



*Konferans Bildirisi*

# Formsound Akustik Özellikleri

Büşra Bilgen<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Formplast Design Center, Bozüyük, Bilecik, Türkiye

\* Sorumlu Yazar: Tel: (228) 325 40 32, e-posta: busra.y@formplastyalitim.com

(First received September 23, 2023 and in final form December 28, 2023)

3rd International Conference on Design, Research and Development

(RDCONF 2023)

December 13 - 15, 2023

**Reference:** Bilgen, B. Formsound Akustik Özellikleri. Orclever Proceedings of Research and Development,3(1), 432-446.

## Özet

*Bu çalışma Formplast'ın patentli ürünü olan, özel polyester elyaflardan üretilmiş hafif ve yüksek performanslı akustik ürünler serisi Formsound'un ses yutum özelliklerinin iyileştirilmesi için yapılmıştır. Formsound'un akustik özelliklerinin yanı sıra geri dönüştürülmüş elyaftan oluşması ve geri dönüştürülebilir olması en önemli tercih sebeplerindendir. Formsound, beyaz eşya ve otomotiv gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Çalışmada metre kare başına düşen gram ve elyaf kalınlığı parametreleri ele alınmıştır. Bu parametreler arasındaki ilişkinin ses yutum katsayısına olan etkisi incelenmiştir. Analizlerde Formplast bünyesinde bulunan Alfa Kabin kullanılmıştır.*

**Anahtar:** polyester elyaf, alfa kabin, ses yutma katsayısı, sessizleştirici, ses yutma



## Formsound Acoustic Specifications

### Abstract

*This work focused on improving the sound absorption characteristics of Formsound, the patented range of lightweight, high-performance acoustic products made from special polyester fibers. Besides the acoustic properties of Formsound, the fact that it consists of recycled fibers and is recyclable is one of the most important reasons for the choice. Formsound is used in industries such as white goods and automotive. The study focused on grams per square meter and fiber thickness parameters. The effect of the relationship between these parameters on the sound absorption coefficient has been studied. In the analysis, the Alpha Cabin in the Formplast was used.*

**Keywords:** Polyester fiber, alpha cabin, sound absorption coefficient, silencer, sound absorption



## 1. Giriş

Polyester, polipropilen ve plastik fiber içeren mikrofiber malzemeler, akustik özellikleri nedeniyle ses yutum elemanı olarak kullanılan plastik malzemeler arasında yer almaktadır.

Polietilen tereftalat (PET) dayanıklı, hafif, esnek ve geri dönüştürülebilir bir malzeme olması nedeniyle akustik uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Hem ses yutma kapasitesiyle hem de işlenme kolaylığıyla tercih edilen bir seçenektir. [2]

Malzemelerin akustik performansını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler arasında kalınlık, içindeki hava boşluk miktarı, gözeneklilik, yoğunluk, lif yapısı ve bağlayıcı malzeme gibi parametreler önemli rol oynar.[1]

Malzeme kalınlığı arttıkça, ses dalgalarının malzeme içinde daha fazla emilmesi sağlanır, bu da ses yutumunu artırır. Kalın bir malzeme, daha fazla ses enerjisini emer ve yansıtma miktarını azaltır.[1]

Yoğunluk da önemli bir faktördür. Düşük yoğunluğa sahip malzemeler genellikle düşük ses yutumu sağlar, çünkü ses dalgaları malzemeden kolaylıkla geçer. Ancak, yoğunluk arttıkça malzeme daha az geçirgen hale gelir ve yansıtma oranı artar.[1]

Polietilen tereftalat (PET) ve mikrofiber malzemeler, otomotiv ve beyaz eşya sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Otomotiv endüstrisinde, PET genellikle iç ve dış trim parçaları, kapı panelleri, koltuk döşemeleri ve bagaj bölmeleri gibi bileşenlerde ses yalıtımı ve gürültü kontrolü için kullanılır.

Beyaz eşya sektöründe ise özellikle buzdolabı, bulaşık makinası, çamaşır makinası, kurutma makinası gibi cihazlarda ses yalıtımı ve titreşim kontrolü için kullanılır.

