

Isı Yalıtım Agregası Olarak Pomzanın Kullanımı

L. Gündüz

Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İsparta

ÖZET : Yapılarda ısısal konfor hesaplamaları, bina ısı yalıtım analizlerinde, günümüz ısı yönetmelikleri bakımından önemli bir konu olmuştur. Yapılarda ısı yalıtımını sağlayan başlıca etmen, kullanılan yapı malzemesi ve malzemenin ısısal özellikleridir. İnşaat sektöründeki uygulamalarda gözenekli hafif agregaların ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Bu makalede, pomza taşı oluşumlarının, ısısal konfor parametreleri üzerine yapılmış detay analiz bulguları verilmiştir. Ayrıca, pomza taşının ısı yalıtım agregası olarak kullanılabilirlik irdelemesi sunulmuş olup, temel prensipler ve kullanım imkanları bir örnek çalışma ile tartışılmıştır.

ABSTRACT : In heat insulation analyses of the buildings, thermal comfort calculations are currently very important subject based on the heat legislation and regulations in civil engineering structures. The basic important factor for heat insulation in buildings is the construction materials used and their thermal properties. The usage of porous lightweight aggregates is becoming common world wide as a heat insulation material. In this paper, the detailed research findings on the thermal comfort parameters for the pumice stones were- presented. Furthermore, the evaluation of using the pumice aggregates for heat insulation purposes in the construction industry is presented. The basic principles and the possibilities of using pumice aggregates are discussed as an example of the study.

1. GİRİŞ

Farklı mimari yapı modelleri ile gördüğümüz konutlarda, insanlar bina mimarisinin güzelliği yanı sıra bir takım konfor koşullarını da beraberinde görmek istemektedir. Bu koşullar, genelde fazla lükse kaçmadan sağlıklı bir ortamın oluşturulması için gereksinim duyulan parametre ve faktörlerdir. Özellikle, konutların kullanımında yıl içerisinde farklı iklim koşullarının oluşması, mevsim şartlarına göre hava sıcaklıklarındaki değişim, insan sağlığı açısından konutlarda ısı yalıtımını gündeme getirmektedir. Bu bakımdan ele alındığında, yaşanan mekanların insan sağlığı açısından belirli sıcaklıklarda olması gerekmektedir. Bu olgu, ısı yalıtımı açısından ele alındığında, ısısal konfor kavramını ön plana çıkarmaktadır. Yaşanılan mekanlarda ısısal konforu sağlayabilmek için, yapıyı oluşturan elemanların teknolojik özelliklerinin iyi bir şekilde irdelenip analiz edilmesi, ve gerekli teknik koşulları sağlayıp sağlayamadığının etüt edilmesi gerekmektedir.

Günümüzde, ısısal konforun sağlanması için, konut inşasında duvar, döşeme ve tavan bölümlerinin ısı yalıtımı amaçlı birçok değişik suni ve/veya doğal malzemelerin kullanıldığı görülebilmektedir. Burada önemli olan, ısı yalıtım amaçlı olarak kullanılan malzemenin ne derece ısı yalıtımını sağlayabildiği, uzun bir süre kullanıma dayanıklılığının tespiti ve sağlık koşullarına ne denli uygun olduğu gibi hususlar titizlikle önceden incelenmelidir.

Diğer taraftan, günümüzde yapılan binalarda ısısal konforun optimum koşullarda sağlanmış olması, inşaat sektörü ile ilgili yönetmelikler ve tüzüklerde kaçınılmaz bir kural olarak uygulamaya konmuştur. Özellikle 08 Mayıs 2000 tarihinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yürürlüğe konan "Binalarda Isı Yönetmeliği" ve 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren revize edilerek yürürlüğe giren "TS 825 Isı Yalıtım Standardı", yeni yapılan konutlarda, ısısal konforun sağlanma prensip ve uygulama kriterlerini tanımlamakla birlikte, ısısal

L. Gündüz

konfor açısından malzemelerde aranan özellikleri belirtmektedir. Bu yönetmelik ve standart irdelendiğinde açıkça görülmektedir ki, binalarda ısısal konforun sağlanması, tamamiyle binada yapı elemanı ve/veya bileşeni olarak kullanılan malzemenin ısısal özellikleri ile ilgilidir. Malzemenin ısısal özelliklerinin başında, ısı iletkenlik değeri (X) ve özgül ısı kapasite değeri gelmektedir. Bir malzemenin ısı iletkenlik değeri, malzemenin yapıya ve özgül ısı kapasitesine bağlı olarak değişim gösterir.

Bu makalede, ülkemizde son yıllarda farklı endüstri dallarında özellikle inşaat sektöründe hafif yapı elemanı ve türevleri, içinde yoğun ilgi ve uygulama alanı bulan, pomza olarak isimlendirilen volkanik esaslı doğal bir kayacın, termik özellikleri tanımlanmış olup, binaların ısı yalıtımında serbest taneler halinde çatı ve tayan örtüsünde kullanılarak, ısısal konfor açısından önemi, yapılan bir dizi incelemelerle irdelenmiştir.

2. POMZANIN TERMİK ÖZELLİKLERİ

Isı yalıtım amaçlı olarak herhangi bir malzemenin kullanılabilirliğinde, öncelikle malzeme ile ilgili termik özellikler irdelenmelidir. Bilindiği gibi, herhangi bir malzemenin, termik etkilere karşı analizi yapıldığında, malzemenin ısı özelliklerinin (ısı geçirgenlik katsayı değeri, (k kcal/mh°C), ısı direnç değeri, (R , m²h°C/kcal) ve özgül ısı değeri (c , kcal/kg °C) gibi parametreler) belirlenmesi gerekmektedir. Günümüze kadar yapılan uygulamalarda, pomza ve karakteristik yapısı göz önüne alındığında, malzemenin bu özelliklerinin farklı değerlerde olduğu bilinen bir gerçektir.

