

DOĞAL HAMMADDELİ YAPI ELEMANI KESİTLERİNİN GÜRÜLTÜ DENETİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMELERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

A STUDY ON THE EVALUATION OF NATURAL RAW MATERIAL CONSTRUCTION ELEMENT SECTIONS IN TERMS OF NOISE CONTROL

Bekir SÜLEYMANOĞLU¹

Özet

Bir ürün ortaya konurken üretim, kullanım ve geri dönüşüm süreçlerinin tamamında en faydalı yöntemler izlenir. Yapı tekniklerinde de çağdaş ve sürdürülebilir alternatifler her geçen gün çoğalmaktadır. Bu çalışma en doğa dostu yapı elemanları olan doğal hammaddeli yapı elemanlarının gürültü denetimine katkısı hakkında olup üretici ve kullanıcıların ihtiyaç duydukları yeni bilgiler sunmayı amaçlamaktadır. Yapıda kullanılmasını sağlayan en temel içeriği olan kil sayesinde toprak, çeşitli fiziksel şekillerde ve farklı malzemeler içeren çeşitli karışımlarla yapı malzemesi olarak kullanılabilir. Dolayısıyla bu yapı malzemelerinin akustik niceliklerinin gözlemlenmesi ve diğer doğal yapı malzemelerinin nicelikleriyle karşılaştırılması en başarılı yöntem olacaktır.

Toprak hammaddeli yapı ürünleri literatürde dahi az sayıda çeşide sahipmiş gibi görünse de aslında birçok çeşitle karşımıza çıkmaktadır. Bunların şekilleri ve içeriklerindeki katkı malzemelerinin oranları değiştirilerek sonsuz sayıda ürün elde etmek mümkündür. Bu sebeple ürünlerin yanı sıra içerik olarak kullanılabilen malzemelerin de akustik nitelikleri bu çalışmada gösterilmektedir. Toprak ve diğer katkı malzemeleri karışım haline getirilip kurutulmuş veya priz aldirılarak ürünleştirilmekte olup tuğla, panel ve benzeri şekillerde kullanılmaktadır. Ayrıca bu ürünlerle cidarlar oluşturulup katmanlar arasında farklı malzemeler de kullanılmaktadır. Bu çalışmada doğal hammaddelerle oluşturulabilecek yapı malzemesi çeşitlerinin gürültü yutumu değerleri hakkında öngörülebilir bulunma adına araştırmalar yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: akustik, ses yutucu, sürdürülebilirlik, toprak, yapı malzemesi.

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Ana Bilim Dalı Yapı Fiziği Programı, İstanbul, Türkiye, suleymanoglubekir@gmail.com

Abstract

While producing a product, the most beneficial methods are followed in all of its production, use and recycling processes. Contemporary and sustainable alternatives in building techniques are increasing day by day. This study is about the contribution of natural raw material construction elements, which are the most environmentally friendly construction elements, to noise control and aims to provide new information that manufacturers and users need. Thanks to clay, which is the most basic ingredient that enables it to be used in construction, soil can be used as a building material in various physical forms and with various mixtures containing different materials. Therefore, examining the acoustic quantities of these building materials and comparing them with the quantities of other natural building materials will be the most successful method.

Although soil-based building products seem to have a small number of varieties even in the literature, they actually appear in many varieties. It is possible to obtain an infinite number of products by changing their shapes and the proportions of the additives in their contents. For this reason, the acoustic qualities of the materials that can be used as content as well as the products are shown in this study. Soil and other additives are mixed and dried or set into products and used in brick, panel and similar forms. In addition, walls are formed with these products and different materials are used between the layers. In this study, researches are carried out in order to predict the noise absorption values of the types of building materials that can be formed with natural raw materials.

Keywords: acoustic, sound absorber, sustainability, soil, building material.

Giriş

İşitsel konfor insanın yaşamının bulunduğu her alanda ihtiyatla irdelenen ve irdelenmesi gereken bir konudur. Öyle ki içerisinde yaşadığımız yapılarda sesin kontrolü yüksek derecede önem arz etmektedir. Dolayısıyla yapı malzemelerinin akustik açıdan davranışları en az diğer özellikleri kadar dikkate alınmalıdır.

Yapı malzemelerinin tercih sebepleri arasında dikkat edilmesi gereken bir diğer faktör de üretim, kullanım ve geri dönüşüm süreçlerinin tamamındaki verimleri olmaktadır. Verim demek sadece maliyet ve ömür oranlaması olmayıp malzemelerin doğayla ilişkisi de bu kriter altında değerlendirilmelidir. Çünkü ancak bu şekilde malzemeler açısından sürdürülebilirlik

değerlendirilebilir. Sürdürülebilirliğe katkısı olan yapı malzemelerinin ortak yönü yaşam (üretim- kullanım- geri dönüşüm) döngüleri toplamında doğaya ve insan sağlığına verdiği zararın engellenmesi için minimum çabaya ihtiyaç duymalarıdır.

