



MAKÜ FEBED  
ISSN Online: 1309-2243  
<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/makufebed>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1: 25-37 (2017)  
*The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University Special Issue 1: 25-37 (2017)*

## Ses Yalıtımı Açısından Doğal Liflerin Akustik Özellikleri<sup>a</sup>

Ali İhsan KAYA<sup>1\*</sup>, Tuncer DALGAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author)\*: [aikaya@mehmetakif.edu.tr](mailto:aikaya@mehmetakif.edu.tr)

---

### ÖZ

Teknolojik gelişmeler beraberinde gürültü sorununu da getirmiştir. Gürültü kontrolü yaşam ortamının kalitesini arttırmada en önemli gerekliliklerden biri olmuştur. Gürültüyü önlemede petrol kökenli malzemeler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Petrol ve mineral kökenli malzemelerin çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar göz önüne alındığında, bu kimyasal malzemelere alternatif olarak yeni malzemeler bulma ve geliştirme zorunluluk halini almıştır. Doğal lifler ses yalıtımı açısından değerlendirildiğinde yenilenebilir, ucuz, yerli, bol, çevre dostu olması nedeniyle büyük bir avantaj sağlamaktadır. Makalede Odun, kenaf, kenevir, kabak, Hindistan cevizi, çay yaprağı, hurma ağacı, koyunyünü liflerinin akustik özellikleri özetlenmiştir. Özellikle incelemelerde 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz frekanslardaki akustik davranış üzerinde yoğunlaşmıştır. Sonuçların belirtilen frekanslarda kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu ve doğal liflerin fiziksel özellikleri arttıkça akustik özelliğinin belirli sınırlar içerisinde arttığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğal lifler, gürültü kontrolü, ses yalıtım

## Acoustic Properties of Natural Fibers for Sound Insulation

### ABSTRACT

Technological developments have also brought noise problem. Noise control has become one of the most important requirements to improve the quality of life. Petroleum-derived materials are widely used to prevent noise. Considering the adverse effects of petroleum-based materials on nature, finding and developing new materials as alternatives to these chemical materials become a necessity in practice. Natural fibers provide a great advantage because they are renewable, inexpensive, domestic, abundant and environmentally friendly when evaluated in terms of sound insulation. In this study, acoustic properties of wood fiber, kenaf, hemp, coconut, palm fiber, tea-leaf fibre, luffa fiber, sheep wool are summarized. Especially, this paper focus on acoustic behavior at 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz frequencies. The results are within acceptable limits at the indicated frequencies. It has been found that both the physical properties of natural fibers increased and the acoustic properties increased within certain limits.

**Keywords:** Natural fibers, noise control, sound insulation

---

<sup>a</sup> 11 -13 Mayıs 2017 tarihleri arasında Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi tarafından düzenlenen "MESTEK 2017: 4. Ulusal Meslek Yüksekokulları Sosyal ve Teknik Bilimler Kongresi" kapsamında sunulmuştur.

## GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler arttıkça kentleşme de hızlanmıştır. İnsanlar daha dar hacimlerde yaşamaya başlamışlardır. Özellikle depremlerden sonra gündeme gelen hafif yapı malzemeleri ses yalıtımı açısından dezavantaj oluşturmuştur. Binalarda kat sayısının artması binalarda daha hafif malzemelerin kullanılması ile yapının dayanıklılığının artması ve hızlı yapılanma hedeflenmiştir. Bunun neticesinde ses gürültü sorunu göz ardı edilmiştir (Yapı, 2010).

Yalıtım özellikle ısı yalıtımı olarak yasalar ve bir takım düzenlemelerle sorun olmaktan çıkarılsa da ses yalıtımı henüz tam olarak sorun olarak algılanmamaktadır. Bu konuda mevzuat anlamında çalışma ve ilerleme ivmesi yavaş olmaktadır. Gürültü istenmeyen ve rahatsız edici sesler olarak tanımlanır. Günümüz modern toplumunda gürültüyle başa çıkma çareleri aranmaktadır. Günlük yaşam akışının yarattığı gürültü kirliliği özellikle büyük şehirlerde yaşam konforunu etkileyen önemli olumsuz faktörler arasında yer almaktadır. Konutlarda ve çalışma mekanlarında dışarıdan gelen gürültüler insanlar üzerinde dikkat dağınıklığı, konsantrasyon eksikliği gibi pek çok soruna neden olabilmektedir.

Gürültü günümüzde en fazla rahatsızlık duyulan ve şikâyet edilen konuların başında gelmektedir. Konutlarda genellikle komşulardan gelen gürültüler, dışardan gelen araç ve insan sesleri gibi çeşitli çevresel gürültüler zamanla büyük sorun olabilmektedir. Yalıtım denilince genellikle akla ısı yalıtımı gelmekte ve ses yalıtımı göz ardı edilmektedir. Ancak gürültü şikâyetleri nedeniyle ses yalıtımı artık konfor açısından büyük önem oluşturmakta ve teknik olarak zorunluluk haline gelmektedir. Diğer yandan başka bir önemli konu ses yalıtımı ile ilgili yanlış bilgidir. Bu bilgi köpük malzemelerin ideal ses yalıtımı malzemesi olarak kullanılabilmesi yanlıştır. Oysaki ısı yalıtımında kullanılan petrol kaynaklı köpük gibi malzemeler sadece ısı yalıtımına katkı sağlarlar ve ses yalıtımı için etkili bir sonuç ortaya koyamamaktadır.

Genellikle oda akustiğinde kullanılan Ses emici paneller olarak Sentetik gözenekli ve elyafli akustik malzemelerin kullanımı, özellikle ses akışı ve gürültü kontrol uygulamaları için sıklıkla görülmektedir. Minerallerden yapılmış köpük, taş yünü ve cam yünü gibi ürünler toksidite ve çevreye olduğu kadar insan sağlığına da zararlı olan kirletici etkileri ile bilinir (Asdrubali, F. 2006). Mineral yünler, iyi performansı ve düşük maliyetlerinden dolayı termal ve ses yalıtımı için yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak bu malzemeler havaya doğrudan maruz kalırsa, lifleri nefes yoluyla alındığında akciğer alveollerini doldurabilir ve cilt tahrişine neden olabilir (Glé vd., 2011). Aynı zamanda üretimlerinin, doğal malzemelerden yapılmışlara kıyasla atmosfere daha fazla karbon dioksit salabileceği belirtilmiştir (Putra et al., 2013). Bununla beraber doğal lif panelleri hem yenilenebilir olma özelliği, üretimleri esnasında çevreye zarar vermedikleri ve düşük enerji maliyetleri ile üretilmektedirler (Bribián et al., 2011).

Lifler genellikle doğal veya yapay olarak sınıflandırılır. Doğal lifler sebze (kenaf kenevir, ahşap), hayvan (yün, kürk hissi) veya Mineral (asbest); Sentetik elyaf mineral (fiberglas, mineral yün, cam yünü) veya polimer (polyester) olabilir (Chandramohan and Marimuthu, 2011).

