

## Atık Kâğıt ve Mukavvaların Yalıtım Malzemesi ve Radyasyon Tutucu Materyal Olarak Üretiminde Kullanılması

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

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

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

### Özet

Çalışmada atık kâğıt ve mukavva esaslı malzemeleri uçucu kül ve barit ile kompozit bir yalıtım malzemesi üretimi amaçlanmıştır. Bu amaçla atık kâğıt ve mukavva esaslı malzemeler hamur haline getirilerek uçucu kül ve barit ile aktive edilerek 2x13x13 cm boyutlarında numuneler üretilmiştir. Numuneler yaklaşık 24 saat 100°C’de etüvde bekletilmiştir. Numunelerin ısı iletim katsayısı, ultra ses geçirgenlik katsayısı ve radyoaktif geçirgenlik özellikleri belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Atık kâğıt, Radyoaktivite, Uçucu kül, Barit,

### Waste Paper and Cardboard Production Use of Insulation Material

#### Abstract

In this study, waste paper, cardboard, fly ash, barite is used for the production of insulating material. For this purpose, 2x13x13 cm in size insulating material was produced using fly ash and barite. The samples were kept in the oven for about 24 hours 100°C. Thermal conductivity, ultra-sound permeability and permeability coefficient of radioactivity of the samples determined.

**Keywords:** Wastepaper, Radioactivity, Fly ash, Barite

---

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

## 1. GİRİŞ

Kâğıt, tarihin ilk yıllarından beri kültür iletişimini sağlamak maksadı ile kullanılmaktadır. Kâğıdın tarihi M.Ö. 3. yüzyıla kadar inmektedir. Kâğıt bugünkü anlamda üretilmeye 17. Yüzyılda başlamıştır. Sanayileşmenin ve kültür faaliyetlerinin artması ile kâğıdın basın yayın faaliyetleri yanında, ambalaj sanayinde de yaygın olarak kullanılması, kâğıt tüketiminin hızlı bir şekilde artmasına sebep olmuştur [1]. Dünya'da kâğıt tüketiminin artmasına paralel olarak, evsel ve endüstriyel katı atıklarla birlikte atılan kâğıt miktarları da artmaktadır. Katı atıklar içindeki kâğıt miktarının artması ile birlikte kâğıt atıkları da dâhil, diğer atıkların da geri kazanılması ve daha az atık çıkaran teknolojilerin geliştirilmesi ve seçimi yönünde çalışmalara başlanmıştır. Değişik türdeki gaz, sıvı ve katı atıkların kaçınılmaz olarak üretildiği kâğıt endüstrisi çevreyi kirletme dereceleri açısından sıralandığında altıncı sırada yer almaktadır [2, 3]. Genel olarak ortaya çıkan bu atıklar; kâğıt hamuru (selüloz) üretimi ile ilgili atıklar ve kâğıt üretimi ile ilgili atıklar olmak üzere iki kısımda incelenmektedir [4]. Öte yandan kâğıdın geri dönüşümü konusunda çalışmalar sürmekte ve bir ölçüde de olsa ağaçların kesilmesi önlenmektedir.

Geri dönüşüm ile doğal kaynaklar korunabilir. Doğal kaynaklarımız dünya nüfusunun artması ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi nedeni ile git gide azalmaktadır. Bu nedenle malzeme tüketimini azaltmak, değerlendirilebilir nitelikli atıkları geri dönüştürülerek doğal kaynaklarımızı verimli kullanmalıyız. Dolayısıyla geri dönüşüm doğal kaynaklarımızın korunması ve verimli kullanılması için soldukça önemlidir. Örneğin; kâğıdın geri dönüşümü ile ormanlarda ağaçların daha az kesilmesini sağlamış olur. Aynı şekilde plastik atıklarının geri dönüşümü ile petrolden tasarruf sağlanabilir [5]. Son yıllarda birçok atık malzemenin inşaat mühendisliğinde değişik amaçlarla kullanılması yaygınlaşmaktadır [6-16]. Enerji tasarrufu, ekonomik ve stratejik nedenlerle günümüzde çok önem kazanmıştır. Toplam tüketilen enerjinin AB'de %40'ı binalarda tüketilmektedir, bunun da yaklaşık yarısı

duvarlardan geçen ısı yoluyla gerçekleşmektedir [17]. Bu yüzden bina duvarlarının yalıtılması, enerji tasarrufu imkânı sağlaması nedeniyle, yeni araştırmalara açık bir konudur [18, 19].