PET, aynı zamanda geri dönüşüm kabiliyetiyle de dikkat çeker. Geri dönüştürülebilir bir malzeme olduğu için sürdürülebilirlik açısından avantaj sağlar. Bu nedenle otomotiv ve beyaz eşya sektörleri, PET malzemeyi tercih ederek çevresel etkiyi azaltmaya çalışırlar.

Formsound'un ince ve hafif yapısı, otomotiv ve beyaz eşya sektörlerinde akustik performans sağlarken aynı zamanda çevresel faydalar da sunar. Bu çalışma sırasında



tedarikçilerle farklı kalınlık ve yoğunlukta çalışılan elyafların akustik özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda (sağlanan katkılar) öne çıkan noktalar ise şöyledir;

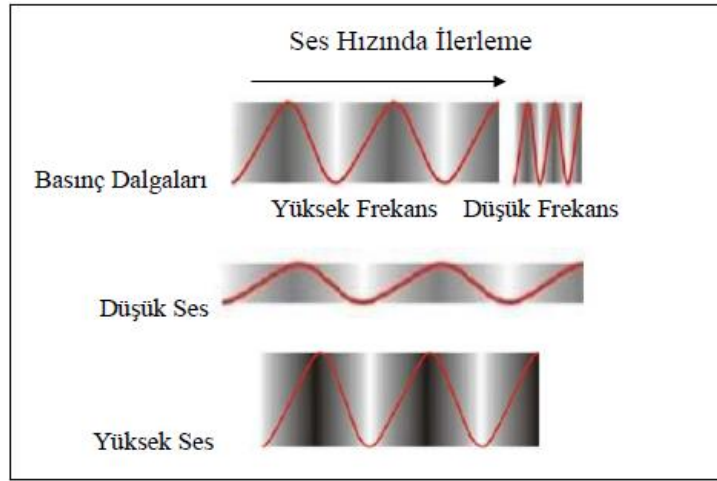
- İnce ve hafif Formsound elyaflarının kullanılması, daha az malzeme tüketimi ve daha düşük ağırlık anlamına gelir. Bu da otomotiv ve beyaz eşya üretiminde daha az enerji kullanımı ve karbondioksit salınımı demektir. Daha az karbondioksit salınımı, çevresel etkilerin azaltılmasına ve daha sürdürülebilir bir üretim sürecine katkıda bulunur.
- Formsound'un ince yapısı, daha fazla iç mekan tasarım esnekliği ve hacimden tasarruf sağlar. Bu, araçlarda ve beyaz eşyalarda daha verimli kullanım alanlarına ve daha kompakt tasarımlara olanak tanır. Bu da hem üretim sürecinde kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar hem de kullanıcıya daha kullanışlı ve işlevsel ürünler sunar.
- Formsound, geri dönüştürülebilir bir malzemedir ve geri dönüştürülmüş elyaftan üretilir. Bu, yeni ham maddenin kullanımına göre daha sürdürülebilir bir seçenek sunar. Geri dönüştürülebilirlik, atık miktarını azaltır ve doğal kaynakların korunmasına yardımcı olur.

Bu faktörler, otomotiv ve beyaz eşya sektöründe Formsound'un tercih edilmesinde önemli katkılar sağlar. Hem çevresel sürdürülebilirlik hem de akustik performans beklentilerini karşılamak için malzeme seçimi önemlidir.

## 2. Temel Ses Kavramları

Ses dalgası, sesin uzayda yayılması ile oluşan mekanik bir titreşimdir. Ses frekansı bir sesin titreşimlerinin tekrarlanma hızıdır ve Hertz (Hz) birimi ile ölçülür.

Ses dalgalarının birim alana uyguladıkları kuvvet, sesin şiddetini belirleyen bir faktördür ve bu şiddet, taşınan enerji ile ilgilidir. Sesin şiddeti, birim alana düşen enerji miktarını ifade eder. Ses şiddeti ( $W/m^2$ ) birimiyle ifade edilir. Bu birim, bir metrekairelik bir alana düşen ses enerjisini temsil eder. Yani, ses dalgaları o alanda birim alana ne kadar enerji taşıdığını gösterir. Daha yüksek bir ses şiddeti, daha fazla enerji taşıyan ve daha güçlü bir sesin işaretidir.[3]



Şekil 1: Dalga boyunun şekli

Gürültü ise düzensiz veya rastgele titreşimlerden kaynaklanan istenmeyen seslerdir. Genellikle rahatsız edici veya zararlı olabilir ve konsantrasyonu bozabilir veya işitme sağlığını etkileyebilir.[3]

Ses yutma kat sayısı, bir yüzeyin sesi ne kadar emdiğini veya yuttuğunu belirleyen bir ölçüttür.

Alfa ( $\alpha$ ) sembolüyle ifade edilir ve 0 ile 1 arasında değer alabilir.

Bir yüzeyin ses yutma kat sayısı, o yüzeye düşen ses enerjisinin yüzey tarafından ne kadar emildiğini gösterir.

$$\alpha = \frac{E\alpha}{Ei} \quad (1)$$

Değer 0 olduğunda, yüzey sesi tamamen yansıtır ve hiçbir şekilde emilmez. Bu tür yüzeyler yansıtıcı yüzeyler olarak adlandırılır.

Öte yandan, bir yüzeyin ses yutma kat sayısı 1'e yaklaştıkça, o yüzey sesi neredeyse tamamen emer ve yansıtmaz. Bu tür yüzeyler ise yutan yüzeyler olarak adlandırılır. Pratikte, ses yutma kat sayısı 1'e çok yaklaşan yüzeyler, etkili bir şekilde ses yalıtımı sağlayabilir.[4]

Ses yutma kat sayısı, akustik tasarımda ve ses kontrolünde önemli bir parametredir. Bu değer, ses emici malzemelerin performansını değerlendirmek, uygun yüzeylerin seçimi ve akustik ortamın optimize edilmesi gibi uygulamalarda kullanılır.



Ses iletim kaybı, bir malzemenin ses dalgalarını ne kadar iyi ilettiğini veya engellediğini ölçen bir özelliktir. Genellikle desibel (dB) cinsinden ifade edilir.

$$T = 10 \log \frac{W_1}{W_2} \quad (2)$$

$W_1$  malzeme üzerine gelen toplam ses enerjisidir,  $W_2$  ise iletilen ses enerjisidir. Ses iletim katsayısını  $T$  olarak ifade edersek;

$$T = \frac{W_2}{W_1} \quad (3)$$

Ses iletim kaybı iletim katsayısı cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$TL = 10 \log \frac{1}{T} \text{ (dB)} \quad (4)$$

Ses sönümü ise, ses dalgalarının bir malzeme tarafından emilerek veya yansıtılarak kaybedildiği süreçtir. Bir malzeme ne kadar çok sesi sönümleyebilirse, o kadar az yankı oluşur ve sesin yayılma mesafesi kısılır. Ses sönüm kapasitesi, malzemenin sesi ne kadar etkili bir şekilde emebildiğini ve yansıtabildiğini gösterir.

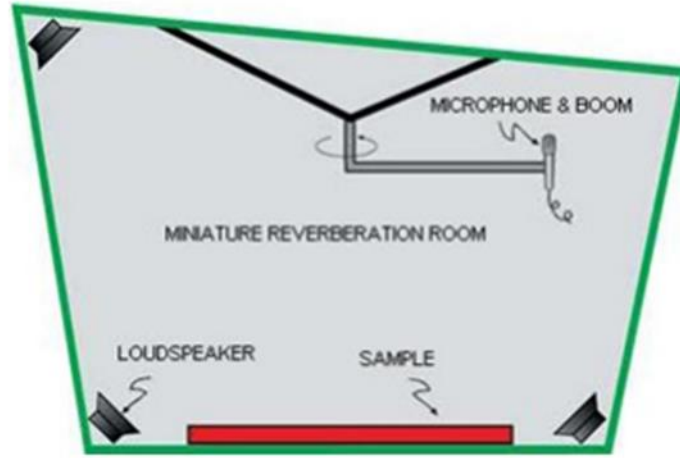
### 3. Ölçüm Yöntemi

#### 3.1. Alfa Kabin

Alfa Kabinler, adını Alfa Ses Yutum Katsayısı'ndan almaktadır. Bu kabinler, yapıları itibarıyla küçük çınlanma odalarıdır. Alfa Ses Yutum Katsayısı, bir malzemenin veya yapısal bir öğenin ses emici özelliğini ifade eder.[5]

Yüksek bir Alfa Ses Yutum Katsayısı, daha fazla ses emilimi anlamına gelir ve ses yansımalarını azaltır. Alfa Kabinler, bu özelliği sayesinde içindeki sesleri dışarıya yaymaz veya dışarıdaki sesleri içeriye almaz, böylece etkili bir ses yalıtımı sağlarlar.

Alfa Kabin çalışma prensibini gösteren şema Şekil'2 deki gibidir.



Şekil 2: Alfa Kabinde Ses Yutum Katsayısı Ölçümleri

Analiz öncesinde kabinin ses yalıtım performansını değerlendirmek önemlidir. Bunun için öncelikle, alfa kabin hoparlörleri çalışır durumdayken kabin içinde oluşan gürültü seviyeleri ölçülür. Bu, hoparlörlerin ürettiği sesin kabin içindeki yansımalarını ve rezonansları gözlemlemeyi sağlar.

Daha sonra, dış ortamdan gelen gürültü kaynaklarından kaynaklanan gürültü seviyeleri ölçülür. Bunlar step motor gürültüsü, elektriksel gürültü veya arka plan gürültüsü gibi dış etkenlerden kaynaklanabilir. İyi bir ses yalıtım performansı için bu farkın en az 45 dB olması önerilir.

Alfa kabin çalışma prensibi olarak çınlanım odalarına benzer. Ses yutum katsayısı hesabı için aşağıda ifade edilen Sabine formülü kullanılır. [5]

$$\alpha = \frac{0,163 \times V}{S} \left( \frac{1}{TR} - \frac{1}{TR0} \right) \times C \quad (5)$$

Formülde ifade edilen simgelerin anlamları şöyledir;

V=Kabin Hacmi,

S=Numune alanı,

TR= Numune kabin içerisindeyken oluşan çınlanım süreleri,

TR0= Kabin boş iken elde edilen referans çınlanım süreleri,

C= Kabin düzeltme katsayısıdır.



Kabin düzeltme katsayısı olarak gösterilen “C”; referans olarak seçilen numunelerin çınlanım odası ile yapılan ölçümler ile alfa kabin de yapılan ölçümler karşılaştırılarak hesaplanır.

Otomotiv sektöründe kullanılan alfa kabinler çınlanım odasının 1/3’üdür (~6.44 m<sup>3</sup>) ve henüz bir standartı bulunmamaktadır. Formplast laboratuvarında kullanılan alfa kabin özel üretim ile yapılmıştır.

Test aşamasında 1.2m<sup>2</sup> boyutunda standart numune kullanılır. Metal çerçeve içerisine oturtularak test edilir. Otomotiv sektöründe ölçüm aralığı 400Hz-10000Hz frekans aralığında tercih edilir. Alfa kabin tasarlanırken buna dikkat edilir.



Şekil 3: Formplast laboratuvarındaki alfa kabin

Ses yutumunu ölçmek için tek bir alfa kabin kullanılır. Tek bir kabin ile sesin bir malzemeye veya yapıya girişi ve o malzeme veya yapı tarafından emilimi değerlendirilir. Ancak, sesin bir kabinin içinden diğerine veya dışarıya nasıl iletim gösterdiğini değerlendirmek için iki alfa kabinin birleştirilmesi gerekecektir.

#### 4. Analizler

##### 4.1. Laboratuvar

Formplast bünyesindeki laboratuvar ortam koşulları aşağıdaki gibidir;

- Ortam Sıcaklığı: (23 ± 2 ) °C
- Bağıl Nem Değeri: % (45 ± 10)

Laboratuvarda aşağıdaki testler yapılabilmektedir;

- Yaşlandırma testleri
- Mekanik testler



- Akustik testler
- Yanma testleri
- Bazı performans testleri

Laboratuvar bünyesindeki cihazlar ise aşağıdaki gibidir;

- Klimatik Çember Test Cihazı
- Etüv
- Çekme Dayanım Test (Zwick) Cihazı
- Aşındırma (Abrasion) Test Cihazı
- Devotrans Su Emme Test Cihazı
- 2'li Alfa Kabin
- Empedans Tüpü
- Yanma Kabini
- Hava Geçirgenlik Test Cihazı
- Profil Projeksiyon Cihazı
- Shoremetre
- Mihengir
- Lux metre

#### 4.2. DeneySEL Çalışma

Formplast laboratuvarında gerçekleştirilen deneySEL çalışmalarda, Formplast tarafından özel olarak yaptırılan alfa kabin kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan alfa kabinin özellikleri şu şekildedir;

- Alfa kabin paralel olmayan duvarlara sahip olup 6.44 m<sup>3</sup> hacme sahiptir.
- Deneylerde 1.2 m<sup>2</sup> boyutlarında olan numuneler test edilebilmektedir.
- Ölçümler 400 Hz-10000 Hz frekans aralığında gerçekleştirilir.
- Numuneler test edilmek üzere metal çerçeveler içine yerleştirilir.

Tablo 1’de gösterildiği gibi deney numuneleri arasında 350 g/m<sup>2</sup> 15 mm Formsound ile 500 g/m<sup>2</sup> 30 mm Formsound yer almaktadır. DeneySEL çalışmada ince elyaf oranı %40, %50 ve %60 olmak üzere üç farklı formül kullanılarak 6 adet numune hazırlanmıştır. Yapılan deneySEL analizde ses yutumu katsayıları karşılaştırılmıştır. Genel olarak ifade etmek gerekirse Formsound’da kullanılan ince elyaf oranının artmasıyla birlikte ses yutumu katsayısının da arttığı gözlemlenmiştir.

| Malzeme         | Yoğunluk<br>(g/m <sup>2</sup> ) | Kalınlık<br>(mm) |
|-----------------|---------------------------------|------------------|
| Formsound-35015 | 350                             | 15               |
| Formsound-50030 | 500                             | 30               |

*Tablo 1. Numune özellikleri**Şekil 4. Numune görselleri*

Tablo 2’de %40, %50 ve %60 olmak üzere üç farklı oranda ince elyaf kullanılmıştır. 350 g/m<sup>2</sup> 15 mm Formsound’a ait numunelerin ses yutum katsayısı ölçümleri gösterilmektedir.

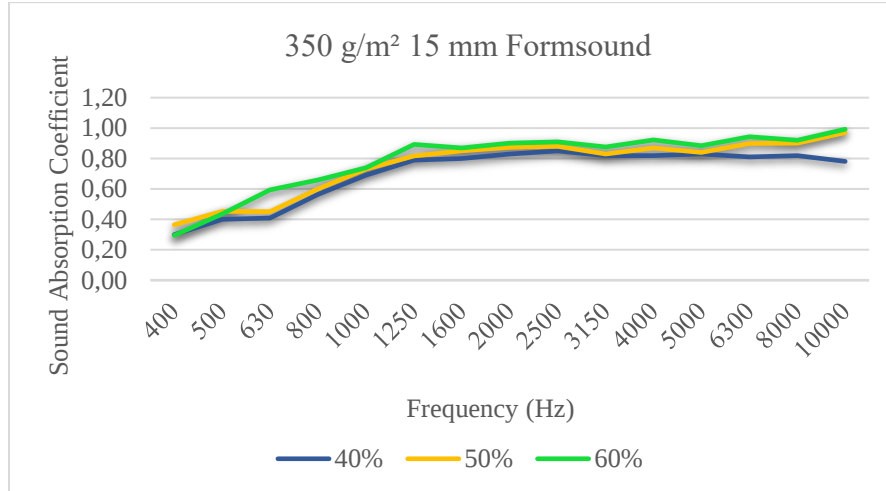
| Frekans<br>Hz | 40% ince<br>elyaf oranı | 50% ince<br>elyaf oranı | 60% ince<br>elyaf oranı |
|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 400           | 0,30                    | 0,36                    | 0,30                    |
| 500           | 0,40                    | 0,45                    | 0,44                    |
| 630           | 0,41                    | 0,45                    | 0,59                    |
| 800           | 0,56                    | 0,60                    | 0,66                    |
| 1000          | 0,69                    | 0,73                    | 0,74                    |
| 1250          | 0,79                    | 0,82                    | 0,89                    |
| 1600          | 0,80                    | 0,85                    | 0,87                    |
| 2000          | 0,83                    | 0,87                    | 0,90                    |
| 2500          | 0,85                    | 0,88                    | 0,91                    |
| 3150          | 0,82                    | 0,83                    | 0,88                    |
| 4000          | 0,82                    | 0,87                    | 0,92                    |
| 5000          | 0,83                    | 0,84                    | 0,88                    |

|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| 6300  | 0,81 | 0,90 | 0,94 |
| 8000  | 0,82 | 0,90 | 0,92 |
| 10000 | 0,78 | 0,97 | 0,99 |

Tablo 2. 350 g/m<sup>2</sup> 15 mm Formsound ses yutum ölçümleri

İnce elyaf oranı yüksek olan numunelerin 400 Hz-10000 Hz bandında yüksek ses yutum kabiliyetine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 5’de 400 Hz-10000 Hz bandında farklı ince elyaf oranlarına sahip numunelerde ince elyaf oranı arttıkça ses yutum kabiliyetinin ince elyaf oranı az olan numunelere nazaran daha iyi olduğu görülmüştür.

Şekil 5.İnce elyaf oranına göre 350 g/m<sup>2</sup> 15 mm Formsound ses yutum katsayısı değişimi

Tablo 3’de %40, %50 ve %60 olmak üzere üç farklı oranda ince elyaf kullanılmıştır. 500 g/m<sup>2</sup> 30 mm Formsound’a ait numunelerin ses yutum katsayısı ölçümleri gösterilmektedir.

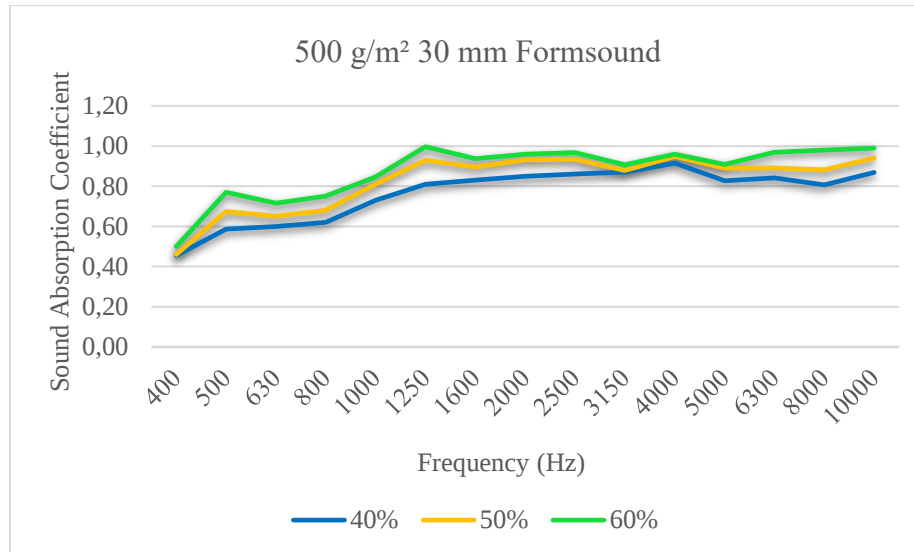
| Frekans<br>Hz | 40% ince<br>elyaf oranı | 50% ince<br>elyaf<br>oranı | 60% ince<br>elyaf<br>oranı |
|---------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 400           | 0,45                    | 0,46                       | 0,50                       |
| 500           | 0,59                    | 0,67                       | 0,77                       |



|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| 630   | 0,60 | 0,65 | 0,72 |
| 800   | 0,62 | 0,68 | 0,75 |
| 1000  | 0,73 | 0,81 | 0,85 |
| 1250  | 0,81 | 0,93 | 1,00 |
| 1600  | 0,83 | 0,90 | 0,94 |
| 2000  | 0,85 | 0,93 | 0,96 |
| 2500  | 0,86 | 0,93 | 0,97 |
| 3150  | 0,87 | 0,88 | 0,91 |
| 4000  | 0,92 | 0,95 | 0,96 |
| 5000  | 0,83 | 0,89 | 0,91 |
| 6300  | 0,84 | 0,89 | 0,97 |
| 8000  | 0,81 | 0,88 | 0,98 |
| 10000 | 0,87 | 0,94 | 0,99 |

*Tablo 3. 500 g/m<sup>2</sup> 30 mm Formsound ses yutum ölçümleri*

Şekil 6'da da 400 Hz-10000 Hz bandında farklı ince elyaf oranlarına sahip numunelerde ince elyaf oranı arttıkça ses yutum kabiliyetinin ince elyaf oranı az olan numunelere nazaran daha iyi olduğu görülmüştür.



Şekil 6.İnce elyaf oranına göre 500 g/m² 30 mm Formsound ses yutum katsayısı değişimi

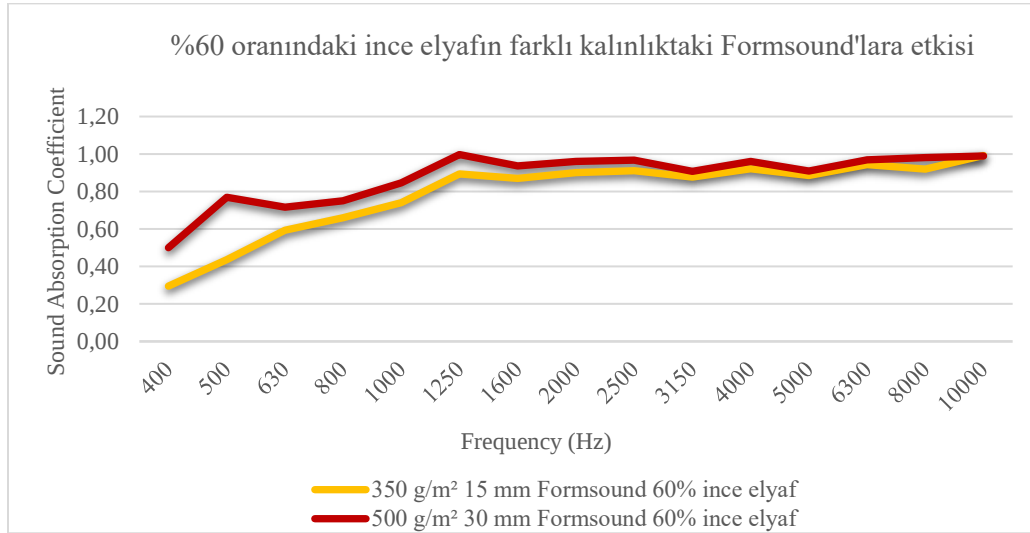
Deneyisel çalışmada kullanılmak üzere hazırlanan %60 ince elyaf oranlı Formsound-35015 ve Formsound-50030 numuneleri de kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme ile malzeme kalınlığının ve yoğunluğunun ses yutum kabiliyetine olan etkisi gözlemlenmiştir. Tablo 4’de %60 ince elyaf oranlı Formsound-35015 ve Formsound-50030 numunelerinin ses yutum ölçümleri gösterilmektedir.

| Frekans<br>Hz | 350 g/m² 15 mm<br>Formsound 60% ince elyaf | 500 g/m² 30 mm<br>Formsound 60% ince elyaf |
|---------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 400           | 0,30                                       | 0,50                                       |
| 500           | 0,44                                       | 0,77                                       |
| 630           | 0,59                                       | 0,72                                       |
| 800           | 0,66                                       | 0,75                                       |
| 1000          | 0,74                                       | 0,85                                       |
| 1250          | 0,89                                       | 1,00                                       |
| 1600          | 0,87                                       | 0,94                                       |
| 2000          | 0,90                                       | 0,96                                       |
| 2500          | 0,91                                       | 0,97                                       |
| 3150          | 0,88                                       | 0,91                                       |

|       |      |      |
|-------|------|------|
| 4000  | 0,92 | 0,96 |
| 5000  | 0,88 | 0,91 |
| 6300  | 0,94 | 0,97 |
| 8000  | 0,92 | 0,98 |
| 10000 | 0,99 | 0,99 |

Tablo 4. %60 ince elyaf oranlı Formsound-1 ve Formsound-2 ses yutum ölçümleri

Şekil 7’de ise 400- 10000 Hz bandında %60 oranında ince elyaf katılan numunelerde malzeme kalınlığı ve yoğunluğu arttıkça ses yutum kabiliyetinin ince ve düşük yoğunluklu numuneye nazaran daha iyi olduğu görülmüştür.



Şekil 7. %60 oranında ince elyaf katılmış numunelerin ses yutum katsayısı değişimi

## 5. Sonuç

Bu çalışmada otomotiv ve beyaz eşya sektörlerinde yaygın olarak kullanılan Formsound malzemesinin akustik performansını etkileyen özelliklerin geliştirilmesi için bir inceleme yapılmıştır.

Çalışmada, otomotiv endüstrisi tarafından kabul gören Formplast laboratuvarı bünyesindeki alfa kabin kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

Deneyisel çalışmalar sırasında, Formplast'ın patentli ürünü olan Formsound'un reçetesi üzerinde değişiklikler yapılarak ince elyaf oranı, kalınlık ve yoğunluk parametrelerinin ses yutum katsayısı kapasitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Numune olarak 350 g/m² 15 mm Formsound ile 500 g/m² 30 mm Formsound tercih edilmiştir.



Sonuçlar, çalışmanın odak noktası olan ince elyaf oranının artmasıyla ses yutum performansının tüm frekans bandında iyileştiğini göstermiştir. Yüksek ses yutum performansı için malzeme kalınlığı ve yoğunluğunun artırılmasına ihtiyaç duyulmadan ince elyaf oranı artırılarak daha düşük kalınlık ve yoğunluktaki malzemelerde de benzer ses yutum performansı elde edilmiştir.

Bu çalışmada, sektörün ihtiyaç duyduğu ince, hafif ve yüksek akustik performansa sahip malzemelere yönelik talebe atfen geliştirilen çevreci ve sürdürülebilir Formsound ile sektöre katkıda bulunulmuştur.

### Referanslar

- [1]Erol, M., Aydemir, H., Bölüm 8 Kapalı Mekanlarda Gürültü Yalıtımı İçin kullanılan Tekstil Esaslı Malzemelerin Performans Analizi, Mühendislik Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler Cilt-I (pp.169-186), SN - ISBN • 978-625-7342-72-8, 2021/07/01
- [2] Vidinlimen, G.T., Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Gözenekli Malzemelerin Akustik Özellikleri ve Analizi. Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [3] Öz, H.M., Köse, E., Gürültü Önleyici Akustik Süngerlerin Üretimi ve Uygulamaları, International Journal of Engineering Research and Development 12.2 (2020): 664-674.
- [4] Gelen, M., Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Akustik Malzemeler ve Malzeme Özelliklerinin Akustik Parametrelere Etkisinin İncelenmesi. Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [5] Uzundağ. U., Tandoğan, O., Malzemelerin Akustik Performans Testleri, Novosim Mühendislik Hizmetleri Rapor, 2013.