Günümüz yapılarında çoğu üretici yapı malzemelerinde tedarik kolaylığı ve maliyet avantajlarından ötürü gelenekselleşmiş yapı malzemeleri olan beton ve plastik türevi malzemeler tercih etmektedir (bu tür malzemelerden bu makalenin geri kalan kısmında “yaygın yapı malzemeleri” şeklinde bahsedilecektir) . Bu malzemelerin daha az doğa dostu olmasının sebebi üretimlerinde çimento ve petrol ürünleri gibi kimyasal hammaddelerin kullanıldığı tepkimeler bulunması ve kullanım süreçlerinin sonunda geri dönüştürülerek tekrar kullanılmasının organik hammaddeli malzemelere göre daha zor olmasıdır (Lamba ve diğ. 2022, Nyika ve Dinka, 2022). Uzun vadede günümüzdeki yaygın yapı malzemeleri hem insan sağlığı açısından hem de malzemenin toplam yaşam döngüsü maliyeti açısından yeterince elverişli olmamaktadır. Bu durum günümüz çağdaş yapılarda malzeme seçimlerinde hem gürültü denetimi açısından başarılı hem de sürdürülebilirliği olan yapı malzemelerine ulaşma ihtiyacını doğurmaktadır.

Akustik yapı malzemeleri yaygın yapı malzemelerinden farklı olarak içeriklerinde daha ses yutucu veya sesi yansıtması açısından daha kontrol edilebilir hammaddeler barındırmaktadır. Bu malzemelerden sürdürülebilir olanları sorgulandığında şüphesiz ilk akla gelenler doğal hammaddeli yapı malzemeleridir. Doğal malzemeler doğrudan toprağın katkı malzemesi olarak kullanıldığı ürünler şeklinde karşımıza çıktığı gibi bitkisel içeriklerden üretilen malzemeler de olabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında hem doğal hammaddeli olup hem de yapı gürültü denetimi açısından verimli olabilecek yapı malzemeleri hakkında yapılan çalışmaların incelenmesi ve bulgular sonucunda malzemelerin karşılaştırılması yapılacaktır.

Amaç

Bu çalışmada; yapılarda sesin yutulmasında görev yapabilen organik hammaddeli ve toprak hammaddeli yapı malzemelerine yer verilmiştir. Sürdürülebilirlik vadeden yapı malzemelerinin türlerine ve içeriklerine yer verilerek bu alanda yapılmış deneysel çalışma ve sonuçlar incelenmiştir.

Literatür ve Yöntem

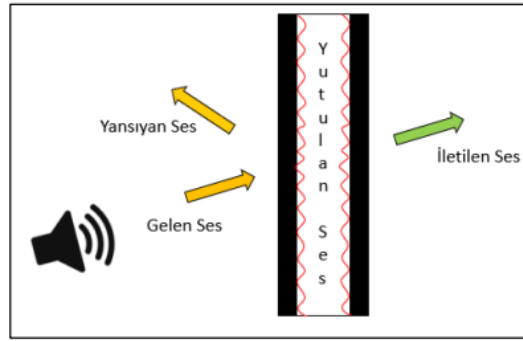
Gürültü denetimini sağlamak amacıyla yapılan hesaplamalarda ihtiyaç duyulan niceliklerin elde edilmesinde en yaygın yöntem olarak “empedans tüpü” yöntemi kullanıldığı için literatür kaynaklarından yapı malzemelerinin bu yöntem ile ölçülmüş ses yutum katsayılarına ulaşılmıştır. Bu yöntem ile ölçümü yapılmış ve yapıda kullanılacak birçok doğal hammaddeli malzeme gösterilebilir ancak yapısal özelliklerine göre malzemeler taşıyıcı özelliği olup olmamasına göre ikiye ayrılabilir. Çünkü kendi başına strüktürel olarak ayakta duramayan ses yutucu malzemelerin yapıda kullanılabilmesi için halihazırda ayakta duran bir katman inşa edilmiş olmalı ki üzerlerine bu tür malzemeler uygulanabilsin. Tam da bu noktada taşıyıcı özellik taşıyan doğal madde olarak kil içerdiği için toprağı ele almaktayız. Kerpiç örneğinde olduğu gibi killi topraktan üretilen yapı malzemeleri incelenip bunun yanı sıra ek katman olarak kullanılacak olan diğer doğal hammaddeli malzemeler ayrı olarak ele alınacaktır.

Topraktan yapı malzemesi üretiminde toprağın su ile karıştırılması aşamasında içerisine bazı tutucu ve hafifleticiler kullanılabilir. Toprakla hazırlanan harç içerisine kenevir lifi, pamuk lifi, kabak lifi, çay yaprağı lifi ahşap lifi, bambu lifi gibi organik tutucular kullanılabilirken polipropilen elyaf, cam elyaf gibi farklı çeşit tutucu malzemeler de kullanılabilir olup perlit, ponza gibi hafifleticilerden de faydalanılabilir. Toprağı tuğla haline getirerek, yerinde dökme ile kalıp içerisinde kurularak ve hatta prekast bir ürün haline getirip yapıda kullanmak mümkündür. Toprağın prekast bir panel haline getirilmesinde taşıyıcı olarak; çeşitli ağaçların ürünlerinden, sentetik reçine kaplı yonga veya lif levhalardan da yararlanılması mümkün olmakla birlikte bu çalışma kapsamında içerik olarak kullanılacak malzemelerin ses yutma katsayıları araştırılmaktadır. Ayrıca panellerden cidar oluşturulması aşamasında ara katman olarak kullanılmak üzere; cam elyaf plaka, taş yünü plaka, ahşap lif plaka, saz bitkisi, keçe, pamuk, mısır sapı kompozitleri, meyan kökü kompozitleri, kenevir kompozitleri de ele alınmıştır.