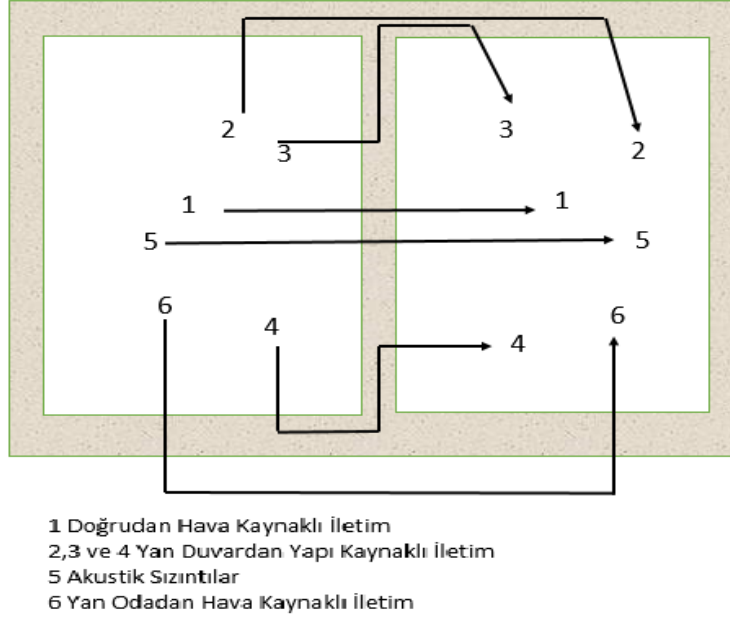
Doğal liflerin rutubet dayanımı konusunda, mantar ve parazit zararına açık olmaları, mineral liflere göre ateşe karşı daha az dayanıklılık gibi olumsuz etkiye sahip olmaları en büyük dezavantajlarıdır. Bunun yanında düşük yoğunluk, iyi mekanik özellikler, kolay üretim, yüksek kararlılık, iş sağlığı faydaları, azalan buharlaşma davranışı, yüksek miktarda kullanılabilirlik, düşük fiyat ve düşük çevresel kirliliği özellikleri sayesinde doğal elyaflar rekabetçi malzemeler olarak akustik kullanımlar için artan bir ilgi görmektedir (Asdrubali, 2006). Bununla birlikte, doğal malzemelerin ses emme davranışı hakkında hala az bilgi vardır (Arenas and Crocker, 2010).

## GÜRÜLTÜ

Gittikçe kalabalıklaşan ve küresel ekonomi içerisinde yer almaya çalışan kentlerimizin çözmesi gereken sorunları da artıyor. Ulaşım, plansız yapılaşma, çevre kirliliği, enerji problemi, gibi kadim sorunların yanında önemini arttıran gürültü sorunu da vardır (Yapı, 2010). Eğer ses dalgası düzensiz bir spektrumda yer alıyorsa bu durumda gürültü kavramından bahsedilir. Gürültü; hoş olmayan, istenmeyen sesler olarak ifade edilir (Kuroda, 2006).

Özellikle yayılma ortamı ve doğuş biçimi dikkate alındığında mekân içine iletilen gürültünün iki farklı şekilde ortaya çıktığı anlaşılır.

- Hava iletimli gürültü: Havada doğan ve hava yoluyla etkilenen kişiye ulaşan gürültü türüdür. Bir hoparlörden çıkan ve kişilere ulaşan ses buna en güzel örnektir. Buna ek olarak ortak yapı elemanları üzerinde bulunan delik, çatlak, açıklık vb. üzerinden akustik sızıntılar, hava iletimli gürültü olarak değerlendirilmektedir.
- Yapı iletimli gürültü: Yapıyı etkileyen kuvvet ya da etkiler sonucu yapı üzerinden yayılan gürültü türüdür. Kişilerin ayak seslerinden ortaya çıkan darbe gürültüsü bu tür gürültünün en belirgin şeklidir. Bu iki tür gürültü Şekil 1'de özetlenmektedir. Farklı yapıdaki her iki gürültü türü için farklı gürültü denetimi önlemlerinin uygulanması gerekmektedir (Çalışkan, 2011).



Şekil 1. Hava iletimli ve yapı iletimli gürültü (Nielsen, 2011)

Gürültünün Fiziksel (geçici veya sürekli işitme bozukluklarına yol açar.), Fizyolojik ( Kan basıncının artması, dolaşım bozuklukları, solunumda hızlanma, kalp atışlarında hızlanma veya yavaşlama), Psikolojik (Davranış bozuklukları, aşırı sinirlilik, ani refleks ve stresler) ve İş Performansı (İş veriminin düşmesi, konsantrasyon bozukluğu, hareketlerin yavaşlaması) gibi etkileri bulunmaktadır (Risk akademi, 2017).

Gürültüyü kontrol edebilmek için genellikle kullanılan yöntemler;

Aktif Kontrol (Genellikle düşük frekans uygulamalarında kullanılır) Kontrollü ters faz ses alanı ile yaratma şeklinde olmaktadır,

Pasif Kontrol (Daha yüksek frekanslarda daha verimlidir, Yutucu malzemeler kullanılır) üç aşamalı bir sistemden oluşur;

- Kaynağında kontrol,
- Kaynak-alıcı arasında kontrol,
- Alıcıda kontrolden oluşur (Seçkin, 2017).

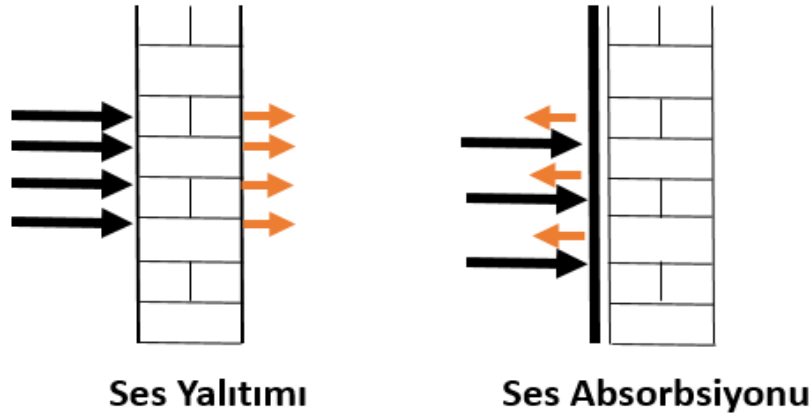
Gürültüsüz bir ortamda yaşamak, gürültüyü yok etmek hemen hemen imkânsız olabilir. Ancak gürültünün çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini kontrol altına alıp en aza indirmek mümkündür. Gürültüden korunmanın en temel yolu ses yalıtımı uygulamalarıdır. Ses yalıtımı ise binanın döşeme ve duvarlarının ses emici malzemelerle kaplanması işlemidir (Everest ve ark., 2001).

## SES YALITIMI

Ses, işitme duyusunun uyararı olarak, kulak tarafından algılanabilen, hava, su ya da benzeri elastik bir ortamdaki basınç değişimi şeklinde tanımlanabilir. İnsan kulağı 20 Hz ile 20.000 Hz arasındaki sesleri işitebilir. Sesin işitilebilmesi için, şiddetinin belli bir düzeye ulaşması gerekmektedir.

Esas olarak, sesteki iki yolla korunulur (Şekil 2). Bunlar ses absorpsiyonu (emilmesi, yutulması) ve ses yalıtımı kavramı olarak ifade edilir. Bu iki kavram çoğu kez birbirleriyle karıştırılır; Ses absorpsiyonunda, hava parçacıkları, yalıtım malzemesi içinde sürtünerek sesin bir kısmını ısı enerjisine dönüştürürler; böylece sesin enerjisi azalır. Ses absorpsiyonu deyimi, ses kaynağından çıkan sesin ne kadarının kaynağın bulunduğu ortamda yutulduğunu belirtir.

