

**10.Ulusal Akustik Kongresi**  
**Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu, İstanbul**  
**16-17 Aralık 2013**

**YEREL VE DOĞAL MALZEMELERLE DÜZ YÜZEYLİ, EKOLOJİK VE DELİKSİZ**  
**SES YUTUCU BİR MALZEME GELİŞTİRİLMESİ**

**Seda (KARABULUT) AVGIN<sup>1</sup>, Mehmet ÇALIŞKAN<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Orta Doğu Teknik Üniversitesi; MEZZO Stüdyo Ltd, Ankara, Türkiye**

Tel: 312 210 14 26, e-posta: [seda@mezzostudio.com](mailto:seda@mezzostudio.com)

**<sup>2</sup>Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye**

Tel: 312 210 25 72, e-posta: [caliskan@metu.edu.tr](mailto:caliskan@metu.edu.tr)

**ÖZET**

Sağlıklı, sürdürülebilir ve ekolojik yapı tasarımı programları ülkemizde de son yıllarda benimsenmiş ve LEED, BREAM gibi uluslararası standartlar inşaat sektöründe uygulanmaya başlanmıştır. Akustik konfor koşullarının sağlanması sürdürülebilir ve sağlıklı yaşam alanlarının oluşturulması için önemli kriterlerden biridir. Ülkemizde akustik önlemler için kullanılan malzemeler genel olarak sentetik lifler ve bu liflerle desteklenen delikli alçı, ahşap ve metallere oluşmaktadır. Sentetik lifler, yüksek enerji kullanımı ile üretilmeleri ve iç hava kalitesi açısından olumsuz etkileri olmakla birlikte mimarlar tarafından estetik kaygı sebebiyle tercih edilmemektedir. Bu makalenin konusu, yerel ve doğal malzemelerle geliştirilmekte olan düz yüzeyli ses yutucu bir malzemedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mimari Akustik, Ses Yutucu Malzeme, Ekolojik Malzeme

***DEVELOPMENT OF AN ECOLOGICAL, SMOOTH SOUND ABSORPTIVE***  
***MATERIAL MADE OF LOCAL AND NATURAL MATERIALS***

***ABSTRACT***

Sustainable construction certification programs such as LEED and BREAM has been adopted in Turkey in last years and energy efficient design and construction principles have been used in construction industry. Requirements for acoustical comfort conditions are one of the criteria for healthy and sustainable indoor environment. The materials that are used for acoustical precautions are generally synthetic fibers and perforated materials that are supported with this kind of materials. Synthetic fibers are manufactured with high energy consumption and decrease the indoor air quality. Besides, they are not preferred by architects because of aesthetical reasons. The topic of this article is development of a sound absorptive material that is made of local and natural materials that is ecologic, economic and smooth.

**Keywords:** Room Acoustics, Sound Absorptive Material, Ecologic Material

## 1. GİRİŞ

Sürdürülebilirlik ve ekolojik tasarım konuları son zamanlarda inşaat sektöründe araştırılan ve uygulanan en önemli konular arasında yer almaktadır. Yeşil bina tasarım standartlarına göre sertifika veren LEED, BREAM gibi uluslararası düzeyde kabul görmüş sertifika programları ülkemizde de uygulanmakta ve doğaya daha az zarar veren, enerji korunumu yüksek, sağlıklı yapılar hızla çoğalmaktadır.

Sürdürülebilir ve sağlıklı yaşam koşullarını sağlayan ortamlar tasarlanırken dikkat edilmesi gereken kriterlerden biri de akustik konfor şartlarıdır. Bina ve çevresel akustik konfor şartlarını içeren kriterler her ne kadar yeşil bina sertifika programlarında yer alsada bu programlarda ön plana çıkan doğal aydınlatma ve havalandırma gibi kriterler, akustik gereklilikler dikkate alınmadan uygulandığında geleneksel yapılardan daha çok akustik problemlerle yaratmaktadır. Diğer yandan ülkemizde yaygın olarak kullanılmakta olan ses yutucu ve ses yalıtımı amaçlı malzemeler taş yünü ve cam yünü gibi hem yüksek enerji harcanarak üretilen hem de iç ortam kalitesini düşüren mineral yünü malzemelerden ya da bu ürünlerle desteklenen delikli alçı, ahşap, metal gibi malzemelerden oluşmaktadır. Mimarların iç ortamlardaki tercihleri ise genel olarak modern mimari tasarım yönelimi olan düz yüzeyli ve pürüzsüz bitirme malzemesidir.

