







*Bu kitap
İTÜ Öğretim Üyesi
Prof. Dr. Sevtap Yılmaz'ın
katkılarıyla hazırlanmıştır.*

İÇİNDEKİLER

YAPI SEKTÖRÜNÜN LİDER FİRMASI ERYAP GRUP	15
ÇEVRE POLİTİKAMIZ	16
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	18
GİRİŞ	21

BÖLÜM 1

1. SES İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

1.1 Sesin Yayılma Hızı	23
1.2 Sesin Dalga Boyu	25
1.3 Frekans (Hz)	24
1.4 Oktav Bandı	24
1.5 Perde - Ton	25
1.6 Tını	26
1.7 Genlik	26
1.8 Partikül Hızı	26
1.9 Ses Şiddeti	26
1.10 Ses Gücü	27
1.11 Ses Basıncı (p)	27
1.12 Ses Yüksekliği	29
1.13 Sesin Yeğirliği	29

BÖLÜM 2

2. SES İLE İLGİLİ FİZİKSEL OLAYLAR KAPALI ALANLARDA SESİN YAYILMASI

2.1 Sesin Yayılması	31
2.2 Sesin Kırılması	32
2.3 Sesin Yansıması	32
2.4 Ses Yutulması	32
2.5 Reverberasyon (Yankılanma - Çınlama) Süresi	33
2.6 Distorsiyon (Bozulma)	34
2.7 Rezonans	35
2.8 Eko	35

BÖLÜM 3

3. GÜRÜLTÜ - GÜRÜLTÜ KONTROLÜNÜN PLANLANMASI

3.1 Gürültü Düzeyi Ölçütleri	37
3.1.1 Eş Değer Gürültü Seviyesi (Leq)	38
3.1.2 Gündüz ve Gece Gürültü Seviyesi (Lgündüz ve Lgece)	38
3.1.3 Gündüz, Akşam ve Gece Eşdeğer Gürültü Seviyeleri (Lgag)	39
3.1.4 Çevresel Gürültünün Rahatsızlık Seviyesi	39

3.1.5 Ses Etkilenim Seviyesi (SEL, LE)	40
3.1.6 İstatistiki Ses Seviyesi	40
3.2 Gürültünün Sınıflandırılması	43
3.2.1 Gürültünün Frekans Spektrumuna Göre Sınıflandırılması	43
3.2.2 Gürültünün Zaman İçindeki Değişimlerine Göre Sınıflandırılması	43
3.2.3 Kapalı Mekanlarda Gürültü Kriterleri	44
3.3 Gürültünün Kontrolü İçin Planlama Kriterleri	47
3.3.1 Gürültü Kaynağının Kontrol Altına Alınması	47
3.3.2 Gürültünün Yayıldığı Çevrede Alınabilecek Tedbirler	48
3.3.3 Gürültünün Alıcıda Kontrolü	48
3.3.4 Bina İçi Planlaması	49
3.4 Gürültü Denetimi ile İlgili Uluslararası Kuruluşlar	49
3.4.1 Avrupa Çevre Ajansı (EEA)	49
3.4.2 Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)	49
3.4.3 Federal Karayolu Kurulu (FHWA)	49
3.4.4 Federal Havacılık Kurumu (FAA)	49
3.5 Gürültü Yönetmelikleri ve Uygulanması	50
3.5.1 ABD'nin Gürültü Yönetmeliği	50
3.5.2 Avrupa'nın Gürültü Yönetmeliği	50
3.5.3 Türkiye'de Gürültü Yönetmeliği	50
3.5.3.1 Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği	51
3.5.3.2 Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik	51
BÖLÜM 4	53
4. YAPI ELEMANLARINDA HAVA DOĞUŞLU SESİN YAYILMASI VE DENETİMİ	54
4.1. Sesin Yalıtımı ve Sesin Emilmesi Arasındaki İlişki	54
4.2 Tek Tabakalı Yapı Elemanlarında Hava Doğuşlu Sesin Yayılması	57
4.2.1. Bölge I: Sertlik Kontrollü Bölge	59
4.2.2. Rezonans Frekansı	59
4.2.3. Kütle Kanunu	60
4.2.4. Kritik Frekans	60
4.3 İki Tabakalı Yapı Konstrüksiyonları	61
4.3.1 Kütle-Hava-Kütle Rezonans Frekansı:	61
4.3.2 Yapı Konstrüksiyonunun Tabakalarını Ayırmanın Önemi	63
4.3.3 Yapı Tabakalarının Birbirinden Farklı Olmasının Önemi	63
4.3.4 Boşlukta Gözenekli Ses Yutucu Malzeme Kullanmanın Önemi	63
4.3.5 Yapı Malzemesinin Titreşim Emiciliği ve Rezonans Etkisi	64
4.4 Üç ya da Daha Fazla Tabakalı Yapı Konstrüksiyonlarının Ses Geçiş Kaybı	65
4.5 Kompozit Konstrüksiyonlar İçin Ses İletim Kaybı (TL)	66
4.6 ISO 717-1 Standardına Göre Hava İle Yayılan Sesin Yalıtımının Değerlendirilmesinde Tek Sayılı Büyüklüğün Hesaplanması	68
4.6.1 Hava İle Yayılan Sesin Yalıtımı İçin Tek Sayılı Büyüklük	68
4.6.2 Spektrum Adaptasyon Büyüklükleri	68

4.6.3 Tek Sayılı Büyüklüklerin Değerlendirilmesi İçin İşlem	68
4.7. Farklı Duvar Konstrüksiyonlarının RW (C;CTR) Değerleri	71
4.7.1. Farklı Duvar Konstrüksiyonlarının Laboratuvar ölçümleri Rw (C;CTR)	71
4.8 Sıvanın Kuruma Derecesinin Ses Yalıtımına Etkisi	80
4.9. 24 Avrupa Birliği Ülkesinin Konutlar Arasındaki Hava Doğuşumlu Ses Azaltımı	81
4.10 Katılarda Sesin Yayılması ve Denetimi	82
4.10.1 Yumuşak Esnek Yüzeyler	83
4.10.2 Yüzer Döşemeler	83
4.10.3. Asma tavanlar	85

BÖLÜM 5

5. SES EMİCİ MALZEMELER VE UYGULAMALARI

5.1 Yutulma Mekanizmaları ve Özellikleri	89
5.2. Emiciliğe Tesir Eden Faktörler	89
5.3 Ses Yutucu Malzemelerin Sınıflandırılması	90
5.3.1. Gözenekli Malzemeler	92
5.3.1.1 Ses Yutucu Malzemenin Kalınlığı	93
5.3.1.2. Yutucu Malzemenin Arkasındaki Boşluğun Etkinliği	97
5.3.1.3. Yutucu Malzemenin Yoğunluğuna Bağlı Etkinliği	97
5.3.1.4 Akustik Yalıtım Örtüler	97
5.3.1.5 Akustik Sivalar ve Sprey Püskürtücüler	97
5.3.1.6 Prefabrike Akustik Üniteleri	98
5.3.1.7 Halı ve Kumaşlar	98
5.3.2 Panel (ya da zar benzeri) Yutucular	98
5.3.3 Boşluk ya da Helmholtz Rezonatörleri	98
5.3.1.1 Bireysel Boşluk Rezonatörleri	98
5.3.3.2 Delikli Panel Rezonatörleri	98
5.3.3.3 Yarı Rezonatörler	99
5.4 Mekan Yutucuları	99
5.5 Değişken Yutucular	99

BÖLÜM 6

6. SES YUTUCU MALZEMELERİN MONTAJI VE SÖKÜLMESİ

6.1 Malzemelerin Montaj Şekillerinin Ses Yutuculuk Katsayıları Üzerine Etkileri	101
6.2 Ses Yutucu Malzemelerin Kullanım Yerleri	102
6.2.1 Çınlama Kontrolü	103
6.2.2 Eko Kontrolü	103
6.2.3. Hacimlerdeki Gürültü Azaltımı	103
6.3 Hacim Gürültüsünü Azaltma Çizelgesi	104

REFERANSLAR

EKLER

107

112

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Sesin Havada Yayılmasında Dalga Boyu İle Frekans İlişkisi	24
Şekil 1.2 Akustikte Ses Frekans Alanının Dağılımı	25
Şekil 1.3 Serbest Alandaki Sesin Şiddeti	26
Şekil 2.1 Ses Uzaması ve Yankının Uzaklıkla İlişkisi	32
Şekil 2.2 Sesin Bir Yüzeyden Yansıma Koşulları	33
Şekil 2.3 Sesin Yapı Elemanı İçinde Yutulması	33
Şekil 4.1 Ses Kaynağının Denetim Altına Alınması	55
Şekil 4.2 Ses Kaynağının Yansıtıcı Duvarlara Göre Konumu	55
Şekil 4.3 İki Farklı Yapı Elemanı Üzerinde Ses Dalgasının Davranışları	56
Şekil 4.4 Akustik Malzeme ile Kaplı Beton Blok Duvarın İçinde Ses Enerjisinin Hareketi	56
Şekil 4.5 Ses Geçiş Kaybının Tanımı	58
Şekil 4.6 Homojen Bir Duvar ya da Panel İçin Genel İletim Kaybı ve Frekans İlişkisi	59
Şekil 4.7 Kütlenin Yalıtımla İlişkisi	60
Şekil 4.8 Tek Duvar, Çift Duvar ve Alçı Panelli Duvarların Ses İletim Kaybı Değerleri	62
Şekil 4.9 Ses Yalıtımının İyiden Mükemmelliğe Gidişi Görülmektedir	63
Şekil 4.10 Çift Duvarlı Sistemlerde Arada Hava Boşluğu Bırakılarak ve Lifli Malzeme Yerleştirilerek Elde Edilecek TL Gelişimi	64
Şekil 4.11 Çift Duvar – Dikmeli Sistemlerin Ses Yalıtımının Kademe Kademe İlerleme Örnekleri	64
Şekil 4.12 Döşemedeki Yanal Ses Geçişi	65
Şekil 4.13 Birden Fazla Bileşenden Oluşan Duvar	66
Şekil 4.14 Kuru Duvarlarda Ses Dalgasının Kaçış Yolları	79
Şekil 4.15 Yüzer Döşeme	83
Şekil 4.16 Farklı Döşeme Türleri Katı Doğuşlu Ses Yalıtımı Açısından Karşılaştırılması	84
Şekil 4.17 Farklı Döşeme Türleri Katı Doğuşumlu Ses Yalıtımı Açısından Karşılaştırılması	85
Şekil 4.18 Asma Tavan Detayı	85
Şekil 4.19 Asma Tavan Boşluğundan Çapraz İletim	86
Şekil 4.20 Asma Tavan Bölgesinde Çapraz İletimi Engellemek İçin Kullanılabilecek Detaylar	86
Şekil 4.21 Katı Doğuşumlu Gürültü Yalıtımının İyileştirme Adımları	87
Şekil 5.1 Kapalı (Üst) ve Açık (Alt) Gözenekli Yapıların Arasındaki Farkın Gösterilmesi	90
Şekil 5.2 Gözenekli Bir Tabakadaki Yutucunun Şematik Gösterimi	90
Şekil 5.3 Taşyünü	94
Şekil 5.4 Camyünü	95
Şekil 5.5 Seramik Yünü	95
Şekil 5.6 Ahşap Yünü	95
Şekil 5.7 Mantar	96
Şekil 5.8 Melamin Köpük	96
Şekil 5.9 Delikli Panel Rezonatörleri	99
Şekil 5.10 Yank Rezonatör Detayının Kesit ve Görünüşü	99
Şekil 5.11 Hangar Tipi Mekanlarda Sarkan Plakla Gürültü Kontrolü	99
Şekil 6.1 Akustik Malzemeler İçin Standart Yerleşimler	103
Şekil 6.2 Sesin Emilmesiyle Çınlayan Gürültünün Azalması	104

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Sesin Farklı Ortamlardaki Yayılma Hızı	24
Tablo 1.2 Ses Basınç Düzeylerine Göre Bazı Kaynakların dB(A) Değerleri	26
Tablo 2.1 Malzemelerin Frekanslara Göre Ses Yutuculuk Katsayıları	34
Tablo 3.1 Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri	40
Tablo 3.2 Hafif Raylı Sistemler İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri	41
Tablo 3.3 Hava Alanı Çevresel Gürültü Sınır Değerleri	41
Tablo 3.4 Endüstri Tesisleri İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri	41
Tablo 3.5 Şantiye Alanı İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri	42
Tablo 3.6 İç Ortam Gürültü Seviyesi Sınır Değerleri	42
Tablo 3.7 Gürültü Etkilerinin İnsanlar Üzerinde Sınıflandırılması	44
Tablo 3.8 Gürültü Seviyesindeki Değişimin İnsanlar Tarafından Algılanması	44
Tablo 3.9 Bazı Mekanlara ilişkin Algılanan Gürültü Kriteri (PNC) Değerleri	45
Tablo 3.10 Merkez Frekanslara Bağlı Gürültü Sınıflandırma Değerleri	46
Tablo 3.11 Farklı Mekânların Gürültü Sınıflandırma Değerleri	46
Tablo 4.1 Ses Kaynağının Konumuna Göre Eklenecek Düzey	56
Tablo 4.2 Bazı Malzemelerin Rezonans Frekansları	60
Tablo 4.3 Stc Değerleri	64
Tablo 4.4 Duvardaki Kapı, Pencere, vs. Açıklıklarına Göre Yapı Elemanının Ses Yalıtımındaki Değişiklikleri	67
Tablo 4.5 Hava ile Yayılan Sesin Ağırlıklı Hale Getirilmesi İçin Kullanılan Referans Değerler	69
Tablo 4.6 R_w Değerinin Hesaplanması	70
Tablo 4.7 Adaptasyon Katsayılarını Hesaplamak İçin Ses Seviyesi Spektrumu	70
Tablo 4.8 Alçı Panelli Tuğla Duvarların Boşluk Genişliğinin ve Ses Yutucu Malzemenin Yalıtım Üzerine Katkısı, Pembe Gürültü ve Trafik Gürültüsü İçin Değişimi	71
Tablo 4.9 İç Siva, Dış Siva ve Ses Yutucu Malzemenin Ses Yalıtımındaki Etkileri	72
Tablo 4.10 Ses Yutucu Malzemenin Duvarın Dış ve İç Yüzeylerine Konulması Durumunda Yalıtım Değerlerinin Karşılaştırılması	73
Tablo 4.11 Toplam Kalınlıkları Benzer Olan (24, 25, 27 cm) Duvarların Frekanslara Bağlı Ses Yalıtım Değerleri ve R_w (C;Ctr)	75
Tablo 4.12 Kalınlıkları Benzer Olan (34, 35, 37 cm) Üç Farklı Duvarın Frekanslara Bağlı Yalıtım Değerleri ve R_w Değerleri	76
Tablo 4.13 Ağılıkları Benzer Olan Üç Farklı Duvarın Frekans Dağılımı ve R_w Değerleri (53)	77
Tablo 4.14 Ağılıkları Benzer Olan Üç Farklı Duvarın Frekanslara Bağlı Ses Yalıtım Değerleri ve R_w Değerleri	78
Tablo 4.15 Avrupa Birliği Ülkelerinin Konutlar Arası Ses Azaltım Göstergeleri	81
Tablo 5.1 Lif Tipleri ve Uygulamaları	93
Tablo 5.2 Ses Yutucu Malzemelerin Montaj Tasarımı	103

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1.1 İşitme Sınırları Eğrisi	27
Grafik 2.1 Reverberasyon Süresi	34
Grafik 3.1 Gürültü Kriteri (NC) Eğrileri	44
Grafik 3.2 Algılanan Gürültü Kriteri (PNC) Eğrileri	45
Grafik 3.3 Oda Kriteri (RC) Eğrileri	45
Grafik 4.1 Kompozit Yapı Elemanının Ses Yalıtımı	68
Grafik 4.2 Tuğlanın Tek Tarafına Sıva Uygulanmasından 0, 24, 48 ve 72 Saat Sonra Ölçülen Ses Azalma İndeksi Değerlerinin Karşılaştırılması	80
Grafik 4.3 Çeşitli Avrupa Ülkelerinin Eşdeğer R'w Değerleri	82
Grafik 5.1 Lifli Levhanın Aynı Yoğunluktaki İki Farklı Kalınlığının Ses Yutma Katsayıları	92
Grafik 5.2 Aynı Kalınlığa Ait Fiberglas Levhaların Ses Emilim Katsayılarının Frekansa Göre Dağılımı	92
Grafik 5.3 Melamin Köpük Frekanslara Bağlı Ses Yutma Değerleri	96
Grafik 5.4 Gözenekli Malzemenin Kalınlıkla Artan Ses Yutma Katsayısı	97
Grafik 5.5 Ses Yoğunluğunun Sesin Emilmesi Üzerindeki Etkileri	97
Grafik 5.6 6 mm Kalınlığındaki Kontrplak Panelin Ses Yutma Katsayıları	98



Yapı sektörünün değerli temsilcileri,

Hepimiz, daha sağlıklı ve huzurlu yaşam koşullarına sahip konutlar, ofisler, üretim tesisleri ya da sosyal tesisler inşa etmek için çalışıyoruz. Bu koşulları sağlamanın bir şartı da ses yalıtımıdır. Gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkilerinin ürkütücü boyutta olduğu kanıtlanmış bir gerçek. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre 2030 yılında dünya genelinde yaşayan insanların yüzde 30'unda işitme kaynaklı problemler baş gösterecek. Bu nedenle ses yalıtımı gün geçtikçe daha fazla önem kazanacak.

Eryap Grup çatısı altında Türk yapı sektörüne 15 yıldır çağdaş çözümler sunan; standartları yüksek yaşam alanları yaratmak için yapı malzemeleri üreten bir kuruluş olarak hazırladığımız Ses Yalıtımı Kılavuzu'nun akademik çevreler ve sektörün uzmanları için çok değerli bir kaynak olacağına ve bu alandaki önemli bir literatür açığını kapatacağına inanıyorum.

Yıllar önce ürettiğimiz yapı malzemeleri aracılığıyla ses yalıtımı konusuyla tanışmış olsak da son ürünümüz olan Wooler markalı taş yünü ile sektörde ciddi anlamda rol alan bir oyuncu haline geldik. Çünkü taş yünü; ısı, yangın ve nem yalıtımlarında üstün bir performans sağlarken aynı zamanda ses yalıtımı sağlayabilen tek üründür.

Wooler taş yünü için tüm kalite test belgeleri üretime geçtiğimiz ilk günden itibaren alınmış olmasına rağmen bu kılavuzu hazırlarken Wooler ürünlerini İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Laboratuvarı'nda yeniden kapsamlı testlere tabi tuttuk. Bu kılavuza konu olan çoğu teknik tablo ve veriler bu testler sonucunda hazırlanmıştır.

Üretim tekniklerinden, ürün çeşit ve özelliklerine, kullanım alanlarından yöntemlerine kadar tüm güncel bilgileri bulabileceğiniz bu Ses Yalıtım Kılavuzu aynı zamanda, yürürlükte olan ilgili tüm standart ve yönetmelikler hakkında da detaylı bilgi içermektedir.

Elinizdeki bu kılavuzun hazırlanmasında katkıları bulunan başta İstanbul Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Sevtap Yılmaz ve Teknik Eğitim Uzmanımız Seher Ersoy olmak üzere işin mutfağında bulunup üretimden test süreçlerine, belgelendirmeden karşılaştırmalara, değerlendirmelerden incelemelerine, bilgilerin derlenmesinden kontrolüne kadar emek veren tüm Eryap Grup çalışanlarına teşekkür ederim.

Hazırladığımız bu kılavuzun, tüm sektöre faydalı olmasını ve farklı bakış açıları sunarak önemli bir boşluğu doldurmasını temenni ediyorum.

Sevgi ve Saygılarımla,

Selim ERUSLU

Eryap Grup Yönetim Kurulu Üyesi



YAPI SEKTÖRÜNÜN LİDER FİRMASI ERYAP GRUP



ERYAP GRUP, 2001 yılından bu yana inşaat sektöründe, özellikle yalıtım alanında öncü ve yenilikçi kimliğiyle faaliyetlerini sürdürmektedir. Türk yapı sektörünün lider markalarını üreten Eryap Grup; Gaziantep, İstanbul ve Sakarya'da toplam 150.000 m²'yi aşan 3 üretim tesisinde polimer dış cephe kaplama sistemleri, ısı, su, ses ve yangın yalıtım malzemeleri ve polimer kapı-pencere sistemleri üretimi gerçekleştirmektedir.

2001 yılında Gaziantep'teki 50.000 m²'lik modern tesislerinde, sektörün ilk polimer dış cephe kaplaması üretimini gerçekleştirerek American Siding markasını sektöre kazandıran ERYAP, 2005 yılında İstanbul Silivri'de toplam 50.000 m² alanda kurulan ikinci tesisinde siding uygulamasının tamamlayıcı unsuru Bonuspan markalı XPS Ekstrüde Polistiren ısı yalıtım levhası üretimine başladı. Eryap Grup, daha sağlıklı, uzun ömürlü ve daha güvenli yaşam alanlarının sağlanabilmesi için ürün portföyünü genişletti ve 2007 yılının son çeyreğinde İstanbul Silivri tesislerinde Focus Membran markalı bitümlü su yalıtım örtülerinin üretimine başlayarak su yalıtım ürünleri sektöründe de yerini aldı. 2009 yılında Bonusmax markalı

ısı yalıtım paket sistemini, 2010 yılında Winer markalı polimer kapı ve pencere sistemlerini, 2011 yılında da Focus Shingle çatı kaplama malzemesini sektöre sunan Eryap Grup, Wooler ile yalıtımdaki iddiasını bir adım daha ileri taşımıştır. 2010 yılı Ocak ayında başlayan fizibilite çalışmalarının sonucunda 5 Avrupa ülkesinden, alanında uzman 9 farklı firma ile kurulumu tamamlanan Wooler Taşyünü Tesisi, Sakarya Hendek'te 60.000 m²'lik yerleşik alanda 2012 Mart ayında üretime başlamıştır.

İstihdamı artırmak ve ülkemizin sürdürülebilir kalkınmasına katkıda bulunmak amacıyla, kaliteli mal ve hizmet üretmeyi görev bilen Eryap Grup, çağdaş ve yenilikçi düşünce yapısı, tüm Türkiye çapında yaygın bayi ağı ve uzmanlaşmış kadrosu ile modernize edilmiş tesislerinde yeni teknolojileri kullanarak, standartlara uygun ve uygulama detayları çözülmüş ürünler üretilip, inşaat sektöründeki tüm yapıların uzun ömürlü ve sağlıklı yaşam koşullarına kavuşmasını sağlamak hedefiyle yatırımlarına devam edecektir.

ÇEVRE POLİTİKAMIZ



Eryap Grup, fabrikalarındaki Polimer Dış Cephe Kaplama, XPS Isı Yalıtım Levhaları, Bitümlü Su Yalıtım Örtüleri, Polimer Kapı ve Pencere Sistemleri ve Taşyünü üretimi ile Türkiye'nin öncü kuruluşudur.

Sürdürülebilir bir gelecek için; Gaziantep, İstanbul ve Sakarya Fabrikalarında ürettiğimiz ürünleri ve tüm süreçlerimizi direkt ya da endirekt etkileyen bütün faaliyetlerimizin çevreye olan olumsuz etkilerini en aza indirerek çevrenin korunmasını sağlamak Çevre Politikamızın vazgeçilmez bir parçasıdır.

ISO 14001: 2004 Çevre Yönetim Sistemi Temel İlkeleri doğrultusunda; ham madde ve enerji kullanımında, üretim süreçlerindeki teknoloji seçiminde, doğal kaynak israfının önlenmesinde, çevrenin korunması ve kirliliğin önlenmesi

amacıyla yürütülen tüm faaliyetlerimizde atıkların azaltılması ve geri kazanım yolu ile ülke ekonomisine yeniden kazandırılması sağlanacaktır.

Değerli bir hazine olarak gördüğümüz çevreyi koruyarak bu insanlık mirasının, doğal ve biyolojik zenginliğin ve çeşitliliğin korunması amacıyla çaba göstererek gelecekte de insanlığın faydalanabilmesi için aşağıda ifade edilen faaliyetler, önlemler ve prensipler, tarafımızdan harfiyen yerine getirilecektir.

- Uluslararası yasal düzenlemeler, ulusal kanun/mevzuat ve diğer yükümlülükler kapsamında Çevre Yönetim Sistemi'nin uygulanmasını, denetlenmesini ve sürekli iyileştirilmesini sağlamak,

- Teknolojik gelişmeleri takip ederek çevresel kirlenmeyi önlemek, atıkları kaynağında azaltmak ve mümkün olduğu kadar geri kazanmak, geri kazanımı olmayan atıkları çevreye zarar vermeden bertaraf etmek veya ettirilmesini sağlamak,
- Çevre politikamızı; iş ortaklarımıza, müşterilerimize, tedarikçilerimize, çalışanlarımıza ve tüm ilgili taraflara duyurmak; açık tutmak ve ilgili taraflarda da çevre bilincinin oluşmasına katkıda bulunmak,
- Doğal kaynakları ve enerji kullanımını azaltmaya yönelik çalışmalarla çevre bilincine önem veren bir şirket olarak faaliyetimize devam etmek,
- Çevre bilincinin geliştirilmesi için şirket çalışanlarımıza, tedarikçilerimize, müşterilerimize ve iş ortaklarımıza yönelik eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri düzenlemek,
- Şirket çalışanlarımızın çevre politikasının ve sorumluluklarının bilincinde olmalarını sağlamak için gerekli eğitim ve kaynak desteğini almalarını sağlamak,
- Çevre yönetimi sistemimizi sürekli geliştirmek için çalışmak,
- Ekolojik dengeye zarar vermeden atıkları en aza indirmek ve kirliliği kaynağında önlemek,
- İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği kurallarına uyarak çevreye zarar verebilecek etkileri önlemek,
- Enerji, hava ve su gibi doğal kaynakları korumak için doğal kaynak kullanımını, atıkları, sızıntıları, dökülmeleri ve gürültüyü mümkün olduğu kadar azaltmak ve önlemek,
- Geri dönüşümlü ambalaj kullanmak,
- Doğal kaynakları koruma yöntemleri üzerinde çalışmalar yapmak,
- Çevre ve gelecek bilinciyle nihai tüketiciler için, enerji ve doğal kaynak tasarrufunu teşvik eden ürünler tasarlamak ve geliştirmektir,
- Ürettiğimiz ürünlerin kullanımıyla nihai tüketiciler tarafında da karbon ayak izini azaltmaya yardımcı olmak.

ERYAP ve SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Günümüzde şirket çıkarlarının toplumsal çıkarlar ile çatışmadığı, ekonomik ve kar odaklı bakış açısının yanında sosyal ve çevresel konuların da şirketlerin sorumluluğu haline geldiği yeni bir dünya düzenine girmiş bulunuyoruz. İş dünyası için sürdürülebilirlik; bu yeni düzende günümüz trendlerinin şirketler için getirdiği risk ve fırsatları anlayabilmek ve bunlara göre operasyonlarını, ürünlerini ve hizmetlerini yeniden düzenlemek anlamına gelmektedir. Eryap Grup olarak, bu gelişmeleri takip ederek mükemmelliğe ulaşmayı ilke ediniyoruz.

Sürdürülebilir kalkınma; dünya genelinde “Gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılama imkânlarına zarar vermeden günlük ihtiyaçların temin edilmesi” olarak tanımlanıyor. Sürdürülebilir kalkınma stratejisi, topluma ve çevreye saygı bilinciyle, üretimden pazarlama faaliyetlerine, insan kaynaklarından lojistiğe kadar olan her aşamada değerlendirilmektedir. Eryap Grup olarak bu kalkınma stratejisi kapsamında ekonomik, çevresel ve toplumsal ölçütleri tespit ederek bugünden yarıya planlı olarak ilerleme hedeflenmektedir. Bu çerçevede Eryap Grup, başta ürün ve hizmet olmak üzere, gerek marka ve faaliyet alanı, gerekse iş süreçleri ve teknoloji kullanımını geliştirmek amacıyla yatırım faaliyetlerini artırarak her geçen yıl daha fazla büyümektedir.

Temel olarak sürdürülebilir kalkınma:

- Ekonomik açıdan dünya piyasalarıyla rekabet edebilen, insanların temel ihtiyaçlarının uygun şekilde karşılandığı,
- Toplumsal açıdan eşitlikçi; dezavantajlı grupları kapsayıcı ve yaşam kalitesini yükseltici,
- Çevre ve doğal sistemler açısından çevreyi koruyucu,

iyileştirici, destekleyici olacak şekilde yönetilmesi süreci olarak görülmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma yaklaşımının sosyal, ekonomik ve çevresel boyutları içeren politikalarla hayata geçmesi için bu üç boyutun bir arada planlanması gerekmektedir. Bu farkındalıkla birlikte; çalışanlarımızın, müşterilerimizin ve tüm paydaşlarımızın güvenini kalıcı kılabilmek için coğrafi boyutta küresel, bölgesel (uluslararası), ulusal, yerel ölçeklerde planlamalar yapılmasının yanında sosyal boyutta sürdürülebilir kalkınmaya ulaşabilmek için kent, toplum, iş dünyası gözetilerek yönetim planlarını yapmaktayız.

Yatırımlarımızı ve tüm faaliyetlerimizi sürdürülebilirlik stratejisi kapsamında modern, güvenilir ve sağlıklı yaşam alanları için ürettiğimiz ileri teknoloji ve doğa dostu ürünlerimizi müşterilerimizin kullanımına ve beğenisine sunuyoruz. 2001 yılından itibaren faaliyete geçtiğimiz inşaat sektöründe ve özellikle yalıtım alanında öncü ve yenilikçi kimliğimizle büyüme ivmemizi sürekli artırarak, sektörün lider markalarını üretiyoruz. Gaziantep, İstanbul ve Sakarya’da toplam 150.000 m2’yi aşan alanda yerleşik 3 üretim tesisinde tüm yalıtım malzemeleri (ısı, su, ses ve yangın) polimer dış cephe kaplama sistemleri ve polimer kapı pencere sistemleri üretimini gerçekleştiriyoruz.

American Siding, Bonuspan, Focus Membran, Bonusmax, Winer ve Focus Shingle gibi lider markaları Türkiye pazarına kazandırmamızın ardından, son ürünümüz olan Wooler ile sektördeki öncülüğümüzü ve yalıtımdaki iddiamızı bir adım öteye taşıyoruz. Bu kapsamda Wooler taşıyıcı sistemimizi 2012 yılının

Mart ayında devreye aldık. Sakarya, Hendek'te 60.000 m²'lik alana yerleşik tesisin altyapı ve kurulu kapasitesi 120.000 ton/yıl olarak projelendirilmiş olup, ilk hattı 40.000 ton/yıl olmak üzere üretime başladık. Üretimini yaptığımız ürünlerle teknolojik ve çevresel değişimleri karşılayabilmek amacıyla sürdürülebilir çalışmalarımıza devam ediyoruz.

Eryap olarak vizyonumuz çerçevesinde yer alan çağdaş ve yenilikçi düşünce yapısı, yeni teknolojileri kullanarak, standartlara uygun, inşaat sektöründeki tüm yapıların uzun ömürlü ve sağlıklı yaşam koşullarına kavuşmasını sağlama amacıyla örgütsel verimliliği önemseyen müşterilerimize, çalışanlarımıza, topluma ve çevreye kattığımız değeri sürekli ve belirgin bir biçimde artırma misyonumuzu güçlendirmek için, faaliyetlerimizin sorumlu bir şekilde yürütülmesinin önemini kabul etmekte ve bu politika ile sürdürülebilirlik stratejisini ve bu konudaki tüm çabalarımızı yönlendirecek ilkeleri belirlemeyi hedeflemekteyiz.

Sürdürülebilirlik anlayışımız çerçevesinde benimsediğimiz kalite politikalarımızın temelini müşteri odaklı yaklaşım ile sağlamakla birlikte, Türk yalıtım sektöründe üretim ve dağıtım lideri olmayı hedefleyerek çalışıyoruz. Bu kapsamda izlediğimiz kalite politikamız;

- Ürünlerini yalıtım sektörünün şartlarına uygun olarak sürekli geliştirmek ve enerji sarfiyatının sürekli azaltılmasını sağlamak,
- Dış Pazar payımızı artırarak ülke ekonomisine katkıda bulunmak ve pazardaki liderliğimizi, eğitilmiş, müşteri odaklı çalışan ve ekip çalışması konusunda, başarılı uygulamaları olan personelimiz ile sürdürüp geliştirmek,
- İş ve işçi güvenliği tedbirlerini uluslararası standartlara uygun olarak, personelimize bu konuda eğitimler vermek,
- Ürünlerimizi çevreye olması muhtemel etkilerini göz önüne alarak AR-GE çalışmalarımızı bu yönde planlamak ve kuruluşumuzun çevreye bakış açısı ve çevre koruma uygulamaları ile ilgili tüm paydaşlarımızla sürekli iletişim kurmak,
- Üretim maliyetini düşürerek aynı zamanda kaliteyi artırmak; sürekli iyileştirme yaklaşımı doğrultusunda bilimsel verilere dayalı çalışmayı esas alarak, tüm süreçlerimizdeki verimliliği sektördeki en iyi uygulamalar seviyesine yükselterek mükemmelliğe ulaşmayı ilke edinmek,
- En önemlisi müşteri memnuniyetini sağlamak amacıyla kaynaklarımızı sürekli geliştirerek Kalite Yönetim Sistemimizin şartlarına uymak ve etkinliğini sürekli iyileştirmek olarak belirlenmiştir.

GİRİŞ

Günlük yaşamda, seslerin varlığı, insanların kendilerini iyi hissetmesi için gereklidir. Konuşma, müzik, doğadaki sesler, yaşantımız için vazgeçilmezdir. Ancak, istenmeyen ses olarak tanımlanan gürültü, insan sağlığını olumsuz olarak etkiler. Birçok evin maruz kaldığı kontrolsüz ses (müzik, TV, konuşma sesi, adım sesi gibi) bina strüktürü tarafından sönümlendirilmesi gerekmektedir. Çalışma odalarında, işyerlerinde, davetsiz giren ses, özellikle konuşma sesi, çalışma yapan kişilerin dikkatini dağıtarak verimliliğin düşmesine neden olmaktadır, bu nedenle sadece konutlarda değil, bu mekanlarda da sesin denetim altına alınması gerekli olmaktadır.

Araştırmalar, açık alanlar ve iç mekânlardaki her tip gürültüyü kapsamaktadır. Bunlarla beraber dikkate alınması gereken birçok etken bulunmaktadır, hacmin kullanımı, hangi zamanda kullanıldığı, gürültünün süresi ve tipi gibi. Dünya çapında duruma bakıldığında, gürültüden kaynaklanan işitme kaybı, geri dönüşü mümkün olmayan iş kazalarından birisidir.

Gelişmekte olan ülkelerde, sadece işyeri gürültüsü değil, çevre gürültüleri de işitme bozukluğu için risk oluşturmaktadır. 1995'te düzenlenen Dünya Sağlık Kongresi'nde "Dünyada 120 milyon insanın işitme bozukluğu sorunu olduğu" belirtilmiştir. Japonya'da ise, bir anket düzenlenerek, gece oluşan gürültülerin uyku kalitesine olan etkisi ölçülmeye çalışılmış, bu araştırma 20-80 yaşları arasında 3600 bayana uygulanmıştır. Kişiler, farklı gürültülere sahip, sekiz adet karayolu kenarı bölgesinden seçilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, alınan uykunun kalitesi, gece oluşan trafik hacmi ile ilişkilidir. Ankette uyku kalitesini belirleyen parametreler ise, uykuya dalmadaki güçlük, uyku sırasında uyanma, çok erken kalkma, uykusuzluk hissetmedir. (7)

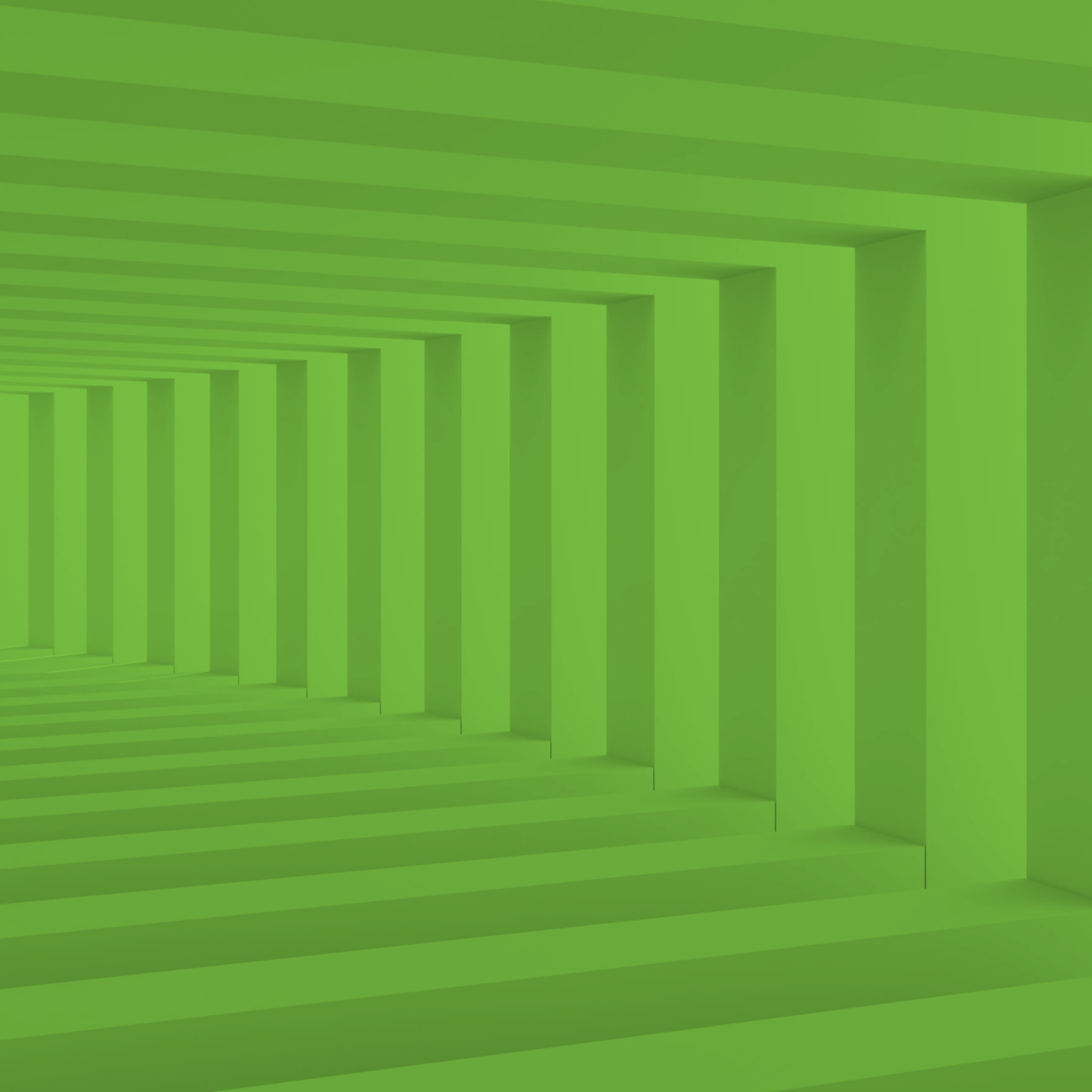
1971'de Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün çalışma grubu tarafından "gürültünün, insan sağlığına karşı ana bir tehdit olarak görülmesi gerektiği" bildirilmiştir. WHO'nun yaptığı araştırmalara göre Avrupa nüfusunun yaklaşık %25'i 65 dBA (Leq(24))'nın üzerinde ulaşım

gürültüsüne maruz kalmaktadır. 65 dBA değerindeki bir ses basınç düzeyinde uyku bölünür ve çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkar. Dört Avrupa ülkesi olan Fransa, Almanya, İngiltere ve Hollanda'da, karayolu gürültüsü, toplumun % 20-25'ini olumsuz etkilemektedir. (38)

1995 yılında İsviçre'de konutlar arasında istenilen ses azaltım değeri ile ilgili bir araştırma yapılmıştır. Analiz için 2322 katılımcı kullanılmış, bunların %65'i çok katlı evlerde, %20'si müstakil evlerde, %10'u teras evlerde ve %5 i diğer tip evlerde yaşamaktadır. Sorulan ana sorulardan bir tanesi; eğer dairenin ses yalıtımı artırılabilirse daha fazla kira ödemeyi kabul edip etmeyecekleridir. Bunun karşılığında alınan cevaba göre nüfusun %60'ı eğer ses yalıtımı artırılabilirse %10 daha fazla kira ödemeye razı olmuşlardır. (52)

Ses yalıtımı, yapı elemanları aracılığıyla iletilen seslerin düzeylerini azaltmak için alınan bütün önlemleri içerir. Binaların gürültüye karşı yalıtımı evrenseldir. Kullanıcıların, gürültü nedeniyle rahatsız olmamaları için, ses yalıtım prensiplerinin uygulanması gerekmektedir. Ses yalıtımı yapılmasında düşülen en büyük yanlışlık, ısı yalıtım elemanlarının, ses yalıtımında da etkili olduklarının düşünülmesidir. Kapalı gözenekli malzemeler, ısı yalıtımı için etkili olmasına karşın, çok zayıf ses yalıtım elemanlarıdır.

Açık gözenekli malzemeler bir mekân içindeki yayılan gürültünün azaltılmasında etkilidir, ancak sesin yalıtımına ise dolaylı olarak katkıda bulunur. Ses yutucu malzemeler yalıtımı desteklese de, yalıtım bu malzemelerin 3. görevidir, asli görevi ses emiciliğidir. Başarılı akustik performansla ulaşmak için, tamamlanmış inşaatın performans kriteri belirlenmelidir. Bu değeri sağlamak için, malzemeler ve bileşenler, mekanik sistem ve özellikli uygulama detayları özenle saptanmalıdır.



BÖLÜM 1
SES İLE İLGİLİ TEMEL
KAVRAMLAR

1. SES İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Esnek bir ortamda bir etken ile meydana gelen mekanik titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak işitilmesi SES olarak tanımlanmaktadır. Sesin meydana gelişi, yayılması, yansıması, duyulma anındaki etkileri ve ortam ile ilgili özellikleri, sesin şiddeti, sesin yutulması, katı maddelerden geçmesi, ses ve gürültünün ölçümü gibi fiziksel özelliklerinin bilinmesi; mekânların sağlıklı ve konforlu olarak tasarlanması açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, kitabın bu bölümünde ses ile ilgili fiziksel özelliklerin yer aldığı temel kavramlara yer verilmiştir.

1.1 Sesin Yayılma Hızı (c):

Ses dalga hareketlerinin ortam içinde zaman fonksiyonuna göre ilerlediği hız **sesin yayılma hızı** denir. Sesin yayılma hızı, ortamlarla ilişkili olup, ses katı – sıvı – gaz ortamlarına göre farklı yayılma hızına sahiptir. Buna göre yandaki tablo da sesin farklı ortamlardaki yayılma hızı gösterilmektedir (39).

Ortam Cinsi	Sesin yayılma hızı (m/s)
Hava	330 – 350
Su	1453
Çelik	5000
Kagir	3000
Ahşap	1000 – 4000
Mantar	500
Kauçuk	50

Tablo 1.1. Sesin Farklı Ortamlardaki Yayılma Hızı (39)

1.2 Sesin Dalga Boyu (λ):

Hava gibi ortamlarda ses dalgalar halinde yayılır. Titreşimlerin bir devri sırasında sesin aldığı yola **dalga boyu** denir. λ ile gösterilir. Moleküllerin durgunluk noktası çevresindeki sarkaç hareketi ile dalga boyu açıklığında ses hızına bağlı olarak sıkışma ve gevşeme noktaları oluşur ve bu noktalar frekansa göre farklılık gösterir.

$\lambda = c/f$ formülü ile hesaplanır.



Şekil 1.1. Sesin Havada Yayılmasında Dalga Boyu İle Frekans İlişkisi

Belirtilen şekil ve formüle göre havada sesin yayılması olayında dalga boyu sırası ile;

100 Hz'de 3.43 metre

1000 Hz'de 0.343 metre

10000 Hz'de 0.0343 metre olmaktadır (39).

1.3 Frekans (Hz):

Bir ortam içerisinde sesi meydana getiren titreşimlerin bir saniye süredeki yer değiştirme ya da salımın sayısına verilen addır. Birimi ise Hertz (Hz)'dir. 1 Hz saniyede 1 titreşim anlamına gelmektedir. İnsanların işitme frekans aralığı 20 Hz ile 20.000 Hz arasındaki alanı kapsamaktadır. Saniyedeki titreşim sayısı arttıkça diğer bir deyişle frekans yükseldikçe ses inceler. Akustikte;

20 - 100 Hz	→	Çok Kalın
100 - 400 Hz	→	Kalın
400 - 1600 Hz	→	Orta Kalın
1600 - 3150 Hz	→	İnce
3150 - 16000 Hz	→	Çok İnce

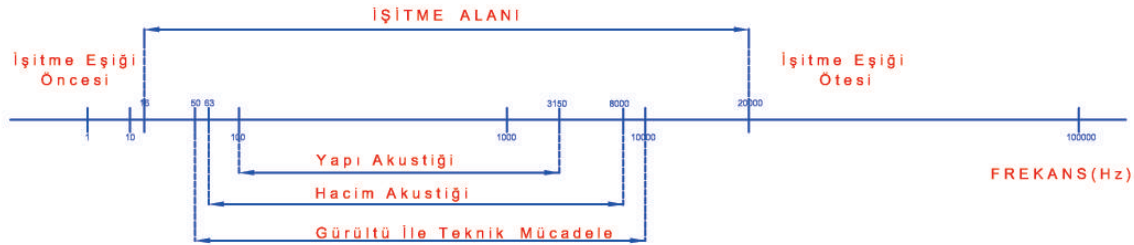
olarak tanımlanmaktadır.

Düşük frekanslı sesler, yüksek frekanslı sesler üzerinde maskeleye etkisi yapar. Maskemele etkisi ise; akustik tasarımın yetersiz

olduğu durumlarda istenmeyen gürültülerin istenen seslerin duyulmasını zorlaştıran etki olarak ifade edilir. Açık ofislerdeki gürültünün telefon konuşmasını perdelemesi maskeleye etkisine örnek verilebilir (21).

İşitme alanının özellikle üst sınırı önemli değişiklik ve sapmalar gösterir. Bu frekans üst sınır alanı yapısal tesislerin planlanması ve değerlendirilmesinde oldukça daraltılarak mekân içinde konfor sağlanır.

Makinalarda gürültü ile mücadelede genellikle 50 Hz ile 10.000 Hz arasındaki alan dikkate alınırken; hacim akustiği ile ilgili sorunlar 63 Hz ile 8.000 Hz arasında ele alınır. Yapı elemanlarının ses yalıtımı için ise genellikle 100 Hz ile 4000 Hz'in arasındaki frekans aralığı önemlidir. Bu spektrum içinden seçilmiş merkez frekanslar 100 - 125 - 250 - 500 - 1000 - 2000 - 4000 Hz'dir.



Şekil 1.2. Akustikte Ses Frekans Alanının Dağılımı

Bir titreşim için geçen süreye ise periyot denir. Birimi ise saniye (sn) ile ifade edilir. T ile gösterilir.

$$f = 1/T$$

1.4 Oktav Bandı:

İnsanların işitme aralığı 20 Hz ile 20.000 Hz arasında olup, yaklaşık 20.000 tane frekans vardır. Bu frekansları ses analizleri incelenecek frekans aralıklarına bölünmesine **oktav bandı** denir. Ancak alçak frekansların özellikleri çok sık aralıklarla değiştiği için alçak frekansların oktav bantlarında az frekans varken; yüksek frekansların oktav bantlarındaki frekans sayısı fazladır. Oktav aralığında yer alan frekans sayısı alçak frekanstan yüksek frekansa doğru artar. Her oktav bandı için temsili frekanslar tespit edilir. Bu tespit geometrik ortalama alınarak bulunur (53).

1.5 Perde - Ton:

Perde, düşük frekanstan yüksek frekansa bir ölçek üzerinde uzanan ve seslerin sıralanmasını sağlayan işitsel duydur. Frekans arttıkça artar, azaldıkça azalır. Perdesi olan bir ses duyusu ise Ton adını alır. Eğer ton tek bir frekanstan oluşuyorsa “Saf Ton” birçok frekanstan oluşuyorsa “Kompleks Ton” adını alır (21).

1.6 Tını:

Aynı sesin çeşitli müzik aletlerinden çıktığı zaman gösterdiği farklılığa **sesin tınısı** denir. Tını, sesin farklılığını ifade ederek kaynağının cinsini belirlemeye yarayan bir ses özelliğidir. Aynı notayı çalan farklı müzik aletlerinin ürettiği ses dalgalarının frekansları aynıdır. Fakat ses kaynakları farklı olduğu için yani müzik aletlerinde ses üretmek için farklı malzemeler kullanıldığı için sesler farklı olarak algılanır (21).

Sesler arasındaki tını farkı, renk farkı olarak da ifade edilebilir. Ses, kendine özgü olan bu rengi, taşıyıcı bir titreşimin (asal dalganın) üzerine oranlı olarak, yan titreşimlerin binmesiyle oluşan karmaşık titreşimlerin sonucunda kazanır. Frekansı oluşturan saniyedeki periyot sayısı ne kadar fazla olursa ses o kadar tiz, periyot sayısı ne kadar az olursa ses o kadar bas olur.

1.7 Genlik:

Titreşim hareketlerinin ortam elementlerinin titreşim hareketleri ile gidip geldikleri uzaklığa titreşimin genliği adı verilir. Ses şiddetinin

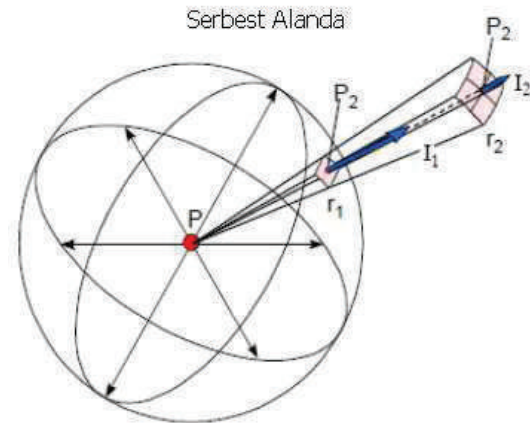
azlığı ya da çok çokluğu aynı zamanda genliğin azlığını ya da çokluğunu ifade eder. Ses şiddeti arttıkça genlikte artış gösterir. Birimi ise metre (m)’dir (53).

1.8 Partikül Hızı:

Harmonik bir titreşimde, akustik kaynağın yüzeyi genişleyip daralarak yüzeyindeki hava partiküllerini titreştirir. Titreşen hava partikülleri, yanındaki hava partikülüne dokunarak bu titreşimi iletir ve bu işlem kaynağın enerjisi tükenene kadar devam eder. Bu şekilde dalga yayılımı oluşurken, partiküller kendi referans eksenlerinde bir ileri bir geri hareket yaparak titreşir. Bu yayılımın (dalga hareketinin) hızı ses hızı olarak adlandırılırken, her bir partikülün titreşim hızı da **partikül hızı** olarak adlandırılır (39).

1.9 Ses Şiddeti:

Serbest bir hacimde uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalan ses şiddeti; yayılım doğrultusuna dik birim alandan aktarılan ses enerjisi miktarına ‘**ses şiddeti**’ denir. Birimi W/m^2 olup (I) ile ifade edilir. Vektörel ve ölçülebilir bir büyüklük olup, kaynaktan olan uzaklık arttıkça azalır. Ses basıncı ile partikül hızının çarpımlarının zaman ortalaması olarak da ifade edilebilir.



Şekil 1.3. Serbest Alandaki Sesin Şiddeti

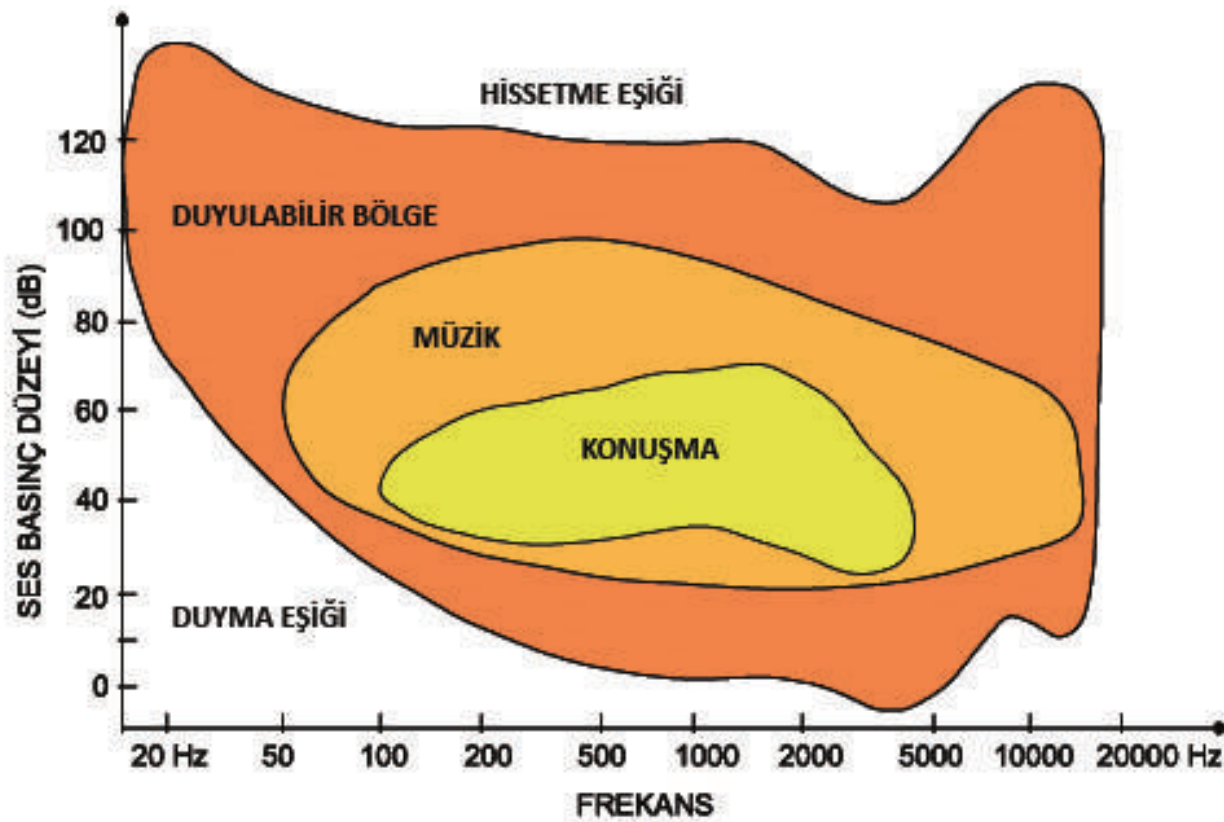
1.10 Ses Gücü:

Bir kaynaktan birim zamanda yayılan ses enerjisine **ses gücü** denir. Birimi Watt'tır. Kaynağın yaydığı sesin karakteristik bir ölçüsüdür.

1.11 Ses Basıncı (p):

Hava partiküllerinin ses dalgasına bağlı olarak titreşmesi sonucu oluşan atmosferik basınçtaki dalgalanmaya **ses basıncı** denir.

Akustikte ses basıncını ölçmek için kullanılan skala çok geniş bir diziye yayılır. Ancak kulak her şiddetteki ses basınç farklılıklarını aynı derecede algılamadığı için ses basınçları logaritmik bir skala üzerinden ölçülür. Aşağıdaki şekilde ise insan kulağının işitme sınırları eğrisi belirtilmiştir.



Grafik 1.1. İşitme Sınırları Eğrisi (29)

Ses Basıncı Birimi (bar); santimetrekare başına 0,001 gramlık basınç kuvvetine eşittir. Ses basıncı için mikrobare, Newton/m² gibi birimlerde kullanılabilir. Kullanılan birime göre ölçülen ses basınçları geniş bir sayı aralığını karşıladığı için söz konusu

değerlerin ifadesi için logaritmik bir ölçek kullanılmaktadır. Buna göre ses basınç düzeyi birimi de desibel (dB)'dir. İnsan kulağının en hassas olduğu orta ve yüksek frekanslara göre esas alınan ses basınç seviyesinin birimi dB(A)'dır (29).

Tablo 1.2. Ses Basınç Düzeylerine Göre Bazı Kaynakların dB(A) Değerleri

dB (A)	Ses ve Gürültü Türü	Algılama
0	Tam Sessizlik	Duyulabilir Boyut
8	İnsanın Nefes Alış-Verişi	Duyulabilir Boyut
10	Çöl Sessizliği	Duyulabilir Boyut
20	Fısıldama	Duyulabilir Boyut
30	Sessiz Kırık Bölge	Duyulabilir Boyut
30	Saat Tıkırtısı	Duyulabilir Boyut
40	Normal Konuşma Sesi	Duyulabilir Boyut
40	Konutta Düşük Düzeyde Çalınan Müzik	Duyulabilir Boyut
50	Sessiz Apartman	Duyulabilir Boyut
50	Büro Gürültüsü	Duyulabilir Boyut
60	Yüksek İnsan Sesi	Yorgunluk Boyutu
70	Normal Akan Trafik	Yorgunluk Boyutu
70	Yüksek Düzeyde Radyo Müziği	Yorgunluk Boyutu
80	Ağır Trafik	Yorgunluk Boyutu
90	Büyük Orkestra	Yorgunluk Boyutu
100	Yaklaşan Metro	Sancı Boyutu
100	3 m Uzaklıkta Otomobil Klakson Sesi	Sancı Boyutu
110	Çim Biçme Makinesi	Sancı Boyutu
120	Aşırı Zorlanan Motor Gürültüsü	Sancı Boyutu
130	Uçak	Sancı Boyutu

Akustikte çok sayıda ses basınç düzeyindeki kaynaklar bir araya getirildiğinde; desibel büyüklükleri logaritmik bir büyüklüğün birimi olduğu için bu birimlerin aritmetik olarak toplanması doğru değildir (29).