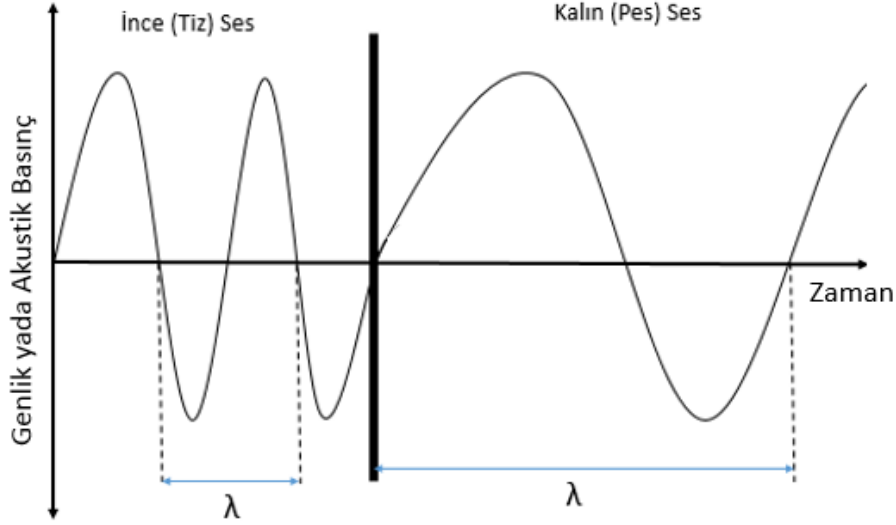
Ses yalıtımında ise ses dalgaları, içinde yol aldıkları ortamdan farklı yoğunluk veya esneklikte bir engelle karşılaşırsa enerjinin bir bölümü yansıtılır, bir kısmı da ısı enerjisine dönüşerek soğurulur, kalan kısım da geçişini tamamlar. Bina dış kabuğunu oluşturan yalıtım malzemeleri de yapısı ve tasarımına bağlı olarak dış kaynaklı gürültünün içeri geçişini az veya çok derecede önleyen bu tür engellerdir (Schmidt et al., 2004).



Şekil 2. Ses yalıtımı ve ses absorpsiyonu (Kaya, 2016).

Sesin yayılma hızı ortamın özellikleri ile ilgilidir. Yapı akustiğinde ses ile ilgili en önemli ortam havadır. Çünkü kulak sesi hava aracılığı ile algılar. Ses veya gürültü; gaz, katı ve sıvı ortamlarda titreşim halinde yayılan bir enerji türüdür.

Çoğu ses, titreşim ve gürültü çeşitli frekansları kapsar. Frekans, ses dalgalarının saniyedeki titreşim sayısıdır. Birimi Hertz (Hz)'dir. Bir titreşim için geçen süreye ise periyot denir. Birimi saniye (sn)' dir. Şekil 3'de gösterilen iki sıkışma veya iki gevşeme bölgesi arasındaki mesafeye dalga boyu ( $\lambda$ ) denir. Birimi metre (m)'dir. Düşük frekanslı sesler (Kalın sesler) uzun dalga boyuna, yüksek frekanslı sesler (İnce sesler) kısa dalga boyuna sahiptir.



Şekil 3. Dalga boyuna göre kalın ve ince seslerin değişimi

Ses yalıtımı için kullanılacak malzemenin lifli yapıda ya da açık gözenekli yapıda olması gerekir. Elyafli malzeme ile kaplanan yüzeylere çarpan ses, lifler arasındaki hava molekülleri sesin az ya da çok, bir bölümünün ısı enerjisine dönüşmesine yol açarlar. Ses yutum katsayısının büyüklüğü, titreşim hareketlerini olumlu yönde etkileyeceğinden liflerin ince ve sık olmasına bağlıdır (DeBenedetti et al., 2007).

### SES ÖLÇÜM TEKNİKLERİ

Bir malzemenin akustik performansında sadece kalınlık ve yoğunluk gibi fiziksel özelliklerin düşünülmesi diğer faktörlerin göz ardı edilmesi tamamen yanlıştır. Bir malzemenin akustik performansı aşağıda tablo 1’ de belirtilen özellikler etkin bir şekilde kullanılır.

Tablo 1. Malzemede Akustik Performansı Belirleyen Özellikler

Özellik	Açıklama
Malzemenin Fazı	Malzemenin katı, sıvı ve gaz fazında olması yapısında bulunan atomların birbirine olan mesafe ve sürtünme katsayıları akustik özellik açısından etkilidir.
Yoğunluk	Yoğunluk arttıkça ses enerjisinin yüzeyde yansıma oranı artar. Yumuşak malzemeler ses enerjisini emerler ve akustik performansa katkı sağlarlar.
Kalınlık	Kalınlık artışı ile birlikte ses enerjisinin kat ettiği yol artar ve dolayısıyla artan sürtünmeyle birlikte enerji kaybı oluşur.
Elastikiyet	Elastik ve plastik davranış ile bükülebilen malzemelerin akustik performansı diğerlerine göre daha yüksektir. Bu özellikteki malzemelerin darbe sönümleme kabiliyetleri yüksektir.
Difüzyon-Yüzey geometrisi	Ses enerjisinin yayılması yüzey yapısı ile ilişkilidir. Enerjinin geçişi ortamın yoğunluğu ve yüzeyde oluşturduğu fiziksel etkiye bağlıdır.
Porozite	Malzemenin gözenekli yapıda olması ses enerjisinin yansıma, emilmesi ve geçişi açısından önemlidir. Yüzeyin açık gözenekli, kapalı gözenekli, gözenek derinliği gibi farklı yapılarda olması, ses enerjisinin hareketi ve yalıtım açısından değerlendirilmesi gereken fiziksel özelliktir.
Kütle –Yay-Kütle ilişkisi	Ses yalıtımında özellikle kompozit malzemelerin etkili olmasında önemli bir kriterdir. Ses enerjisinin azaltılarak ve aynı zamanda akustik performans parametresinide değerlendirilerek ideal bir ses yalıtım malzemesinin seçiminde dikkate alınması gereken özelliktir.
Hava Akış Direnci	Malzemenin gözenek ve yoğunluk gibi fiziksel parametreleri ile değerlendirildiğinde, hava hareketi ve yüzey yapısı ilişkisi ses yalıtımında ölçülmesi gereken kriterdir.

## Empedans Tüpü Ölçüm Yöntemi

Bu yöntem numune boyutlarının küçük olması ve test sürelerinin kısa olması bakımından oldukça kullanışlı sistemlerdir. Empedans tüpü ölçüm yöntemi kullanılarak ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı ölçümleri hassasiyetle yapılmaktadır.