Pomza taneleri, fiziksel ve kimyasal özelliklerinde herhangi bir değişime maruz bırakılmaksızın, farklı tane boyutlarında, serbest taneler halinde ısı yalıtım amaçlı bir malzeme olarak inşaat sektöründe kullanılabilir. Bu bakımdan, pomza taneleri, teknolojik olarak higroskopik bir malzeme ve pratikte montaj için fazla nem gerektirmeyen bir yalıtım elemanı türü olarak tanımlanabilmektedir (Gündüz, 1998). Günümüzde modern uygulamaların yanı sıra, ısı yalıtım amaçlı konvansiyonel uygulamalar da yer almaktadır. Bunun en açık örneği, pomza tanelerinin binalarda ısı yalıtım amaçlı kullanılan bir malzeme olarak da görülmektedir. Pomzanın ısı yalıtım amaçlı kullanımı, tamamen ısı iletkenliği değeri (k) ile

ilgili olup, tanelerinin gerek bol miktarda, gözenekliliği, gerekse her bir gözenek biribirinden bağlantısız boşluklu camı bir zarla yalıtılmış olması, ısı iletkenlik değerinin diğer pek çok yapı malzemesine göre düşük olmasına neden olmaktadır. Ayrıca, pomzanın diğer yapı malzemelerine göre düşük özgül ağırlıkta olması, yapı statik açısından da bir avantaj kazandırmaktadır.

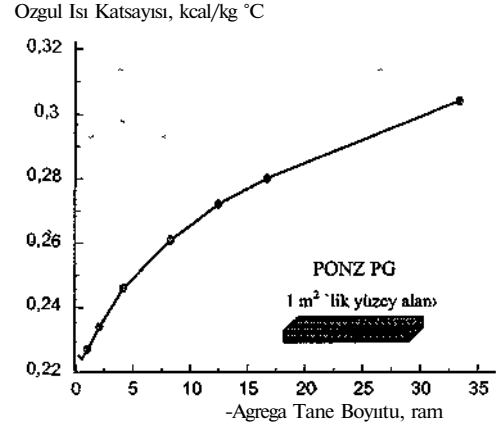
Genelde bir malzemenin ısı yalıtım amaçlı olarak değerlendirilmesinde, ele alınan temel termik özelliklerinin başında, malzemenin özgül ısı kapasite değeri ve ısı iletkenlik katsayısı (X) gelmektedir. Bu parametreler, malzemenin atomları arasındaki bağ kuvvetlerine, iç yapıya, boşluk miktarlarına, bünyesinde bulundurduğu nem miktarına bağlı olarak değişimler göstermektedir (Eriç, 1994). Türkiye'de mevcut olarak bulunan pomza oluşumlarının termik özelliklerinin incelenmesi amacıyla, genel pomza oluşumlarını sembolize etmesi amacıyla, 2 farklı karakteristik yapıya sahip pomza, incelemeye tabi tutulmuş olup, bu pomza oluşumları- bu çalışmada *PONZ PB* ve *PONZ PG* olarak rumuzlandırılarak kullanılmıştır. Pomza oluşumlarının kimyasal yapısı Çizelge Fde verilmiştir. -

Çizelge 1. Pomza örneklerinin kimyasal bileşimi.

Bileşen	PONZ PB (%)	PONZ PG (%)
SiO ₂	74.10	68.50
Al ₂ O ₃	13.45	14.90
Fe ₂ O ₃	1.40	3.10
CaO	1.17	2.90
Na ₂ O	3.70	4.10
K ₂ O	4.10	2.75
MgO	0.35	0.95

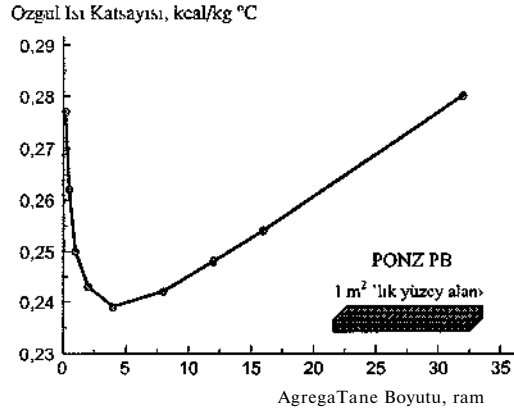
Özgül ısı kapasite değeri, doğal gözenekli bir yapıya sahip olan pomzanın ısı iletkenlik değerinin belirlenmesi, kullanıldığı ortam koşullarında ısınma ve soğuma olgusunun tanımlanması bakımından önemli bir parametredir. Pomzanın özgül ısı kapasitesi, belirli bir sıcaklık ortamında, birim kütle için sıcaklığın bir derece artırmak için

gerekli olan ısı miktarıdır. Özgül ısı kapasite değeri, genelde "c" parametresi ile sembolize edilmekte olup, birimi ise kcal/kg°C Mir (TS 4048). Pomza türlerinin özgül ısı kapasite değerleri, TS 4048 standardında öngörülen prensip çerçevesinde SDÜ Pomza Teknolojisi ArGe laboratuvarında geliştirilen bir ölçüm düzeneği ile ölçülmüştür. Analiz bulgularından, sabit ortam şartları ve malzeme boyutlandırmasında, pomza oluşumlarının özgül ısı kapasite değerlerinin 0.22-0.30 kcal/kg °C arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Pomzanın tane boyut dağılımı, yapıda yer alan gözenek oranı ve birim hacim yoğunluğunun, bir fonksiyonu olarak, özgül ısı kapasite değeri değişim göstermektedir. Ancak, bilindiği gibi, pomza oluşum itibarıyla doğada tüvenan olarak farklı boyutlarda bulunmaktadır. Kullanım amacına göre, bu hammaddenin boyut sınıflandırması yapıldığında, her bir tane boyut aralığında kalacak pomza malzemesinin, özgül ısı kapasite değeri farklılık gösterecektir. Buna bağlı olarak, pomza birim hacim ağırlığı da malzemenin boyut dağılımının bir fonksiyonu şeklinde değişim göstermektedir. Bu bakımdan, pomza, malzeme yapısının özgül ısı kapasite değeri, her bir boyut aralığı ve her bir birim hacim yoğunluk değeri için ayrı ayrı analiz edilmelidir. Bu amaçla yapılan analiz çalışmasında, araştırmada ele alınan pomza örnekleri, tüvenan olan pomzanın 8 ayrı tane boyut gurubuna sınıflandırılarak, her bir boyut aralığı için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Pomza örneklerine ait özgül ısı kapasite değerlerindeki değişim, Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.