ÖRNEK:

80 dB ses basıncına sahip iki otomobil bir araya getirildiğinde toplam ses basınç düzeyleri 160 dB değildir.

$$80 \text{ dB} + 80 \text{ dB} = 160 \text{ dB}$$

Buna göre;

Toplanan İki Değer Arasında Fark (dB)	Büyük Değere Eklenecek Değer (dB)	ÖRNEK
0 – 1 dB	3 dB 3 dB	80 dB + 80 dB = 83 dB 80 dB + 81 dB = 84 dB
2 – 3 dB	2 dB	80 dB + 82 dB = 84 dB
4 – 9 dB	1 dB	80 dB + 89 dB = 90 dB
10 dB ve üstü	0 dB	80 dB + 90 dB = 90 dB

1.12 Ses Yüksekliği:

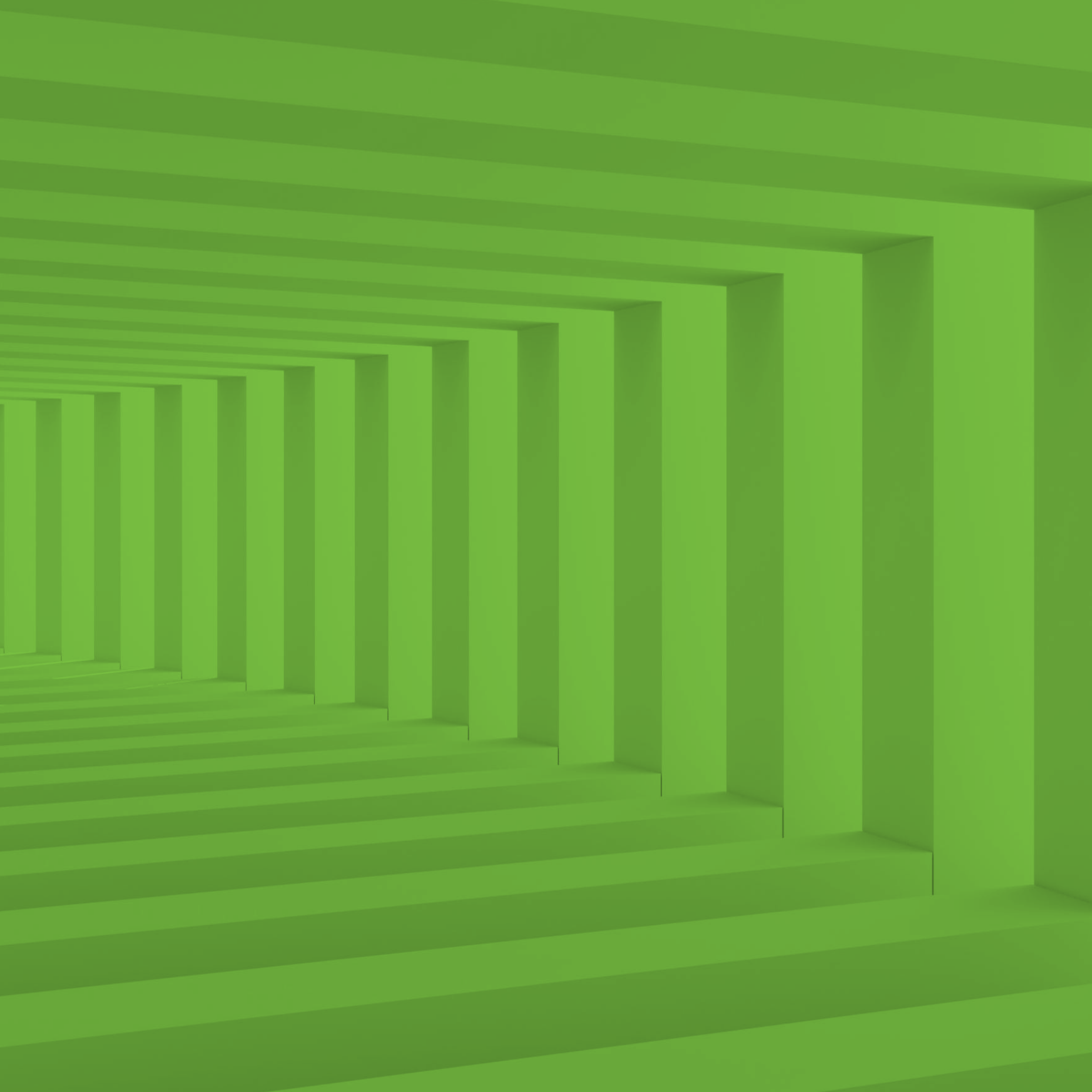
İşitme sistemi; sesleri kulak zarına, yakın bölgede oluşturdukları genliklerine ya da ilgili ses basıncı düzeylerine, frekans içeriklerine (pes ya da tiz olmalarına) ve biçimlerine (harmonik, darbe, kesikli vb.) göre değişik yüksekliklerde algılar. Ses yüksekliği gürültü ya da sesin; ses basıncı düzeyine, frekansına ve biçimine göre insanda oluşturduğu öznel ya da sübjektif duyguyu belirginleştirmek ve tanımlamak için geliştirilmiş bir kavramdır.

Örneğin, 100 Hz frekanslı ve 80 dB ses basıncı düzeyine sahip bir basit ses ile 1000 Hz frekanslı ve yine 80 dB ses basıncı düzeyine sahip basit sesin oluşturduğu ses yükseklikleri birbirinden farklıdır (10).

1.13 Sesin Yeğİnliğı:

Birim zamanda yayılma doğrultusundaki birim alandan geçen ses enerjisinin ortalama değeri **sesin yeğİnliğı** olarak ifade edilmektedir. Herhangi bir serbest ilerleyen (düzlem ya da küresel) dalga için yeğİnlik aşağıda belirtildiğı gibidir. Simgesi I, birimi Watt/m²'dir. (30)

Ses yeğİnliğinde, doğrultunun belirlenmesinde yarar vardır. Ses yeğİnliğinin hem niceliğinin hem de doğrultusunun olması, vektörel bir büyüklük olması sonucunu doğurur. Ses yeğİnliğı genellikle, içinde ses enerjisi akımı olan, belirlenmiş bir alana dik doğrultu esas alınarak ölçülür.





BÖLÜM 2

SES İLE İLGİLİ FİZİKSEL OLAYLAR

KAPALI ALANLARDA SESİN YAYILMASI

2. SES İLE İLGİLİ FİZİKSEL OLAYLAR

KAPALI ALANLARDA SESİN YAYILMASI

Farklı bir enerji türünün ses enerjine dönüştürülerek ortaya çıkması, doğal ya da yapay olabildiği gibi mekanik veya fiziksel olay sonucu ses titreşimlerinin meydana gelişi ile de olabilmektedir. Ses, üç boyutlu ortam olarak sınırsız ortam (açık hava) ve sınırlı ortamlarda (kapalı alan) yayılır. Açık havada yayılan ses, toprak ve bitkilerin neden olacağı yansımalar önemsenmez ise düzgün dalgalar halinde yayılır. Ancak, farklı amaçlara yönelik alanların tasarlanması sırasında kapalı alanlarda karşılaşılan ses ile ilgili problemler açık havada sesin yayılımına göre daha karmaşıktır. Bu nedenle bu bölümde ses ile ilgili fiziksel olaylar kapalı alanlardaki sesin yayılımı esas alınarak belirtilecektir.

2.1 Sesin Yayılması:

Sesin kapalı alanlarda, ortamın geometrik özelliklerine göre yayılmaları büyük önem taşımaktadır.

Ses, ortamın geometrik özelliklerine göre;

- Tek boyutlu ortamlarda düzlem dalgalarla,
- İki boyutlu ortamlarda düzleme yakın karmaşık dalgalarla,
- Üç boyutlu ortamlarda küresel dalgalar halinde yayılır.

Yapılarda uzun koridorlar, aydınlık, asansör boşlukları, havalandırma kanalları gibi boyutları biri diğerinin 10 katı ve üzeri ise tek boyutlu ortam olarak ele alınır. Bu ortamlarda ses ya ortam içinde doğar ya da dışarıdan ortama girer. Küresel ses dalgaları bu ortama girdikten sonra düzlem dalgalara dönüşür. Düzlemsel ses dalgalarında sesin mesafe ile azalması neredeyse mümkün olmamaktadır. Yapılarda duvar ve döşeme gibi yapı elemanları ise iki boyutlu ortamlar olarak belirlenir. Bu gibi ortamlarda ses, uzak mesafelere az bir kayıpla ulaşmaktadır. Üç boyutlu ortamlar ise sınırsız ortam (açık hava) sınırlı ortam (kapalı hacimler) olarak ifade edilir. Burada meydana gelen yayılım küresel dalgalar halinde olup, yayılma doğrultusuz ve karmaşıktır.

2.2 Sesin Kırılması:

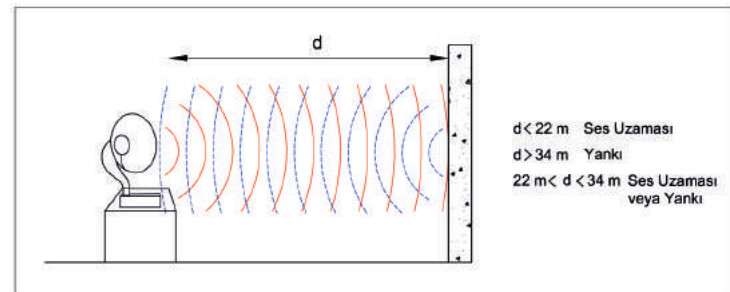
Ses kırılması, ses dalgalarının bir engel ile karşılaştığında yön değiştirmesi olayına denir. Işıktaki kırılma gibi seste de kırılma engelin boyutları ve dalga boyuna göre farklılık gösterir. Sesin dalga boyu eğer bir engelin boyutlarından büyük ise kırılma olayı meydana gelir.

Kırılma genellikle düşük frekanslarda söz konusu olup, köşe, kolon, giriş ve duvarlar gibi engellerde bükülerek uzaklaşır ya da dağılır. Yansıtıcı özelliğe sahip, küçük, üniform ve düz yüzeylerde ise istenmeyen kırılma etkileri oluşabilir (15).

2.3 Sesin Yansıması:

Ortamda yayılan ses, karşılaştığı her nesneye çarpar, çarpan ses enerjisinin bir kısmı bu nesneden geçer, bir kısmı nesne tarafından yutulur, bir kısmı ise yansıma kurallarına göre yansır. Sesin geçme, yutulma ve yansıma oranları ise nesnelerin cinsine, şekline ve yüzeylerine göre farklılık gösterir.

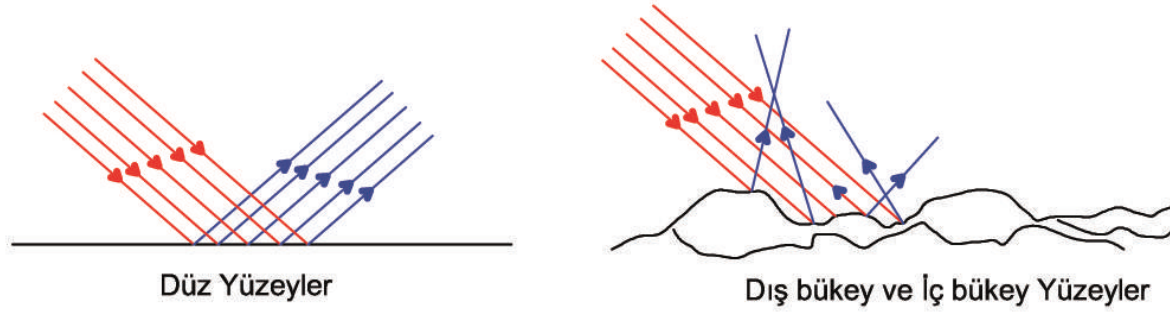
Ses yansıması bazı durumlarda yankı olarak da algılanabilir. Bir ses kaynağından doğrudan gelen sesle, aynı ses kaynağının yansıtıcı bir yüzeyden gelen ses arasındaki mesafe 22 metreden az ise algılanan ses, ses uzaması; bu uzaklık 34 metreden fazla ise algılanan ses yankı olarak nitelendirilir. Uzaklık farkları 22 metre ile 34 metre arasında ise sesin özelliğine göre ses uzaması veya yankı olarak algılanabilir. (29)



Şekil 2.1. Ses Uzaması ve Yankının Uzaklıkla İlişkisi

Beton, taş, tuğla, cam gibi rijit ve düz yüzeyler ses enerjisinin neredeyse tamamını yansıtır. Yansımada yüzey düz ise; gelen ve

yansıyan ışın açıları eşit olur. Dış bükey yüzeyler ses saçıcı özellik taşırken, iç bükey yüzeyler ise yansımış ses dalgalarını yoğunlaştırır.



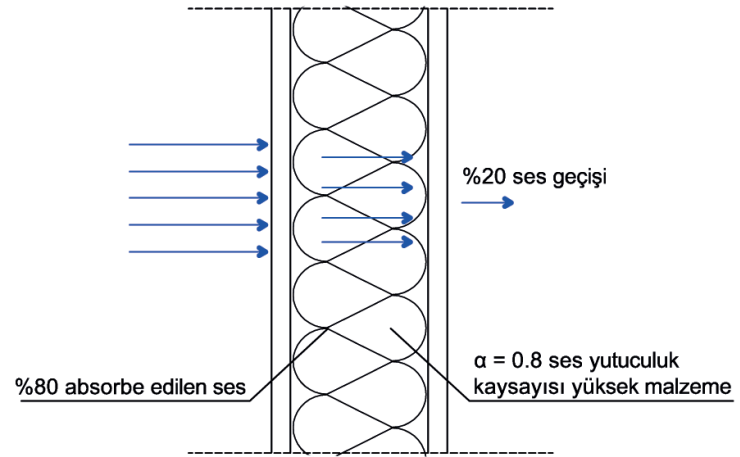
Şekil 2.2. Sesin Bir Yüzeyden Yansıma Koşulları

2.4 Ses Yutulması:

Ses dalgasının bir engelle karşılaşması durumunda ses enerjisinin hücreler arasındaki direnç ve sürtünme etkisi ile o engel tarafından ısı enerjisine dönüştürülmesi olayıdır. Ancak burada dönüşen ısı enerjisi miktarı çok azdır. Yaklaşık tüm yapı malzemeleri sesi belli ölçüde yutar. Hacim içinde başarılı ses kontrolü sağlanması için yüksek ses yutuculuğuna sahip malzemelerin kullanılması oldukça önemlidir. Yapının duvar, tavan ve döşeme yüzeylerinin üzerine uygulanan malzemeler, yapı içerisindeki perde, koltuk gibi hareketli yükler ve hacim içerisindeki havanın yutuculuğu gibi etkenler yutuculuk seviyesinde etkilidir. (39).

Bir malzemenin ses yutuculuğundaki etkisi ise belli bir frekans içinde **ses yutuculuk katsayısı** ile değerlendirilir. Bir yüzeyin ses yutuculuğu; sahip olduğu ses yutuculuk katsayısı ile yüzey alanının çarpımıyla elde edilen **sabin** (α) adı verilen birim ile ölçülür. Bu değer her malzemede farklı bir değerde olup, 0 ile 1 arasında değişebilir.

Ses yutuculuk katsayısı yüksek malzemeler ise genellikle taş yünü, cam yünü, sünger gibi yumuşak ve gözenekli malzemeler olup, çınlama sürelerinin kontrolü, gürültü azaltımı ve eko dengelen-



Şekil 2.3 Sesin Yapı Elemanı İçinde Yutulması

mesinde kullanılır. Bazı malzemelerin frekansa bağlı ses yutuculuk katsayıları aşağıdaki gibidir.

Tablo 2.1. Malzemelerin Frekanslara Göre Ses Yutuculuk Katsayıları

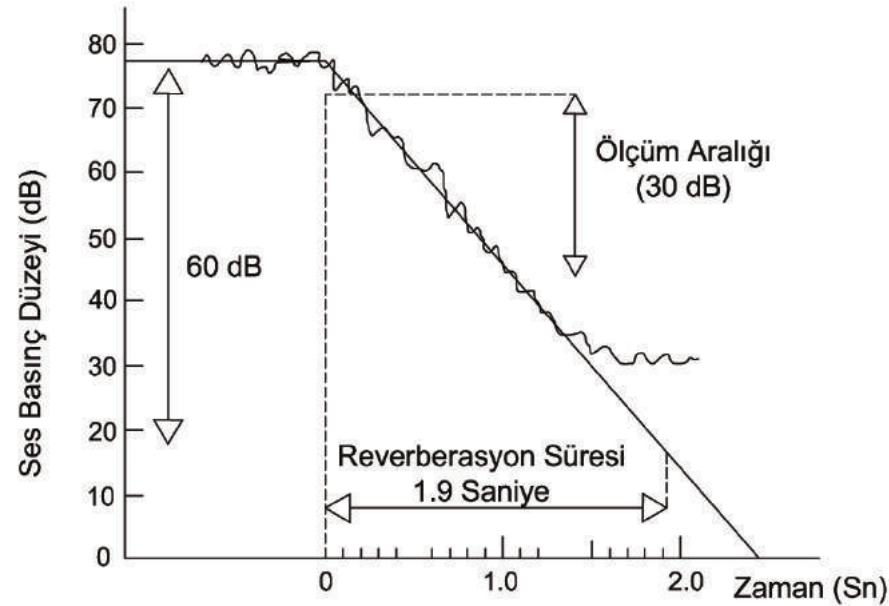
Malzemeler	Frekanslara Göre Ses Yutuculuk Katsayıları					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Taş Yünü 5 cm 90 kg/m ³	0,20	0,65	0,95	0,90	0,85	0,90
Cam Yünü 5 cm 32 kg/m ³	0,20	0,65	0,95	0,90	0,80	0,85
Ahşap Yünü 5 cm	0,50	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90
Poliüretan Köpük 4 cm	0,08	0,12	0,28	0,60	0,84	0,78
Melamin Köpüğü 4 cm	0,05	0,18	0,33	0,78	0,92	0,92
Atık Süngerden yapılan ürünler 4 cm	0,10	0,20	0,60	0,93	0,84	0,91

2.5 Reverberasyon (Yankılanma - Çınlama) Süresi:

Hacim yüzeylerinden yansıyan ve bu yüzeylerde yutulan seslerin düzeylerinin eşitlenmesiyle bir denge konumuna ulaşılır. Denge konumuna ulaşılmasından, ses kaynağı açık kaldığı süreye kadar ses düzeyinde bir değişim gözlenmez. Ses kaynağının kapatılmasıyla ses düzeyi zaman içinde düşmeye başlar. Bu düşüşün süresi mekânın yansıtıcılık ve yutuculuk özelliklerine göre farklılık göstermekte olup, bazı mekânlarda daha uzun, bazı mekânlarda ise daha kısadır. Diğer bir deyişle kapalı bir hacimde, ses kaynağının enerji aktarımını durdurması durumunda; sesin yayılımı hemen

durmaz. Oda içerisinde sesin yansımalarından dolayı oluşan bu ses yayılımının devam etmesi de reverberasyon olarak tanımlanır. Bir sesin, kaynağın kapanmasından sonra 60 dB'lik bir düşüşü gösterdiği süre Reverberasyon (Yankılanma – Çınlama) Süresi (RT) olarak ifade edilir (35).

Kaynaktan çıkan ses gücü 60 dB'lik bir azalmayı gözlemlememize yetecek kadar yüksek olmasa bile Reverberasyon Süresi tespit edilebilir, çünkü Reverberasyon Süresi bir hız kavramıdır. Genelde 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz gibi oktav bantlarının ortalarına denk gelen belirli frekanslar için tespit edilir (4).



Grafik 2.1. Reverberasyon Süresi (2)

Mekanlara ilişkin reverberasyon süresi ise aşağıdaki bağıntı ile bulunabilir.

$$RT = \frac{(0,161 \cdot V)}{(A+X \cdot V)}$$

RT: Reverberasyon Süresi

V: Odanın Hacmi (m³)

A: Odanın Yutuculuğu (m² sabin)

X: Havanın Yutuculuğu

0,161: Ampirik Sabit (sn/m)

Odanın yutuculuğu (A) ise;

$$A = \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \alpha_3 \cdot S_3 + \dots$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$: Farklı Yutuculuk Katsayıları

$S_1, S_2, S_3, \dots$: Odanın farklı Yüzeyleri (m²) ile bulunabilir.

Optimum Reverberasyon Süresi değerleri formüllerden de anlaşılacağı üzere hacmin büyüklüğüne ve hacmin kullanım amacına göre değişmektedir. Genel bir kabul olarak görülen 500 Hz frekansı için müzik amaçlı salonlarda 1,8 – 2,2 sn aralığı, opera salonlarında 1,3 – 1,8 sn aralığı ve konuşma amaçlı salonlarda 0,7 – 1,0 sn aralığı olarak alınabilir (2).

2.6 Distorsiyon (Bozulma):

Kapalı bir hacimde reverberasyon süresinin frekanslara göre farklılık göstermesi ses kalitesinde ve tınısında bozulmalara neden olabilir. Bu durumda sesin yeğirliği farklı algılanır. Frekanslara bağlı olarak, sesteki bozulmalar ve yeğirlik farklılıklarına distorsiyon (bozulma) adı verilir. Hacim içinde kullanılan malzemeler ise sesin frekanslarına göre farklılık göstermektedir. Buna göre,

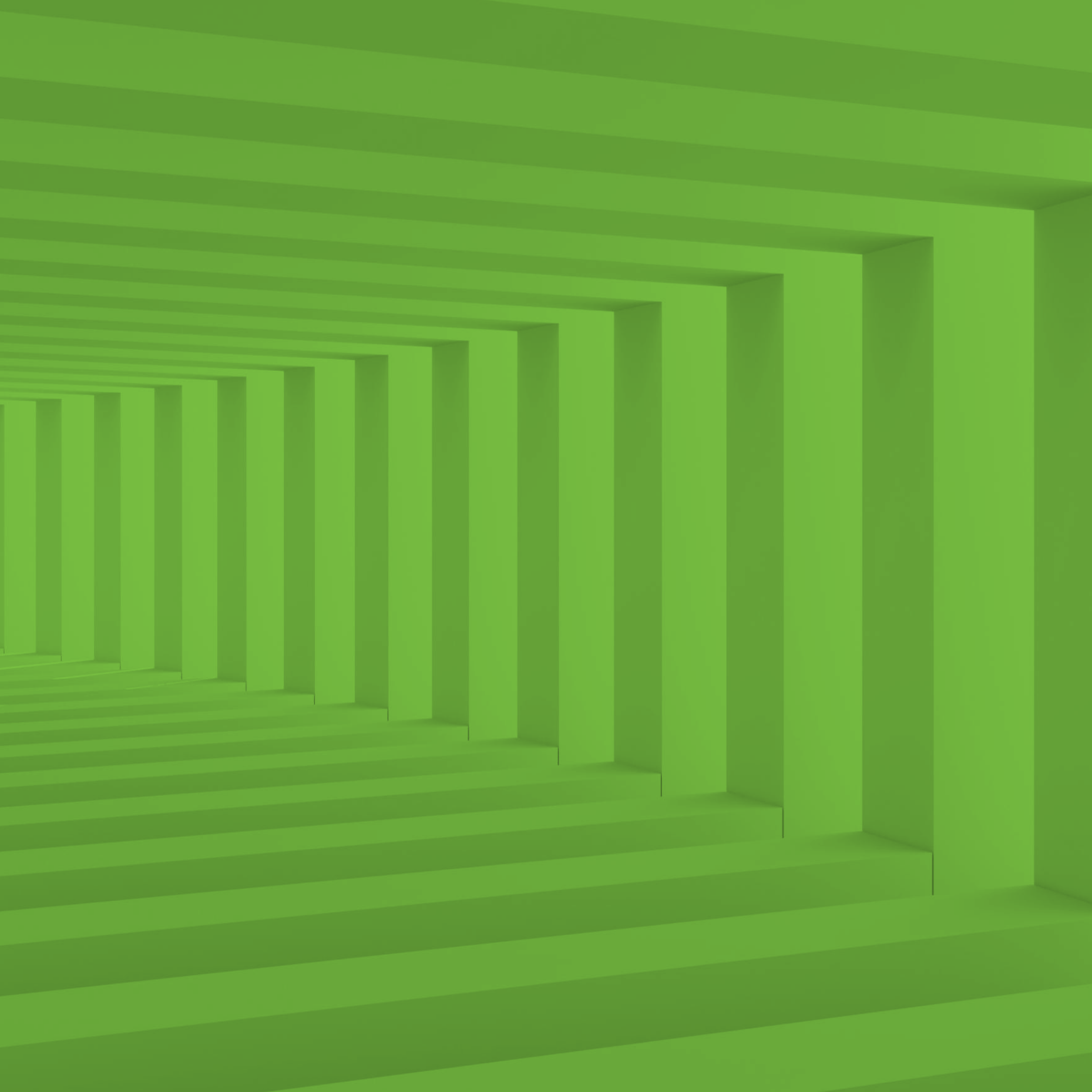
aynı malzeme ile kaplanan salonda frekans farklılıklarına göre yutulma ve yansıma istenen özelliklerde gerçekleşmeyebilir. Bu nedenle hacim içerisinde oluşabilecek seslerin kaliteleri bozulur. Tüm işitme frekans aralığında, akustik malzeme bitişleri dengeli yutuculuk özelliklerine uygun olarak uygulanırsa distorsiyon meydana gelmez (17).

2.7 Rezonans:

Rezonans, kaynaktan çıkan sesin farklı frekanslarda gösterdiği aşırı tepkiye verilen addır. Küçük hacimlerde ciddi bir kusur olarak kabul edilir. Dar bir bant frekans içindeki belli seslerin diğer frekanslardan yüksek çıkması şeklinde algılanır. Özellikle sesin mikrofonlarla alındığı radyo ve kayıt stüdyolarının tasarımında, kusurun giderilmesi önem taşır.

2.8 Eko:

Eko, sesin işitildikten belli bir zaman sonra yüksek ve uzun olarak gelen ana sesin tekrarı olarak tanımlanabilir. Birbirine paralel ve yansıtma özelliği yoğun olan karşılıklı iki duvardan yansıyan seslerin birinin aynı, diğerinin zıt fazlı olması vurgusal yankı oluşumuna neden olarak ses yeğirliği seviyesinde dalgalar oluşturur. Zıt fazlarda bu düzey minimum, aynı fazda ise yeğirlik yüzeyleri maksimumdur. Açık Yankı ise, dinleyiciye yansıyan sesin dolaysız sestten 50 milisaniye sonra ulaşması halinde oluşur.



BÖLÜM 3
GÜRÜLTÜ - GÜRÜLTÜ
KONTROLÜNÜN
PLANLANMASI

3. GÜRÜLTÜ - GÜRÜLTÜ KONTROLÜNÜN PLANLANMASI



Elastik bir ortamda işitme duyusunun algılayabildiği küçük basınç dalgalanmalarının ya da değişimlerinin oluşturduğu duyuma **ses** denir. **Gürültü** ise fiziksel olarak gelişigüzel yapılı ve birbiri ile uyumlu tonal bileşenleri bulunmayan genelde yüksek düzeyli karmaşık ses toplulukları olup, sübjektif olarak istenmeyen ses olarak nitelendirilir. (32).

Gürültü, insanların işitme duyusunu olumsuz yönde etkileyen, fizyolojik ve psikolojik dengesini bozan, çalışma performansını azaltan, çevrenin dinlendirici özelliklerini azaltarak veya yok ederek niteliğini değiştiren, karmaşık seslerden oluşan önemli bir çevre kirleticisidir (31). Aynı zamanda gürültü son yıllarda fazlaca rahatsızlığa neden olan çevresel problemlerin de başında gelmektedir. Birey ve toplum sağlığı üzerinde zarar verici etkileri tüm dünyaca kabul edilmiş olan gürültü kirliliği sorunu, diğer kirlenme türleri gibi insanlara olduğu kadar çevreye de rahatsızlık vermektedir. (2). İstenmeyen ses olarak tanımlanabilen gürültü, sanayinin gelişmesi, nüfus artışı ve plansız şehirleşmeye bağlı olarak her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda, bu bölüm kapsamında gürültü ölçütü düzeyleri ve gürültünün sınıflandırılmasına değinilerek gürültünün kontrolü için planlama kriterleri belirtilmiştir.

3.1 Gürültü Düzeyi Ölçütleri

Gürültü kirliliğinin önüne geçmek, gürültünün kabul edilebilir maksimum seviyesinin yasalar ve yönetmeliklerle belirlenmesi, insanların bulunduğu mekânlarda bu seviyelere uyup uymadıklarının kontrolü için sık sık gürültü ölçümlerinin yapılması gerekir. İnsanlar üzerindeki etkisi sübjektif olan gürültü ise anket ve ölçüm çalışmaları ile her mahal için farklı değerler esas alınmak üzere değerlendirilir. İnsanların gürültünün belli değerlerinde gösterdiği iş performansının azalması, uykusuzluk, kızgınlık, sinir sistemi bozuklukları, işitme kaybı gibi problemlerin tespit edilmesi ile gürültü üst sınırlarının ve aralıklarının ölçüt olarak belirlenmesi sağlanmaktadır.

Gürültü düzeyi ölçütleri, ses basınç düzeyinin belli bir eğriye göre ağırlığı olarak ifade edilmektedir. Karmaşık seslerin ses yüksekliğini tek bir değerle ifade etmek mümkündür. Üç tip ağırlık eğrisi bulunmaktadır. A eğrisi düşük düzeyde, C eğrisi ise yüksek düzeyde sesler için kullanılmaktadır. Günümüzde A eğrisi her yükseklikte ses düzeylerini ifade etmektedir. Bunun nedeni A eğrisinin kulak duyarlılık eğrisi ile doğrudan ilişkili olmasıdır.

A, B ve C eğrileri kullanılarak gürültü ölçümleri yapılmaktadır. Bir sesin oktav band veya 1/3 oktav band ses basınç düzeyleri belli ise o sesin toplam ses düzeyinin bulunması mümkündür.

dBA; insan kulağının çok hassas olduğu orta ve yüksek frekansların özellikle vurgulandığı bir ses değerlendirilmesi birimidir. Bu, ses yüksekliğinin sübjektif değerlendirilmesi ile de ilişkilidir. A ağırlıklama işleme işitme sisteminin duyarlı olduğu frekans aralığındaki (1000 Hz ile 5000 Hz) seslerin bileşenlerinin etkisini vurgulamakla birlikte, bu aralık dışında kalan frekanslardaki seslerin toplam düzeye olan etkisini, işitme sisteminin özelliklerini de dikkate alarak azaltmaktadır. İnsan kulağının frekansa bağlı olarak sese olan duyarlılığını en iyi A ağırlık eğrisi temsil etmektedir ve genelde A ağırlık eğrisi kullanılmaktadır.

dBB; Ani ses düzeylerinin ölçümünde kullanılan bir ses ağırlık eğrisidir.
dBC; Darbe gürültülerinin ölçümü için kullanılır (40).

3.1.1 Eş Değer Gürültü Seviyesi (Leq):

Verilmiş bir süre içinde süreklilik gösteren ses enerjisinin veya ses basınçlarının logaritmik ortalama değerini veren dBA biriminde bir gürültü ölçөгüdür. Diğer bir deyişle, sesin alçalıp yükselmelerinin olduğu ya da düzeyinin zamanla geliş güzel değıştiğı gürültü türlerinin değeriendirilmesinde ses düzeyinin zamanla değışiminin incelenmesi yerine sesin eşdeğer sürekli ses seviyesi kullanılmaktadır. Genellikle “Leq” ile ifade edilmektedir. Leq’nun fonksiyonu belirlenmiş bir periyot için zaman değışkenine göre tek sayı ölçüler elde etmek için kullanılmaktadır. Topluluk içindeki sesler; kamyon, otomobil gürültüsü, hava alanı gürültüsü ve birçok sanayi gürültüsü Leq değerini analiz edebilecek tipik örneklerdir. Böylece bir kişinin gürültüden zarar görmemesi için gürültülü ortamda en fazla ne kadar kalması gerektiğı, değışik gürültü düzeyleri belirlenerek istatistiksel olarak tespit edilebilir.

Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Bölümü Leq göstergesinin genel olarak çevresel gürültünün ölçüm ve değeriendirmesinde temel olarak kullanılma gerekçeleri ise;

- Gürültünün insan üzerindeki etkileri ile mükemmel uyuşmakta olması,
- Kesin, basit ve pratik olması,
- Hem planlamada hem uygulamada kullanılabilir olması,
- Halen kullanılan metotlarla çok benzerlik göstermekte olması,
- Kullanılan ölçüm cihazlarının standartlara uygun ve piyasada kolay bulunabilmesidir. (13)

3.1.2 Gündüz ve Gece Gürültü Seviyesi (Lgündüz ve Lgece):

Gürültüye verilen tepki gündüz ve gece farklılık göstermektedir. 24 saate karşı gelen eşdeğer gürültü düzeyinin çevre gürültüsünü değeriendirmede yeterli olmayacağı görölmektedir. Bu nedenle, A ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalaması olup, yılın gece sürelerinin tamamına göre belirlenen ve gece süresindeki

uyku kaçırıcı rahatsızlığı ifade etmekte kullanılan etkilenim seviyesi (22:00-07:00 arası) gece eşdeğer gürültü seviyesini (Lgece), A ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerjisinin logaritmik ortalaması olup, yılın gündüz sürelerinin tamamına göre belirlenen ve gündüz süresindeki rahatsızlığı ifade etmekte kullanılan etkilenim seviyesi, (07:00-22:00 arası) gündüz eşdeğer gürültü seviyesi (Lgündüz) olarak tanımlanmıştır. Gece ve gündüz eşdeğer gürültü seviyelerinin ağırlıklı ortalamaları alınarak bulunan gündüz-gece gürültü seviyesi (Lgündüzgece) tanımlanmıştır.

3.1.3 Gündüz, Akşam ve Gece Eşdeğer Gürültü Seviyeleri (Lgag):

24 saat alınarak yapılan eşdeğer gürültü seviyesi yerine insanların gürültüye daha hassas oldukları saatlerde ölçülen eşdeğer gürültü düzeylerinin zaman ağırlıklı ortalaması alınarak oluşturulan gösterge tercih edilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde ve ülkemizdeki ilgili yönetmeliklerde çevre gürültüsünün değeriendirilmesinde kullanılan gösterge, gündüz-akşam-gece gürültü seviyesi (Lgag)’dir. Gündüz – akşam - gece gürültü seviyesi (Lgag), gece (23:00-07:00 arasındaki 8 saat) süresindeki eşdeğer gürültü düzeyinin (Lgece) 10 dB, akşam (19:00-23:00 arasındaki 4 saat) süresindeki eşdeğer gürültü seviyesinin (Lakşam) 5 dB artırılıp, gündüz (07:00-19:00 arasındaki 12 saat) süresindeki eşdeğer gürültü seviyesi (Lgündüz) ile ağırlıklı ortalamalarının alınmasıyla bulunmaktadır.

Gündüz-akşam-gece gürültü düzeyi, 24 saat boyunca aralıklı olarak ölçülen ve istatistiksel olarak temsili sayılabilecek çok sayıdaki gürültü düzeyinden yararlanarak hesaplanmaktadır. Önce gündüz, akşam ve gece ölçümlerinin kendi aralarında ayrı ayrı ortalamaları alınır. Gündüz, akşam ve gece sürelerindeki eşdeğer gürültü seviyeleri hesaplanır. Daha sonra Lgece’yi 10 dB, Lakşam’ı 5 dB artırıp, Lgündüz ile ağırlıklı ortalamalarını alarak Lgag bulunur (40).

3.1.4 Çevresel Gürültünün Rahatsızlık Seviyesi:

Çevresel gürültünün insanlar üzerinde yarattığı rahatsızlığın değeriendirilmesinde, eşdeğer sürekli ses seviyesi yetersiz kalmaktadır.

Böyle durumlarda, tonal değişim, darbe etkilerinin de dâhil edildiği Etkilenim Seviyesi (LAR,Tr) kullanılmaktadır.

Aynı değerdeki seslere maruz kalan kişilerin etkilenme seviyeleri birbirinden farklı olabilir. Ör: Aynı değerdeki zil sesi (tonal değişim içerebilir), fan sesi (düşük frekans ve tonal değişim içerebilir) ve müzik sesleri (düşük frekans içerebilir). Gerçek etkilenim seviyesinin belirlenmesi amacıyla LAR, Tr tanımlanmıştır (13).

3.1.5 Ses Etkilenim Seviyesi (SEL, LE):

Ses etkilenim seviyesi (SEL, LE) kısa süren tekil gürültü olaylarının yükseldikten sonra alçalan değerlerinin tek bir değerle ifade edilebilmesinde kullanılır. SEL parametresi her zaman için 1 saniyeye normalize edildiğinden ölçüm süreleri farklı olan olayların karşılaştırılabilmesinde de kullanılabilir. Aynı zamanda farklı noktalardaki gürültülerin birleştirilmesi veya karşılaştırılması amacıyla da kullanılmaya başlanmıştır (13).

3.1.6 İstatistikî Ses Seviyesi:

İstatistikî ses seviyesi, belirli bir olay sırasında oluşan gürültü seviyelerini belirtir. Kapsadığı zaman aralığı herhangi bir uzunlukta olabilir, fakat genellikle bir saat ve üzeri olarak göz önüne alınır. Genellikle A-ağırlıklı ses seviyesi kullanılır. LN olarak gösterilen istatistikî ses seviyesi, belirli bir zaman dilimi içinde ölçülmüş gürültü ortamını anlatmakta olup, zamanın yüzde N'sinde aşmış gürültü seviyesi anlamına gelmektedir.

L10, L50, L90 en çok kullanılan istatistikî değerlerdir. L10, yüksek düzey ve kısa süreli gürültülerin ortalama bir ölçümünü verirken; L50, orta ses seviyesidir ve zamanın %50 sinde aşılan ses seviyesini gösterir. L90 ise zamanın %90'ında aşılan ses seviyesini gösterir (13).

L10, toplam gürültü, ölçüm süresinin %10'u kadar bir süre içinde aşılan gürültü seviyesini gösterir. Geri kalan %90'lık sürede, gürültü seviyesi bu seviyenin altında kalmıştır. Bu parametre, ölçülen gürültünün maksimum seviyesi hakkında bilgi içerir.

L50, toplam gürültü, ölçüm süresinin %50'si kadar bir süre içinde aşılan gürültü seviyesini gösterir. Bu parametre, ölçümü yapılan çevresel gürültünün ortalama seviyesi hakkında bilgi içerir.

L90, toplam gürültü, ölçüm süresinin %90'ı kadar bir süre içinde aşılan gürültü seviyesini gösterir. Geri kalan %10'luk sürede, gürültü seviyesi bu seviyenin altında kalmıştır. Bu parametre, ölçümü yapılan çevresel gürültünün arka plan seviyesi hakkında bilgi içerir (13).

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği gereğince bazı mekanlara ait gürültü ölçüm değerleri ise aşağıdaki gibi olmalıdır.

Tablo 3.1. Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri

Alanlar	Planlanan/Yenilenmiş/ Onarılmış Yollar			Mevcut Yollar		
	Lgündüz	Lakşam	Lgece	Lgündüz	Lakşam	Lgece
(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	60	55	50	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	63	58	53	68	63	58
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	70	65	60
Endüstriyel alanlar	67	62	57	72	67	62

Tablo 3.2. Hafif Raylı Sistemler İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri

Yeraltı İstasyonları		Leq (dBA)	Yerüstü İstasyonları		Leq (dBA)
Giriş – Merdivenler – Koridorlar		55	Platformlar (Platform kenarından 1,8m)	Duran ve kalkan trenler için	70
Platformlar (Platform kenarından 1,8m)	Duran ve kalkan trenler için	80		Geçen trenler	75
	Geçen trenler	85		Çalışır durumda bekleyen trenler için	65
	Çalışır durumda bekleyen trenler için	65			
İstasyon içinde havalandırma sistemi		55			
Caddelerde havalandırma kanalları (9.0 m'de)		55			
İstasyon içinde kapalı hacimlerde bulunan acil havalandırma fanları (22.5 m.'de)					

Tablo 3.3. Hava Alanı Çevresel Gürültü Sınır Değerleri

Alanlar	Küçük hava alanları (yılda elli binin altında iniş/ kalkışın olduğu hava alanları)			Büyük hava alanları (yılda elli bin ve üstü iniş/ kalkışın olduğu hava alanları)		
	Lgündüz (dBA)	Lakşam (dBA)	Lgece (dBA)	Lgündüz (dBA)	Lakşam (dBA)	Lgece (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	63	58	52	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	68	63	58
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	67	62	57	72	67	62
Endüstriyel alanlar	70	65	60	75	70	65

Tablo 3.4. Endüstri Tesisleri İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri

Alanlar	Lgündüz (dBA)	Lakşam (dBA)	Lgece (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin yoğunluklu olduğu alanlar	60	55	50
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	68	63	58
Endüstriyel alanlar	70	65	60

Tablo 3.5. Şantiye Alanı İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri

Faaliyet türü (yapım, yıkım ve onarım)	Lgündüz (dBA)
Bina	70
Yol	75
Diğer kaynaklar	70

Tablo 3.6. İç Ortam Gürültü Seviyesi Sınır Değerleri

Kullanım Alanı		Kapalı Pencere Leq (dBA)	Açık Pencere Leq (dBA)
		Kullanım alanlarında herhangi bir faaliyet olmadığı durumlardaki değerler:	
Kültürel Tesis Alanları	Tiyatro salonları	30	40
	Sinema salonları	30	40
	Konser salonları	25	35
Sağlık Tesis Alanları	Yataklı tedavi kurum ve kuruluşları, dispanser, poliklinik, bakım ve huzur evleri ve benzeri	35	45
	Dinlenme ve tedavi odaları	25	35
Eğitim Tesisleri Alanları	Okullardaki derslikler, özel eğitim tesisleri, kreşler, laboratuvarlar ve benzeri	35	45
	Spor salonu,	55	65
	Yemekhane	45	55
	Kreşlerdeki yatak odaları	30	40
Turizm Yerleşme Alanları	Otel, motel, tatil köyü, pansiyon ve benzeri yatak odası	35	45
	Konaklama tesislerindeki restoran	35	45
Sit Alanları	Arkeolojik, doğal, kentsel, tarihi ve benzeri	55	65
Ticari Yapılar	Büyük ofis	45	55
	Toplantı salonları	35	45
	Büyük daktilo veya bilgisayar odaları	50	60
	Oyun odaları	60	70
	Özel büro (uygulamalı)	45	55
	Genel büro (hesap, yazı bölmeleri)	50	60
	İş merkezleri, dükkanlar ve benzeri	60	70
	Ticari depolama	60	70
	Lokantalar	45	55
Kamu Kurum Kuruluşları	Ofisler	45	55
	Laboratuvarlar	45	55
	Toplantı salonları	35	45
	Bilgisayar odaları	50	60
Spor Alanları	Spor salonları ve yüzme havuzları	55	65
Konut Alanları	Yatak odaları	35	45
	Oturma odaları	45	55

3.2 Gürültünün Sınıflandırılması

Dünya genelinde kentsel hayatın kaçınılmaz sorunlarından biri olan gürültü, ilerleyen teknolojiye paralel olarak, kalabalıklaşan şehirlerde kent kullanıcılarının hayatını olumsuz yönde etkilemektedir. Tüm dünyada, ortaya çıkan bu rahatsızlığa karşı gürültüyle ilgili ciddi çalışmalar yapılmakta, gerek hazırlanan yönetmeliklerle gerekse yapılan uygulamalarla gürültü olabildiğince denetim altına alınmaya çalışılmaktadır. Gürültünün denetim altına alınabilmesi ise gürültü değerlerinin ve kaynaklarının sınırlarının belirlenerek insan üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi ile çözümlenebilir. Buna göre gürültü; frekans spektrumuna ve zaman içindeki değişimlerine göre sınıflandırılabilir.

3.2.1 Gürültünün Frekans Spektrumuna Göre Sınıflandırılması

Gürültü, frekans spektrumuna bağlı olarak sürekli spektrum (geniş bant gürültüsü) ve işitilebilir farklı tonlardaki spektrum (dar bant gürültüsü) olmak üzere iki şekilde sınıflandırılır.

1- Sürekli Spektrum (Geniş Bant Gürültüsü)

Birçok gürültü türü sürekli bir spektruma sahiptir. Yani; gürültüyü meydana getiren sesin frekansı, bir veya birkaç frekans aralığına değil, bütün frekansları içerecek şekilde tüm frekans boyunca yayılmıştır. Bu tür gürültülere aynı zamanda beyaz gürültü de denir. Sürekli geniş bant gürültüsüne örnek olarak bir beyaz gürültü olan konuşma sesi gürültüsü verilebilir.

2- İşitilebilir Farklı Tonlardaki Spektrum (Dar Bant Gürültüsü)

Bu gruba giren seslerde genel olarak birkaç frekans yoğun olarak yer alır. Diğer bir deyişle, gürültü içindeki belirgin tonlar açık olarak işitilebilir. Örnek olarak; daire testerenin çıkardığı ses, özellikle yüksek frekansları ihtiva eder ve bu sınıf içinde yer alır.

3.2.2 Gürültünün Zaman İçindeki Değişimlerine Göre Sınıflandırılması

Seslerin zaman içinde frekansları ve yeğinlikleri değişebilir. Ses, zaman içinde inceldiği gibi kalınlaşabilir ya da frekansı sabit kalan

bir sesin düzeyi azalıp çoğalabilir. Buna göre gürültünün zaman içindeki değişimlerine göre sınıflandırılması aşağıdaki gibidir.

1- Kararlı Gürültü: Gözlem süresince seviyesinde dikkate değer olmayan küçük dalgalanmaları olan gürültüdür. Sabit hızda çalıştırılan bir vantilatörden ya da yine sabit hız ve güçte çalışan bir elektrik motorundan yayılan gürültü bu tür gürültüye verilebilecek en uygun örnektir.

2- Kararsız Gürültü: Gözlem süresince seviyesinde dikkate değer ölçüde değişiklik olan gürültüdür. Uçağın ya da bir arabanın geçerken çıkardığı geçiş gürültüsü, çekiçle çivi çakılırken yayılan darbe gürültüsü, tüfekte ateş ederken çıkan patlama gürültüsü, sürekli çalıştırıldığında kararlı gürültü yayabilme yeteneğine sahip olan bir kaynağın kesik kesik çalıştırılmasıyla oluşan kesikli gürültü, ses düzeylerinin periyodik olarak değiştiği dalgalı gürültü şekillerinde olabilir.

• **Dalgalı Gürültü:** Gözlem süresince seviyesinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklik olan gürültüdür.

• **Kesikli Gürültü:** Gözlem süresince seviyesi aniden ortam gürültü seviyesine düşen ve ortam gürültü seviyesi üzerindeki değeri bir saniye veya daha fazla sürede sabit olarak devam eden gürültüdür.

• **Puslu (Vurma) Gürültü:** Her biri bir saniyeden daha az süren bir veya birden fazla ses darbeleri gürültü türüdür. Bu gürültüye en iyi örnek; çekiç ve perçin makinesi gürültüsüdür.

• **Yarı Kararlı Puslu Gürültü:** Ses darbeleri arasında 0,2 saniyeden daha kısa aralıklarla olan ve genlikleri karşılaştırılabilen bir seri darbeleri gürültüdür (13).

Bu gürültü türlerinin aynı zamanda oluşma yerine göre de önemi vardır. Yapının dış çevresindeki ulaşım – sanayi – inşaat – açık hava etkinlikleri gürültüleri ile yapının içinde oluşan insan – müzik – tesisat – makine gürültülerine karşı verilen tepkiler ve insanlar üzerinde oluşturdukları rahatsızlıklar da birbirinden farklıdır. Buna göre aşağıdaki tablo gürültünün insanlar üzerindeki etkilerini göstermektedir.

Tablo 3.7 Gürültü Etkilerinin İnsanlar Üzerinde Sınıflandırılması

30 – 65 dBA	I. Derecedeki Gürültüler Konforsuzluk Rahatsızlık Sıkılma Duygusu Kızgınlık Konsantrasyon ve Uyku Bozukluğu
65 – 90 dBA	II. Derecedeki Gürültüler Fizyolojik Gürültüler Kalp Atışlarının Değişimi Solunum Hızlanması Beyindeki Basıncın Azalması
90 – 120 dBA	III. Derecedeki Gürültüler Fizyolojik Gürültü Baş Ağrısı
120 – 140 dBA	IV. Derecedeki Gürültüler İç Kulakta Bozukluklar
140 > dBA	V. Derecedeki Gürültüler Kulak Zarının Patlaması

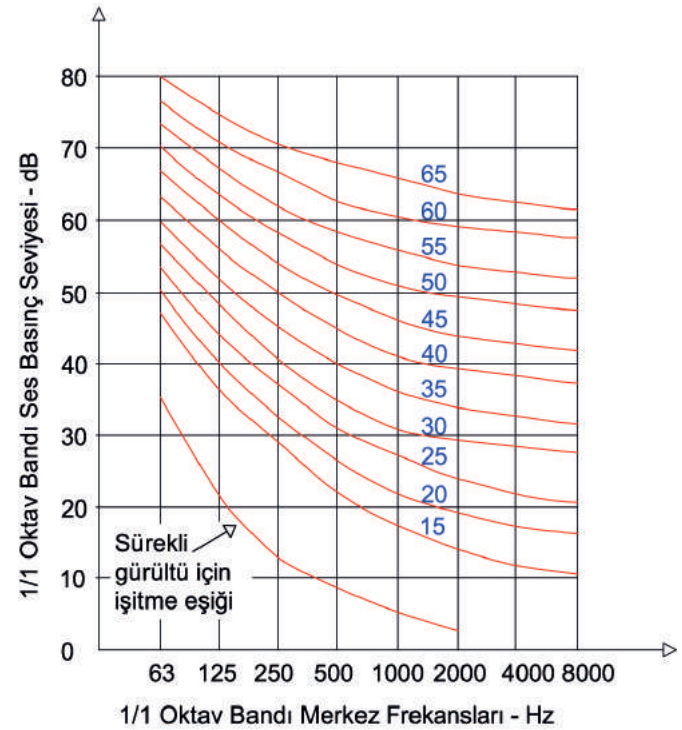
Tablo 3.8’de Gürültü seviyesindeki değişimin insanlar tarafından algılanması belirtilmiştir.

Tablo 3.8 Gürültü Seviyesindeki Değişimin İnsanlar Tarafından Algılanması

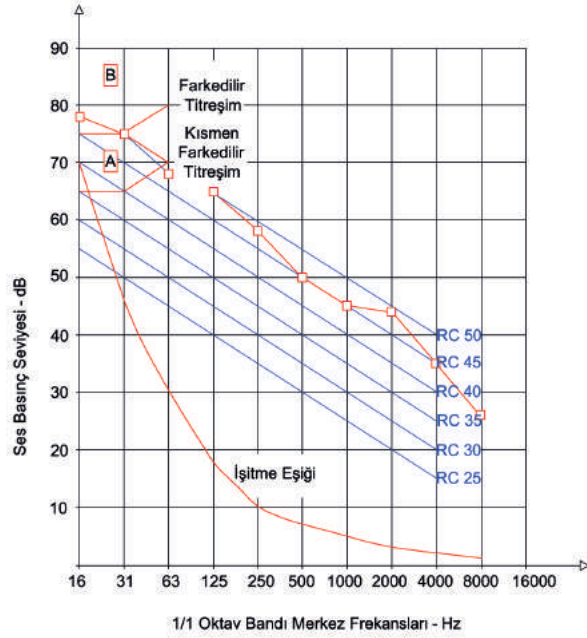
Seviyedeki Artış (dB)	Değişimin İnsanlar Tarafından Algılanması	Gürültünün Etkisi
0	Fark Edilmez	Yok
3	Değişim Ancak Fark Edilebilir	Çok Az
3-5	Değişim Kolayca Fark Edilebilir	Az
5-7	Aralıklı Şikâyetler Görülebilir	Orta Seviyede
7	Rahatsız Olunur	Orta Seviyede
7-10	Aralıklı Şikâyetler	Yüksek
10-15	Geniş Çaplı Şikâyetler	Çok Yüksek
15-20	Grup Reaksiyonları Görülebilir	Çok Yüksek

3.2.3 Kapalı Mekanlarda Gürültü Kriterleri

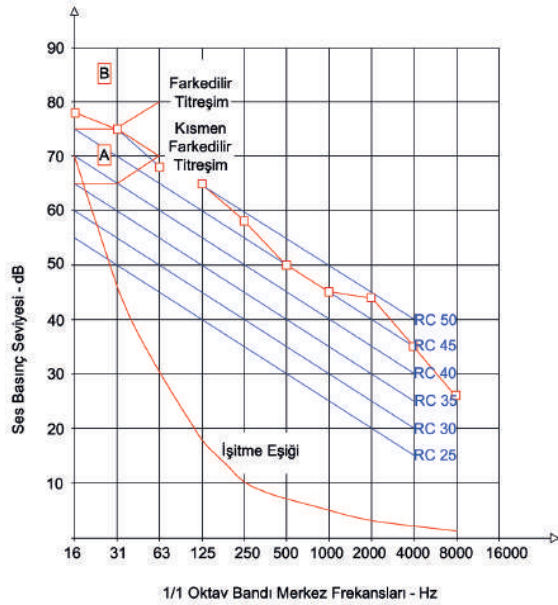
Gürültü kriteri mevcut durumlardaki en yüksek gürültüyü ölçmek ve değerlendirmek için kullanılır. Arka plan gürültü seviyelerinin belirlenmesi için en uygun ses yalıtımının tercih edilmesini sağlar. Bu kriter uygun arka plan gürültüsü belirlenirken tek bir ortalama yerine 8 oktav bantla kabul edilebilir en yüksek gürültü düzeylerinin sınırlarını çizen bir eğrinin kullanılmasını öngörür. Belirlenen gürültü kriteri (NC) değerleri, yapı içerisindeki kullanıcıların faaliyetlerine göre farklılık gösterir. Daha sonraki çalışmalarda ise; Gürültü Kriteri (NC) değerleri revize edilerek “Algılanan ya da Tercih Edilen Gürültü Kriterleri (PNC)” oluşturulmuştur. Günümüzde her iki eğri de kullanılmaktadır. Algılanan gürültü kriteri 125 – 250 – 500 – 100 Hz frekanslarında gürültü kriterinden 1 dB daha düşüktür. 63 Hz’te 4 -5 dB daha düşük olmaktadır.



Grafik 3.1. Gürültü Kriteri (NC) Eğrileri



Grafik 3.2. Algılanan Gürültü Kriteri (PNC) Eğrileri



Grafik 3.3. Oda Kriteri (RC) Eğrileri

Bazı mekânlara ait PNC değerleri ise aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 3.9 Bazı Mekanlara ilişkin Algılanan Gürültü Kriteri (PNC) Değerleri (15)

Mekanlar	PNC Değeri (dB)
Ofisler	Açık Ofisler
	Çizim Salonları
	Bilgisayar Odaları
	Özel Ofisler
	Konferans Odası
Kamusal Binalar	Kütüphaneler
	Mahkemeler
	Müzeler
	Bankalar, vb.
Oteller	Odalar
	Restoranlar
	Mutfak
	Çamaşırhane
	Lobiler
Spor Alanları	Jimnastik Salonları
	Bowling Salonları
	Yüzme Havuzları

Oda Kriteri (RC) ise havalandırma sistemlerinden kaynaklanan arka plandaki seslerin maskelenmesi için kullanılan değerleri içerir. Oda kriteri eğrilerinin oluşturduğu grafik NC ve PNC eğrilerinden farklıdır. Düz ve paralel olan oda kriteri eğrileri düşük frekanslarda eğriyi 5 dB aşarsa yüksek bir ses düzeyi oluşur. Yüksek frekanslarda ise, eğrinin 5 dB aşılması durumunda ses tıslaması gibi ses oluşmaktadır (Grafik 3.3).

Kapalı mekânlardaki gürültü kriterlerinin belirlenmesinde etkili olan diğer bir ölçüt ise **Gürültü Sınıflandırma Ölçütü**'dür. NR ile ifade edilir. NC – PNC eğrileri ile arasında çok fazla bir fark yoktur. Bu Uluslararası Standartlaştırma Organizasyonu (ISO) tarafından geliştirilmiştir. Özellikle iç mekânların sahip olması gereken değerlere ilişkin verileri beyan eder (URL-2).

Tablo 3.10 Merkez Frekanslara Bağlı Gürültü Sınıflandırma Değerleri

GÜRÜLTÜ SINIFLANDIRMA DEĞERLERİ (dB)								
Merkez Bant Frekansları								
NR SEVİYESİ	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
NR20	51	39	31	24	20	17	14	13
NR25	55	44	35	29	25	22	20	18
NR30	59	48	40	34	30	27	20	18
NR35	63	52	45	39	35	32	30	28
NR40	67	57	49	44	40	37	35	33
NR45	71	61	54	48	45	42	40	38
NR50	75	65	59	53	50	47	45	43
NR55	79	70	63	58	55	52	50	49
NR60	83	74	68	63	60	57	55	54
NR65	87	78	72	68	65	62	61	59
NR70	91	83	77	73	70	68	66	64
NR75	95	87	82	78	75	73	71	69
NR80	99	91	86	82	80	78	76	74

Tablo 3.11. Farklı Mekânların Gürültü Sınıflandırma Değerleri (URL-2)

Alanlar	NR Seviyesi
Stüdyo ve Dinleme Salonları	Ses Kayıt Stüdyoları
	Konser Salonları
	Tiyatro - Sinema
Hastaneler	Ameliyathane
	Çoklu Yatak Odaları
	Mutfak ve Çamaşırhane
Oteller	Odalar
	Balo Salonları - Banketler
	Koridor – Lobi
	Mutfak
Restoranlar ve Mağazalar	Restoran
	Gece Kulübü - Cafe
	Süpermarketler
Ofisler	Toplantı Odaları – Şahıs Odaları
	Resepsiyon
	Açık Ofisler
Kamusal Alanlar	Toplantı Salonu
	Kütüphane – Müze
	Umumi Tuvaletler
	Yüzme Havuzları – Spor Alanları
	Garaj – Otopark
Sanayi Bölgeleri	Antrepo
	Atölyeler
Özel Konutlar	Yatak Odası
	Oturma Odası

3.3 Gürültünün Kontrolü İçin Planlama Kriterleri

Sesin gürültü olarak algılanması, bir yandan o sesin düzeyine ve yüksekliğine diğer yandan da insanın fizyolojik ve psikolojik özelliklerine bağlıdır. Gürültünün fiziksel etkileri uykusuzluk, kalp atışının hızlanması gibi bozuklukların dışında işitme sistemine etkileri geçici ve kalıcı olarak iki ayrı şekilde olmaktadır. Geçici etkilerin en çok karşılaşılanı geçici işitme eşiği kayması veya duyma yorulması olarak bilinen işitme duyarlılığındaki geçici kayıptır. Kulak ağrısı, 120 dB'den başlayarak, çınlama, uğultu olarak etki gösterir. Etkileşimin çok fazla olduğu ve işitme sisteminin eski özelliklerine kavuşmadan tekrar gürültüden etkilendiği durumlarda işitme kaybı kalıcı olmaktadır. Kalıcı işitme kaybı başlangıçta 4000 Hz ile 6000 Hz arasında oluşur, ilerleme halinde ise bu aralık dışındaki hem alçak hem de yüksek frekanslara da yayılır.

Gürültünün insan üzerinde oluşturduğu psikolojik etkileri ise gürültü düzeylerinin aşıldığı durumlarda davranış bozuklukları, aşırı sinirlilik (agresyon, şiddet), stres, depresyon, bulimia, insomniya olarak belirtilmektedir. Tüm bu etmenler de insanların performanslarını etkileyerek iş veriminin düşmesi, konsantrasyon bozukluğu hareketlerin yavaşlaması, okuma hızının düşmesi ve çocuklarda konuşmanın gecikmesi gibi problemlere neden olmaktadır.

Gürültünün insan üzerinde bıraktığı yukarıda belirtilen gerek fizyolojik gerekse psikolojik etkiler gürültü kontrolünün sağlanması için planlama kriterlerini zorunlu kılmaktadır.

Gürültü Kontrolü; herhangi bir ses kaynağından yayılan gürültü niteliğine sahip sesleri, kabul edilebilir seviyeye indirmek, akustik özelliğini değiştirmek, etki süresini azaltmak, hoş giden veya daha az rahatsız eden bir başka ses ile maskelemek gibi metotlarla zararlı etkilerini tam olarak gidermek veya kabul edilebilir bir seviyeye indirme işleminin bütünüdür.