Bu alısmada atık kâğıt ve mukavva ile uçucu kül ve barit katkılı yalıtım malzemesi üretilmiştir. Bu amaçla atık kâğıt ve mukavva esaslı malzemeler hamur haline getirildikten sonra uçucu kül ve barit katılarak 2x13x13 cm boyutlarında numuneler üretilmiştir. Numuneler yaklaşık 24 saat 100 °C'de etüvde bekletilmiştir. Numunelerin ısı iletim katsayısı, ultra ses geçirgenlik katsayısı ve radyasyon geçirgenlikleri belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Kâğıt

Kâğıdın ana hammaddesi odundur. Kâğıtlık odun, mobilya vs. üretiminde kullanılan odundan düşük, yakacak olarak kullanılan odundan daha yüksek kalite seviyesindedir. Bu odun da, ya iğne yapraklı veya yapraklı ağaçlardan elde edilir. Kâğıdın önemli bir hammaddesi de atık kâğıttır.

Atık kâğıt, herhangi bir amaçla kullanıldıktan sonra ve atılan her türlü kâğıt, karton ve mukavvalara denir. Hızlı nüfus artışı, konforlu hayat şartlarının gelişmesi, şehirleşme ve toplumların eğitim seviyesine ambalajlama sanayisinin gelişmemesi, kâğıt-karton tüketimini artırmıştır (Şekil 1).

#### 2.1.2. Uçucu Kül

Uçucu kül, toz halinde veya öğütülmüş taş kömürü ile yakıldığı zaman standartta belirtilen bileşimde kül bırakan yüksek özelliklerde linyit kömürlerinin, kazanlarda yanması sonucunda meydana gelen ve baca gazları ile sürüklenen, çok ince silis ve alümine silisli bir atıktır (TS 639, 1975). Uçucu küller camsı, içi boşluklu tanecikler ile süngerimsi mineral parçacıklar ve yanmamış taneciklerden meydana gelir. Genellikle uçucu

küllerin %85'ini SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO ve MgO oluşturur [20].



Şekil 1. Atık kâğıt

### 3.3. Barit

Barit (BaSO<sub>4</sub>) baryum sülfattan oluşan bir mineraldir. Genellikle beyaz ya da renksiz veya sarı ve gri olabilir. Baryumun ana kaynağıdır. Barit genellikle kireç taşlarındaki kurşun-çinko damarlarında, sıcak kaynak yataklarında ve hematit cevheriyle birlikte oluşur. Sıklıkla anglesit ve selestit mineralleriyle birlikte bulunur. Mohs sertliği 3 ve özgül ağırlığı 4.3-5 arasındadır. Kristal yapısı ortorombiktir. Dünya'da bilinen barit rezerv miktarının 550 milyon ton olduğu, ancak tüm dünya rezervinin ise 2 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir (Şekil 2). Dünya barit rezervi Çizelge 1'de görülmektedir.

Çizelge 1. Dünya barit rezervi

Ülke	Rezerv(ton)
Çin	150.000.000
ABD	60.000.000
Hindistan	32.000.000
Türkiye	20.000.000
Bulgaristan	20.000.000
Kanada	15.000.000
Tayland	15.000.000
Tayland	15.000.000
Fas	11.000.000
Meksika	8.500.000
Peru	2.000.000
Fransa	2.500.000
Almanya	1.500.000
İngiltere	600.000
Diğer Ülkeler	160.000.000



Şekil 2. Barit

## 2.2. Metot

### 2.2.1. Numunelerin Hazırlanması

Bu çalışmada atık kâğıdı kalıplamak ve işlenebilirliğini artırmak için hamur haline

getirilmiştir. Kâğıdı hamur haline getirmek için kâğıt küçük parçalara bölünmüş ve su dolu kaba konulmuştur. Kâğıt yumuşaması ve kendini bırakması için 24 saat suda bekletilmiştir. Geçen süreden sonra yeteri kadar yumuşayan kâğıt homojen duruma gelmesi ve hamur olması için mikser ile iyice karıştırılmıştır. Hamurun kıvamını ve fazla suyun alınması için mikro delikli bez süzerek suyu süzölmüştür. Hazır olan kâğıt hamuruna Çizelge 2’de verilen oranlarda uçucu kül ve barit katılarak farklı numuneler üretilmiştir. Kâğıt hamuru, uçucu kül ve baritin aderansını güçlendirmek için çimento katılmıştır. Karışımlar ve 2×13×13 boyutlarında üretilen numunelerin kalıplama prosesi Şekil 3 ‘de verilmiştir.

