

## Hafif ve Ağır Malzemelerin Isı, Ses ve Radyasyon Yalıtım Özelliklerinin Araştırılması

Hanifi BİNİCİ\*<sup>1</sup>, Adnan KÜÇÜKÖNDER<sup>2</sup>, Ahmet H. SEVİNÇ<sup>1</sup>,  
Mustafa EKEN<sup>1</sup>, Mehmet KARA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sütçü İmam Üniversitesi, Müh. Mim. Fak., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>2</sup>Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Edebiyat Fak., Fizik Bölümü, Kahramanmaraş

### Özet

Günümüzde radyasyon tıp, enerji ve askeri alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Radyasyonun sıkça kullanılması insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu zararlı etkilerden korunmanın en etkili yolu ise mekânları zırhlamadır. Bu çalışmada barit, uçucu kül ve kurşun kullanılarak üretilen kompozitlerin 20,7, 26 ve 60 keV enerji aralığında zırhlama özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca üretilen bu kompozit malzemelerin ısı iletkenlik katsayısı ve ses geçirgenlik özelliği de incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kompozit malzemeler, Radyasyon geçirgenliği, Barit

### Thermal, Sound and Radiation Insulation Properties of Light and Heavy Materials

### Abstract

Today radiation medicine, energy, and is widely used in the military field. Frequent use of radiation on human health is adversely affected. This is the most effective way of protection from the harmful effects of venues armor pricing. In this study, barite, composites produced using the fly ash and lead 20,7, 26 and 60 keV energy range shielding properties were investigated. Also the thermal conductivity of this composite material is produced and sound permeability coefficient was also investigated.

**Keywords:** Composite materials, Radiation permeability, Barite

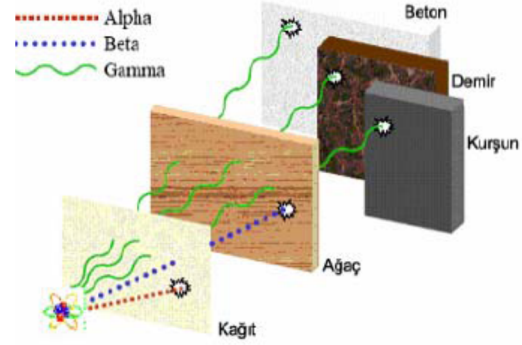
---

\* Yazışmaların yapılacağı yazar : Hanifi BİNİCİ, Kahramanmaraş Sütçü İ.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş  
hbinici@ksu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Çevresel radyasyon ölçümlerinin temel amacı, insanların çevresel kaynaklardan aldıkları radyasyon dozunun belirlenmesi ve oluşturabileceği sağlık riskinin değerlendirilmesidir. Bunun için doğal radyasyon kaynaklarını oluşturan radyoaktif çekirdeklerin çevresel ortamdaki konsantrasyonları ve insanların maruz kaldıkları toplam radyasyon dozuna bunların katkıları ölçülmelidir. Ayrıca çevresel ortamda bulunan radyoaktif çekirdekler ile insanların bu kaynaklardan aldıkları radyasyon dozu arasındaki ilişkinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu tür sistematik araştırmalar sonucu, bir bölgenin doğal radyasyonunun çevre yönünden sağlıklı ve yasama uygun olup olmadığına karar verilebilir [1].

Radyasyon, uzayda hareket eden dalga ya da parçacık biçimindeki enerji olarak tanımlanabilir. Radyasyonlar, genelde elektromanyetik bir yapıdadır. Elektromanyetik dalgalar boşluk veya fiziksel ortamda, elektrik ve manyetik alanı biçiminde periyodik hareketlerle yayılır. Serbest olarak uzayda ışık hızı ile yol alır. Bunlarda en önemlisi elektromanyetik radyasyondur ve iyonize olan radyasyon ile iyonize olmayan radyasyon şeklinde iki türü mevcuttur. Radyoaktif olarak tanımlanabilen iyonize radyasyon, insan vücudundan kolayca geçebildiğinden ve insan hücreleriyle genlerini tahrip etmesinden dolayı en tehlikeli radyasyon tipidir. Her iki radyasyonun düşük miktarlarının bile insanlara zararlı olabilmektedir [2]. Radyasyonlardan etkilenen kişiler, vücut içindeki bir kaynaktan ve vücut dışındaki bir kaynaktan ya da toplam ışınlanma ile karşı karşıyadır. Radyoaktif kaynak, vücudun dışında ise, radyasyon tipine ve enerjisine, ihtiva ettiği radyo izotopun tipine ve etkisinde kalan kişinin kaynağa olan uzaklığına bağlıdır. Radyasyon kaynağından çıkan başta alfa, beta, gama, X ışınları ve elektromanyetik ışınların cisimler ve canlılar üzerindeki etkileri tahrip edicidir. Radyoaktif ışınlar, dış derideki ölü seviyeye nüfus eder ve derinin iç kısmında durduğu için dış derideki dokuları yakmak suretiyle zarar verir (Şekil 1).