Toprak kullanılarak akustik konforu sağlayan sürdürülebilir yapı elemanlarının üretilmesi ve kullanılabilmesinin gösterilmesini amaçlayan bu çalışma kapsamında bu malzemelerin hem kendi içlerinde hem de diğer tür yapı elemanlarıyla gürültü denetimi açısından karşılaştırılması yapılmaktadır.

Sesin Yayılması ve Sesin Yutulması

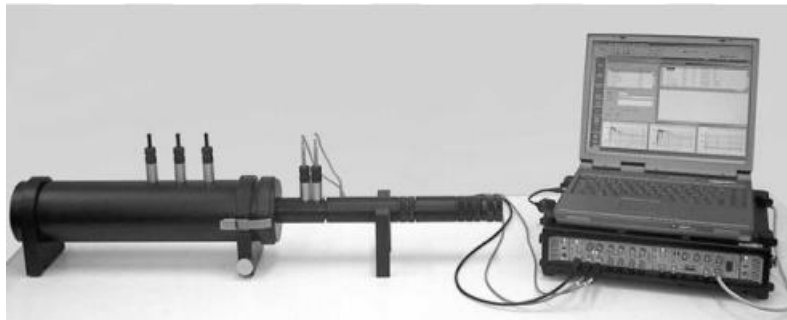
Ses maddesel ortamda maddenin taneciklerini dalgasal formda sıkıştırıp genişletirerek şekilde hareket ettirerek ötelenen bir kinetik enerji biçimidir. Ses bir kaynaktan oluşan titreşim hareketi ile başlayarak etrafındaki diğer maddelere iletilmektedir. Ses dalgalarının azaltılmasında ses yutucu malzemeler kullanılır. Bu malzemeler kinetik enerji halinde ses dalgasının bir kısmını iletir, bir kısmını yansıtır, bir kısmını da içerisinde hapseder. Hapsedilen bu kinetik enerji aslında ısı enerjisine dönüşmektedir.



Şekil 1: Ses dalgalarının cisimlerle oluşturduğu ilişki (Uzundağ ve Tandoğan, 2013).

Malzemelerin Ses Yutuculuklarının Belirlenmesi

Yutucu malzemenin yüzeyine gelen ses ile yutucu malzemedeki sonradan iletilen ses arasındaki fark bize yutulan sesin şiddetini göstermektedir. Bu niceliklerin ampirik olarak ölçülmesi aşamasında yaygın bir yöntem olan “empedans tüpü” testleri kullanılmaktadır.



Şekil 2: Empedans tüp ölçüm yöntemi test düzeneği (Uzundağ ve Tandoğan, 2013).

Empedans tüpü bir tüp sistemi içerisinde ses kaynağı olarak hoparlörün, ölçüm cihazları olarak da mikrofonların bulunduğu bir cihazdır. Malzeme numuneleri bu cihaz içerisine koyulur. Mikrofonlar numunenin hem önünde hem arkasında bulunur. Dolayısıyla hem yansıyan ses hem de yutulmayıp iletilen sesi ölçmek mümkün olmaktadır. İletilen sesin ölçüldüğü kısım

ince ve kalın sesleri ölçmek adına iki çeşit tüp kullanılmakta olup ölçüm hassasiyeti maksimize edilmektedir. Çift mikrofonlu bu empedans tüpü sistemlerinde yapılan ölçümler ISO 10534-2 standardına uygundur.

Yapı Malzemelerinin Akustik Bulgularının İncelenmesi

Ses kaynağından ortaya çıkan ses cisime (malzemeye) ulaşır. Cismin diğer yüzüne ulaşan ses kayıplı olur. Buradaki ses iletim kaybının niceliğine “ses yutum katsayısı” denir. Eğer sesin cisimden geçerken ne kadar kaybolduğuna değil, ne kadar iletiildiğine bakılıyorsa bu bakış açısına göre de iletilen sesin niceliğine “ses iletim katsayısı” denir

Gürültü denetimine göre yapı malzemelerinde sesin yutulma oranı gürültü denetimi açısından başarısını gösterir. Dolayısıyla malzemenin ses yutma katsayısının yüksek olması demek o malzemenin ses iletim katsayısının az olması demektir ve ses yutum başarısını gösterir.

Ses iletim kaybı dB ile gösterilir ve denklem 1’deki formüle göre hesaplanır;

$$\text{denklem 1: } TL=10\log\frac{1}{\alpha}$$

Bir malzemenin ses iletim katsayısının küçük olması dolayısıyla ses iletim kaybının büyük olması istenir. Formüldeki “TL” ifadesi de geçiş kaybı anlamında gösterilmektedir. Ayrıca ağırlığı ve öz kütlesi bilinen ve sadece tek bir hammadeden oluşan cisimlerde oluşacak ses geçiş kaybı ortalama olarak hesaplanabilir ve denklem 2’deki formülle gösterilir;

$$\text{denklem 2: } R(TL)=7.6+20 \log m \text{ (-dB)}$$

Buradaki “m” ifadesi cismin 1 metrekaresinin ağırlığıdır. Cisimlerin 1 metrekare yüzeye sahip bir parçasının ağırlığı cismin kalınlığına göre değişeceği için cismin kalınlığı da hesaba katılmaktadır. Dolayısıyla ölçüm ve karşılaştırma yapılan malzemelerin kalınlıkları bilinmesi gerekmektedir.