Gürültü, yapı-kaynaklı (bir yapıdaki değişken kuvvetlerin oluşturduğu ve yapı yolu ile iletilen gürültü) ve hava kaynaklı (akış yolu ile ortaya çıkan gürültü veya kaynağı önemini yitiren gürültü)

olarak iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Gürültü kontrolü ise gürültü kaynağında, gürültünün yayıldığı çevrede (kaynak – alıcı arasında) ve gürültüden etkilenen kullanıcıda olmak üzere üç şekilde sağlanabilir (25).



3.3.1 Gürültü Kaynağının Kontrol Altına Alınması:

Gürültü kontrolünde; kaynağın taşıt, araç, cihaz veya makine olması durumunda, tasarım ve üretim aşamalarında ele alınması gerekmektedir. Diğer bir deyişle gürültü, kaynakta kontrol altına alınmalıdır.

Gürültünün kaynakta kontrol altına alınması, yapısal tasarım ve üretim, kaynağın işletilmesi ve çalıştırılması ile bakım ve onarımı kapsar.

Eğer kontrol edilmesi gereken bir taşıt ise alınabilecek önlemler;

- Motor ve motor kılıfında
- İletimde, hava-fan ve soğutma sisteminde,
- Egzoz ve lastiklerde sessizleştirme sağlanması şeklinde sıralanabilir.

Almanya, İngiltere ve diğer ülkelerde ağır veya hafif taşıtların gürültü düzeyinde belirli bir azalmayı amaçlayan bazı deneyler yapılmış ve krank kutusu, motor kılıfı, iletim sistemi, paneller, vites, yakıt pompası ve turbo cihazında gürültü azaltıcı önlemler ile L10 düzeyinde 10 dB(A)'ya yakın bir azaltım sağlanabilmektedir.

3.3.2 Gürültünün Yayıldığı Çevrede Alınabilecek Tedbirler:

Gürültünün yayıldığı çevrede alınabilecek tedbirler, yapıların dışında veya içinde yer alan gürültü kaynaklarından doğan seslerin, yapı içindeki kişilere ulaşmaya kadar yayıldığı ortamda yapılabilecek her türlü gürültü kontrolü çalışmasını kapsayan tedbirlerdir (URL -1).

Gürültünün yayılmasında etkili olan çevresel faktörlerin değiştirilebilir olanlarında gerekli düzenlemelerin yapılması veya bazı olanaklardan (gölge bölgeleri) yararlanılması ile söz konusu faktörlerin olumsuz etkilerini azaltmak için aşağıdaki gibi genel çözümlere gidilebilir:

- Gürültü kaynağında titreşim yalıtımı sağlayan kaynak bölgesinde ise ses yalıtımı sağlayan ses yutucu malzemelerin kullanımı (Duvar, tavan gibi yüzeylerin ses yutucu malzeme ile kaplanması, askılı ses yutucu yüzeylerin kullanılması),
- Gürültü kaynağının kapalı veya çalışma durumuna göre yarı-kapalı hücreler içine alınması,
- Ses bariyerlerinin kullanılması.

Böylece;

- Titreşim yalıtımı, gürültü azaltımı sağlar.
- Makine parçalarının bölümlerini birbirinden ayırmak titreşimi azaltır.
- Çeşitli titreşim yalıtıcıları, bariyer veya hücre kullanımı faydalı olacaktır.
- Yapılan kalın ve yoğun duvarlar daha az ses üretir.
- Esnek bağlantı kullanmak titreşim ve ses yayılımını azaltır.
- Makinalar için ses yalıtımı sağlayan kabinler kullanılabilir.
- İyi bir duvar tasarımı daha iyi ses yalıtımı sağlar.
- Mekan içinde ses yutucu panel kullanımı sesin yayılmasını azaltır.
- Açık alanlarda bariyer olarak tampon bitki uygulanması sesin absorbe edilmesini artırır.

- Ses yutucu malzemelerden oluşan tavan sistemlerinin tercih edilmesi gürültü kaynağından korunmayı artırır.

Ayrıca gürültünün etkilerini minimuma indirmek için yapının yapılacağı alanın da incelemesi yapılmalıdır. Mevcut alanın sakin bölümlerinin belirlenmesi ve alanda bulunan ya da bulunması olası gürültü kaynaklarının saptanması ve planlama yapılırken bu kriterlere dikkat edilmesi gürültü kontrolüne yardımcı olmaktadır. Tasarlanacak herhangi bir yapı için sesin uzaklıkla azalma özelliğinden yararlanılarak, ulaşım gürültüsü gibi çevreden kaynaklı gürültülerin azalabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Meteorolojik faktörlerin de (sıcaklık değişimleri – rüzgârlar) ses yayılımına etkilerine dikkat edilmeli, yerleşmeler için uygun yerlerden gölge bölgelerinin sınırları belirlenmelidir. Çünkü araziye etkileyebilecek hâkim rüzgârın bulunması durumunda üst rüzgâr bölgesine yerleşme büyük ölçüde gürültü kontrolü sağlamaktadır.

3.3.3 Gürültünün Alıcıda Kontrolü:

Sesin kaynağa ve yayıldığı ortamda azaltılamaması halinde gürültüye maruz kalan kişi üzerinde koruyucu tedbirlere başvurulur.



Gürültüden etkilenen kişiler,

1. Ses yalıtımı sağlanmış odalara alınabilir.

Ses Yalıtımı sağlanmış odalar için; çift camlı yutucu panelli ve çok katmanlı yalıtımlı odalar kullanılmalı.

2. Kulak koruyucu kullanılabilir.

Kulak koruyucuları, diğer yöntemlerin uygulanamadığı durumlarda kullanılabilir.

- Kullanıcıya fiziksel ve psikolojik rahatsızlık vermesi nedeniyle fazla tercih edilmese de kulak tıkaçları ve manşonlar olmak üzere iki tip olarak bulunur.

- 15-20 dB(A) düzeyinde ses azaltımı sağlarlar.

3. Gürültüye maruz kalma süresini azaltmak veya gürültülü yerlerde rotasyonla çalışma olanakları sağlanabilir.

4. İdari tedbirlerle gürültü kontrolü yapılabilir (25).

Gürültünün insan üzerindeki etkisi göz önüne alınırsa özellikle uzun süre gürültüye maruz kalmış çalışanlar için, İşçi Sağlığı ve Güvenliği Kanunu gereğince periyodik odyometrik muayene öngörülmektedir.

3.3.4 Bina İçi Planlaması

Gürültüye karşı çevresel tedbirlerin belirlenmesinden sonra bina için gürültü kontrolünün planlanması gerekir. Bu aşamada gürültü kaynakları ve çeşitleri – özellikleri detaylı olarak belirlenmelidir. Binadaki sesin kontrolü, cephenin seçimi, ses faktörünün önemi ve binanın amacına göre değişir.

Planlamada mekânlar akustik açıdan;

Gürültüye karşı hassas mekânlar,

Gürültüye karşı toleranslı mekânlar,

Gürültüyü oluşturan mekânlar olmak üzere üçe ayrılabilir.

Bu mekânların planlanması sırasında gürültüye hassas olan mekânlarla gürültü oluşturan mekânların yan yana getirilmemesine dikkat edilmelidir. Gürültülü ve gürültüye hassas olan mekânların tampon bölgelerle ayırmak ve her mekânı gürültü sınır değerine göre gruplandırmak gereklidir (21).

3.4 Gürültü Denetimi ile İlgili Uluslararası Kuruluşlar:

Gürültünün denetimine katkıda bulunan ve kamuya bilgilendirmede görev alan Avrupa Çevre Ajansı, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı, Federal Karayolu Kurulu, Federal Havacılık Kurulu gibi bazı uluslararası kuruluşlar aşağıdaki gibidir.

3.4.1 Avrupa Çevre Ajansı (EEA):

Çevre ile ilgili karşılaştırılabilir verileri bir araya getirip dağıtma amacıyla kurulmuş bir kurumdur. Buna göre, uygun ve etkili çevre politikaları oluşturmaları için Avrupa Birliği üye ülkelere gerekli

olan temel bilgileri oluşturarak çevre hakkında güvenilir bilginin yayılmasını sağlamaktadır. Avrupa Birliği üyesi olmayan ülkelerin de katılabildiği kuruma Türkiye de dahildir. (1).

3.4.2 Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA):

Amerika Birleşik Devletleri hükümetinin, Kongre’de kabul edilen yasalar ve yönetmenlikler çerçevesinde uygulamalarını sürdüren insan sağlığı ve çevre koruma kurumudur. EPA, dönemin ABD başkanı Richard Nixon tarafından önerildi ve yönetmeliğin Kongre’de onaylanmasından sonra 2 Aralık 1970’ten günümüze kadar çalışmalarını sürdürmektedir (URL-6).

3.4.3 Federal Karayolu Kurulu (FHWA):

Federal Karayolu Kurulu (FHWA) çeşitli federal arazilerde tasarım, yapım ve bakımlarda devlet ve yerel yönetimlerin desteklediği bir kurum olup, devlet ve yerel yönetimlerin mali ve teknik yardımı ile Amerika’daki karayollarının güvenlik ve teknolojik bakımdan en uygun ses değeri arasında devam etmesini sağlamaktan sorumludur. (URL-5)

3.4.4 Federal Havacılık Kurumu (FAA):

Federal Havacılık Kurulu ya da İngilizce resmî adıyla Federal Aviation Administration (FAA), ABD Ulaştırma Bakanlığına bağlı bir federal kuruluştur.

Kurulun görevi, A.B.D hava sahası içinde, geniş anlamda hava ve havacılıkla ilgili her türlü uçak, uçuş, üretim, müdahale, etkinlik ve geçerli güvenlik mevzuatların takibi ve uygulanmasını kontrol edip, ABD’de hava güvenliğini sağlamaktır. Karmaşık ve teknik olan uçak gürültü sorunlarının oluşturduğu etkileri azaltmak, çözüm üretmek ve kamuyu eğitmek amaçlı çeşitli programlar geliştirmektedir (URL-4).

3.5 Gürültü Yönetmelikleri Ve Uygulanması

3.5.1 ABD'nin Gürültü Yönetmeliği:

Amerika Birleşik Devletleri Kanunları, Kongre tarafından kabul edilmiş federal yasalar olup, gürültü kaynakları için bazı sınırlandırmalar getirmektedir. ABD Kanunlarının gürültü ile ilgili bölümünde; gürültü, toplum sağlığı ve refahına karşı büyüyen bir tehlike olarak nitelendirilmektedir. Eyaletler ve yerel yönetimlerin gürültü kontrolünde öncelikli görevi ticari ürünlerde gürültü emisyonu kontrolü için federal hareketin gerekliliği olarak belirtilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin bir kuruluşu olan Çevre Koruma Ajansı'na (EPA) diğer tüm ajansların gürültü kontrolü ile ilgili yapacakları çalışmaları yönetme yetkisi ve gürültü araştırmaları ile kontrolü hakkında belirli zamanlarda rapor yayımlama görevi verilmiştir. ABD'deki her eyalet ve şehir ise buna bağlı olarak kendi gürültü kontrolü yönetmeliğini uygulamaktadır. Çoğunluğu gürültüyü kaynağında kontrol etme ilkesi uyarınca yapılırken; belirli zaman aralıklarında arazi kullanımında da gürültü sınırları ile ilgili kontrol yönetmelikleri bulunmaktadır (1).

3.5.2 Avrupa'nın Gürültü Yönetmeliği:

Avrupa Birliği Çevre Bakanları, Avrupa Komisyonu ve Avrupa Parlamentosu ile birlikte çevre ile ilgili kanunları hazırlarlar ve bu kanunlar üye devlet kanunlarına göre entegre edilir. Bu kanunlardan kirlilik ve gürültü konusunda hazırlanan yönergeler ise uygulanmaya devam etmektedir.

Yeşil kitap (Green Paper): 4 Kasım 1996 tarihinde Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanan ve gürültü kirliliği alanında Avrupa düzeyinde bir danışma süreci başlatmayı amaçlayan "Gürültüye Karşı Hareket: Yeşil Kitap" başlıklı metinde, gürültü emisyonunun kaynağında azaltılması ve gürültüyle mücadelede topluluk programlarına uygunluğun geliştirilmesi öngörülmüştür. 1993 Beşinci Eylem Programı tarafından üretilen Yeşil Kitap,

gürültü politikasının gelecekteki yaklaşımı için toplum katılımını desteklemeyi amaçlamaktadır (URL-7).

Çevresel Gürültü Yönetmeliği (END): Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 25 Haziran 2002 tarihli ve 2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Direktifi tüm AB üye devletlere yönelik olup, her bir üye devlet tarafından ulusal mevzuata aktarılması zorunludur. Bu yönetmeliğin hedefi çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimine ilişkin, rahatsızlık hissi de dahil olmak üzere çevresel gürültüye maruz kalmaya bağlı olarak meydana gelen zararlı etkileri öncelikli olarak önlemeyi, engellemeyi veya azaltmayı amaçlayan ortak bir yaklaşımı belirlemektir (URL-8).

3.5.3 Türkiye'de Gürültü Yönetmeliği

Gürültü kirliliğinin kontrol altına alınmasına ilişkin ilk düzenlemeler 1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun (5491 Sayılı Çevre Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun) 14. maddesinde belirtilen "Kişilerin huzur ve sükûnunu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde yönetmelikte belirlenen standartlar üzerinde gürültü çıkarılması yasaktır" ifadesi ile yapılmaya başlamıştır.

Avrupa Birliği uyum süreci içerisinde Ulusal Programda Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB)'nın sorumluluğunda yer alan 25/6/2002 tarihli 2002/49/EC Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Direktifine paralel olarak 01 Temmuz 2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" hazırlanmıştır. Yönetmelik 4 Haziran 2010 tarihinde revize edilerek yenilenmiş hali resmi gazetede yayımlanmıştır.

Türkiye'de Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından hazırlanan bir diğer gürültü ile ilgili yönetmelik ise 28 Temmuz 2013 tarih ve 28721 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'tir.

3.5.3.1 Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği:

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği 4 Haziran 2010 tarihli ve 27601 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Yönetmeliğin amacı, “çevresel gürültüye maruz kalınması sonucu kişilerin huzur ve sükûnunun, beden ve ruh sağlığının bozulmaması için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamak ve kademeli olarak uygulamaya konulmak üzere; değerlendirme yöntemleri kullanılarak çevresel gürültüye maruz kalma seviyelerinin, hazırlanacak gürültü haritaları, akustik rapor ve çevresel gürültü seviyesi değerlendirme raporu ile belirlenmesi, çevresel gürültü ve etkileri hakkında kamuoyunun bilgilendirilmesi, gürültü haritaları, akustik rapor ve çevresel gürültü seviyesi değerlendirme raporu sonuçları esas alınarak; özellikle çevresel gürültüye maruz kalma seviyelerinin insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere sebep olabileceği ve çevresel gürültü kalitesini korumanın gerekli olduğu yerlerde, gürültüyü önleme ve azaltmaya yönelik eylem planlarının hazırlanması ve bu planların uygulanması ile ilgili usul ve esasları belirlemektir” (11).

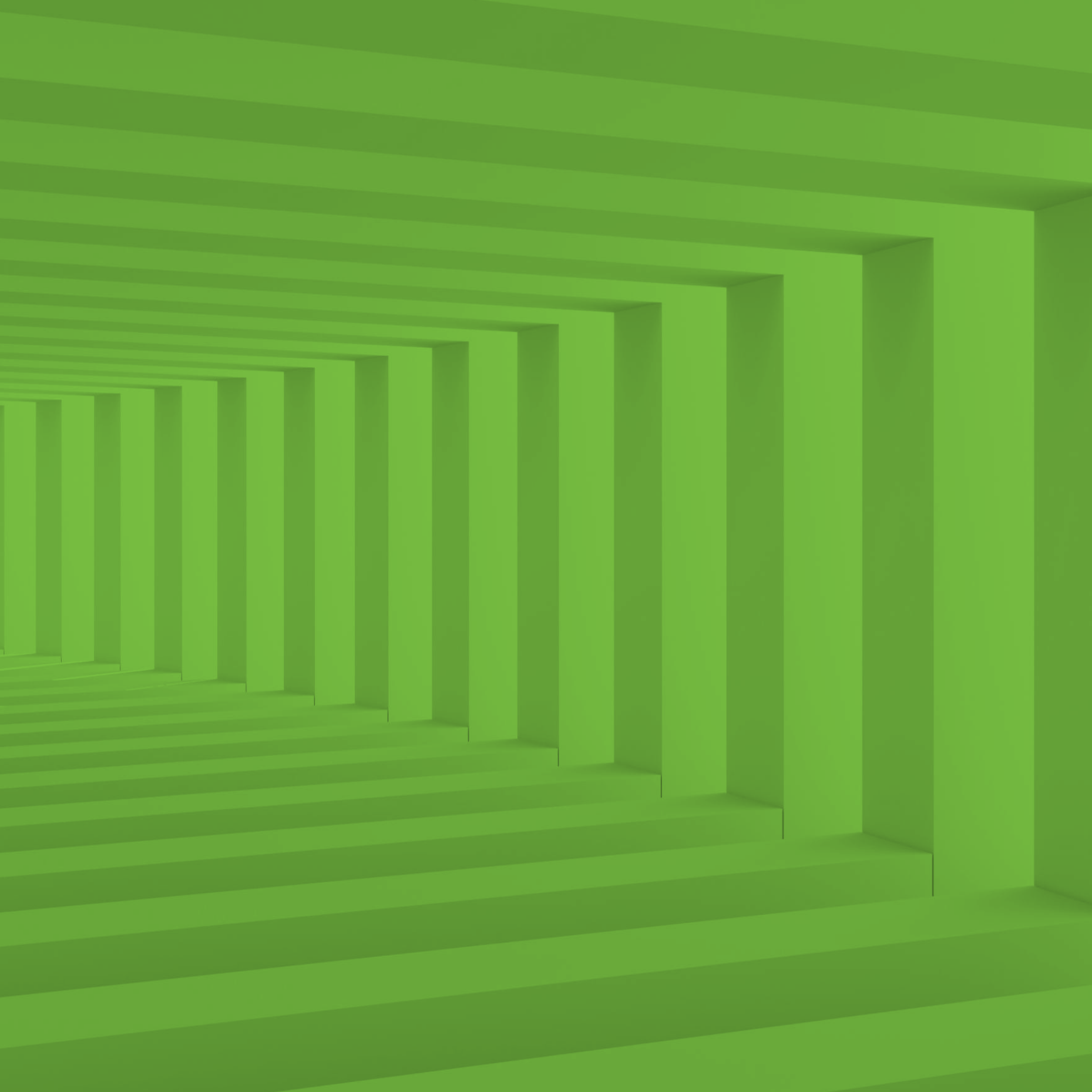
T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan 2009 – 2020 Çevresel Gürültü Eylem Planlamasına göre; Çevre Kanunu’nun hükümlerine uyulup uyulmadığının denetleme yetkisi Çevre ve Orman Bakanlığına (Merkez ve taşra teşkilatı) aittir. Gerektiğinde bu yetki, Bakanlıkça; İl Özel İdarelerine, çevre denetim birimlerini kuran Belediye Başkanlıklarına, Denizcilik Müsteşarlığı’na, Sahil Güvenlik Komutanlığına, 13.10.1983 tarihli ve 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanununa göre belirlenen denetleme görevlerine devredilebilir (14).

3.5.3.2 Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik:

“Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından 28 Temmuz 2013 tarih ve 28721 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Yönetmeliğin amacı, çalışanların gürültüye maruz kalmaları

sonucu oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden, özellikle işitme ile ilgili risklerden korunmaları için asgari gereklilikleri belirlemektir.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamındaki işyerlerinde uygulanacak Yönetmelik ile, 23 Aralık 2003 tarih ve 25325 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Gürültü Yönetmeliği” yürürlükten kaldırılmıştır “ (URL-3).



BÖLÜM 4

***YAPI ELEMANLARINDA HAVA
DOĞUŞLU SESİN YAYILMASI
VE DENETİMİ***

4. YAPI ELEMANLARINDA HAVA DOĞUŞLU SESİN YAYILMASI VE DENETİMİ

4.1. Sesin Yalıtımı ve Sesin Emilmesi Arasındaki İlişki

Sesin emilmesi ve sesin yalıtımı farklı kavramlardır. Emilme lineer bir kavramken, yalıtım logaritmik bir kavramdır. Burada dikkat edilmesi gereken konu yalıtım ile emilimin karıştırılmaması gerektiğidir. Mesela bir emici kendi başına aynı kalitede bir ses yalıtımı sağlamayacaktır. Çünkü yoğunluğu azdır ve hava geçirimlidir. Bu nedenle eğer ortalama bir ses yalıtım değeri aranıyorsa bir ayırıcı duvarda dolgu malzemesi olarak kullanılması çok yanlış olur.

Herhangi bir duvara veya döşemeye bağlanması, eğer yeterli bir kütle yoksa ses yalıtım değerini etkili bir şekilde arttırmayacaktır. Fakat emiciler eğer çift katmanlı bir ayırıcıda katmanlar arasına yerleştirilir ise çok iyi bir yalıtım görevi görür. Çünkü buradaki ses emiciler, iki katman arasında akustik yalıtımı artırır.

Kalın gözenekli bir ses yutucu malzeme, yüksek ses yutuculuğu sağlar. Buna rağmen, yüksek oranda ses yutuculuk oranına karşın, gözenekli bir ses yutucu malzemenin ses geçiş kaybı, kalın olsa bile düşüktür. Bunun sebebi, ses yutuculuk katsayısının doğrusal ölçekte, ses geçiş kaybının logaritmik ölçekte olmasıdır.

Genel bir kural olarak, eğer bir malzeme havayı geçiriyorsa, sesi de geçirir. Bu yüzden, gözenekli bir ses yutucu malzeme havayı geçirdiği için zayıf ses yalıtımı sağlar, fakat başarılı bir şekilde sesi emer. İyi ses yalıtımı sağlayan malzemeler hava geçirimsiz olmalıdır.

Bir malzemenin ses yutuculuğunun etkinliği, ses yutuculuk katsayısı α ile ifade edilir ve frekansa bağlı olarak farklılık gösterir. Bu ifade, malzemenin yuttuğu “gelen ses enerjisi” oranını belirtir. Teorik olarak 0’dan 1’e kadar değişebilir. Yapı malzemelerinin ses yutuculukları normalde 0.01 ile 0.99 arasında değişir. Yüksek yutuculuk katsayılarına sahip malzemeler (0.20’den daha büyük) “ses yutucu malzeme” olarak adlandırılır.

Bir yapı elemanının ses yalıtımını açıklamakta kullanılan Ses

Geçiş Kaybı, yutuculukta olduğu gibi frekansa bağlı olarak farklılık gösterir. Ses geçiş katsayısı değeri, 0 ile 1 aralığındadır. $\tau=0$, bir malzemeden ses geçişinin olmadığı yani ses yalıtımının mükemmel olduğu anlamına gelir; $\tau=1$ ise, tüm ses, malzeme tarafından geçiriliyor yani malzeme akustik olarak saydam demektir. $\tau=1$ ’e örnek olarak açık pencereler ya da duvardaki boşluklar olarak gösterilebilir.

Ses yutma katsayısı $\alpha = 0.99$ olduğu zaman ses tamamen yutulur.

Ses yutma katsayısı $\alpha = 0.01$ olduğu zaman ses yutumu çok önemsizdir.

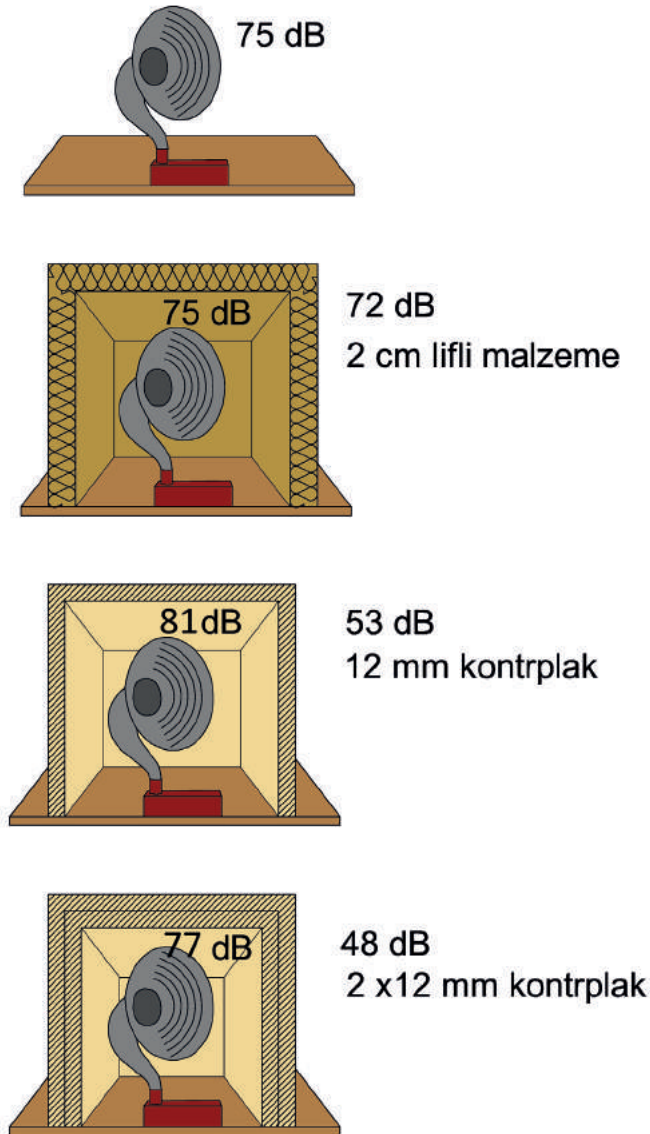
Ses iletim katsayısı $\alpha = 0$ olduğu zaman yapı elemanından ses geçmez, ses yalıtımı mükemmeldir.

Ses iletim katsayısı $\alpha = 1$ olduğu zaman yapı elemanından ses geçer, örnek açık pencere, ses olduğu gibi öbür tarafa geçer.

Eğer $\tau = 0,2$ ise gelen ses enerjisinin %20’si diğer mekana iletilmiş demektir. Şekil 4.1’de yalıtım ile sesin emilmesi arasındaki farkı ortaya koymaktadır. Ses yalıtımının temel prensipleri günlük yaşantıdan örnekler üzerinde anlatılabilir, bu doğrultuda, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi kapı ziline uygulanan dört tip yalıtımın performansı değerlendirilmiştir.

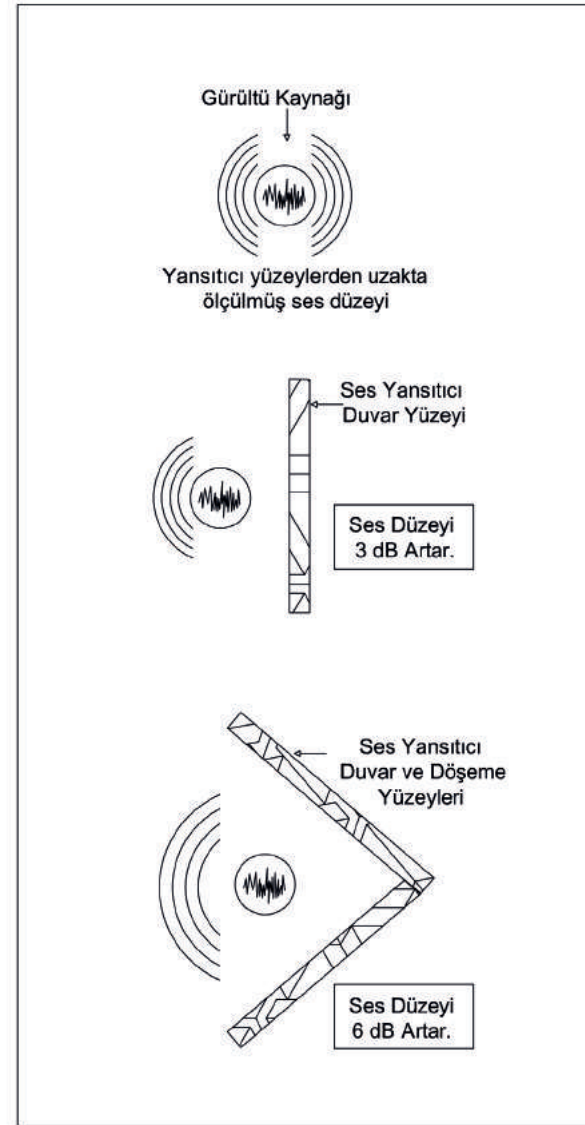
Şekilde görüldüğü gibi sesin denetim altına alınması için bir kütle olmalı ve iç tarafa gürültüyü kontrol altına almak için ses yutucu malzeme konulmalıdır. Kaynağı ses yutucu bir malzeme ile hücrelendiği zaman ses düzeyi şekilde görüldüğü gibi 3 dB azalır. Daha ağır bir malzeme ile hücrelendiği zaman ses düzeyi daha fazla azalır, ama malzemenin yansıtıcılık özeliğinden dolayı hücre içinde gürültü düzeyi daha fazla olur, yani kaynağa yakın malzemeler sert, ağır olmamalıdır. Çünkü bu tür malzemeler yansıtıcılık özeliğine sahiptir.

Bu durumda kaynağa yakın sesin yansımaları önlemek için yumuşak, içinde hava boşluğu olan, açık gözenekli malzemeler kullanılmalıdır. Yani ses yutucu malzemeler sesi emmek için ses kaynağına yakın uygulanmalı, daha sonra ise gürültünün geçişini önlemek için ağır ve katı malzemeler uygulanmalıdır.



Şekil 4.1. Ses Kaynağının Denetim Altına Alınması (35)

Şekil 4.2’de ve Tablo 4.1’de görüldüğü gibi bir ses kaynağının yansıtıcı bir yüzeye yakın konulduğu zaman gürültü düzeyi 3 dB, iki yansıtıcı yüzeye yakın konulduğu durumda 6 dB, üç yansıtıcı yüzeye yakın konulduğu zaman gürültü düzeyi 9 dB artmaktadır. Ses kaynağı yansıtıcı yüzeye yakın konulduğu zaman yansımalarından dolayı kendi mevcut gürültü düzeyi artmaktadır.



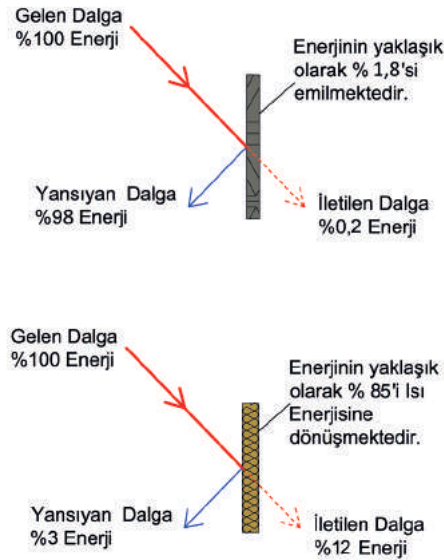
Şekil 4.2. Ses Kaynağının Yansıtıcı Duvarlara Göre Konumu (35)

Tablo 4.1. Ses Kaynağının Konumuna Göre Eklenerek Düzey

Yansıma Yüzeylerinin Sayısı	Eklenerek Düzeltme (Desibel)
1) Döşeme veya yere, yüzey sayısı 1	3
2) Duvar ve tavanın birleşim yerine, yüzey sayısı 2	6
3) Odanın köşesine, yüzey sayısı 3	9

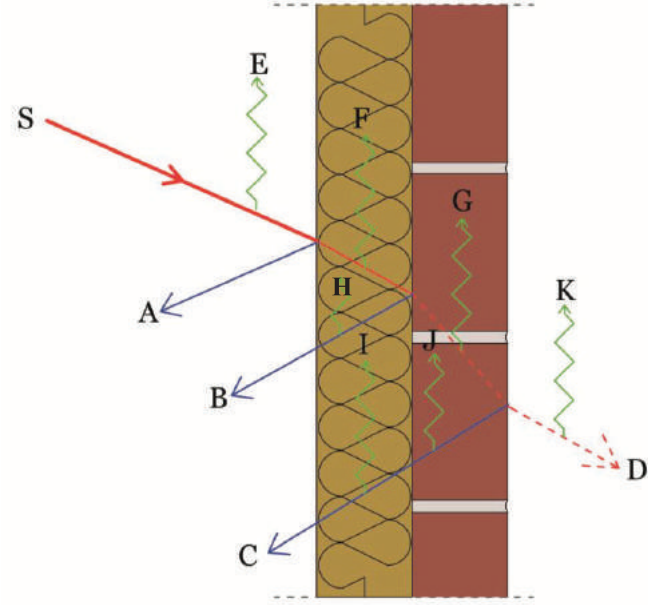
Şekil 4.3'te bir malzemeye veya bir duvara çarpan ses dalgası görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi birbirinden farklı iki tip malzeme bulunmaktadır. Üstte alttaki malzemeye göre daha sert ve rijit bir malzeme bulunmaktadır. Sert malzemeye gelen enerjinin % 98'i yansırken, % 1,8 emilmekte, % 0,2 ise alıcı tarafına iletilmektedir.

Daha yumuşak malzemede ise % 3'i yansıtılırken, %85'i ısı enerjisine çevrilmekte yani emilmekte, %12'si ise alıcı tarafına geçmektedir. Her iki malzeme için iletilen veya geçen dalganın büyüklüğü, gürültünün büyüklüğünü vermektedir. Görüldüğü gibi ses dalgasının emilme büyüklüğü ses dalgasının iletilen büyüklüğü ile paralellik göstermemektedir. Çünkü emilme ve yalıtım iki ayrı olay olup, sesin yalıtımı logaritmik değişirken, sesin emilmesi lineer değişmektedir (15).



Şekil 4.3. İki Farklı Yapı Elemanı Üzerinde Ses Dalgasının Davranışları (15)

Şekil 4.4'te kompozit bir duvardan ses dalgası geçişinin enerji değişimleri gösterilmektedir. 3 farklı ortam değiştiren ses dalgası kırılır ve yansır duvara ısı enerjisi olarak aktarılır.



Şekil 4.4. Akustik Malzeme ile Kaplı Beton Blok Duvarın İçinde Ses Enerjisinin Hareketi (44)

- E: Gelen sesin havanın sürtünmesi ile bir miktar yutulmasıdır.
- A: Malzemeden yansıyan ses enerjisi
- F: Malzemeden geçen sesin yutulması
- H: Duvar yüzeyinden yansıyan sesin malzeme içinde yutulması
- B: Yansıyan sesin havaya geçmesi
- G: Malzemeden duvar içine geçen sesin yutulması
- J: Yüzeyden yansıyan sesin tekrar yutulması
- I – C: Yansıyan sesin tekrar diğer malzemelerden geçerek ve yutulurak geldiği ortama geçmesi
- D: Sesin farklı ortama geçerken kırılması ve K ortamda bir miktar yutulması

4.2 Tek Tabakalı Yapı Elemanlarında Hava Doğuşlu Sesin Yayılması

Bir yapı kabul edilebilir, makul akustik koşulları sağlayacaksa, ilk olarak binaların akustik kriterleri belirlenmelidir. Bu akustik kriter sadece strüktürü oluşturan elemanlara değil, tüm mekanlara uygulanmalıdır. Sistem bir bütün olarak düşünülmeli, duvarlar, döşemeler ve diğer bağlantı elemanları ve akustik performans o şekilde odaklanılmalıdır. Problemler tanımlanmalı ve belki bazıları ses kaynağında önlenmelidir. Duvar ve döşemelerde kullanılan bağlantı elemanlarının optimum tasarımının anahtarı, kullanılan malzemelerden maksimum akustik avantaj sağlamaktır. (49)

Bir binayı dış ortamdan kaynaklanan gürültüye karşı korumak için, öncelikle cephede hava doğuşlu seslerin yalıtımının sağlanması gereklidir. Cephenin ses azaltma değeri, cepheyi oluşturan malzemelerin (duvar, pencere, kapı, vb.) ses azaltma değerine ve bu malzemelerin alanına bağlıdır.

Hava doğuşlu seste, iletilen dalganın büyüklüğü önem kazanır. Bu büyüklüğün bulunmasında genel olarak ses geçiş katsayısı (τ) ve ses geçiş kaybından (TL veya R) yararlanılmasına rağmen, farklı frekanslarda malzemenin farklı özellikleri etkin olduğu için kullanılan bağıntılar frekansla bağlantılı olarak değişir.

Ortam sesi yalıtımı ses kaynağının yer aldığı ortamı alıcı ortamdan ayıran bir bölücü eleman ile sağlanır. Havadaki ses dalgaları bölücü elemana çarparak, elemanın titreşimi sonucunda kaynak ortamından alıcı ortama geçer. Elemandan iletilen sesin şiddeti elemanın ses geçiş kaybına göre değişmektedir. Bölmeden iletilen sesin bölmeye gelen sesin şiddetine oranı ses geçiş katsayısı, τ 'yu verir (5, 15, 35).

Binalarda ses yalıtımı prensiplerinin doğru olarak uygulanması, sesin özelliklerinin ve tipinin doğru olarak saptanmasıyla mümkündür.

Ses, binada iki şekilde yayılır:

- Hava ile ve
- Strüktür titreşimi ile.

Binalardaki çoğu ses hava oluşumludur. Konuşma, müzik aletleri, fanlar, motorlar, uçaklar ve arabalar hava ile yayılan sesi oluşturur.

Strüktür oluşumlu ses, bina elemanları (duvar, döşeme, çatı, vb) üzerinde oluşan bir darbe ile meydana gelir. Darbe, bina elemanını titreştirir ve titreşim katı vasıtasıyla yayılır. Darbe ile bağlantılı olduğundan, strüktür oluşumlu ses, darbe sesi olarak da bilinir. Duvara çakılan çivi, insanın döşeme üzerinde yürümesiyle oluşan ses, strüktür oluşumlu sese örneklerdir.

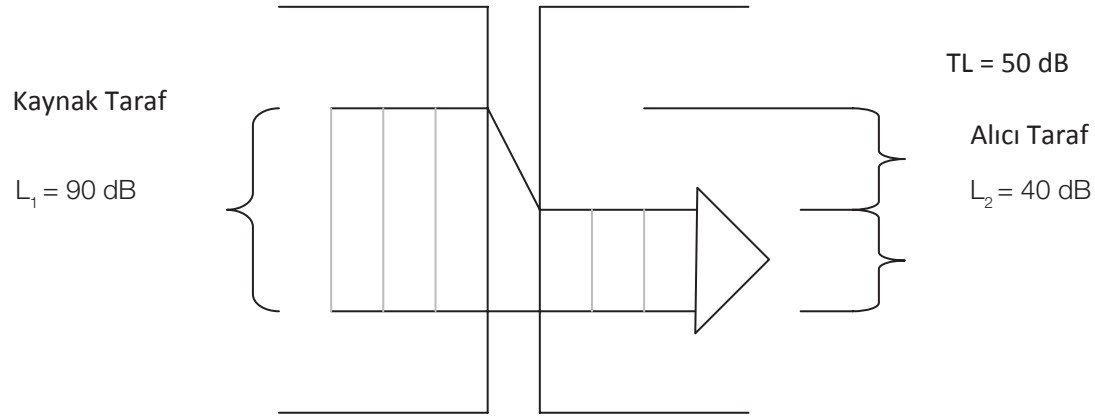
Strüktür oluşumlu ses, darbe ve titreşimle, yapı elemanı ile ilişki halinde, bir ses kaynağı oluşturur. Yapı bileşeni de darbe veya titreşim kaynağından oluşan sesi yayar. Örneğin, titreşen bir musluk, kendi başına fazla ses yaymaz. Ama rijit olarak bir duvara bağlıysa, ses, çeşitli kollardan, duvar içi titreşimlerle yayılır.

Strüktür oluşumlu ses, alıcıya, hava oluşumlu ses olarak ulaşır. Birçok kaynak, ya strüktür ya da hava oluşumlu ses oluştururken, bazı kaynaklar, iki tip ses de oluşturur. Örneğin, döşemeye monte edilmiş bir makine, iki tip sesi de oluşturur. Fanlar, hareketli parçalar hava oluşumlu ses oluştururken, makine içi titreşimler, strüktür oluşumlu ses oluştururlar.

Birtakım ortak özelliklere karşın, iki tip için oluşturulacak ses yalıtım sistemleri farklıdır. Ses yalıtımı ve akustik özellikler, bu amaçlar kullanılacak malzemelerin kütle, sertlik, gözeneklilik, çok katmanlılık, gibi farklı özelliklerine bağlı olarak değişir. Bu değişkenlere göre, yapıların akustik özelliklerini belirlemek oldukça karmaşık ve uzmanlık gerektiren bir iştir. Malzemelerin daha çok mikro yapısal özellikleriyle ilgilenen bu alanda, özellikle son yıllarda pek çok araştırma yapılmaktadır. (3)

İki oda arasındaki önemli ses azaltımı, ayırıcı duvarlar ya da ayırıcı döşemeler için, duvara gelen ses enerjisinin sadece çok küçük bir bölümünün geçişine izin vermelidir. Duvara gelen ses enerjisinin duvardan geçen ses enerjisine oranı (desibel cinsinden dB) ses geçiş kaybı olarak tanımlanmaktadır. Ne kadar az ses enerji geçişi olursa ses geçiş kaybı o kadar fazla olmaktadır. İyi duvar, ses azaltımı fazla olan duvardır.(50)

Şekil 4.5'te Ses geçiş kaybı (Transmission Loss: TL), ses enerjisinin, malzemelerden geçerken ne kadar azaldığını gösterir. Kaynak tarafında 90 dB lik gürültü alıcı tarafına 40 dB olarak geçmektedir, yani duvar 50 dB lik sesin geçişini engellemiştir. Bu durumda duvarın yalıtımı 50 dB denir.



Şekil 4.5. Ses Geçiş Kaybının Tanımı

Elemanın ses geçiş kaybı TL ise bu katsayıya bağlı olarak,

$$TL = 10 \log (1/\tau) \text{ dB} \quad (1)$$

Veya

$$TL = 10 \log \frac{\text{bölmeye gelen sesin şiddeti}}{\text{bölmeden iletilen sesin şiddeti}} \quad (2)$$

eşitlikleri ile hesaplanır.

İki hacim arasındaki bölmenin ses geçiş kaybı, bölmenin alanı (s), alıcı hacmin yutuculuğu (a) ve gürültü azaltımına (NR) bağlı olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$TL = L_1 - L_2 + 10 \log (s/a) \quad (3)$$

L_1 : Kaynak odasındaki ses basınç düzeyi, dB

L_2 : Alıcı odasındaki ses basınç düzeyi, dB

s : Sesi ileten duvarın alanı, m^2

a : Alıcı odasının toplam emicilik değeri, sabin m^2

$L_1 - L_2$: Bölmenin gürültü azaltımı (NR)

Ses geçiş katsayısı aşağıda verilen bağıntı ile bulunabilir (3,4):

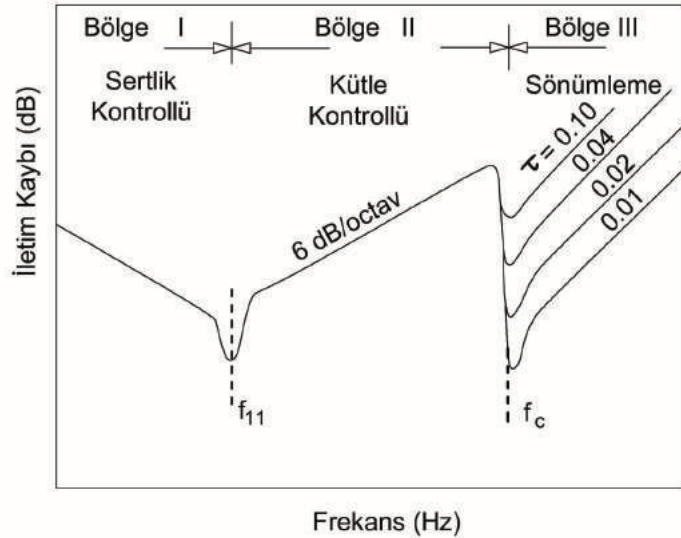
$$\tau = \frac{1}{10^{TL/10}} \quad (4)$$

T.L. değerinin pratik olarak üst limiti 70 dB kabul edilebilir.

Tek tabakalı bir malzemenin ses geçiş kaybı yalnızca kütleyle bağlı değildir. Ses geçiş kaybını 3 faktör etkiler (3, 15, 35, 44, 50):

1. Kütle
2. Sertlik Oranı (stifness)
3. Sönümlleme (damping)

Şekil 4.6 da Homojen bir duvar ya da panel için genel iletim kaybı ve frekans ilişkisi verilmektedir.



Şekil 4.6. Homojen Bir Duvar ya da Panel İçin Genel İletim Kaybı ve Frekans İlişkisi (3)

4.2.1. Bölge I: Sertlik Kontrollü Bölge

Alçak frekanslarda duvar ya da panel bir bütün olarak titreşir ve panelde gerçekleşen ses geçişi öncelikli olarak panelin sertliğine bağlı olur. Ayrıca bu analiz frekansın yeterince yüksek olmadığı ve yayılmanın gerçekleştiği durumlarda da geçerlidir. Ses dalgasının duvara normal olarak çarptığı göz önünde bulundurulur (3, 15, 35).

Gerçek bir yapı malzemesi ise yumuşak değildir. Malzemenin parçaları birbirinden bağımsız olmayıp, birbirine bağlıdır. Malzemenin eğilme oluşan bölümü, eğilme dalgalarını yayar. Elastisite modülü (E) ne kadar büyükse malzeme o kadar serttir. Genellikle bütün yapı malzemelerinde yüzey kütlesi ve sertlik oranı birbiriyle ilişkilidir. Malzemenin kalınlığı artındıkça, yüzey kütlesi ve sertlik artar. Sertlik oranındaki artışlar, ses geçiş kaybını ters yönde etkilediğinden, kütle kanunu, gerçek bir yapı paneli için bütünüyle doğrudur denemez (3, 15, 35, 50).

4.2.2. Rezonans Frekansı

Gelen dalgaların frekansı yükseldikçe, plaka da rezonans frekansları denilen bir seri frekansta titreşim yapacaktır. En düşük rezonans frekansı Bölge I ile Bölge II arasındaki geçişin olduğu frekanstır. Rezonans frekanslar panel ölçülerinin fonksiyonudur.

a x b x h kalınlığındaki dikdörtgen bir panel için rezonans frekansı:

$$f_{mn} = (\pi/4 \sqrt{3}) c_L h [(m/a)^2 + (n/b)^2] \quad (5)$$

m ve n terimleri tamsayılardır.

c_L değeri ise boylamsal ses dalgalarının katı panel malzemesi içindeki hızıdır:

$$c_L = \left[\frac{E}{\rho_w (1 - \alpha^2)} \right]^{(1/2)} \quad (6)$$

ρ_w değeri panel malzemesinin yoğunluğudur.

Genellikle en düşük rezonans frekansı (temel frekans) en baskın frekans olur.

$$f_{11} = (\pi/4 \sqrt{3}) c_L h [(1/a)^2 + (1/b)^2] \quad (7)$$

Kütle Kanunu, yapı malzemesinin her parçasının birbirinden bağımsız olduğunu ve parçaların, birbirini etkilemeden kaydıgını öngörür. Bu, malzeme sıfır sertliğe sahip olduğunda, yani bütünüyle yumuşak ve elastik olduğunda mümkündür (3, 35, 44).

Rezonans çukuru, malzemenin ses geçiş kaybını olumsuz etkilediğinden, etkisini azaltmak için izlenecek yol, rezonans frekansını, bulunmasını istemediğimiz bölgeden kaydırmaktır. Beton ve taş gibi, geniş kalınlıklarda kullanılan malzemelerde, rezonans frekansı genellikle düşük olup, 100 Hz civarındadır. Binaların gürültü kontrolünde, 100 Hz'in altındaki frekanslar çok önem teşkil etmez (3, 15, 35, 44, 50).

Bina uygulamalarında, rezonans frekansı, ince olarak kullanılan

yapı malzemeleri için önemlidir. Alçı panel, kontrplak, cam gibi malzemelerin rezonans frekansları 1.000 – 3000 Hz arasındadır (Tablo 4.2). Bu frekans aralıklarında, konuşma gibi sesleri gerçekleşir ve insan kulağı bu frekans aralığına duyarlıdır.

Binalarda sıklıkla kullanılan bazı malzemelerin rezonans frekansları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.2. Bazı Malzemelerin Rezonans Frekansları (35)

Malzeme	Kalınlık (mm)	Rezonans Frekansı (Hz)
Çelik	3	4.000
Alüminyum	3	4.000
Beton	200	110
Tuğla	200	115
Cam	3	5.000
Alçı	13	2.500
Kurşun	3	17.000
Kontrplak	13	1.700
Vinil	3	10.000

4.2.3. Kütle Kanunu

Yapı konstrüksiyonları genellikle farklı yapı malzemelerinin birleşiminden oluşur. Bu tip konstrüksiyonlara çok tabakalı yapı konstrüksiyonları denir. Diğer tarafta, tuğla duvar, betonarme, döşeme ve cam gibi yapı elemanları, tek bir malzemeden oluştuğu için, tek tabakalı yapı konstrüksiyonu olarak adlandırılır.

Eğer tek tabakalı bir konstrüksiyon, ses basıncı altında, birbirine bağlı, bağımsız birçok bölümden oluşmuş gibi davranıyorsa, bu ideal koşuldaki yapı malzemesinin ses geçiş kaybı (Transmission Loss = TL) aşağıdaki formülle bulunabilir:

$$TL = 20 \log (f.m) - 47 \quad (8)$$

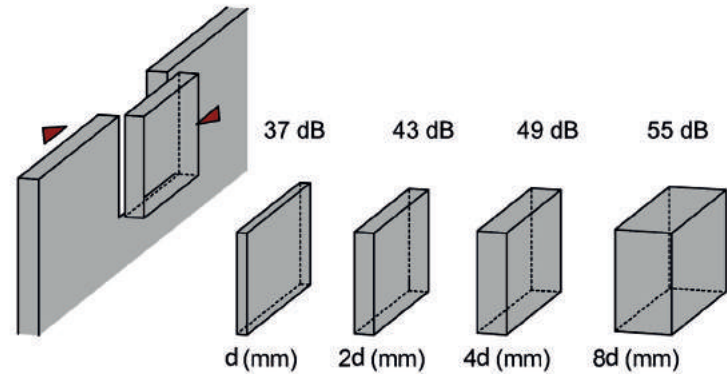
Bu formülde, f , ses frekansı, m de malzemenin yüzey kütlesi (kg/m^2) dir. Sonuç olarak, tek tabakalı bir malzeme, sese karşı, bağımsız parçalardan oluşmuş gibi davranıyorsa, ses geçiş kaybı

yüzey kütlesi ve frekansla orantılıdır. Yandaki eşitlikten anlaşıldığı üzere, yüzey kütlesi veya frekansın ikişer kat artırılması, ses geçiş kaybını 6 dB artırır. Buna kütle kanunu denir.

Kütle kanunu bölgesi içinde ses geçiş kaybı:

- Frekansın her iki katı için 6 dB (yani 6 dB her oktavda) ve
- Yüzey yoğunluğunun her iki katı için 6 dB,
- Malzeme kalınlığının her iki katı için 6 dB artar.

Kütle kanununa göre, homojen yapı elemanları (cam, ahşap, beton, vb.) için, TL ve ses iletim sınıfı derecesi (Sound transmission class rating, STC), yüzey ağırlığının iki kat artmasıyla 6 dB artar (5, 15, 33, 34, 35). Şekil 4.7’de kütle, yalıtım ilişkisi görülmektedir.



Şekil 4.7. Kütle ve Yalıtım İlişkisi

4.2.4. Kritik Frekans

Kütle kontrollü bölgeden yüzeye çarpan ses dalgalarının frekansı yükseldikçe malzeme içinde hareket eden, frekans bağımlı, eğik dalgaların dalga boyu, havada yol alan ses dalgalarının dalga boyuna yaklaşır. Çakışma, dalga boylarının eşitliği, ilk olarak 90° açıyla gelen dalgada gerçekleşir. Bu durum gerçekleştiğinde, gelen ses dalgası ile panel içindeki eğik dalgalar birbirini destekler. Sonuçta oluşan panel titreşimi iletim kaybında sert bir düşüşe neden olur. Bu nokta Bölge II’den Bölge III’e geçişin olduğu bölümdür.

Yüksek frekanslarda etkili davranış biçimi çakışma etkisidir. Çakışma etkisi kritik frekansın (f_c) üzerindeki her frekansta, belirli

bir açılı ile gelen sesin havadaki dalga boyunun eğilme dalgasının boyuna eşit olduğu veya ondan büyük olduğu sürece yaşanır. Kritik frekans (f_c) iletilen sesin havadaki dalga boyu ile malzemedeki eğilme dalgasının boyunun aynı olduğu en düşük frekansta ve bağlantı 5.17 kullanılarak bulunabilir. (5, 15, 33, 35, 49).

$$f_c = \frac{c^2}{Kh} \sqrt{\frac{\rho}{E}} \quad (9)$$

c: Dalganın havadaki hızı (m/sn)
h: Malzemenin et kalınlığı (m)
 ρ : Malzemenin yoğunluğu (kg/m^3)
E: Malzemenin elastisite modülü (N/m^2)
K: Katsayı 1.8 alınmaktadır.

4.3 İki Tabakalı Yapı Konstrüksiyonları

Tek tabakalı yapı malzemelerinde, kalınlık iki kat arttıkça, ses geçiş kaybı 5 dB artar. Örneğin 100 mm kalınlığındaki tuğla duvarın ses geçiş kaybı 40 dB'dir. 5 dB'lik bir artış için 200 mm kalınlığında tuğla duvar gerekmektedir. Yapı malzemelerinin ağırlığı ve kalınlığı, modern mimaride önemli etkenlerdir. Bu sebepten ötürü, tek tabakalı yapı malzemelerinin ses geçiş kaybı, pratik açıdan belli bir sınıra sahiptir.

Eğer, yapı paneli arasında iç hava boşluğuna sahip şekilde iki ayrı tabakaya ayrılacak olursa, elde edilecek olan ses geçiş kaybı, aynı kalınlığa sahip tek tabakalı panelden daha fazla olacaktır.

Çift tabakalı duvarlar ikiye ayrılır:

- Kendi kendini taşıyan hava boşluğu ile ayrılan duvarlar,
- Kendini taşıyan duvarın önünde hava boşluğu ile birlikte ayrılan ama kendini taşıyamayan bir panel, bu panel alçı, ahşap veya metal olabilir.

4.3.1 Kütle-Hava-Kütle Rezonans Frekansı:

Çift tabakalı duvarlarda özellikle Kütle-Hava-Kütle Rezonans Frekansı etkilidir. Hava boşluğu ne kadar fazla ise rezonans frekansı o kadar düşük olur, sonuç olarak duvarın yalıtımı daha fazla olmaktadır.

Bu rezonans frekansı iki katmanlı tabakaların hava boşluğu ile ayrıldığı malzemelerde etkili olmaktadır. Duvarın ön yüzü ile arka yüzü örnek olarak verilebilir. Blok duvara alçı panel levha eklendiği durumlarda, titreşim enerjisi alçı panel levhadan havaya ve duvara geçmektedir, bu yalın duvardan daha etkili olmaktadır.

Prensipte çift tabakalı duvarlar mükemmel ses yalıtımı sağlamaktadır. Bu tip duvarlar ideal çift katlı duvarlara örnek olarak gösterilmektedir, bu iki sebebe bağlıdır. İlk ağır katmanları ve hava boşluğu ile ayrılmalardır. Uygulamada, iki bloğu katı bağlantı yapmadan inşa etmek çok zordur. Her zaman, bazı noktalardan, giriş-döşeme-tavan-strüktürün bazı noktalarında, ses enerji geçişi olmaktadır. Geçen ses enerjisine, yanal iletim denilmektedir, ciddi ölçüde ses yalıtım etkisini etkilemekte ve bozmaktadır. Esnek bağlantı elemanları, döşemede ve tavanda fiziksel kesinti yapılması ve bitişik duvarlar yanal geçişi azaltmak için gereklidir. (15, 35, 44, 50).

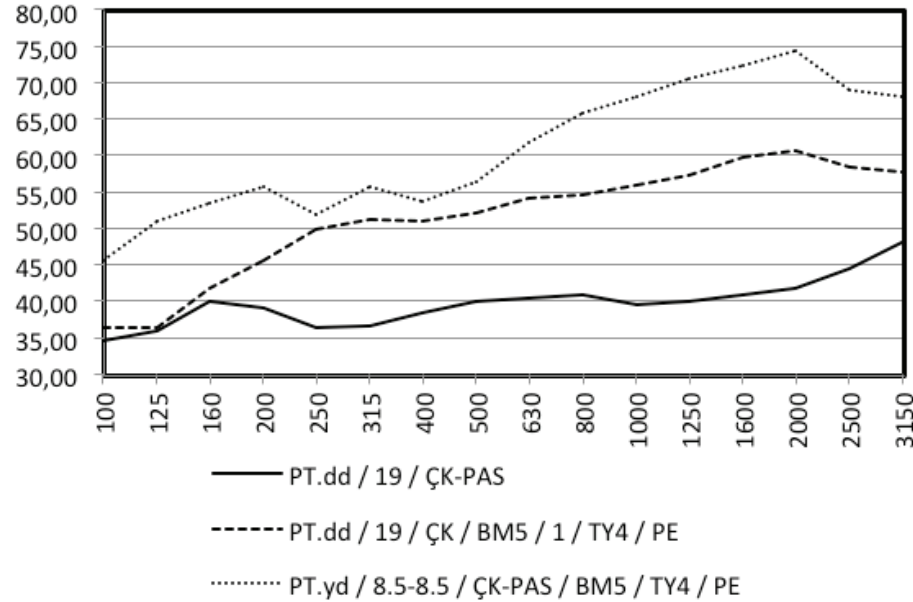
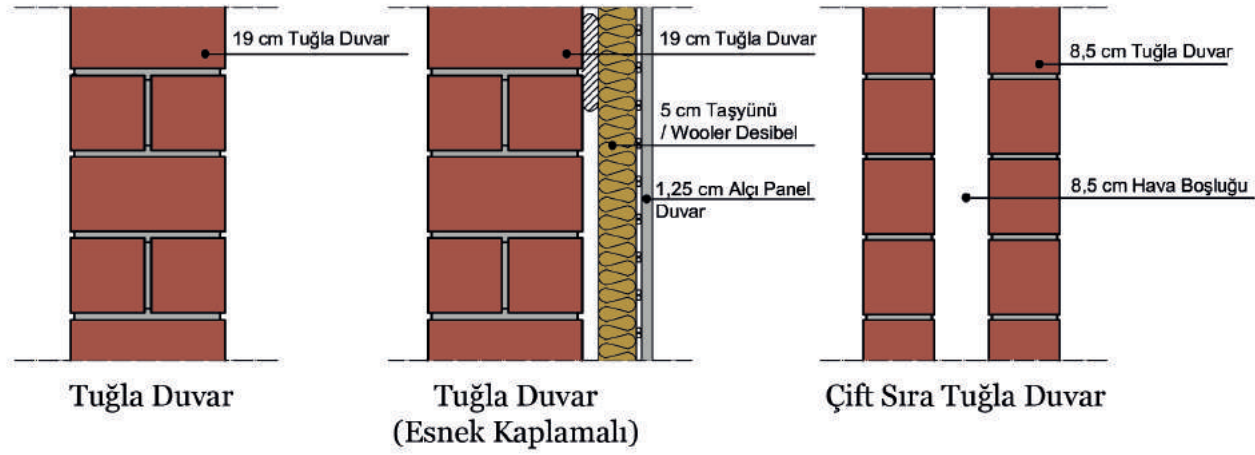
Eğer tasarımda bazı ölçümler göz önüne alınacaksa, katmanlar arasındaki harç döküntüleri ya da diğer moloz kalıntıları katmanlar arasında köprü oluşturmakta ve bu nedenle ses geçişi artmaktadır. Bu tarz hatalar genellikle örtbas edilir ve duvarı inşa ettikten sonra bunları düzeltmek, ortadan kaldırmak mümkün değildir.