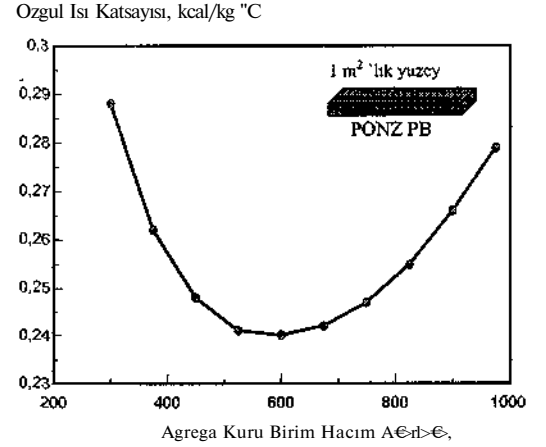


Şekil 2. PONZ PG örneğinin tane boyut dağılımına bağlı özgül ısı kapasite değeri değişimi.

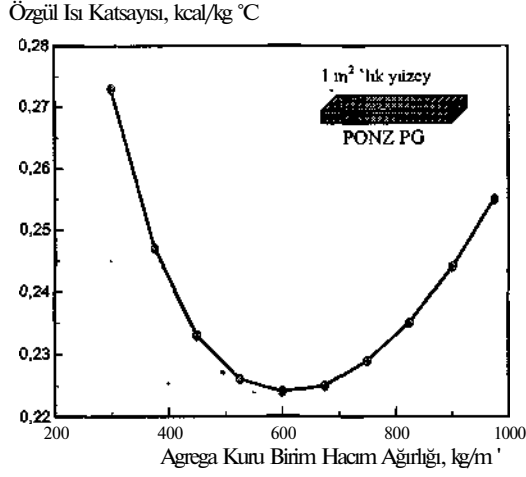
Diğere taraftan, pomza agregalarında tane boyutu küçüldükçe, gözeneklilik oranının da azalmasına bağlı olarak, pomzanın birim hacim ağırlığı artmaktadır. Bu bakımdan, ikinci bir inceleme olarak, pomza agregalarının birim ağırlık değerlerindeki değişimine bağlı olarak, özgül ısı kapasite değerlerindeki değişim olgusu analiz edilmiş olup, bulgular Şekil 3 ve Şekil 4'de her bir pomza örneği için verilmiştir.



Şekil 1. PONZ PB örneğinin tane boyut dağılımına bağlı özgül ısı kapasite değeri değişimi.



Şekil 3. PONZPB örneğinin birim hacim ağırlık değerine bağlı özgül ısı katsayısı.



Şekil 4. PONSZ PG örneğinin birim hacim ağırlık değerine bağımlı özgül ısı katsayısı.

Ayrıca, yapılan incelemelerde, pomzamn gözeneklerinde bulundurduğu nem içeriğine göre de, özgül ısı kapasite değerinin değiştiği gözlenmiştir. Bu amaçla, araştırma, farklı nem içeriklerine göre, pomzamn özgül ısı kapasitesinin ne ölçütlerde değişim gösterdiği üzerine derinleştirilmiş ve çalışmada ele alınan pomza örnekleri için, pratik olarak kullanılabilir birer istatistiksel yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda, pomzamn maksimum tane boyut değeri, birim hacim ağırlık değeri, nem içeriği ve kullanım yerinde uygulama kalınlık değerleri, bağımlı değişkenler olarak tanımlanmış olup, geliştirilen istatistiksel ifade, her bir pomza türü için Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'de verilmiştir.

PONSZ PB Pomza Örneği için;

$$c = \frac{(0.0432 + 0.0108 * U) * e^{1.326 - 0.228 * \ln \mu}}{\rho * d^2} \frac{\Delta T}{\Delta Q_t} \quad [1]$$

PONSZ PG Pomza Örneği için;

$$c = \frac{(0.0418 + 0.012 * U) * e^{\frac{0.836}{\mu^{0.208}}}}{\rho * d^2} \frac{\Delta T}{\Delta Q_t} \quad [2]$$

Burada,

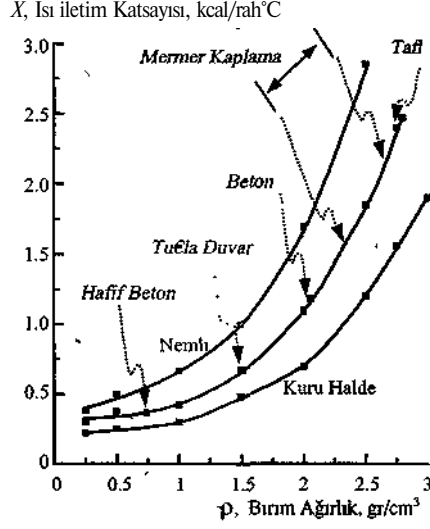
- c : Pomzamn özgül ısı kapasitesi, kcal/kg °C,
- /i : Pomzamn maksimum tane boyutu, mm,
- p : Pomzamn birim hacim ağırlığı, kg/m³,
- U : Pomza agregasında bulunan nem içeriği, %,
- d : Pomzamn uygulama kesit kalınlığı, m,
- AT : Yüzeyler arası sıcaklık farkı, °C;
- AQt : Yüzey ısınma sıcaklığı, °C.