Şekil 1. Radyasyon tutuculuğu

Gama ışınlarının ölçümünde yaygın olarak kullanılan detektörler, yarı iletken ve sintilasyon detektörlerdir. Bu detektörlerin çalışması, gama ışınlarının kullanılan materyal içinde iyonlaşarak enerji kaybetmesi gerçeğine dayanır. Radyasyon tehlikelerinden korunmada radyasyon kaynağına uzaklık, ışınlama süresi ve zırhlama gibi üç önemli faktör vardır [3]. Radyasyon tehlikelerinden korunmada ilk önemli faktör uzaklıktır. Radyasyon şiddetinin, uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır [4]. Bu durumda, radyasyon kaynağından 100 cm uzaklıktaki radyasyonun şiddeti, 10 cm uzaklıktaki radyasyon şiddetinden 100 kere daha az olacaktır. Bu yüzden radyasyonlu çalışmada ana ilke; radyasyon kaynağından mümkün olduğu kadar uzak durmak ve uzakta çalışmaktır.

Radyasyon kaynağına olan uzaklığın ve kaynak yakınında çalışma süresinin sınırlanması radyasyon dozunu yeterince azaltmıyorsa, “zırhlama” yapılması gerekir [3]. Bir radyasyon demetinin belirli bir ortamdaki şiddetinin ölçülmesi ise söz konusu ortamda  $cm^2$ 'lik alandan geçen foton veya parçacık sayısının belirlenmesi yoluyla yapılır [5]. Zırhlamanın amacı, radyasyon kaynağı ile çalışılacak yer arasına radyasyonu tamamen emecek veya şiddetini müsaade edilebilecek doz seviyelerine kadar azaltacak özellikte bir engel konulmasıdır. Genellikle, zırhlama; radyasyon tehlikesini önlenmede en etkin yoldur. Radyasyon zırhlaması için yapılacak

tasarımın sırasında oluşturacak yapı malzemelerinin seçimi, zırhlanacak radyoaktif materyalin yayımladığı radyasyonun türüne göre farklılık gösterir [6, 7]. Son yüzyılda tıbbi, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılan X-ışınları ve yapay radyoaktif maddeler, nükleer silah denemeleri sonucu meydana gelen nükleer serpinetler, çok az da olsa nükleer güç üretiminden salınan radyoaktif maddeler ile bazı tüketici ürünlerinde kullanılan radyoaktif maddeler vasıtasıyla doğal radyasyon düzeylerinde artışlar olmuştur.

X ve gama ışınlarını tutabilmek için ya kurşun gibi ağır metallere yararlanılır veya mekanın duvarlarının kesit kalınlıkları çok büyük seçilir [8, 9]. Özellikle hastanelerdeki X-Ray çekim odaları, araştırma laboratuvarlarındaki radyasyon yayan cihazların bulunduğu mekanlar insan sağlığına çok zararlıdır. Bu yüzden söz konusu mekânların duvarları ya çok kalın betonlarla veya kurşun levhalarla kaplanmaktadır. Bu suretle zararlı olan ışınların geçişine engel olunmaktadır. Bu çalışmada ise farklı yapılarıdaki kompozitlerin içine barit agregası ve uçucu kül konularak radyasyon geçirimsizlikleri kurşunlu numunelerle karşılaştırılmıştır.