Laboratuvarlarda inşa edilen test numuneleri strüktürel titreşim geçişini en aza indirecek değerleri sağlayacak şekilde elde edilebilmektedir, ancak bu normal inşaat süresince elde edilememektedir. Uygulama esnasında, çok dikkatli tasarım, titiz bir işçilik ve sıkı denetim ile ancak duvarın potansiyel ses yalıtım değerine ulaşılabilir (3, 15, 35, 43, 50).

Arka sayfadaki örneklerde, 20 cm kalınlığındaki tuğla duvarın TL performansı, direkt ses iletim yollarının kesilmesiyle artırılmıştır. Duvarın izolasyonu, 10 cm kalınlığında iki eşit parçaya ayrılarak ve arada 10 cm hava boşluğu bırakılarak artırılabilir gibi, içten düşey bir kaplamayla duvara monte edilmiş 12 mm kalınlığındaki alçı panolarla da artırılabilir.

Çift tabakalı bir konstrüksiyon oluşturmak için, iki yapı malzemesi birbirinden bir hava boşluğuyla ayrılmalıdır. Ahşap dikmeli konstrüksiyonlar için, hava boşluğunun genişliği arttıkça ses iletim kaybı da artar. Daha fazla TL, ancak hava boşluğuna ses yutucu malzeme konursa elde edilebilir.

Çünkü ses yutucu malzeme, hava boşluğundaki sesin artmasını engeller. Aşağıda şekil 4.8 de tek duvar, çift duvar ve alçı panelli duvarların ses iletim kaybı değerleri verilmektedir (53).

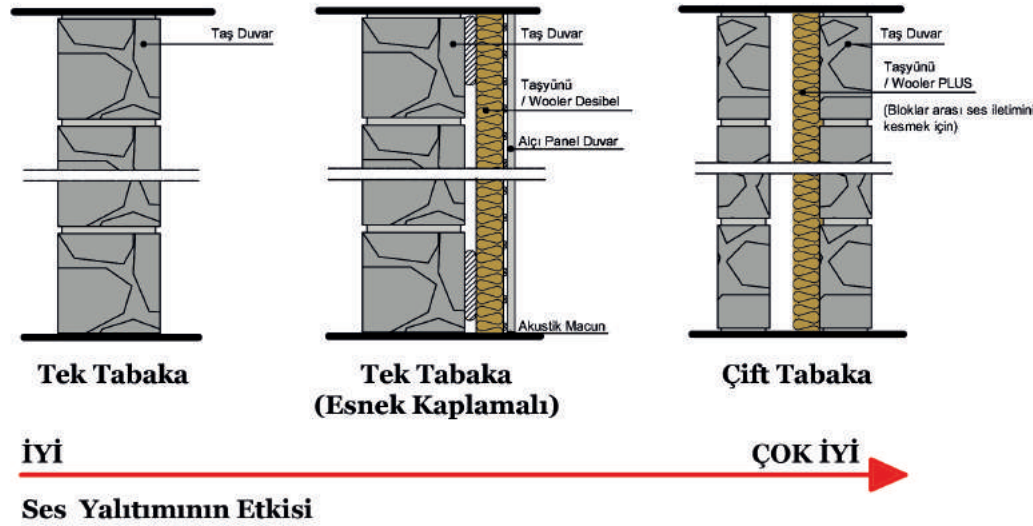


Şekil 4.8. Tek Duvar, Çift Duvar Ve Alçı Panelli Duvarların Ses İletim Kaybı Değerleri (53)

Alçı panelin kullanıldığı duvarlar ise tuğla duvarın kullanıldığı duvarlara göre yüksek ses azaltma değerlerine sahiptir. Alçı paneller özellikle yüksek frekanslarda etkilidir. Şekil 4.8’ de

görüldüğü gibi çift duvar ise diğer duvarlara göre belirgin bir şekilde bütün frekanslarda fark artmaktadır.

Şekil 4.9 da ses yalıtımının iyileştirme adımları görülmektedir.



Şekil 4.9. Ses Yalıtımının İyiden Mükemmelliğe Gidişi Görülmektedir.(53)

4.3.2 Yapı Konstrüksiyonunun Tabakalarını Ayırmanın Önemi

İdeal olarak, iki tabaka birbirine bağlı olmamalıdır. Eğer bir şekilde, yapı elemanları, birbirlerinden bütünüyle bağımsız olacak şekilde birleştirilebilecek olsalardı, bu sistemin ses geçiş kaybı, her tabakanın ses geçiş kayıpları toplamına eşit olacaktı. Tabakaları hava boşluğu ile ayırmak ses yalıtımını artırmaktadır (3, 15, 27, 35, 53).

4.3.3 Yapı Tabakalarının Birbirinden Farklı Olmasının Önemi

Tek tabakalı yapı konstrüksiyonlarında olduğu gibi, çift tabakalı yapı konstrüksiyonlarında da rezonans çukuru vardır. Yalnız, rezonans problemi, bu tip sistemlerde daha kaşıktır. Ancak rezonans etkisi, farklı rezonans frekansına sahip malzemeler kullanılarak azaltılabilir.

Eğer iki tabaka birbiriyle aynıysa, aynı kalınlıktaki aynı malzemeden oluşmuş ve aynı şekilde uygulanmışsa (aynı ölçüde veya aynı bağlantı aralıklarıyla), aynı rezonans frekansına sahip olacaklardır. Sonuç olarak, rezonans etkisi vurgulanmıştır ve rezonans çukuru artar. Bu sebeple, farklı kalınlıkta aynı malzemeden kullanmak ya da farklı malzemeler kullanmak bu çukurun şiddetini azaltır. Aynı malzemeden farklı kalınlıkta kullanmak genellikle daha pratiktir (5, 15, 35, 49, 53).

4.3.4 Boşlukta Gözenekli Ses Yutucu Malzeme Kullanmanın Önemi

İki tabakalı yapı konstrüksiyonlarının ses geçiş kaybı – frekans bağıntısında, ek olarak başka bir rezonans çukuru vardır. Bu çukur, boşluktaki havanın rezonansına bağlı olarak oluşur. Boşluğun genişliği azaldıkça sertliği artar ve rezonans daha yüksek bir frekansta oluşur. Boşluğun artırılması, daha alçak frekanslarda rezonans oluşturur.

Boşluk rezonansından kaynaklanan çukurun etkilerini azaltmanın iki yolu vardır: Birinci yol, boşluğa açık gözenekli bir ses yutucu malzeme koymaktır. Lifli malzeme boşluğun eni ve boyunu kaplayacak şekilde konulmalıdır. Kalınlığın, boşluk genişliğinin dörtte üçünü aşmasına gerek yoktur, çünkü bu artış, ses geçiş kaybında çok az bir gelişme sağlar.

Düşük yoğunluklu taş yünü kullanıldığında hava boşluğunun tamamen kapatılması en iyi çözümdür. Ancak yüksek yoğunluklu taş yünü kullanıldığında hava boşluğu tamamen doldurulmamalıdır, çünkü sert malzeme ses köprüsü olarak sesi boşluğa iletir.

Tablo 4.3 STC Değerleri (35)

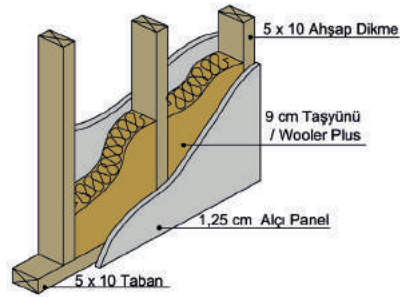
Konstrüksiyon	Boşlukta yalıtım yok	Düşük Yoğunluklu Taş yünü	Yüksek yoğunluklu Taş yünü
63 mm çelik dikmeler, her iki tarafında 13 mm alçı paneli	37	42	43
91 mm çelik dikmeler, her iki tarafında 13 mm alçı paneli	38	44	46

4.3.5 Yapı Malzemesinin Titreşim Emiciliği ve Rezonans Etkisi

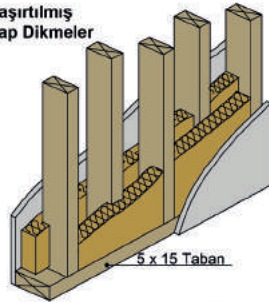
Rezonans çukurunun etkisini azaltmanın bir yöntemi de yapı malzemesinin ses titreşimi emiciliğini artırmaktır. Bu özellik arttıkça, rezonans çukuru düzleşecektir. Çelik ve alüminyum, yapı malzemeleri arasında en az iç titreşim emiciliğine sahiptir. Kurşun levha ise en yüksek titreşim emiciliğine sahiptir. Geniş bir yüzey

ağırlığı ve düşük sertliğe sahip olduğundan, yüksek ses geçiş kaybı sağlar. Ancak yapı malzemelerine, viskoelastik malzemeler kullanarak damping eklemek mümkündür. Çeşitli tiplerde visko – elastik malzemeler vardır. Bu mastikler yapı malzemesinin üzerine püskürtülür ya da sürülür. Başka bir yöntem de, visko – elastik bir malzeme olan polimer filmin, malzeme üzerine yapıştırılmasıdır.

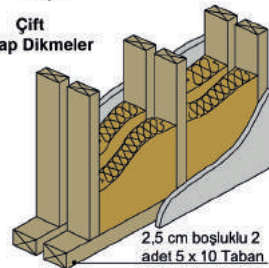
Ahşap Dikmeler



Şaşırtılmış Ahşap Dikmeler



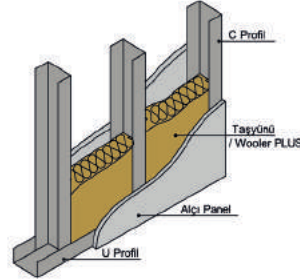
Çift Ahşap Dikmeler



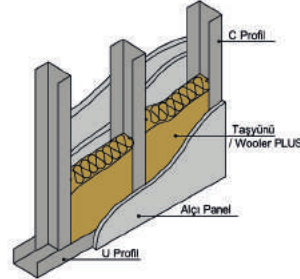
İyi

ÇOK İYİ
Ses Yalıtımı Etkisi

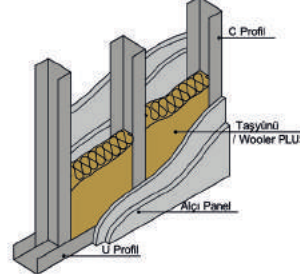
Her İki Tarafda Tek Kat Alçı Panel



Bir Tarafda İki, Bir Tarafda Tek Kat Alçı Panel



Her İki Tarafda İki Kat Alçı Panel



İyi

ÇOK İYİ
Ses Yalıtımı Etkisi

Şekil 4.10. Çift Duvarlı Sistemlerde Arada Hava Boşluğu Brakılarak ve Lifi Malzeme Yerleştirilerek Elde Edilecek TL Gelişimi(18)

Şekil 4.11. Çift Duvar – Dikmeli Sistemlerin Ses Yalıtımının Kademe Kademe İlerleme Örnekleri (18)

Bazı filmler, etiket şeklinde üretildiğinden, kullanımları oldukça kolaydır.

Mastik ve filmler, genellikle, iki tabaka malzeme arasına yerleştirilir. Bunlar aynı malzeme olabildiği gibi, farklı malzemeler de olabilir. Örneğin iki kontrplak tabakası arasına damping bir tabaka yerleştirilebilir. Bu malzemenin ses geçiş kaybı, aynı kalınlıktaki tek tabaka kontrplaktan oldukça yüksektir.

Şekil 4.10'da duvarlı sistemlerde arada hava boşluğu bırakılarak ve lifli malzeme yerleştirilerek elde edilecek TL gelişimi verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi dikmelerde şaşırtma ve çift taban konulmasıyla kademe kademe ses yalıtımı artmaktadır. Çift dikmeli sistem sesin tabakalar arası iletimini engeller, çünkü iki farklı çerçeve sistemi birbirinden en az 2.5 cm. mesafeyle ayrılmıştır (5, 15, 35,).

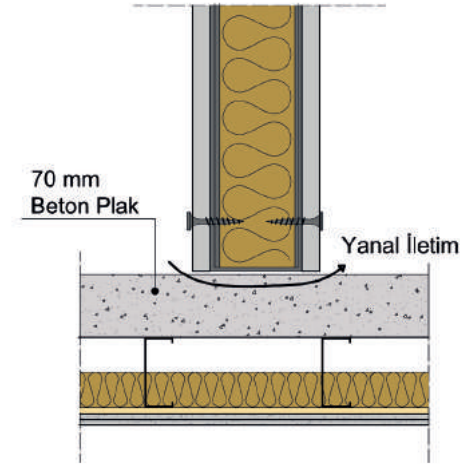
Genellikle, kütle ve hava boşluğu derinliği ne kadar fazla olursa kütle-hava-kütle rezonans frekans değeri o oranda düşmekte ve bu da çoğunlukla R_w değerinde artış anlamına gelmektedir.

Ses yutucu malzeme genellikle duvardaki ya da döşemedeki boşluğa eklenmektedir. Bu malzemenin eklenmesi ile kütle-hava-kütle rezonans frekansı azalmakta ve çoğunlukla R_w değeri artmaktadır, yüksek frekanslarda etkili hale gelen boşluk rezonans etkilerini azaltmaktadır.

Lifli malzemeler, selüloz lifi ya da taş yünü gibi yalıtım malzemesi bu amaca uygundur. Kapalı hücreli malzemeler, expande polistiren gibi, sesi iyi yutmadığı için bu amaca uygun değildir (5, 15, 35, 48).

Şekil 4.11'de çift duvar – dikmeli sistemlere örnekler verilmiştir. Şekilde olduğu gibi, çift ahşap dikmeli sistemde, dışardan ikinci alçı panel takviyesi yapılırsa daha iyi performans elde edilir.

Şekil 4.12'de çift çelik dikmeli, iki tarafı alçı panel kaplı ve boşlukta ses yutucu malzeme olan kuru duvarın döşeme ile bağlantısı iyi olmadığı durumda yanıl iletim yoluyla sesin geçişı görülmektedir.



Şekil 4.12. Döşemedeki Yanıl Ses Geçişı

4.4 Üç ya da Daha Fazla Tabakalı Yapı Konstrüksiyonlarının Ses Geçiş Kaybı

Yapı konstrüksiyonlarının ses geçiş kaybı değerlerini artırmak için, farklı malzemelerden oluşan üç ya da daha fazla tabaka kullanılabilir. Ancak maliyet, ağırlık ve yer gibi problemler sınırlayıcıdır. Bu açıdan da seyrek olarak kullanılır.

Tek tabakalı yapı konstrüksiyonlarında olduğu gibi, çift tabakalı yapı konstrüksiyonlarında da rezonans çukuru vardır. Yalnız, rezonans problemi, bu tip sistemlerde daha karışıktır. Ancak rezonans etkisi, farklı rezonans frekansına sahip malzemeler kullanılarak azaltılabilir (3, 15, 35, 50).

- İki panelin farklı yüzey ağırlıkları olmalı,
- Boşluk ses emici malzeme içermeli,
- Paneller arası hava köprüsü olmamalı,
- Paneller, konstrüksiyon yöntemi ile birbirlerine bağlanmamış olmalı
- Eğer panelleri birbirlerine bağlamak gerekiyorsa direnç uyumsuzluğu sağlanmalıdır. Bu da; ağır paneller ile hafif bağlar, hafif paneller ile ağır bağlar kullanılması gerektiğini gösterir.

Alçı panel sistemi kullanılarak yüksek TL değeri elde etmek için yapılması gerekenler aşağıda özetlenmiştir:

1. Ağır alçı panolar kullanılmalıdır. Dikmelerin bir tarafına iki tabaka 1.5 cm lik paneller yerleştirilebilir, ya da dengelenmemiş olarak, bir tarafına iki, bir tarafına bir tabaka alçı pano konulabilir. Her iki tarafa bir tane koymaktan kaçınılmalıdır. Sistemin ağırlığı arttıkça R_w değeri de artacaktır. Ağırlığın iki kat artırılması R_w yi 5 dereceden fazla artırır.
2. Duvarın iki tarafında oluşan direkt ses iletim yolu, şaşırtılmış ahşap dikmeler kullanılarak, çift sıra ahşap dikme konularak ya da dikmenin bir tarafında esnek kanal bırakılarak kesilebilir. İkişer katlı çift tarafta bulunan ve hava boşluklu alçı pano sistemi, monolitik sistemden daha iyi sonuç getirir.
3. Ahşaptan ve ağır metalden daha yumuşak olan, hafif ayarlı metal dikmeler kullanılmalıdır. Geniş metal dikmeler, düşük frekanslarda daha yüksek TL değeri alınmasını sağlar.
4. Ses emici örtüler, dikmeler arasındaki boşluğa, en az 5 cm kalınlığında yerleştirilmelidir. R_w 'deki artış, ahşap dikmeli sistemler için 2-8, çelik dikmeli sistemler için 8-25 arasında olacaktır.
5. Tüm birleşim, kesişim yerleri ve aralıklar kapatılmalıdır.
6. İzolasyon yapılan duvarın, tavan, döşeme, taşıyıcı sistemle birleştiği yerler, çepeçevre yalıtılmalıdır. Çevre boşluklar, sertleşmeyen macunlarla kapatılmalıdır. Çift tabakalı sistemlerde, her iki tarafa uygulanmalıdır.
7. Elektrik çıkışları ve düğmeleri şaşırtılarak yerleştirilmelidir ki en az bir dikme boşluğuna denk düşsün. Çıkış kutuları ve kutularla alçı panonun birleşim yerleri kapatılmalıdır.
8. Binanın su tesisatı, çerçeve elemanlarından ve alçı panolardan yalıtılmalıdır.

Çok tabakalı duvarların yalıtım düzeylerini artırmak için genel olarak:

- Daha fazla duvar kütlesi
- Daha fazla hava boşluğu derinliği
- Ses yutucu malzeme miktarını artırmak gereklidir.

Yapım Kalitesi

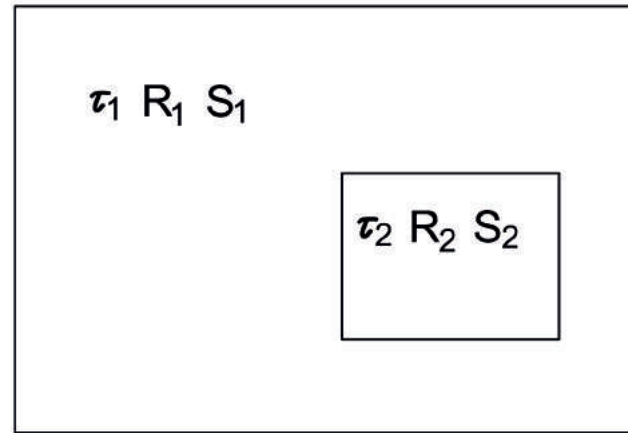
Bir duvar veya döşeme, hesaplanan ses yalıtımı değerini ancak etrafındaki yapı ve kendisi hatasız üretilmiş ise sağlayacaktır. Bazı olası hatalar aşağıda listelenmiştir:

- Düşük ses yalıtımlı alanlar; örneğin duvardaki veya döşemedeki boşluklar veya delikler (alçı levha ile kaplanmış bile olsa) yoğunluğu düşük alanlar;
- Yalıtımdaki mekanik köprüler; örneğin yüzer döşemede istenmeyecek sabit bağlantılar veya boşluklu duvardaki yanlış seçilmiş bağlantı elemanları;
- Çift katlı ayırıcı katmanlar arasındaki akustik etkileşim; örneğin iki duvar arasındaki bu dar alanın emiliminin olmadığı farz edilirse ortaya çıkacak durum;
- Beklenmedik çapraz geçiş; örneğin duvarlar veya döşeme veya çapraz elemanlarda hatalı bağlama.

4.5 Kompozit Konstrüksiyonlar İçin Ses İletim Kaybı (TL)

Ayırıcı olarak kullanılacak paneller birden fazla yapı bileşeninden oluşabilir. Kapı, pencere bulunan duvar, birden fazla bileşeni bulunan panele örnek olabilir.

Şekil 4.13'te birden fazla yapı elemanından oluşmuş bir cephe görülmektedir.



Şekil 4.13. Birden Fazla Bileşenden Oluşan Duvar

Tüm panelin ortalama ses geçiş katsayısı, τ_{av} , panelde bulunan bileşenlerin alan-ağırlık katsayısının hesaplanması ile bulunmaktadır;

$$\tau_{av} = \frac{\tau_1 S_1 + \tau_2 S_2 + \tau_3 S_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3} \quad (10)$$

τ_1, τ_2 vs. her bileşenin ses geçiş katsayısı

S_1, S_2 vs. her bileşenin alanı

Buna bağlı olarak ses yalıtım indeksi ortalaması, R_{av} , aşağıdaki bağıntı ile bulunabilir.

$$R_{av} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\tau_{av}} \right) \text{ dB} \quad (11)$$

Şekil 4.13'te görüldüğü gibi eğer ayırıcı panelde bulunan yapı elemanları düşük ses azaltım indeksine sahipse, panelin ortalama ses azaltım indeksi de düşük olacaktır.

Birçok yapı sistemi, farklı ses geçiş kaybına sahip iki ya da daha

fazla yapı malzemesinin birleşiminden oluşur. Örneğin bir duvarda, kapı ve pencere gibi açıklıklar, çatılarda çatı pencereleri bulunabilir. Aşağıdaki formülden yola çıkılarak, farklı bileşenlerden oluşan bir yapı sisteminin son geçiş kaybı bulunabilir:

$S_1, S_2, S_3, \dots$, alanlarına sahip bir duvarın ses geçiş kaybı değerleri TL_1, TL_2, TL_3 , ise kompozit duvarın ses geçiş kaybı değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$TL = 10 \log \frac{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \dots}{10^{-TL_1/10} S_1 + 10^{-TL_2/10} S_2 + 10^{-TL_3/10} S_3 + \dots + 10 \dots} \quad (12)$$

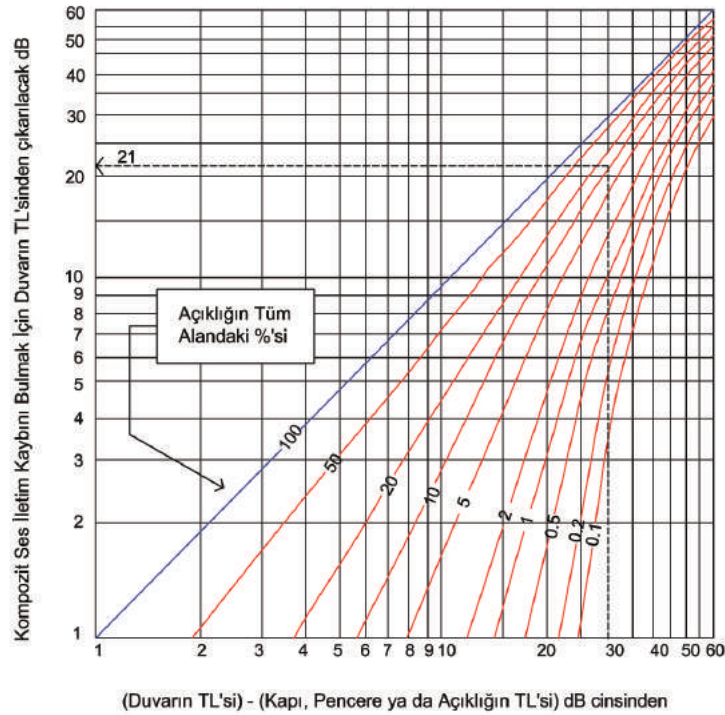
Duvardaki kapı ve pencere gibi kısımlar, akustik açıdan zayıfsa, yani düşük ses geçiş kaybına sahiplerse, duvarın kendi başına sahip olduğu yüksek ses geçiş kaybı, tek başına çok etkili olmayacaktır. Kompozit – bileşik – TL genellikle zayıf malzemenin TL' sine yakın olur (15, 35, 44).

İki bileşenden oluşan sistemler için aşağıdaki tablo 4.4 kullanılabilir.

Tablo 4.4. Duvardaki Kapı, Pencere, vs. Açıklıklarına Göre Yapı Elemanının Ses Yalıtımındaki Değişiklikleri (4)

TLd-TLa	Duvardaki Açıklıklarda Ses İletim Kaybının (TL) Düşmesi									
	Açıklığın Toplam Duvar Alanında Kapladığı Alan (%)									
	100%	50%	20%	10%	5%	2%	1%	0.50%	0.10%	0.01%
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1.0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2.0	1.0	0.5	0	0	0	0	0	0	0
3	3.0	2.0	1.0	0.5	0	0	0	0	0	0
4	4.0	2.5	1.0	0.5	0.5	0	0	0	0	0
5	5.0	3.0	1.5	1.0	0.5	0	0	0	0	0
6	6.0	4.0	2.0	1.0	0.5	0	0	0	0	0
7	7.0	5.0	2.5	1.5	1.0	0.5	0	0	0	0
8	8.0	6.0	3.0	2.0	1.0	0.5	0	0	0	0
9	9.0	6.5	4.0	2.5	1.0	0.5	0.5	0	0	0
10	10.0	7.5	4.5	3.0	2.0	1.0	0.5	0	0	0
15	15.0	12.0	8.5	6.0	4.0	2.0	1.0	1.0	0	0
20	20.0	17.0	13.0	10.5	8.0	5.0	3.0	2.0	0.5	0
30	30.0	27.0	23.0	20.0	17.0	13.0	10.0	8.0	3.0	0.5
40	40.0	37.0	33.0	30.0	27.0	23.0	20.0	17.0	10.5	3.0
50	50.0	47.0	43.0	40.0	37.0	33.0	30.0	27.0	20.0	10.5
60	60.0	57.0	53.0	50.0	47.0	43.0	40.0	37.0	30.0	20.0

Aşağıdaki Grafik 4.1 kompozit TL' yi bulmak için kullanır. Öncelikle zayıf elemanın yüzeyde kapladığı alanın yüzdesi bulunur. Güçlü elemanın TL'sinden zayıf elemanın TL'si çıkarılır. Çıkan sonuç, yüzeyde kapladığı alanın yüzdesini gösteren eğriyle çakıştırılır ve y ekseninde kestiği nokta bize yüksek TL'den çıkarılması gereken değeri verir.



Grafik 4.1 Kompozit Yapı Elemanının Ses Yalıtımı (44)

4.6 ISO 717-1 Standardına Göre Hava İle Yayılan Sesin Yalıtımının Değerlendirilmesinde Tek Sayılı Büyüklüğün Hesaplanması

Bina cephesinin performansı EN ISO 140-5'e göre birkaç yöntemle tariflenebilir. Burada EN ISO 717-1'e göre bina performansını tek sayılı değerler olarak ifade edecek, $R'w$ Dls,2m,nT,w veya $(R'w+C_{tr})$ gibi büyüklükler, frekans bantlarındaki (1/3 oktav bant veya oktav bant) değerlere göre hesaplanabilir (48).

4.6.1 Hava İle Yayılan Sesin Yalıtımı İçin Tek Sayılı Büyüklük

ISO 717-1'de verilen metoda göre, kaydırma yapıldıktan sonra 500 Hz'de referans eğrisinin desibel cinsinden değeridir (28).

4.6.2 Spektrum Adaptasyon Büyüklükleri

Özel ses spektrumunun karakteristiklerinin dikkate alınması için, tek sayılı orana (R_w) ilave edilebilecek desibel cinsinden bir sayıdır. ISO 717-1'de iki ses spektrumu (1/3 oktav bantları ve oktav bantlarında) tarif edilmiştir.

4.6.3 Tek Sayılı Büyüklüklerin Değerlendirilmesi İçin İşlem

ISO 140-3, ISO 140-4, ISO 140-5, ISO 140-9 ve ISO 140-10'a göre elde edilen değerler, 1/3 oktav bantları için (100-3150) Hz ve oktav bantları için (125-2000) Hz'lik aralık içindeki ölçme frekanslarında referans değerlerle karşılaştırılmalıdır.

Ayrıca iki spektrum adaptasyon büyüklükleri, yukarıda belirtilen frekans aralığı içinde iki tipik spektruma dayandırılarak hesaplanmalıdır. Bu iki şart, 100 Hz ile 3500 Hz arasındaki daha geniş bir frekans aralığını da kapsamak üzere (gerek duyuluyorsa ve ölçen veriler mevcutsa) ilave spektrum adaptasyon şartlarıyla isteğe bağlı olarak ilave edilebilir (20,54).

Referans Değerler

Tablo 4,5'te belirtilen ölçme sonuçlarıyla karşılaştırmak için, kullanılan referans değerlerinin bir dizisi gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Hava ile Yayılan Sesin Ağırlıklı Hale Getirilmesi İçin Kullanılan Referans Değerler (20)

Frekans Hz	Referans Değerler	
	dB	dB
	1/3 Oktav bantları	Oktav bantları
100	33	
125	36	36
160	39	
200	42	
250	45	45
315	48	
400	51	
500	52	52
630	53	
800	54	
1000	55	55
1250	56	
1600	56	
2000	56	56
2500	56	
3150	56	

• Hava doğuşlu ses yalıtım özellikleri normalde işitsel spektrumun temsili bir bölümü üzerinde, 1/3 oktav bandlar olarak ölçülür, genelde 100 Hz'den 3150 Hz'e. Bu bize 16 farklı R değeri verir, her 1/3 oktav bandına bir tane. Bu 16 R değerinin aritmetik ortalamasının hesaplanması ve bu ortalamayı panelin genel performansının göstergesi olarak kabul etmek çok basit bir işlem olur. Ama bu, iki nedenden dolayı tatminkâr sonuçlar sağlamaz.

• Öncelikle, basit bir ortalama, kulağın frekanslara olan hassasiyetini işin içine katmaz. Dinleyici için, panelin ses yalıtımı etkinliği ortalamaya göre değil, o çok düşük değere göre belirlenecektir.

• Bu nedenle, bir panelin ses yalıtımının yeterli sayılabilmesi için R'nin tüm 16 adet 1/3 oktav bantta incelenmesi gerekmektedir. Ama tabi bu çok sayıda rakam ortaya çıkartacağı için gereksinimlere karşılaştırma yapılması zor olacaktır.

• Bu yüzden, bu 16 noktadaki değerleri tek bir sayı indeksine indirgemek yararlı olacaktır. Bunu yapmanın birkaç yolu vardır. BS EN ISO 717-1.1997 kullanılmaktadır. Burada ölçülmüş değerler, 1/3 oktav banttaki referans değerleriyle karşılaştırılmaktadırlar. Tablo 4.5 de R değerlerini R_w değerine çevirmek için kullanılan çevirme katsayıları görülmektedir (20, 53).

• Özel ses spektrumunun karakteristiklerinin dikkate alınması için, tek sayılı orana (R_w) ilave edilebilecek desibel cinsinden bir sayıdır.

• ISO 717-1'de iki ses spektrumu tarif edilmiştir (1/3 oktav bantları ve oktav bantlarında). Bu tabloda, frekans 100 Hz'den 1250 Hz'e arttıkça, referans değerleri de artmaktadır. Böylece kulak hassaslığına göre yüksek frekanslara ağırlık kazandırılmaktadır. Daha sonra, ölçülen değerlerle referans değerleri aynı grafik üzerinde çizilerek her frekansta karşılaştırılırlar (28).

• Eğer referans değeri daha fazla ise, $R_{ref} - R'$ kaydedilir, eğer tam tersi ise hesaba katılmaz. Hesaba katılan farklar toplanır. Bu değer 32'ye en yakın fakat 32'den fazla olmayacak şekilde gerçekleşmesi için referans eğrisi her sefer 1 dB olmak üzere aşağı ya da yukarı çekilir (20, 54).

Spektrum adaptasyon teriminin amacı, panelin ses yalıtımı sağlaması gereken gürültü türüne göre ağırlıklandırılmış tek sayı indeksini düzeltmektir.

1 numaralı spektrum C, aşağıdaki gürültü türleri ile ilgilenir:

- Ev ile alakalı aktiviteler; konuşma, müzik, radyo, televizyon
- Çocukların oynaması
- Orta ve yüksek hızdaki tren yolu trafiği
- 80 km/saatten yüksek hızdaki karayolu trafiği
- Kısa mesafede jet uçağı

2 numaralı spektrum ise aşağıdaki gürültü türleri ile ilgilenir:

- Şehir içi karayolu trafiği
- Düşük hızdaki tren yolu trafiği
- Pervaneli uçaklar
- Uzak mesafede jet uçağı
- Disko müziği
- Alçak ya da orta frekanslarda gürültü yayan fabrikalar

Aşağıdaki tabloda bir tuğla duvarının R_w değerinin hesaplanması görülmektedir.

Tablo 4.6. R_w Değerinin Hesaplanması

	Frekans (Hz)	TUĞLA	Referans değerleri (dB)	Fark	Ref-10	Sonuç farkı
1	100	33,3	33	-0,3	23	-10,3
2	125	36,0	36	0,0	26	-10,0
3	160	31,1	39	7,9	29	-2,1
4	200	29,3	42	12,7	32	2,7
5	250	32,3	45	12,7	35	2,7
6	315	33,8	48	14,2	38	4,2
7	400	36,8	51	14,2	41	4,2
8	500	38,1	52	13,9	42	3,9
9	630	39,1	53	13,9	43	3,9
10	800	41,4	54	12,6	44	2,6
11	1000	42,2	55	12,8	45	2,8
12	1250	42,2	56	13,8	46	3,8
13	1600	46,1	56	9,9	46	-0,1
14	2000	48,7	56	7,3	46	-2,7
15	2500	50,4	56	5,6	46	-4,4
16	3150	51,0	56	5,0	46	-5,0
				32<156,5		32>30,8

Tablo 4.7'de C ve Ctr Değerlerini Hesaplamak İçin Kullanılan Çevirme Katsayıları görülmektedir.

Tablo 4.7. Adaptasyon Katsayılarını Hesaplamak İçin Ses Seviyesi Spektrumu (54)

Frekans	Ses seviyesi			
	C' yi Hesaplamak için		Ctr'yi Hesaplamak için spektrum	
	spektrum No 1		No 2	
Hz	1/3 Oktav (dB)	Oktav (dB)	1/3 Oktav (dB)	Oktav (dB)
100	-29		-20	
125	-26	-21	-20	-14
160	-23		-18	
200	-21		-16	
250	-19	-14	-15	-10
315	-17		-14	
400	-15		-13	
500	-13	-8	-12	-7
630	-12		-11	
800	-11		-9	
1000	-10	-5	-8	-4
1250	-9		-9	
1600	-9		-10	
2000	-9	-4	-11	-6
2500	-9		-13	
3150	-9		-15	

R_w özelliklerine ulaşmak için bileşen seçiminin iyi bilinmesi gerekmektedir, özellikle duvarlar ve döşemeler arasındaki bağlantı dikkatlice tasarlanmalı, yapım aşamasında sönümlleme detayları uygulanmalı ve bu inşaat tamamlanmadan test edilerek istenilen değerlere ulaşıp ulaşılmadığı kontrol edilmelidir. İnşa işlemleri tamamlanmadan yapılacak olan kontroller, testler sayesinde tamamlandıktan sonra ortaya çıkabilecek tüm masraflar önlenmiş olunur.

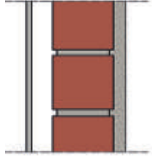
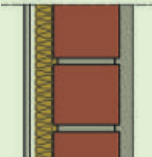
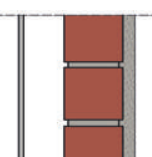
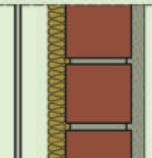
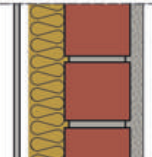
4.7. Farklı Duvar Konstrüksiyonlarının R_w ($C;C_{tr}$) Değerleri

4.7.1. Farklı Duvar Konstrüksiyonlarının Laboratuvar Ölçümleri R_w ($C;C_{tr}$)

- Aşağıdaki tabloda 5 cm'lik hava boşluğu içinde ses yutucu malzeme olmadığı zaman R_w 50 dB iken; boşluğa 4 cm ses yutucu malzeme konulduğunda R_w değeri 4 dB artmaktadır.

- Hava boşluğu 5 cm'den 10 cm'ye çıkarıldığı durumda ise R_w değeri 2 dB artmaktadır.
- Hava boşluğu içine 4 cm ses yutucu malzeme konulduğu durumda tamamen boş olması durumuna göre artış yine 4 dB, 4 cm yerine iki katı olan 8 cm lik ses yutucu malzeme konulduğunda R_w de 5 dB artış olmaktadır.
- Ses yutucu malzeme 4 cm'den 8 cm'ye çıkartıldığında R_w 'deki artış 1 dB olmaktadır (27).

Tablo 4.8. Alçı Panelli Tuğla Duvarların Boşluk Genişliğinin ve Ses Yutucu Malzemenin Yalıtım Üzerine Katkısı, Pembe Gürültü ve Trafik Gürültüsü İçin Değişimi (53)

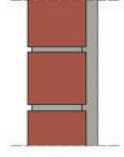
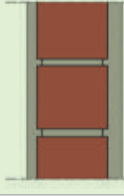
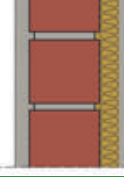
Konstrüksiyon	Sistem Kesiti	Boşluk genişliği, cm	Boşluk içinde ses yutucu mal. (cm)	R_w ($C;C_{tr}$)	C kategorisi gürültüleri için R_w	C_{tr} kategorisi gürültüleri için R_w
3 cm çimento-kireç (dış) siva 14,5 cm tuğla 1,2 cm alçı levha		5	Yok	50 (-1; -5)	49	45
3 cm çimento-kireç (dış) siva 14,5 cm tuğla 1,2 cm alçı levha		5	4	54(-2; -5)	52	49
3 cm çimento-kireç (dış) siva 14,5 cm tuğla 10 cm boşluk 1,2 cm alçı levha		10	Yok	52(-2; -6)	50	46
3 cm çimento-kireç (dış) siva 14,5 cm tuğla 1,2 cm alçı levha		10	4	56(-2; -6)	54	50
3 cm çimento-kireç (dış) siva 14,5 cm tuğla 1,2 cm alçı levha		10	8	57(-1; -5)	56	52

Aşağıdaki tablo 4.9'da iç siva, dış siva ve ses yutucu malzemenin ses yalıtımdaki etkilerini vermektedir.

- Dış sıvalı 14,5 cm'lik tuğla duvarın yalıtım değeri 42 dB iken; iç siva yapılmasıyla yalıtımda 1 dB'lik artış olmaktadır.
- Dış sıvanın altına 4 cm ses yutucu malzeme konulduğu durumda yalıtım değeri 43 dB'den 47 dB'ye çıkmakta yani 4 dB'lik bir artış olmaktadır.

- Tabloda bu üç durum karşılaştırıldığı durumda R_w değerleri yukarıda anlatıldığı gibi farklılık gösterirken, trafik gürültüsüne karşı bu üç tür duvarın yalıtım değerleri aynı kalmaktadır, yani 40 dB olmaktadır.
- Ev ile alakalı aktiviteler; konuşma, müzik, radyo, televizyon, orta ve yüksek hızdaki tren yolu trafiği, 80 km/saatten yüksek hızdaki karayolu trafiği, kısa mesafede jet uçağı gibi gürültülere karşı ise ses yutucu malzeme konulmasıyla yalıtım 43 dB'den 45 dB'ye yükselmektedir (53).

Tablo 4.9. İç Siva, Dış Siva ve Ses Yutucu Malzemenin Ses Yalıtımdaki Etkileri (53)

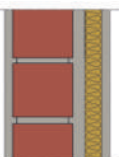
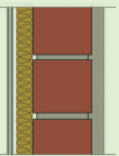
Konstrüksiyon	Sistem Kesiti	Dış siva	İç siva	Ses yutucu malzeme, (cm)	$R_w (C; C_{TR})$	C kategorisi gürültüleri için R_w	C_{TR} kategorisi gürültüleri için R_w
3 cm çimento-kireç (dış) siva 14,5cm tuğla		X			42 (-1; -2)	41	40
3 cm çimento-kireç (dış) siva 14,5cm tuğla 2cm perlitli alçı (iç) siva		X	X		43 (0; -3)	43	40
2 cm çimento-kireç (dış) siva 4 cm ses yutucu malzeme 3 cm çimento-kireç (dış) siva 14,5 cm tuğla, 2cm perlitli alçı (iç) siva		X	X	4	47 (-2; -7)	45	40

Aşağıdaki tablo 4.10'da ses yutucu malzemenin duvarın dış yüzüne ve iç yüzüne konulduğu durumlarda ölçülen ses yalıtım değerlerini vermektedir.

- Dış yüzüne konulduğunda R_w 47 dB iken; iç yüzeyine konulduğunda ise 54 dB olmaktadır, yani 7 dB'lik bir fark ortaya çıkmaktadır.

- Trafik gürültüsü için aynı duvar sırasıyla 40 dB'den 49 dB'ye çıkmakta, yani ses yutucu malzemenin iç tarafa konulmasıyla 9 dB'lik bir artış olmaktadır. Pembe gürültü türleri için ise yalıtımda 7 dB'lik bir artış olmaktadır (27).

Tablo 4.10. Ses Yutucu Malzemenin Duvarın Dış ve İç Yüzeylerine Konulması Durumunda Yalıtım Değerlerinin Karşılaştırılması (53)

Konstrüksiyon	Sistem Kesiti	Dış siva	İç siva	Alçı panel	Hava boşluğu, (cm)	Ses yutucu duvar dışında (cm)	Kaya yünü duvarın iç tarafında, (cm)	$R_w (C; C_{TR})$	C kategorisi gürültüleri için R_w	C_{TR} kategorisi gürültüleri için R_w
2 cm çimento-kireç (dış) siva 4 cm ses yutucu mal 3 cm çimento-kireç (dış) siva, 14,5 cm tuğla, 2 cm perlitli alçı (iç) siva		X	X	yok	yok	4	yok	47 (-2; -7)	45	40
33 cm çimento-kireç (dış) siva 14,5 cm tuğla 1,2 cm alçı levha		X	yok	X	1	4	X	54 (-2; -5)	52	49

- Tuğla duvarların iç tarafına konulan hava boşluğu özellikle yüksek frekanslarda ses azalma indisi değerlerini çok büyük farkla artırmaktadır.

- 5 cm'lik veya 10 cm'lik hava boşluğuna 4 cm taş yünü konulduğunda ses azalma indisi değerleri özellikle alçak ve orta frekanslarda artmaktadır, yüksek frekanslarda etkisi çok azdır.

- 4 cm'lik taş yünü 8 cm'ye çıkartıldığı zaman yüksek frekanslarda etkisi 4 cm'ye göre hemen hemen aynı iken; alçak frekanslarda etkisi yüksektir.

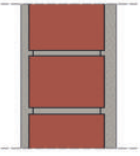
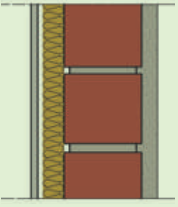
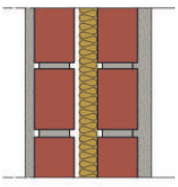
- Yeteri kadar bırakılan boşluk ve konulan taş yünü değerleri kalınlık ve kütle arttıkça, ses azalma indisi değerleri bütün frekanslarda etkili bir şekilde artmaktadır.

Yandaki tabloda toplam kalınlıkları benzer olan (24, 25, 27 cm) duvarların frekanslara bağılı ses yalıtım değerleri ve R_w (C;Ctr) verilmiştir.

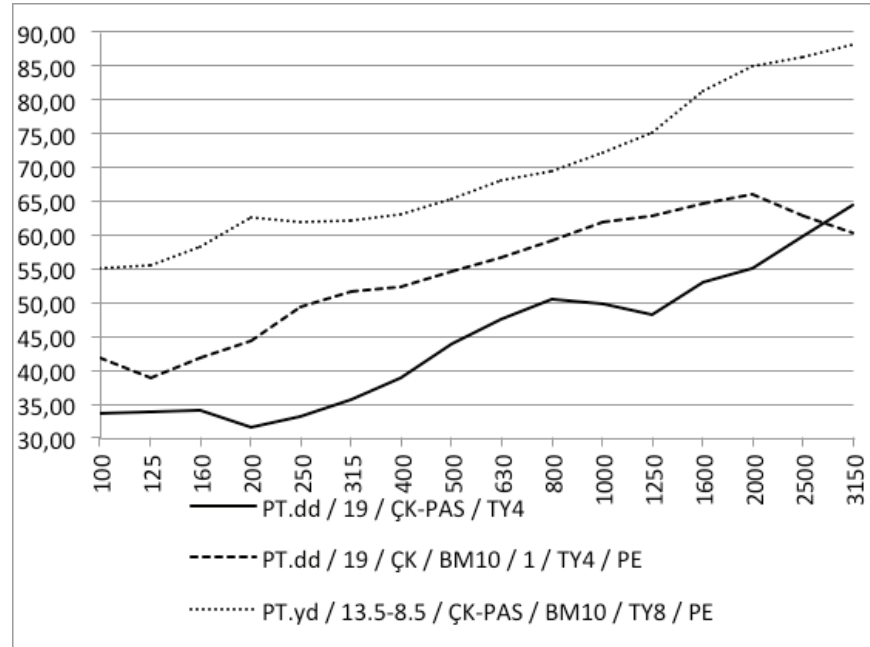
- Tabloda görüldüğü gibi duvarların kalınlıkları birbirine çok yakın olmasına rağmen sırasıyla R_w 41, 56, 64'dür.
- Tek tabakalı bir duvarın R_w değeri 41 dB iken; önüne konulan ses yutucu malzeme ile R_w değeri 56 dB'ye, benzer kalınlığı verecek şekilde çift duvar yapılırsa ve araya ses yutucu bir malzeme konulursa değeri 64 dB'ye ulaşmaktadır.
- Bir duvara alçı panel eklemenin etkisi, yüksek frekanslarda, etkin bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

- Alçı panel levha ekli duvar yüksek frekanslarda iyi bir akustik performans gösterirken, alçak frekanslar için aynısını söylemek mümkün değildir.
- Alçak frekanslarda yalın duvarın akustik performansı daha yüksek olabilmektedir.
- Alçı panel ekli iki duvar örneği içinde alçak frekanslarda ses geçiş kaybı (TL) değerinde düşüş olmakta ve yüksek frekanslarda ise (TL) değerinde bir yükselme söz konusudur.
- Çift tabakalı duvarlarda hava boşluğuna örülürken kesinlikle harç parçaları düşmemelidir, bu harç parçaları ses köprüsü yapmakta ve duvarın yalıtımı 10 dB kadar düşürmektedir.

Tablo 4.11 Toplam Kalınlıkları Benzer Olan (24, 25, 27 cm) Duvarların Frekanslara Bağlı Ses Yalıtım Değerleri ve R_w (C;Ctr) (53)

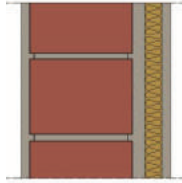
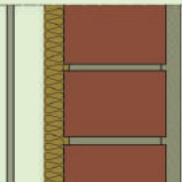
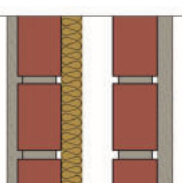
Kod	Konstrüksiyon	Sistem Kesiti DİŞ - İÇ	Boşluk	Ses yutucu mal.	R_{w} (C; C _{TR})	$R_{w} + C_{TR}$	$R_{w} + C_{TR}$
PT.dd / 19 / ÇK-PAS	3 cm çimento-kireç (dış) siva 19 cm tuğla 2 cm perlitli alçı (iç) siva		-	-	41 (0;-1)	41	40
PT.dd / 19 / ÇK / BM5 / 1 / TY4 / PE	3 cm çimento-kireç (dış) siva 19 cm tuğla 5 cm boşluk içerisinde 4 cm ses yutucu mal. 1,2 cm alçı levha		5	4	56 (-2; -6)	54	50
PT.yd / 8.5-8.5 / ÇK-PAS / BM5 / TY4 / PE	3 cm çimento-kireç (dış) siva 8,5 cm tuğla 5 cm boşluk içerisinde 4 cm ses yutucu mal. 8,5 cm tuğla 2 cm perlitli alçı (iç) siva		5	4	64 (-2;-5)	62	59

TOPLAM KALINLIKLARI BENZER (24, 25, 27 cm) 3 DUVAR YAPI ELEMANI

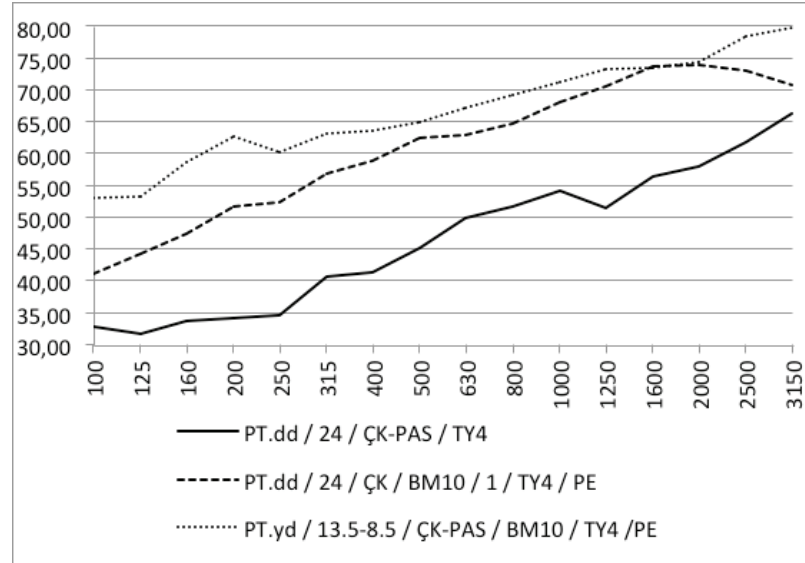


Tablo 4.12’de kalınlıkları benzer olan (34, 35, 37 cm) üç farklı duvarın frekanslara bağılı yalıtım değerleri ve R_w değerleri verilmiştir.

Tablo 4.12 Kalınlıkları Benzer Olan (34, 35, 37 cm) Üç Farklı Duvarın Frekanslara Bağlı Yalıtım Değerleri ve R_w Değerleri (53)

Kod	Konstrüksiyon	Sistem Kesiti	Boşluk	Taşıyünü	$R_{00} (C; C_{TR})$	$R_{00} + C_{TR}$	$R_{00} + C_{TR}$
PT.dd / 24 / ÇK-PAS / TY4	2cm çimento-kireç (dış) sıva 4cm taşıyünü levha 3cm çimento-kireç (dış) sıva 24cm tuğla 2cm perlitli alçı (iç) sıva		-	4	49 (-2;-6)	47	43
PT.dd / 24 / ÇK / BM10 / 1 / TY4 / PE	3cm çimento-kireç (dış) sıva 24cm tuğla 10cm boşluk içerisinde 4cm ses yutucu mal. 1,2cm alçı levha		10	4	64 (-2; -7)	62	57
PT.yd / 13.5-8.5 / ÇK-PAS / BM10 / TY4 / PE *	3cm çimento-kireç (dış) sıva 13,5cm tuğla 10cm boşluk içerisinde 4cm ses yutucu mal. 8,5cm tuğla 2cm perlitli alçı (iç) sıva		10	4	70 (-1;-4)	69	66

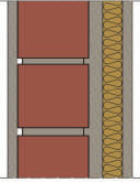
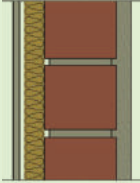
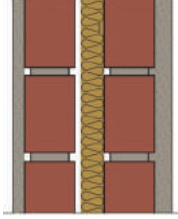
TOPLAM KALINLIKLARI BENZER (24, 25, 27 cm) 3 DUVAR YAPI ELEMANI



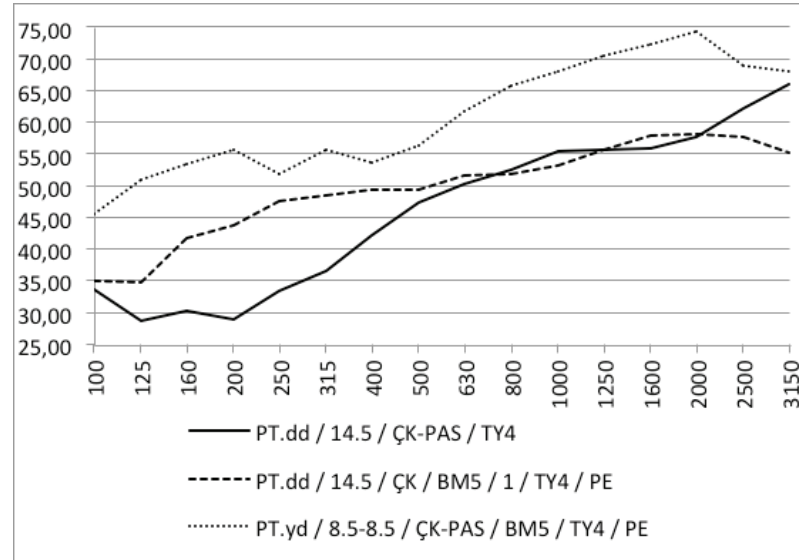
Tablo 4.13’de ağılıkları benzer olan üç farklı duvarın frekans dağılımı ve R_w değerleri verilmiştir.

- Ses yutucu malzemeleri içten ve dıştan konulmasıyla oluşan aynıdır, ama R_w değerleri arasında 7 dB fark bulunmaktadır, üçüncü duvarın yalıtımı daha yüksektir.
- Özellikle birinci duvar ile üçüncü duvarın yüzey yoğunlukları

Tablo 4.13 Ağılıkları Benzer Olan Üç Farklı Duvarın Frekans Dağılımı ve R_w Değerleri (53)

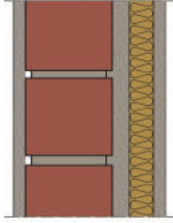
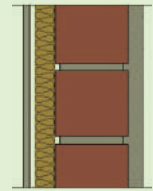
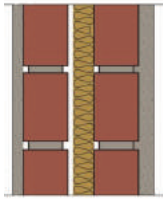
Kod	Konstrüksiyon	Sistem Kesiti Dış-İç	Boşluk	Taşıyünü	$R_w(C; C_{TR})$	$R_w + C_{TR}$	$R_w + C_{TR}$
PT.dd / 14.5 / ÇK-PAS / TY4	2cm çimento-kireç (dış) sıva 4 cm taşıyünü levha 3 cm çimento-kireç (dış) sıva 14,5 cm tuğla 2 cm perlitli alçı (iç) sıva		-	4	47 (-2;-7)	45	40
PT.dd / 14.5 / ÇK / BM5 / 1 / TY4 / PE	3 cm çimento-kireç (dış) sıva 14,5 cm tuğla 5 cm boşluk içerisinde 4 cm taşıyünü(folyolu) 1,2 cm alçı levha		5	4	54 (-2; -5)	52	49
PT.yd / 8.5-8.5 / ÇK-PAS / BM5 / TY4 / PE	3 cm çimento-kireç (dış) sıva 8,5 cm tuğla 5 cm boşluk içerisinde 4 cm taşıyünü (folyolu) 8,5 cm tuğla 2 cm perlitli alçı (iç) sıva		5	4	64 (-2;-5)	62	59

TOPLAM AĞIRLIKLARI BENZER (108, 111, 108 kg/m²) 3 DUVAR YAPI ELEMANI



Tablo 4.14’de ağırlıkları benzer olan üç farklı duvarın (140, 143, 140 kg/m²) frekanslara bağlı ses yalıtım değerleri ve R_w değerleri verilmektedir.

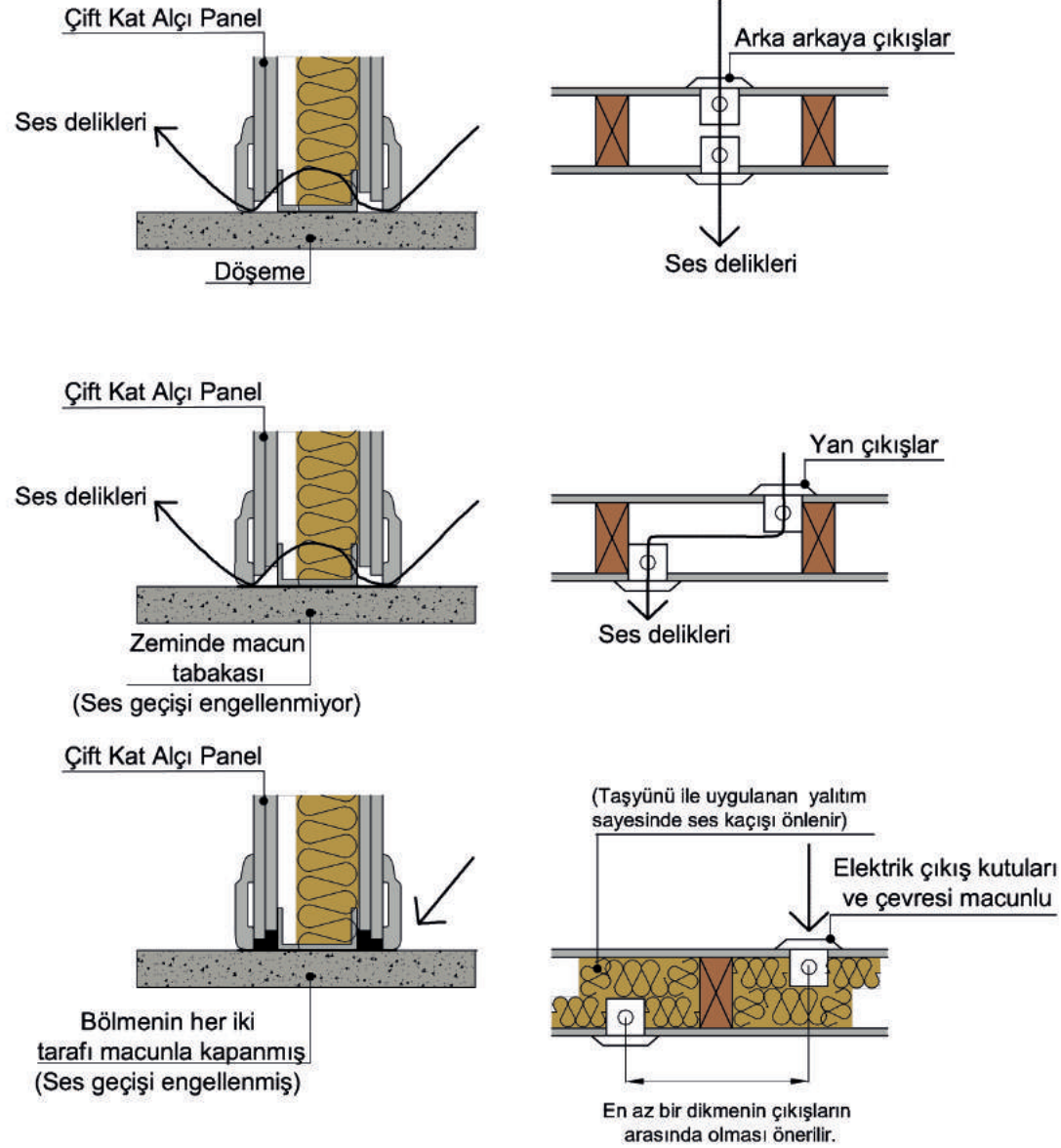
Tablo 4.14 Ağırlıkları Benzer Olan Üç Farklı Duvarın Frekanslara Bağlı Ses Yalıtım Değerleri ve R_w Değerleri (53)

Kod	Konstrüksiyon	Sistem Kesiti Dış-İç	Boşluk	Ses yutucu mal.	R _ω (C; C _{TR})	R _ω + C _{TR}	R _ω + C _{TR}
PT.dd / 14.5 / ÇK-PAS / TY4	2 cm çimento-kireç (dış) siva 4 cm ses yutucu mal. 3 cm çimento-kireç (dış) siva 14,5 cm tuğla 2 cm perlitli alçı (iç) siva		-	4	47 (-2;-7)	45	40
PT.dd / 14.5 / ÇK / BM5 / 1 / TY4 / PE	3 cm çimento-kireç (dış) siva 14,5 cm tuğla 5 cm boşluk içerisinde 4 cm ses yutucu mal. 1,2 cm alçı levha		5	4	54 (-2; -5)	52	49
PT.yd / 8.5-8.5 / ÇK-PAS / BM5 / TY4 / PE	3 cm çimento-kireç (dış) siva 8,5 cm tuğla 5 cm boşluk içerisinde 4 cm ses yutucu mal. 8,5 cm tuğla 2 cm perlitli alçı (iç) siva		5	4	64 (-2;-5)	62	59

TOPLAM AĞIRLIKLARI BENZER (140, 143, 140 kg/m²) 3 DUVAR YAPI ELEMANI

Şekil 4.14’te kuru duvarlarda yanılgeçişin önemi vurgulanmaktadır. Çok küçük ses deliklerinden deliğin hacmine göre çok fazla ses dalgası öbür tarafa geçmektedir. Özellikle elektrik prizleri

ve düğmeleri duvarlarda konumları belirlenirken dikkat etmek gereklidir. Şekilde görüldüğü gibi bunları duvara şaşırtarak ve araya ses yutucu malzeme koyarak yerleştirmek gereklidir.