Çizelge 2. Karışım Oranları (g)

Örnekler	Barit	Uçucu kül	Su	Çimento	Kâğıt hamuru
Kontrol (K)	-	-	-	-	200
Baritli (B)	90	-	25	-	150
Çimentolu ve baritli (CB)	90	-	25	50	150
Çimentolu ve uçucu küllü (CU)	-	90	25	50	150

### 2.2.2. Ultra Ses Geçiş Hızı

Bu deneyde numunelerin karşılıklı olarak pürüzsüz yüzeyleri belirlenir. Ardından pandit cihazının iki başlığı gres yağı ile yağlanır. Yağlanan bu iki başlık numunenin yüzeyine karşılıklı gelecek şekilde sabitlenir. Daha sonra pandit cihazının okumaları yapılır (Şekil 4).

Bu okumaların en küçük olanı alınarak numunenin genişliğine bölünerek ultra ses hızı belirlenir.

### 2.2.3. Isı İletim Katsayısı

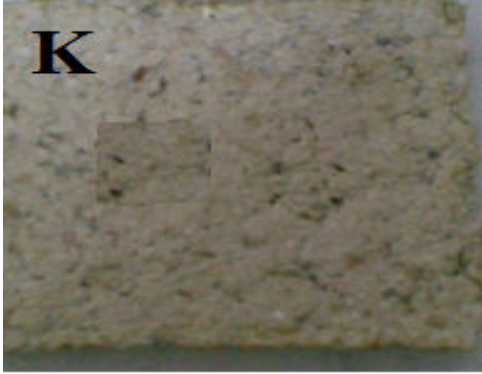
Isı iletim katsayısı ASTM C 1113- 90 Hot Wire Metot yöntemi ile bulunmuştur.



Şekil 3. Numunelerin Hazırlanışı

#### 2.2.4. Radyasyon Geçirgenliği

Çalışmanın bu kısmında numuneler (Şekil. 5) 6 keV, 17.7 keV, 20.7 keV, 26 keV ve 60 keV enerjilerde radyoaktif geçirgenlik testine tabi tutularak radyasyon tutma dereceleri belirlenmiştir.



Şekil 5. Radyasyon geçirgenliği testine tutulan numuneler

Çalışmalarımızda radyasyon kaynağı olarak Fe-55 ve Am-241 radyoizotop kaynakları kullanılmıştır. Çalışmada, 5.9keV de rezölasyonu 155 eV olan Si(Li) katihal dedektörü kullanılmıştır. Numunelerin ne kadar soğurma yaptığını bulmak için ilk önce numunesiz sayımlar yapılmıştır. Daha sonra numuneler radyasyona tutularak birim kalınlık başına soğurmalar

$$\mu = \ln(I_0 / I_x) / X \quad (2)$$

bağıntısından hesaplanmıştır. Burada;  $I_0$ : Numune yokken ölçülen ışınların şiddeti,  $I_x$ : X kalınlığındaki numunelerden geçen ışınların şiddeti, X: Numune kalınlığıdır. Farklı enerjilerde Ölçülen  $I_0$ ,  $I_x$ , ( $I_x / I_0$ ), ve hesaplanan yüzde geçirgenlik değerleri ve birim kalınlık başına soğurmalar  $\mu$ , Çizelge 5-8 de verilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIşMA

#### 3.1. Ultrasonik Ses Geçiş Hızı

Ultrasonik ses geçiş hızları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Ultra ses geçiş hızları

Numune Adı	(km/sn)
K	0,79
B	0,41
CB	0,34
CU	0,32

### 3.2. Isı İletim Katsayısı

Elde edilen ısı iletim katsayıları Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.** Isı İletim Deney Sonuçları

Numuneler	(w/mK)
<b>K</b>	0,1767
<b>B</b>	0,2328
<b>CB</b>	0,2965
<b>CB</b>	0,3388

### 3.3. Radyoaktif Geçirgenlik

60 keV, 26 keV, 20,7 keV, 17,7 ve 6 keV Enerjilerinde radyasyon geçirgenliklerine bakılmıştır. Numunelerin bu enerji seviyelerinde elde edilen  $I_x$ ,  $I_0$ ,  $I_x/I_0$  ve  $\mu$  değerleri Çizelge 5-8 arasında verilmiştir. K nolu numune tamamen kâğıttan hazırlandığı için, radyasyonu tutucu özelliği en iyi 6 keV'lik enerjide (%99,5) gözlenmiştir. B nolu numune içerisinde barit olduğu 6 keV de gelen bütün radyasyonları tuttuğu diğer enerjilerde ise gelen radyasyonların tamamına yakınının tutulduğu gözlenmiştir. Bu numune özellikle radyasyona maruz kalan mekânlarda gelen radyasyonların tamamına yakınının tutulduğu gözlenmiştir.