Genelde, iki malzeme arasındaki sıcaklık farkı nedeni ile, ısı, bir enerji olarak sıcak cisimden soğuk cisme doğru geçiş sağlar ve iki malzeme arasındaki ısıl geçirimsizlik, malzemelerin bulunduğu ortamlara göre kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleşmektedir. Yapı elemanı olarak kullanılan malzemelerde, ısı geçirimsizlik ölçüsü, genellikle kondüksiyon yolu ile olmaktadır. Kondüksiyon yolu ile meydana gelen ısı geçirimsizlik olayında, kayacın ısı geçirimsizliği, kalınlığına (d) ve kendi içyapı özelliklerine bağlı ısı iletkenlik katsayısına (X) bağlıdır (Eriç, 1994). ısı iletkenlik katsayısı, homojen bir malzemenin, denge şartları altında, iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 1°C olduğu zaman 1 saatte 1 m² lik alan ve bu alana dik yönde gelen 1 m kalınlığından geçen ısı miktarıdır. Birimi ise kcal/mh°C dir. ısı iletimi, malzemenin iç yapı özellikleri ile ilişkili olduğundan, birim hacim ağırlığı az olan malzemelerde, ısı iletkenlik katsayısının da düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca, malzemenin nemli veya kuru bir durumdaki konumu da, ısı iletim özelliğini etkilemektedir (Borhan, 1985). Bu konu üzerine yapılan araştırma bulguları, farklı tür yapı malzemeleri için, birim ağırlık değişiminde ısı iletim özelliğinin karakteristiğini Şekil 5Me görüldüğü gibi grafiksel olarak analiz edilebileceğini göstermiştir. Şekil 5 incelendiğinde görüleceği gibi, ısıl konforun iyileşmesinin arzu edildiği durumlarda, malzeme yoğunluğunun düşük olması gerekmektedir.

Bu tanımlama bağlamında, pomza oluşumlarının ısı iletkenlik değerleri, TS 415 ve ASTM-C 236 standardında öngörülen prensip çerçevesinde SDÜ Pomza Teknolojisi laboratuvarında geliştirilen ve dengeli sıcak oda yöntemine göre çalışan bir ölçüm düzeneği ile belirlenmiştir. Yapılan analizlerde, pomzamn ısı iletkenlik katsayısı belirlenirken, aşağıda tanımlanan özelliklere bağımlı olarak irdelenmiştir:

* Malzemenin boşluk oranı ve tane boyutuna bağımlı ısı iletim değeri,

- * Malzemenin birim ağırlığına bağımlı ısı iletim değeri,
- * Malzemenin nem içeriğine bağımlı ısı iletim değeri.



Şekil 5. Farklı yapı malzemeleri için ısı iletim katsayılarının değişimi.

Pomza oluşumlarının ısı iletim katsayısı (λ) değerlerinin deneysel olarak belirlenmesinde, Eşitlik 3'de verilen matematiksel model kullanılmıştır:

$$\lambda = \rho \cdot d^2 \cdot c \cdot (1+z) \frac{\Delta Q_t}{\Delta T} \quad [3]$$

Burada, z, nem düzeltme katsayısıdır.

Yapılan analizler sonucu, pomza oluşumlarına ait ısı iletim karakteristiği, malzemenin farklı nem içeriklerine göre detaylandırılmış olup, deneysel bulgular Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir. Ayrıca, elde edilen bulgulardan, pomzanın birim hacim ağırlığı ve nem içeriğine göre, ısı iletim katsayısı değişimi, istatistiksel olarak modellenmiş olup, pomza türleri için geliştirilen yaklaşımlar Eşitlik 4 ve Eşitlik 5'de verilmiştir.

PONZ PB için:

$$\lambda = (0.0432 + 0.0108 \cdot U) e^{0.0017 \cdot \rho} \quad [4]$$

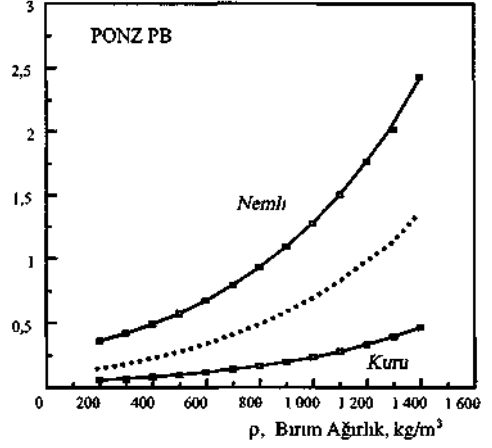
PONZ PG için:

$$X = (0.0418 + 0.012 \cdot U) e^{0.00164 \cdot \rho} \quad [5]$$

Burada;

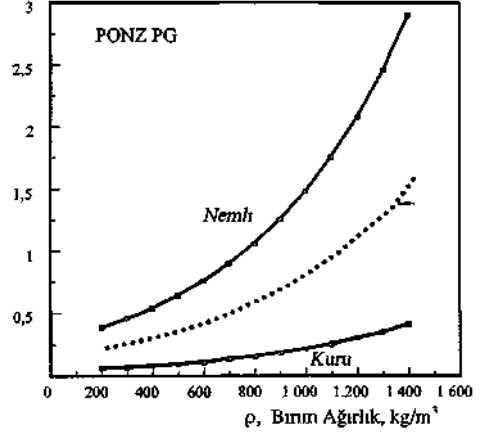
- λ : Pomzanın nem içeriğine bağımlı ısı iletim katsayısı, kcal/mh°C,
- U : Pomzanın nem içeriği, %,
- ρ : Pomzanın birim hacim ağırlığı, kg/m³.