Bu çalışmanın amacı, yerel malzemelerden üretilen, doğal, düz yüzeyli, ekonomik ve ekolojik ses yutucu bir malzeme üretmek ve ülkemizde kullanılan ses yutucu malzemelere, sağlıklı yaşam koşullarını sağlayabilen alternatif bir ürün geliştirmektir. Araştırmada kullanılan malzemeler, ülkemizde oldukça fazla rezervi olan ve gözenekli moleküler yapısı sayesinde ses yutuculuk özelliklerinin oldukça iyi olduğu bilinen ponza taşı, nehir ve göl kenarlarında yetişen, her sene yenilenebilen ve ülkemizde her sene büyük bir oranda ABD'ye ihraç edilen [1] saz bitkisi ve ponzanın bağlayıcısı olarak yüksek enerji kullanılarak üretilen ve ülkemizde inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan çimentoya alternatif olarak, tarihi yapılarda oldukça fazla kullanılmış olan nefes alan yapısı ile ses geçirgenlik özelliği iyi olan kireçtir.

## 2. MALZEMELER

### 2.1. Saz Bitkisi



Şekil 1. Saz Bitkisi

Saz bitkisi, ülkemizde dere, nehir ve göl kenarlarında oldukça fazla yetişen, genel olarak süs eşyası yapımında ve kırsal kesimde çatı malzemesi olarak kullanılan, büyük oranda işlenmemiş olarak ABD'ye ihraç edilen doğal bir malzemedir [1]. Saz bitkisi görseli Şekil 1'de verilmiştir. Saz bitkisi her sene kendini yenileyebilmesi ve sadece yenilenebilir enerji ile

üretilmesi sebebiyle “Rapidly Renewable” yani sürdürülebilir özellikte bir bitkidir. Ayrıca saz bitkisi bakteri oluşumlarına ve neme dirençli bir bitkidir. Saz bitkisinin tüp içinde tüp yapısı akustik açıdan oldukça avantajlı bir oluşumdur. Saz bitkisinin ses yutuculuk özellikleri ile ilgili yapılan araştırmalarda [2,3,4,5] ses yutma performansının oldukça iyi olduğu anlaşılmıştır.

Bu çalışmada saz bitkisi inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan taş yünü ve cam yünü gibi mineral yünü malzemelere alternatif ekolojik bir ses yutucu malzeme olarak kullanılmıştır. Saz bitkisi örnekleri ODTÜ kampüsü içerisinde bulunan sazlık alanlardan temin edilmiştir. Saz bitkisi düz yüzeyli ponza sıva katmanlarının arkasına uygulanarak ses yutuculuk özelliğinden faydalanılmıştır.

## 2.2. Ponza



**Şekil 2. Ponza Taşı ve Ponza Tozu**

Ponza taşı gözenekli, hafif, yalıtım performansı yüksek, dış hava koşullarına dayanıklı puzzolanik ve volkanik bir taştır. Ponza taşı göresli Şekil 2’de verilmiştir. Ponza taşı asırlardır inşaat sektöründe yoğun olarak kullanılan ve ses yutuculuk özelliklerinin oldukça iyi olduğu bilinen bir malzemedir. dünya ponza taşı rezervlerinin yaklaşık %40’ı Türkiye’de, özellikle Bitlis ve Nevşehir çevresinde bulunmaktadır [6]. Bazik ve asidik olarak iki çeşidi bulunmaktadır. Asidik ponzanın yapısında bulunan SO<sub>2</sub> (Sülfür dioksit) miktarı daha fazla olduğundan puzzalonik reaksiyon özelliği daha yüksektir, bu sebeple inşaat sektöründe kullanım için daha uygundur[6].