Şekil 4.14. Kuru Duvarlarda Ses Dalgasının Kaçış Yolları (15,49)

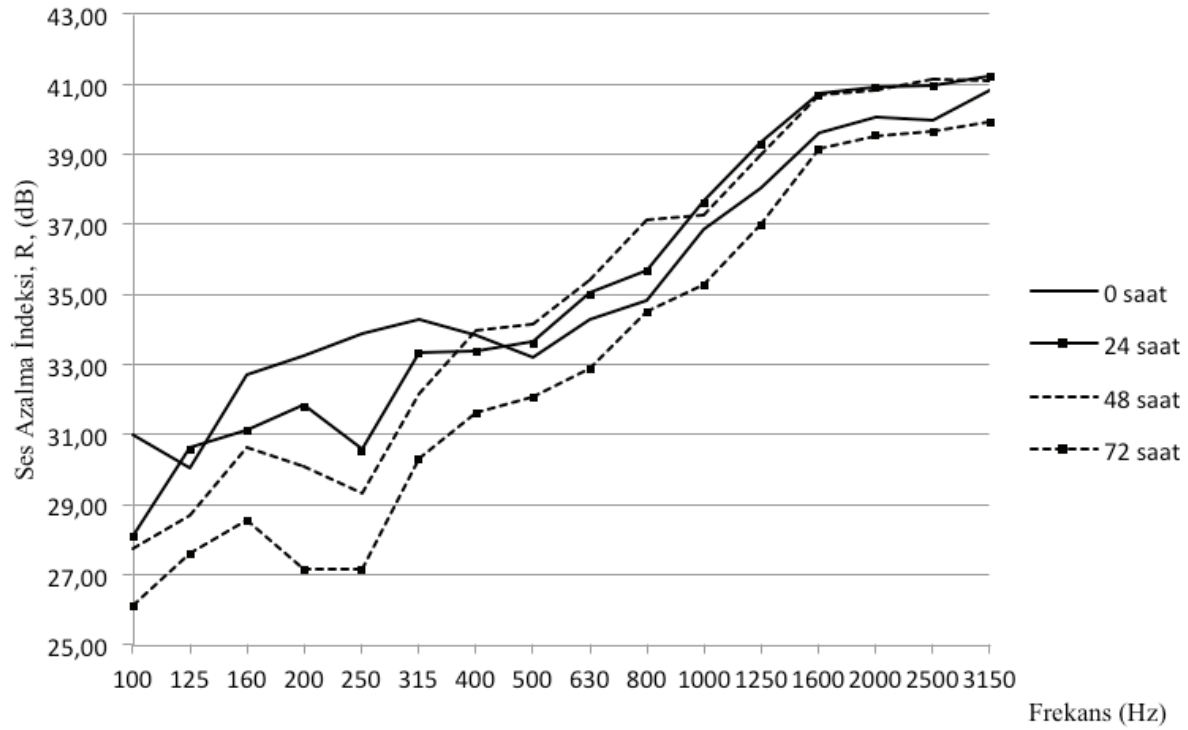
4.8 Sivanın Kuruma Derecesinin Ses Yalıtımına Etkisi

- Sıva yaş iken; sıvalı tuğla duvarın ses azalma indeksi değerleri kurumuş olan sıvalı duvara göre yüksektir.
- Sıva kurudukça, yani 0-72 saat sürecinde gittikçe 100-3150 Hz frekans aralığında ses azalma indeksi değerleri düşmektedir.
- Alçak frekanslarda, yaş ve tam kurumuş sıvalarda ses azalma indeksi değerleri farkı yüksek frekanslara göre daha fazladır.
- R_w (C;Ctr) değeri değerlendirildiğinde, sıva yaş iken ve 24 saatlik

süreçte iki koşulu karşılaştırılırsa, 37 (0;-1) ve 38 (-1;-2) olmakta, pembe ve trafik gürültüsü için her iki koşulda da ($R_w + C$) 37 ve ($R_w + C_{tr}$) 36 olmaktadır.

- 48 saatlik kuruma sonucunda pembe gürültü için ($R_w + C$) 37 dB'de kalmasına rağmen, trafik gürültüsü ($R_w + C_{tr}$) 35 dB'ye düşmektedir.

- 72 saatlik kuruma sonucunda ise, bütün frekansların ses azalma indeksi değerleri azalmakta ve pembe gürültü içi ($R_w + C$) 35 dB, trafik gürültüsü için ise ($R_w + C_{tr}$) 33 dB'ye düşmektedir.



Grafik 4.2. Tuğlaların Tek Tarafına Sıva Uygulanmasından 0, 24, 48 ve 72 Saat Sonra Ölçülen Ses Azalma İndeksi Değerlerinin Karşılaştırılması (36)

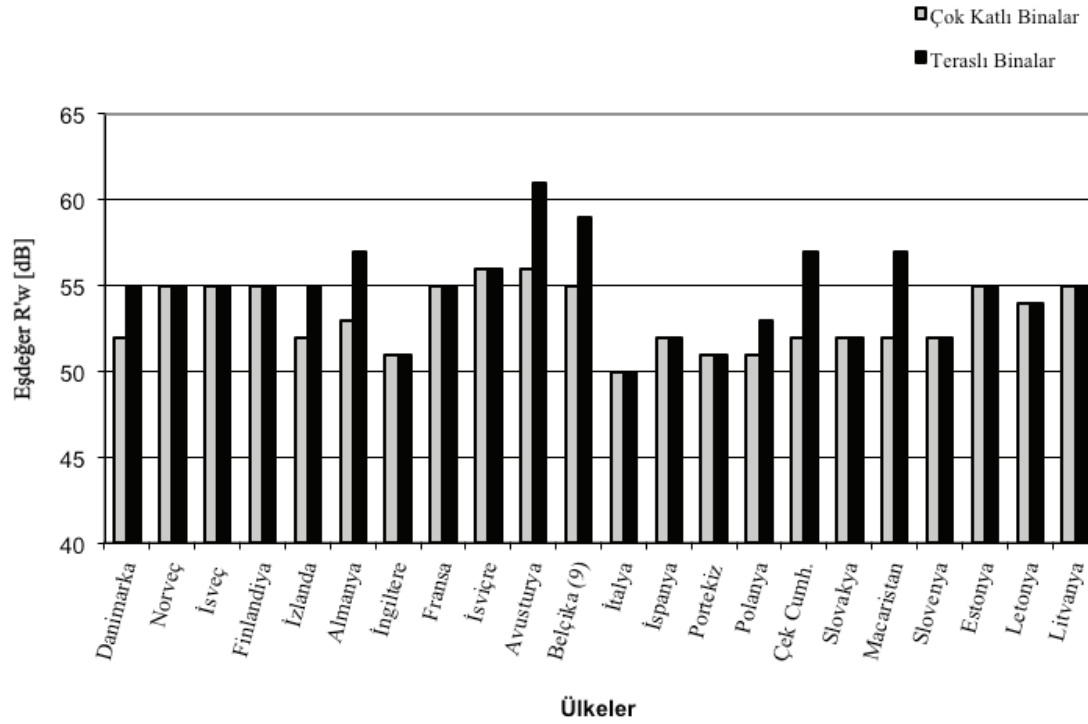
4.9. 24 Avrupa Birliği Ülkesinin Konutlar Arasındaki Hava Doğuşumlu Ses Azaltımı

24 Avrupa Birliği ülkesinin konutlar arasındaki hava doğuşumlu ses azaltımında istenilen ana gösterge değerleri Tablo 4.15'te verilmiştir.

Tablo 4.15. Avrupa Birliği Ülkelerinin Konutlar Arası Ses Azaltım Göstergeleri (42)

Konutlar Arasındaki Hava Doğuşumlu Ses Azaltımı					
24 Avrupa Birliği Ülkesinde 2004 Genel Standartları					
Ülke - Standart için kullanılan formülün sembolleri ile beraber		Çok Katlı Bina		Teraslı Bina	
		Req. [dB]	Req. [dB]	Req. [dB]	Req. [dB]
Danimarka	R' w (6)	³ 52 (5)	52 (5)	³ 55	55
Norveç	R' w	³ 55 (6)	55 (6)	³ 55 (6)	55 (6)
İsveç	R' w +C50-3150	³ 53	~ 55 (7)	³ 53	~ 55 (7)
Finlandiya	R' w	³ 55	55	³ 55	55
İzlanda	R' w	³ 52 (4)	~ 52 (4)	³ 55	~55
Almanya	R' w	³ 53 (5)	53	³ 57	57
İngiltere	DnT,w + Ctr	³ 45	~ 49-52 (7)	³ 45	~ 49-52 (7)
Fransa	DnT,w + C	³ 53	~ 53-56	³ 53	~ 53-56
İsviçre	DnT,w + C	³ 54	~ 54-57	³ 54	~ 54-57
Avusturya	DnT,w	³ 55	~ 54-57	³ 60	~ 59-62
Belçika (9)	DnT,w	³ 54	~ 53-56	³ 58	~ 57-60
İtalya	R' w	³ 50	50	³ 50	50
İspanya	DnT,w+C100-5000	³ 50	~ 50-53	³ 50	~ 50-53
Portekiz	Dn,w	³ 50	~ 50-52	³ 50	~ 50-52
Polanya	R' w +C	³ 50 (5)	~ 51	³ 52	~ 53
Çek Cumh.	R' w	³ 52	52	³ 52	57
Slovakya	R' w	³ 52	52	³ 52	52
Macaristan	R' w	³ 52	52	³ 52	57
Slovenya	R' w	³ 52	52	³ 52	52
Estonya	R' w	³ 55	55	³ 55	55
Letonya	R' w	³ 54	54	³ 54	54
Litvanya	DnT,w veya R' w	³ 55	~ 55	³ 55	~ 55
Notlar					
(1) Uyarı:	1) Uyarı: Denk değerler kesin bir çevirme mümkün olmadığında kullanılan ortalama bir yaklaşımdır.				
(2)	R'w minimum denk değerleri ISO 717'ye dayanılarak hesaplanmıştır.				
(3)	Referans eğrisine göre oluşacak en fazla istenmeyen sapma 8 dB ile sınırlıdır.				
(4)	55 dB talep edilmektedir				
(5)	Yatay, dikey göstergeler 1 dB fazladır.				
(6)	R'w+C50-3150 içinde aynı gösterge sağlanmalıdır.				
(7)	Ağır yapılar için geçerlidir, hafif yapılarda daha katı kurallar uygulanmalıdır.				
(8)	Belli bir standart yoktur, çok katlı binadaki standartlar uygulanabilir.				

Grafik 4.3. Çeşitli Avrupa ülkelerinin çok katlı ve teraslı binalarda eşdeğer R'w değerleri verilmektedir.



Grafik 4.3. Çeşitli Avrupa Ülkelerinin Eşdeğer R'w Değerleri (42)

Ülkeler arasında bir karşılaştırma yapılabilmesi için bütün değerler R'w ya çevrilmiştir. Çok katlı apartmanlarda değerler 50-56dB aralığında, teras evler için ortalama 50-61dB aralığındadır. Belirtilen değerler ortalama Rw değerleridir. Bu değerler grafiksel olarak Grafik 4.3'te verilmiştir.

Birçok ülkede ses azaltımı göstergeleri, yeterli ses azaltımı sağladığı bilinen, geleneksel bina yapım tekniklerini kullanmaya dayanmaktadır. Bu konudaki istisna ise Avusturya'dır, bu ülkede göstergeler 1974'te yapılan geniş bir araştırmaya dayanmaktadır ve dünyadaki en katı kurallar büyük olasılıkla Avusturya'da bulunmaktadır. Kullanılan ses azaltım göstergeleri yaklaşık 50 sene önce oluşmuş ve fazla değişmemiştir. Fakat bu son senelerde bazı ülkeler daha katı göstergeler oluşturmuşlardır (51).

4.10 Katılarda Sesin Yayılması ve Denetimi

Darbe oluşumlu gürültüler sabit değildir ve yürüme, düşen nesneler, mobilyaların çekilmesi, vb. aktiviteler sonucu oluşur. Döşemede oluşan sesler direkt aşağıya yayılır. Ayrıca strüktürün içinden yatay olarak uzak kısımlara iletilir. Bu açıdan, darbe oluşumlu sesi engellemek için öncelikle yapı strüktüründe tedbir almak gerekir.

Döşeme, kiriş, duvar veya bina gibi katı yapılardaki titreşim ve dalgalar, katı doğuşlu sesler olarak adlandırılır. Katı doğuşlu sesler gürültü kontrolü problemi çözümlerinde önemli bir yere sahiptir. Çünkü hava doğuşlu sesler az önce bahsedilen katı yapıların yüzeylerinde hareket oluştururlar. Birçok durumda katı doğuşlu sesler havada sesin oluşumuna neden olurlar. Duvar, tavan ve

pencerelerdeki ses geçiş kaybı birçok probleme neden olmaktadır. Havadaki ses dalgaları ile katılardaki ses dalgaları arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır.

Döşemelerden strüktür doğuşlu gürültünün yalıtılması aşağıdaki yollarla düzeltilbilir:

- Yumuşak esnek yüzeyler:

Halı, mantar tabakası, lastik döşemenin darbe gürültü yalıtımını düzeltirler ama hava doğuşlu gürültüye karşı çok az ses yalıtımı sağırlar.

- Yüzer döşeme:

Hava doğuşlu sese ve darbe gürültüsüne karşı oldukça etkilidir.

- Katı asma tavan:

Asma tavanın etkisi ağırlığına ve tavanın strüktürle temasında esneklik derecesine bağılıdır.

4.10.1 Yumuşak Esnek Yüzeyler

Yutucu elastik bir yüzey, döşemenin darbe sesi yalıtımını artırır. Örneğın halı, mantar, lastik, vinil. Bir döşeme üzerinde sert ve rijit kaplamalar örneğın ahşap ve linolyum, vinil asbest ve asfalt parçalar döşemenin darbe sesine karşı yalıtımını sağılamazlar. Döşeme üzerinin halı ile kaplanması ise özellikle ayak darbelerinin azaltılmasında en etkili yoldur.

4.10.2 Yüzer Döşemeler

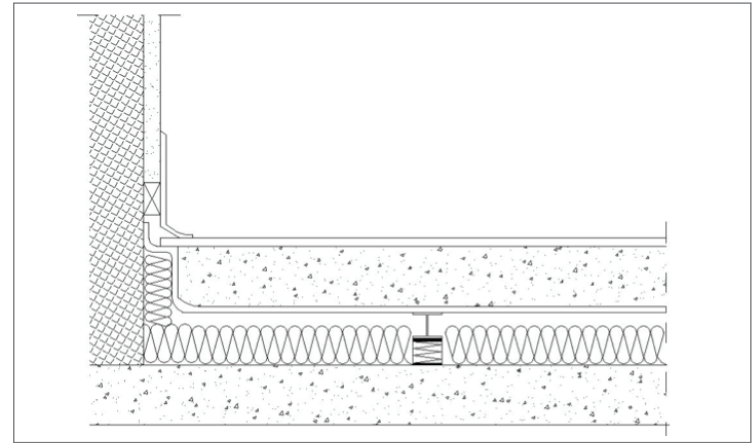
Yapıda döşemeler yeterli yalıtım değeri sağılayamadığı ve döşeme kalınlığının artırılması ekonomik olmadığı durumlarda döşeme ince esnek bir tabaka ile kaplanabilir veya yüzer döşeme uygulaması yapılabilir.

Yüzer döşemeler hem yeterli ses geçiş kaybını sağılamak, hem de darbe sesi yalıtımını sağılamak amacıyla yapılabilirler.

Yüzer döşeme, ana taşıyıcı döşemenin üzerine yerleştirilen,

genellikle kalınlığı az olan ikinci bir tabakadır. Bu ikinci tabaka isteğe göre noktasal veya esnek çizgisel desteklerin üzerine veya sürekli gözenekli esnek bir tabakanın üzerine konulabilir ve bu taşıyıcı esnek tabakanın da sesin havada yatay dağılımını engellemek için gözenekli olması ve yeterli akış mukavemetine sahip olması gerekir. Cam lifi veya mineral yünü panolar bu şartları sağılayabilmektedir (15).

Döşemenin ölü yükünün değışken olduğı durumlarda çok sayıda mantar, kauçuk veya preslenmiş cam lifi desteklerin kullanılması uygun bir çözüm olmaktadır. Arada kalan hava boşluğı ise, boşlukta sesin yatay dağılımını engellemek için taşıyıcı olmayan ve yeterli akış mukavemetine sahip cam lifi veya mineral lifi şilteler gibi malzemelerle doldurulabilir. Bu doldurma işlemi darbe sesi yalıtımını 20 dB'ye kadar iyileştirebilmektedir (15, 35, 44, 49,55).



Şekil 4.15. Yüzer Döşeme (55)

Yüzer döşeme konstrüksiyonları karşık sistemlerdir, iyi bir tasarım ve uygulama gerektirir.

Kullanılır elastik malzemeler 3'e ayrılır:

- Çelik yaylar
- Elastomerler (lastik, neopren)
- Mantarlar

- **Çelik yaylar:**

Genellikle ağır bir yük taşınması gerektiğinde kullanılır ve 5 cm' den daha büyük bir statik sapma (yani 2 Hz'lik bir doğal frekans) sağlamaları gereklidir. Çelik yaylar yapısında bir miktar sönümleyici etkiye sahiptir ve kendi rezonans frekansları ısıtma sınırları içinde kaldığından elastik ve lifli malzemelerden oluşan yastıklarla birlikte kullanılmalıdır.

- **Elastomerler:**

Lastik ya da neopren titreşim yalıtkanları, çok değişik şekillerde bulunur, hafif dayanıklı ve ucuzdur. Lastik ya da neopren yalıtkanın sertliği boyutlarına ve şekline, yüzeye nasıl uygulandığına, frekansa, yükün büyüklüğüne ve elastisite modülüne bağlıdır. Elastomerler bir çok şekilde kullanılabilirler. Ayak altlığı olarak kullanılanlar yüksek kalitelidir ve kaymaz. Yükleme sınırları 25.000 kg

ve statik sapmaları 0.3 cm kadardır.

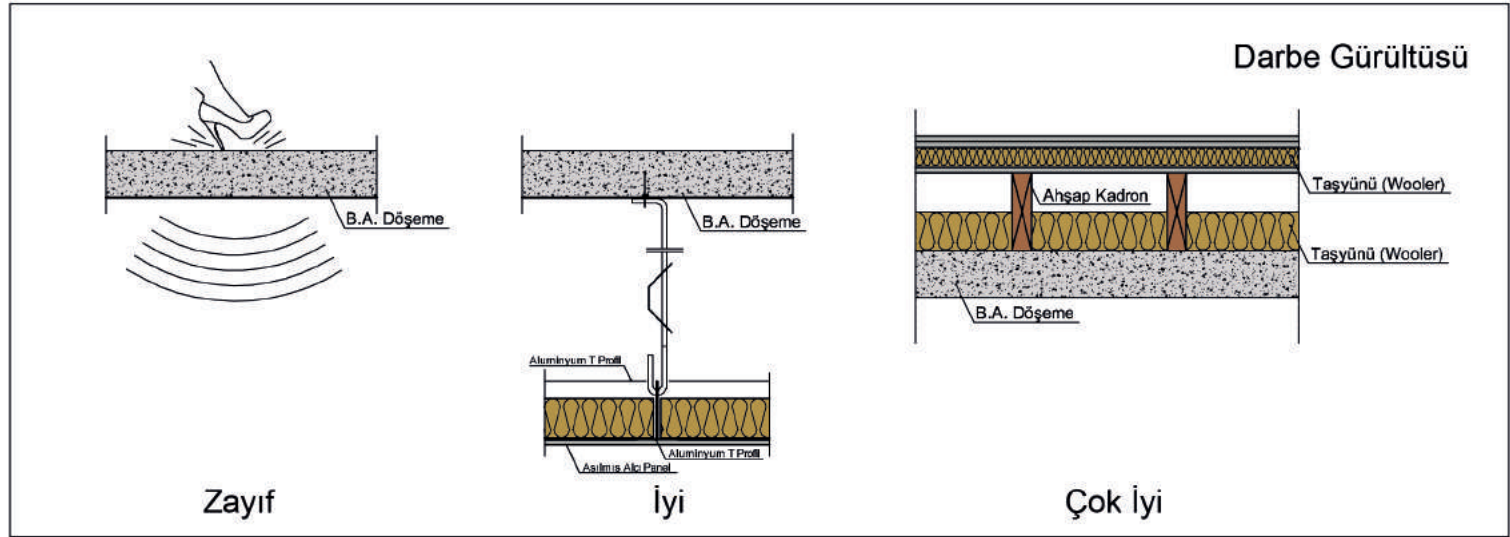
Keçe yastıklı tabanlar; genellikle makine ayağının yalıtıcı yastıktan daha küçük olduğu durumlarda kullanılır.

- **Mantarlar:**

Yüksek frekanslı seslerin sönümlenmesinde mükemmel bir yalıtım malzemesidir. Yalıtım mantarı makinalardan yayılan ses ve titreşimleri kabul edilebilir bir seviyeye indirir ve binaya geçmesini önler (15, 35, 27, 55).

Şekil 4.16'da farklı döşeme türleri katı doğuşlu ses yalıtımı açısından karşılaştırılmıştır.

Bir konstrüksiyon elemanının darbe izolasyonu etkisini, darbe izolasyon sınıfını gösteren bir sayısal değer belirler. Bu değer, malzeme, tek bir frekansta test edildikten sonra belirlenir.

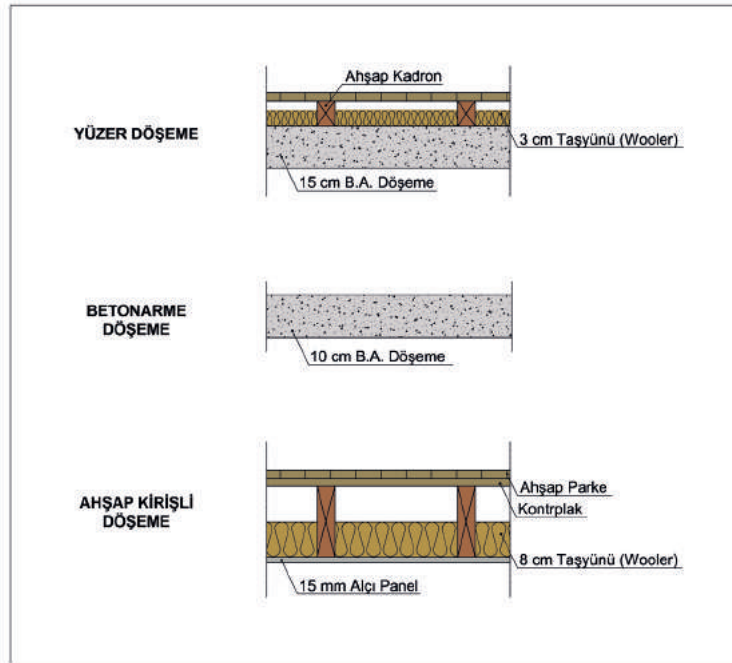


Şekil 4.16. Farklı Döşeme Türleri Katı Doğuşlu Ses Yalıtımı Açısından Karşılaştırılması

Aşağıdaki şekillerde ahşap kirişli ve beton döşeme – tavan konstrüksiyonları gösterilmiştir. Beton konstrüksiyonlarda ağırlık arttıkça daha yüksek R_w değerleri alınır. Ahşap kirişli sistemlerde gıcırdamayı önlemek için, çivilerin uygun ölçülerde olması ve uygun aralıklarla yerleştirilmesi gerekir. Aynı üst döşemenin altına keçe serilmelidir ve uygun ahşap kullanılmalıdır.

Kirişlerden ses geçişini engellemek için kirişler yan duvara paralel yerleştirilmelidir.

Şekil 4.17’de farklı döşeme türleri katı doğuşumlu ses yalıtımı açısından karşılaştırılmıştır.



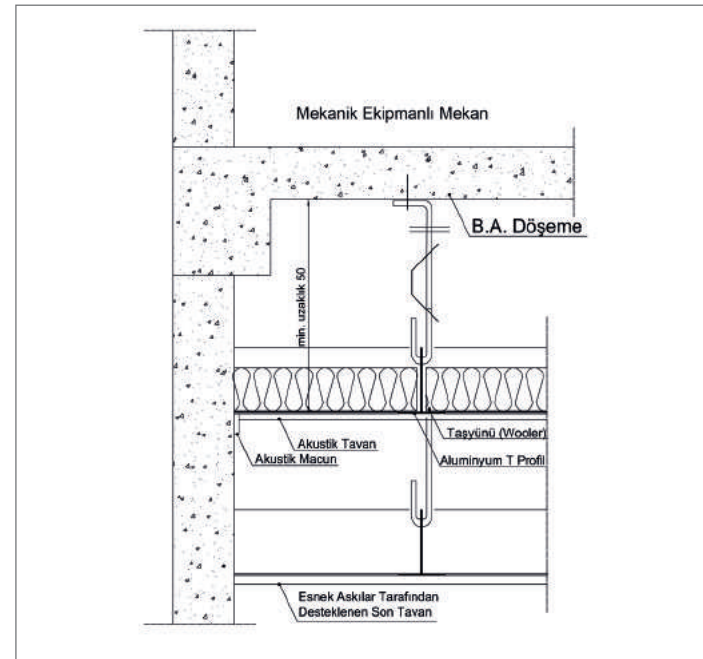
Şekil 4.17. Farklı Döşeme Türleri Katı Doğuşumlu Ses Yalıtımı Açısından Karşılaştırılması

4.10.3. Asma tavanlar

Asma tavanlar hem darbe hem de ortam sesine karşı ses yalıtımına büyük katkıda bulunur. Asma tavanların etkilerini artırmak için aşağıdaki önerilere dikkat edilmelidir:

- Tavan katmanı 25 kg/m^2 'den daha hafif olmamalıdır. Tavan kaplaması üzerindeki hava boşluğunda yutucu bir malzeme kullanılması halinde bu ağırlık azaltılabilir.
- Asma tavan fazla rijit olmamalıdır.
- Sesin direkt olarak geçebileceği yollar katı ve hava geçirmez bir katman kullanılarak engellenmelidir.
- Tavan katmanı ile strüktürel döşeme arasındaki boşluklar ses geçişini engellemek için kapatılmalıdır.
- Asılma noktalarının sayısı en aza indirilmelidir. Elastik askı malzemelerinin kullanılması tercih edilmelidir (11, 15, 43).

Şekil 4.18’de gürültünün sorun olduğu döşemelerde kullanılabilecek asma tavan detayı verilmektedir.

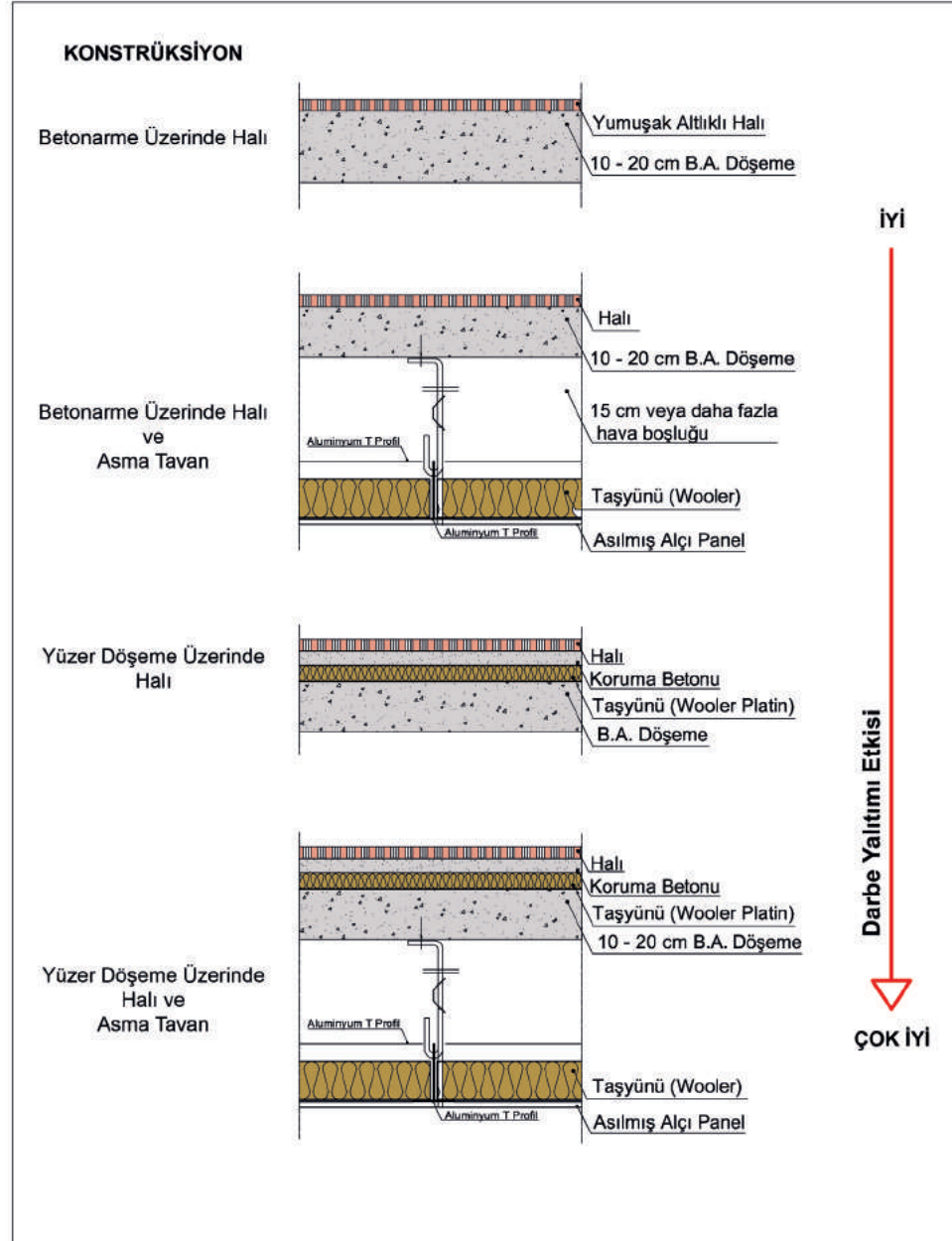


Şekil 4.18. Asma Tavan Detayı (15)

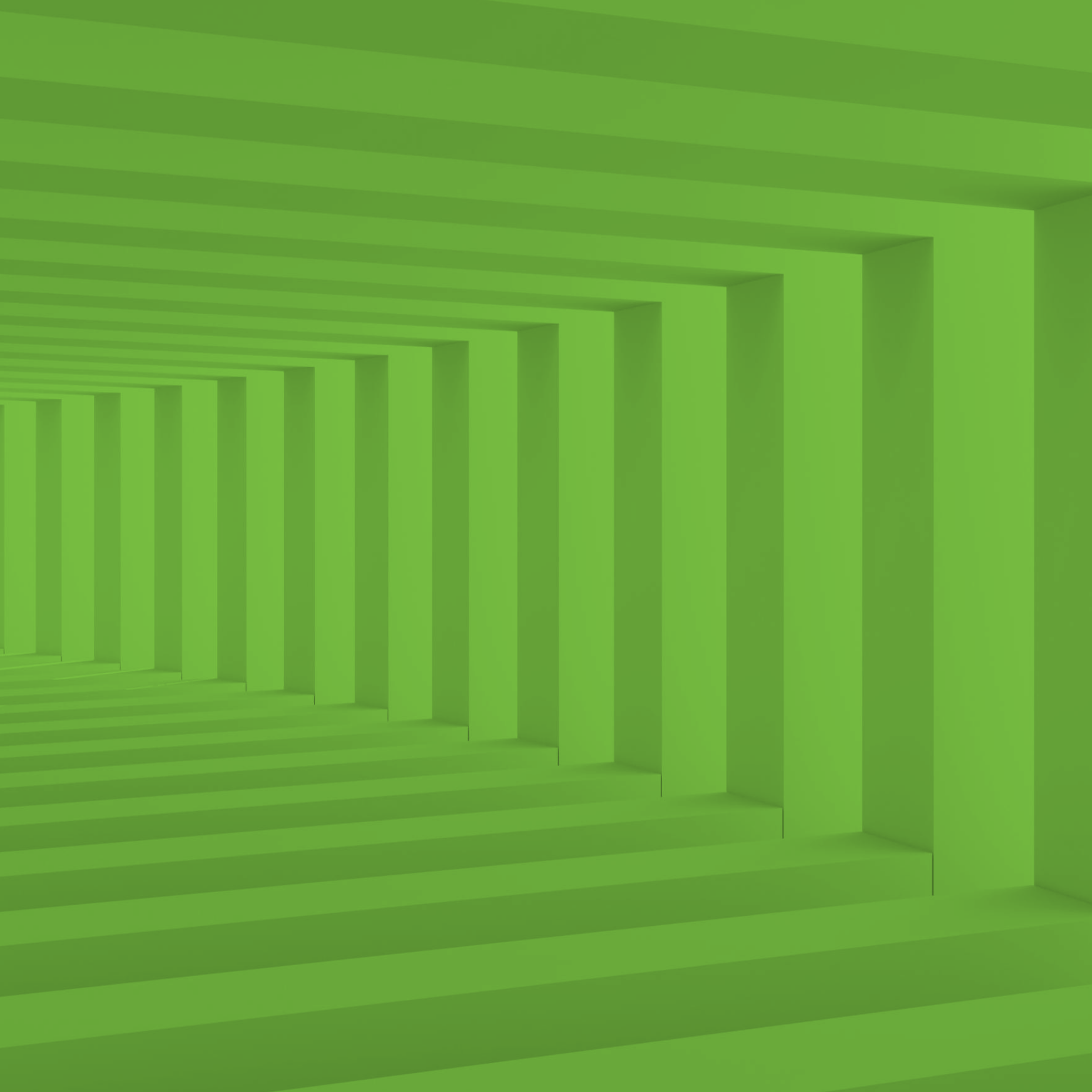
Asma tavan bölgesinden çapraz iletimi engellemek için kullanılabilecek detaylar Şekil 4.19 ve 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.21’de katı doğuşumlu gürültü yalıtımının iyileştirme adımları verilmektedir



Şekil 4.21 Katı Doğuşumlu Gürültü Yalıtımının İyileştirme Adımları (18)



BÖLÜM 5
SES EMİCİ MALZEMELER
VE UYGULAMALARI

5. SES EMİCİ MALZEMELER VE UYGULAMALARI

Sesin kontrol altına alınmasında yalıtım ile emilimin karıştırılmaması, dikkat edilmesi gereken en önemli konudur. Mesela bir emici, kendi başına aynı kalitede bir ses yalıtımı sağlamayacaktır. Çünkü yoğunluğu azdır ve hava geçirimlidir. Bu nedenle eğer ortalama bir ses yalıtım değeri aranıyorsa bir ayırıcı duvarda dolgu malzemesi olarak kullanılması çok yanlış olur. Herhangi bir duvara veya döşemeye bağlanması ses yalıtım değerini etkili bir şekilde artırmayacaktır. Fakat emiciler çift katmanlı bir ayırıcı da katmanlar arasına yerleştirilir ise çok iyi bir yalıtım görevi görür. Çünkü burada emici iki katman arasındaki akustik yalıtımı artıracaktır.

Ses, bir mekanın yüzeylerine yayıldığında, enerjisinin bir kısmı yapı elemanları tarafından emilir ve iletilir, bir kısmı da odaya geri yansır. Bir mekandaki ses düzeyi, ses emici bazı malzemeler kullanılarak düşürülebilir. Lifli tavan plakaları, perdeler, halılar gibi.

Bir mekanda, ses emici malzemeler kullanılmadığında, ses kaynağından çıkan enerji, hem direkt olarak, hem de oda yüzeylerine çarpıp yansiyarak rahatsızlık verir. Eğer oda yüzeylerine ses emici malzemeler konulursa, yansıyan sesler engelleneceğinden, sesteki duyulan rahatsızlık da azalacaktır.

Çoğu ortamda duyulan ses, tamamen kaynak veya kaynaklardan gelen doğrudan ses ile yüzeyler ve diğer nesnelerden gelen dolaylı yansımaların bir kombinasyonudur. Örneğin, mekan akustiğinde, doğrudan ses ile duvarlar, tavan ve zeminden gelen dolaylı yansımalar, akustik kalitesinin belirlenmesinde kilit noktadır. Bu nedenle, akustikteki ana konulardan birisi, sesin dağılımını ve algılanmasını etkileyen bu yansımaların nasıl işlenmesi gerektiğidir.

Bir yüzeye çarpan ses iletilir, yutulur veya yansıtılır. İletilen, yutulan veya yansıtılan enerji miktarı yüzeyin akustik özelliklerine göre değişmektedir. Yansıtılan ses büyük düz yüzeyler tarafından yeniden yönlendirilir veya saçıcı yüzeyler tarafından dağıtılır.

Mekanın toplam yutuculuğu mekan yüzeylerinin yutuculuk katsayılarıyla hesaplanabilir.

Ses yutuculuk katsayısı her açıdan gelen ses dalgasına karşı etkili olan ortalama katsayıdır. α ile gösterilir. Eğer bir malzeme belli bir frekansta sesin % 55'ini yutuyorsa, malzemenin o frekanstaki yutuculuk katsayısı 0.55'tir. Yutuculuk katsayıları herhangi bir açıdan gelen ses dalgasına etkili olması ile hesaplanır, saçıcı bir ortamda bu katsayılar ölçülmüştür.

$$A = \sum_{i=1}^N S_i \alpha_i \quad (13)$$

$= S\bar{\alpha}$

$$\alpha = \alpha_1 \cdot S_1 + \dots + \alpha_n \cdot S_n / S_1 + \dots + S_n \quad (\text{Odanın yutuculuğu}) \quad (14)$$

S_i : Malzemenin yüzey alanı

S : Toplam yüzey alanı

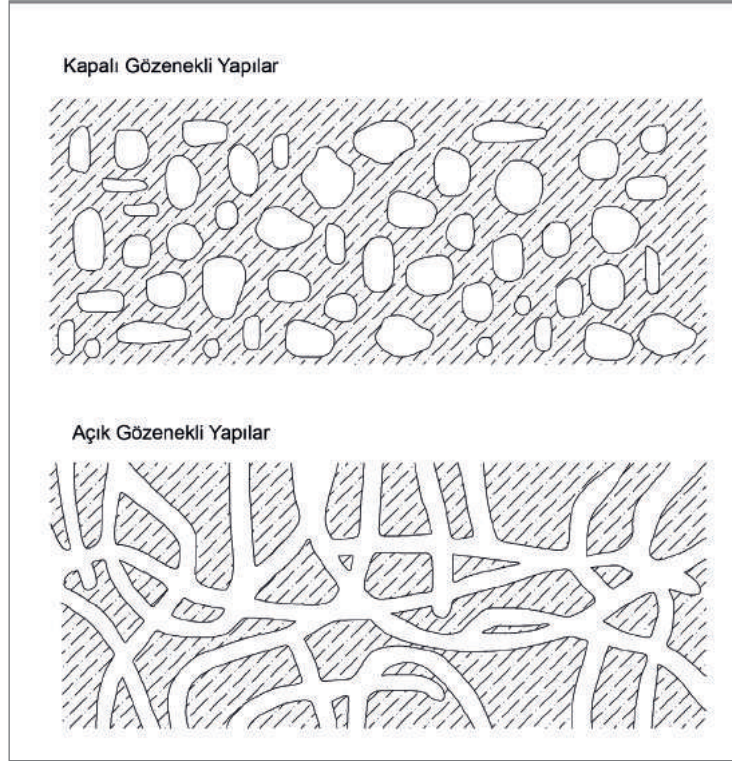
α : Malzemenin yutuculuk katsayısı

$\bar{\alpha}$: Mekanın ortalama yutuculuk katsayısı

Bir yüzeyin yutuculuk katsayısı bir yüzey tarafından yutulan enerjinin, enerji yüküne oranıdır.

5.1 Yutulma Mekanizmaları Ve Özellikleri

Yutulma mekanizmalarının etkili olabilmesi için yüzeyin içinden geçen iç bağlantılı hava yollarına ihtiyaç vardır. Bu nedenle açık bir gözenek yapısına ihtiyaç duyulmaktadır. Açık ve kapalı gözenek sisteminin yapımı arasındaki fark şematik olarak Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Kapalı (Üst) ve Açık (Alt) Gözenekli Yapıların Arasındaki Farkın Gösterilmesi

Gözenekli yutucunun kalınlığı arttıkça, düşük frekanstaki yutuculuk genelde yükselmektedir. Dalga boyunun büyük olduğu düşük frekanslar için, partikül hızının belirgin olduğu bir noktaya ulaşması için duvardan belirli bir mesafeye gitmesi gerekmektedir.

Bir malzemenin ses yutuculuğunun etkinliği, ses yutuculuk katsayısı “a” ile ifade edilir. Bu ifade, malzemenin yuttuğu “gelen ses enerjisi” oranını belirtir. Teorik olarak 0’dan 1’e kadar değişebilir. Yapı malzemelerinin ses yutuculukları normalde 0.01-0.99 arası değişir. Yüksek ses yutuculuk katsayılarına sahip malzemeler (0.20’den daha büyük) “ses yutucu malzeme” olarak adlandırılır. Düşük olanlar ise “ses yansıtıcı” özelliktedir. Verilen bir frekansta katsayılarıdaki fark etkisi aşağıda verilmiştir.

Katsayıdaki Değişim

0.01-0.10

0.10-0.20

0.20 ve yukarısı

Çoğu Durum İçin Etkisi

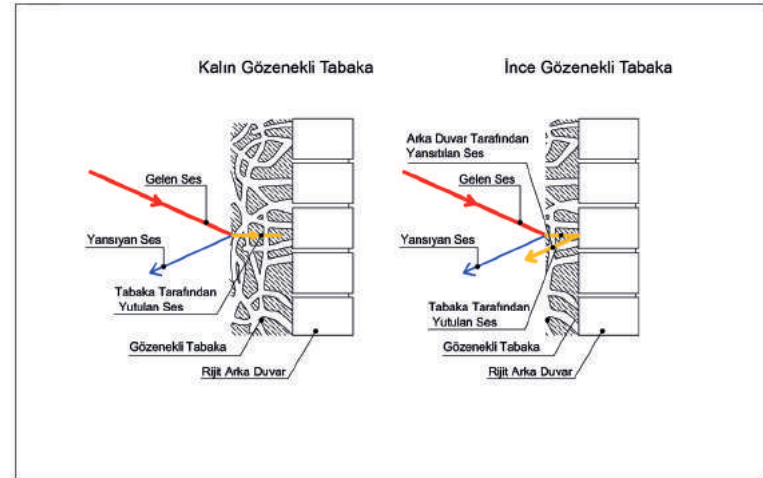
Küçük

Belirgin

Önemli

Bir malzemenin yutma katsayısı temel olarak çarpan ses dalgasının geliş açısına bağlılığı Şekil 5.2’de verilmiştir (15).

İyi ses izolatörü hava geçirmez ve ses basıncı karşısında esnemez olmalıdır. Ancak iyi ses yutucu hava geçirgen ve ses basıncına karşı daha iyi yutabilecek şekilde deforme olabilen, esnek malzeme olmalıdır.



Şekil 5.2. Gözenekli Bir Tabakadaki Yutucunun Şematik Gösterimi (15)

5.2. Emiciliğe Tesir Eden Faktörler

Frekans:

Cisimlerin emicilik değerleri muhtelif frekanslara göre değişiklik gösterir.

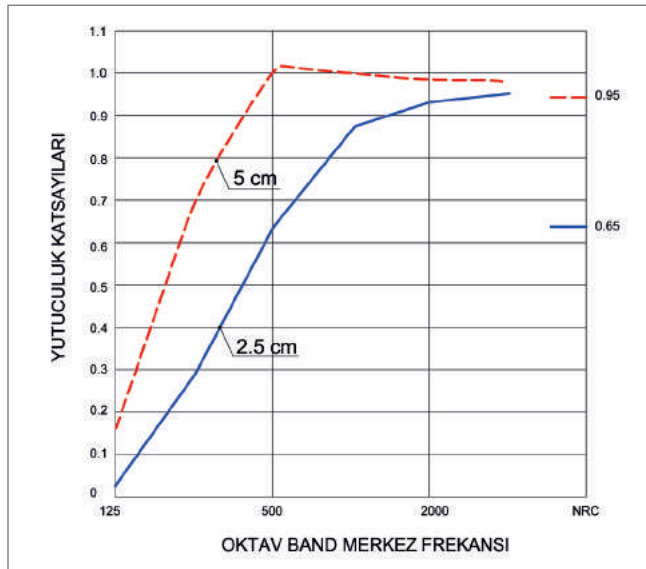
Kalınlık:

Gözenekli malzemelerin ses emilimi, ses enerjisinin ısı enerjisine dolaylı olarak dönüşümüdür. Ses emilimi miktarını kalınlık, yoğunluk ve gözenek oranı belirler. Bu özelliklerin en iyi duruma getirilmesiyle de yüksek ses emilim katsayısı elde edilir.

Gözenekli malzemelerin kalınlığı, katsayıda önemli rol oynar. Ayrıca gözeneklerin birbiriyle içten bağlantılı olması gerekir.

Çünkü gözenekleri bağımsız olan bir malzeme, iyi bir ısı yalıtımı sağlar, ancak ses yalıtımında kullanılamaz. Malzeme kalınsa ve havayı belli bir basınçta içeri alıyorsa iyi bir ses emicidir. Genelde, akustik malzemelerin ses emilim katsayıları malzemenin artan kalınlığı ile artar ancak artış yüksek frekanslarda pek önemli olmamaktadır.

Grafik 5.1 aynı yerleşim koşulları altında değişen frekanslardaki lifli bir levhanın ses yutuculuk katsayılarını gösterir.



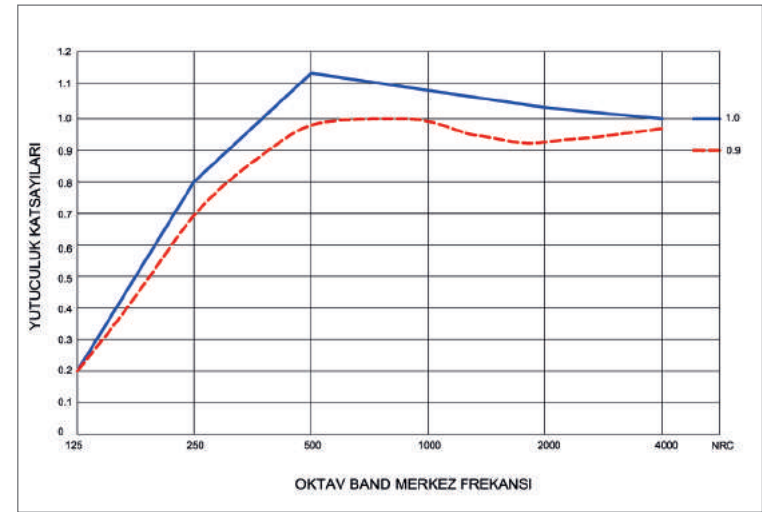
Grafik 5.1 Lifli Levhanın Aynı Yoğunluktaki İki Farklı Kalınlığının Ses Yutma Katsayıları (26)

Bağlayıcı Madde:

Malzemelerin çeşitleri ve ihtiva ettikleri bağlayıcı maddeler emicilik üzerinde rol oynar.

Sıkışıklık:

Lifli malzemelerin sıkışıklığı emicilik üzerinde etkilidir. Örneğin, 2 cm kalınlıktaki bir lifli malzeme gevşetilerek 4 cm'ye veya sıkıştırılarak 1 cm kalınlığa kadar getirilirse emicilik değerlerinde büyük farklar olur.



Grafik 5.2 Aynı Kalınlığa Ait Fiberglas Levhaların Ses Emilim Katsayılarının Frekansa Göre Dağılımı (26)

Sathın Pürüzlülüğü:

Genel olarak sıvalar üzerinde tel fırça ile yapılan delik ve pürüzler ses emiciliğinde artırıcı rol oynar.

Uygulama Yeri:

Ses emici malzemelerin şerit veya parçalar halinde kullanılması durumunda en yüksek emicilik salonun köşelerine yerleştirildiğinde olur.

Satıhtaki Delikler:

Akustik malzemelerin sathına, içeriye doğru delikler açılması sadece emici satıhı büyütmeyle kalmayıp fazla olarak emicilik kabiliyetin artmasını temin eder.

Boya:

Emici malzemelerin emicilik mekanizmalarına göre boyanın değişik tesirleri vardır. Küçük delikli lifli malzemeler boyadan dolayı büyük

miktarda emiciliklerinin bir kısmını kaybeder. Fırça ile sürülme yerine tabanca ile püskürtülen boya ses emiciliğine daha az zarar verir, zira bu takdirde boya tabakaları daha ince olacağından delikler üzerinde köprülenmeğe meydan vermez (9, 15, 49).

Malzemenin Seçimi

Ses yutucu bitişler ve konstrüksiyonların seçiminde aşağıdaki detaylar incelenmelidir (15, 28, 35).

- Frekanslardaki ses yutma katsayıları,
- Görünüş (boyut, kenarlar, birleşimler, renk, doku),
- Yangına dayanıklılık ve alev yayılımına direnç,
- Montaj maliyeti,
- Montajı kolaylaştırma,
- Dayanıklılık (darbeye, mekanik zedelenme ve aşınmalara direnç),
- Işık yansıtıcılığı,
- Bakım, temizleme, ses yutucu malzeme üzerine tekrar dekorasyonun etkisi, bakım maliyeti
- Çalışma koşulları (sıcaklık, nem),
- Hacim elemanlarıyla entegrasyon (kapılar, pencereler, aydınlatma sabitleri, ızgaralar, radyatörler).
- Kalınlık ve ağırlık,
- Nem,
- Asma tavanlar ya da çıtalanmış boşluklara geçit,
- Termal yalıtım değeri,
- Böcekleri çekme, küf, mantar,
- Sökülebilirlik,
- Uygun ses yalıtımına aynı anda gereksinim.

5.3 Ses Yutucu Malzemelerin Sınıflandırılması

Ses yutucu malzemeler şu şekilde sınıflandırılabilir.

- Gözenekli malzemeler,
- Panel ya da zar benzeri yutucular,
- Boşluklu ya da Helmholtz rezonatörleri ,
- Mekan yutucular
- Değişken yutucular.

Aşağıda bu ses yutucular detaylı olarak ele alınmıştır.

5.3.1. Gözenekli Malzemeler

Tipik geçirgen (gözenekli) yutucular halı, akustik karolar, akustik (açık hücre) köpükler, perdeler, yastıklar, pamuk ve mineral esaslı (taş yünü – cam yünü) malzemelerdir. Bunlar, sesin yayılmasının, yapışkan ve termal etkilerin akustik enerjinin dağılmasına yol açacak şekilde içerden bağlantılı bir gözenekler ağından oluşmaktadır. Daha çok akustik sorunları düzeltmek için kullanılır.

Çınlama süresinin azaltılması için, odaya ses yutucu malzemeler yerleştirilmelidir ya da oda yüzeyi ses yutucu malzemeler ile kaplanmalıdır. Ses yutucu olan bazı malzemeler, halı, tavan döşemesi (ceiling tiles) ve tefrişat. Ses yutucu malzeme yerleştirilmiş herhangi bir oda için çınlama süresi hesabı diğer yöntemlere nispeten daha kolay bir süreçtir.

Ancak, bazı odalarda (sınıflarda, toplantı odalarında vs.) malzeme yerleşimi önemlidir. Özel alanlar, açık planlı ofisler, konser salonları ve drama tiyatrolarında, boşluktaki ses yayılmasını ve ses yutucu ve ses yansıtıcı malzemelerin konumlarını özellikle dikkate almak gerekmektedir (49).

Gözenekli tabakanın üretimi için çeşitli değişik lif tipleri uygundur. Bu lifler doğrudan doğruya yumuşak hasır örgü gibi kullanıldığı gibi, bağlayıcı bir malzemenin ilavesiyle paneller şeklinde sıkıştırılabilir. Tablo 5.1'deki gruplar bazı tipik örnekleri içermektedir.

Lifin Tipi	Uygulaması
• Tekstil (pamuk, yün, ipek)	YUMUŞAK HASIR ÖRGÜ
• Bitkiler (hindistan cevizi, sisal keneviri, hint keneviri)	
• Cam, amyant	
• Ahşap (elyaf, talaş) selüloz, cam, asbest, amyant	(BAĞLAYICI MALZEME İLE SIKIŞTIRILMIŞ PANELLER)
• Asbest, cam	(BAĞLAYICI MALZEME İLE ÜZERİ PÜSKÜRTÜLMÜŞ TABAKA)

Tablo 5.1 Lif Tipleri ve Uygulamaları

Yeterli derecede düşük frekans performansı elde etmek için kalınlık örneğin 30 mm'ye artırılmalıdır. En uygun genel kalınlık ise 75 mm-100 mm olup, alternatif olarak 300 mm'lik bir yutucunun duvardan 50 mm uzağa yerleştirilmesi düşük frekans yutmasını artırır.

Ses enerjisi titreşen hava dalgası ile bu tür malzemelere girdiği zaman lifleri titreştirerek ısı enerjisine dönüşür. Taş yünü gibi lifli ya da poliüretan, polyester gibi açık gözenekli malzemeler çok iyi ses yutucu malzemelerdir. Bunun dışında polistiren (EPS, XPS) gibi kapalı gözenekli malzemeler etkin ısı yalıtım malzemeleridir ancak sesin iletimini sağlayamadıkları ve ısı enerjisine çeviremedikleri için yutuculukları çok zayıftır.

Birçok örtü ve paneller duvara uygulamaları için uygun değildir. Duvarlar için lifli malzemeler, delikli kaplamalarla kullanılır. Delikli kaplamalar koruyucudur. (Delikli metal, sert panolar, metal yüzeyler.) Ayrıca kumaş kaplı paneller ya da ahşap kontrplak kullanılabilir.

Bazı gözenekli malzemelerin genel özellikleri ise aşağıdaki gibidir.

Taş yünü: Mineral Kökenli olup, volkanik kayalardan elde edilen bazalt, diyabaz, dolomit gibi mineral, inorganik taşların 1400-1500°C arasında ergitilip, elyaf haline gelmesiyle oluşturulan ve %97 oranında doğal elyaf içeren yangına karşı dayanıklı, su itici özelliği olan ısı, ses ve yangın yalıtım malzemesidir. Sıcağa ve rutubete maruz kalması halinde boyutlarında bir değişme olmadığı, zamanla küf – korozyon – paslanma yapmadığı için uygulandıkları alanlarda ses köprüsü oluşumuna izin vermez.

- Hava geçirgen ve esnek bir malzeme olduğu için ses, ısıya dönüştürülerek yok edilmektedir.
- Ses yalıtım değerinde sistemdeki diğer yapı elemanları hariç 10 dB'ye varan bir yalıtım sağlamaktadır.
- Yüksek frekanslı gürültülerin azaltılmasında oldukça etkilidir.

- Ses yalıtımı yapılması gereken 1000 °C'ye varan sıcaklıklardaki sistemlerde A1 sınıfı yanmaz ve yüksek sıcaklıklara dayanımı sayesinde uygulanabilir.



Şekil.5.3. Taşyünü (URL – 10)

Taş yünü; kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve yoğunlukta; değişik kaplama malzemeleri ile şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilebildiği için yapıların ses yalıtımında kullanılabildiği gibi mekanik tesisat sistemlerinin ve akustik problemlerin olduğu mekânlarda da ses yalıtımı ve akustik amaçlı kullanılabilir (56). **Taş yününün yapılarıdaki ses yalıtım performanslarına dair etkileri ekler bölümünde İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Kontrolü Laboratuvarında yapılan rapor ve ampirik formüllerle hesaplanmış farklı detaylarda belirtilmiştir.**

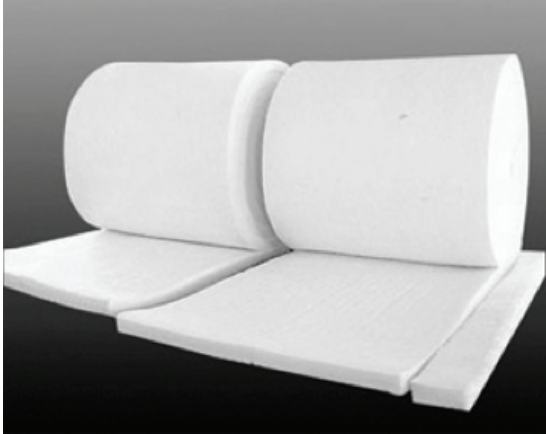
Cam Yünü: Mineral kökenli olup, inorganik hammadde olan silis kumunun 1200 °C - 1250 °C'de ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu oluşmaktadır. Isı ve ses yalıtımı amaçlı kullanılabilen gözenekli ve lifli yalıtım malzemesidir. Bakaliteli – bakalitsiz olarak üretilen (fenol formaldehit içermeyen) cam yünü A1 sınıfı yanmaz bir malzeme olup, levha ve şilte olarak üretilmektedir. Yoğunluğu daha az olan (en az 11 kg/m³) cam yünü şilteler, metal, ahşap, alçı vb. asma tavanların üzerinde kullanılmaktadır. Lifli malzemenin ince zar gibi bir gereçle örtülü olması alçak frekanslar için olumlu

iken, yüksek frekanslarda yutuculuğu azaltır (37). Yapıların ara bölmelerinde komşu duvarlarda metal – ahşap çatılarda mertek arası gibi alanlarda kullanılabilir.