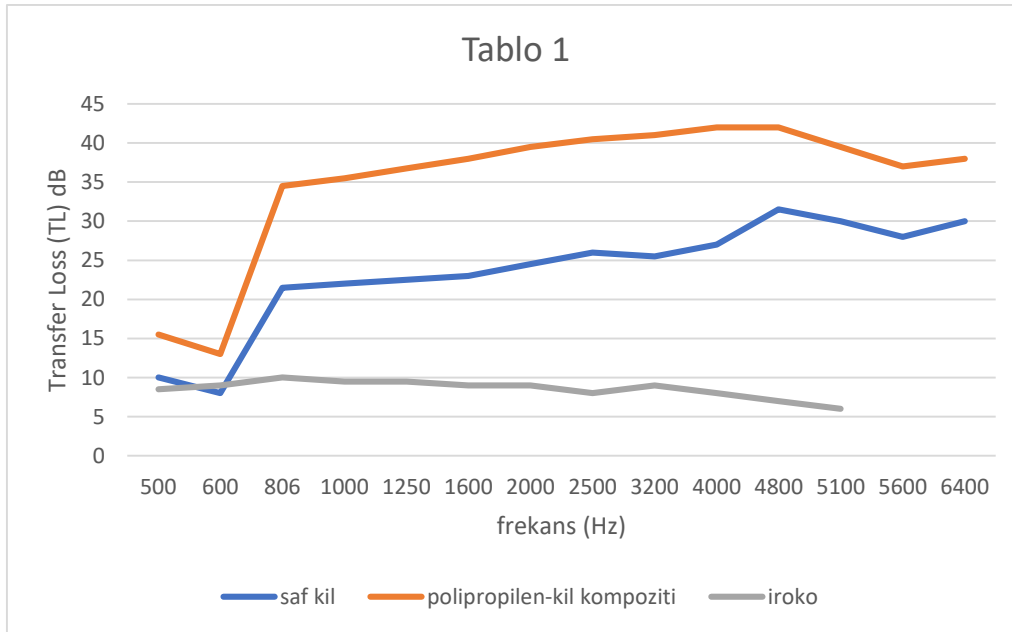
Empedans tüpünde cisimlerin farklı frekans aralıkları için 10cm ve 2,9cm çapında olmak üzere iki çeşit numuneleri kullanılmaktadır. Böylece empedans tüpüne yerleştirilen tüm farklı malzeme numunelerinin yüzey alanları birbirine eşit fakat kalınlıkları farklı tutulabilmektedir. Özgül kütlesi bilinen malzemeler için test numunesindeki kalınlığına göre farklı kalınlıklardaki davranışları hesap edilebilir. Fakat bu çalışmada karışım olarak hazırlanan ve kompozit olarak hazırlanan malzemeler de ele alındığı için bizzat aynı kalınlıklardaki numunelerle yapılan ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır.

Strüktürel Yapısı Olan Doğal Hammaddeli Yapı Malzemeleri

Yapılarda duvarların ve taşıyıcı elemanların yapımında çoğunlukla tuğla, beton gibi basınca dayanıklı sert malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemelerin yerine kullanılacak ürünlerin de taşıyıcı özelliğe sahip olup üzerlerine başka çeşit malzemeler de uygulanabilir olması gerekmektedir. Dolayısıyla bu ihtiyaçları karşılayıp doğal olan malzemeler karşımıza killi toprak veya kerpiç türevi doğal duvar malzemesi ve ahşap ürünleri olarak çıkmaktadır. Maksimum seviyede doğal malzeme içeren bir yapı kesiti oluşturmak için kile ve/veya ahşaba ihtiyaç olacaktır.

Yan ve diğ. (2014) de saf kil üzerinde ve kile polipropilen karıştırarak yaptığı ölçümlerde bu ürünlerin ses yutum değerlerini (Tablo 1) elde etmiştir. Bunun yanı sıra Altınok ve diğ. (2012) de yaptıkları çalışmada iroko üzerinde akustik ölçümler ve denemeler yaparak gürültü yutum değerlerini sunmuşlardır. Karşılaştırılması Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: 3mm Saf kil (Yan ve diğ. 2014), 3mm polipropilen-kil kompoziti (Yan ve diğ. 2014), 6mm iroko (Altınok ve diğ. 2012)



Empedans tüpündeki 3mm kalınlığında saf kilin (Yan ve diğ., 2014) düşük frekanslardan konuşma sesi seviyesine ilerledikçe yutma özelliği artmaktadır. Eğer kil ile polipropilen ağırlıklarına göre %90-10 oranında karıştırılırsa ses yutum özelliği yaklaşık 15dB artmaktadır. 6mm iroko panel (Altınok ve diğ. 2012) ise daha kalın olmasına rağmen ses yutum özelliği açısından çok daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Yine de statik güvenliğin sağlanması amacıyla ahşap türevleri ve kil karışımları bir arada kullanılması daha elverişli olacaktır.

Yapısal bütünlüğü sağlayan bu masif katmanların dışında bu malzemelerin yetersiz olduğu frekansları yutmak için ek katmanlar tercih edilmelidir. Bu Katmanlar nispeten daha hafif ve doğrudan yüzeye veya ara katmanlara kolaylıkla uygulanabilir olan malzemeler olup örneklerine 3.3.2’de yer verilmiştir.

