SETSCI conference proceedings
SETSCI Conference Proceedings
9, 347-350, 2019

4th International Symposium on Innovative Approaches in Engineering and Natural Sciences
November 22-24, 2019, Samsun, Turkey
https://doi.org/10.36287/setsci.4.6.088
2687-5527/ © 2019 The Authors. Published by SETSCI

ISAS WINTER - 2019

Ortam Nemliliğinin Taş Yünü Yalıtım Malzemesi Termal İletkenlik Katsayısı Üzerine Etkisi

Korhan Ökten[1*+]

[1]Makine Mühendisliği/Teknoloji Fakültesi, Amasya Üniversitesi, Amasya, Türkiye
[*]Corresponding author: korhan.okten@amasya.edu.tr
[+]Speaker: korhan.okten@amasya.edu.tr
Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

Özet – Konutlarda enerji tüketiminin artışına karşı yalıtım malzemelerinin kullanımı uzun yıllara dayanan yaygın bir uygulamadır. Yalıtım malzemesinin performansını gösteren en önemli parametre termal iletkenlik katsayısıdır. Termal iletkenlik katsayısını etkileyen, nem ve sıcaklık gibi birçok çevresel etken vardır. Bu çalışmada taş yününün ısı iletim katsayısının bağıl neme bağlı olarak değişimi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler sırasında ortamın bağıl nem değerleri kuru nemlilik, %60, %75 ve %90 olarak seçilmiş ve deneyler her bağıl nem değeri için tekrarlanmıştır. Deneysel düzenek olarak iki adet huni, buz kalıbı, sıcaklık sensörü, nem sensörü ve dereceli kap kullanılmıştır. Huni içerisinde bulunan buz kütlesinin erime miktarına ve sıcaklık değişimine bağlı olarak her bir nem değeri için ısı iletkenlik katsayıları hesaplanmıştır. Ayrıca kuru izolasyon için ısı iletkenlik katsayısı literatürdeki çalışmalarla doğrulanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda taş yünlü izolasyon için ısı iletim katsayıları bağıl neme bağlı olarak %28 oranında arttığı gözlenmiştir. Buda göstermektedir yalıtım malzemesi seçiminde ve optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesinde ortamın bağıl nemi önemli bir etkendir.

Anahtar Kelimeler – *Yalıtım, Bağıl nem, Termal iletkenlik, Taş yünü*

I. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte dünya üzerinde enerji tüketimi de her geçen gün artmaktadır [1]. Bununla birlikte konutlarda harcanan enerji tüketimi de oldukça fazladır. Bu durumu önlemek için konutlarda ısı yalıtımı uygulamaları oldukça yaygındır. Isı yalıtımını etkileyen birçok çevresel etken vardır. Nem de ısı yalıtımını etkileyen önemli bir parametredir. Çünkü nem termal iletkenlik katsayısını artırır, küf oluşumuna neden olur ve yoğuşma problemlerine sebep olur[2][3].

Nemin yalıtım malzemeleri termal iletkenlik katsayısı üzerine etkisini inceleyen literatürde birçok çalışma vardır. Karamanos ve Papadapulos [4] ortam sıcaklığı ve nemin taş yünü ısı iletim malzemesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sonuçlar sıcaklık ve nem artışına bağlı olarak ısı iletim katsayısının arttığını göstermiştir. Lakatos ve Kalmar farklı yoğunluklardaki expanded polystyrene malzemesinin absorbe ettiği su buharı miktarı ve ortamın bağıl nemine bağlı olarak ısı iletim katsayısındaki değişimi incelemişlerdir. Sonuçlar yoğunluğa bağlı olarak düşen ısı iletim katsayısının neme bağlı olarak arttığını göstermiştir[5]. Lakatos,[1] EPS 200, G-EPS, XPS, Gypsum board, Mineral wool, Glass fiber malzemelerinin neme bağlı ısı iletkenlik katsayılarını incelemiştir. Sonuçlar tüm malzemelerin nemden zarar gördüğünü ortaya çıkarmıştır. Wang ve ark[6]. Gözenekli yalıtım malzemelerinde statik nemin ısı iletkenlik katsayısı üzerine etkisini incelemiştir. Soğuk iklim şartlarında yalıtım malzemesinden nemden önemli ölçüde etkilendiğini ve statik nemin süreçte fazla değişmediğini göstermiştir.