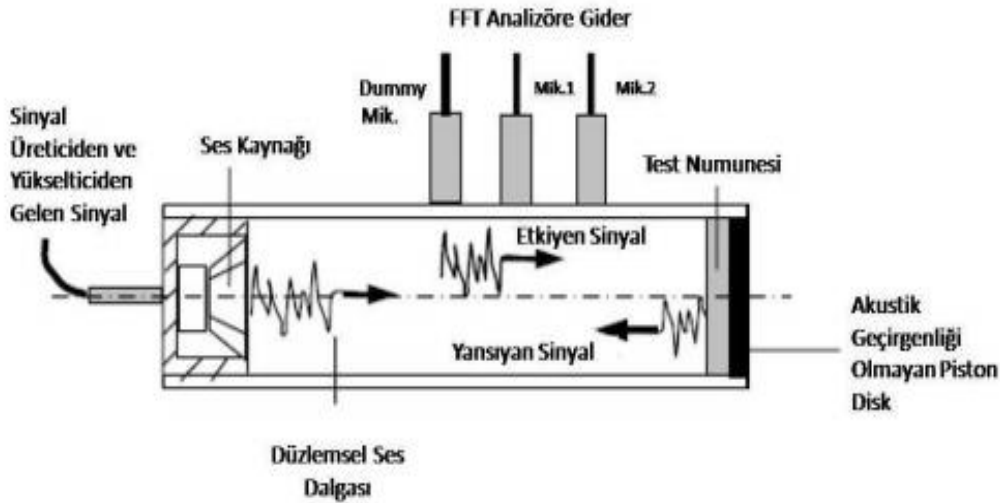
## Ses Yutum Katsayısı Ölçümleri

Ses yutum katsayısı numuneye gelen ve numuneden yansıyan ses dalgalarının ölçülerek elde edilen yüzey empedansına göre hesaplanmaktadır. Ölçüm düzeneğinde, tüpün bir ağzında yükselticisi ile birlikte beyaz gürültü üreten bir hoparlör ve diğer ağzında ise numune parça bulunmaktadır. Boru çaplarına göre değişmekle birlikte transfer fonksiyon metodu yardımıyla 50-6300 Hz aralığında bütün frekanslarda sonuçlar tek bir ölçümle elde edilebilir. Tüpe bağlı iki mikrofona ürettiği ses basınçları ölçülerek transfer fonksiyonu çıkarılır ve böylece ses yutum katsayısı hesaplanır. Burada boru çapı üst frekans limitini, mikrofonlar arası mesafe aralığı ise düşük frekans limitini ve tüm ölçüm doğruluğunu belirlemektedir (Marmatek, 2015). Bu yöntemde düşük frekanslardaki (50 Hz ile 1.6 kHz arasındaki) ses yutum özelliğini ölçmek için büyük tüp kullanılmaktadır. Büyük tüpte ölçüm yapabilmek için 100 mm çapında numuneler hazırlanmaktadır. 1.6 kHz ile 6.4 kHz frekans aralığındaki ses yutum katsayısını ölçmek için ise küçük tüp kullanılmaktadır. Küçük tüpte ölçüm yapabilmek için 29 mm çapında numuneler hazırlanmaktadır (Dias et al.,2007). Empedans yöntemine göre ses yutum katsayısı ( $\alpha$ ) aşağıdaki formül (1,2) ile ifade edilir (Berardi and Lannace, 2015).

$$\alpha = 1 - |R|^2 \quad (1)$$

$$R = \frac{Z_s - \rho_0 c}{Z_s + \rho_0 c} \quad (2)$$

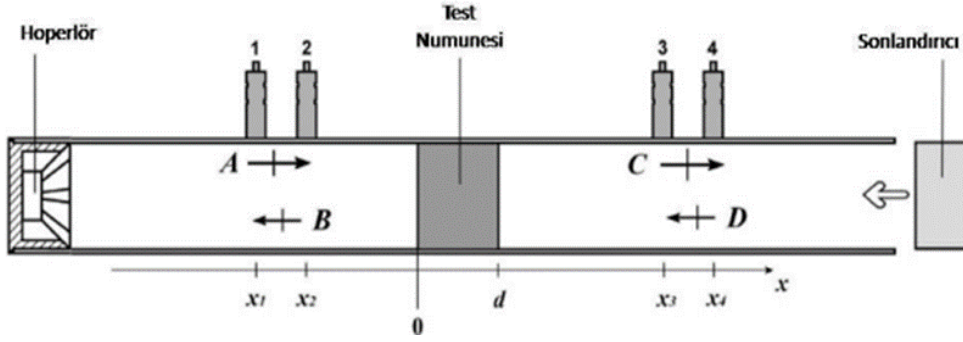
(1)ifadesinde R ses basıncı yansıma katsayısı, (2) ifadesinde  $Z_s$  yüzey empedansı (Pa s/m),  $P_0$  karakteristik Empedansı (Pa s/m), c ses hızı (m/s)'dir.



Şekil 4. Empedans Tüpü Ses Yutum Ölçüm Düzeneği (Yunseon et al., 2009)

## Ses İletim Kaybı Değeri Ölçümleri

Ses iletim kaybı değeri ölçümleri için empedans tüpünde ek aparatların kullanılması gerekmektedir. Şekil 5'te görüldüğü gibi test numunesi tüplerin arasına konularak iki adet ölçüm ortamı oluşturulur. Hesapların yapılabilmesi için ikinci ölçüm ortamında bulunan yansıyan ses dalgasının denklemden kaldırılması gerekmektedir. Bu sebeple ölçümler sonlandırıcı kullanılarak ve tüpün ucu açık şekilde iki kere yapılır. Sonlandırıcı önünde kalın bir sünger tabakası bulunan ve Şekil 5'te C olarak ifade edilen etkiyen dalganın tamamen sönmülmesini sağlayan böylelikle denklemlerden şekilde D ile gösterilen yansıyan dalganın 0 değerini almasını sağlayan bir aparatır.



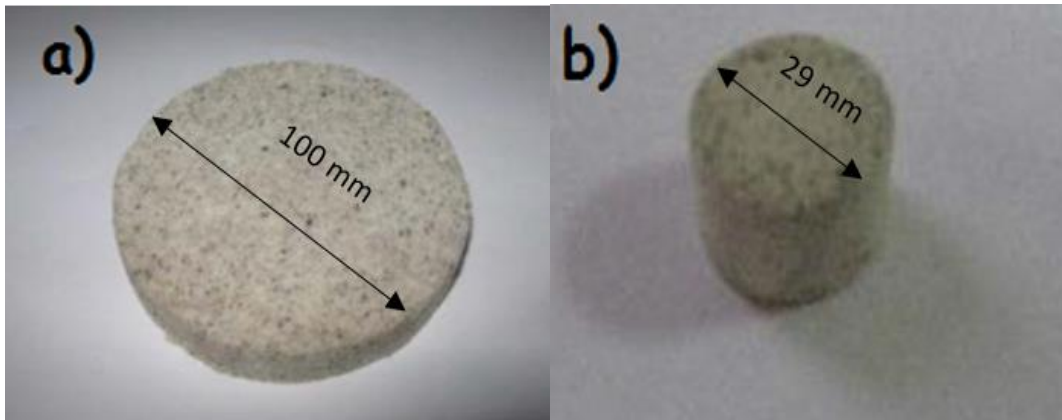
Şekil 5. Empedans Tüpü Ses İletim Kaybı Ölçüm Düzeneği (Yunseon et al., 2009)

Empedans Tüpü Ses yutum ve ses iletim kaybı düzenekleri örnekleri Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6 a. Tek Tüplü Empedans Tüpü Kiti b. İki Tüplü Empedans Tüpü Kiti

Şekil 7'de ise empedans tüpünde kullanılmak üzere üretilmiş numuneler görülmektedir. Farklı frekans aralıklarında ölçüm yapılabilmesi için 29 mm ve 100 mm çapında iki ayrı numune hazırlanır.