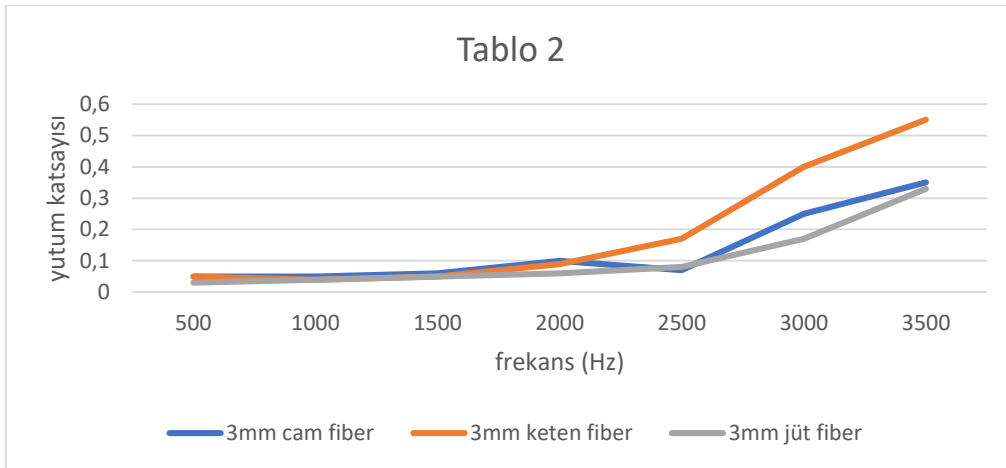
Strüktürel Yapısı Olmayan Doğal Hammaddeli Malzemeler

Çeşitli doğal malzemelerin gürültü yutum özelliklerinin karşılaştırılmasında yapılan ölçümlerin doğru değerlendirilebilmesi için karşılaştırılan malzemelerin aynı kalınlıkta olması yeğdir. Bu sebeple bu başlık altındaki karşılaştırmalar aynı kalınlıktaki malzemeler arasında yapılmıştır. Malzemelerin ses yutum noktasında başarılarıyla ses iletim katsayıları (α) ters orantılıdır. Bu katsayılar ölçüm sonuçları hakkında daha kolay fikir sahibi olmamızı sağlamaktadır. Çünkü malzemelerin farklı kalınlıktaki örnekleriyle karşılaştırmak da kolaylaşmaktadır.

Bu aşamada ele alınan ürünler daha çok; yüzeylere veya ara katmanlara ek olarak uygulandığı için hafiflikleri, esneklikleri gibi pratik yönleri tercih sebebidir. Değerlendirmelere de en ince kesitli örneklerden başlanarak gösterilecektir.

Selver’in 2019’da yaptığı çalışmada (Selver, 2019) cam, keten ve fiberlerinin ölçümleri Tablo 2’de gösterilmektedir. Düşük frekanslarda benzer değerler vererek başarılı sonuçlar verseler de frekans değeri yükseldikçe davranışları farklılaşmaktadır. Cam fiberinin lineer olmayan hareketi homojen spektrum ses kontrolleri bazında zorluk oluşturabileceğini göstermektedir. Frekansın yükseldiği seviyelerde verimin en çok arttığı ürün keten olmaktadır.

Tablo 2: 3mm cam fiber (Selver, 2019), 3mm keten fiber (Selver, 2019), 3mm jüt fiber (Selver, 2019).

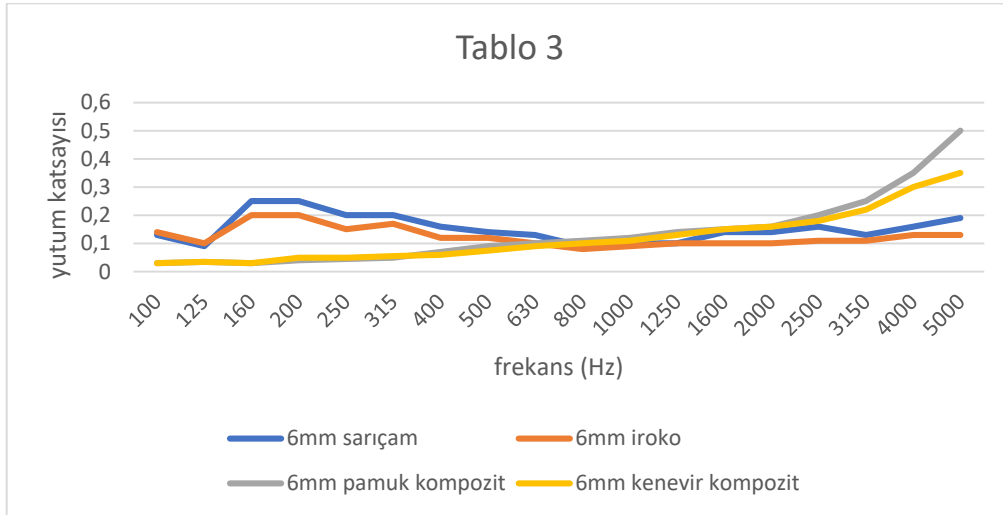


Tablo 2’deki ürünler tamamen doğal hammaddeden elde edildikleri için motivasyonu sürdürülebilirlik olan yapılarda özellikle 3500 Hz seslerin yutumu amacıyla rahatlıkla kullanılabilir olduğu görülmektedir. Ayrıca bu malzemeler kalınlıkları fark etmeksizin örtü şeklinde yüzeye kaplanabilecekleri gibi özellikle tutucu fiber malzeme olarak kil veya kompozit malzeme karışımlarında kullanılarak yüksek verim elde edilebilir.