λ , Isı iletim Katsayısı, kcal/mh°C



Şekil 6. Nem içeriği - PONZ PB ısı iletim analizi.

λ , Isı iletim Katsayısı, kcal/mh°C



Şekil 7. Nem içeriği - PONZ PG ısı iletim analizi.

L Gündüz

Yapılan bu analiz irdelemelerine göre, tuvenan pomza örneklerinin kuru durumda ortalama ısı iletim katsayı değerleri belirlenmiş olup, ısı yalıtım hesaplamalarında aşağıda verilen şu değerler kullanılmıştır:

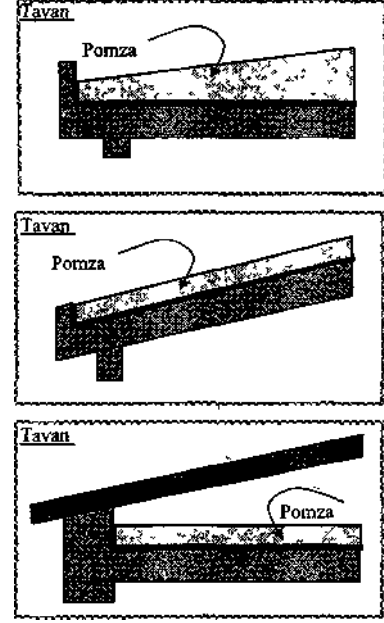
PONZ PB TUVENAN Isı İletim Katsayısı λ _____ kcal/mh°C _____	PONZ PG TUVENAN Isı İletim Katsayısı λ _____ kcal/mh°C _____
0.120	0.087

3. POMZANIN YALITIM AGREGASI OLARAK KULLANIMI

Isı yalıtımı açısından pomza taneleri, teknolojik olarak higroskopik bir malzeme ve pratikte montaj için fazla nem gerektirmeyen bir malzeme tüm olarak tanımlanabilmektedir. Günümüzde modern uygulamaların yanı sıra, ısı yalıtım amaçlı konvansiyonel uygulamalar da yer almaktadır. Bunun en „ açık örneğini, pomzanın çatı izolasyonunda serbest taneler halinde beton satih üzerine serilerek bir yalıtım katmanı oluşturulması şeklinde görebilmekteyiz. Isısal konfor amaçlı çatı izolasyon dolgusunda pomza kullanımı, konutlarda ısı tasarrufu açısından çok önem arz etmektedir. Çatı ve doğemelerdeki normal kum ve çakıl agregalı beton, ısı köprüsü oluşturduğu için, farklı ısı ortamlardan, birinden diğerine ısı transferine neden olmaktadır. Bu olay tamamen yapılarda kullanılan yapı malzemesinin ısı iletkenlik değen (X) ile ilgilidir. Bu bağlamda, pomzanın bu amaçlı kullanımı, tamamen ısı iletkenlik değen ile ilgilidir. Pomza tanelerinin gerek bol miktarda gözenekliliği, gerekse her, bir gözeneğin" birbirinden bağlantısız boşluklu camsı bir zarla çevrilerek yalıtılmış olması, ısı iletkenlik değerinin diğer pek çok yapı materyaline kıyasla düşük olmasına neden olmaktadır.

Diğer taraftan, pomzanın birçok yapı malzemesine göre düşük özgül ağırlıkta olması, yapı statiği açısından da ayrıca bir avantaj kazandırmaktadır Pomzanın serbest taneler halinde, ısı yalıtımı

amaçlı olarak binalarda kullanım örnekleri Şekil 8'de sembolize edilmiştir.



Şekil 8. Pomzanın ısı yalıtım amaçlı binaların tavan veya çatı yalıtımında kullanımı.

Yapılarda iç hava sıcaklığının ve buna bağlı olarak yapı kesitini oluşturan (duvarda, tabanda ve tavana) elemanların iç yüzey sıcaklıklarının belli değerlerde olması gerekmektedir. Yapılan literatür araştırmaları göstermiştir ki; iç ortam sıcaklığının 18-22°C, yapı elemanı sıcaklığının ise 16-18°Cde olması ile, arzu edilen konfor şartları sağlanabilmektedir. Ayrıca yaz ve kış iklim şartlarında her iki sıcaklık derecesinin 4°C'lik bir farkla kabul edilmesi yeterli görülmektedir (Can ve Avcı, 1995).

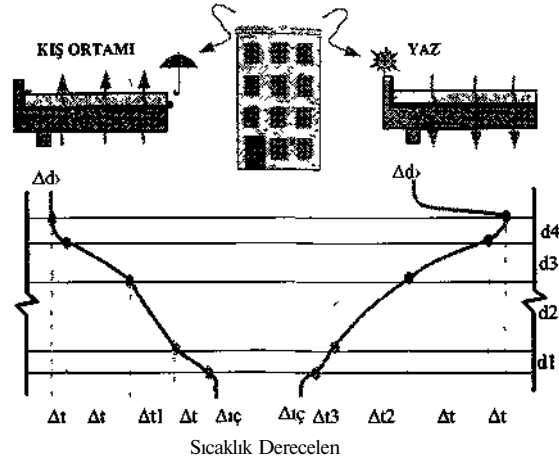
Bir mekanın ısı etkilerinden korunması, mekanı çevreleyen yapı bileşenlerinin ısı depolama niteliğine bağlıdır. Yapı bileşenlerinin ısı depolama yeteneği, ısı geçirgenlik direnci (1/A) ile belirlenmektedir. Bu direnç, kullanılan malzemelerin cinsine, kalınlığına ve ısı iletkenlik katsayısına bağlı olarak değişmektedir (Borhan, 1985). Katı malzemelerin ısı iletkenliği; gözeneklilik derecesine, gözeneklerin büyüklüğü ile dağılım durumuna ve bünyesinde tuttuğu nem miktarına bağlıdır. Gözenekler içinde bulunan