## 2. MALZEMELER ve YÖNTEMLER

### 2.1. Malzemeler

#### 2.1.1. Barit Agregası

Baritin yoğunluğunun yüksek olması, aşındırıcılığının düşük olması, yüksek basınç ve ısıya karşı stabil olması, manyetik özelliğinin olmaması, çeşitli kaynaklardan kolay ve uygun maliyetle elde edilebilmesi sondaj sektöründe yaygın olarak tüketilmesini sağlamaktadır. Görünümü; gri, beyaz, toprak renklerinde toz, kokusu yoktur. Kimyasal ifadesi;  $BaSO_4$ , yoğunluğu yaklaşık  $4,2 \text{ g/cm}^3$ , erime noktası  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$  üzeri, suda çözünürlüğü  $0,01 \text{ g/l}$  den azdır, pH değeri ise yaklaşık 8'dir. Çalışma için, Osmaniye'nin Bahçe İlçesi'nde bulunan Türk Barit Maden AŞ den, 0-4 mm, 4-8 mm, 8-12 mm boyutlarında barit agregası temin edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Barit agregası

#### 2.1.2. Uçucu Kül

Kahramanmaraş Afşin-Elbistan bölgesinde bulunan termik santrallerinin atığı olan uçucu kül kullanılmıştır (Şekil 3). Pulvarize 4 cm kül, kömürün yanması sonucu meydana gelen, baca gazları ile taşınarak elektro-filtrelerde toplanan önemli bir yan üründür. Uçucu kül kullanımının maliyetlerini düşürmek ve kullanılan hafif yapı malzemesinin özelliklerini iyileştirmek olarak iki temel nedeni vardır. Çalışmada kullanılan uçucu külün kimyasal içeriği Çizelge 1'de ve fiziksel özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 3. Uçucu kül

Uçucu küllerin Blaine değerleri  $3600 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'dir. Dünyadaki uçucu kül üretimi yılda yaklaşık

**Çizelge 1.** Uçucu külün kimyasal içeriği

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
32,46	9,76	11,12	31,6	3,11	0,63	0,54	8,42

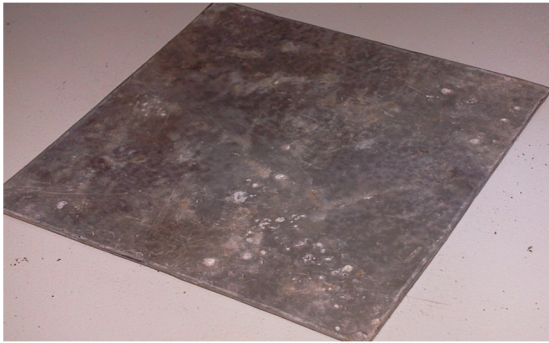
**Çizelge 2.** Uçucu külün fiziksel özellikleri

Özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	Özgül yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	İncelik	
		200 µ elek üzerinde kalan (%)	90 µ elek üzerinde kalan (%)
2,30	3600	0,34	1,65

450 milyon ton olmasına rağmen toplam uçucu kül miktarının sadece %6'sı çimento ve beton karışımlarında puzolan olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de kömür yakan 11 enerji santralının yıllık uçucu kül üretimi yaklaşık 15 milyon ton civarındadır [10].

### 2.1.3. Kurşun Levha

Çalışmada kullanılan kurşun levha Şekil 4'de verilmiştir.



**Şekil 4.** Kurşun levha

### 2.1.4. Ahşap Levha

Yönlendirilmiş yonga levhalar rutubete darbeye dayanıklı ahşap malzemedir. OSB esnek yapısı ve

dekoratif görünümü nedeniyle özellikle Amerika ve Kanada'da çatı kaplama malzemesi olarak uygulanmaktadır. OSB, basit bir malzeme olarak; odun parçalarının veya iri kesim talaşların yapıştırılmasıyla elde edilmiş bir malzeme olarak görünmesi sebebiyle güvenli olmadığı sanılabilir. Çalışmada kullanılan ahşap levhalar Şekil 5'te verilmiştir.