Bu çalışmada kullanılan ponza sıva katmanları Nevşehir çevresinden alınan asidik ponza örnekleriyle üretilmiştir. Ponza üst katmanında 0-0.5mm çapında ponza tozu kullanılırken alt katmanda işlenmemiş ponza taşı ve 0.5-2mm kalınlıkta ince tanecikli ponza taşı ayrı ayrı test edilmiştir.

## 2.3. Kireç



**Şekil 3. Kireç**

Ses yutucu bir malzeme için gözenekliliği etkileyen bağlayıcı oldukça önemli bir unsurdur. Türkiye’de inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan çimento ve alçı gibi malzemelerin

gözenekliliği düşük olduğundan ses geçirgenlik özellikleri de düşüktür. Ayrıca çimento üretimi aşamasında yüksek ısı kullanılması sebebiyle karbon ayak izi yüksek bir malzemedir. Bu çalışmada çimento ve alçıya alternatif olarak asırlardır ülkemizde ve dünyada bağlayıcı olarak kullanılmış ancak çimento, alçı gibi statik açıdan daha dayanıklı malzemelerin üretilmeye başlamasıyla inşaat sektöründe kullanımı azalmış olan kireç kullanılmıştır. Kireç taşı görseli Şekil 3'te verilmiştir. Kireç ise daha düşük enerji kullanılarak üretilen bir malzemedir. Kireç, nefes alan yapısıyla iç ortamdaki CO<sub>2</sub>'yi bünyesine alarak iç ortam hava kalitesini yükseltirken aynı zamanda üretimi aşamasında açığa çıkan CO<sub>2</sub>'yi kullanım aşamasında bünyesine geri aldığı için ekolojik bir malzeme olarak nitelendirilebilir. Ayrıca yapılan bir araştırmada [7] kenevir katkısı kullanılarak ekolojik bir beton geliştirilmesi çalışmasında bağlayıcı olarak kullanılan kireç ve çimentonun malzemenin ses yutuculuk özelliklerine etkisi araştırılmış ve kireç kullanılan karışımın ses yutuculuk özelliklerinin daha iyi olduğu anlaşılmıştır.

### 3. METOD



**Şekil 4. Kundt (Empedans) Tüpü**

Malzemelerin ses yutuculuk özellikleri yaygın olarak uluslararası standartları olan çınlama odaları ve empedans tüpü ölçüm yöntemleriyle belirlenmektedir. Bu çalışmada empedans tüpü yöntemi ISO 10534-2 standardına uygun olarak uygulanmış ve sonuçlar alınmıştır. Kundt (Empedans Tüpü) görselleri Şekil 4'te verilmiştir. Empedans tüpü ölçüm yönteminde düşük frekanslardaki (50 Hz- 1200 Hz) ses yutuculuk özelliklerini belirleyen 100 çapında S.C.S.9020B tüpü ve yüksek frekanslardaki (800 Hz- 6300 Hz) ses yutuculuk özelliklerini belirleyen 28mm çapında S.C.S.9020B empedans tüpü kullanılmış ve sonuçlar 01dB-dB4 AREVA yazılımında birleştirilerek 125 Hz ve 5000 Hz aralığında ses yutma katsayıları belirlenmiştir. Bu amaçla malzeme örnekleri 100 mm ve 28 mm çapında ayrı ayrı hazırlanarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

#### 4. MALZEME KATMANLAŞMASI

Bu çalışmada öncelikle seçilen malzemelerle oluşturulan katmanlaşmanın akustik performansı araştırılmış, alınan sonuçlar incelenerek ikinci aşamada katmanlarda revizyonlar yapılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