**Çizelge 5.** K nolu numunenin radyasyon tutma değerleri

Enerji (keV)	$I_0$ (sayım)	$I_x$ (sayım)	$(I_x/I_0)$ ,	$\gamma$ ışınlarını tutma değeri (%)	$\mu$ (1/cm)
60	158992	144212	0,91	9	0.535
26	3690	2772	0,75	25	0.441
20,7	599	378	0,63	37	0.370
17,7	953	444	0,466	53,4	0.274
6	45725	240	0,005	99,5	0.002

**Çizelge 6.** B nolu numunenin radyasyon değerleri

Enerji (keV)	$I_0$ (sayım)	$I_x$ (sayım)	$(I_x/I_0)$ ,	$\gamma$ ışınlarını tutma değeri (%)	$\mu$ (1/cm)
60	158992	15577	0,1	90	0.058
26	3690	167	0,04	96	0.023
20,7	599	59	0,1	90	0.058
17,7	953	62	0,06	94	0.035
6	45725	0	0	100	0

Çizelge 7. CB nolu numunenin radyasyon değerleri

Enerji (keV)	I <sub>0</sub> (sayım)	I <sub>x</sub> (sayım)	(I <sub>x</sub> / I <sub>0</sub> )	γ ışınlarını tutma değeri (%)	μ (1/cm)
60	158992	7802	0,05	95	0.029
26	3690	32	0,009	99,1	0.005
20,7	599	0	0	100	0
17,7	953	0	0	100	0
6	45725	0	0	100	0

CB nolu numune içerisinde baritli numune ile adersanı artırmak için 25 gr çimento ile karışım yapılmıştır. Bu ise numunenin daha geçirimsiz sıkı olmasına sebep olmuştur. Bundan dolayı kaplama malzemesi olarak kullanılabilir.

Özellikle hastanelerin radyasyonla çalışılan birimlerinde radyasyon tehlikesinin izole edilmesi için çok rahatlıkla kullanılabilir.

CB nolu numunenin gelen radyasyonların neredeyse tamamını absorbe ettiği gözlenmiştir.

CU nolu numune 60 keV ve 26 keVlik enerjilerde yeterli seviyede γ ışınlarını tutamamıştır. Ancak 20,7 keV ve daha düşük enerji seviyelerinde iyi sonuçlar vermiştir.

Çizelge 8. CU nolu numunenin radyasyon değerleri

Enerji (keV)	I <sub>0</sub> (sayım)	I <sub>x</sub> (sayım)	(I <sub>x</sub> / I <sub>0</sub> ),	γ ışınlarını tutma değeri (%)	μ (1/cm)
60	158992	128031	0,8	20	0.470
26	3690	1316	0,36	64	0.211
20,7	599	0	0	100	0
17,7	953	0	0	100	0
6	45725	0	0	100	0

#### 4. SONUÇLAR

1. Çalışmada çimentolu uçucu küllü (CU) numunemizin ultra ses geçiş hızı daha düşük çıkmıştır. Buna göre CU numunemizin ses yalıtımı diğer numunelere göre daha iyi olduğu anlaşılmıştır.

2. Elde edilen ısı iletim katsayıları değerlendirildiğinde K numunesinin ısı iletim katsayısı en düşük çıkmıştır. Buna göre K numunesi ısı yalıtımı diğer numunelere göre daha iyi sonuç vermiştir.

3. Numunelerin radyoaktivite sonuçlarına göre B nolu numune radyasyon tutucu materyal olarak kullanılabilir.

Bu materyali radyasyonla meşgul olanlar, tıpta kurşun yeleklerle çalışanlar kullanarak radyasyonun etkisi azaltılabilir. CB nolu numune %100'e yakın radyasyonu tutmuştur. Yani bu numune en düşük radyasyon geçirgenliğine sahiptir. Bu materyal medikal binaları kaplayan duvarlarda ve X-ray çalışmaları yapılan laboratuvarlarda da kullanılabilir. Böylelikle yüksek enerjili radyasyonun olumsuz etkileri azaltılabilir