durgun havanın ısı iletkenlik değeri az olmaktadır. Ayrıca, gözenek miktarı arttıkça malzemenin birim hacim ağırlık değeri de azalmaktadır. Bu olgu, malzemenin ısı iletkenlik değerinin düşmesine neden olmaktadır. Düzenli dağılmış çok küçük hava gözenekleri olan bir yapı malzemesinin ısı iletkenliği, düzensiz dağılmış büyük gözenekli bir malzemeye göre daha azdır. Malzemeyi meydana getiren maddelerin ısı iletkenliği, emsine (anorganik, doğal-organik ve suni-organik) ve yapışma bağımlıdır (Borhan, 1985 ve Eriç, 1994).

Genel prensip olarak, malzeme seçiminde boşluklu veya aralarında hava boşluğu bulunacak malzemeleri yan yana ve/veya üst üste getirmek*ve ısı yalıtım malzemesini genelde soğuk yüzeye yakın olarak yerleştirmek gerekmektedir. Yalıtım malzemesinin ortak olması halinde ise, yoğunlaşma kontrollerinin yapılarak, kalınlığının belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, ısı yalıtım malzemesinin, yalıtım değerini kaybetmemesi için, özellikle sudan ve nemden korunmalıdır. Bir yapı kesiti, çeşitli özellikte ve kalınlıktaki malzemelerin yan yana gelmesi ile oluşmaktadır. Bu malzemeler, bileşiminin ısı geçirgenlik değeri (A); her bir malzemenin ısı iletkenlik katsayılarının (λ) kalınlıklarına (d) olan oranların toplamına eşit olmaktadır. Konunun teorik detay açıklaması, Gunduz (ed.) 1998 referansında irdelenmiştir. Bir tavan yapı kesitinin ısı geçirirlik diyagramı Şekil 9'da verilmiştir.

Yapı kesitlerinde, konut içinde yaşayan insanların dış ısıl etkenlerden korunması, sağlığa uygun konfor verici ortamın oluşturulması, yapının onarım giderlerinin azaltılması ve dış cephede olduğu kadar yapının tavanında yer alan yapı kesitini oluşturan elemanların da, efektif şartlarda seçiminin yapılması gereklidir. Herhangi bir tavan kesitinde, ısıl konfor analizi ile en optimum kesit geometrisi ve kesiti oluşturan yapı elemanlarının seçimi yapılabilmektedir! Böyle bir incelemede, ortalama sıcaklık açısından iç yüzey sıcaklıklarının konfor düzeyinde gerçekleşip gerçekleşmediği irdelenmektedir. Bu şekildeki bir irdelene ile, tavan kesitinde kullanılacak olan, ısı yalıtım karakteristiği yüksek olan gözenekli, doğal hafif yapı malzemelerinin, "dA" oran değişimi hesaplanarak, optimum yalıtım kalınlığı belirlenebildiği gibi, ısı iletkenlik katsayısı yardımı ile de en ideal yalıtım malzemesinin ne olabileceği hususunda bir fikir edinebilmek mümkün olabilmektedir.

Pomza rezervlerine sahip illerimizde yapılan konutların bir kısmında, çatı-tavan ısı izolasyonunda pomzanın serbest örtü tabakası oluşturularak serilmesi, çatı betonu üzerinde yalıtım katmanını oluşturmaktadır. Özellikle İç Anadolu Bölgesinde yer alan illerde, bu uygulama uzun yıllardır uygulanmış ve uygulamalardan olumlu sonuçlar alınmıştır. Ancak, konu ile ilgili detay irdelene ve analizler yeterince yapılmamıştır.



Şekil 9. Bir tavan yapı kesiti sembolik analiz diyagramı.

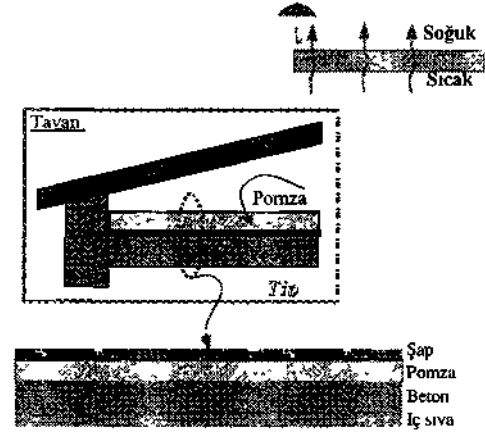
L. Gündüz

Bu amaçla, tüvenan pomza oluşumlarının, çatı izolasyonunda serbest örtü malzemesi olarak kullanılmasına yönelik, bir dizi teorik ve deneysel irdelemeler yapılmış olup, aşağıdaki paragraflarda analiz bulguları irdelenmiştir.

Bilindiği gibi, Türkiye yaz ve kış aylarında ve de günlük sıcaklık değişimleri baz alınarak 4 ayrı iklim bölgesine ayrılmıştır. Bu iklim bölgelerinde, pomza oluşumlarının KI yalıtım amaçlı çatı örtüsünde kullanımında, hangi kesit kalınlıklarında kullanılması gerekliliği marjinal olarak bu çalışmada belirlenmiştir. Bu analizde kullanılan algoritmik yaklaşım, ısıl konforun sağlanması için yapı fiziği açısından yapı kesitinin özellikleri, parametrik değerleri ve ısı geçişine etki eden faktörlerin tanımlanmasına bağlıdır. Burada ele alınan yaklaşımda, ışımsal sıcaklık açısından konfor oluşum şartının, iç yüzey sıcaklıkları ayrımının $\pm 3^\circ\text{C}$ olması durumu, ana kriter olarak ele alınmıştır.