Şekil 5.4 Camyünü (URL – 11)

Seramik Yünü: Mineral esaslı olan seramik yünü yüksek sıcaklıklarda (1400 °C'ye kadar) ısı yalıtım için kullanılmakla beraber ses ve yangın yalıtımı amaçlı da kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda ve ani ısı değişimlerin (ani ısınma ve soğuma) yaşandığı ortamlarda azami direnç gösterir. Yüksek sıcaklıklarda asgari küçülme kabiliyetine sahip olup, yalıtkanlık özelliğini kaybetmez. Beyaz renkli olup, yoğunluğu kullanım alanına göre genellikle 100 – 150 kg/m³ arasında değişiklik gösterir. Şilte, levha ve dökme şeklinde üretilerek farklı alanlarda kullanılabilir.



Şekil 5.5 Seramik Yünü (URL - 12)

Asbest: Çeşitli biçimler altında bulunan doğal bir lif cinsidir. Bu lifler, koyu renkli magmatik kütlelerin su dolması ile oluşmuşlardır.

Asbestte, gerek dokunmuş veya örülmüş olsun gerekse diğer bileşenlerle karıştırılmış olsun, liflerinin uzun olması aranan bir özelliktir. Asbest, PVC ve asfalt emisyonları gibi bağlayıcı malzemelerde dolgu malzemesi olarak kullanılır. Ayrıca, iplik ve dokuma dışında, bir bağlayıcı ile karıştırılarak düz veya eğrisel yüzeyli levhaların üretilmesinde de kullanılır. Ses yalıtımı açısından iyi bir malzeme olsa da kapalı mekânlarda sağlık açısından uygun olmadığı için kullanımı önerilmemektedir.

Ahşap Yünü: Ahşap liflerin çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra makinalarda preslenerek plakalar haline dönüştürülmesiyle oluşur, farklı kalınlıklarda olup, ince-kalın lifli olarak da bulunabilir. Ses yalıtımında kullanıldığı gibi dış cephe ısı yalıtımı amaçlı da kullanılabilir. Ofisler, toplantı ve konferans salonlarında, alışveriş merkezlerinde, okullarda, tiyatro ve sinema salonlarında, radyo stüdyolarında, spor salonlarında, kapalı yüzme havuzlarında, otoparklarda, restoranlarda vb. mekânlarda bölme duvar, tavan ve duvar kaplaması olarak uygulanabilir. Şekil 5.6'daki gibi magnesit bağlayıcılar arasında taş yünü bulunan tipleri de ses amaçlı kullanılmaktadır.



Şekil 5.6 Ahşap Yünü (URL – 13)

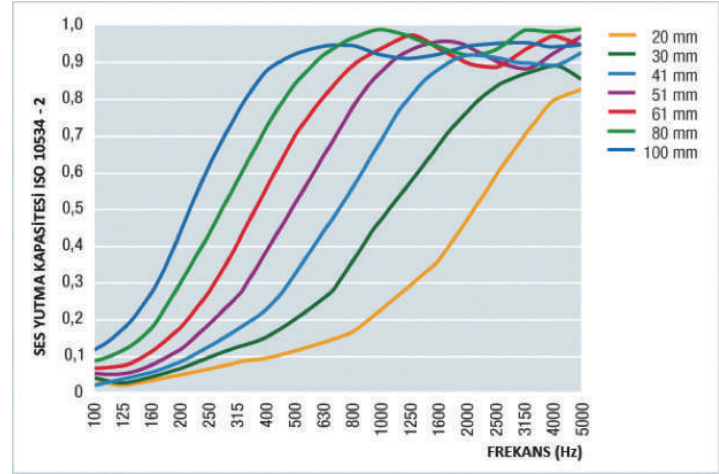
Mantar: Bitkisel kökenli, taneli iç yapıya sahip bir malzemedir. Doğal mantar veya meşe mantarı olarak tanınan bu malzeme bilinen en eski ses yalıtım malzemesidir. Mantar meşesi denilen bir cins ağacın kabuklarından elde edilir. Bu kabuk, içi hava dolu ve

birbirleri ile ilişkisiz küçük hücrelerden oluşmuştur. Ağaçtan soyulan mantar şekilsiz kabuklar biçimindedir. Yapıda ve endüstride kullanılmaya hazır hale getirilebilmesi için; doğal mantar çeşitli boyutlarda kırılır, öğütülür ve yabancı maddelerden arındırılır. Daha sonra özel yöntemlerle kapalı kaplarda ısıtılarak hava hücrelerinin şişmesi sağlanarak genişletilir. Genleştirme sırasında bir bağlayıcı yardımıyla birbirlerine bağlanır. Sözü edilen bağlayıcı kendi doğal reçinesi, katran ya da kireç-kazein karışımı olabilir. Elde edilen kütle istenilen kalınlık ve boyutlarda kesilerek yapıda kullanılır. En çok 80 °C'ye kadar kullanılmalıdır.



Şekil 5.7 Mantar (URL – 14)

Melamin Köpüğü: Melamin reçineden üretilen, düşük yoğunlukta (8-11 kg/m³), sıcaklığa dayanıklı, sık gözenek yapılı ses yalıtım ve akustik düzenlemeleri ile birlikte ısı yalıtımına da fayda sağlayan, , anlık 290 °C uzun süreli 150 °C'ye kadar yangına dayanımlı, açık gri renkli, düz ve piramit yüzeyli sünger levhalardır. Yüzeyi boyanabilir ya da gözenekli deri kaplanabilir (URL – 15). Ara bölme duvar, asma tavan, mekanik odalar ve müzik odası gibi kullanım alanları vardır.



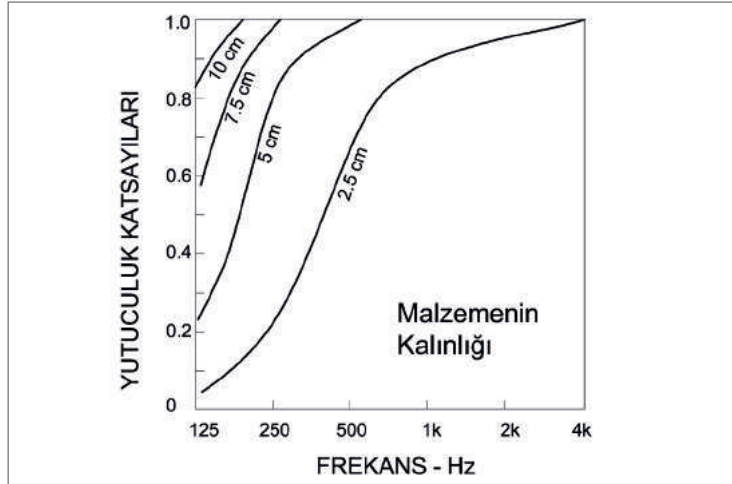
Grafik 5.3 Melamin Köpük Frekanslara Bağlı Ses Yutma Değerleri (URL - 16)



Şekil 5.8 Melamin Köpük (URL-9)

5.3.1.1 Ses Yutucu Malzemenin Kalınlığı

Bir malzemenin yutuculuğu kalınlığına, hava boşluğuna ve yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Aynı zamanda üzerine uygulanan boya gözenekli değil ise yutuculuğu azalacaktır. Gözenekli malzemeler düşük frekanslarda zayıftır.



Grafik 5.4. Gözenekli Malzemenin Kalınlıkla Artan Ses Yutma Katsayısı (28)

5.3.1.2. Yutucu Malzemenin Arkasındaki Boşluğun Etkinliği

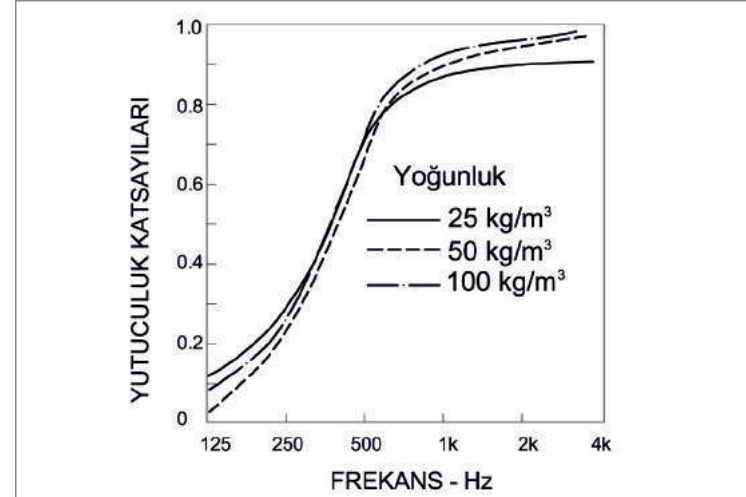
Arkada bırakılan boşluk özellikle alçak frekanslarda kullanılır. Sınırlar içinde kullanılan en maliyetsiz yöntemdir. Ses yutucu malzeme duvara direkt konulmayıp arada hava boşluğu bırakılırsa ses yutma katsayıları artmaktadır. Özellikle alçak frekanslarda artmakta, yüksek frekanslarda ses yutma değerine çok etki etmemektedir.

5.3.1.3. Yutucu Malzemenin Yoğunluğuna Bağlı Etkinliği

Yutucu malzemenin yoğunluğuna bağlı etkinliği lifli malzemeler ya da diğer malzemelerin mukavim ya da yarı mukavim olmalarına göre çeşitlenir. Çok düşük yoğunlukta yutuculuk da az olur. Çok yüksek yoğunlukta ses geçemeyeceği için yansıma yapar. Grafik 5.5'de ses yutucu malzemenin yoğunluğunun sesin emilmesi üzerindeki etkileri verilmektedir. **Yoğunluğun artmasının sesin emilmesi üzerine etkileri frekanslara göre değişmektedir.**

- Ses yutuculukları düşük frekanslardan ziyade yüksek frekanslarda daha verimlidir.

- Akustik verimlilikleri, düşük frekans dizisinde, artan kalınlık ve arkalarına hava boşluğu konması doğrultusunda artar.



Grafik 5.5. Ses Yoğunluğunun Sesin Emilmesi Üzerindeki Etkileri (28)

Gözenekli tabakaların yutma karakteristikleri aşağıdaki önemli kurallarda sıralanmıştır:

- Gözenekli bir tabakadaki yutma, frekans arttıkça artar.
- Düşük frekanslardaki yüksek yutma; düşük akış dirençli bir malzemeyi (gözenekli lifli malzemeler) ve aynı zamanda kalın bir tabakayı (10 cm ve yukarı) gerekli kılar.
- Yüksek akış dirençli (örneğin sert lif levha paneller) yüksek derecede sıkıştırılmış malzemeler her zaman düşük yutmaya sahip olmuşlar, 1 cm'den kalın tabakaların hiçbir etkisi olmamıştır.

Gözenekli malzemeler 3 kategoriye ayrılır:

- Prefabrike akustik birimler,
- Akustik sıvalar ve sprey malzemeler,
- Akustik (yalıtım) örtüleri.
- Halı ve kumaşlar

5.3.1.4 Akustik Yalıtım Örtüler

Genellikle gözenekli yutucular ince bir membran ile kaplanmaktadır. Bunu elde etmenin bir yolu da malzemeyi ince plastik veya benzer bir maddeye sarmak olabilir. Bu, yutucunun hasar görmesini engellemek veya yutucudaki liflerin kaybolmasını durdurmak için yapılmaktadır.

5.3.1.5 Akustik Sıvalar ve Sprey Püskürtücüler

Bu akustik bitirişler çoğunlukla gürültü indirgeme amaçlıdır. Bazen yüzeylerin eğrisel olup, diğer akustik uygulamaların zor olduğu oditoryumlarda kullanılır.

Ofis, okul hacimleri, koridorlar ve pek çok kamu binaları için yüksek akustik tatmini sağlayan akustik sıva malzemeleri mimari etkilerle çelişmeden pek çok yerde uygulanabilir.

5.3.1.6 Prefabrike Akustik Üniteleri

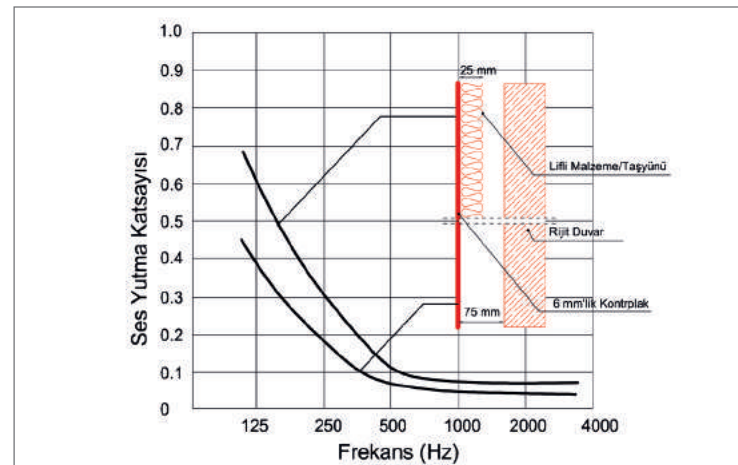
Birçok örtü ve paneller duvar uygulamaları için uygun değildir. Duvarlar için lifli malzemeler, delikli kaplamalarla kullanılır. Delikli kaplamalar koruyucudur. (Delikli metal, sert panolar, metal yüzeyler.) Ayrıca kumaş kaplı paneller ya da ahşap kontrplak kullanılabilir.

5.3.1.7 Halı ve Kumaşlar

Döşeme kaplaması olarak geleneksel rolünün yanı sıra çok amaçlı akustik kullanımları odadaki hava doğuşlu ses ve gürültüleri indirger, darbe seslerini neredeyse tamamen yok eder. (15,24, 35)

5.3.2 Panel (ya da zar benzeri) Yutucular

Deliksiz panel ya da zar benzeri yutucular, ses yutucu malzemelerin 2. grubunu oluşturur. Bu, içinde lifli malzeme bulunan bir hava boşluğu üzerine katı bir zarın örneğin kontrplak ya da sunta kaplanmasından oluşur (9, 15, 35, 24, 46).



Grafik 5.6. 6 mm Kalınlığındaki Kontrplak Panelin Ses Yutma Katsayıları (24)

Grafik 5.6' da 6 mm'lik kontrplak bir panelin duvarlara uzaklığı 75 mm seçildiğinde, hava boşluğu içinde gözenekli malzemenin olduğu ve olmadığı durumlar için yutma frekans özellikleri gösterilir. Gözenekli yutucunun hava boşluğuna kullanılması düşük frekanslarda yutuculuğu artırmaktadır.

5.3.3 Boşluk ya da Helmholtz Rezonatörleri

Boşluk ya da Helmholtz Rezonatörleri ses yutucu malzemelerin 3. Grubunu oluşturur. Rijit duvarlar ile kapalı gövdeleri içinde hava boşluğu bulunduran ve dar bir açıklık ile (boyun adı verilen), çevresini saran boşluğa bağlanan ve bunun içinde ses dalgalarının ilerlediği ses yutucularıdır.

Bir boşluk rezonatörü düşük frekans bandının bir dar bölgesi içindeki maksimum ses enerjisini yutar.

Boşluk rezonatörleri;

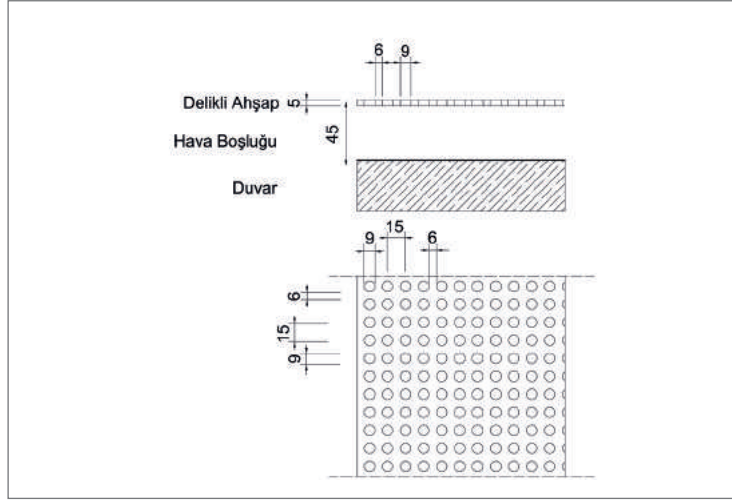
- Bireysel üniteleri olarak,
- Delikli panel rezonatörleri olarak,
- Yarı rezonatörleri olarak kullanılır.

5.3.1.1 Bireysel Boşluk Rezonatörleri

Standart beton blokların düzgün beton karışımları olup, yarı şeklinde boşluklar içerenleri "ses kutusu birimleri" olarak adlandırılır ve boşluk rezonatörünün bir versiyonudur. Ekstra bir ses emicilik yüzeyi uygulaması ihtiyacını yok ettikleri gibi, sesin reverberasyon kontrolünü de ekonomik olarak sağlar.

5.3.3.2 Delikli Panel Rezonatörleri

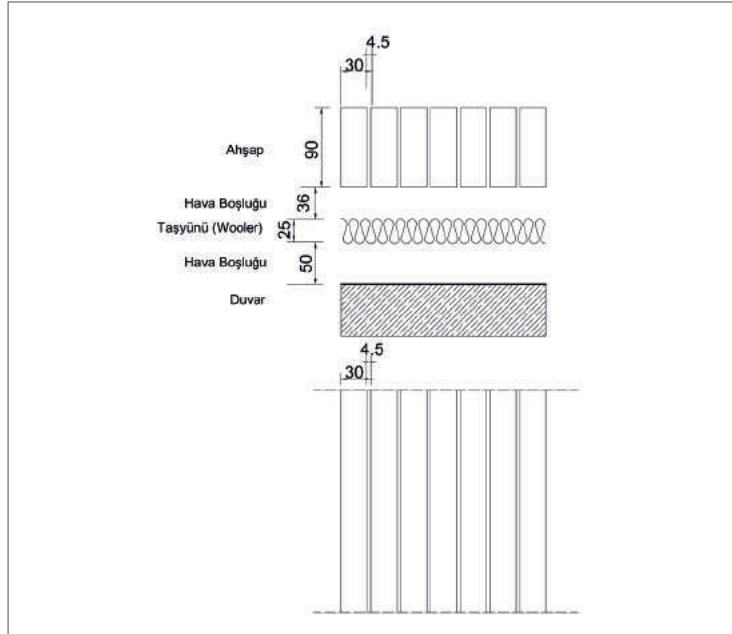
Sert bir arkalıktan bir miktar uzağa yerleştirilen delikli paneller boşluklu rezonatör prensibinin pratik uygulamasında geniş olarak kullanılır. Panelin delikli olmasını sağlayan pek çok boyundan oluşur. Delikler genellikle dairesel, bazen yarıklar şeklindedir. Rezonatörün bütün gövdesini, delikler arkasındaki hava boşluğu oluşturur. Delikli panel rezonatörleri, tek delikli rezonatörler gibi seçici yutuculuk sağlamaz.



Şekil 5.9. Delikli Panel Rezonatörleri

5.3.3.3 Yarık Rezonatörler

Oditoryum dizaynında pahalı olmayan izolasyon örtüleri seçildiğinde, aşınmaya dayanıklı olmaz, bu malzemenin dekoratif – korumacı bir yüzey uygulamasıyla kullanılabilir hale getirilir. Bu uygulama nispeten dar en kesite sahip ve belli bir hava boşluğuna sahip bir yüzey uygulamalarına izin verir.



Şekil 5.10. Yarık Rezonatör Detayının Kesit ve Görünüşü

5.4 Mekan Yutucuları

Taş yünü, ya da cam yünü gibi genellikle 50 mm kalınlıkta 1 m² alanda bağımsızca hacim içine asılabilen levhalardır.

Oditoryumun kendi iç hacim yüzeyleri; geleneksel akustik uygulamaları için uygun ve yeterli alana sahip değilse ses yutucu nesneler ayrı birimler olarak tavana asılabilir.

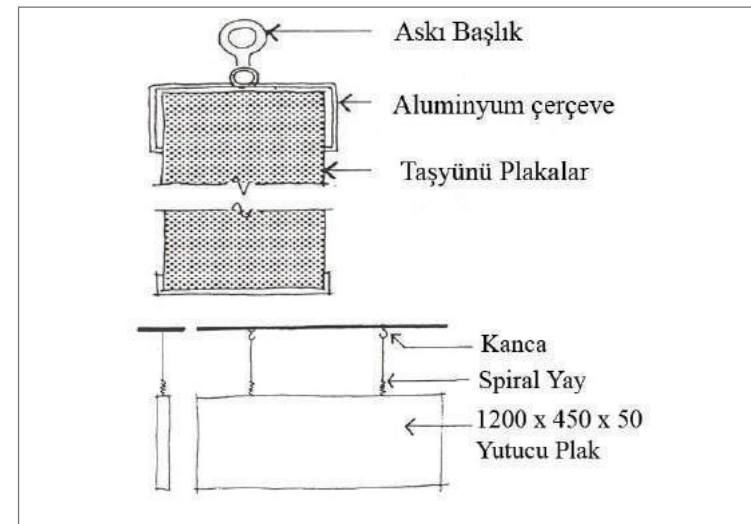
Mekan yutucuları, delikli levhalar, çelik, alüminyumdan paneller, prizmalar, küpler, küreler, silindirler veya tek ya da çift konik kabuklardan içleri genellikle ses yutucu malzeme, taş yünü, cam yünü doldurulmuş şekilde oluşur.

Kapalı mekanların tavanları ses kontrolü için en elverişli yerlerdir, çünkü mekanın kullanım değişikliklerine göre istenen akustik özelliğe daha kolay uydurulabilir.

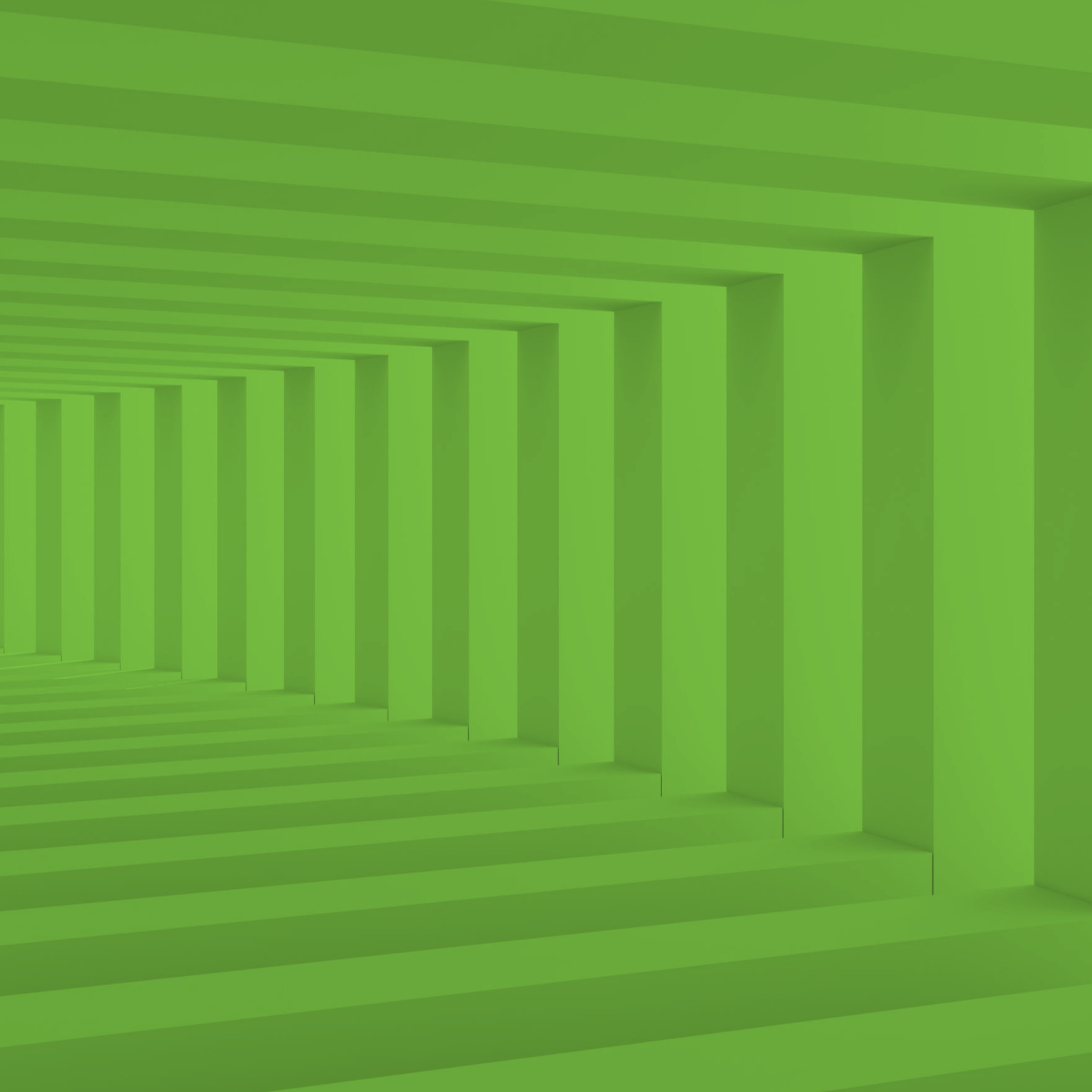
Aşağıdaki Şekil 5.11, hangar tipi mekanik gürültü olabilen mekanlarda (fabrika, uçak hangarı) yapılabilecek bir düzenlemeyi göstermektedir.

5.5 Değişken Yutucular

Aynı oditoryumun değişik kullanımları, farklı çınlama sürelerini gerektirir. Özellikle radyo stüdyolarında, gerektiğinde çınlama süresi ile belirgin farklılıkları sağlayacak uygulamalar yapılabilir. Bunun için değişik, kayan, hareketli mafsallı, döner paneller yapılarak yansıtıcı gerektiğinde yutucu yüzeyler oluşturulabilir.



Şekil 5.11 Hangar Tipi Mekanlarda Sarkan Plakla Gürültü Kontrolü



BÖLÜM 6
SES YUTUCU MALZEMELERİN
MONTAJI VE SÖKÜLMESİ

6. SES YUTUCU MALZEMELERİN MONTAJI VE SÖKÜLMESİ

Montaj koşullarının, malzemelerin yutuculukları üzerine etkisi vardır. Her koşul için tavsiye edilebilecek özel bir montaj tipi yoktur. Farklı detaylar aşağıdaki noktalara bağlı olarak üretilebilir (27, 51).

- Akustik malzemenin fiziksel özellikleri,
- Mukavemeti, yüzey dokusu ve üzerine takılacağı kabuğun yeri,
- Uygulamaya tabi olacak hacim,
- İşçilik için gerekli zaman,
- İleride sökülüp çıkarılması olasılığı,
- Maliyeti... vs.

Montaj akustik malzemenin yutuculuk özelliklerini belirgin olarak etkiler. Örneğin, aynı malzemenin duvara direkt montajı ile aralarında hava boşluğu bırakılarak yapılan montajı arasında büyük fark vardır. Belirli sınırlarda derinliğin artırılması, ortalama yutuculuğu artırır, maksimum yutuculuğun olduğu frekansı değiştirir. Panelin boyutları rezonans frekansını belirleyici bir faktör olduğuna göre, yutuculuğun arttığı bölgedeki frekans bölgesi, çıtalama aralıkları arasındaki mesafeye bağlıdır. Bu aralıklar çoğu zaman malzemenin özelliklerine bağlı olarak belirlenir.

Aynı malzemenin parçalar ve dar çubuklar şeklindeki uygulamaları, üniform uygulamasından daha verimli olmasına rağmen, montaj masrafının artması nedeniyle daha pahalıdır.

Malzemelerin parçalar halinde kullanılmasında hacmin neresinde kullanılacağına dair sorunlar ortaya çıkar. Köşelerde ya da köşelere yakın yerlerde ses yutucu malzemelerin kullanılması daha etkilidir.

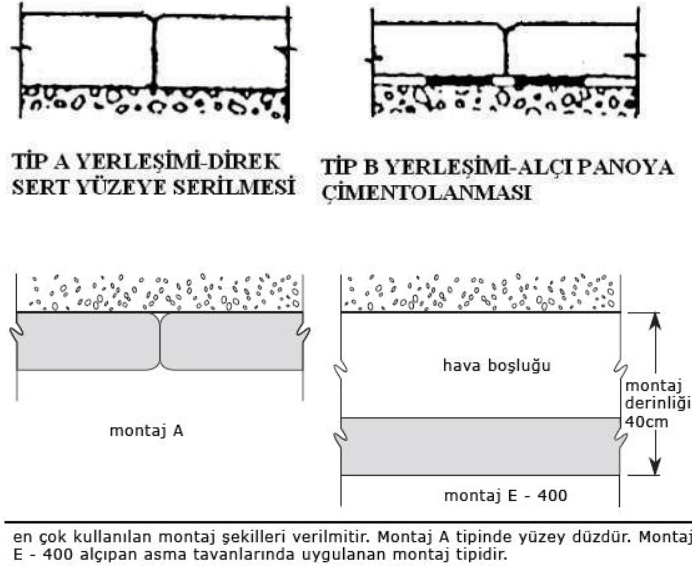
6.1 Malzemelerin Montaj Şekillerinin Ses Yutuculuk Katsayıları Üzerine Etkileri

Bir akustik malzemenin ses yutuculuk katsayıları; üzerine kurulmasında veya yerleştirilmesinde nasıl bir yol izleneceğine bağlıdır. Bu nedenden dolayı bazı standartlar uygulanır ve böylece

birçok akustik malzemenin yerleştirilecek kurulacak bazı durumların karşılaştırılmaları yapılır. Bir malzemenin akustik katsayı değerleri verildiği zaman genelde aşağıdaki örneklerdeki gibi olur (26):

- TİP A YERLEŞİMİ; Hiçbir hava boşluğu olmadan direkt rijit bir sert yüzeye serilmesi.
- TİP B YERLEŞİMİ; Alçı panosuna 20 mm hava boşluğu bırakılarak çimentolanması.
- TİP C YERLEŞİMİ; Akustik malzeme ile kaplanmış delikli yüzeyli bir malzeme C harfini takip eden sayı delikli yüzeyin arkasındaki boşluğun derinliğini temsil eder.
- TİP D YERLEŞİMİ; Ahşap takozlara içnelenmiştir. D harfini takip eden sayı ahşap takozların kalınlığını temsil eder.
- TİP E YERLEŞİMİ; Sert bir yüzeye metal bir sistemle dayatılarak (tavan gibi) akustik malzeme üzerinde hava boşluğu bırakılır. E harfini takip eden sayı sert yüzey ve akustik malzeme arasındaki hava boşluğunun boyutunu verir.
- TİP F YERLEŞİMİ; Kuvvetlendirilmiş metal pano ile desteklenir ve metalin arkasında hava boşluğu bırakılır. F harfini takip eden sayı metal pano ve sert yüzey arasındaki hava boşluğunun mm cinsinden değerini gösterir.

Şekil 6.1’ de TİP A, B, D, E detayları verilmektedir.



Şekil 6.1. Akustik Malzemeler İçin Standart Yerleşimler

Ses yutucu malzemelerin uygulama metotları ASTM standardına göre adlandırılır. Her frekansa uygun ayrı bir montaj şekli vardır ve malzemenin yutuculuk karakterini etkiler.

Tablo 6.1’de ses yutucu malzemelerin montaj tasarımı verilmektedir.

ASTM Mounting Designation®		ASTM Mounting Designation®
A	Malzeme direkt olarak yüzeye uygulanır.	#4
B	Alçıpan üzerine harçlanır	#1
C20	Perfore malzeme 20 cm de bir montajlanır.	#5
C-40	Karkaslar 40 c’de bir açılır	#8
D-20	Malzeme 20 cm de bir karkas üzerine montajlanır.	#2
E400	Malzeme duvar yüzeyinden 40 cm mesafededir.	#7

Tablo 5.2 Ses Yutucu Malzemelerin Montaj Tasarımı

6.2 Ses Yutucu Malzemelerin Kullanım Yerleri

Ses yutucu malzemelerin kullanım yerleri aşağıda verilmiştir (15).

6.2.1 Çınlama Kontrolü:

Aşırı derecede çınlayan mekanlar restoran ya da demiryolu istasyonu gibi mekanın etrafında ses ekolarının gürültü oluşturduğu ve haberleşmeyi zorlaştırdığı yerlerdir. Bu tip mekanlarda insanlar konuşmalarını yavaşlatır, daha yüksek sesle konuşur ve anlaşılır cevaplanması için kelimeleri tamamıyla doğru telaffuz edebilmek için bir çaba içinde olmaktadır.

Küçük bir mekanın (< 46,45 m²) sadece tavanına konulacak bir ses emici malzeme, yansıtıcı ses düzeyini 10 dB kadar düşürür. Ancak ses kaynağına çok yakınsa 3 dB düşer. Eğer mekanın diğer yüzeylerine de ses yalıtımı uygulanırsa 6 dB daha düşecektir. Ancak ses kaynağına yakın bir mesafede bunun etkisi yoktur.

6.2.2 Eko Kontrolü:

Ses yutucu malzemeler (genellikle çınlama kontrolü ile birlikte) eko kontrolünde de kullanılır. Ekolar uzun gecikmiş ses yansımaları olup, hacmin genel çınlamasının üstünde net olarak duyulabilir. “Tekrarlanan eko” adlı verilen küçük hacimlerdeki eko sorunu ise ses yutucu malzemelerce kontrol edilebilir.

6.2.3. Hacimlerdeki gürültü azaltımı:

Doğru kullanıldığında, ses yutucu malzemeler, bir hacim içerisinde gürültü kontrolünde de etkin olabilir. Ama sınırlı bir aplikasyonları olup, sanıldığı gibi aksine, tüm gürültü problemleri için bir çözüm kaynağı değildir. Örneğin bir hacimdeki toplam ses yutuculuğunun her katlanışında gürültü yalnız 3 dB azaltılır (15).

Gürültü azaltma katsayısı (NRC) malzemenin, 250, 500, 1000 ve 2000 Hz’deki ses yutuculuk katsayılarının aritmetik ortalamasıdır.

$$NRC = \frac{\alpha 250 + \alpha 500 + \alpha 1000 + \alpha 2000}{4} \quad (15)$$

NRC, ses yutuculuk verimliliği indeksinin tek bir sayı ile ifadesidir. Ancak bir ürün seçiminin yalnız NRC’ye dayandırılması yanlıştır. Bunlara rağmen düşük frekans yutuculuğunun önemli bir faktör olmadığı yerlerde (lobiler, genel aktivite alanları), NRC yeterli bir endekstir.

Etkin ses yutuculuğu için aşağıda verilen maddeler göz önüne alınmalıdır:

- Ses yansıtıcılığı gerekli bir yüzey üzerine asla ses yutucu malzeme kaplanmamalıdır.
- Ses odaklanması ya da rahatsız edici eko üretmesi beklenen her yüzey, ses yutucu malzeme ile kaplanmalıdır.
- Genel olarak, döşeme halı kaplı ve hacim perde benzeri döşemeliklerde kaplı olmadığı sürece, içerideki gürültü indirimi için tavanlar kaplanabilir.
- Uzun dar ya da çok yüksek hacimlerde duvarlarda da yutuculuk uygulamaları düşünülmelidir. Alçak tavanlı büyük hacimlerde ise duvar yutuculuğu nadiren faydalı olur.
- Genellikle binanın konstrüksiyonu, montaj yöntemini bilirler; kullanılacak montajın, istenen yutuculuğa en uygunu olmasına dikkat edilir. Örneğin; yapıştırıcıyla uygulanan yöntem zayıf, düşük frekans yutuculandır. Ancak çitallı sisteme uygulandığında daha iyi düşük frekans yutuculuğu sağlar ve asma tavan sistemlerinde uygulandığında dengeli yutuculuk sağlar.
- Uygulama miktarını, yutucu malzeme ve hacim boyutları belirler. Bir odaya uygulanması gereken emici malzeme nereye uygulanırsa en etkili ve pratik ses yalıtımının sağlanacağı üzerinde durmak gerekir.
- Bu sorulara cevap verecek ana noktalar odanın şekli, odada halen ne kadar emicilik olduğu ve bu emiciliğin nerede olduğudur.
- 3.60 m daha az olmak üzere alçak tavanlı ve diğer boyutları geniş olan ofis, çalışma odası vs. gibi odalarda cevap genellikle basittir. Tüm tavan üzerine ses yalıtım katsayısı (NRC) en az 0.6 olan bir madde uygulanır. Tavan ne kadar yüksek olursa NRC

değerinin o kadar yüksek olması daha iyi sonuç verir.

- Akustik maddeyi parçalar halinde kullanmak avantajlıdır, çünkü parçaları karşılıklı duvarlara koyarak duvarların iletken yüzeylerinin direkt birbirlerinin karşısında olması engellenir.

6.3 Hacim Gürültüsünü Azaltma Çizelgesi

Reverberasyon gürültü düzeyi alanında (SPL veya IL) fark (dB) aşağıda verilen bağıntı ile bulunabilir (15).

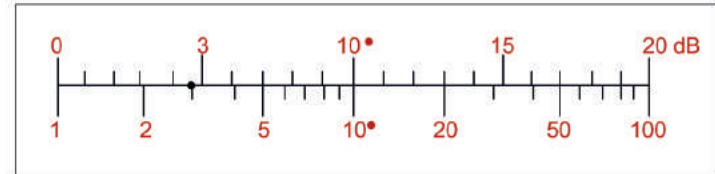
$$NR = 10 \log \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \quad (16)$$

NR = Hacim gürültü azaltımı

α_2 = Akustik tedbir alındıktan sonra toplam hacim emmesi, sabin

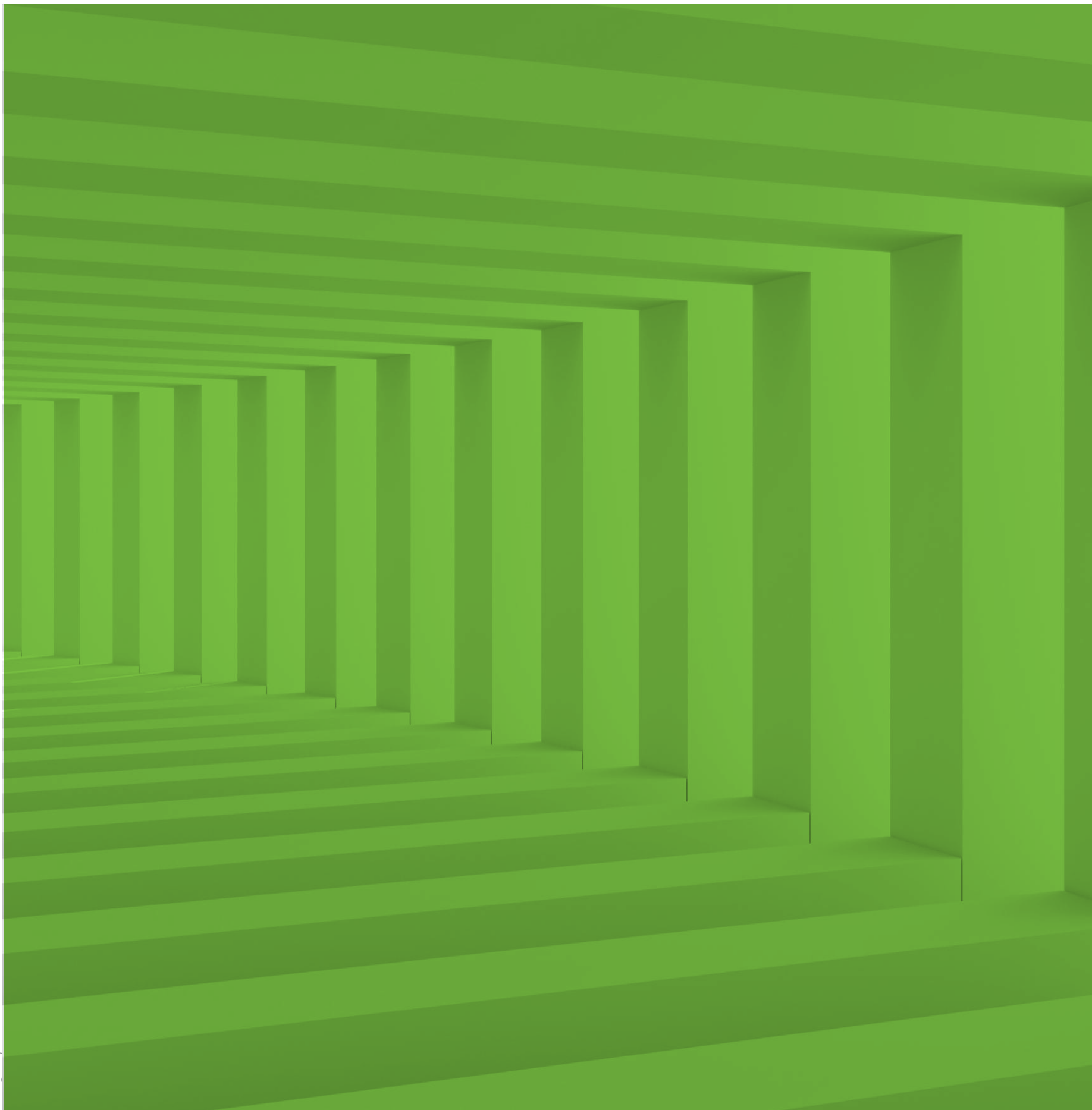
α_1 = Akustik tedbir alınmadan toplam oda emmesi, sabin

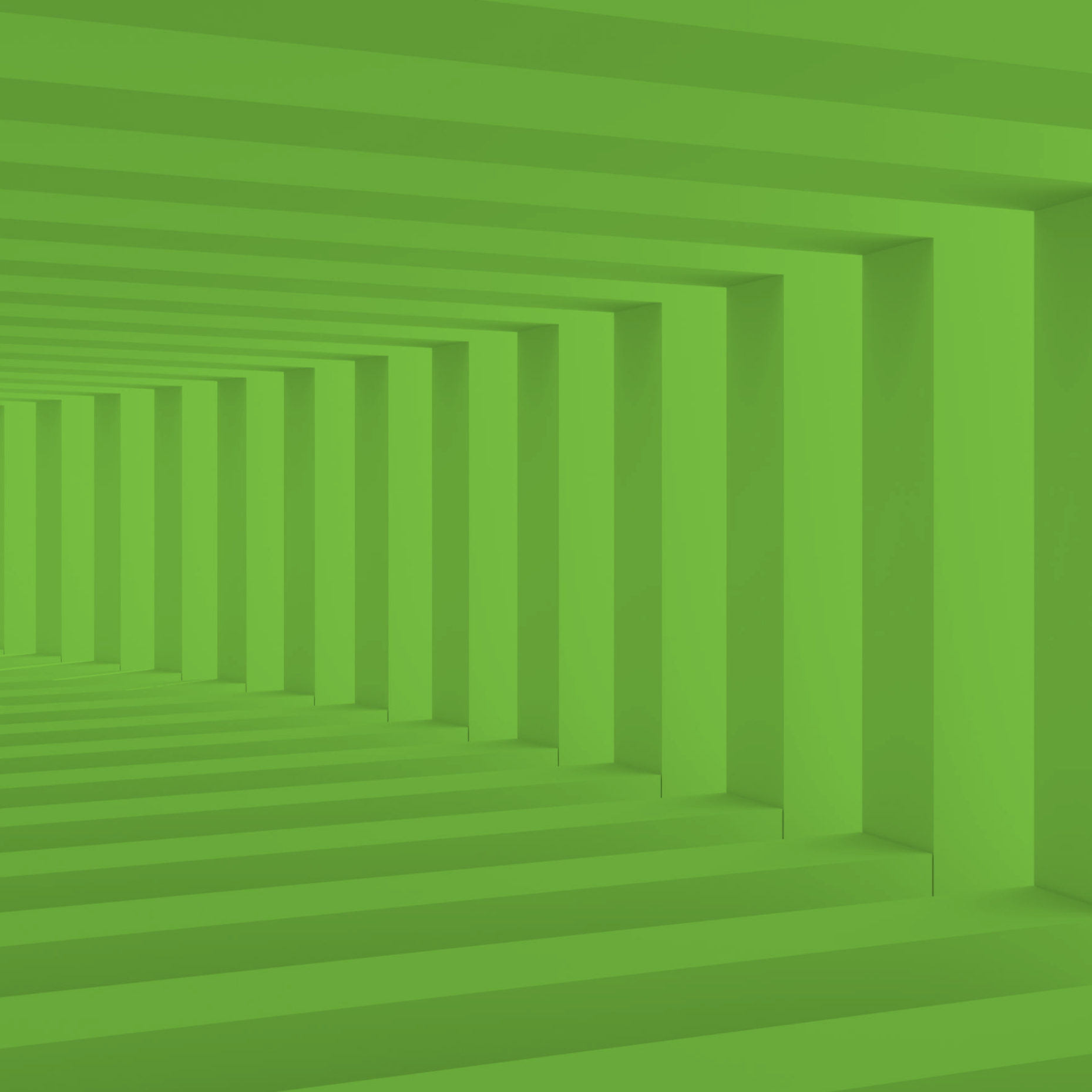
Şekil 6.2'de α_2 / α_1 oranıyla çınlayan gürültünün ne kadar azaldığı bulunabilir.



Toplam hacim emme oranı (α_2 / α_1)

Şekil 6.2. Sesin Emilmesiyle Çınlayan Gürültünün Azalması







REFERANSLAR

REFERANSLAR VE EKLER

- 1.** Aşçıgil, M., 2009. “Karayolu Gürültü Haritalarının Hazırlanması İstanbul Zincirlikuyu - Maslak Ulaşım Hattı Örneği” İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Danışmanı Sevtap Yılmaz Demirkale.
- 2.** Barron, M., 1993. “Auditorium Acoustics and Architectural Design.” E & FN Spon, Londra.
- 3.** Barron, R.F., 2001, “Industrial Noise Control and Acoustics”, Marcel Dekker Inc., New York, Chapter 4, s:112-145
- 4.** Beranek, L., 1996. “Concert and Opera Halls: How They Sound.” Acoustical Society of America, New York.
- 5.** Beranek. L. L., 1970, Noise and Vibration Control, USA, Mc Graw Hill
- 6.** Belgin, E. ve Çalışkan, M., 2004. “Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması.” Türk Tabipler Birliği Yayınları, Ankara.
- 7.** Berglund, B., Lindvall, T. and Schwela, D. H., 1999, Guidelines for Community Noise, World Health Organization Report, Geneva.
- 8.** Bies, D.A. ve Hansen, C.,H., 1988. “Engineering Noise Control” Unwin Hyman Ltd, London,.
- 9.** Cowan J. P., 1994, Handbook of Environmental Acoustics, Van Nostrand Reinhold.
- 10.** Çalışkan, M., 2005. “Gürültü: Temel Kavramlar” TTMD - Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi Eylül - Ekim 39. Sayı.
- 11.** Çevre ve Orman Bakanlığı. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC); 2010.
- 12.** Çevre ve Orman Bakanlığı. “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”. 4 Haziran 2010 CUMA Resmî Gazete Sayı: 27601 (27 Nisan 2011 tarihli ve 27917 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinin Bazı Maddelerinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” halen yürürlüktedir.)
- 13.** Çevre ve Orman Bakanlığı. “Çevresel Gürültü ve Ölçüm Değerlendirme Kılavuzu” s:18. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Ankara – 2011.
- 14.** Çevre ve Orman Bakanlığı. “Çevresel Gürültü Eylem Planı 2009 – 2020”.
- 15.** Demirkale Yılmaz S., 2007. “Çevre ve Yapı Akustiği” Birsan Yayınevi, İstanbul.
- 16.** Demirkale, S., Aşçıgil, M., “Sağlıklı Kentlerle ve Yapılarla İlgili Türkiye’nin Gürültü Politikası.” VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. S.267 – 285.
- 17.** Doelle, L., L., (1972). “Environmental Acoustics” Mc Graw Hill Company, ABD.
- 18.** Egan M.D., 1972, Concepts In Architectural Acoustics, McGraw-Hill Book Company, United States of America.
- 19.** EN 12354-1, Building Acoustics - Estimation of Performance of Buildings from the Performance of Elements - Part 1: Airborne sound Insulation Between Rooms, 2000, Brussels.
- 20.** EN 12354-3, Building Acoustics-Estimation of Performance of Buildings from the Performance of Elements-Part 3: Airborne sound Insulation Against Outdoor Sound, 2000, Brussels.

21. Ekinci, C., 2010. “Yalıtım Teknikleri”. Data Yayınlar, Ankara.

22. Ener, G., 2006. “KöprülÜ Kavşakların Çevresel Trafik Gürültü Seviyelerine Etkilerinin İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Çevre Bilimleri, Ankara, 122 s.

23. Erol, H.,B., 2006. “İç Mekanda Malzeme Kullanımında Akustik Performans Kriterleri.” Yüksek Lisans Tezi. M.S.G.S.Ü. Tez Danışmanı Halit Yaşa Ersoy.

24. Everest, F. A., 2000, The Master Handbook of Acoustics, McGraw-Hill.

25. Feldman, A.S., Grimes, C.T., 1985. “Hearing Conservations in Industry” Williams & Wilkings, London.

26. Harris, Cyril M., 1994, Noise Control In Buildings, A Practical Guide for Acoustics & Engineers, Mc Graw – Hill Inc. , London.

27. Irwin, J. D. , Graf, E. R., 1979, Industrial Noise and Vibration Control, Prentice- Hall, Inc., New Jersey.

28. ISO 717-1, Acoustics – Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elemente, 1996, Switzerland.

29. İzoder, “Ses Yalıtımı İle İlgili Temel Bilgiler”

30. Karabiber, Z., 1991. “Mimari Akustikle İlgili Başlıca Tanım, Terim, Formül ve Büyüklükler”, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

31. Kulak Kayıkçı, M.E., Genç, A., 2004. “Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri” Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması. Türk Tabibler Birliği, S.75-82.

32. Kurra, S., 2009. “Çevre Gürültüsü ve Yönetimi”, Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları, cilt:1, İstanbul.

33. Lawrence, A ., 1992, Acoustics and the Built Environment, Elsevier Applied Science, London.

34. Lord, P., Templeton D., 1996, Detailing for Acoustics, E & FN Spon.

35. Mehta, M., Johnson, J. ve Rocafort, J. (1999). “Architectural Acoustics: Principles and Design, Prentice Hall” New Jersey

36. Möser, M., 2004, Engineering Acoustics, An Introduction to Noise Control.

37. Mütevellioğlu, G., 1995. “Asma Tavanların Akustik Yönden İncelenmesi” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

38. Office of the Scientific Assistant Office of Noise Abatement and Control U.S. Environmental Protection Agency, 1981, Noise Effects Handbook, A Desk Reference to Health and Weifare Effects of Noise, National Association of Noise Control Officials, Florida.

39. Özer, M., 1979. “Yapı Akustiği ve Ses Yalıtımı.” Arpaz Matbaacılık, İstanbul.

40. Özgüven, H.N., 2008. “Gürültü Kontrolü Endüstriyel ve Çevresel Gürültü”, Uzerler Matbaacılık, 271 s, Ankara.

41. Öztürk, Z., 1994. “Otoyol ve Demiryolunun Önemli Çevre Etkilerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi”, İTÜ İnşaat Fakültesi

42. Rasmussen, B., 2004. Sound insulation of dwellings – Overview of classification schemes in Europe, Internoise 2004 Konferansı, Prag, Çek Cumhuriyeti, 22-25 Ağustos.

43. Rettinger M., 1988, Handbook of Architectural Acoustics and Noise Control, TAB Boks Inc.

44. Simons,M.W.,Waters,J.R., 2004, Sound Control In Buildings, Blackwell Publishing, Pages 20-76 ,UK.

45. Şahin, E., 2003. “Gürültü Kontrol Yöntemleri – Bir Uygulama” Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 18, No 4, 67-80.

46. Templeton, T., Sacre, P., Mapp, P., Saunders, D., 1993, Acoustics in the Built Environment, Butterworth Architecture.

47. Tocci, G., 2000. “Room Noise Criteria—The State of the Art in the Year 2000” 2000 September <http://noisenewsinternational.net>

48. Türk Standartları Enstitüsü, EN ISO 10140-5 Akustik - Yapı Elemanlarında Ses Yalıtımının Laboratuvar ölçümü - Bölüm 5: Deney yerleri ve teçhizatı için kuralları, 2011.

49. Warnock, A.C.C.,2001, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada.

50. Warnock, A.C.C.,1999, Controlling the transmission of impact sound through floors. Construction Technology Update No. 35, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada.

51. Watford, Garston 2000, Sound Control for Homes. An imprint of Westminster, London.

52. WHO ,1992, Task Force Meeting, Düsseldorf, Germany

53. Yılmaz, S., Ascigil-Dincer, M., Manioglu, G., Tanacan, L., 2012. Sound transmission through facade walls designed for sound, heat and moisture control using brick with attached gypsum board, Internoise 2012, New York.

54. Yılmaz, s., Aşçigil Dincer, M., 2013. Ses Azalma İndeksi Üzerinde Sıva Kuruma Sürecinin Etkileri: Laboratuvar Değerlendirmesi,10. Ulusal Akustik KongresiYıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu, 16-17 Aralık 2013,İstanbul,

55. Yılmaz, S., Ascigil Dincer, M., 2010. Afghanistan Mazar-I-Sharif Airportacoustical Reportistanbul Technical University Faculty Of Architecture December 2010.

56. Wooler Teknik Kılavuzu, 2014. Eryap A.Ş.

URL -1 <http://www.maden.org.tr/mevzuat/mevzuat> (Erişim Tarihi 08.07.2014) Gürültü Kontrol Yönetmeliği (mülga)

URL -2 http://www.aco-on.co.uk/assets/Uploads/Data_Sheets_PDF/TECH-REF-NR2.pdf (Erişim Tarihi 11.07.2014)

URL -3 <http://www.mess.org.tr/ti.asp?eid=5080&icid=0> (Erişim Tarihi 17.07.2014)

URL - 4 <http://www.faa.gov/> (Erişim Tarihi 17.07.2014)

URL - 5 <http://www.fhwa.dot.gov/about/> (Erişim Tarihi 17.07.2014)

URL - 6 <http://www.epa.gov/> (Erişim Tarihi 17.07.2014)

URL - 7 <http://ec.europa.eu/environment/noise/greenpap.htm> (Erişim Tarihi 17.07.2014)

URL - 8 [http://www.noiseproject.gen.tr/end-\(cevresel-gurultu-direktifi\) - nedir/13](http://www.noiseproject.gen.tr/end-(cevresel-gurultu-direktifi) - nedir/13) (Erişim Tarihi 17.07.2014)

URL - 9 <http://sesyalitim.com.tr/basotect-melamin-kopuk.php> (Erişim Tarihi 30.01.2015)

URL - 10 http://www.wooler.com.tr/tr/wooler-tas-yunu/wooler-tas-yunu-nedir_46.html (Erişim Tarihi 04.02.2015)

URL - 11 http://www.gschwend-holzbau.ch/index_Isolation_Details.html (Erişim Tarihi 04.02.2015)

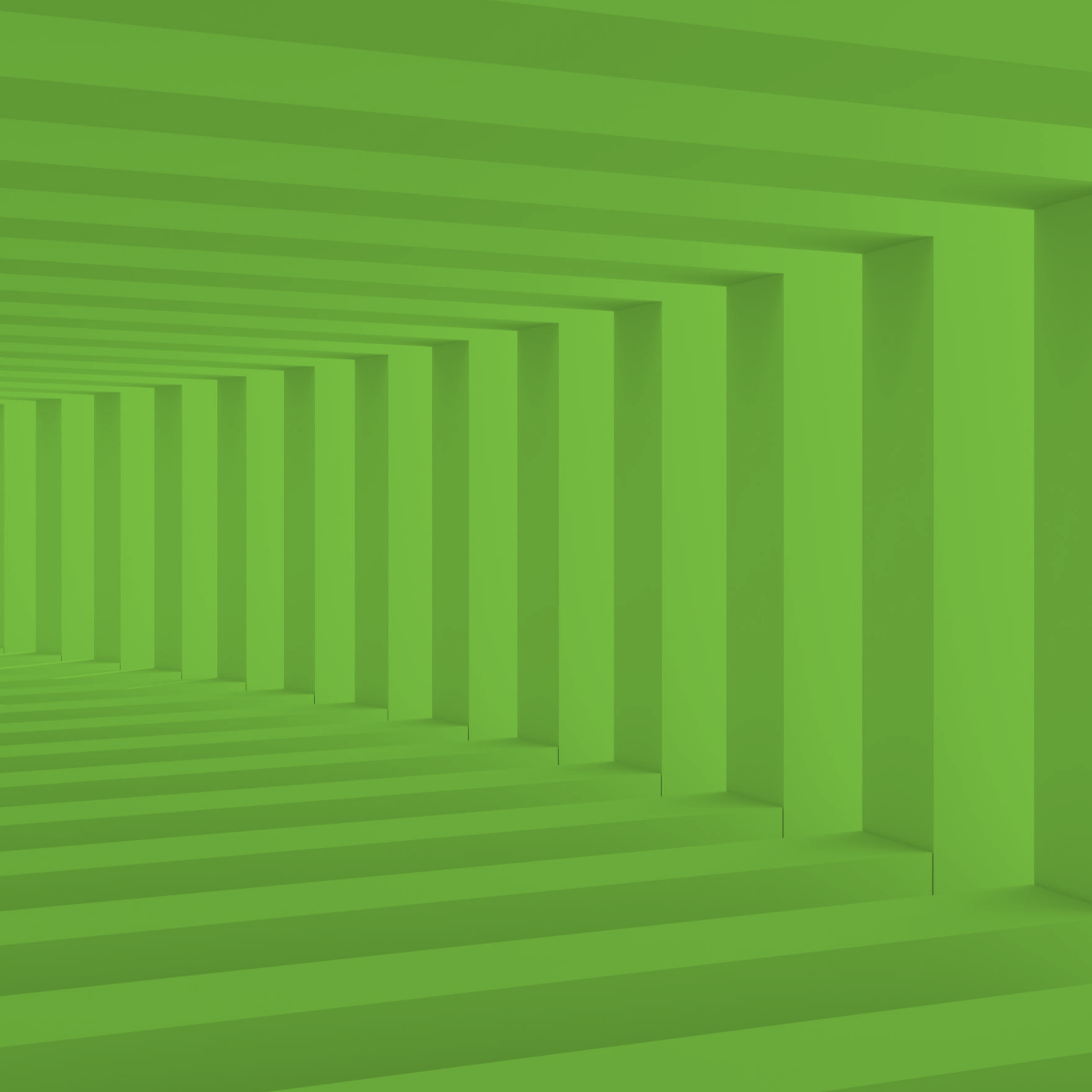
URL - 12 <http://www.efesyalitim.com/> (Erişim Tarihi 04.02.2015)

URL - 13 <http://www.unar.com/index.asp?islem= 26> (Erişim Tarihi 04.02. 2015)

URL - 14 <http://www.akustikkaplama.net/yalitim-sungerleri/kaucuk-mantar-silte.html> (Erişim Tarihi 04.02.2015)

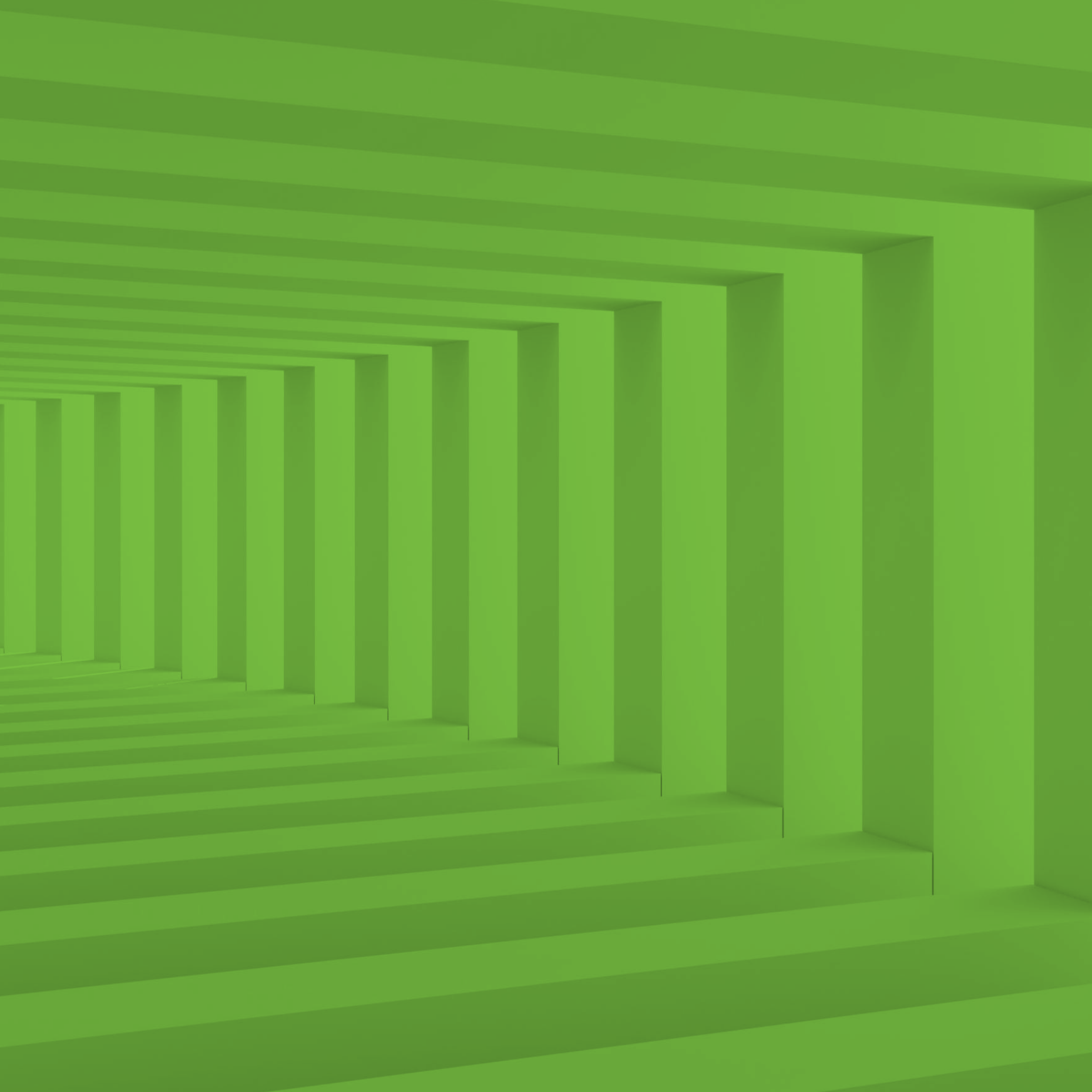
URL - 15 <http://www.himerpa.com/prod/List.aspx?cid=46,46> (Erişim Tarihi 04.02.2015)

URL - 16 <http://www.basf.com/group/corporate/en/brand/BASOTECT> (Erişim Tarihi 04.02.2015)





EKLER



EK 1

***WOOLER - HAVADA YAYILAN SESİN
GEÇİŞ KAYBI LABORATUVAR
ÖLÇÜM RAPORU***

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ♦ MİMARLIK FAKÜLTESİ
YAPI FİZİĞİ LABORATUVARI ♦ AKUSTİK ÜNİTESİ

HAVADA YAYILAN SESİN GEÇİŞ KAYBI LABORATUAR ÖLÇÜM RAPORU

Prof. Dr. Sevtap YILMAZ

*İstanbul Teknik Üniversitesi
Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Yapı Fiziği Laboratuar Yürütücüsü*

Mart 2014

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ
2. STANDARTLAR
 - 2.1. ISO 10140 Standart Serisi
 - 2.2. ISO 717-1 Standardı
3. LABORATUVAR BİLGİLERİ
4. ÖLÇÜM DÜZENEGİ
5. YAPI ELEMANI BİLGİLERİ
6. SONUÇ

gy

1. GİRİŞ

Bryap plastik Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin isteği üzerine duvar yapı elemanının havada yayılan sesin geçiş kaybı laboratuvar ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler TS EN ISO standartlarına uygundur.