## 5. KAYNAKLAR

1. Demir A., Atık Kağıdın Geri Dönüşümü ve Ülke Ekonomisine Katkıları, 35 (1995) 21-29.
2. Joung, J. Y., Lee, M.W., Park, J.I., Park, J.M., Application of Computer Simulation to The Retrofit of Bleached Kraft Pulp Mill Effluent Treatment Plant, Seventh International Water Association Symposium on Forest Industry Wastewaters, Seattle, USA., 1-4 June 2003.
3. Eroglu, H., İmamoglu, S., Acar H. H., Reutilization of Inorganicsolid as Forest Road Stabilizer Form the Chemical Recovery Process in Kraftpulpmill, Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi 6 (2005) 146-154.
4. Bajpai, P., Bajpai P.K., Akhtar M., Jauhari, M.B., BiokraftPulping of Eucalyptus With Selected Lignin-Degrading Fungi, Journal of Pulpan Paper Science, 27 (2001) 235-239.
5. Gurer, C., Akbulut, H., Kurklu, G., İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm ve Bir Hammadde Kaynağı Olarak Farklı Yapı Malzemelerinin Yeniden Değerlendirilmesi, 5 Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 13-14 Mayıs 2004, İzmir, Türkiye.
6. Binici, H., Kaplan, H., Yılmaz, S., Influence of Marble and Limestone dusts as Additives on Some Mechanical Properties of Concrete, Scientific Research and Essay, 9 (2007) 372-379.
7. Binici, H., Yuçegok, F., Aksogan, O., Kaplan, H., Effect of Corncob, Wheat Straw and Plane Leaf Ashes as Mineral Admixtures on Concrete Durability, ASCE, CivilEngineering Materials, 20 (2008) 478-483.
8. Binici, H., Shah, T., Aksogan, O., Kaplan, H., Durability of Concrete Made with Granite and Marble as Recycle Aggregates, Journal of Materials Processing Technology, 208 (2008) 299-308.
9. Binici, H., Arocena, J., Kapur, S., Aksogan, O., and Kaplan, H., Microstructure of Red Brick Dustand Ground Basaltic Pumice Blended Cement Mortars Exposed to Magnesium Sulphate Solutions, Canadian Civil Engineering Journal, 36 (2009) 1784-1793.
10. Binici, H., Temiz, H., Aksoğan, O., Ulusoy, A., The Engineering Properties of Fired Brick Incorporating Textile Waste Ashand Basaltic Pumice, Journal of The Faculty of Engineering And Architecture of Gazi University 24 (2009) 485-498.
11. Binici, H., Gemci, R., Aksogan, O., Kaplan, H., Insulation Properties of Bricks Made with Cotton and Textile Ashwastes, International Journal of Materials Research, 101(2010) 894-899.
12. Binici, H., Gemci, R., Kaplan, H., Physical and Mechanical Properties of Mortar Without Cement, Construction and Building Materials, 28 (2012) 357-361.
13. Binici, H., Kapur, S., Arocena, J., Kaplan, H., The Sulphate Resistance of Cement Scontaining Red Brick Dustand Ground Basaltic Pumice with Sub-Microscopic Evidence of Intra-Poregypsum and Ettringite as Strengtheners, Cementand Concrete Composites, 34 (2012) 279-287.
14. Binici, H., Gemci, R., Küçükönder, A., Investigating The Sound Insulation, Thermal Conductivity And Radioactivity Of Chipboards Produced With Cotton Waste, Fly Ash And Barite, Construction and Building Materials, 30 (2012) 826-832.
15. Binici, H., Yardim, Y., The Durability of Fired Brick Incorporating Textile Factories Wasteash and Basaltic Pumice, International Journal of Materials Research 103 (2012)915-921
16. Binici, H., Insulation Properties of Lighthweight Construction Materials Produced with Cotton Waste and Fly Ashes, Academic Journal of Science, 1 (2012) 415-421.



17. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings, Official Journal of the European Union, 19 (2010):153-162.
18. Kornmann, M., Clay Bricks and Roof Tiles, Manufacturing and Properties, Soc. Industrie Minerale, Paris (2007).
19. Akkurt, S., Sütçü, M., Basoğlu, K., Isı Yalıtım Özellikleri İyileştirilmiş Yapı Tuğlalarının Geliştirilmesinde Kağıt Üretim Atıklarının Kullanılması Etkileri, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 899- 894, İzmir, (2011)
20. Kong, D.L.Y, Sanjayan, J.G., Effect of Elevated Temperatures on Geopolymer Paste, Mortar and Concrete, Cement and Concrete Research, 40 (2010) 334-339.