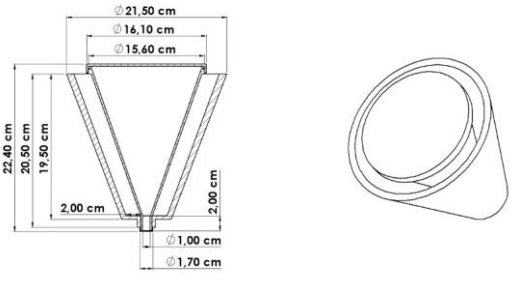
Yukarıda da belirtildiği üzere nemliliğin yalıtım malzemesi üzerine etkileri birçok çalışmada incelenmiştir. Ancak bu çalışmaların çoğu mekân ısıtması uygulamalarıdır. Soğuk oda uygulamaları üzerine literatürde çok az sayıda çalışma vardır. Bu sebeple, bu çalışmada ise nemliliği soğuk oda uygulamaları için taş yünü yalıtım malzemesi üzerine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler sırasında ortam bağıl nemi kuru nemlilik, %60, %75 ve % 90 olarak seçilmiş ve ısı iletim katsayıları hesaplanmıştır.

II. MATERİAL VE METOD

Nemliliğin taş yünü malzemesi üzerine etkisini incelemek için deneysel düzenek kurulmuştur. Deneyler kuru nemlilik, %60, %75, %90 değerleri için tekrarlanmıştır.

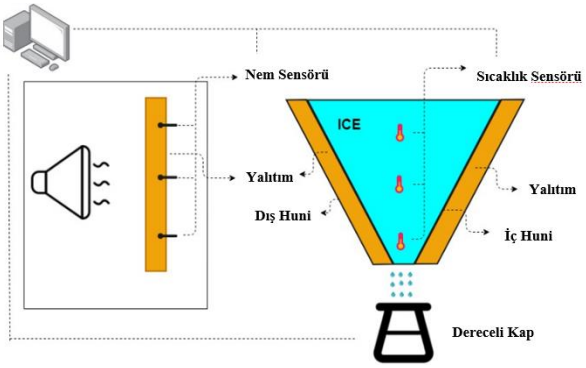
A. Deney Düzeneği

Çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için oluşturulan deney düzeneği 2 adet eş eksenli yerleştirilmiş iki adet huni, huni içerisine yerleştirilmiş 3 adet sıcaklık sensörü, bağıl nemin ölçülebilmesi için nem sensörü ve dereceli kaptan oluşmaktadır. Şekil 1 de huni geometrisi ve ölçüleri görülmektedir. Huni, 3D yazıcıda PLA malzemesinden üretilmiştir.



Şekil 1. Huni geometrisi

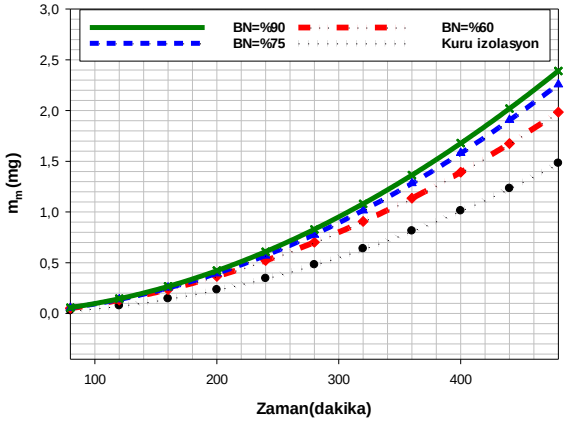
Deneylerin başlangıcında yalıtım malzemesi, nemli ortamda literatür ile bağlantılı olarak 240 dakika bekletilmiştir [7]. Sonrasında nemlendirilmiş yalıtım malzemesi iki huni arasına yerleştirilerek dış ortam ile teması kesilmiştir. Bu arada iç huni içerisine buz kalıbı yerleştirilmiştir. Buz kalıbı içerisine geçen ısı ile birlikte zamana bağlı olarak buz erimiş ve damlama miktarları ile sıcaklıklar eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler kullanılarak ısı iletim katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplamalar tek boyutlu direnç ağları kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 2. Deney düzeneği

III. SONUÇLAR

Bu bölümde deney sonucu elde edilen veriler ve bu veriler kullanılarak hesaplanacak olan ısı iletim katsayıları belirlenecektir. Öncelikli olarak huni içerisindeki buzun zamana bağlı damlama miktarları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Huni içerisindeki buzun zamana bağlı damlama miktarı

Şekil 3'te görüldüğü üzere bağıl nemin artışına bağlı olarak buzun erime miktarı artmaktadır. Ayrıca görüldüğü üzere zamana bağlı damlama miktarı karakteristikleri neme bağlı olarak aynıdır.

