN, S.; BALKANLI, E.:** Perlitli Hazır Yapı Elemanları Hazır Sıvalar, Özellikleri, Kullanımı. Etibank. 1983