##### 4.1. Aşama 1 Malzeme Katmanlaşması



Şekil 5. Saz bitkisi, ponza sıva üst katmanı, ponza alt katmanı

Çalışmanın ilk aşamasında seçilen malzemelerle oluşturulan katmanlaşmanın ses yutuculuk performansı araştırılmıştır. Katmanların görselleri Şekil 5’te verilmiştir. Ponza sıva katmanları oluşturulduktan sonra üç gün oda sıcaklığında kurutulmuş, 20 °C oda sıcaklığında %35 nem şartlarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Öncelikle 40mm saz katmanının üzerine işlenmemiş ponza taşlarından oluşan 7mm kalınlıktaki katman uygulanmış ve en üst ve düz yüzeyli katman olarak ponza tozu ve kireç karışımından oluşan 3mm kalınlıkta sıva uygulanmıştır. Bu katmanlaşmanın ses yutuculuk özelliklerinin malzemenin ses yutucu bir malzeme olarak tanımlanması için yetersiz olduğu anlaşılmış ve orta kısımda bulunan ponza taşı katmanı kaldırılarak sadece saz katmanı ve 3mm kalınlıkta ponza sıva katmanı ile ölçümler tekrarlanmıştır. Yapılan ölçümlerin sonucunda malzemelerin bu şekilde yüksek ses yutuculuk özellikleri gösterdiği görülmüştür. Ancak ponza katmanı 3mm lik ince bir zar olarak uygulandığı için inşaat sektöründe uygulanabilecek bir kalınlıkta olmadığı ve bu katmanlaşmanın ancak deneysel olarak oluşabileceği değerlendirilmiştir. Diğer yandan ponza ile saz bitkisi katmanları arasında bir bağlayıcı olmamasının olumsuz etkisi anlaşılmıştır.

##### 4.2. Aşama 2 Malzeme Katmanlaşması



Şekil 6. Saz bitkisi, sıva teli ve sıva katmanları

İkinci aşamada saz katmanı daha büyük çaplı sazlarla oluşturulmuş, üzerine sıva teli serilerek 0.5-2mm çapında ponza taşından oluşan 4mm kalınlıkta ilk aşamaya göre daha ince tanecikli

bir ponza katmanı yerleştirilmiş ve en üst katman yine düz yüzey özelliği gösteren ponza tozu ile üretilmiştir. Katmanların görselleri Şekil 6’te verilmiştir. Saz bitkisi katmanı üzerine uygulanan ara ponza katmanı 3 gün oda sıcaklığında bekletilerek kurutulmuş ve son kat ponza katmanı uygulanmıştır. Ortalama 22 °C oda sıcaklığında %35 nem şartlarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda bu aşamadaki 3 katmanlı yapının ses yutuculuk özelliklerinin oldukça iyi olduğu anlaşılmıştır. Sıvaların karakteristik özelliklerinin 28 günde belirlendiği göz önünde bulundurularak 3 katmanlı yapının zaman içindeki ses yutuculuk performansının değişimi farklı zamanlarda yapılan ölçümler ile gözlemlenmiştir.

## 5. SONUÇLAR

### 5.1. Aşama 1 sonuçları

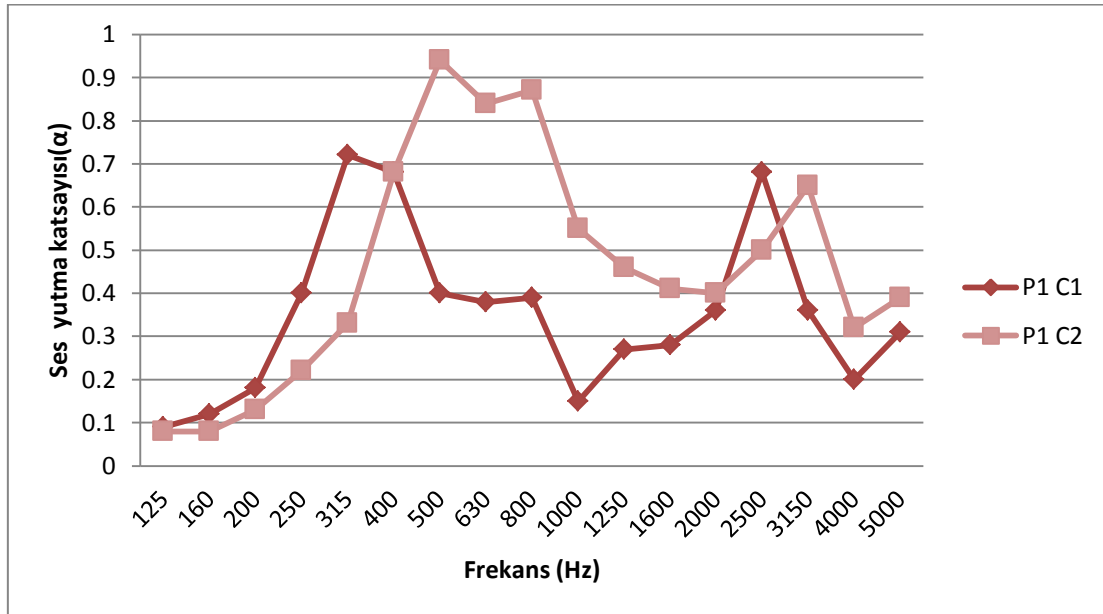
Birinci aşamada kullanılan ponza taşı katmanları aşağıda verilmiştir. Malzeme katmanlaşması ses yutma katsayısı ölçüm sonuçları Şekil 7’de verilmiştir.