Tablo 1'de iç huni içerisindeki buzun zamana bağlı sıcaklık değerleri tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. İç huni içerisindeki buzun sıcaklıkları

Zaman	**Taş yünü** $T_{buz}(^{o}C)$			
	%45	**%60**	**%75**	**%90**
80	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
120	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3
160	-0,1	-0,1	-0,3	-0,3
200	0	-0,1	-0,3	-0,3
240	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3
280	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
320	0	-0,1	-0,1	-0,1
360	0	0	0	-0,1
400	0	0	0	0
440	0	0	0	0
480	0	0	0	0

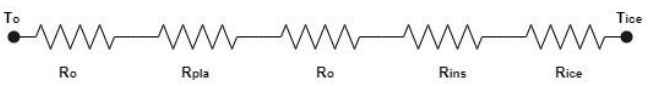
Elde edilen sonuçlarla ısı iletim katsayısının çözümü için 1 boyutlu ısıl direnç ağları kullanılmıştır. Isı iletim denklemi için her bir katmandaki ısı akısının eşit olduğu bilinmektedir. Deney sonuçları ile elde edilen veriler her 40 dakikalık süre için geçerlidir. Isı iletim katsayıları deney süresi boyunca elde edilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Öncelikli olarak çevreden iç huni içerisindeki buza geçen ısı miktarı Denklem 1 'de verilmiştir.

$$\dot{Q}_{tot} = \frac{T_o - T_{ice}}{R_{tot}} \qquad (1)$$

Denklem 1'de görülen $\dot{Q}_{tot}$ çevreden buza geçen ısı transfer miktarı, T_o çevre sıcaklığı, T_{ice} buz sıcaklığı ve R_{tot} toplam direnci göstermektedir.

Toplam direnci hesaplamak için aşağıda görülen direnç ağı kullanılmıştır.



$$R_o = \frac{1}{h_o A} \quad (2)$$

$$R_{pla} = \frac{L_{pla}}{k_{pla} A} \quad (3)$$

$$R_{ins} = \frac{L_{ins}}{k_{ins} A} \quad (4)$$

$$R_{ice} = \frac{L_{ice}}{k_{ice} A} \quad (5)$$

Yukarıda görülen denklemlerde h_o, havanın ısı transferi katsayısı, A, alan, R_{pla}, R_{ins}, R_{ice} ifadeleri sırasıyla pla, yalıtım malzdemesi ve buzun ısıl dirençleridir. L_{pla}, L_{iso}, L_{ice} ifadeleri sırasıyla pla, yalıtım malzdemesi ve buzun kalınlıklarıdır. k_{pla}, k_{iso}, k_{ice} ifadeleri sırasıyla pla, yalıtım malzemesi ve buzun ısı iletim katsayılarıdır. Hesaplamalar yapılırken k_{pla} = 0.13 W/mK [8] ve k_{ice} = 2.2 W/mK [9] olarak alınmıştır.

R_{tot} ifadesi denklem 6 ile hesaplanmıştır.

$$R_{tot} = R_o + R_{pla} + R_{ins} + R_{pla} + R_{ice} \quad (6)$$

$\dot{Q}_{tot}$ ifadesinin hesaplanabilmesi için enerjinin korunumu denklemi kullanılmıştır. Denklem 7'de görüldüğü gibi çevreden buza geçen ısı, buzun toplam kütlesinin sıcaklığını artırırken bir kısım suyunda erimesine yol açmaktadır.

$$\dot{Q}_{tot} = (M_{ice} c_{ice} (\bar{T}_{ice} - T_m) + M_{ice} h_m) / \Delta t \quad (7)$$

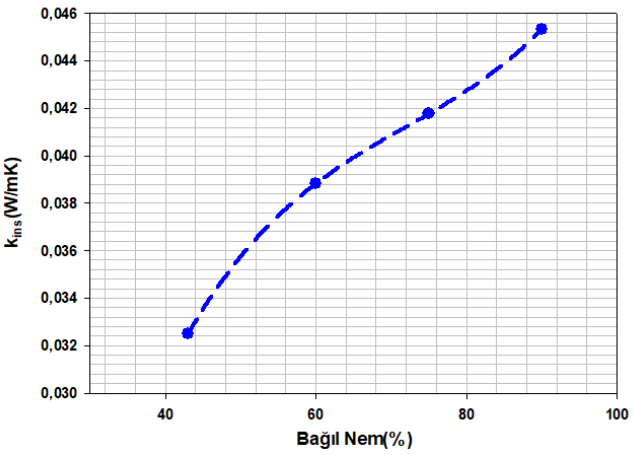
Denklem 7'de görülen M_{ice} buzun kütlesi, c_{ice} buzun özgül ısısı, T_m, buzun erime ısısı, h_m buzun erime entalpisi ve t, zamandır.

k_{ins} değeri Denklem 8 gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$k_{ins} = \frac{A}{\left(\left(\frac{T_o - T_{ice}}{Q_{tot}} \right) - \left(R_o + 2R_{PLA} + R_{ice} \right) \right) L_{ins}} \quad (8)$$

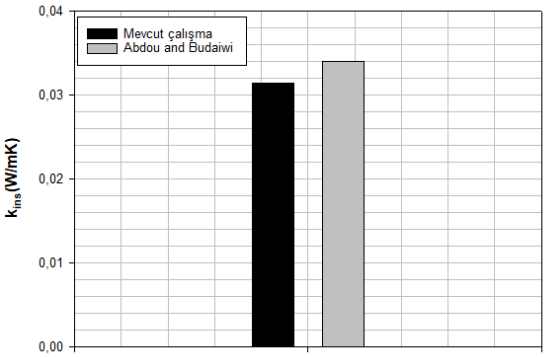
Denklem 8 ile hesaplanan ortalama ısı iletim katsayılarının bağıl neme bağlı değişimi Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 5. Isı iletim katsayısının bağıl neme bağlı değişimi



Şekil 4'te görüldüğü ısı iletim katsayısı bağıl neme bağlı olarak önemli ölçüde artmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde bağıl neme bağlı ısı iletkenlik katsayısı %28 artmaktadır.

Şekil 5 'te elde edilen deneysel veriler literatür' de aynı koşullar altında yapılan çalışma doğrulanmıştır[10].



Şekil 4 Deneyler sonucunda elde edilen k_{ins} değerlerinin doğrulanması

Sonuçlar literatür ile kıyaslandığında ısı iletim katsayıları arasındaki fark yaklaşık %7 dir.

IV. CONCLUSION

Bu çalışmada bağıl nemin taş yünü ısı yalıtım katsayısı üzerine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler kuru nemlilik, %60, %75, %90 bağıl nem değerleri için tekrarlanmıştır. Oluşturulan deney düzeneği yardımı ile elde edilen verilerden tek boyutlu ısıl direnç ağlarıyla ısı iletim katsayıları hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlar nemliliğin taş yünü ısı iletkenliği üzerinde etken olduğunu göstermiştir. Bağıl neme bağlı olarak ısı iletim katsayısı %28 artmaktadır. Ayrıca saptanan bir diğer olguda %75 bağıl nem değerinden sonra ısı iletim katsayısındaki artış azalma eğilimi göstermiştir.

Deneyler literatür ile doğrulanmış ve yaklaşık %7 sapma görülmüştür.

KAYNAKÇA

[1] Á. Lakatos, "Investigation of the moisture induced degradation of the thermal properties of aerogel blankets: Measurements, calculations, simulations," *Energy Build.*, vol. 139, pp. 506–516, Mar. 2017.

[2] W. W. Yuen, E. Takara, and G. Cunnington, "Combined Conductive/Radiative Heat Transfer in High Porosity Fibrous Insulation Materials: Theory and Experiment," *6th ASME-JSME Therm. Eng. Jt. Conf.*, no. January 2003, pp. 201–209, 2003.

[3] "Joseph W Lstiburek , J. Carmody - Moisture control handbook_ New, low-rise residential construction-U.S. Dept. of Commerce, National Technical Information Service (1991).pdf." .

[4] A. Karamanos, S. Hadiarakou, and A. M. Papadopoulos, "The impact of temperature and moisture on the thermal performance of stone wool," *Energy Build.*, vol. 40, no. 8, pp. 1402–1411, Jan. 2008.

[5] Á. Lakatos and F. Kalmár, "Analysis of water sorption and thermal conductivity of expanded polystyrene insulation materials," *Build. Serv. Eng. Res. Technol.*, vol. 34, no. 4, pp. 407–416, Nov. 2013.

[6] Y. Wang, Z. Zhao, Y. Liu, D. Wang, C. Ma, and J. Liu, "Comprehensive correction of thermal conductivity of moist porous building materials with static moisture distribution and moisture transfer," *Energy*, pp. 103–118, Jun. 2019.

[7] Á. Lakatos, "Moisture induced changes in the building physics parameters of insulation materials," *Sci. Technol. Built Environ.*, vol. 22, no. 3, pp. 252–260, Apr. 2016.

[8] "Technical Data Sheet." [Online]. Available: https://www.sd3d.com/wp-content/uploads/2017/06/MaterialTDS-PLA_01.pdf. [Accessed: 09-Jun-2019].

[9] L. J. Bonales, A. C. Rodriguez, and P. D. Sanz, "International Journal of Food Properties Thermal conductivity of ice prepared under different conditions," 2017.

[10] A. A. Abdou and I. M. Budaiwi, "Comparison of Thermal Conductivity Measurements of Building Insulation Materials under Various Operating Temperatures," *J. Build. Phys.*, vol. 29, no. 2, pp. 171–184, Oct. 2005.