Şekil 7. Empedans Tüpü Numune Örnekleri a) Çap 100 mm (50 Hz-1,6 kHz) b) Çap 29 mm (1,6 kHz-6,4 kHz)

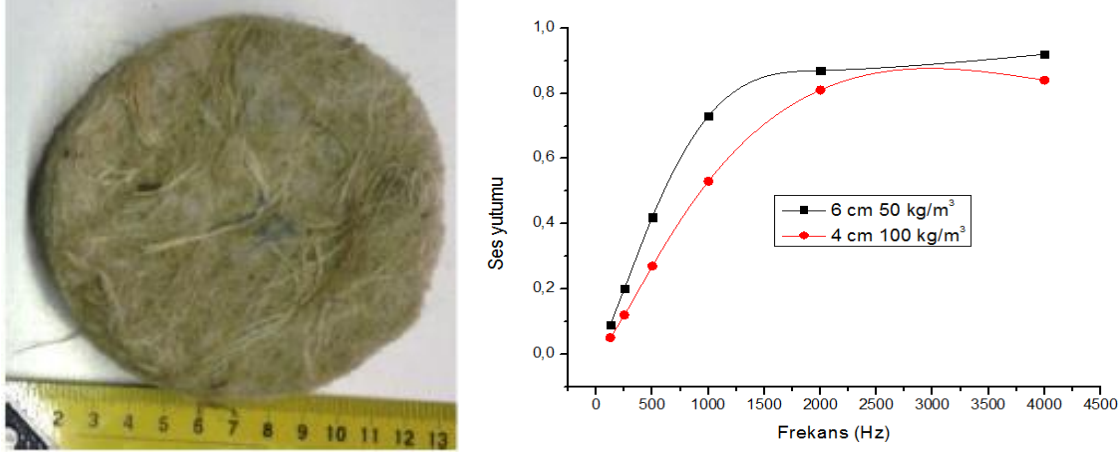
Empedans tüpünde ses yutum katsayısını bulmak için uluslararası standartlar belirlenmiştir. Bunlar, "Kararlı Dalga Metodu" için ISO 10534-1 ve "Transfer Fonksiyon Metodu" için ISO 10534-2'dir. Ayrıca uluslararası standartlara benzerlik gösteren Amerikan standartları da kullanılmaktadır (ASTM E1050). Ses iletim kaybı katsayısı hesabı için ise daha önce belirtildiği gibi belirli bir standart bulunmamaktadır.



## DOĞAL LİFLERE AİT AKUSTİK ÖZELLİKLER

### Kenaf

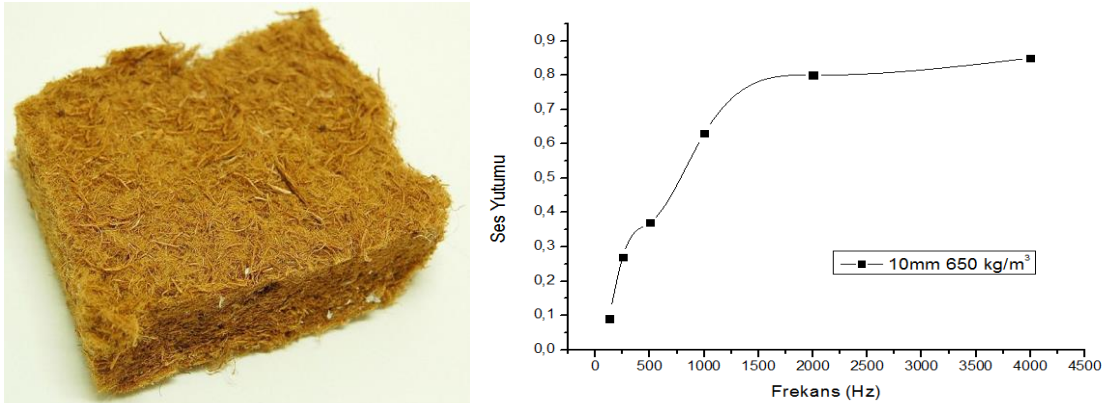
Kenaf lifi (*Hibiscus Cannabinus*), bitki köklerinden elde edilen daha çok sıcak iklim bitkisidir. En çok yayılımı Güney Afrika, Asya ve Hindistan'dır (Dempsey, 1975). Lifli yapısından dolayı hem yalın hem de Kompozit olarak yaygın kullanıma sahiptir. Özellikle kâğıt imalatında, inşaat malzemelerinde, hayvan yemi olarak büyük pazara sahiptir. Kenaf lifi ses yutum açısından değerlendirildiğinde Şekil 8'de belirtildiği gibi yapılan çalışmada 6 cm kalınlık 50 kg/m<sup>3</sup> yoğunluk ve 4 cm kalınlık 100 kg/m<sup>3</sup> yoğunluk için 1600 Hz-3600 Hz frekans aralığında ortalama 0,91 oranında ses emme ile oldukça başarılı sonuçlara ulaşılmıştır (Berardi and Lannace, 2015).



Şekil 8. Kenaf lifi Ses Yutum katsayısı (Berardi and Lannace, 2015)

### Ahşap

Dünya karasal alanının yaklaşık % 31'ini ormanlar oluşturmaktadır. Ahşap malzemenin önemi, çok sayıda gereksinimi karşılamasından kaynaklanmaktadır (BAKA, 2012). Ahşap ve ahşap esaslı malzemeler gözenekli yapılar nedeniyle, yoğunluk değerlerine bakılarak akustik özellik gösterirler. Şekil 9' da odun lifine ait ses yutum katsayısı belirtilmiştir. Odun lifi malzemenin akustik özelliğine göre (Şekil 9) 1500 Hz frekansa kadar lineer artış ile ses emme 0,81 değerine ulaşmış ve ardından 2000-3800 Hz frekansına kadar 0,82 bandında devam etmiş ve en yüksek 0,84 değerine 4000 Hz' de ulaşmış olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle odun lifi ses yalıtımında ve ısı yalıtımında yapı sektöründe alternatif malzeme konumundadır (Kaya, 2015).



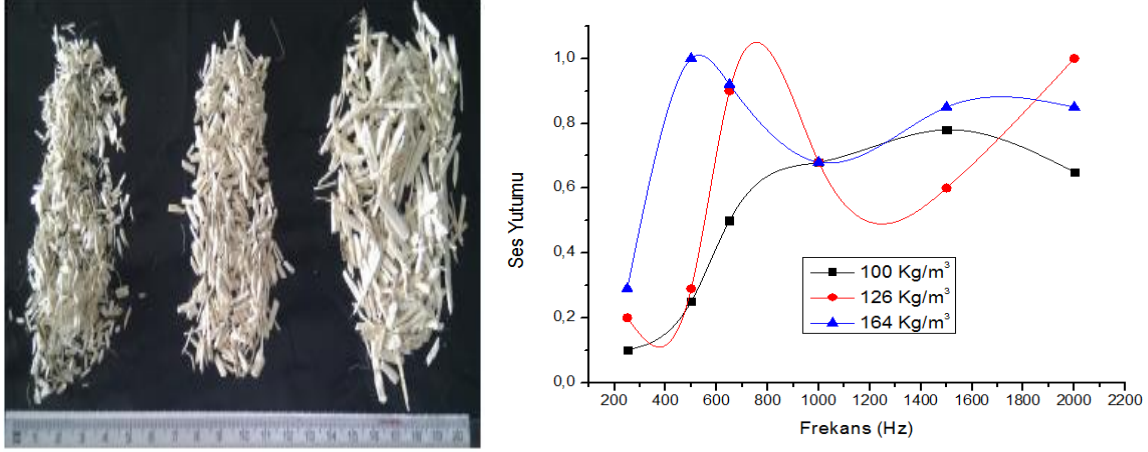
Şekil 9. Odun lifi Ses Yutum katsayısı (Kaya, 2015)

### Kenevir

Kenevir lifi (*Cannabis Sativa*) genellikle tekstil endüstrisinde kullanılır. Bütün doğal liflerde olduğu gibi yanma direnci düşük tür ve bor yardımıyla yanma yalıtım özelliği artırılabilir. Bununla beraber kenevir