Ölçümler Prof. Dr. Sevtap Yılmaz tarafından Şubat 2014'de, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Fizik Laboratuvarı, Akustik Ünitesi, Ses Geçiş Kaybı Test Odalarında gerçekleştirilmiştir.

2. STANDARTLAR

Ölçümler “ TS EN ISO 10140-2:2010 Akustik - Yapı Elemanlarında Ses Yalıtımının Laboratuvar Ölçümü - Bölüm 2: Havada Yayılan Ses Yalıtımının Ölçümü (İngilizce Metin) (ISO 10140-2 Acoustics - Laboratory Measurements of Sound Insulation of Building Elements - Part 2: Measurement of Airborne Sound Insulation) ” ve “ TS EN ISO 10140-4:2010 Akustik - Yapı Elemanlarında Ses Yalıtımının Laboratuvar Ölçümü - Bölüm 4: Ölçme Prosedürleri ve Kurallar (İngilizce Metin) (ISO 10140-4 Acoustics - Laboratory Measurements of Sound Insulation of Building Elements - Part 4: Measurement Procedures and Requirements) ” standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Hesaplamalar, “TS 2381-1 EN ISO 717-1 (Nisan 2005) Akustik - Yapılarda ve Yapı Elemanlarında Ses Yalıtımının Değerlendirilmesi - Bölüm 1: Hava İle Yayılan Sesin Yalıtımı (EN ISO 717-1:1997 Acoustics - Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements - Part 1: Airborne Sound Insulation) ” standardına uygundur.

2.1. ISO 10140 Standart Serisi

“TS EN ISO 10140 Akustik - Yapı Elemanlarında Ses Yalıtımının Laboratuvar Ölçümü” “ISO 10140 Acoustics - Laboratory Measurements of Sound Insulation of Building Elements” standart serisi, duvarlar, döşemeler, kapılar, pencereler ve dış cephe kaplama elemanlarının “havada yayılan sese” karşı yalıtımlarının ölçülmesine ait bir laboratuvar metodunu kapsar. Elde edilen sonuçlar, uygun akustik özelliklere sahip yapı elemanlarının tasarlanmasında kullanılabilir; ayrıca, yapı elemanlarının ses yalıtım özelliklerinin karşılaştırılmasını sağlayabilir ve bu elemanlar kendi ses yalıtım kapasitelerine göre sınıflandırılabilirler. Ölçümler, duvarlar üzerinde ses iletiminin bastırıldığı yerlerde laboratuvar şartlarında gerçekleştirilir.

TS EN ISO 10140 serisi standartlarına göre laboratuvarda ölçülen Ses Azalma İndisi, R, aşağıdaki eşitlik (Denklem 1) ile ifade edilir:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A} \quad (1)$$

Bu denklemde:



- R: Ses azaltma indeksi, dB
 L₁: Kaynak odadaki ortalama ses basınç seviyesi, dB
 L₂: Alıcı odadaki ortalama ses basınç seviyesi, dB
 S: Bölme duvar elemanının alanı, m²
 A: Alıcı odadaki eşdeğer ses yutuculuk alanı, m²

$A = \frac{0,161 \times V}{T}$ olduğu için, Ses Azaltma İndeksi, R, aşağıdaki eşitlik (Denklem 2) ile de ifade edilebilir:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S \times T}{0,161 \times V} \quad (2)$$

Bu denklemde:

- R: Ses azaltma indeksi, dB
 L₁: Kaynak odadaki ortalama ses basınç seviyesi, dB
 L₂: Alıcı odadaki ortalama ses basınç seviyesi, dB
 S: Bölme duvar elemanının alanı, m²
 T: Alıcı odadaki yansıtma süresi, sn
 V: Alıcı odanın hacmi, m³

2.2. ISO 717-1 Standardı

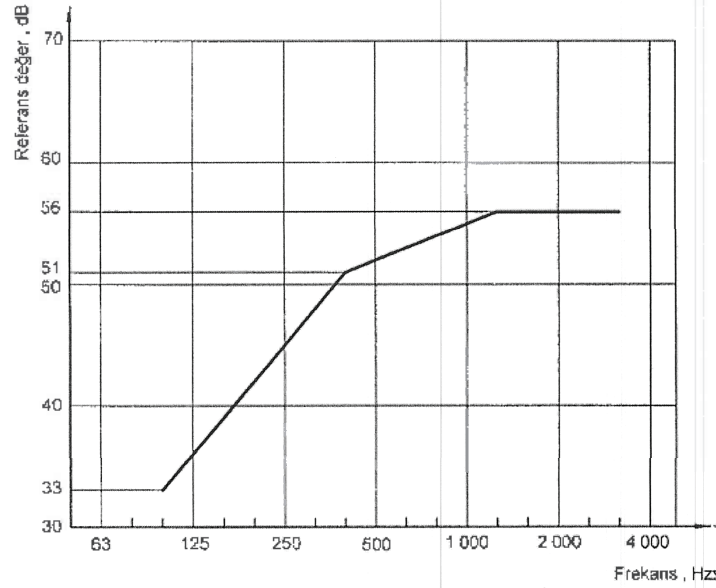
"TS 2381-1 EN ISO 717-1 Akustik - Yapılarda ve Yapı Elemanlarında Ses Yalıtımının Değerlendirilmesi - Bölüm 1: Hava ile Yayılan Sesin Yalıtımı (EN ISO 717-1:1997 Acoustics - Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements - Part 1: Airborne Sound Insulation)" standardı ses geçiş kaybını tek sayılı değerler olarak ifade etmek için yol göstermektedir. Havada yayılan sesin yalıtımı R'_w, (R'_w+C) ve (R'_w+C_{tr}) tek sayılı büyüklükleri ile ifade edilebilir. Bu değerler frekans bantlarındaki (1/3 oktav bant veya oktav bant) Ses Azaltım İndisi, R, değerlerine göre hesaplanmaktadır. R_w, ağırlıklı ses azaltım indeksi; R'_w, ağırlıklı görünen ses azaltım indeksi olarak ifade edilir.

Hava doğuşlu ses yalıtım özellikleri normalde işitsel spektrumun temsili bir bölümü üzerinde, 1/3 oktav bandlar olarak ölçülür, 100 Hz'den 3150 Hz'e. Bu her 1/3 oktav bandına bir tane olmak üzere 16 farklı R' değeri verir. Bu 16 R' değerinin aritmetik ortalamasının hesaplanması ve bu ortalamayı panelin genel performansının göstergesi olarak kabul etmek çok basit bir işlem olur. Ama, bu, iki nedenden dolayı tatminkar sonuçlar sağlamaz. Öncelikle, basit bir ortalama, kulağın frekanslara olan hassasiyetini işin içine katmaz. Yüksek frekanstaki düşük bir R' değerinin etkisi, aynı düşük değerin alçak frekanstaki etkisinden daha önemlidir.

Dinleyici için, panelin ses yalıtımı etkinliği ortalamaya göre değil, o çok düşük değere göre belirlenecektir. Bu nedenle, bir panelin ses yalıtımının yeterli sayılabilmesi için R' 'nin tüm 16 adet 1/3 oktav bantta incelenmesi gerekmektedir. Ama tabi bu çok sayıda rakam ortaya çıkartacağı için gereksinimlere karşılaştırma yapılması zor olacaktır. Bu yüzden, bu 16 noktadaki değerleri tek bir sayı indeksine indirgemek yararlı olacaktır. Bunu yapmak için EN ISO 717-1 standardı kullanılmaktadır. Burada ölçülmüş değerler, 1/3 oktav banttaki referans değerleriyle karşılaştırılmaktadır. Tek sayılı büyüklük, R_w, verilen referans eğrinin

[Handwritten signature]

kaydırma yapıldıktan sonra 500 Hz'deki desibel cinsinden değeridir. Referans eğri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: R_w belirlenmesi için referans eğri

Maalesef, bu yöntem, 16 adet 1/3 oktav bandı değerinin basit ortalamasını almaktan daha iyi olsa da, yine de çok düşük frekansları yeterince katmamaktadır. Bu sorun, spektrum adaptasyon teriminde çözülmeye çalışılmıştır.

Spektrum Adaptasyon Büyüklükleri, özel ses spektrumunun karakteristiklerinin dikkate alınması için, tek sayılı orana (R_w) ilave edilebilecek desibel cinsinden birer sayıdır. ISO 717-1'de iki ses spektrumunu tarif edilmiştir (1/3 oktav bantları ve oktav bantlarında), C ve C_{tr} . Spektrum adaptasyon teriminin amacı, panelin ses yalıtımı sağlaması gereken gürültü türüne göre ağırlıklandırılmış tek sayı indeksini düzeltmektir.

1 numaralı spektrum C, aşağıdaki gürültü türleri ile ilgilidir:

- Ev ile alakalı aktiviteler; konuşma, müzik, radyo, televizyon
- Çocukların oynaması
- Orta ve yüksek hızdaki tren yolu trafiği
- 80 km/saatten yüksek hızdaki karayolu trafiği
- Kısa mesafede jet uçağı

2 numaralı spektrum ise aşağıdaki gürültü türleri ile ilgilidir:

- Şehir içi karayolu trafiği
- Düşük hızdaki tren yolu trafiği
- Pervaneli uçaklar
- Uzak mesafede jet uçağı

Handwritten signature

- Disko müziği
- Alçak ya da orta frekanslarda gürültü yayan fabrikalar

R_w , R'_w , gibi tek sayılı büyüklükler her iki adaptasyon büyüklükleri ile birlikte ISO 717-1'e atıf yapılarak verilmelidir. Aşağıda ifade edildiği gibi ayrılarak, tek sayılı büyüklüğün arkasından parantez içinde iki spektrum adaptasyon büyüklükleri ile gösterilir:

Örn: $R_w (C; C_{tr}) = 41 (-1; -3) \text{ dB}$

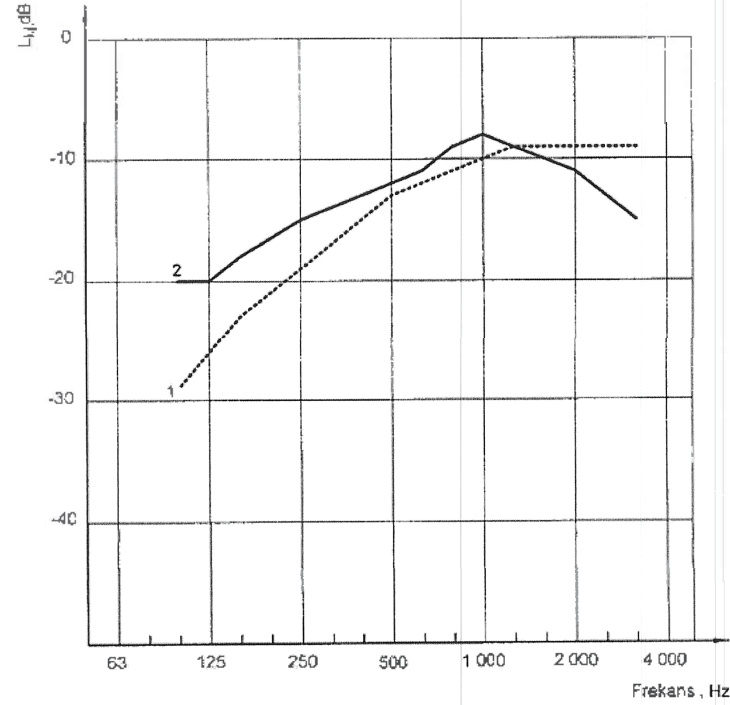
Bu örneğin yorumlanması aşağıdaki şekilde yapılır:

$R_w = 41 \text{ dB}$ (Ses azaltım indeksi)

$R_w + C = 40 \text{ dB}$ (Konut içi gürültüye göre ayarlanmış ses azaltım indeksi)

$R_w + C_{tr} = 38 \text{ dB}$ (Trafik gürültüsüne göre ayarlanmış ses azaltım indeksi)

Şekil 2 C ve C_{tr} için referans eğrileri göstermektedir.



Açıklama

- Spektrum No 1 C'nin hesaplanması
- Spektrum No 2 C_{tr} 'nin hesaplanması

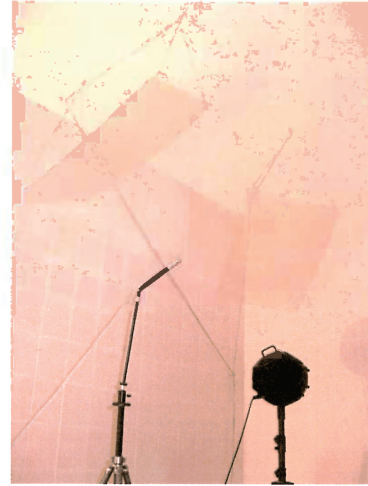
Şekil 2: C ve C_{tr} belirlenmesi için referans eğri

[Handwritten signature]

3. LABORATUVAR BİLGİLERİ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Fiziksel Çevre Kontrolü Laboratuvarı, Akustik Ünitesi, Ses Geçiş Kaybı Test Odaları, " TS EN ISO 10140-5:2010 Akustik - Yapı Elemanlarında Ses Yalıtımının Laboratuvar ölçümü - Bölüm 1:Deney yerleri ve teçhizatı için kuralları (İngilizce Metin) " standardına göre inşa edilmiştir.

Şekil 3'te Ses Geçiş Kaybı Test Odalarından fotoğraflar verilmektedir.



Şekil 3: Ses Geçiş Kaybı Test Odalarından fotoğraflar

Sol üst: İki test odasının ayrıldığı ve test numunesinin yerleştirildiği yer;

Sol alt: Büyük test odasına giriş;

Sağ üst: Ölçümde kullanılan mikrofon ile hoparlör ve ses saçıcı paneller;

Sağ alt: İki test odasının ayrıldığı ve test numunesinin yerleştirildiği yer ile bir hoparlör.

[Handwritten signature]

Test odaları, bir kaynak ve bir alıcı odasından oluşan, küçüğü 50 m^3 büyüğü 100 m^3 olan bir ses iletim stüdi meydana getirmektedir. İki test odası birbirinden strüktürel olarak ayrılmıştır. Test odaları, içinde bulundukları mekândan iletilebilecek titreşimin etkisini en aza indirmek için sömellerin üzerine yerleştirilen çelik yaylar ile ana konstrüksiyondan kopartılmıştır. Duvarlar, döşeme ve tavan yüksek ses yalıtımı sağlayacak ve her türlü yanıl iltimi engelleyecek şekilde inşa edilmiştir. Sesin homojen dağılımını sağlamak için saçıcı paneller konulmuştur.

Aşağıda laboratuardaki fiziksel büyüklükler verilmektedir:

Ara bölücü duvar: $4,30 \text{ m} \times 2,35 \text{ m}$

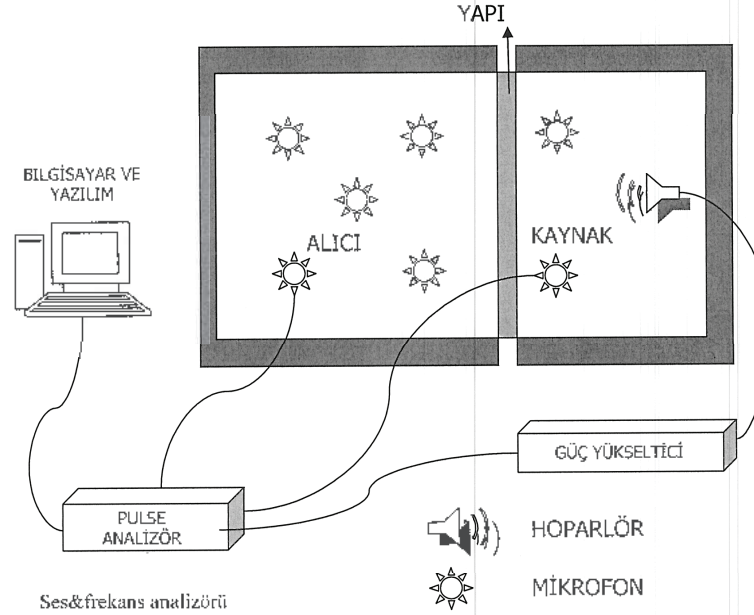
Kaynak odası: ort. $2,85 \text{ m}$ genişlik, $5,28 \text{ m}$ uzunluk, $3,2 \text{ m}$ yükseklik, 50 m^3 hacim.

Alıcı odası: ort. $4,45 \text{ m}$ genişlik, $4,81 \text{ m}$ uzunluk, $4,5 \text{ m}$ yükseklik, 100 m^3 hacim.

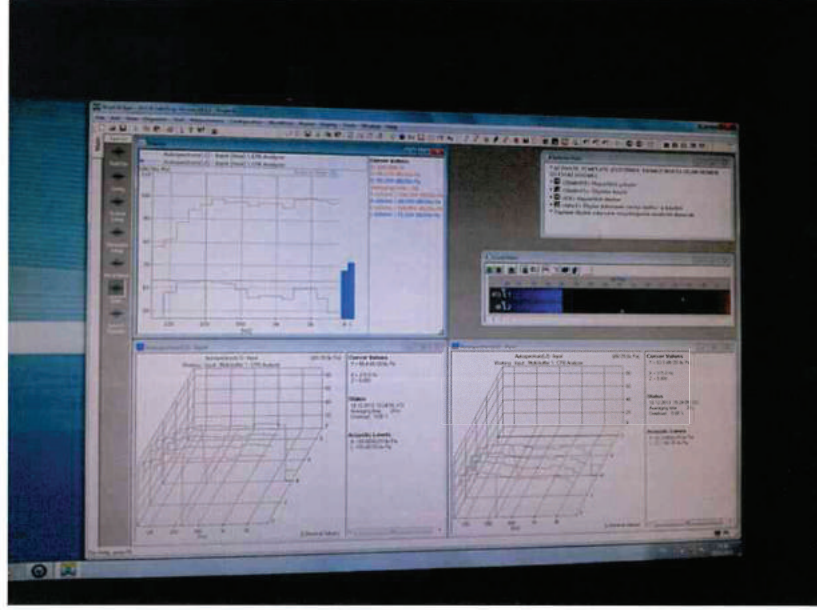
4. ÖLÇÜM DÜZENEGİ

Şekil 4'te, ölçüm düzeneği anlatılmaktadır. *TS EN ISO 10140* standart serisine uygun şekilde belirlenmiş, farklı mikrofon-hoparlör pozisyonları bulunmaktadır. Bu şekilde, bir yapı elemanı için farklı noktalarda ses yalıtımı ölçümü yapılmakta ve ortalaması alınmaktadır.

Ses&frekans analizörü, B&K PULSE, alıcı odasındaki ve kaynak odasındaki, her yönden ses dalgalarını alabilen mikrofonlardan veri alarak analiz etmektedir. Ses&frekans analizörü, B&K PULSE, aynı zamanda, güç yükseltici B&K 2706 üzerinden her yöne ses yayan B&K 4296 hoparlörüne beyaz gürültü göndermektedir.



Aşağıdaki şekilde pulse analizörün kullanılması sırasında ekranda ölçüm grafikleri görülmektedir.



Şekil 5. Pulse ölçümleri sırasında ekranda ölçüm grafikleri

5. YAPI ELEMANI BİLGİLERİ

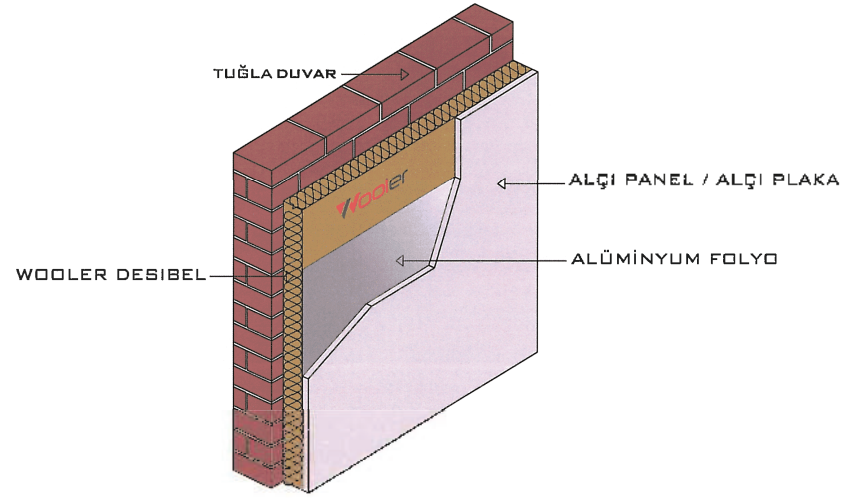
Üç adet yapı elemanın laboratuarda hava doğuşlu ses yalıtımları ölçülmüştür. Aşağıda bu yapı elemanlarının uygulama yöntemleri, üç boyutlu görünüşleri ve ölçüm sonuçları verilmektedir.

5.1. Uygulama Yöntemi:

Deneyde, 13, 5 cm kalınlığındaki yatay delikli tuğlaların üzerine uygulama yapılarak belirtilen değerlere ulaşılmıştır. **Wooler DESIBEL** uygulamasına başlamadan önce kaplama yapılacak duvar yüzeyi temizlenmiştir. Levhalar, duvarın ölçüsüne göre döşemeden 1 cm. tavandan 0,5 cm mesafe kalacak şekilde kesilmiştir. Yapıştırma harcı olarak hazırlanan özel alçı, levhanın taş yünü yüzeyine gelecek şekilde öbek öbek uygulanmıştır. **Wooler DESIBEL** levha, duvar üzerine yapıştırılarak, duvara yaslandıktan sonra lastik bir çekiç ve master ile teraziye alınmıştır. Levhalar, yapıştırıcı olarak kullanılan özel alçı, prizini alana kadar desteklenmiş, birleşimyerleri özel file ve macun ile kapatılarak ses ölçümüne hazır hale getirilmiştir.

Hy

Şekil 6 da tuğla duvar önüne ses yalıtımı ve alçı panel konularak yapılan yapı elemanın üç boyutlu görüntüsü görülmektedir.

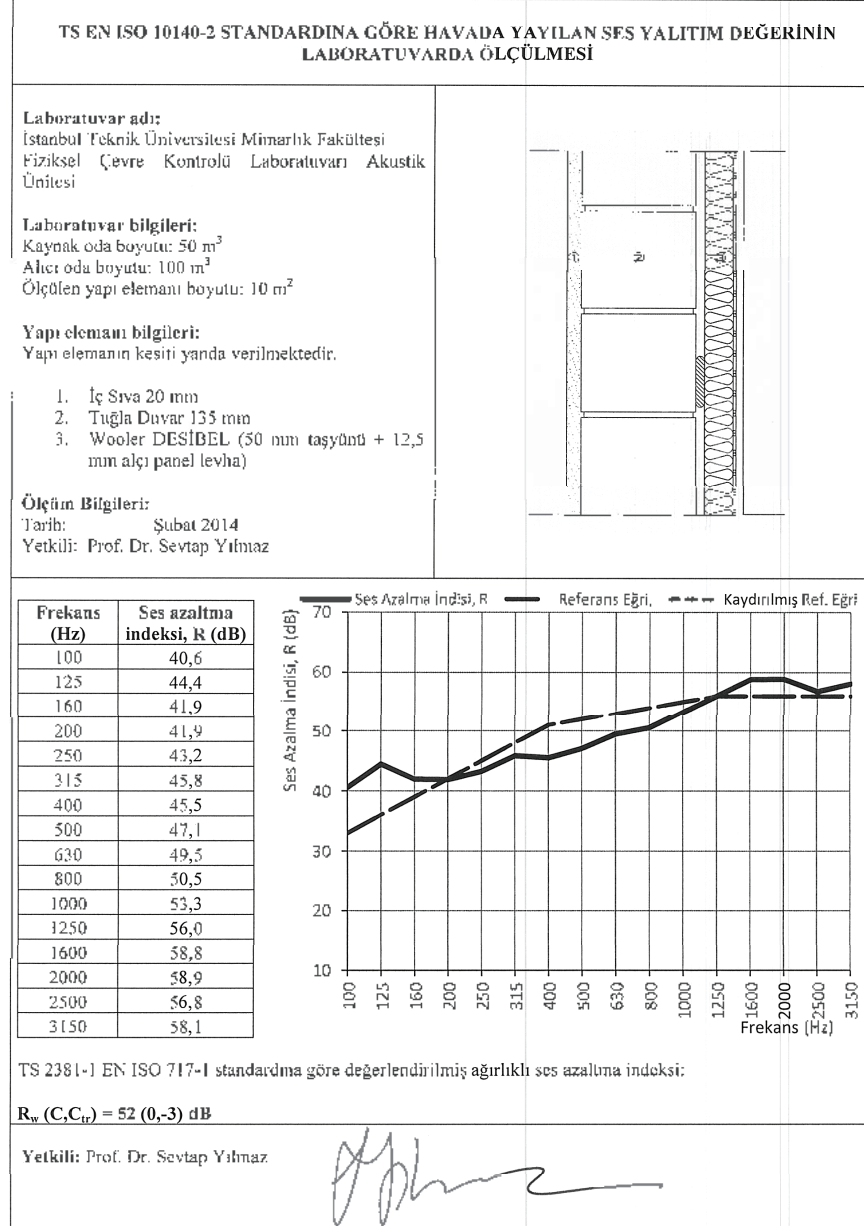


Şekil 6. Tuğla duvar önüne ses yalıtımı ve alçı panel konularak yapılan yapı elemanın üç boyutlu görünüşü

Tablo 1 de tuğla duvar önüne ses yalıtımı ve alçı panel konularak hazırlanan yapı elemanın laboratuarda ölçülen ses yalıtım değerleri verilmektedir.

fy

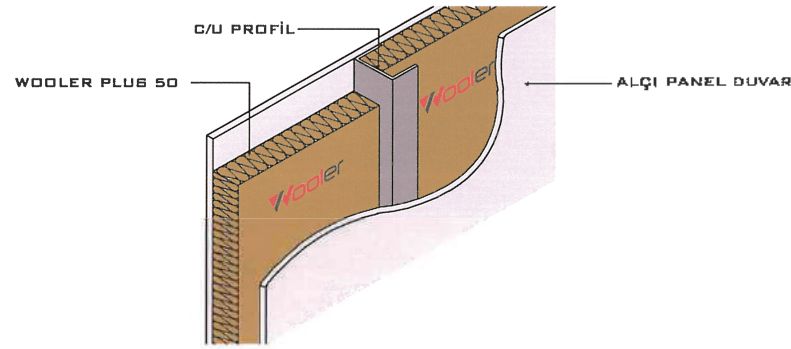
Tablo 1. Tuğla duvar önüne ses yalıtımı ve alçı panel konularak hazırlanan yapı elemanın laboratuvarda ölçülen ses yalıtım değerleri



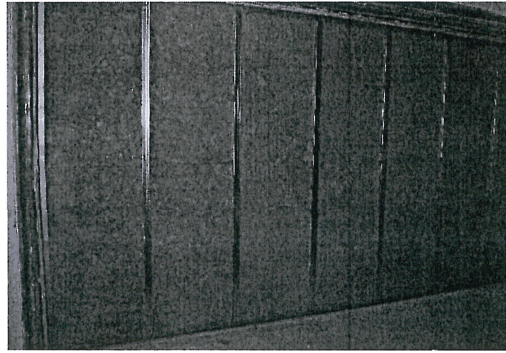
5.2. Uygulama Yöntemi:

Deney aşamasında 12,5 mm ve 18 mm kalınlıklarda alçı paneller arasına Wooler PLUS Ara Bölme Levhası kullanılmıştır. 18 mm kalınlığındaki alçı panel, ses kaynağını bulunduğu tarafa uygulanmış, 75 mm'lik U profiller ve duvarla teması C profillerde ses yalıtım bantları ile bantlanarak ses köprülerinin oluşması önlenmiştir. Uygulanada kullanılan 75 mm'lik C profiller 60 cm aks aralığıyla monte edildikten sonra 50 mm / 50 kg/m³ özellikteki Wooler PLUS aks aralıklarına yerleştirilmiştir. Uygulama yerine göre profiller arasına levhalar yerleştirildikten sonra diğer mekâna bakan yüzü profiller vasıtası ile 12,5 mm'lik alçı panel tespit edilmiştir. Daha sonra birleşimyerleri özel file ve macun ile kapatılarak ses ölçümüne hazır hale getirilmiştir.

Şekil 7 ve 8 de U ve C profillerle oluşan çift alçı panelli kuru duvarın üç boyutlu görüntüsü, katmanları ve laboratuarda monte edilmiş hali verilmektedir.



Şekil 7. U ve C profillerle oluşan çift alçı panelli kuru duvarın üç boyutlu görüntüsü

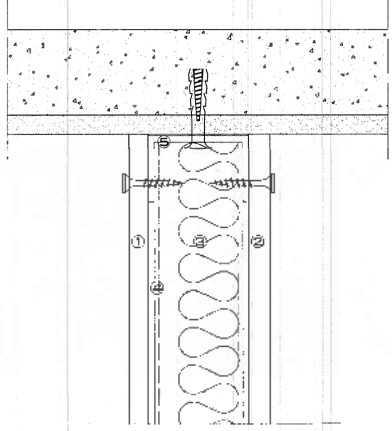
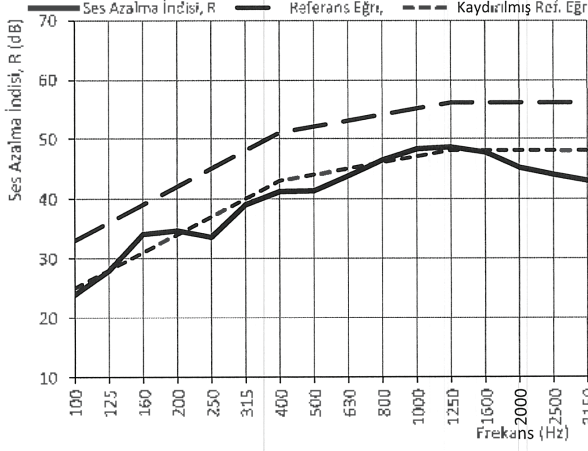


Şekil 8. Tek iskeletli oluşan çift alçı panelli kuru duvarın laboratuarda monte edilmiş görüntüsü

Tablo 2 de tek iskeletli oluşan çift alçı panelli kuru duvarın laboratuarda ölçülen ses yalıtım değerleri verilmektedir.

Handwritten signature

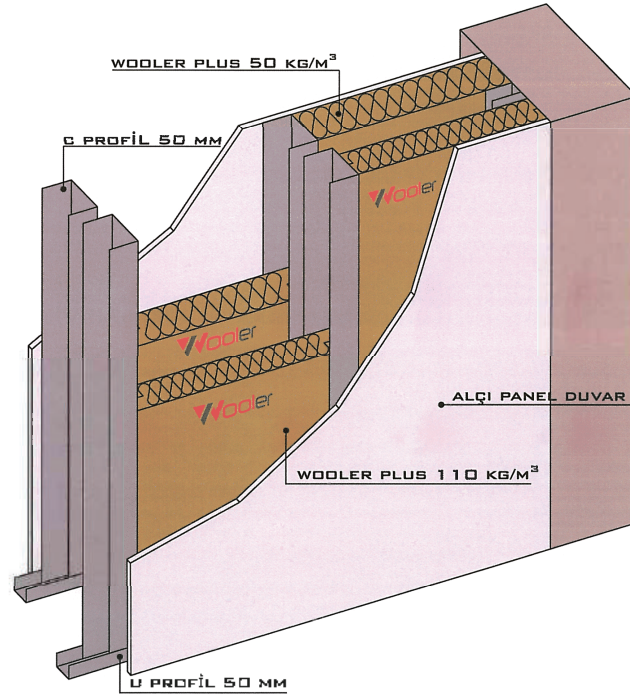
Tablo 2. Tek iskeletli oluşan çift alçı panelli kuru duvarın laboratuvarda ölçülen ses yalıtım değerleri

TS EN ISO 10140-2 STANDARDINA GÖRE HAVADA YAYILAN SES YALITIM DEĞERİNİN LABORATUVARDA ÖLÇÜLMESİ																																			
Laboratuvar adı: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Fiziksel Çevre Kontrolü Laboratuvarı Akustik Ünitesi Laboratuvar bilgileri: Kaynak oda boyutu: 50 m³ Alıcı oda boyutu: 100 m³ Ölçülen yapı elemanı boyutu: 10 m² Yapı elemanı bilgileri: Yapı elemanın kesiti yanda verilmektedir. 1. Alçı Panel Duvar 12,5 mm 2. Alçı Panel Duvar 18 mm 3. Wooler PLUS 50 mm 50 kg/m³ 4. C Profil – 75 mm 5. U Profil – 75 mm Ölçüm Bilgileri: Tarih: Şubat 2014 Yetkili: Prof. Dr. Sevtap Yılmaz																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Frekans (Hz)</th><th>Ses azalma indisi, R (dB)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>23,9</td></tr> <tr><td>125</td><td>27,9</td></tr> <tr><td>160</td><td>34,1</td></tr> <tr><td>200</td><td>34,7</td></tr> <tr><td>250</td><td>33,6</td></tr> <tr><td>315</td><td>39,0</td></tr> <tr><td>400</td><td>41,2</td></tr> <tr><td>500</td><td>41,3</td></tr> <tr><td>630</td><td>43,8</td></tr> <tr><td>800</td><td>46,4</td></tr> <tr><td>1000</td><td>48,2</td></tr> <tr><td>1250</td><td>48,5</td></tr> <tr><td>1600</td><td>47,7</td></tr> <tr><td>2000</td><td>45,2</td></tr> <tr><td>2500</td><td>44,0</td></tr> <tr><td>3150</td><td>43,0</td></tr> </tbody> </table>	Frekans (Hz)	Ses azalma indisi, R (dB)	100	23,9	125	27,9	160	34,1	200	34,7	250	33,6	315	39,0	400	41,2	500	41,3	630	43,8	800	46,4	1000	48,2	1250	48,5	1600	47,7	2000	45,2	2500	44,0	3150	43,0	 TS 2381-1 EN ISO 717-1 standardına göre değerlendirilmiş ağırlıklı ses azalma indisi: $R_w (C, C_w) = 44 (-1, -5) \text{ dB}$ Yetkili: Prof. Dr. Sevtap Yılmaz
Frekans (Hz)	Ses azalma indisi, R (dB)																																		
100	23,9																																		
125	27,9																																		
160	34,1																																		
200	34,7																																		
250	33,6																																		
315	39,0																																		
400	41,2																																		
500	41,3																																		
630	43,8																																		
800	46,4																																		
1000	48,2																																		
1250	48,5																																		
1600	47,7																																		
2000	45,2																																		
2500	44,0																																		
3150	43,0																																		

5.3.Uygulama yöntemi:

Deney aşamasında 12,5 mm ve 18 m kalınlıklarda alçı paneller arasına Wooler PLUS 50 kg/m³ ve Wooler PLUS 110 kg/m³ yoğunluktaki Ara Böhme Levhası kullanılmıştır. 18 mm kalınlığındaki alçı panel, ses kaynağının bulunduğu tarafa uygulanmıştır. 50 mm'lik U profiller ve duvarla temaslı C profillerde ses yalıtım bantları ile bantlanarak ses köprülerinin oluşması önlenmiştir. Uygulamada kullanılan ilk iskeletteki 50 mm'lik C profiller 60 cm aks aralığı ile monte edildikten sonra 30 mm 110 kg/m³ özellikteki Wooler PLUS aks aralıklarına yerleştirilmiştir. İkinci iskeletin monte edilmesinin ardından 50 mm 50 kg/m³ özellikteki Wooler PLUS profiller arasına uygulanmıştır. Levhalar yerleştirildikten sonra diğer mekana bakan yüze 12,5 mm'lik alçı panel profiller vasıtası ile tespit edilmiştir. Son olarak birleşim yerleri özel file ve macun ile kapatılarak ses ölçümüne hazır hale getirilmiştir.

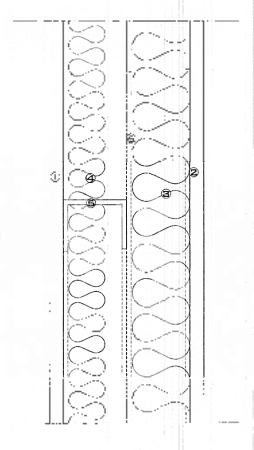
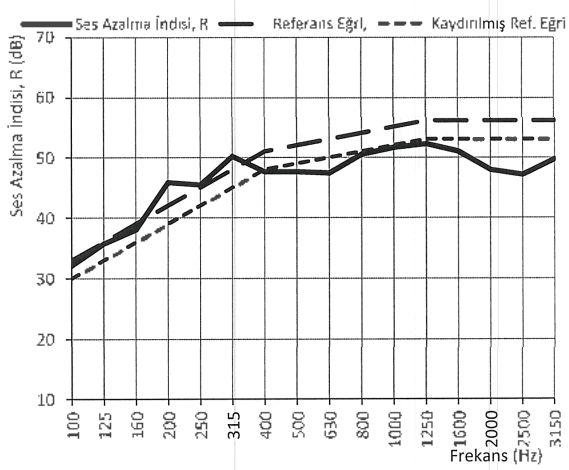
Aşağıdaki şekilde çift profille yapılan kuru duvarın üç boyutlu görünüşü ve katmanları verilmektedir.



Şekil 9. Çift profille yapılan kuru duvarın üç boyutlu görünüşü

Handwritten signature in blue ink.

Tablo 3. Çift iskeletli yapılan kuru duvarın laboratuvarında ölçülen ses yalıtım değerleri

TS EN ISO 10140-2 STANDARDINA GÖRE HAVADA YAYILAN SES YALITIM DEĞERİNİN LABORATUVARDA ÖLÇÜLMESİ																																			
Laboratuvar adı: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Fiziksel Çevre Kontrolü Laboratuvarı Akustik Ünitesi Laboratuvar bilgileri: Kaynak oda boyutu: 50 m³ Alıcı oda boyutu: 100 m³ Ölçülen yapı elemanı boyutu: 10 m² Yapı elemanı bilgileri: Yapı elemanın kesiti yanda verilmektedir. 1. Alçı Panel Levha 18 mm 2. Alçı Panel Levha 12,5 mm 3. Wooler PLUS 50 kg/m³ 50 mm 4. Wooler PLUS 110 kg/m³ 50 mm 5. C Profil 50 mm 6. U Profil 50 mm Ölçüm Bilgileri: Tarihi: Şubat 2014 Yetkili: Prof. Dr. Sevtap Yılmaz																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Frekans (Hz)</th><th>Ses azalma indisi, R (dB)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>32,1</td></tr> <tr><td>125</td><td>35,7</td></tr> <tr><td>160</td><td>38,0</td></tr> <tr><td>200</td><td>45,8</td></tr> <tr><td>250</td><td>45,4</td></tr> <tr><td>315</td><td>50,2</td></tr> <tr><td>400</td><td>47,6</td></tr> <tr><td>500</td><td>47,6</td></tr> <tr><td>630</td><td>47,4</td></tr> <tr><td>800</td><td>50,5</td></tr> <tr><td>1000</td><td>51,6</td></tr> <tr><td>1250</td><td>52,2</td></tr> <tr><td>1600</td><td>51,0</td></tr> <tr><td>2000</td><td>47,9</td></tr> <tr><td>2500</td><td>47,1</td></tr> <tr><td>3150</td><td>49,7</td></tr> </tbody> </table>	Frekans (Hz)	Ses azalma indisi, R (dB)	100	32,1	125	35,7	160	38,0	200	45,8	250	45,4	315	50,2	400	47,6	500	47,6	630	47,4	800	50,5	1000	51,6	1250	52,2	1600	51,0	2000	47,9	2500	47,1	3150	49,7	 TS 2381-1 EN ISO 717-1 standardına göre değerlendirilmiş ağırlıklı ses azalma indisi: $R_w (C, C_{tr}) = 49 (-1, -3) \text{ dB}$ Yetkili: Prof. Dr. Sevtap Yılmaz
Frekans (Hz)	Ses azalma indisi, R (dB)																																		
100	32,1																																		
125	35,7																																		
160	38,0																																		
200	45,8																																		
250	45,4																																		
315	50,2																																		
400	47,6																																		
500	47,6																																		
630	47,4																																		
800	50,5																																		
1000	51,6																																		
1250	52,2																																		
1600	51,0																																		
2000	47,9																																		
2500	47,1																																		
3150	49,7																																		

6. SONUÇ

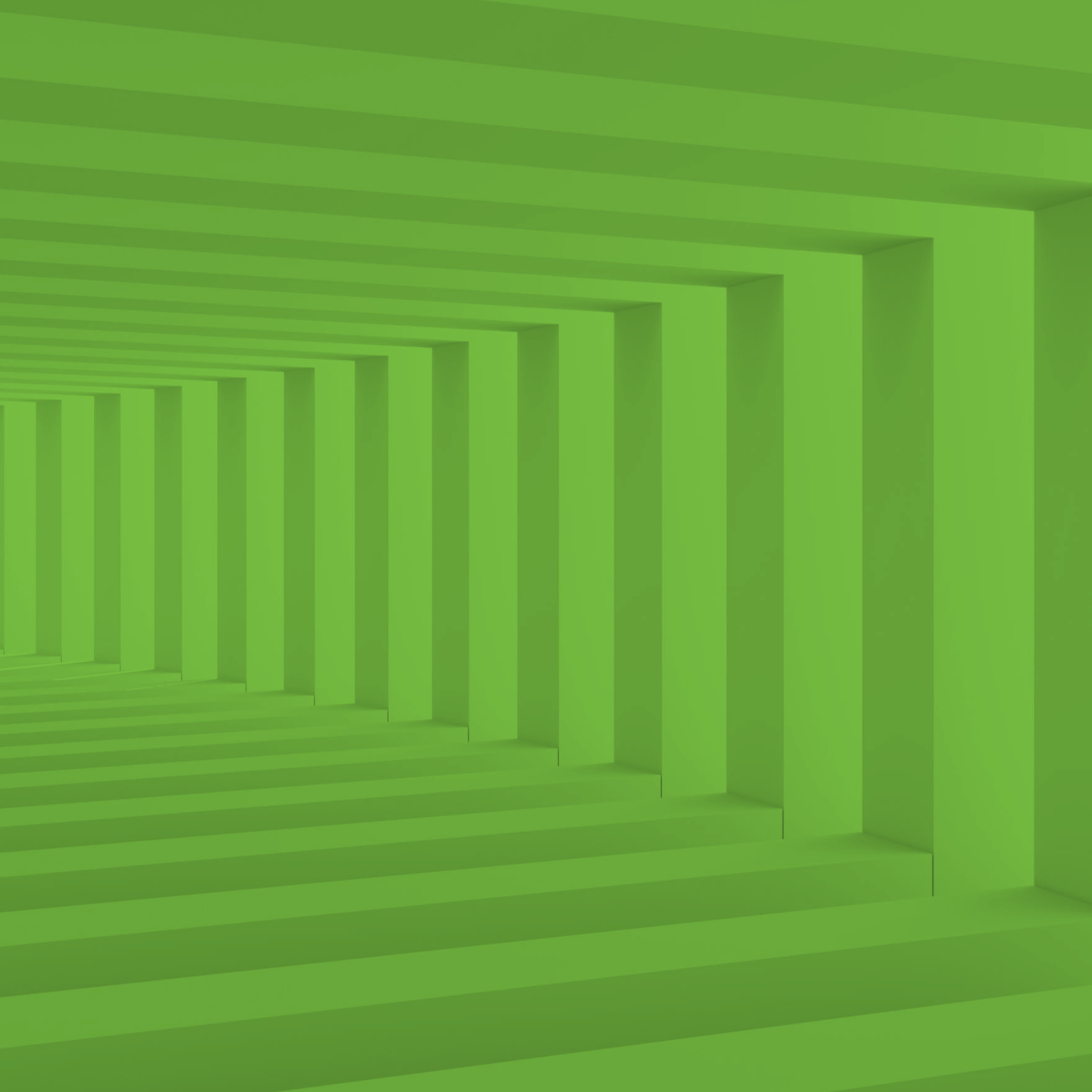
TS EN ISO 10140-2 standardına göre havada yayılan ses yalıtım değerinin laboratuarda ölçülmesi sonuçları, 1/3 oktav bant frekansa bağlı olarak ses azaltma indeksi R ve *TS 2381-1* *EN ISO 717-1* standardına göre tek sayılı nicelik olarak ağırlıklı ses azaltma indeksi R_w (C, C_{tr}) cinsinden Tablo 1, 2 ve 3 de verilmiştir. Tablo 4 ise karşılaştırmaları ve açıklamaları verilmiştir.

Tablo 4: Havada yayılan sesin geçiş kaybı laboratuvar ölçümleri yapılan 3 adet duvar yapı elemanı için sonuç karşılaştırması

Frekans	Alcılı tuğla duvar	Tek iskeletli duvar	Çift iskeletli duvar
100	40,6	23,9	32,1
125	44,4	27,9	35,7
160	41,9	34,1	38,0
200	41,9	34,7	45,8
250	43,2	33,6	45,4
315	45,8	39,0	50,2
400	45,5	41,2	47,6
500	47,1	41,3	47,6
630	49,5	43,8	47,4
800	50,5	46,4	50,5
1000	53,3	48,2	51,6
1250	56,0	48,5	52,2
1600	58,8	47,7	51,0
2000	58,9	45,2	47,9
2500	56,8	44,0	47,1
3150	58,1	43,0	49,7
$R_w(C, C_{tr})$	52 (0,-3)	44 (-1,-5)	49(-1,-3)
$R_w + C$	52	43	48
$R_w + C_{tr}$	49	39	46

Alcılı duvarın C tipi gürültülerde örneğin, konut içi gürültüler açısından ses yalıtımı 52 dB olurken trafik gürültüsü için yalıtımı 49 dB dir. İkinci duvarın konut içi C tipi gürültülerde örneğin, konut içi gürültüler açısından ses yalıtımı 43, trafik gürültüsü için yalıtımı 39 dB, üçüncü tür duvarın ise C tipi gürültülerde örneğin, konut içi gürültüler açısından ses yalıtımı 48 dB, trafik gürültüsü için yalıtımı ise 46 dB olmaktadır.

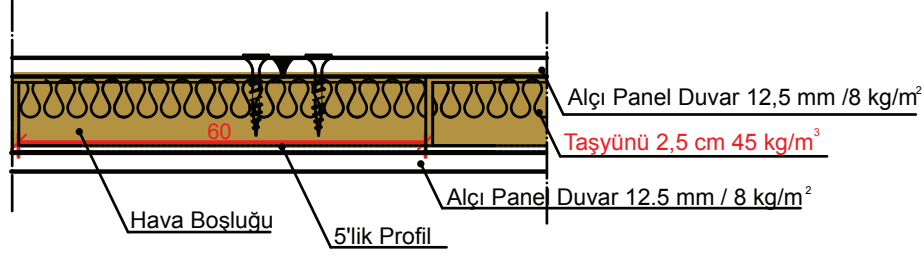
Prof. Dr. Sevtap Yılmaz
Yapı Fiziki Laboratuvarı Yürütücüsü



EK 2

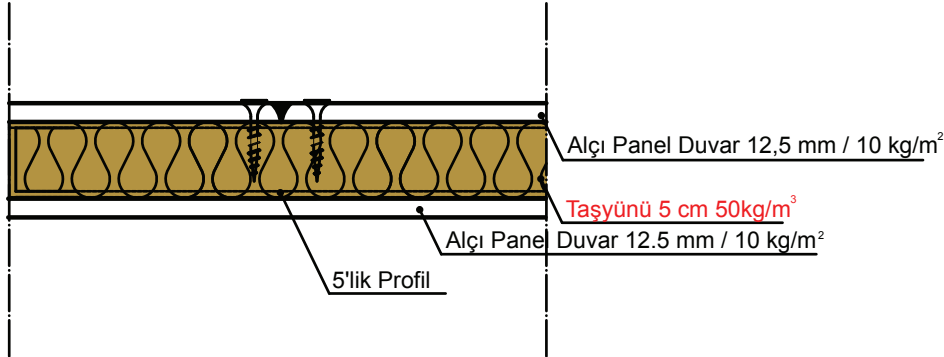
***AMPİRİK FORMÜLLERLE TESPİT
EDİLEN DETAYLARA İLİŞKİN SES GEÇİŞ
KAYBI PERFORMANS TABLOLARI***

Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 7,5 cm duvar 5 cm DC Profil



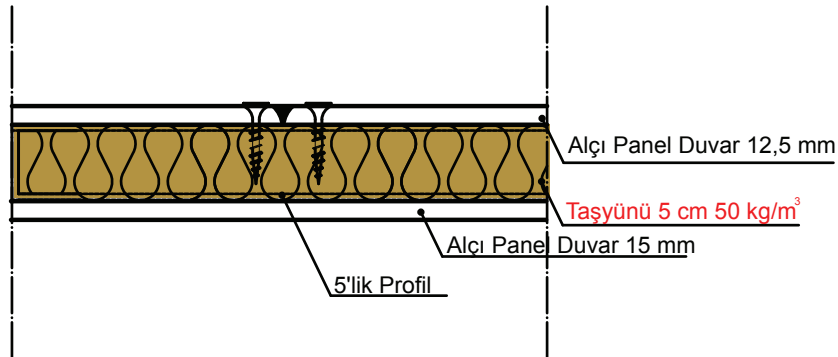
Rw 41 dB

Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 7,5 cm duvar 5 cm DC Profil



Rw 43 dB

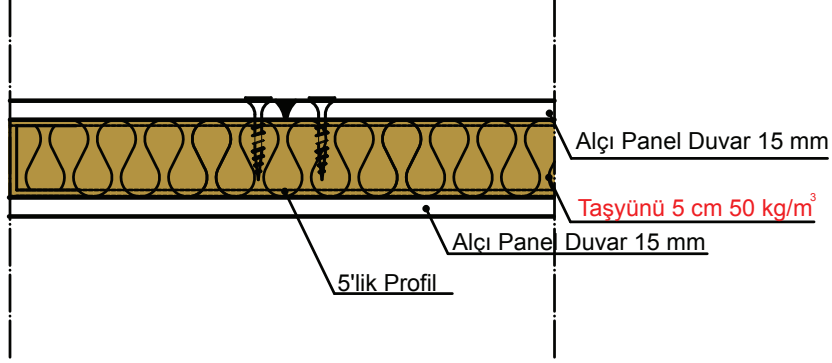
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 7,5 cm duvar 5 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 3,00 - 4,35 m
Taşyünü kullanılmadan 34 dB'dir.

Rw 41 dB

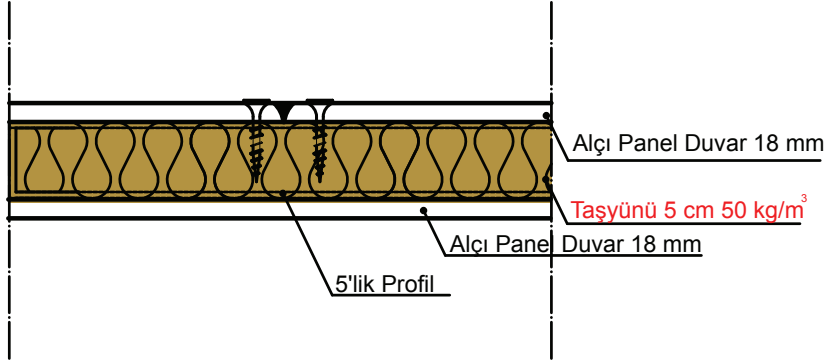
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 8 cm duvar 5 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 3,10 - 4,45 m
Taşyünü kullanılmadan 36 dB'dir.

Rw 43 dB

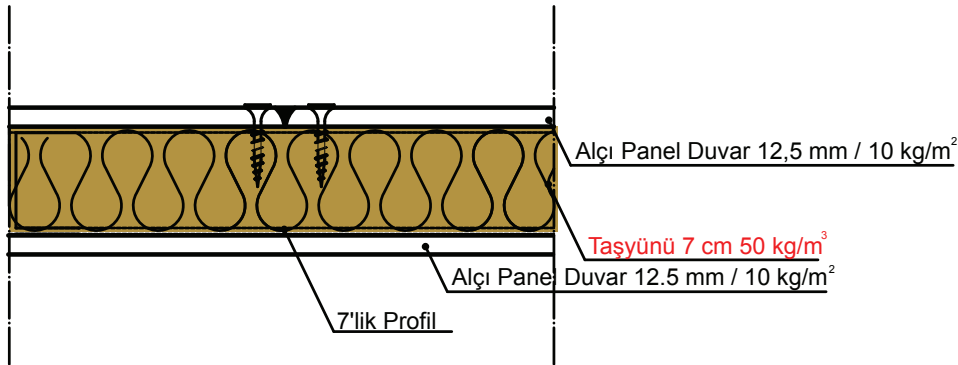
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 8,6 cm duvar 5 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 3,35 - 4,65 m
Taşyünü kullanılmadan 36 dB'dir.

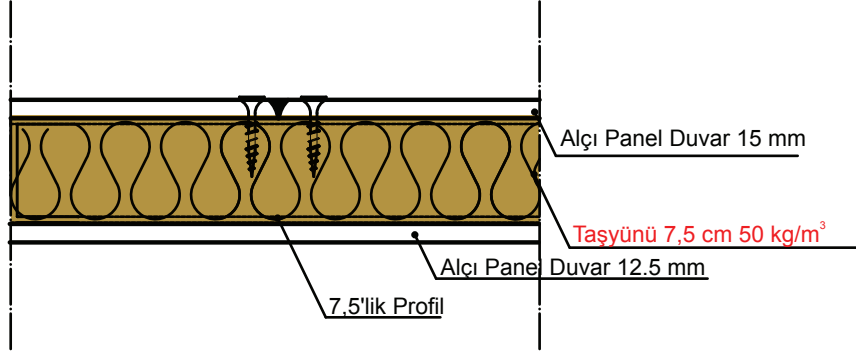
Rw 45 dB

Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 9,5 cm duvar 7 cm DC Profil



Rw 44 dB

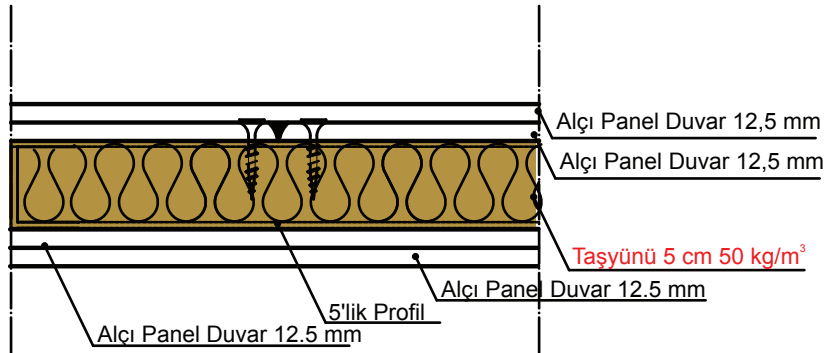
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 10 cm duvar 7,5 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 3,90 - 5,70 m
Taşyünü kullanılmadan 35 dB'dir.