**Şekil 5.** Ahşap levha

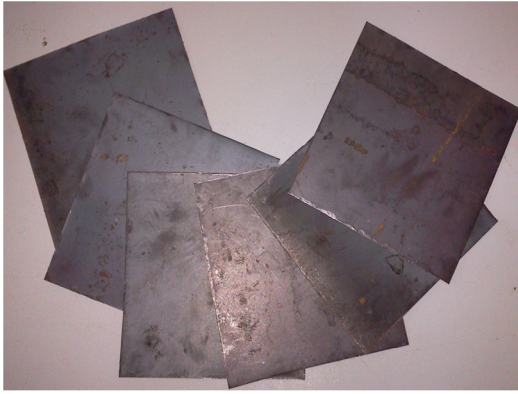
### 2.1.5. Çelik Levha

Demir metali, demir cevherlerinden elde edilir ve doğada nadiren element halde bulunur. Metalik demir elde etmek için, cevherdeki bileşiklerin



kimyasal indirgenme yoluyla uzaklaştırılmaları gerekir. Demir, aslında büyük ölçüde karbonlu bir alaşım olarak kabul edilebilecek olan çelik yapımında kullanılır. Demir, karbonla birlikte 1420–1470 K sıcaklığa kadar ısıtıldığında oluşan sıvı ergiyik %96,5 demir ve %3,5 karbon içeren bir alaşımdır ve dökme demir veya pik olarak adlandırılır. Demir uzayda en çok bulunan elementlerden birisi olup yer kabuğunda %5,06 oranında bulunur.

Çalışmada kullanılan çelik levha Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Çelik levha

### 2.1.6. Kumlu Membran

Yapı ve sistemde sıvı akımını kontrol altına alabilecek kadar düşük geçirgenlikte asfalt, polimer ve bunların karışımından mamul ve polimer yapıdaki yalıtım malzemesidir. Bazı membran türleri çevre, geoteknik ve hidrolik alanlarında kullanılır.

Bu malzeme sıvı atıklar için kaplama malzemesi olarak, su kanalları için kaplama malzemesi olarak, tünellerin içinde geçirimsizliği sağlamak, kaya dolgu barajların geçirimsizliğinin sağlanmasında, şişen zeminlerin kontrolünde, dona hassas zeminlerin kontrolünde, asfalt üst kaplamaların altında sızdırmazlığı sağlayan tabaka olarak kullanılır. Çalışmalar için kullanılan polimer malzeme; kumlu membran (KALİTEST ISO 9001-2008 ) olarak seçilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Kumlu membran

## 2.2. Beton Blokların Özellikleri

### 2.2.1. Barit Agregalı Blok

Barit agregalı blokta (Şekil 8) CEM II /B-M(P-L) 32.5R tipi çimento, bağlayıcı olarak kullanılmıştır. Çizelge 3'te verilen oranlar kullanılarak 3 adet ve 13x13x3cm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır.

Çizelge 3. Barit agregalı blokların karışım miktarları

	Malzeme miktarları
Barit Agregası (g)	1350, (0-4 mm; 200 g, 4-8 mm; 350 g, 8-12 mm; 800 g)
Çimento (g)	450
Su (ml)	225



Şekil 8. Barit agregalı

### 2.2.2. Uçucu Kül İçeren Blok

Kahramanmaraş Afşin-Elbistan uçucu külü kullanılmıştır. Uçucu küllü numune Çizelge 4'te verilen oranlar kullanılarak 3 adet ve 13x13x3 cm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır.

**Çizelge 4.** Uçucu kül içeren blok karışım miktarları

Bileşenler	Malzeme miktarları
Uçucu Kül (g)	1350
Çimento (g)	1350
Su (ml)	1250

### 2.3. Malzeme ve Blokların Sınıflandırılması

Malzeme ve blokların üretiminde ana radyasyon engelleyici olarak orta tabakada barit, kurşun levha ve uçucu kül kullanılırken, kompozitlerin alt ve üst tabakalarında ise; ahşap, metal ve polimer kullanılmıştır (Çizelge 5).