#### *P1 C1:*

Üst katman: 0-0.5 mm ponza tozu ve kireç karışımı (3mm) (Ponza:Kireç:2:1 ağırlık)  
Orta katman: 3-7 mm çapında işlenmemiş ponza katmanı (7mm) (Ponza:Kireç:2:1 ağırlık)  
Alt Katman: 2-5 mm çapında saz katmanı (40mm)

#### *P1 C2:*

Üst katman: 0-0.5 mm ponza tozu ve kireç karışımı (3mm) (Ponza:Kireç:2:1 ağırlık)  
Alt Katman: 2-5 mm çapında saz katmanı (40mm)



Şekil 7. Birinci aşama ses yutma katsayısı ölçüm sonuçları

Birinci aşama test sonuçları incelendiğinde üç katmanlı yapının düşük frekanslardaki performansı iyi olsa da orta frekanslardaki ses yutuculuk özelliklerinin malzemenin ses

yutucu malzeme olarak tanımlanabilmesi için yetersiz olduğu anlaşılmıştır. Orta katman çıkarılarak yapılan ikinci ölçüm sonucunda iki katmanlı yapının özellikle orta frekanslardaki ses yutuculuk özelliklerinin oldukça iyi olduğu görülmüştür. Ancak ponza düz yüzeyli üst katmanının 3 mm'lik ince bir katman olması sebebiyle bu katmanlaşmanın ancak deneysel olarak oluşturulabileceği, pratikte uygulanmasının mümkün olmayacağı değerlendirilmiştir.

## 5.2. Aşama 2 sonuçları

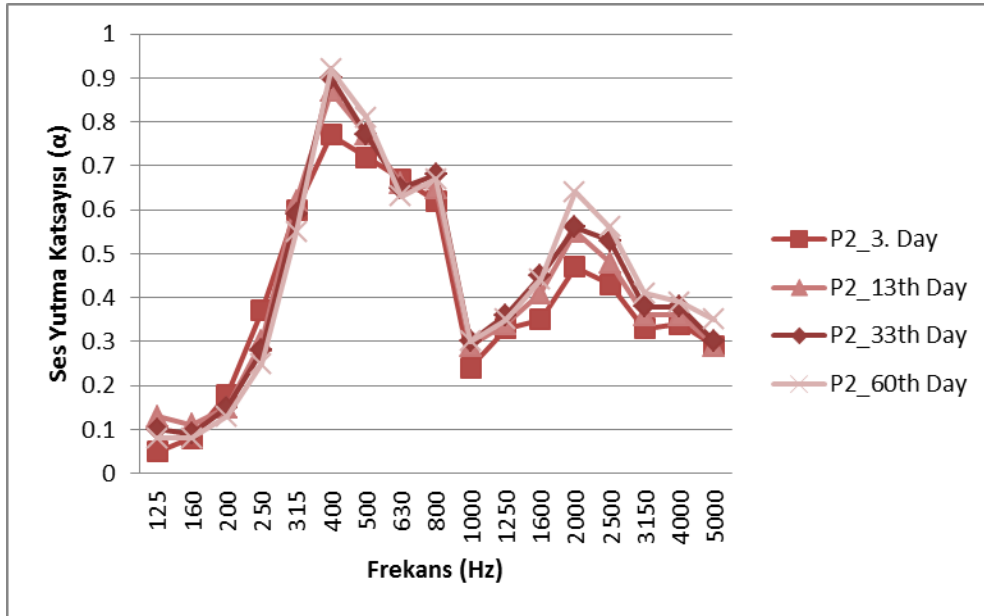
İkinci aşamada kullanılan ponza taşı katmanları aşağıda verilmiştir. Farklı günlerde tekrarlanan ölçümlerle ponza sıva katmanlarının ses geçirgenlik özelliklerinin zaman içindeki değişiminin gözlemlendiği ölçüm sonuçları Şekil 8'de verilmiştir.

### P2

Üst katman: 0-0.5 mm ponza tozu ve kireç karışımı (3mm) (Ponza:Kireç:2:1 ağırlık)

Orta katman: 0.5 mm- 2 mm çapında ponza katmanı (4mm) (Ponza:Kireç:2:1 ağırlık)

Alt Katman: 4-7 mm çapında saz katmanı (40mm)

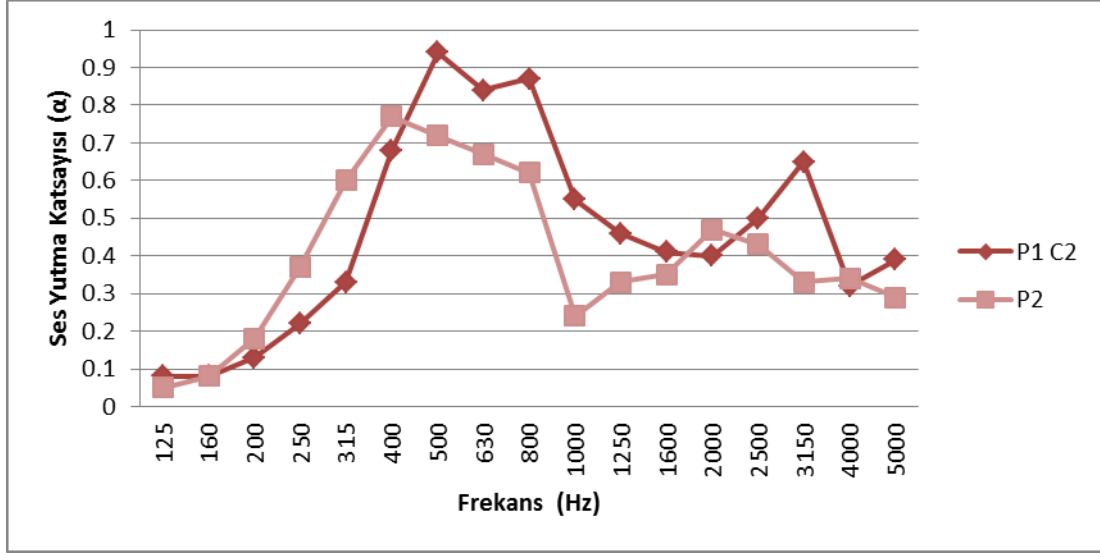


Şekil 8. İkinci aşama ölçüm sonuçları

İkinci aşama ölçüm sonuçları incelendiğinde malzemelerin özellikle düşük ve orta frekanslarda yüksek ses yutuculuk özellikleri gösterdiği ancak 1000 Hz'de gerçekleşen ani ses yutuculuk düşüşünün nedenleri araştırılarak çözümlenmesi gerektiği değerlendirilmiştir. Ayrıca malzemelerin ses yutuculuk özelliklerinin frekans bazındaki davranışının değişmediği ve zamanla genel olarak artış gösterdiği anlaşılmıştır.

## 5.3. Aşama 1 Aşama 2 sonuçları karşılaştırması

Birinci aşama ikinci katmanlaşma ve ikinci aşama ses yutma katsayısı ölçüm sonuçları karşılaştırmaları Şekil 9'da verilmiştir.



**Şekil 9. 1. aşama 2. katmanlaşma ve 2. aşama ölçüm sonuçları karşılaştırılması**

Birinci ve ikinci aşama ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında birinci aşama iki katmanlı yapının ikinci aşama katmanlaşmasında daha yüksek ses yutma performansına sahip olduğu anlaşılmıştır. Ancak iki katmanlı yapının uygulanabilir olmaması ve ikinci aşamadaki malzeme katmanlaşmasının oldukça iyi ses yutuculuk özelliği göstermesi ikinci aşama için pozitif bir durum olarak değerlendirilmektedir. Diğer yandan ponza katmanlarının tek ya da çift olmasının konfigurasyonun frekans bazındaki davranışını çok fazla etkilemediği ve her iki katmanlaşmada da iki tepe noktası olduğu gözlemlenmiştir.

## DEĞERLENDİRMELER

Ponza, kireç ve saz bitkisinden oluşan ekolojik ses yutucu malzeme örneklerinin oluşturduğu katmanlı malzemenin umut vaadedilen bir ses yutuculuk performansına sahip olduğu anlaşılmaktadır. Birinci aşamada gerçekleştirilen ölçümlerde işlenmemiş ponza tanecikleriyle oluşturulan katmanın ses yutuculuk performansını olumsuz etkilediği ortaya çıkmıştır. Ancak 3mm kalınlığında bir sıva katmanının da uygulanabilirlik açısından yetersiz olduğu açıktır. İkinci aşamada gerçekleştirilen ölçümlerde ara katmanının daha ince tanecikli ponza örnekleriyle oluşturulması iki katmanlı ponza sıvanın (toplam 7mm) ses geçirgenlik performansının artırılabilirliği anlaşılmıştır. Ponza katmanları ile saz bitkisi katmanı arasına yerleştirilen sıva teli ile katmanlar arasına bağlantı elemanı eklenmiştir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında çift katmanlı ponza sıvanın daha uygulanabilir kalınlıklara ve ses geçirgenlik koşulları araştırılacaktır. Saz bitkisi katmanı farklı çaplardaki saz örnekleriyle oluşturularak malzemenin ses yutuculuğuna etkisi araştırılacaktır. Ekolojik ve yerel malzemelerle geliştirilen katmanlı ses yutucu malzemenin inşaat sektöründe uygulanabilir niteliklere ulaştırılabilmesi amaçlanmaktadır.



## TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmada gerçekleştirilen ölçümlerde kullanılan empedans tüpü ve ek teçhizatı sağlayan ve fikirleyle katkıda bulunan MEZZO Studio ekibine teşekkür ederiz. Ponza örneklerini araştırmamız için temin eden YOLTAŞ A.Ş.'ye teşekkürlerimizi sunarız.

## REFERANSLAR

- [1] Tapan, D. S., Dıvrak, B. B., Ayas, C., İş, G., Beton, D. Çakıroğlu, İ. (2008). Türkiye'deki Ramsar alanları Değerlendirme Raporu, *WWF Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı)*.
- [2] Espada, J. ,Sanchdrian, D.& Saturio, N. , Noise Absorbers Properties of Reed For Using in Fitting Acoustic Enclosures, *Universidad Politecnica de Madrid,ETS deArquitectura,İspanya*.
- [3] Chilekwa,V., Sieffert, G., Egan,C.A. , Oldham, D. (2006). The Acoustical Characterisation of Reed Configurations, *Euronoise 2006,Finlandiya*.
- [4] Díaz, C., Jiménez M., Navacerrada M. Á., Pedrero A.(2012). Acoustic Properties of Reed Panels, *Materiales de Construcción* Vol. 62, 305, 55-66.
- [5] Oldham, D. J., Egan, C.A.& Cookson R.D. (2011) , Sustainable Acoustic Absorbers from the Biomass, *Applied Acoustics* 72, 350-363.
- [6] İter, Osman (2010). Use of Pumice in Mortar and Rendering for Lightweight Building Blocks, Eastern Mediterrenian University, Gazimağusa, KKTC.
- [7] Gle, P., Gourdon, E. & Arnaud, L., (2011). Acoustical Properties of Materials Made of Vegetable Particles with Several Scales of Porosity, *Applied Acoustics* 72, 249-259.