İnce ama düz yüzeyli doğal malzeme çeşitleri aranırsa karşımıza ağaç ve kompozit ürünler çıkmaktadır. Tablo 3’te yer verilen 6mm kalınlığındaki sarıçam, iroko, pamuk kompoziti ve kenevir kompoziti örnek olarak ele alınmıştır.

Tablo 3’te Altınok ve diğ. (2012) çalışması ile Sezgin ve diğ. (2022) çalışması bir arada verilmiş olup aynı kalınlıktaki farklı çeşit malzemelerin karşılaştırılması imkânı sunulmuştur.

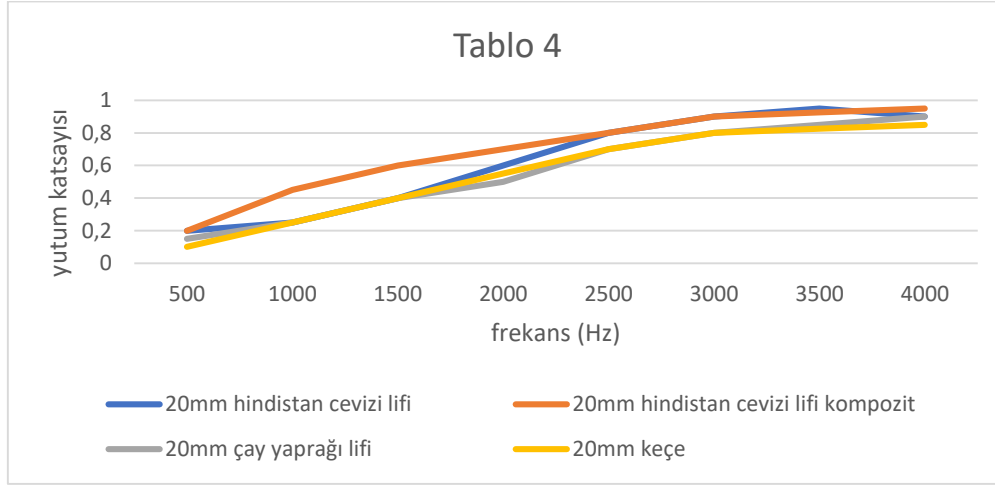
Tablo 3: 6mm sarıçam (Altınok ve diğ. 2012), 6mm iroko (Altınok ve diğ. 2012), 6mm pamuk kompozit (Sezgin ve diğ. 2022), 6mm kenevir kompozit (Sezgin ve diğ. 2022).



Ağaç ürünlerin kompozit ürünlere nazaran bas frekanslarda ses yutumu açısından daha yeterli olduğu görülmekte olup bu durum frekans yükseldikçe tersine dönmektedir. Fakat her dört ürün de 5000 Hz seviyesinde farkları olsa da yutuculukları önemli oranda yükselmektedir.

İnce yüzey malzemeleri dışında daha çok ara katman olarak yapılarda kullanılması amaçlanan ve verimleri daha fazla olması amaçlandığı için daha ağır ve daha kalın üretilen malzemelere örnekler Tablo 4’te verilmiştir. Bu tablodaki gösterim Kaya ve diğ. (2017) çalışmasından ve Ersoy (2007) çalışmasından görülerek hazırlanmıştır. 20mm kalınlıktaki bu malzemeler oldukça benzer ses yutum davranışı göstermektedir.

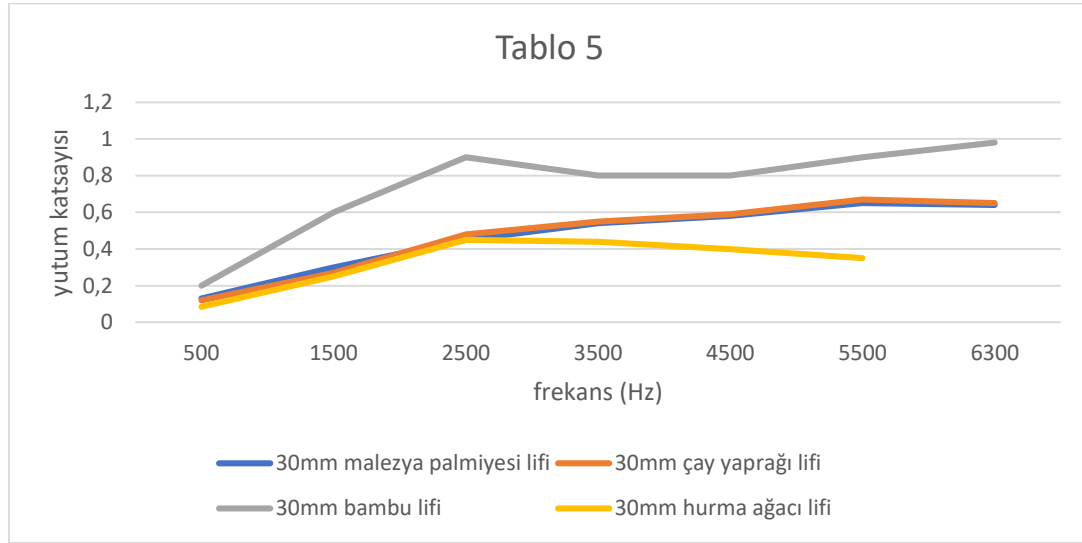
Tablo 4: 20mm Hindistan cevizi lifi (Kaya ve diğ. 2017), 20mm Hindistan cevizi polipropilen kompoziti (Ersoy, 2007) 20mm çay yaprağı lifi (Kaya ve diğ. 2017), 20mm keçe (Ersoy, 2007).