**Çizelge 5.** Kompozit tasarım planı

Grup	NumAdı	Kompozitlerin Bileşeni
I. Grup	A	Demir L + Kurşun L + Demir L
	B	Demir L + Uçucu Kül matrisi + Demir L
	C	Demir L + Barit matrisi + Demir L
II. Grup	D	Ahşap L + Kurşun L + Ahşap L
	E	Ahşap L. + Uçucu Kül matrisi + Ahşap L
	F	Ahşap L + Barit matrisi + Ahşap L
III. Grup	G	Membran + Kurşun L + Membran
	H	Membran + Uçucu Kül matrisi + Membran
	K	Membran + Barit matrisi + Membran

### 2.4. Kompozitlerin Hazırlanması

#### 2.4.1. Demir Levha Kaplı Kompozitler (A, B, C Numuneleri I. Grup)

Silikon yapıştırıcı ile malzemeler birbirine tutturularak I. grup kompozitler oluşturulmuştur. A, B ve C numuneleri Şekil 9'da verilmiştir.



**Şekil 9.** A, B ve C numuneleri

#### 2.4.2. Ahşap Levha Kaplı Kompozitler (D, E, F Numuneleri II. Grup)

Silikon yapıştırıcı ile malzemeler birbirine tutturularak II. grup kompozitler oluşturulmuştur. D, E ve F numuneler Şekil 10' da verilmiştir.



Şekil 10. D, E ve F numuneleri

#### 2.4.3. Kumlu Membran Kaplı Kompozitler (G, H, K Numuneleri III. Grup)

Silikon yapıştırıcı ile malzemeler birbirine tutturularak III. grup kompozitler oluşturulmuştur. G, H ve K numuneleri Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. G, H ve K numuneleri

#### 2.5. Deneyler

Üretilen numuneler üzerinde ses geçirgenliği, ısı geçirgenlik katsayısı tayini ve radyasyon geçirgenliği belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla açıklanmaktadır.

#### 2.5.1. Ses Geçirgenlik Deneyi

Ultrasonik test cihazı ile genellikle beton ve kayaların ses geçişleri bulunmaktadır. Bu çalışma da üretilen kompozitlerin ayrıca ultrasonik ses geçiş hızları incelenmiştir. Ultrasonik test cihazının kullanılmasıyla, malzeme içerisine gönderilen P ve S dalgalarının malzemenin bir yüzeyinden diğerine geçme süresi ölçülmekte, dalga hızı hesaplanmaktadır. Hesaplanan ses üstü dalga hızı ile malzemenin basınç dayanımı ve diğer özellikleri arasındaki ilişki yaklaşık olarak elde edilebilmektedir [11]. Test makinesi düzeneğinde, birisi sesi ileten diğeri alan olmak üzere iki çelik disk bulunmaktadır. Numuneler test edilmeden önce bu disklerin yüzeyleri yağlanmışır (Şekil 12).

$$V = (S/t) \cdot 10^6$$

Burada; V = Dalga hızı (km/ sn), S= Proplar arası mesafe (kilometre), t=Dalganın gönderilmiş olduğu malzeme yüzeyinden, alındığı yüzeye kadar geçen zamandır (sn).



Şekil 12. Ses geçirgenliği deneyi

#### 2.5.2. Isı İletkenlik Katsayısı

Türk Standartları TS 825 ve Alman DIN normu 4108'e göre ısı iletkenlik değeri ( $\lambda$ ) 0,060 Kcal/mh°C değerinin altında olan malzemelere ısı yalıtım malzemesi denir [12]. Çalışmada boş plaka ve içerisinde tekstil atığı olan plakalar test edilmiştir. Isı yalıtım testi başlamadan önce makine kalibre edilmiştir. I<sup>2</sup>= 4000 temp ve 22°C'de sıcaklık sabitlenerek makine çalıştırılmıştır (Şekil 13). Deneyler sonucunda elde edilen ısı yalıtım katsayıları 0,060 w/mK'den



küçük olursa üretilen malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak kabul edilebilir [12].