Bilindiği gibi, bina iç yüzeylerin sıcaklığı ile hacmin sıcaklığı arasındaki büyük ayrımlar, insandan ısı kaçmasına veya insana ısı gelmesine neden olmaktadır. Bu farkın $+3^\circ\text{C}$ 'nin altında bir değerde olması, standart değer olarak kabul edilmiştir. Sayısal irdelemelerde ayrıca ele alınan standart parametrelerden bir diğeri de, ısı bölgeleri için ısı geçirme katsayıları ve ısı geçirgenlik direnç değerleridir. Bu değerler, 14 Haziran 2000 tarihinde revize edilerek yürürlüğe giren TS 825 standardında öngörülen, malzeme ve yapı kesiti elemanlarının ısı iletim katsayı değerleri baz alınmış olup, Şekil 10Ma kesiti verilen bir çatı-tavan modeli için analizler yapılmıştır.

Modelde, 25 cm. kalınlığına sahip bir beton satıh ($A_s=1.81 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$), iç cephede 3mm kalınlığında çimento-kum bazlı bir iç sıva ($k=0.75 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$) ile sıvanmıştır. Beton satıhın üst tarafına 0-30cm kalınlığında serbest granule halde tüvenan pomza Janeleri, ısı yalıtım bileşeni olarak serilmiştir. Pomza katmanının üstü, 2 mm kalınlığında yüksek çimento dozajlı şapla $X=1.20 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ kaplanmıştır. Bu model, Çizelge 2 de Isı Bölgeleri için verilen yaz ve kış ortamlarına ait marjinal dış sıcaklık değerleri için ayn ayn analiz edilmiştir.



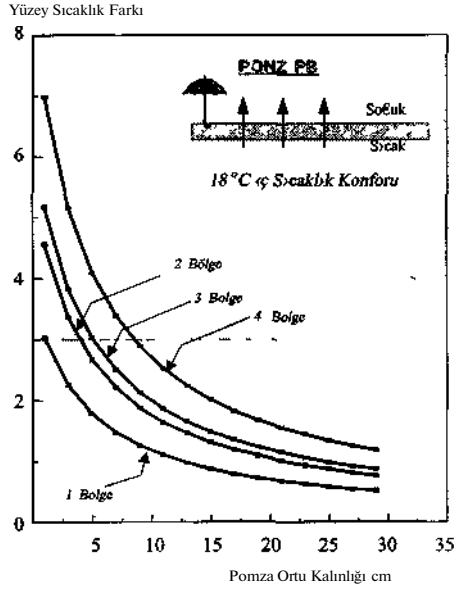
Şekil 10. Analizlerde kullanılan model yapı kesiti.

Çizelge 2. Isı Bölgeleri için modelde kullanılan marjinal dış sıcaklık değerleri.

	Yaz Ortamı	Kış Ortamı
1. Isı Bölgesi		
Marjinal Dış Sıcaklık Değeri ($^\circ\text{C}$)	+28.0	+8.0
2. Isı Bölgesi		
Marjinal Dış Sıcaklık Değeri ($^\circ\text{C}$)	+24.4	+3.3
3. Isı Bölgesi		
Marjinal Dış Sıcaklık Değeri ($^\circ\text{C}$)	+21.1	+1.3
4. Isı Bölgesi		
Marjinal Dış Sıcaklık Değeri ($^\circ\text{C}$)	+17.2	-5.2

Analizlerde ayrıca, iç ortam sıcaklık değerleri, değişik hacimlerin kullanım amacına göre ortalama 18°C ve 20°C Mik durumlan, olarak ele alınmıştır. Isıl konfor açısından, iç ve dış ortam yüzey sıcaklıkları farkı, yukarıda da değinildiği gibi, $+3^\circ\text{C}$ olarak kabul edilmiştir.

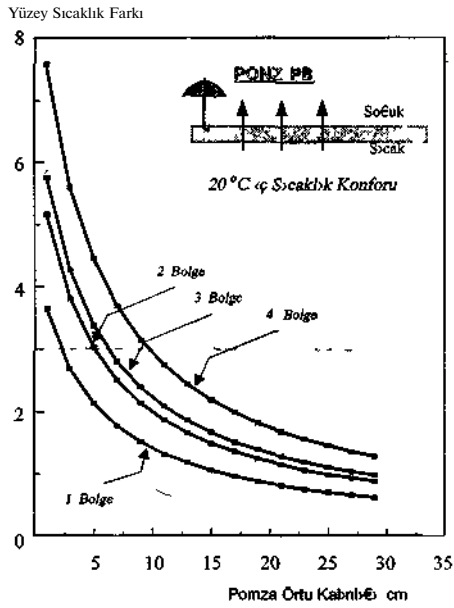
Pomza örneklerinin yukarıda model özelliği verilen çatı yapı kesitine göre, kış ve yaz ortam koşulları dikkate alınarak yapılan ısıl konfor analiz sonuçları, Şekil 11 - Şekil 14 "de verilmiştir.