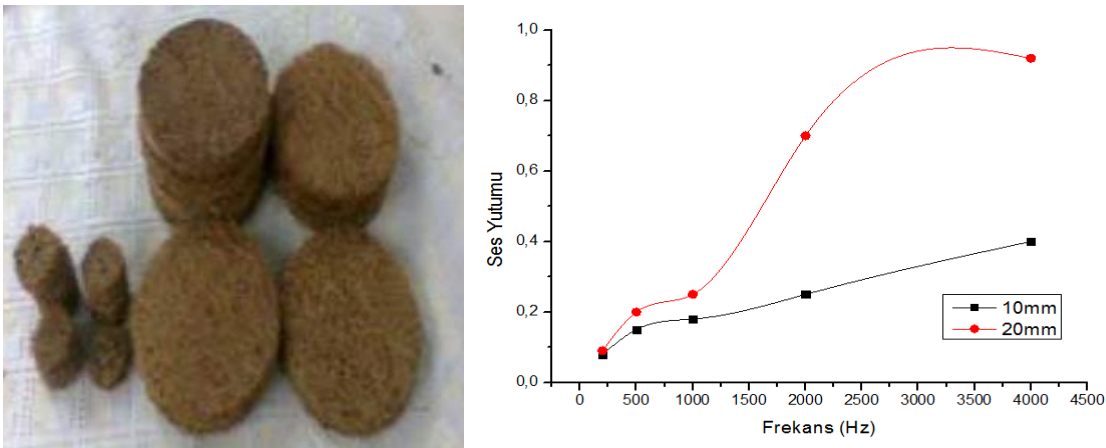
liflerinden yapılan levhaların insan sağlığında risk oluşturacak faktör tespit edilmemiştir. Oldukça yüksek akustik karaktere sahip olmasının yanı sıra termal yalıtım özelliği de yapı sektöründe ideal bir malzeme olabilir (Oldman et al., 2011). Kenevir lifi  $164 \text{ kg/m}^3$  yoğunlukta 500 Hz frekansa kadar lineer artışın ardından 600 Hz -1000 Hz aralığında 0,62 ses emme değerine kadar düşmüş ve bu noktadan 2000 Hz frekansında artarak en yüksek 0,82 ses yutum değerine ulaştığı belirtilmiştir. Kenevir lifi en yüksek ses emme özelliğini  $126 \text{ kg/m}^3$  yoğunlukta ve 2000 Hz de olduğu vurgulanmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Kenevir lifi Ses Yutum katsayısı (Kinnane et al. 2016)

### Hindistan Cevizi

Tropik bölgelerde yetişen palmye ağacının meyvesi Hindistan cevizi lifi meyvenin dış kısmında olan ve çok sağlam yapısı gereği pek çok alanda tarımsal artık olarak kullanılmaktadır. Olgun Hindistan cevizinde elde edilir ve ekstraksiyon işleminden sonra kurutulup ya lif halinde ya da preslenerek kullanılır (Berardi and Lannace, 2015). Deneysel testlerden elde edilen verilere göre, düşük ve yüksek frekansta iyi akustik özelliklere sahip olduğunu ve sentetik esaslı ticari ürünün alternatif bir malzeme olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu yenilikçi ses emme paneli, cam elyaf ve mineral esaslı sentetik malzemelerle karşılaştırıldığında daha ucuz, daha hafif ve çevreye katkısından dolayı diğerlerine oranla daha parlak bir gelecek sunmaktadır (Rozli and Zulkarnain, 2010). Hindistan cevizi lifinin 10mm kalınlıkta yetersiz ses emiciliği gösterdiği ancak 20mm kalınlıkta özellikle 2500Hz den sonraki frekanslarda sem emme yeteneği 0,98 değerine ulaşmış ve bu alanda alternatif malzeme olduğunu kanıtlamış niteliktedir (Şekil 11).

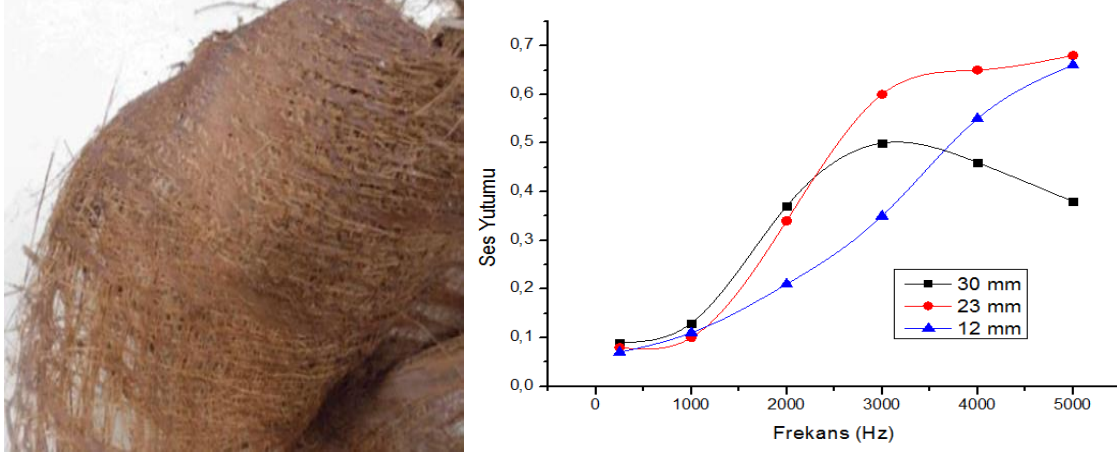


Şekil 11. Hindistan Cevizi lifi Ses Yutum katsayısı (Rozli and Zulkarnain, 2010)

### Hurma Ağacı

Dünya üzerinde en çok Suudi Arabistan, Sudan, İran, Irak, Mısır ve Pakistan'da yetiştirilir ve ticareti yapılır. Hurma ağacı lifi olarak ticareti ise Nil kıyısı boyunca ve Kuzey Sudan bölgesi ağaçları

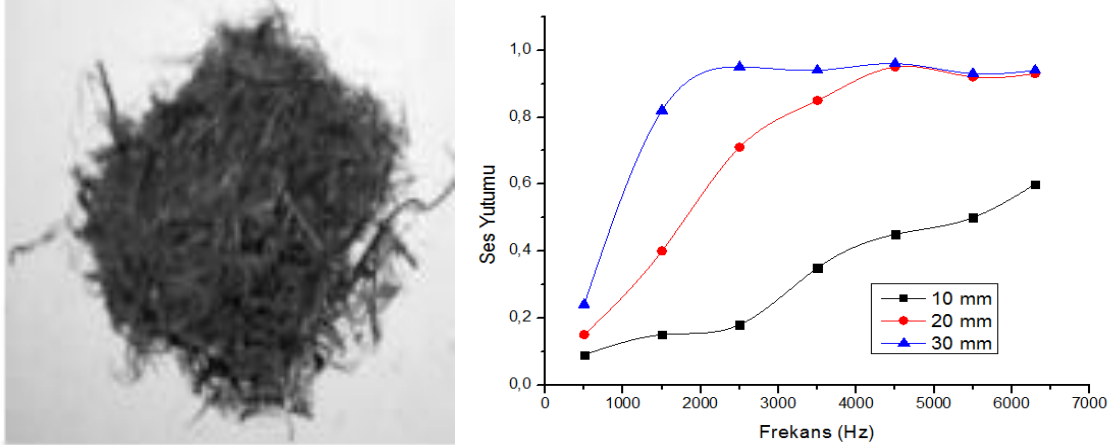
değerlendirilir (Khristova et al., 2005). Hurma ağacı lifinin yumuşak dokulu bir ağ yapısı vardır. Ağaçtan toplandıktan sonra fazla nemi kurtulur, lifin ortalama çapı 0,408 mm ve yoğunluğu 919 Kg/m<sup>3</sup>'dür (Elwaleed et al., 2014). Şekil 12 'de numuneler arası nominal sıkıştırma oranı özellikle 30 mm örnekte diğerlerinden fazla olduğu için gözeneklerin azalması sonucu sem emme pik noktası 0,50 değerine gerilemiştir. Ancak 23 mm kalınlık örneğinde 2800 Hz de pik yaparak 0,68 ses emme değerine ulaşmış olduğu gözlenmektedir.



Şekil 12. Hurma Ağacı lifi Ses Yutum katsayısı(Elwaleed et al., 2014).

### Çay Yapağı

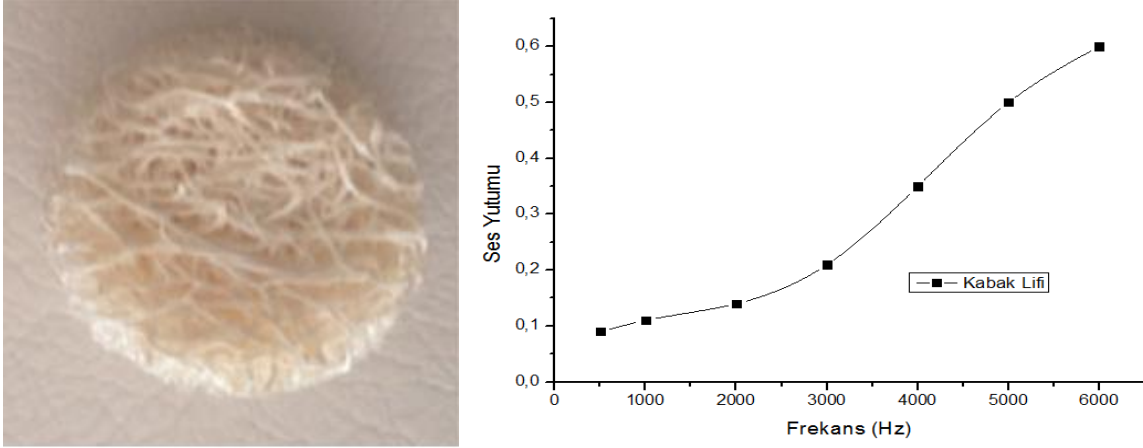
Ülkemizde Karadeniz Bölgesinde çok miktarda yetiştirilen Endüstriyel Çay yapağının işlenmesi sırasında oluşan atık malzemenin değerlendirilmesi amacıyla ses yutucu malzeme elde edilmiştir. Araştırmalar sonucunda çay yapağı lifinin sentetik elyaf malzemeye kıyasla şekil 13 'de özellikle 500-3200 Hz ve 500-2400 Hz frekans aralığında 20-30 mm kalınlıkta ses emme kabiliyeti açısından olumlu sonuçlara ulaşılmıştır (Ersoy ve Küçük, 2009). 10 mm kalınlıkta numunede 6000 Hz ye kadar kademeli ve lineer artış olurken, 30 mm kalınlıkta numunelerde 2000 Hz frekansta en yüksek ses emme değerine ulaşıldığı ve bu şekilde artan frekansta bu değeri koruduğu görülmektedir. Şekil 13 grafiğe göre çay liflerinden elde edilen 20 mm kalınlıkta levhalarda 4000 Hz de pik yaparak 0,95 ses emme derecesine ulaşıldığı gözlenmektedir. Ersoy ve Küçük (2009); çalışmalarına göre çay liflerinin kullanılabilir sınırlar içerisinde olduğu ve ses emici malzeme olarak değerlendirilebileceği yönündedir.



Şekil 13. Çay yapağı lifi Ses Yutum katsayısı .(Ersoy ve Küçük, 2009)

### Lif Kabağı

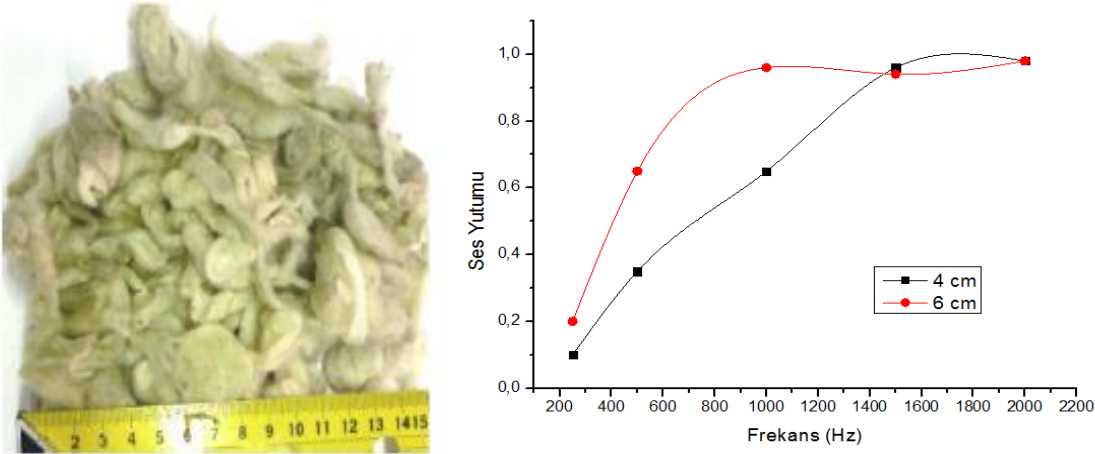
Türkiye'nin güney bölgesi dahil olmak üzere dünyanın birçok bölgesinde yetişen kabak liflerini de içeren biyomalzemeler ve / veya bunların bileşimleri ses yalıtımında oldukça değerlidir (Demir ve ark., 2008). Lif kabaklarının yalın veya kompozit olarak ses yalıtımında kullanımının olumlu bir gelişme olduğu araştırmalarda belirlenmiştir (Koruk ve Genç, 2015). Şekil 14'de ses emici değerlerin 500 Hz ve 6000 Hz aralığında lineer ve istikrarlı bir arttığı ve lif kabağının matris malzeme olarak kompozit malzemelerde kullanılarak ses emiciliğine önemli katkı sağlayacağı vurgulanmıştır.



Şekil 14. Kabak lifi Ses Yutum katsayısı (Koruk ve Genç, 2015).

### Koyun Yünü

Eski zamanlardan beri koyunyünü ısı yalıtım sayesinde kıyafet olarak kullanılmaktadır. Ancak araştırmalar yün malzemenin memnun edici bir şekilde ses yalıtımında da kullanılabileceğini de göstermiştir (Ballagh, 1996). Yün liflerinin mineral liflere göre insan sağlığına karşı tespit edilmiş bir zararı bulunmamaktadır. Genellikle araştırmalarda kullanılan yün lifleri 22 µm ve 35 µm çapında, 10-100 Kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda ve 6-150mm kalınlığındadır. Araştırmalar sonucunda yün liflerinin kalınlık ve yoğunluğu arttıkça ses yutum kabiliyetinin arttığı belirtilmiştir (Berardi and Lannace, 2015). Numune kalınlığı arttıkça ses yutum özelliğinin arttığı gözlenmektedir (Şekil 15). 4 cm kalınlıkta koyun yünü numune lineer artış göstergesi sergileyerek 1800 Hz' de pik yapmış ve ses emiciliğinde 0,97 değerine ulaşmış aynı şekilde 6 cm ise daha düşük bir frekansta 800 Hz' de 0,98 pik değerine ulaştığı ve bu kalınlıklarda ideal ses emici malzeme oldukları vurgulanmıştır.



Şekil 15. Koyun Yün lifi Ses Yutum katsayısı (Berardi and Lannace, 2015).

### SONUÇLAR

Doğal liflerle yapılan ölçümler sonucunda gözenekli malzemelerin ses yalıtımında gösterdiği performansa benzer olarak iyi bir ses yalıtımı özelliğine sahip oldukları belirtilmiştir. Doğal liflerin akustiği özellikle homojen dağılım oranı, gözenek yapısı, hava akışı, kalınlık ve yoğunluk önemli bir faktördür. Liflerin kalınlığı arttıkça düşük frekans aralığında ses yalıtım değeri artmaktadır. Yapı akustiği açısından önemli olan 6 oktav olup bu frekanslar; 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz'dir. Ölçümlerin yorumlanması genelde bu oktavlarda yapılmıştır. Tüm frekans aralıkları değerlendirildiğinde yapı sektörünün beklentisini karşılayacak değerliktedirler. Özellikle 1000 Hz ve üstü frekanslarda darbe titreşimlerinin engellenebildiği kalınlık arttıkça bu özelliğin arttığı gözlenmiştir. Mineral ve sentetik ses yalıtım malzemelerinin sağlık, çevre ve ekonomik açıdan zararlı

olmaları doğal liflerle olan yönelişi arttıracaktır. Teknolojik gelişmelerle birlikte artan çevre bilinci, insan sağlığı faktörü ve sürdürülebilirlik geleneksel ve doğal liflerin kullanımını yaygınlaştıracaktır. Böylelikle doğal ve geleneksel liflerin hem ısı yalıtımında hem de ses yalıtımında değerlendirilmesi mümkün olabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Arenas, J. P., Crocker, M. J. 2010. Recent trends in porous sound-absorbing materials. *Sound & Vibration* 44: 12-18.
- Asdrubali, F. 2006. Survey on the acoustical properties of new sustainable materials for noise control. *Proceedings of Euronoise, Tampere, Finland.*
- BAKA 2012. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı. Orman ve Orman Ürünleri Sektör Raporu. <https://www.baka.org.tr/uploads/1357649370ORMAN-URUNLERI-RAPORU-12ARALIK.pdf> (Erişim tarihi:10.02.2017)
- Ballagh, K. O. 1996. Acoustical properties of wool. *Applied Acoustics*, 48: 101-120.
- Berardi, U., Iannace, G. 2015. Acoustic characterization of natural fibers for sound absorption applications. *Building and Environment*, 94: 840-852.
- Bribián, I. Z., Capilla, A. V., Usón, A. A. 2011. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46: 1133-1140.
- Bruel and Kjaer, Brüel and Kjaer Impedance Tube product data type 7758. Brochure using 4- microphones with impedance tube, Bruel and Kjaer Sound and Vibration Measurement. Denmark Brüel&Kjær Application Note BO 0113-11. <https://www.bksv.com/en/Applications/product-noise/Acoustic-material-testing> (Erişim tarihi:03.02.2017)
- Chandramohan, D., Marimuthu, K., 2011. A review on natural fibers. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 8: 194-206.
- Huang, C., Nutt, S. 2009. Sound transmission prediction by 3-D elasticity theory. *Applied Acoustics*, 70: 730-736.
- Çalışkan, M., 2011. Ses yalıtımı. *4DuvarKnauf* 41: 26-30.
- D.J. Oldham, C. Egan, R. Cookson., 2011. Sustainable acoustic absorbers from the biomass. *Applied Acoustics*, 72: 350-363.
- DeBenedetti, B., Maffia, L., Rossi, S. 2007. From materials to eco-materials: life-cycle environmental approach for insulation products in building applications. *Proceedings of the 8th International Conference of Eco-Materials, Brunel University, UK.*
- Demir, H., Top, A., Balköse, D., Ülkü, S., 2008. Dye adsorption behavior of *Luffa cylindrica* fibers. *Journal of Hazardous Materials* 153: 389-394
- Dempsey, J. M. 1975. *Hemp Fiber Crops*. Univ. Presses of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Dias, T., Monaragala, R., Needham, P., Lay, E., 2007. Analysis of sound absorption of tuck spacer fabrics to reduce automotive noise. *Measurement Science and Technology*, 18: 2657-2666.
- Elwaleed, A. K., Nikabdullah, N., Nor, M. J., Tahir, M. F., Nuawi, M. Z., Abakr, Y. A., 2014. Experimental study on the effect of compression on the sound absorption of date palm fibers. *World Applied Sciences Journal*, 31: 40-44.
- Ersoy, S., Küçük, H., 2009. Investigation of industrial tea-leaf-fibre waste material for its sound absorption properties. *Applied Acoustics*, 70: 215-220.
- Everest, F. A., Pohlmann, K. C., Books, T. 2001. *The Master Handbook of Acoustics*. McGraw-Hill, New York.
- Glé, P., Gourdon, E., Arnaud, L. 2011. Acoustical properties of materials made of vegetable particles with several scales of porosity. *Applied Acoustics*, 72: 249-259.
- Heed, C. 2008. *Sound Absorption and Acoustic Surface Impedance*. Stockholm, Sweden .
- Kaya, A. İ. 2016. Kompozit malzemeler ve özellikleri. *Putech & Composite Poliüretan ve Kompozit Sanayi Dergisi* 29: 38-45.
- Kaya, A. İ. 2015. Atık Kağıtlardan Geri Kazanılmış Liflerden Kompozit Malzeme Üretim Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Kristova, P., Kordsachia, O., Khider, T. 2005. Alkaline pulping with additives of date palm rachis and leaves from Sudan. *Bioresource Technology* 96: 79-85.
- Kinnane, O., Reilly, A., Grimes, J., Pavia, S., Walker, R. (2016). Acoustic absorption of hemp-lime construction. *Construction and Building Materials* 122: 674-682. <http://www.kisi.deu.edu.tr/userweb/abdullah.secgin/> (Erişim tarihi:15.03.2017)
- Koruk, H., Genç, G. 2015. Investigation of the acoustic properties of bio luffa fiber and composite materials. *Materials Letters* 157: 166-168.
- Kuroda, K. 2006. International development and standardisation of environmental information indices of materials. *Proceedings of the 7th International Conference on EcoBalance-EcoBalance2006, sect. E1 -1 - 14-16 November 2006, Tsukuba, Japan.* <http://www.marmatek.com/akustik-empedans-tupu-kundts-tube/> (Erişim tarihi:23.03.2017)
- Nielsen T. Q. A Powerful Combination for Building Acoustics Measurements. Brüel&Kjær Application Note BO 0113-11.

## Ses Yalıtımı Açısından Doğal Liflerin Akustik Özellikleri

- Putra, A., Abdullah, Y., Efendy, H., Mohamad, W. M. F. W., Salleh, N. L., 2013. Biomass from paddy waste fibers as sustainable acoustic material. *Advances in Acoustics and Vibration* 2013:1-7.  
<http://www.riskakademi.com> (Erişim tarihi:12.02.2017)
- Rozli, Z., Zulkarnain, Z. 2010. Noise control using coconut coir fiber sound absorber with porous layer backing and perforated panel. *American Journal of Applied Sciences*, 7: 260-264.
- Ryu, Y., Choi, M. R. 2004. Transmission Loss Measurement of the Exhaust system using 4-microphones with impedance tube. In 18th International Congress on Acoustics, Kyoto.
- Schmidt, A. C., Jensen, A. A., Clausen, A. U., Kamstrup, O., Postlethwaite, D. (2004). A comparative life cycle assessment of building insulation products made of stone wool, paper wool and flax. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 9: 53-66.
- Uzundağ, U., Tandoğan, O. 2011. Malzemelerin akustik performans testleri, *Novasim*, 1-13.  
<http://www.yapi.com.tr> (Erişim tarihi:23.01.2017)
-