Şekil 13. Isı iletkenlik katsayısı tayini deneyi

### 2.5.3. Radyasyon Geçirgenlik Deneyi

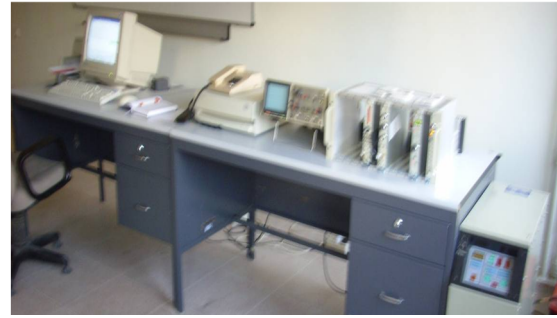
Bir radyasyon demeti soğurucu madde içerisinden geçerken şiddeti azalır. Çalışmalarımızda radyasyon kaynağı olarak Fe-55 ve Am-241 radyoizotop kaynakları kullanılmıştır. Çalışmada numune kalınlıkları I. grupta 2, II. grupta 3 ve III. grupta 4 cm alınmıştır. Bunun nedeni bileşenlerin kalınlıklarının farklılık göstermesidir. Çalışmada, 5.9 keV'de rezülasyonu 155 keV olan Si (Li) katı hal detektörü kullanılmıştır (Şekil 14,15).



Şekil 14. Radyasyon kaynağı

Sayım sonucu oluşan spektrumlar S 100 kartı yardımıyla değerlendirilmiştir. Değişik enerjilerde gelen radyoaktif ışınların numunelerden geçerken yüzde kaçınıcı geçip, yüzde kaçınıcı soğurulduğu

tespit edilerek numunelerin radyoaktif geçirgenlikleri tespit edilmiştir [9]. Geçirgenlik  $I_x / I_D$  formülü ile elde edilir. Soğurma katsayısı  $\mu = \frac{\ln(I_D / I_x)}{x}$   $\text{cm}^{-1}$  formülü ile elde edilir.  $I_x$ : numuneden geçen sayım sayısı,  $I_D$ : numune yokken geçen sayım sayısı,  $\mu$ : soğurma katsayısı,  $x$ : numune kalınlığıdır.



Şekil 15. Radyoaktivite ölçüm cihazı

## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan deneyler sonucu elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma hem grup içerisinde hem de gruplar arasında yapılmıştır.

### 3.1. Ses Geçirgenlik Deneyi Sonuçları

Tüm numunelerin ses geçirgenlik deneyi yapılmış olup, elde edilen değerler Çizelge 7'de verilmiştir.

Sonuç olarak, en az ses geçiren kompozit numune E numunesidir. Sesi en fazla geçiren numune ise, C numunesidir. Ses geçirgenliği açısından sıralanırsa  $E < G < F < D < H < A < B < K < C$  şeklindedir. E, G, F, D numuneleri ses yalıtımı için kullanılacak kompozelerdir.

### 3.2. Isı iletkenlik Katsayısı Deneyi Sonuçları

Bütün numunelerin ısı iletkenlik katsayıları Çizelge 8'de verilmiştir. Denenen üç numune içerisinde en iyi sonucu E numunesi vermiştir. Fakat ısı yalıtımı için ısı iletkenlik değeri ( $\lambda$ ) 0,060 Kcal/mh°C değerinin altında değildir.

**Çizelge 7.** Ses geçirgenliği deneyi sonuçları

Numune adı	Ses deneyi sonuçları (m/sn)
A	14000
B	1434
C	1535
D	739
E	305
F	724
G	662
H	1114
K	1446

Ancak kendi içerisinde ısı iletim katsayısı daha düşük olanların bu amaçla kullanılması enerji tasarrufu sağlayacaktır. Seçilmiş üç farklı örnek üzerinde yapılan deneyden elde edilen sonuçlar arasında belirgin farklar gözlenmiştir.

**Çizelge 8.** Isı iletkenlik katsayısı değerleri (w/mk)

Numune adı	Isı iletim katsayısı ( $\lambda$ )
C	5,8870
E	0,2822
G	0,3285

### 3.3. Radyasyon Geçirgenlik Deneyi Sonuçları

#### 3.3.1. I. Grup Numunelerin Radyasyon Geçirgenlik Deneyi Sonuçları

I. grup numuneleri olan A, B ve C numunelerinin deney sonuçları Çizelge 9'da verilmiştir.

**Çizelge 9.** I. grup numunelerin radyasyon geçirgenlik deney sonuçları

Enerji (keV)	Num. ismi	I <sub>x</sub> (sayım)	$\mu$ soğurma katsayısı (1/cm)	Geçirgenlik
60	A	139	10,0601	0,00087
	B	4912	1,0866	0,03100
	C	92	2,1299	0,00058
26	A	9	8,5945	0,00240
	B	-	-	-
	C	5	1,8868	0,00160
	20.7	A,B,C	-	-
6	A,B,C	-	-	-