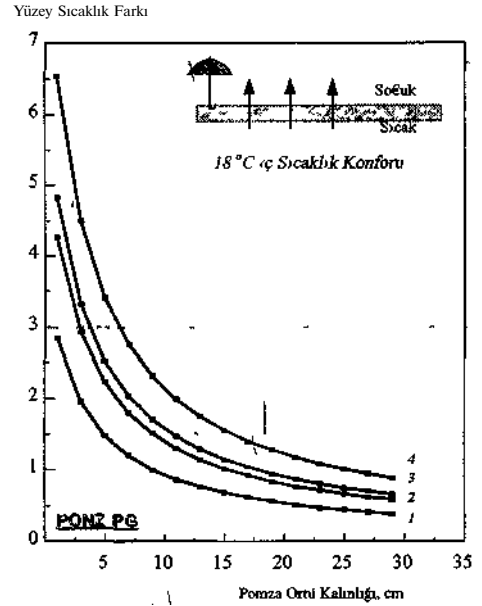
18°C'lık iç ortam sıcaklığını sağlamak için	Minimum Pomza Sergi Kalınlığı (cm)	100m ² 'lik bir alan için Malzeme Ağırlığı (kg)
1 Bölge	1	600
2 Bölge	4	2400
3 Bölge	5	3000
4 Bölge	8	4800

20°C'lık iç ortam sıcaklığını sağlamak için	Minimum Pomza Sergi Kalınlığı (cm)	100m ² 'lik bir alan için Malzeme Ağırlığı (kg)
1 Bölge	2	1200
2 Bölge	5	3000
3 Bölge	6	3600
4 Bölge	10	6000

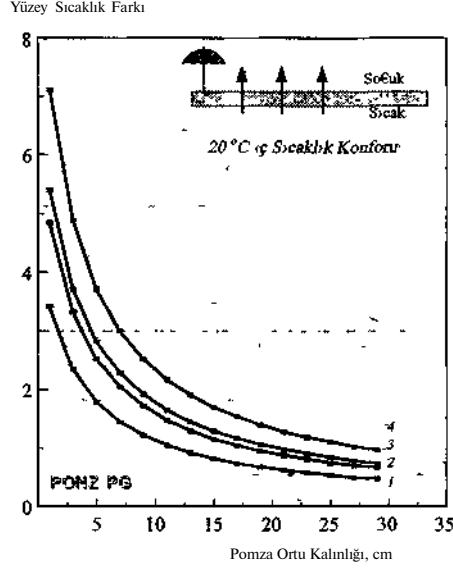
Şekil 11 PONZ PB tuvenan pomza - ısısal konfor için yalıtım kalınlığı ilişkisi» *ili mum koşulu iç sıcaklık konforu derecesi 18°C)*



Şekil 12 PONZ PB tuvenan pomza - ısısal konfor için yalıtım kalınlığı ilişkisi, *(kış ortam koşulu iç sıcaklık konforu derecesi 20°C)*



Şekil 13. PONZ tuvenan pomza - ısısal konfor için yalıtım kalınlığı ilişkisi *(kış ortam koşulu - iç sıcaklık konforu derecesi 18°C)*



Şekil 14. Ponz PG tiivenan pomza - ısısal konfor için yalıtım kabnlığı ilişkisi, (kış ortam koşulu - iç sıcaklık konfor derecesi 20°C)

Kış ortamında 18°C-lik iç ortam sıcaklığımı sağlamak için"	Minimum Pomza Sergi Kalınlığı (cm)	100m ² 'lik bir alan için Malzeme Ağırlığı (kg)
1. Bölge	0	İhtiyaç Değil
2. Bölge	2	894
3. Bölge	4	1788
4. Bölge	6	2682

Kış ortamında 20°C'lik iç ortam sıcaklığımı sağlamak için	Minimum Pomza Sergi Kalınlığı (cm)	100m ² 'lik bir alan için Malzeme Ağırlığı (kg)
1. Bölge	2	894
2. Bölge	4	1788
3. Bölge	5	2235
4. Bölge	7	3129

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye'de farklı karakteristik özellik sergileyen iki ayrı tür pomza taşının ısı iletkenlik özellikleri, tane boyut dağılımına ve ortam koşullarına göre değişimi detay olarak verilmiştir. Ayrıca, pomza taşının, binalarda serbest agrega taneleri şeklinde binaların çatılarına serildiğinde, doğal hafif ve ısı yalıtım agregası olarak

değerlendirilebilirlik kriterleri, rakamsal örnekler ile tanımlanmıştır. Bu çalışmada, analiz bulguları göstermiştir ki, özellikle kış ortam koşullarında binaların çatı-tavan izolasyonunda pomzanın serbest örtü olarak serilmesi uygulamalarında her bir ısı bölgesi için sergi veya örtü kalınlıkları ayrı ayrı hesaplanarak, çizelgeler şeklinde bu dokümanda sunulmuştur. Bu analizlerden görüleceği üzere, çok az miktarlarda pomza sergisi yapmak koşulu ile, çatı ve tavanlarda, ısısal konfor açısından gerekli konforun sağlanabileceği anlaşılmaktadır. Ancak, yaz ortam koşulları için irdelendiğinde ise, bu bölgelerde model olarak seçilen yapı kesiti için ısı yalıtımın -yeterli olduğu görülmektedir. Türkiye'deki atmosferik iklim koşulları göz önüne alındığında, önemli olan ısı yalıtımının yaz ortamından çok, kış ortam koşulları için bir problem oluşturduğudur. Bu amaçla, tüvenan pomza malzemesinin çatı ve tavan ısı izolasyonunda başarılı bir izolasyon malzemesi olacağı görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Eriç M., 1994, Yapı Fiziyi ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Can M. ve Avcı A., 1995, Bursa Bölgesi Konut Duvarlarının Optimum-Isı Yalıtım Kalınlığının Hesabı Ülke Ekonomisi ve Hava Kirliliğine Etkileri. I. Isı-Ses*Su Yalıtımı Sempozyumu, 13*14 Aralık, İstanbul.
- TS 4048, 1984, Isı Yalıtım Malzemesinin Özgül Isının Tayini, TSE, Eylül.
- ASTM C-236, 1992, Korumalı Sıcak Kutu Yöntemi İle Isı İletkenlik Değerinin Tespiti, ASTM Rev.
- Gündüz L., 1998, Pomza Teknolojisi, Cilt I, Temmuz, İsparta.
- Borhan B., 1985, YtongJEl Kitabı-I, Türk Ytong Sanayi Yayını, Mart: