



Maden Tetkik ve Arama Dergisi

<http://dergi.mta.gov.tr>



HALI VE BOR ATIKLARINDAN İZOLASYON MALZEMESİ ÜRETİMİ

PRODUCTION OF AN INSULATION MATERIAL FROM CARPET AND BORON WASTES

Yasin ERDOĞAN^{a*}

^aİskenderun Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü 31200 İskenderun, Hatay-Türkiye

Araştırma Makalesi

ÖZ

Anahtar Kelimeler:
Bor, Hali Atığı, Halıbor Türkiye

Yapılan çalışmada hali atıklarının bor minerallerinden olan ham kolemanite cevheri ve kolemanite baraj atığı katkılı solüsyon ile karıştırılarak konutlarda kullanılacak izolasyon malzemesinin üretimi sağlanmıştır. Üretilen izolasyon malzemesine patent başvurularında kullanılması için HALIBOR ismi verilmiştir. Seri üretim için optimum karışım oranları belirlenmiş ve ürünün fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Ayrıca, üretilen malzemenin binalarda kullanılan benzer ürünler ile fiziksel özellikler bakımından karşılaştırması yapılmıştır. Yapılan incelemeler sonrası ürünün yapı ve inşaat sektöründe rahatlıkla kullanılacak yüksek ısı ve ses yalıtım sağlayan bir ürün olduğu tespit edilmiştir.

Geliş Tarihi: 04.03.2015

Kabul Tarihi:23.06.2015

ABSTRACT

Keywords:
Boron, Carpet wastes,
Halibor, Turkey

Buildings are large consumers of energy in all countries. In regions with harsh climatic conditions, a substantial share of energy goes to heat and cool buildings. This paper reports an investigation of the insulation materials made from mixing carpet wastes with a solution with added crude colemanite ore, one of boron minerals, and a solution with added colemanite wastes from a barrage. A new building insulation material was produced which is name, Halibor. Optimum mixing ratios were determined for mass production and the physical properties of the product were established. In addition, the material produced was compared with similar products used in buildings in terms of physical properties. As a result of the investigations, it was established that the product provides high heat and sound insulation and can be used easily in building and construction industry.

1. Giriş

Dünyada üretilen toplam enerjinin; %25'i sanayi üretiminde, %25'i motorlu taşıtların kullanımında, %50'si ise binalarda tüketilmektedir. Binalarda tüketilen enerji miktarının çok büyük bir bölümünün binaların ısıtılmasında ve soğutulmasında kullanılmaktadır. Enerjinin verimli kullanımı, olumsuz çevresel etkilerin önlenmesi sürecinde önemli katkılar sağlamaktadır. Başta CO₂ olmak üzere diğer sera gazlarının salınımindan dolayı küresel ısınma ve iklim değişikliğini de beraberinde getirmektedir. Isı yalıtımı, binaların daha az yakıtla ısıtılmasını ve soğutulmasını sağlayacağından, atmosfere yayılan karbondioksit (CO₂), kükürt dioksit (SO₂) gibi sera gazlarının da salınımindan azalma gerçekleşir. Böylece atmosferde oluşan sera etkisi, küresel

ısınma ve iklim değişikliği ile mücadeleye katkıda bulunulur (Demir ve Orhan 2006; Eken, 2012, Erdoğan ve Yaşar, 2005).

Türkiye'de 2000 yılı bina sayımına göre, 7,8 milyon bina mevcuttur. Nüfus artışı ve kentleşme hızına orantılı olarak bu sayı her geçen gün artmaktadır. Sayıma göre, konut ve ticari binaların kapladığı alan 913 milyon m² olup, bunların 400 milyon m²'si ısıtılmaktadır. Kaynak tüketimi ve çevreye verdiği zararlar açısından binalar % 13,6 su kullanımı, % 70 elektrik kullanımı, % 60 katı atık oluşumu, % 33-39 sera gazı emisyonundan sorumludur. Bina yaşam döngüsü perspektifinden bakıldığında toplam enerjinin % 83'ünün bina kullanım aşamasında tüketildiği görülmektedir. Konutlarda tüketilen enerjinin % 80'i ısınmaya harcanmaktadır. Bina kulla-

nım sürecinin verimliliği ve binaların çevreye verdiği zararlar tasarımı, inşa edilirken kullanılan malzemeye ve bina işletimindeki verimliliğe bağlı olarak değişir. Dolayısı ile binalarda uygulanacak yalıtım ile ve bina enerji sistemlerinin verimliliğinin artırılması yoluyla bu değerlerin azaltılması, sürdürülebilirliğin desteklenmesi mümkündür (Keskin, 2010).

Başka bir deyişle ısı yalıtımı önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bina kabuğunu oluşturan duvar, tavan ve çatı yalıtımında termal direnci yüksek yalıtım malzemelerinin uygulanması ile bina enerji ihtiyacının azaltılması, dolayısıyla enerji tüketiminin azaltılması, ısıtma için kullanılan fosil yakıtların azaltılması, fosil yakıttan kaynaklı karbon salınımlarının da azaltılması anlamına gelmektedir. Bu şekilde enerji kaynaklı hava kirliliği azaltılabilir (Yaşar vd., 2004).

Ayrıca, gelişen dünyamızda kentleşme, endüstrileşme, teknolojik gelişmeler ve nüfus artışı giderek daha gürültülü yaşam biçimlerini zorunlu kılmaktadır. Günümüzde gürültü bir çevre ve sağlık sorunu olarak ifade edilmektedir. Bu sorundan kurtulmak için insanlar olabildiğince sessiz ve gürültüsüz bir yaşam istemektedirler (Erdoğan ve Yaşar, 2012). Gürültü kirliliğini azaltmak amacıyla, ses yalıtımı yüksek, gürültünün az olduğu yaşam alanlarının üretilmesi gerekmektedir. Bu sebepten ötürü yapılan çalışmada elde edilen ürünün ısı iletiminin yanı sıra ses yalıtım özelliğinin de olması ürünün pazarlanması açısından büyük avantajlar sağlamıştır (Erdoğan ve Yaşar, 2012; Erdoğan, 2007).

Çok sayıda araştırmacı izolasyon malzemeleri hakkında çalışmalarda bulunmuşlardır. Aspiras ve Manalo (1995) tekstil atıklarının çimento yapısında kullanımını araştırmışlardır. Fisher vd. (2001) selülozik malzemelerinin yalıtım özelliklerini incelemişlerdir. Kriker vd. (2004) palm liflerini, Perry (2003) kısa ve uzun sentetik lifleri, Wong (2004), Meyer vd. (2002) of farklı tür ve çeşitteki atık liflerini, Schmidt ve Cieslak (2007) halı ve beton atıklarının yeniden değerlendirilmesi üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır.

Yapılan çalışma ile halı atıklarının bor türevlerinden olan ham kolemanit cevheri ve kolemanite baraj atığı katkılı solüsyonlar ile karıştırılarak iki farklı izolasyon malzemesinin üretilmesi sağlanmıştır. Üretilen izolasyon malzemesinin patent başvurularında kullanılması için HALIBOR ismi verilmiştir. Üretilen ürün (HALIBOR) ile yapı ve inşaat sektöründe maliyeti düşük, ısı, ses izolasyon değerleri yüksek, fizik-

sel ve mekanik özellikleri ile standartlara uygun bir malzemenin üretimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, borun minerolojik avantajlarından ötürü elde edilen ürünün yanmaya karşı dirençli olması ve atıl vaziyette bulunan hammaddelerin kullanılması ile çevreci bir ürünün elde edilmesi sağlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Halı imalatında atıklık iplik, çözümlük iplik ve ilmelik (hav) iplikleri kullanılmaktadır. Türkiye’de halı üretiminin neredeyse yarısının gerçekleştiği Gaziantep ilinde yılda kullanılan ipliklerin çeşidine göre, atkı ipliğinde % 6-16, çözgü ipliğinde % 10-15, ilme(hav) ipliğinde ise % 15-20 arasında toplam fire ve zayıtların olduğu tespit edilmiştir (Olivares-Marin ve Maroto-Valer, 2011). Halı fabrikalarından alınan bilgiler ve edinilen literatür çalışmalarına göre toplamda yıllık 600.000 ton civarında bir halı atığının varlığı mevcuttur. Ülke ekonomisi için bu denli yüksek miktardaki halı atığı önemli kayıptır. Ayrıca halı imalathanelerinde veya lark tesislerinde oluşan halı kenarları, sırt yollantuları ve jüt ipliği de sanayide süreklilik taşıyan ve değerlendirilmeyi bekleyen önemli atıklardandır. Sürekli artmakta olan halı atıklarının değerlendirilmesi ve milli zenginliğimiz olan borun bu sektör içerisinde kullanılması bu çalışmanın ana temasını oluşturmuştur (Kozak, 2010). Ön çalışmalarda, Gaziantep ilinde halıcılık alanında faaliyet gösteren bir şirket bünyesindeki halı atıklarının durumu incelenmiş, yapılması düşünülen malzeme için uygun olduğu ve bu atıkların süreklilik teşkil ettiği belirlenmiştir (Şekil 1).

Bor, periyodik tabloda B simgesiyle gösterilen, atom numarası 5, atom ağırlığı 10,81, yoğunluğu 2,84 gr/cm³, ergime noktası 2300 °C ve kaynama noktası 2550 °C olan, metalle ametal arası yarı iletken özelliklere sahip bir elementtir. Genellikle doğada tek başına değil, başka elementlerle bileşikler halinde bulunur. Tabiatla yaklaşık 230 çeşit bor minerali vardır. Oksijenle bağ yapmaya yatkın olması sebebiyle pek çok değişik bor-oksijen bileşimi bulunmaktadır. Bor-oksijen bileşimlerinin genel adı borattır. Dünya bor rezervlerinin %72,2’sine sahip olan Türkiye, yüksek tenördeki bor cevherleri çok kolay ve ekonomik olarak çıkarılmakta ve işlenmektedir. Yapılan çalışmada halı atıkları iki farklı bor içeriği barındıran solüsyon ile karıştırılmıştır. İlk solüsyon %36,19 B₂O₃ içeren kolemanit konsantre cevheri,



Şekil 1-Halı atık türleri.



Diğeri ise yapısında % 25,77 B_2O_3 içeren Kolemanit konsantre atığından oluşan solüsyonudur. Kolemanit cevheri ve konsantre atıkları Eti Maden Genel Müdürlüğüne bağlı, Emet Bor İşletme Müdürlüğünden temin edilmiştir ve kimyasal bileşimleri çizelge 1’de verilmiştir. Konsantre kolemanit atıkları, tesis içerisinde bulunan baraj havuzlarında stoklanmakta ve kullanılmamaktadır. Üretilen HALIBOR malzemesi ise atıl, kullanılmayan ve çevresel sorun teşkil eden konsantre atıklarında kullanılmasına çalışılmıştır. Tüm bu işlemler sonrasında karışımın preslenerek yalıtım malzemesinin kurutulma işlemi gerçekleştirilmiştir (Batar vd., 2009; Yılmaz, 2004).

Çizelge 1- Espey konsantre kolemanit ve atık kolemanit cevherinin kimyasal analizi.

Kimyasal Bileşim	Demir Konsantrasyonu (%)	Espey Kolemanit Atık (eski baraj atıkları) (%)
B_2O_3	36,19	25,77
SiO_2	14,6	22,46
Fe_2O_3	1,04	1,51
Al_2O_3	3,84	5,83
CaO	19,83	15,9
MgO	2,46	5,02
TiO_2	3,54	4,84
As(ppm)	205	400
SO_4	0,13	0,18

Ayrıca halı atıklarıyla kolemanit cevheri solüsyonunun karışımlarından oluşan izolasyon malzemesinin daha sağlam olabilmesi için endüstriyel alanda sıkça kullanılan Carboxy Methyl Cellulose (CMC) adlı yapıştırıcı da kullanılmıştır.

2.2. Metot

Halı atıklarından bor katkılı izolasyon malzemesinin üretimi için izlenen yol şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’den görüldüğü üzere halı atıkları önce kesile-

rek ufalama işlemine tabi tutulmuştur. Sonra önceden belirlenmiş oranlarda hazırlanan su, kolemanit, Cmc ve Halı atığı bir karıştırıcı içerisinde karıştırılmış ve elde edilen ürün bir kalıba yerleştirilerek preslenip şekil verilmiştir. Presleme işlemi sonrası $35^{\circ}C$ lik bir ısıda fırında 4 saat kurutulmuş ürün kullanıma hazır hale getirilmiştir.

3. Araştırma ve Bulgular

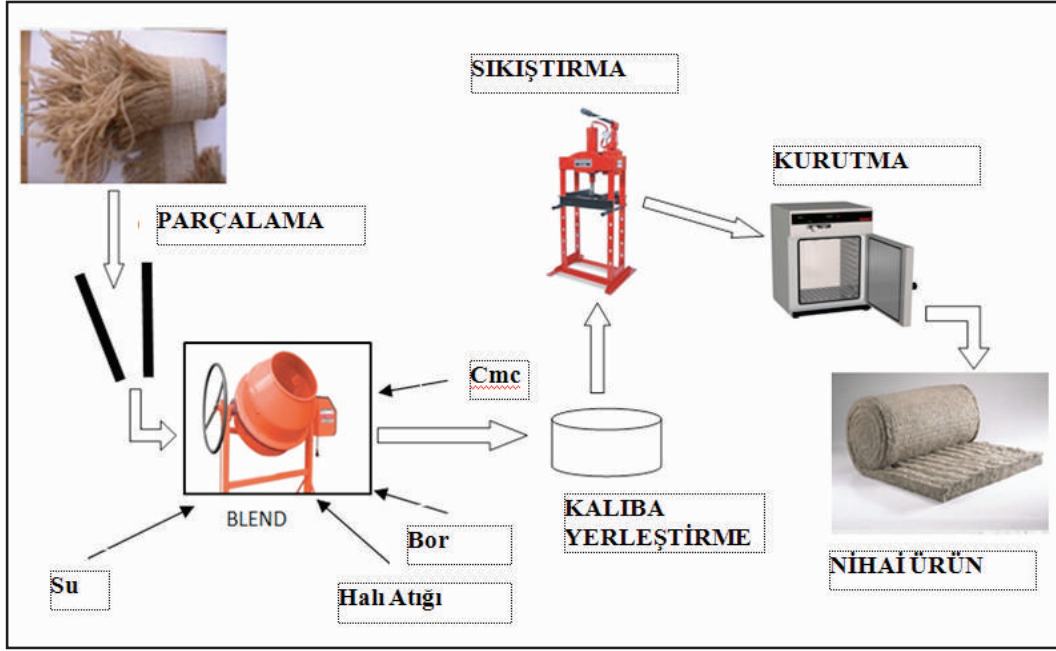
Yapılan çalışmalar sonrası en uygun değerleri veren iki farklı ürün elde edilmiştir. Bu ürünler Ham kolemanit cevheri katkılı olanı HALIBOR-1, kolemanit baraj atığı katkılı olanı HALIBOR-2 ismi verilmiştir. Üretilen malzemeler $40 \times 40 \times 10$ (en x boy x yükseklik) boyutlarında tasarlanmıştır.

Elde edilen ürünlerin fiziksel ve mekanik özellikleri (yoğunluk, ısı iletim katsayıları, yanmazlık özellikleri ile ses yalıtım değerleri) tespit edilmiştir. Ayrıca, yapı ve inşaat sektöründe kullanılan diğer yalıtım ve inşaat malzemeleriyle HALIBOR-1 ve HALIBOR-2’nin karşılaştırmaları yapılmıştır.

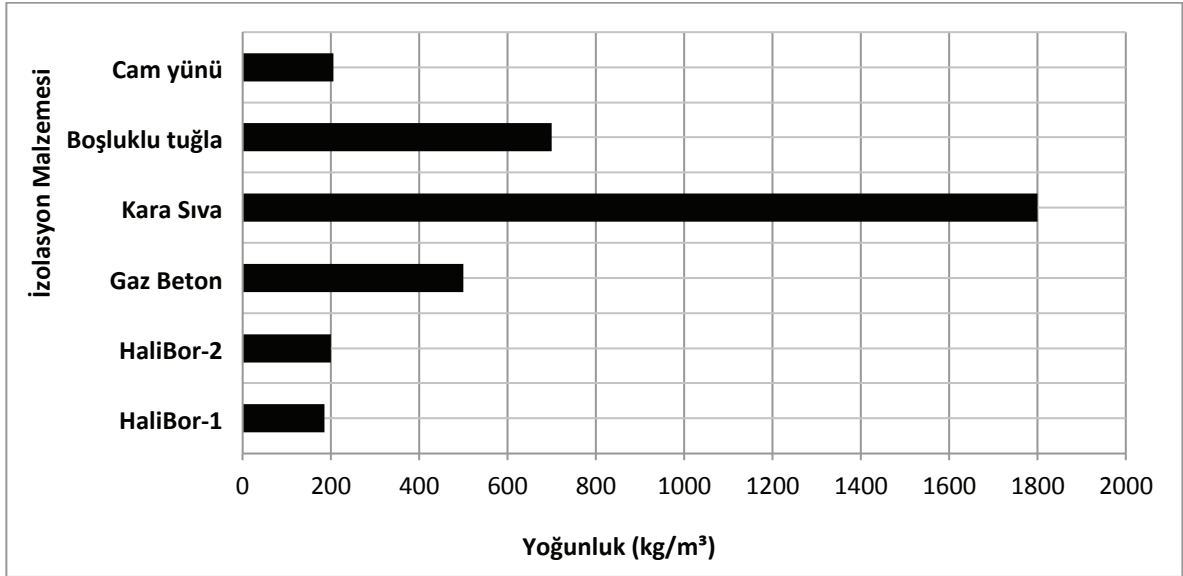
Malzemelerin yanmazlık değerlerine göre sınıflandırılması DIN 4112 standardına göre yapılmış ve elde edilen sonuçlar çizelge 2’de verilmiştir (DIN 4112. 1960. Ve <http://www.termolnumara.com>). Çizelge 2 incelendiğinde HALIBOR adlı yalıtım malzemeleri sektörde kullanılan diğer malzemeler ile kıyaslandığında oldukça iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Yoğunluk değeri olarak $185-200 \text{ kg/m}^3$ arasında değişen bir özellik sunmuşlardır. Sektörde HALIBOR-1’in değerlere en yakın değer sunan yalıtım malzemesi Cam yünüdür. Ham cevher katkılı HALIBOR-1 sektörde kullanılan en düşük yoğunluk değerine sahip yeni bir yalıtım malzemesi olmuştur (Şekil 3).

Halı ve Bor Atıklarından İzolasyon Malzemesi Üretimi



Şekil 2- HalıBor üretim planı.



Şekil 3- Yalıtım malzemelerinin yoğunluk değerleri.

Çizelge 2- Çeşitli izolasyon malzemelerinin karşılaştırmaları (<http://www.termo1numara.com>).

Yalıtkan Madde	Yoğunluk (kg/m³)	Termal İletkenlik 1W/(mK)	Tutuşabilirlik (DIN 4112)	Ses Yalıtımı (dB) (10cm/500hz)
HalıBor-1	185	0,035	B1- Zor yanan	38
HalıBor-2	200	0,04	B1- Zor yanan	38
Gaz beton blokları	500	0,14	B1- Zor yanan	38
Siyah çimento sıva	1800	0,87	A- Yanmaz	35
Hava Tuğla	700	0,24	A- Yanmaz	37
Cam Yünü	205	0,04	B1- Zor yanan	36

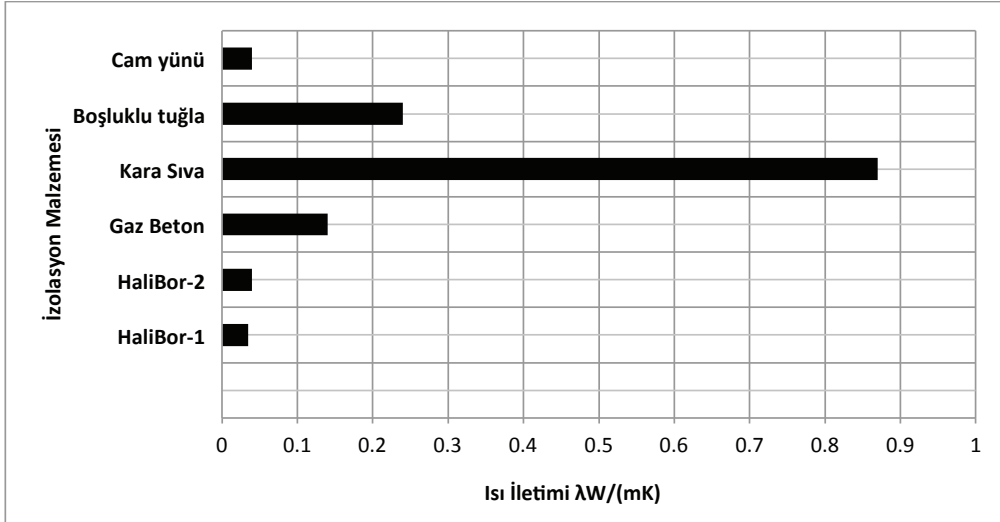
Isı iletkenlik deneyleri TS 825'e göre yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde HALIBOR-1, $0,035 \lambda W/(mK)$, HALIBOR-2, $0,04 \lambda W/(mK)$ 'lık bir değer sunduğu tespit edilmiştir. Halı atıklı, bor katkılı HALIBOR diğer malzemeler ile kıyaslandığında yine en yüksek ısı yalıtım değerini ham cevher katkılı HALIBOR-1 malzemesinin verdiği görülmüştür (Şekil 4).

Ses yalıtımı üretilen malzemelerin ses yalıtımı sağlanmış bir odada belli bir mesafede ses üreten anfiden ne kadarlık bir sesi emerek yalıtım sağlamasıyla bulunur (TS EN ISO 10140-3, 2011). Elde edilen sonuçlara bakıldığında en yüksek yalıtım sunan malzemelerin gaz beton ile birlikte HALIBOR-1 ve 2 olduğu çizelgeden görülmektedir (Şekil 5).

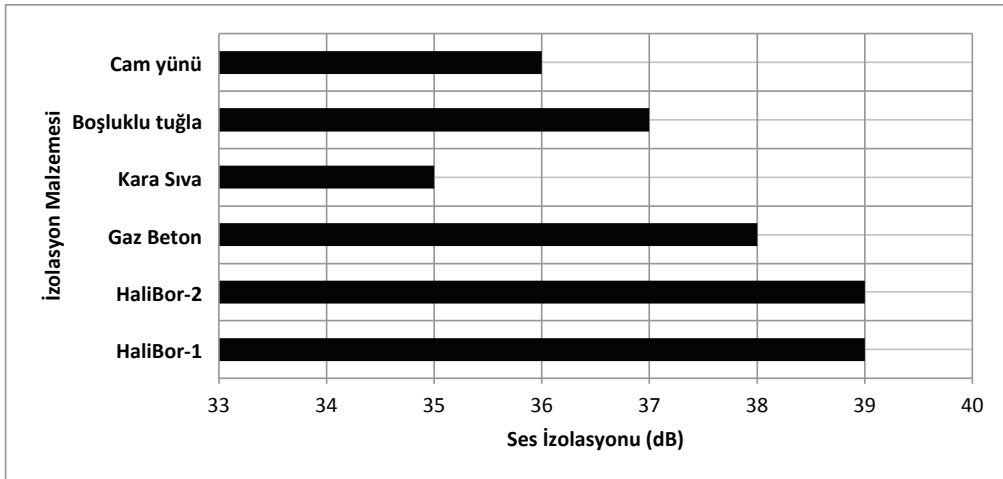
4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada, endüstriyel alanda kullanımı sınırlı olan halı atıkları ile kolemanit konsantre cevheri ve atıklarının izolasyon malzemesi üretiminde kullanılabileceği görülmüştür. Elde edilen ürünlere faydalı model ve patent başvurularında kullanılması amacıyla HALIBOR ismi verilmiştir. Ham kolemanit cevheri katkılı izolasyon malzemesine HALIBOR-1, Kolemanit konsantre atıklarının kullanıldığı izolasyon malzemesine HALIBOR-2 adı verilmiştir.

HALIBOR'ların fiziksel özellikleri tespit edilmiş ve sektörde kullanılan diğer izolasyon malzemeleriyle karşılaştırmaları yapılmıştır. Karşılaştırma sonrası üretilen HALIBOR'ların yapı ve inşaat sektöründe oldukça rahatlıkla kullanılabileceği görülmüştür.



Şekil 4- İzolasyon malzemelerinin ısı iletim değerleri.



Şekil 5- İzolasyon malzemelerinin ses iletim değerleri.

Atık malzemelerin geri dönüşüm olarak farklı bir ürünün eldesinde kullanılması yapılan çalışmanın önem ve değerini daha da arttırmıştır.

Değınilen Belgeler

- Aspiras, F.F., Manalo, J.R.I. 1995. Utilization of textile waste cuttings as building material. *Journal of Materials Processing Technology* 48, 379–384.
- Batar, T., Köksal, N. S., Yersel E., Ş. 2009. Waste boron doped waste paper and plaster perlite production and characterization of materials, *Ecology*, 18, 72, 45-53
- Demir, İ., Orhan, M. 2006. Building materials in the production of Boron waste assessment. *1st International Symposium on Boron Book*. Ankara.
- DIN 4112. 1960. Temporary structures, code of practise for design and construction, *German National Standard*. <http://www.termo1numara.com>
- Eken, M. 2012. Use of waste materials in the Production of insulation material, Sütcü İmam University, *Master's Thesis, Department of Civil Engineering*, Kahramanmaraş.
- Erdoğan Y. 2007. Produced from acidic and basic Pumice Investigation of characteristics of Building Materials Engineering, *Cukurova University, Institute of Science, PhD thesis*, 301 p. Adana
- Erdoğan, Y., Yaşar, E. 2005. Pumice briquette produced from Nevşehir in terms of the evaluation of the heat and sound conductivity, *19th International Mining Congress and Exhibition - IMCET2005, The Chamber of Mining Eng.*, İzmir.
- Erdoğan, Y., Yaşar, E. 2012. Nevşehir pumice produced from acidic lightweight concrete examination of the sound insulation value. *8th International Symposium on Industrial Minerals*, p. 89-97, İstanbul
- Keskin T. 2010. The current state of the building sector assessment report, Turkey's national climate change action plan to develop the project report, *Ministry of Energy and Natural Resources*. Ankara
- Fisher, A.K., Bullen, F., Beal, D. 2001. The durability of cellulose fiber reinforced concrete pipes in sewage applications. *Cement and Concrete Research*, 31, 543–553.
- Kozak, M. 2010. Investigation of The Usage of Textile Waste as Construction Materials. *Electronic Journal of Construction Technologies*, 2010, 6(1) 62-70.
- Kriker, A., Debicki, G., Bali, A., Khenfer, M.M., Chabannet, M. 2004. Mechanical properties of date palm fibers and concrete reinforced with date palm fibers in hot-dry climate. *Cement and Concrete Composites*, 27, 554–564.
- Meyer, C., Shimanovich, S., Vilkner, G. 2002. Precast concrete wall panels with glass concrete. Final Report for The New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA), Albany, NY.
- Olivares-Marin, M., Maroto-Valer, M.M. 2011. Preparation of a highly microporous carbon from a carpet material and its application as CO₂ sorbent, *Fuel Processing Technology*, 92, 322–329.
- Perry, B. 2003. Reinforcing external pavements with both large and small synthetic fibers. *Concrete*, 37 (8), 46–47.
- Schmidt, H., Cieslak, M. 2007. Concrete with carpet recycles: Suitability assessment by surface energy evaluation, *Waste Management*, 28, 1182–1187.
- TS 825, 2011. Thermal insulation requirements for buildings. *Turkish Standards Institution*. Ankara.
- TS En ISO 10140-3, 2011. Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 3: Measurement of impact sound insulation, *Turkish Standards Institution*. Ankara.
- Wong, Ch.M. 2004. Use of short fibers in structural concrete to enhance mechanical properties. A Dissertation. *University of Southern Queensland*.
- Yaşar, E., Erdoğan Y., Kılıç A. 2004. Effect of limestone aggregate type and water-cement ratio on concrete strength, *Material Letters*, 58 (5), 772-777.
- Yılmaz, A. 2004. Energy Saving Boron and Perlite, *Eti Mine Works General Directorate*, Ankara