Farklı enerjilerde ve farklı şiddetlerde  $\gamma$  ışınlarına maruz bırakılan farklı kalınlıktaki numunelerin I<sub>o</sub> değerleri, 60 keV'de 158 992 sayma, 26 keV'de 3690 sayma, 20,7 keV'de 599 sayma ve son olarak 6 keV'de 45 725 sayma olarak ölçülmüştür. Yukarıdaki enerjili ışınlarla numuneler ışınlanarak numuneden geçen ışınların I<sub>x</sub> değerleri ölçülmüştür. Daha sonra soğurma oranları (I<sub>x</sub>/I<sub>o</sub>) ve lineer soğurma katsayıları  $\mu$  hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, A (demir l+kurşun+demir l) ve C (demir l+barit matrisi+demir l) numuneleri sırasıyla; soğurma katsayısı büyük (>) çıkmıştır, soğurma katsayısının büyük olma durumu radyasyon ışınlarına karşı numunenin az geçirgen olduğunu gösterir. Geçirgenlik ve soğurma açısından B (demir l+uçucu kül matrisi + demir l) istenilen sonuç açısından iyi çıkmakla beraber, gruptaki diğer numunelere göre daha düşük sonuç vermiştir.

Geçirgenlik açısından ise; yine sırasıyla A ve C numuneleri daha az geçirgenliğe sahip oldukları gözlemlenmiş olup, radyasyon açısından yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirlikleri görülmüştür.



### 3.3.2. II. Grup Numunelerin Radyasyon Geçirgenlik Deneyi Sonuçları

II. grup numuneleri olan D, E ve F numunelerinin deney sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir.

**Çizelge 10.** II. grup numunelerin radyasyon geçirgenlik deney sonuçları

Enerji (keV)	Numune ismi	Ix (sayım)	$\mu$ soğurma katsayısı (1/cm)	Geçirgenlik
60	D	156	2,7707	0,00098
	E	30909	0,2977	0,19000
	F	122	1,4345	0,00078
26	D	10	2,3643	0,00270
	E	-	-	-
	F	24	1,0020	0,00650
20.7	D, E, F	-	-	-
6	D, E, F	-	-	-

Sonuç olarak D (ahşap 1 + kurşun + ahşap 1) ve F (ahşap 1 + barit matrisi + ahşap 1) numuneleri sırasıyla; soğurma katsayısı büyük (>) çıkmıştır, soğurma katsayısının büyük olma durumu radyasyon ışımalarına karşı numunenin az geçirgen olduğunu gösterir.

Ahşap-uçucu kül matrisi (E) diğer numunelere kıyasen, soğurma katsayısı ve geçirgenlik açısından iç açıcı bir sonuç vermediğinden, II grup numuneleri arasından radyasyon açısından elenmiştir.

Geçirgenlik açısından ise; yine sırasıyla D ve F numuneleri daha az geçirgenliğe sahip oldukları gözlemlenmiş olup, radyasyon açısından yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir.

### 3.3.3. III. Grup Numunelerin Radyasyon Geçirgenlik Deneyi Sonuçları

III. grup numuneleri olan G, H ve K numunelerinin radyoaktivite deney sonuçlarını Çizelge 11'de verilmiştir.

**Çizelge 11.** III. grup numunelerin radyasyon geçirgenlik deneyi sonuçları

Enerji (keV)	Numune ismi	Ix (sayım)	$\mu$ soğurma katsayısı (1/cm)	Geçirgenlik
60	G	162	6,8890	0,00102
	H	37995	0,4089	0,24
	K	135	2,0204	0,00085
26	G	-	-	-
	H	-	-	-
	K	11	1,6616	0,0030
20.7	G, H, K	-	-	-
6	G, H, K	-	-	-