Fiziksel olarak da çok benzer olan hindistan cevizi lifi, çay yaprağı lifi ve keçe düşük frekanslarda zayıf iken kompozit malzemenin farkı bu noktada ortaya çıkmaktadır. 1000-1500 Hz aralığında kompozit malzemenin ses yutum katsayısının fazla olması dikkat çekmektedir. Lif yapısındaki çoğu doğal malzeme gibi burada da frekans yükseldikçe kat sayı da artmaktadır (Elwaleed, (2014).

Bir Farklı karşılaştırma da 30mm kalınlığa sahip palmye, bambu, çay yaprağı ve hurma ağacı lifleri ile örneklendirilmektedir. Keskin'in 2021'deki (Keskin, 2021) çalışmasında gösterdiği malezya palmyesi, çay yaprağı lifi ve bambu lifi örnekleriyle birlikte Elwaleed'in (2014) çalışmasındaki hurma ağacı lifi Tablo 2'de birlikte incelenmiştir.

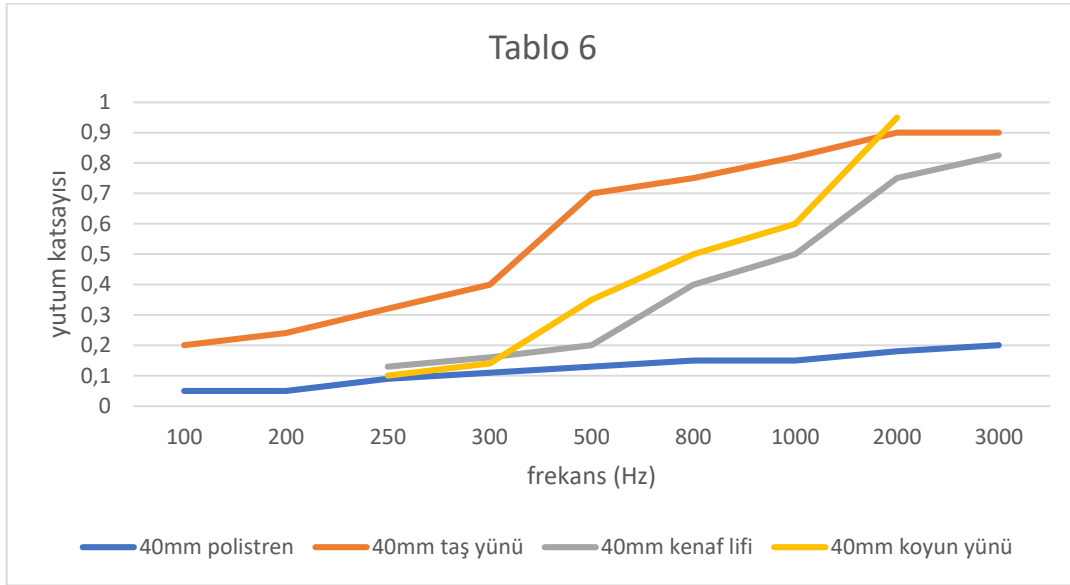
Tablo 5: 30mm Malezya palmyesi (Keskin, 2021), 30mm çay lifi (Keskin, 2021), 30mm bambu lifi (Keskin, 2021), 30mm hurma ağacı (Elwaleed, (2014).



Bambu lifinin bariz gösterdiği davranış farkı göze çarpmaktadır. Hurma ağacı lifinin grafik şekli olarak çoğu organik lifli ürünün test grafiklerine benzese de hurma ağacı lifinin frekans yükseldiğinde gösterdiği ses yutum başarısı dikkat çekmektedir. 30mm kalınlığında bir yapı malzemesi bu grafiğe bakılarak ihtiyaç duyulan spektrum rengine göre tercih edilebilir.

Yapılarda en çok C profiller arasında kullanılmasıyla bilinen 40mm kalınlıktaki polistren köpük, taş yünü ile birlikte bunlara organik alternatif olarak kenaf lifi ve koyun yünü örnek olarak gösterilmektedir. Polistren ve taş yünü ses yutum katsayısı değerleri Asdrubali (2006) tarafından ölçümlenmiş olup, kenaf lifi ve koyun yünü ses yutum katsayısı değerleri Kaya ve diğ. 2017'deki (Kaya ve diğ. 2017) çalışmasında görülmüştür.

Tablo 6: 40mm polistren (Asdrubali, 2006), 40mm taş yünü (Asdrubali, 2006), 40mm kenaf lifi (Kaya ve diğ. 2017), 40mm koyun yünü (Kaya ve diğ. 2017)



Yaygın olarak kullanılan taş yününün yutum katsayısı lineer olmamakla birlikte frekans yükseldikçe kat sayı yükselmektedir. Kenaf lifi ve koyun yününün özellikle 3000 Hz'e yaklaştıkça polistrenden uzaklaşarak taş yünü il yakın seviyelerde ses yutum katsayısı göstermesi bu frekanstaki seslerin yutulmasında taş yününün yerine kullanılabileceğini göstermektedir.

Sonuçlar ve Öneriler

Yapı sektörü zaman geçtikçe taleplere göre farklı türde yapılar üretilmesine ve daha gelişmiş malzemelerin kullanılmasına evrilmektedir. Salgın hastalıklar ve kentlerin konfor yoksunluğu kullanıcıları daha bireysel ve müstakil yapılarda yaşamaya yönlendirmektedir. Bu tür yapılaşmalar doğal hammaddeli yapı malzemelerinin kullanımına daha çok imkan sağlamaktadır. Aynı zamanda çevre bilincinin gelişmesi de hem kullanıcıların hem de üreticilerin daha çevreci ve daha sürdürülebilir yapı malzemelerine yönelmesine sebep olmaktadır. Bu malzemelerin hem gürültü konforunu sağlaması hem de insan sağlığına zararlarının minimize edilmesi beklenmektedir. Doğal hammaddeli yapı malzemeleri çağın getirdiği taleplere karşılık verebileceği aşikardır.

Bu çalışma kapsamında yapılarda kullanılabilecek olduğumuz bazı doğal hammaddeli yapı malzemelerinin gürültü kontrolündeki rollerinin incelenmesi yapılmıştır. Doğal hammaddeli yapı malzemesi arayışında bulunabilecek malzeme çeşidinin çok fazla olabileceği görülmüştür.

Doğal hammaddeli yapı malzemesi çeşitliliği beraberinde ses yutum spektrumu çeşitliliğiyle karşımıza çıkmaktadır. Farklı malzemelerin farklı frekanslardaki ses yutumlarının farklı olması problem hissedilen frekanslara yönelik uygun malzeme seçiminde kolaylık sağlamaktadır.

Bir yapı elemanını tamamen doğal hammaddeli yapı malzemesinden üretmek mümkünken içerisine farklı içerikler karıştırılarak ses yutum spektrumu ve fiziksel yapısı farklı olan yeni ürünler de elde edilebildiği gibi cidarlar oluşturularak birden fazla malzemeyi bir arada kullanarak istenilen gürültü denetimi başarıyla sağlanabilmektedir.

Sonuç olarak sürdürülebilir yapı malzemelerine olan akustik ihtiyacın doğru karşılanabilmesi için bu nevi çalışmaların çoğalması ve ses yutum katsayısı ölçümlerinin sayısının çoğalması hem üretici ve kullanıcıların bu tür malzemeleri tercih ederek gelecekte ortaya çıkacak olan büyük çevresel geri dönüşüm maliyetlerinin önüne geçmelerine hem de literatürün genişletilerek akustik biliminin gelişmesi sağlanacaktır.

Kaynakça

Altınok, M. & Ayan, S. (2012). Lamine Panellerde Ses Yutma Katsayısı Değerlerinin Belirlenmesi Politeknik Dergisi, 15 (3), 117-125. Retrieved From <https://Dergipark.Org.Tr/Tr/Pub/Politeknik/Issue/33063/367953>

Asdrubali F. (2006) “Survey On The Acoustical Properties Of New Sustainable Materials For Noise Control” Euronoise 2006

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. (2007). Endüstriyel Çay – Yaprak – Fiber Atıklarının Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 201646

Karaca Uğural, B. (2021). Gürültü Bariyeri İçin Çevre Dostu Alternatif: Doğal Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemeler. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (32), 1006-1010.

Kaya, A. İ. & Dalgar, T. (2017). Ses Yalıtımı Açısından Doğal Liflerin Akustik Özellikleri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Özel Sayı 1 (2017) , 25-37. Retrieved From <https://Dergipark.Org.Tr/Tr/Pub/Makufebed/Issue/29469/315818>

Keskin O. (2021) Doğal Lifli Kompozitlerin Ses Yutma Performanslarının Belirlenmesinde Laboratuvar Çalışması ve Yapay Zekâ Yaklaşımı: Su Kabağı Lifleri-Epoksi Kompoziti Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi □ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü 674793

Lamba, P., Kaur, D. P., Raj, S., & Sorout, J. (2022). Recycling/reuse of plastic waste as construction material for sustainable development: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(57), 86156-86179.

Nyika, J., & Dinka, M. (2022). Recycling plastic waste materials for building and construction Materials: A minireview. *Materials Today: Proceedings*, 62, 3257-3262.

Selver E. (2019) “Acoustic Properties Of Hybrid Glass/Flax And Glass/Jute Composites Consisting Of Different Stacking Sequences” *Tekstil Ve Mühendis*, 26: 113, 42-51.

Sezgin, H., Duru, S. C. & Candan, C. (2022). Evaluation Of Acoustic Performance Of Hemp And Cotton Fiber Reinforced Thermoplastic Composites . *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 27 (1) 151-162. Doi: 10.17482/Uumfd.925486

Uzundağ, U. Ve Tandoğan, O. (2013). Malzemelerin Akustik Performans Testleri Raporu. İstanbul: Novasim Mühendislik Raporu.

Yan J., Kim M. S., Kang K. M., Joo K. H., Kang Y. J., Ahn S. H. (2014) “Evaluation Of PP/Clay Composites As Soundproofing Material” *Polymers & Polymer Composites*, (22)