G (membran + kurşun + membran) ve K (membran + barit matrisi + membran) numuneleri sırasıyla; soğurma katsayısı büyük (>) çıkmıştır, soğurma katsayısının büyük olma durumu radyasyon ışımalarına karşı numunenin az geçirgen olduğunu gösterir. Membran + uçucu kül matrisi (H) diğer numunelere göre, soğurma katsayısı ve geçirgenlik açısından iyi bir sonuç vermediğinden, III grup numuneleri arasından radyasyon açısından elenmiştir. Geçirgenlik açısından ise; yine sırasıyla G ve K numuneleri daha az geçirgenliğe sahip oldukları gözlemlenmiştir.

## 4. SONUÇLAR

- 1- E (ahşap + uçucu kül + ahşap), G (membran + kurşun + membran), F (ahşap + barit + ahşap),

- D (ahşap + kurşun + ahşap) numuneleri (sırasıyla en iyi) ses yalıtımı için kullanılabilirlerdir.
- 2- Isı iletimi açısından en iyi sonuç veren numune 0,2822 w/mK ile E (ahşap + uçucu kül + ahşap), numunesi olmuştur.
  - 3- Radyoaktivite açısından ise her grup kendi içerisinde kurşun ve barit matrisinin olduğu kompozitler en iyi sonuçlar vermiştir.
  - 4- Kurşun içeren numuneler (A, D, G) arasında radyasyon direnci açısından A>D>G sıralama yapılabilir.
  - 5- Barit içeren numuneler (C, F, K) arasından da radyasyon direnci açısından C>F>K sıralama yapılabilir.
  - 6- Tüm deneyler sonucunda A, D, F ve G numuneleri yalıtım için uygun kompozelerdir.

Öneri; sonuç olarak radyasyona maruz mekanların korunmasında kurşun levhayla birlikte barit agregalarından yapılmış kompozelerin kullanılması önerilebilir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Damla N., 2009. Türkiye'deki Bazı İnşaat Malzemelerinde Doğal Radyoaktiflik Seviyelerinin ve Kütle Soğurma Katsayılarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
2. Onargan T, Kaya E., 2005. Doğal ve Yapay Radyasyon Işımlarına Karşı Geçirimsiz ve Düşük Radyoaktifiteli Doğal Kompoze Plaka Üretimi ve Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması, Madencilik Sektörü Mehmet Kemal Dedeman Özel Teşvik Ödülü,
3. Durmaz H, 2002. Radyasyon Zırhlaması Amacıyla Karbonlu Yapı Çeliklerinin Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 245, Isparta.
4. Onur S, 2002. Gama Radyasyonu Zırhlaması Amacıyla Farklı Betonların Değerlendirilmesi. İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107 İstanbul.
5. Yülek G., 1992. Radyasyon Fiziği ve Radyasyondan Korunma. SEK Yayınları 14 195, Ankara.
6. Kaplan M.F, 1989. Concrete Radiation Shielding, John Wiley & Sons, Newyork.
7. Başyigit C, Kaçar A., 2006. Bazı Yapı Malzemelerinin Radyasyon Tutuculuk Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2, 307-310.
8. Binici H, Küçükönder A, Solak H., 2012. Pamuk Atığı, Uçucu Kül ve Barit ile Üretilen Sunta Panellerin Isı, Ses ve Radyasyon Geçirgenliği Özellikleri, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 1, 16-25.
9. Binici H, Gemci R, Küçükönder A, 2012. Investigating the Sound Insulation, Thermal Conductivity and Radioactivity of Chipboards Produced with Cotton Waste, Fly Ash and Barite, Construction and Building Materials 30, 826-832.
10. Temiz H, Binici H, Zülkadiroğlu Ö.F, 2009. Termik Santral Külü Katkılı Betonların Yol Kaplaması Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi, 21, 53-61.
11. Binici H, Temiz H, Aksoğan O, Ulusoy A., 2009. The Engineering Properties of Fired Brick Incorporating Textile Waste Ash and Basaltic Pumice, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 24, 485-498.
12. Binici H., 2012. Insulation Properties of Lightweight Construction Materials Produced with Cotton and Fly Ashes, Academic Journal of Science 1, 415-421.