Rw 43 dB

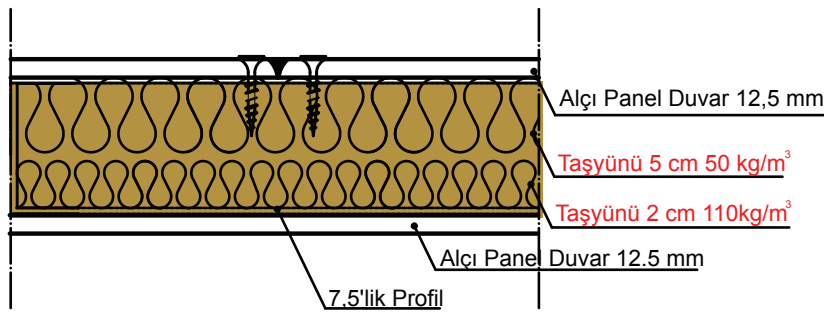
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 10 cm duvar 5 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 3,80 - 5,15 m
Taşyünü kullanılmadan 42 dB'dir.

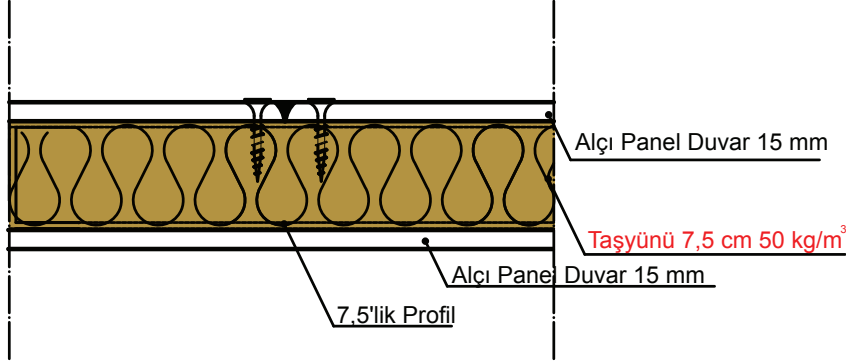
Rw 51 dB

Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 10,5 cm duvar 7,5 cm DC Profil



**Rw (C;Ctr) =
47 (-4 ; -11) dB**

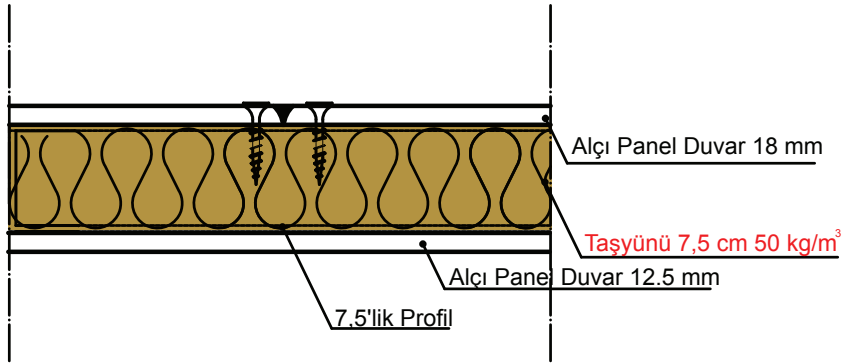
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 10,5 cm duvar 7,5 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 4,00 - 5,75 m
Taşyünü kullanılmadan 37 dB'dir.

Rw 45 dB

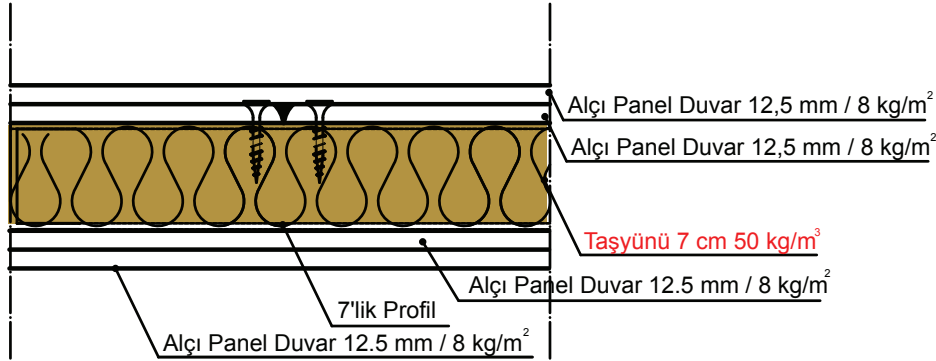
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 10,55 cm duvar 7,55 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 4,20 - 6,00 m
Taşyünü kullanılmadan 38 dB'dir.

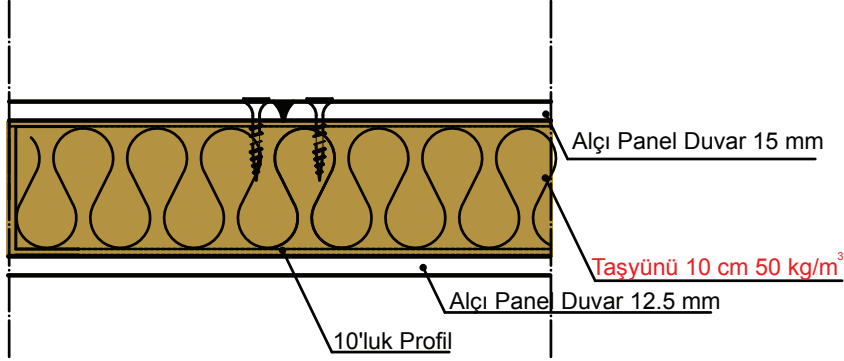
Rw 48 dB

Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 12 cm duvar 7 cm DC Profil



Rw 55 dB

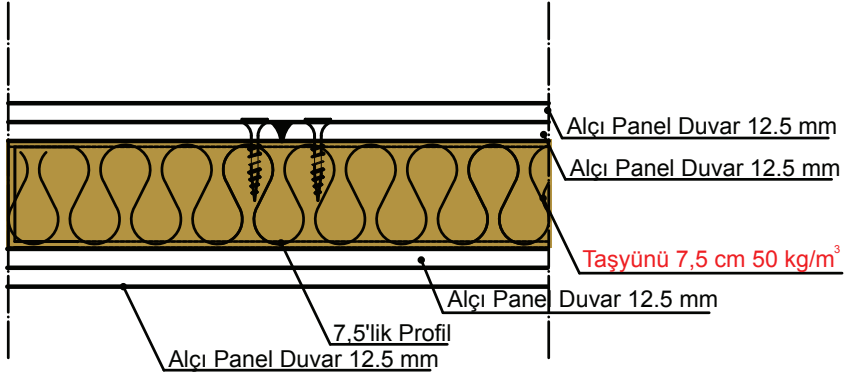
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 12,5 cm duvar 10 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 4,90 - 6,95 m
Taşyünü kullanılmadan 37 dB'dir.

Rw 45 dB

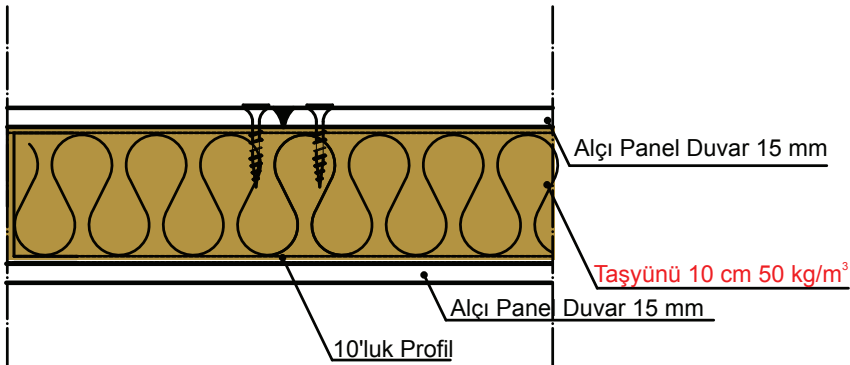
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 12,5 cm duvar 7,5 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 4,70 - 6,50 m
Taşyünü kullanılmadan 44 dB'dir.

Rw 53 dB

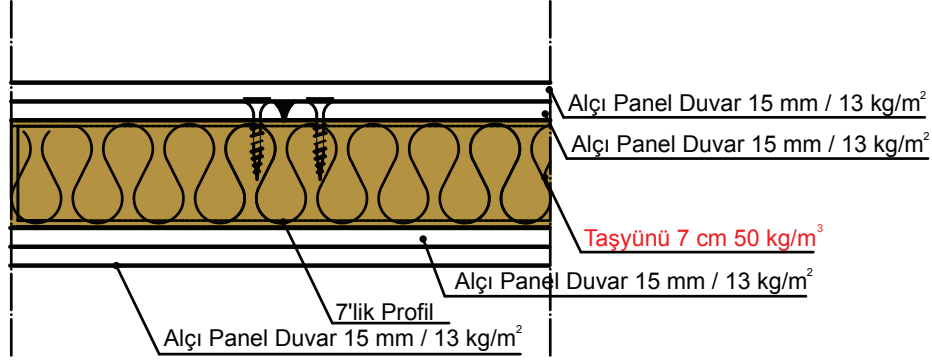
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 13 cm duvar 10 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 4,95 - 7,00 m
Taşyünü kullanılmadan 38 dB'dir.

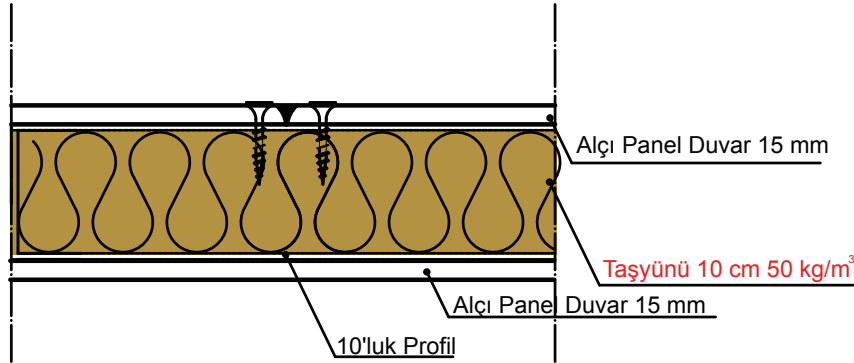
Rw 47 dB

Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 13 cm duvar 7 cm DC Profil



Rw 57 dB

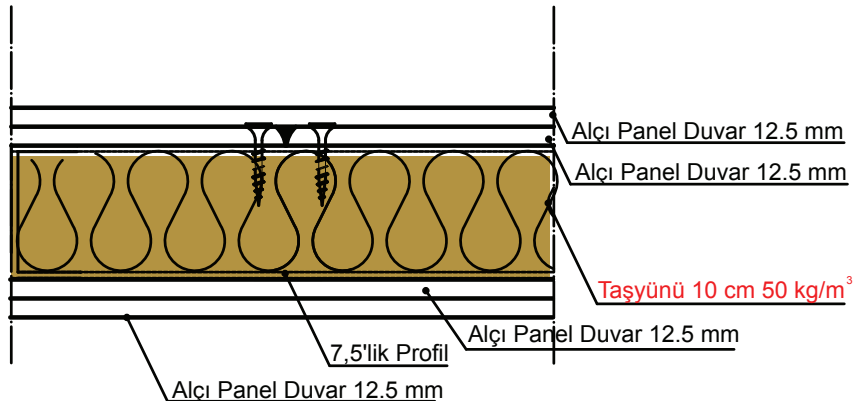
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 13,6 cm duvar 10 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 5,15 - 7,25 m
Taşyünü kullanılmadan 40 dB'dir.

Rw 48 dB

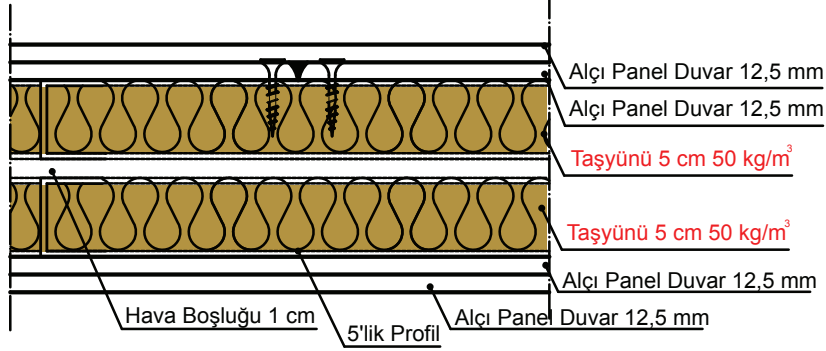
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 15 cm duvar 10 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 5,65 - 7,80 m
Taşyünü kullanılmadan 45 dB'dir.

Rw 54 dB

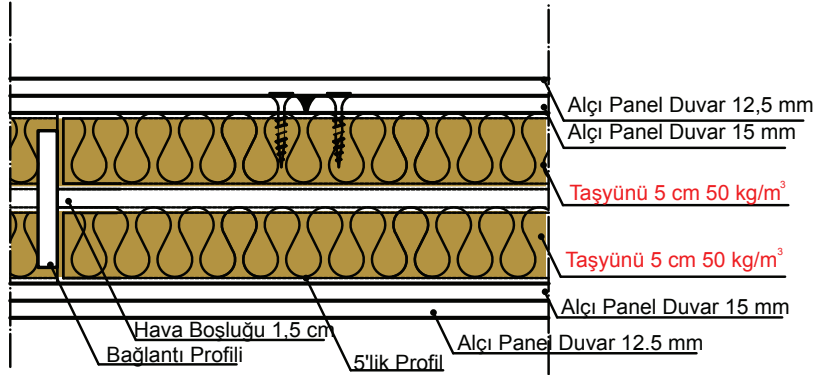
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 16 cm Duvar 5 cm x 2 DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 2,65 - 3,50 m

Rw 62 dB

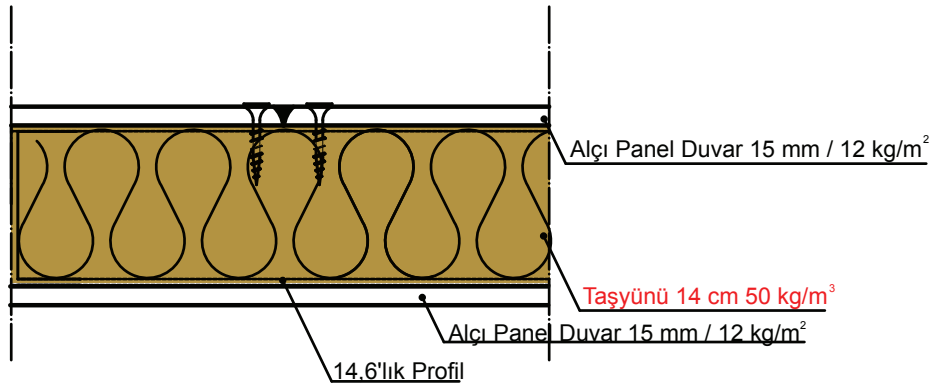
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 17 cm Duvar 5 cm x 2 DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 7,45 - 9,60 m

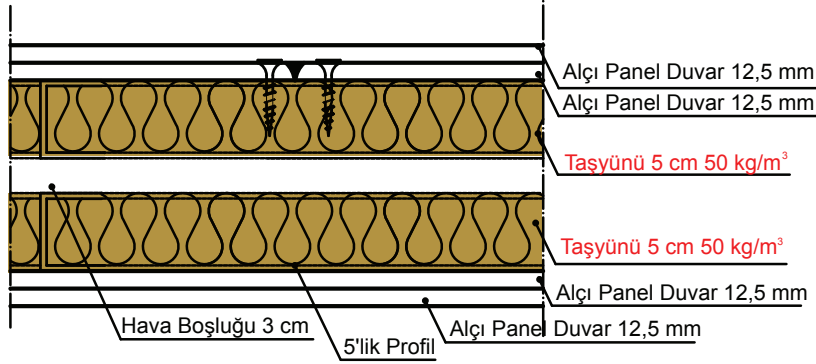
Rw 59 dB

Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 17,8 cm duvar 14,6 cm DC Profil



Rw 53 dB

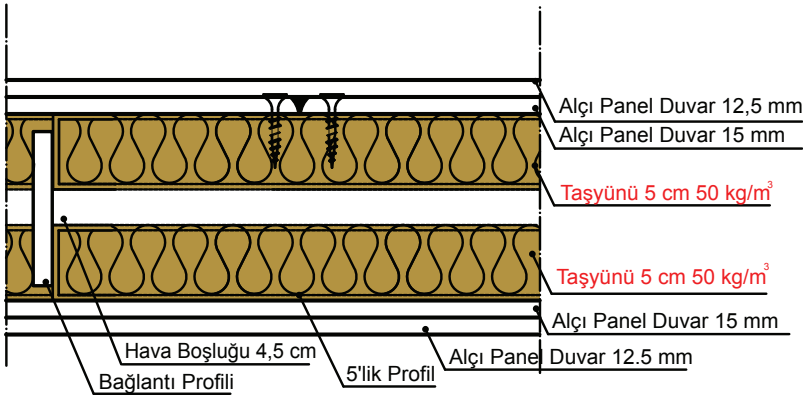
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 18 cm Duvar 5 cm x 2 DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 2,65 - 3,50 m

Rw 65 dB

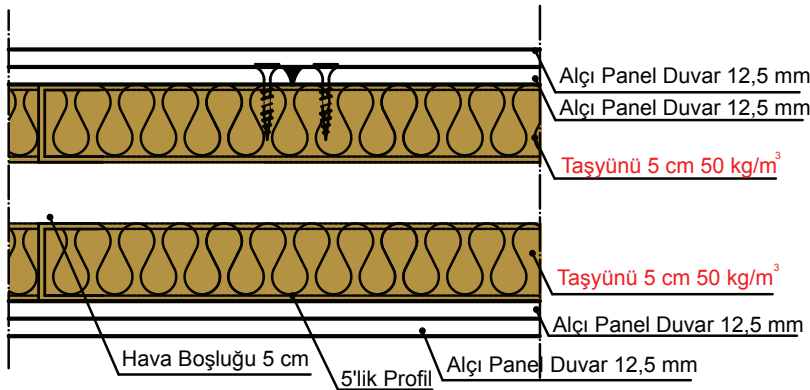
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 20 cm Duvar 5 cm x 2 DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 8,65 - 11,00 m

Rw 60 - 61 dB

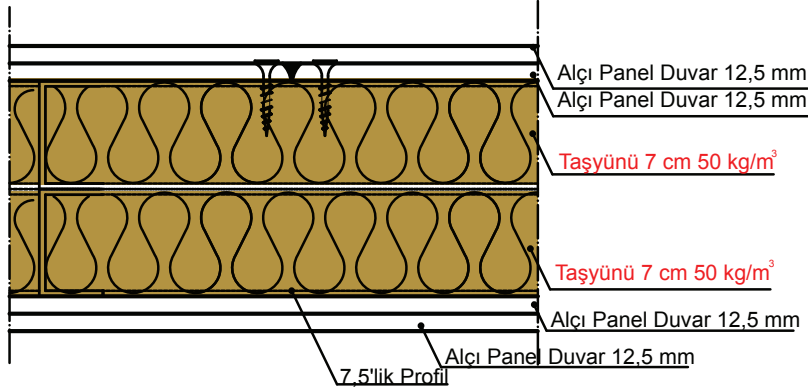
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 20 cm Duvar 5 cm x 2 DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 2,65 - 3,50 m

Rw 70 dB

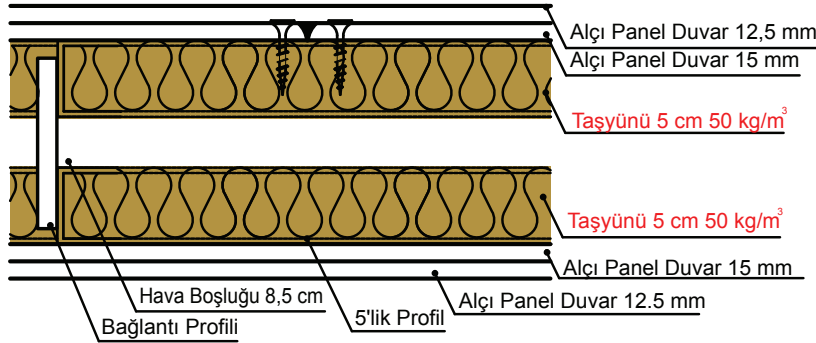
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 20 cm Duvar 7,5 cm x 2 DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 3,55 - 4,65 m

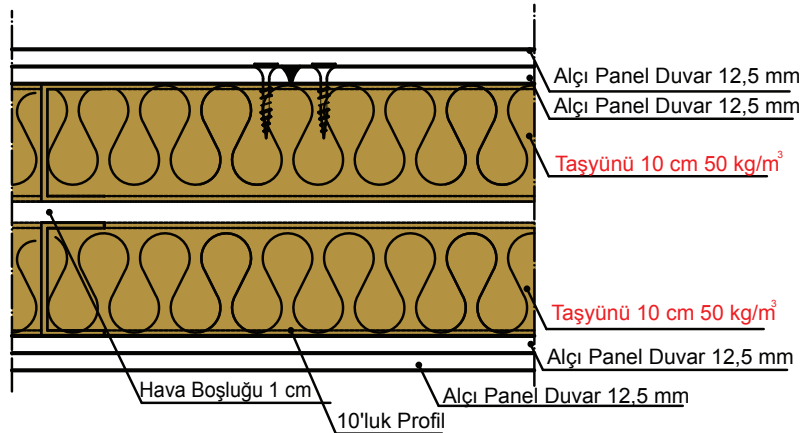
Rw 64-71 dB

Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 24 cm Duvar 5 cm x 2 DC Profil



Rw 62-63 dB

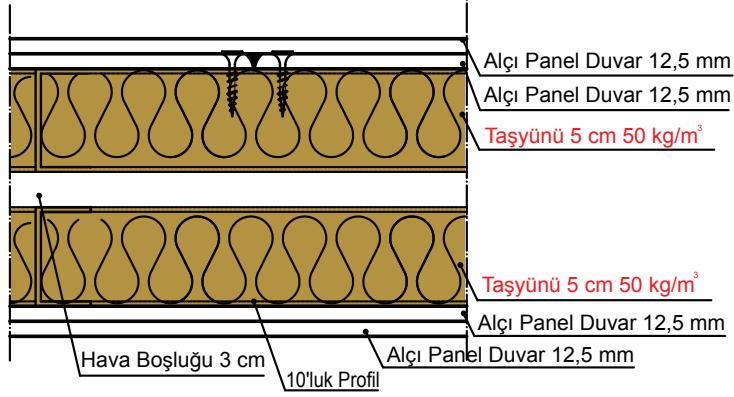
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 26 cm Duvar 10 cm x 2 DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 4,40-5,70 m

Rw 65 dB

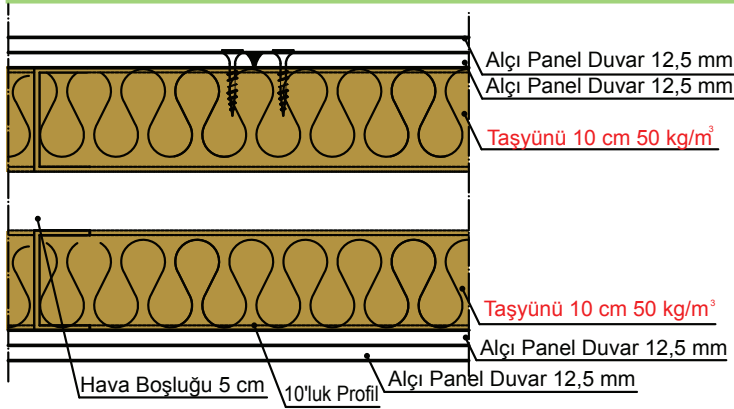
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 28 cm Duvar 10 cm x 2 DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 4,40-5,70 m

Rw 68 dB

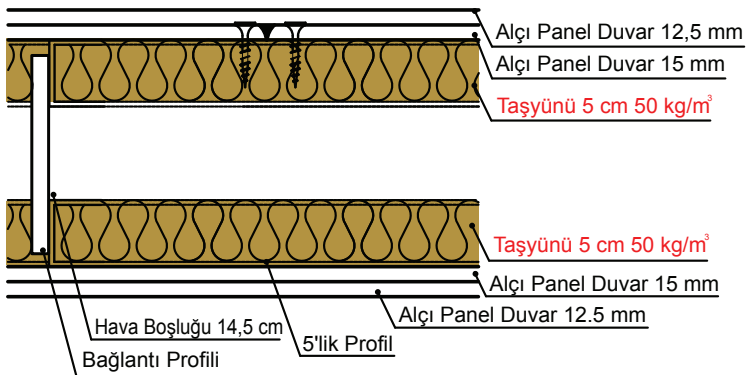
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 30 cm Duvar 10 cm x 2 DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 4,40- 5,70 m

Rw 70 dB

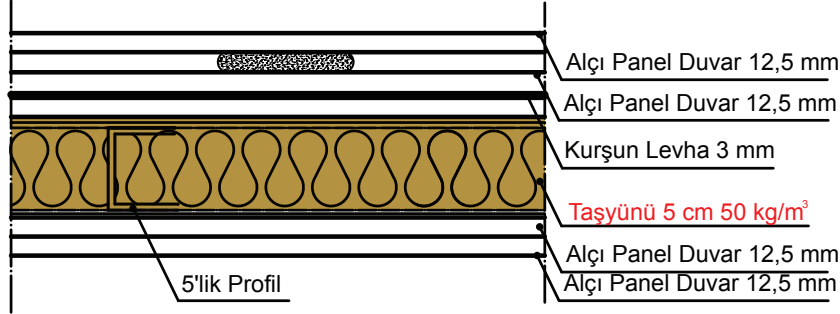
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 30 cm Duvar 5 cm x 2 DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 11,90 - 15,30 m

Rw 64-66 dB

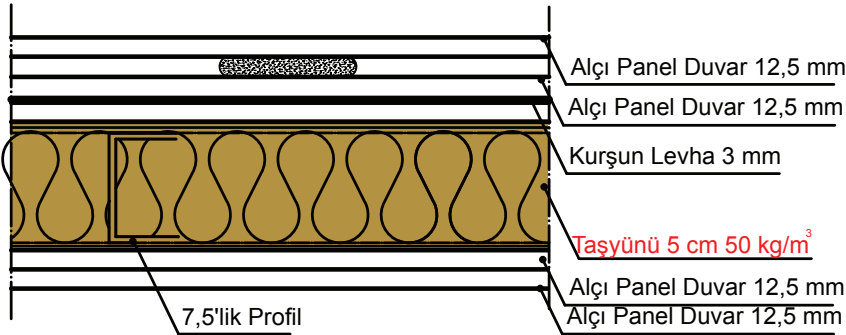
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Röntgen Ara Bölme Duvarı / 12,3 cm duvar 5 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 3,90 - 5,15 m

Rw 54 dB

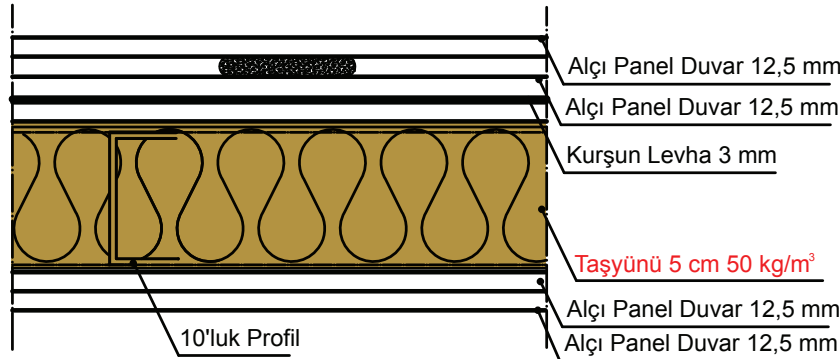
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Röntgen Ara Bölme Duvarı / 14,8 cm duvar 7,5 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 4,90 - 6,50 m

Rw 56 dB

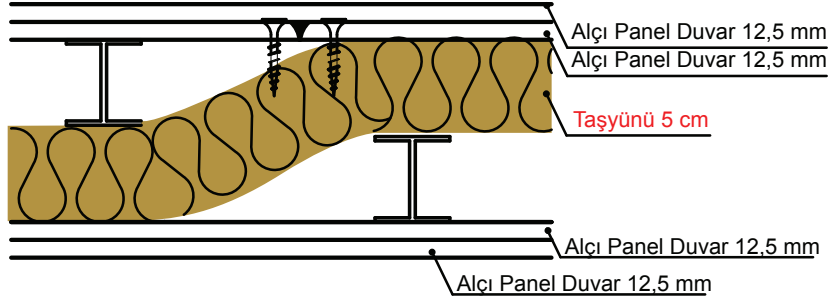
Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Röntgen Ara Bölme Duvarı / 17,3 cm duvar 10 cm DC Profil



Alçı panel duvar yüksekliği en fazla 5,80 - 7,80 m

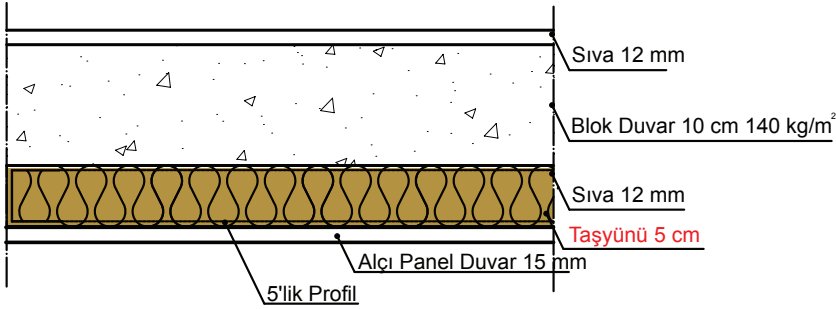
Rw 57 dB

Alçı Panel Arası Taşyünü Dolgulu Ara Bölme Duvar / 17,8 cm duvar 6 cm x 2 DC Profil



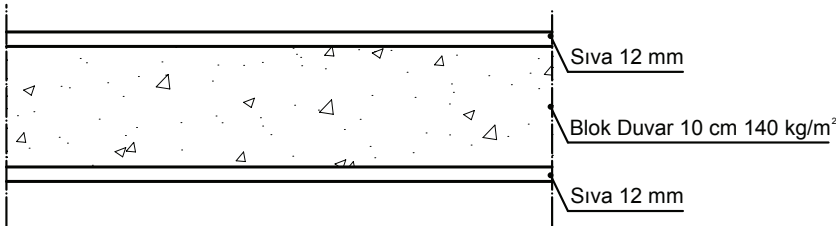
Rw 55-60 dB

Blok Duvar üzeri Taşyünü Kaplamalı Ara Bölme Duvar / 17,45 cm duvar 5 cm DC Profil



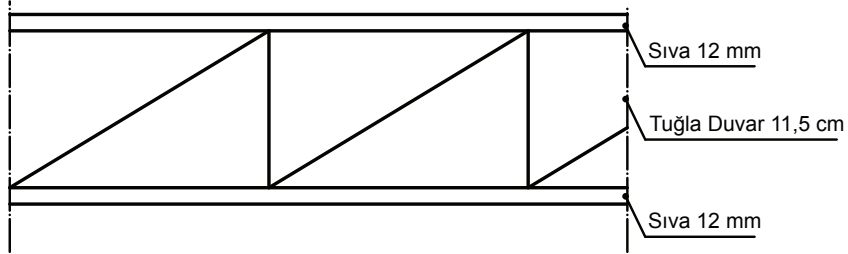
Rw 55-60 dB

Blok Duvar / 10 cm duvar 1,2 cm Sıva



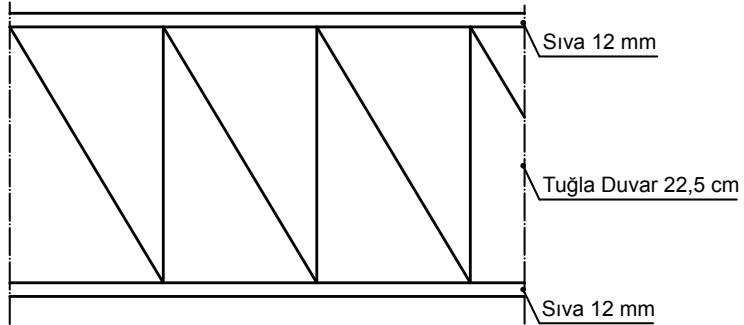
Rw 45-50 dB

İki Yüzeyi Sıvalı Tuğla Duvar / 11,5 cm duvar 1,2 cm Sıva



Rw 45-50 dB

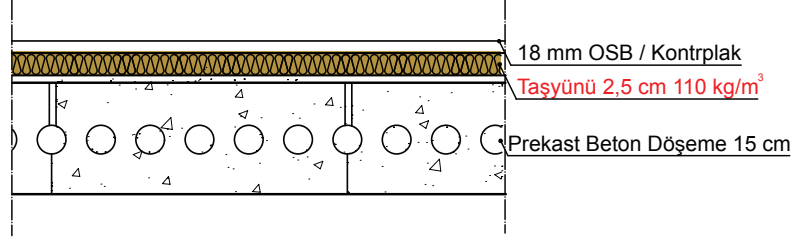
İki Yüzeyi Sıvalı Tuğla Duvar / 11,5 cm duvar 1,2 cm Sıva



Rw 50-55 dB

DÖŞEME SİSTEMLERİ VE SES GEÇİŞ KAYBI PERFORMANS TABLOSU

Prekast Döşemelerde Kiriş Üstü Ses Yalıtım Detayı / 20,3 cm



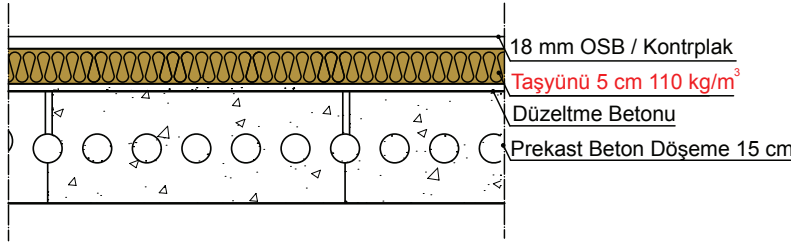
Hava Doğuşumlu Ses Geçiş Kaybı

Rw 57 dB

Darbe Ses Geçiş Kaybı

Rw 53nw dB L

Prekast Döşemelerde Kiriş Üstü Ses Yalıtım Detayı / 22,8 cm



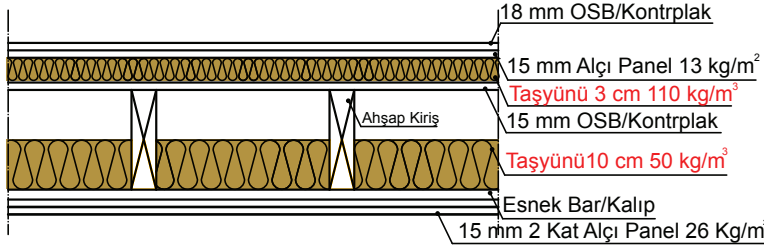
Hava Doğuşumlu Ses Geçiş Kaybı

Rw 59 dB

Darbe Ses Geçiş Kaybı

Rw 50nw dB L

Ahşap Döşemelerde Kat Arası Ses Yalıtımı / 30,3 cm



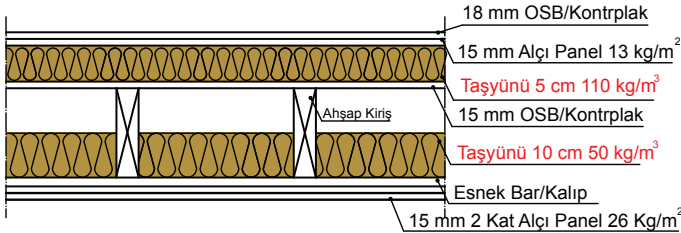
Hava Doğuşumlu Ses Geçiş Kaybı

Rw 59 dB

Darbe Ses Geçiş Kaybı

Rw 57nw dB L

Ahşap Döşemelerde Kat Arası Ses Yalıtımı / 32,3 cm



Hava Doğuşumlu Ses Geçiş Kaybı

Rw 66 dB

Darbe Ses Geçiş Kaybı

Rw 54nw dB L

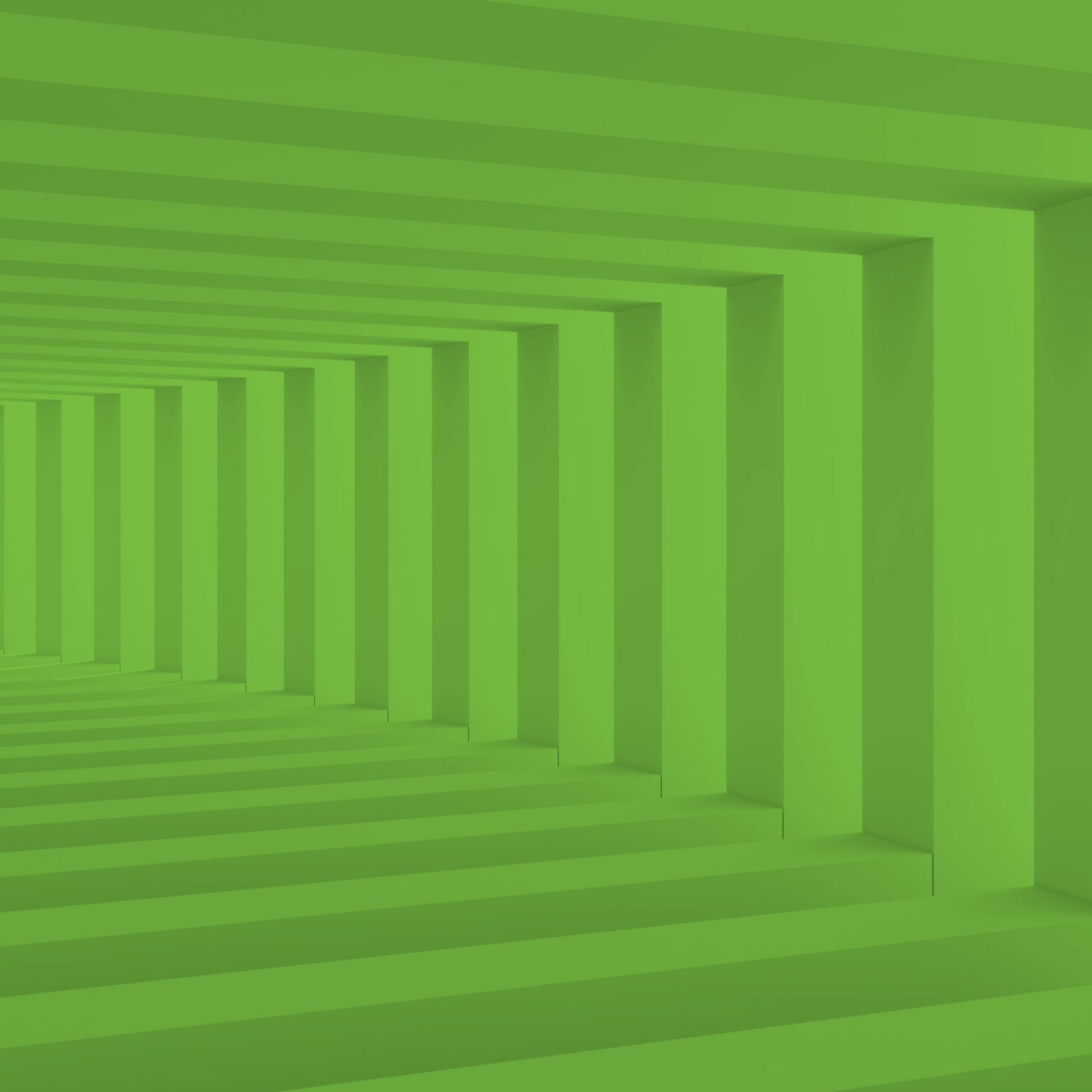
YERİNDE ÖLÇÜM SONUÇLARI

Hava Doğuşumlu Ses Geçiş Kaybı

Rw 48 dBnTwtr D+C

Darbe Ses Geçiş Kaybı

Rw 58nTw dB L



KALİTE BELGELERİ



SERTİFİKA

55606

Bu sertifika aşağıda adı geçen kuruluşa UDEM Uluslararası Belgelendirme Denetim Eğitim Merkezi San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından verilmiştir.

Eryap Grup Yapı Malzemeleri Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi

Merkez: 2. Organize Sanayi Bölgesi Celal Doğan Bulvarı No:27 Şehitkamil
GAZİANTEP / TÜRKİYE

Site: Kavaklı Sanayi Bölgesi Araptepe Mevkii Cumhuriyet Mahallesi Fulya Caddesi No:40
İSTANBUL / TÜRKİYE

ISO 9001:2008

Kapsam: Pvc kapı ve pencere profilleri (winer, winerplast, eryappen, bonuspen, sunpen, colorwin),
dış cephe polimer malzemeleri (american siding), ekstrude polistren köpük ısı yalıtım levhaları
(bonuspan, bonuspro), bitüm esaslı su yalıtım örtüleri (focus membran), taş yünü ısı yalıtım ürünleri
(wooler), ısı yalıtım sistemleri (bonusmax), çatı kaplama ürünleri (focus shingle)

EA Kodu: 14-15

Belgelendirme Denetim Tarihi	: 17.07.2013
Tescil Tarihi	: 19.07.2013
Yeniden Basım Tarihi	: 18.05.2015
Gecerlilik Tarihi	: 05.08.2016



UDEM Uluslararası Belgelendirme
Denetim Eğitim Merkezi
San. ve Tic. Ltd. Şti. Onayı



UDEM Uluslararası Belgelendirme Denetim Eğitim Merkezi Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi bu belge ile adı geçen kuruluşun yukarıdaki standardın şartlarına uygun bir yönetim sistemine sahip olduğunu belgeler. Sistem etkin bir şekilde sürdürüldükçe ve gözetim denetimleri zamanında yapıldığı müddetçe bu belge tescil tarihinden itibaren 3 yıl boyunca geçerlidir. Belgenin geçerliliği www.udemild.com.tr <http://www.jas-anz.com.au> internet sayfasından kontrol edilebilir. Bu belgenin mülkiyet hakkı UDEM Uluslararası Belgelendirme Denetim Eğitim Merkezi Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'ne aittir ve istenildiğinde iade edilmelidir.

Adres: Mutlukent Mahallesi 2073 Sokak (Eski 93 Sokak) No:10 Çankaya – Ankara – TÜRKİYE

Tel: +90 312 443 03 90 (pbx) Faks: +90 312 443 03 76

E-posta: info@udemild.com.tr Web: www.udemild.com.tr



SERTİFİKA

60505

Bu sertifika aşağıda adı geçen kuruluşu UDEM Uluslararası Belgelendirme Denetim Eğitim Merkezi San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından verilmiştir.

Eryap Grup Yapı Malzemeleri Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi

Merkez: 2. Organize Sanayi Bölgesi Celal Doğan Bulvarı No:27 Şehitkamil
GAZİANTEP / TÜRKİYE

Site: Kavaklı Sanayi Bölgesi Araptepe Mevkii Cumhuriyet Mahallesi Fulya Caddesi No:40
İSTANBUL / TÜRKİYE

ISO 14001:2004

Kapsam: Pvc kapı ve pencere profilleri (winer, winerplast, eryappen, bonuspen, sunpen, colorwin), dış cephe polimer malzemeleri (american siding), ekstrude polistren köpük ısı yalıtım levhaları (bonuspan, bonuspro), bitüm esaslı su yalıtım örtüleri (focus membran), taş yünü ısı yalıtım ürünleri (wooler), ısı yalıtım sistemleri (bonusmax), çatı kaplama ürünleri (focus shingle)

EA Kodu: 14-15

Belgelendirme Denetim Tarihi	: 15.08.2012
Tescil Tarihi	: 22.08.2012
Yeniden Basım Tarihi	: 18.05.2015
Gecерlilik Tarihi	: 21.08.2016



UDEM Uluslararası Belgelendirme
Denetim Eğitim Merkezi
San. ve Tic. Ltd. Şti. Onayı



UDEM Uluslararası Belgelendirme Denetim Eğitim Merkezi Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi bu belge ile adı geçen kuruluşun yukarıdaki standardın şartlarına uygun bir yönetim sistemine sahip olduğunu belgeler. Sistem etkin bir şekilde sürdürüldükçe ve gözetim denetimleri zamanında yapıldığı müddetçe bu belge tescil tarihinden itibaren 3 yıl boyunca geçerlidir. Belgenin geçerliliği www.udemtd.com.tr <http://www.jas-anz.com.au>, İnternet sayfasından kontrol edilebilir. Bu belgenin mülkiyet hakkı UDEM Uluslararası Belgelendirme Denetim Eğitim Merkezi Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi' ne aittir ve istenildiğinde iade edilmektedir.

Adres: Mutlukent Mahallesi 2073 Sokak (Eski 93 Sokak) No:10 Çankaya – Ankara – TÜRKİYE

Tel: +90 312 443 03 90 (pbx) Faks: +90 312 443 03 76

E-posta: info@udemtd.com.tr Web: www.udemtd.com.tr



TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
TÜRK STANDARDLARINA UYGUNLUK BELGESİ
TURKISH STANDARDS INSTITUTION
CERTIFICATE OF CONFORMITY TO TURKISH STANDARDS

Markanın Tanımı Description of the Mark
TSE veya or TSE veya or TSE

BELGE NUMARASI
REFERENCE NUMBER OF LICENCE 14.0.30.4.54.00/TSE-32579

BELGENİN İLK VERİLİŞ TARİHİ
DATE OF FIRST ISSUE OF LICENCE 04.06.2014

BELGENİN SON GEÇERLİLİK TARİHİ
LICENCE VALID UNTIL 11.03.2016

BELGE SAHİBİ KURULUŞUN ADI
NAME OF THE LICENCE HOLDER ERYAP PLASTİK SANAYİ VE TİCARET ANONİM ŞİRKETİ

BELGE SAHİBİ KURULUŞUN ADRESİ
ADDRESS OF THE LICENCE HOLDER 2. ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ CELAL DOĞAN BULVARI NO:27
ŞEHİTKAMİL GAZİANTEP/TÜRKİYE

ÜRETİM YERİ ADI
NAME OF THE MANUFACTURING PLACE ERYAP PLASTİK SAN. VE TİC. A.Ş.

ÜRETİM YERİ ADRESİ
ADDRESS OF THE MANUFACTURING PLACE HENDEK 2. ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ 2 NOLU YOL NO: 24
HENDEK SAKARYA/TÜRKİYE

İPTAL EDİLEN BELGE NUMARASI (Varsa)
INDICATION OF SUPERSEDED LICENCE (if any) 14.0.30.4.54.00/TSE-32500

TESCİLLİ TİCARİ MARKASI
REGISTERED TRADE MARK WOOLER

İLGİLİ TÜRK STANDARDI
RELATED TURKISH STANDARD TS EN 13162:2012(EN) / Isı yalıtım mamulleri - Binalarda kullanım için - Mineral yünü (MW) fabrikasyon mamulleri - Özellikler / 10.04.2013

BELGE KAPSAMI
SCOPE OF LICENCE

(TIP 1)
-YANGIN SINIFI : A1
-İSİ İLETKENLİK KATSAYISI (A) : 0,033 W/mK
-KALINLIK SINIFI : T4
-BELİRLİ SICAKLIK ALTINDAKİ BOYUT KARARLILIĞI: DS(T+)
-BELİRLİ SICAKLIK VE BAĞIL NEM KOŞULLARI ALTINDAKİ BOYUT KARARLILIĞI: DS(TH)
-KISA SÜRELİ SU ABSORPSİYONU: WS
-KISMA DOLDIRMA İLE UZUN SÜRELİ SU ABSORPSİYONU: WL(P)
-SU BUHARI DİFÜZYON DİRENC FAKTÖRÜ: MU 1
-KAPLAMA TİPİ: YÜZEYİ KAPLAMASIZ LEVHA
-BU ÜRÜN BASMA SÜNMESİ GEREKTİREN ÖZEL UYGULAMALARDA KULLANILMAZ

(TIP 2)
-YANGIN SINIFI : A1
-İSİ İLETKENLİK KATSAYISI (A) : 0,036 W/mK
-KALINLIK SINIFI : T4
-BELİRLİ SICAKLIK ALTINDAKİ BOYUT KARARLILIĞI: DS(T+)
-BELİRLİ SICAKLIK VE BAĞIL NEM KOŞULLARI ALTINDAKİ BOYUT KARARLILIĞI: DS(TH)
-YÜZEYLERE DİK ÇEKME DAYANIM SINIFI: TR 7,5
-SİKŞİTİRME GEREKLİMESİ VEYA SİKŞİTİRME DAYANIMI: CS(10°Y) 35



13.03.2016

FAHRETTİN DURAN
SAKARYA BELGELENDİRME
MÜDÜRÜ

"Bu belge, belgelendiren kuruluş, üretimin Enstitümüzün bellediği şartları karşıladığını da gösterir.

SAKARYA SAKARYA BELGELENDİRME MÜDÜRLÜĞÜ 1. Organize Sanayi Bölgesi Doğu Kapsaı Şehit Zekeriya Göz Yurtan Cad. Hana / ADAPAZARI Tel: 2642912675
Faks: 2642912678 * web: * e-mail:

Bu belge ne bir surette tıfır edilmez, kırımı veya okunmasını zorlaştırarak şekilde değiştirilmez, kırım ve silinir yapılmaz.

1 / 1



TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, s.p.
Technical and Test Institute for Construction Prague

Akreditovaná zkušební laboratoř, Autorizovaná osoba, Certifikační orgán, Notifikovaná osoba, Inspekční orgán
Accredited Testing Laboratory, Authorized Body, Certification Body, Notified Body, Inspection Body
Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 - Prosek, Czech Republic

EC CERTIFICATE OF CONFORMITY

No. 1020 – CPD – 010030960

In compliance with Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products (the Construction Products Directive or CPD), as later amended, it has been stated that the construction product:

Thermal insulation products for buildings - Factory made mineral wool (MW) products

Types: Wooler Plus, Wooler Pro, Wooler Gold, Wooler Panel, Wooler Premium F, Wooler Premium R, Wooler Platin

placed on the market by:

ERYAP PLASTİK SAN. VE TİC. A.Ş.
2. Organize Sanayi Bölgesi No:3 Merkez/Gaziantep, Turkey

and produced in the factories:

ERYAP PLASTİK SAN. VE TİC. A.Ş.
2. Organize Sanayi Bölgesi 2. Yol No:54 Hendek/Sakarya, Turkey

is submitted by the manufacturer to a factory production control and to the further testing of samples taken at the factory in accordance with a prescribed test plan and that the notified body No.

1020 - Technical and Test Institute for Construction Prague

has performed the initial type-testing for the relevant characteristics of the product, the initial inspection of the factory and of the factory production control and performs the continuous surveillance, assessment and approval of the factory production control.

This certificate attests that all provisions concerning the attestation of conformity and the performances described in Annex ZA of the standard

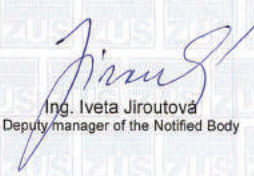
EN 13162:2008

were applied and that the product fulfils all the prescribed requirements.

This certificate was first issued on 9 January 2013 and remains valid as long as the conditions laid down in the harmonised standard in reference or the manufacturing conditions in the factory or the FPC itself are not modified significantly.

The stamp of the Notified Body 1020
Praha, 9 January 2013




Ing. Iveta Jiroutová
Deputy manager of the Notified Body



TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, s.p.
Technical and Test Institute for Construction Prague

Akreditovaná zkušební laboratoř, Autorizovaná osoba, Certifikační orgán, Notifikovaná osoba, Inspekční orgán
Accredited Testing Laboratory, Authorized Body, Certification Body, Notified Body, Inspection Body
Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 - Prosek, Czech Republic

Notified Body 1020

CERTIFICATE OF CONSTANCY OF PERFORMANCE

No. 1020 – CPR – 010033086

In compliance with Regulation 305/2011/EU of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011
(the Construction Products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction product:

**Thermal insulation products for building equipment and industrial
installations - Factory made mineral wool (MW) products**

type/variant: **Wooler Industrial Batt**

MW 650-700-750

produced by or for

ERYAP Plastik San. Ve Tic. A.Ş.

Organize Sanayi Bölgesi No:3 Merkez / GAZİANTEP, Turkey

and produced in the manufacturing plant:

**Organize Sanayi Bölgesi 2. Yol No:54
Hendek-SAKARYA, Turkey**

This certificate attests that all provisions concerning the assessment and verification of
constancy of performance and the performances described in Annex ZA of the standard

EN 14303:2009+A1:2013

**under system 1 are applied and that
the product fulfils all the prescribed requirements set out above.**

This certificate was first issued on 10 April 2014 and will remain valid as long as the test methods
and/or factory production control requirements included in the harmonised standard, used to assess
the performance of the declared characteristics, do not change, and the product, and the
manufacturing conditions in the plant are not modified significantly.

The stamp of the Notified Body 1020
Prague, April 10, 2014



Ing. Iveta Jiroutová
Deputy Manager of the Notified Body 1020

EC Declaration of Conformity

We herewith declare;
Beyan Ederiz Ki;

Eryap Plastik San. ve Tic. A.Ş
2. Organize Sanayi Bölgesi, 2. Yol, No: 54
Hendek / SAKARYA / TÜRKİYE

that the following described construction products in our delivered version complies with the appropriate basic safety and health requirements of the Construction Products Directive (CPD) 89/106/EEC, based on its design and type, as brought into circulation by us. In case of unintended usage of the products other than laid down in the technical documentation prepared by us, this declaration will lose its validity.

Aşağıda tanımlanmış bulunan ürünler, pazara sürüldüğü haliyle, Yapı Malzemeleri Yönetmeliği 89/106/AT' de tanımlanan temel sağlık ve güvenlik ihtiyaçlarına, tasarım ve tip olarak uygunluk sağlamaktadır. Ürünlerin tarafımızdan hazırlanan teknik evraklarda tanımlı olan kullanımlar haricindeki amaç dışı kullanımlarda, bu uygunluk beyannamesi geçerliliği kaybeder.

Description: Wooler - Thermal insulation products - Factory made mineral wool (MW) products.

Ürünün Tanımı: Wooler- Isı Yalıtım Mamulleri - Fabrika Yapımı Mineral Yün (MW) Mamulleri

Types: Wooler Plus, Wooler Pro, Wooler Gold, Wooler Panel, Wooler Premium F, Wooler Premium R, Wooler Platin.

Tipler: Wooler Plus, Wooler Pro, Wooler Gold, Wooler Panel, Wooler Premium F, Wooler Premium R, Wooler Platin.

Applicable Directives: 89/106/EEC Construction Products Directive
Uygulanabilir Yönetmelikler: 89/106/AT Yapı Malzemeleri Yönetmeliği

Applicable Harmonized Standards: EN 13162
Uygulanabilir Uyumlaştırılmış Standartlar: EN 13162

Notified Body and Number: TZUS NB 1020
Onaylanmış Kuruluş Adı ve Numarası: TZUS NB 1020

FPC Certificate Number: 1020-CPD-010030960
FPC Sertifika Numarası: 1020-CPD-010030960

Date – Place: 2012 - İstanbul/TURKEY
Yer – Tarih: 2012 – İstanbul/TÜRKİYE

Authorized Signature: Selim ERUSLU
Yetkili İmza/Unvan: Selim ERUSLU





T.C.
TÜRK PATENT ENSTİTÜSÜ

MARKA TESCİL BELGESİ

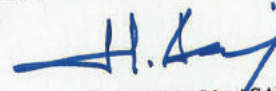
Marka No : 2014 17424 - Ticaret - Hizmet

Wooler

Marka Sahibi : ERYAP PLASTİK SANAYİ VE TİCARET ANONİM
ŞİRKETİ
TÜRKİYE CUMHURİYETİ
2. ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ CELAL DOĞAN
BULVARI NO:27 ŞEHİTKAMİL GAZİANTEP
TÜRKİYE GAZİANTEP
Emtiası : 17 , 19 , 35
İlişiktir.

Markaların Korunması Hakkında 556 Sayılı Kanun Hükmünde
Kararnameye göre 28/02/2014 tarihinden itibaren ON YIL müddetle
07/01/2015 tarihinde tescil edilmiştir.




Prof. Dr. Habip ASAN
Enstitü Başkanı

TÜRK PATENT [●] ENSTİTÜSÜ



BİR DÜNYA MARKASI: ERYAP GRUP

Eryap Grup, sadece Türkiye’de değil, dünya çapında çitayı yükseltiyor. Bugün 40’i aşkın ülkede kurmuş olduğu güçlü iş birlikleri ile tüm dünyada 1000’i aşkın noktada faaliyet gösterirken, 5 farklı ülkede pazar liderliğini sürdürüyor.

ERYAP BÜYÜYOR, TÜRKİYE KAZANIYOR!

Türkiye’nin 81 ilinde 500’ü aşkın ana bayi ve yüzlerce alt bayisi ile tüketiciyle buluşan Eryap Grup, bu büyük başarı zincirine her geçen gün yenilerini ekliyor. 30 kişiyle çıktığı yolda 2012 itibarıyla 300’ün üzerinde çalışanı sahip olan Eryap Grup, ülke ekonomisi için önemli bir rol üstleniyor.

Sektöre kazandırdığı ürünlerle vizyonunu gösteren Eryap Grup, üretim kapasitesindeki hızlı artışla da kalitesini ispatlamıştır.

- 2001 : **American Siding**, Üretim: Gaziantep - Başlangıç kapasitesi: Yılda 1.500.000 m²
- 2005 : %250’den fazla artış ile yılda 4.000.000 m²
- 2005 : **Bonuspan**, Üretim: Silivri / İstanbul - Başlangıç kapasitesi: Yılda 100.000 m³
- 2006 : Yılda 275.000 m³ - 2009: Yılda 550.000 m³
- 2007 : **Focus Membran**, Üretim: Silivri / İstanbul - Yatırım kapasitesi: 12.000.000 m²
- 2010 : **Winer**, Üretim: Gaziantep - Başlangıç kapasitesi: Yılda 9.000.000 mtül
- 2012 : %60’ın üzerinde artış ile yılda 15.000.000 mtül
- 2012 : **Wooler** taşıyünü, Üretim: Hendek / Sakarya - Başlangıç kapasitesi: 40.000 ton
- 2013 : Yatırımı devam etmekte olup, 2018 yılında toplam 120.000 ton’a ulaşacaktır.

2005

Bonuspan XPS ısı yalıtım levhası piyasaya sunuldu.

Eryap Grup, 2005 yılında Bonuspan marka XPS ısı yalıtım levhaları piyasaya sunmuştur. Siding uygulamasının tamamlayıcı unsuru olmanın yanı sıra, ısı yalıtımına yönelik mantolama, zemin, teras, temel ve çatı uygulamalarında da ihtiyaç duyulan ısı yalıtım levhalarının üretimi İstanbul Silivri’de toplam 50.000 m² alanda kurulu tesislerde gerçekleştirilmektedir.

Isı Yalıtım Levhaları

BONUSPAN

2009

Bonusmax dış cephe yalıtım sistemleri tüketiciye sunuldu.

Eryap Grup, 2009 yılında Bonusmax ısı yalıtım paket sistemini piyasaya sunmuştur. Isı yalıtımı uygulaması için gerekli olan tüm malzemeleri bir paket sistem olarak müşterileriyle buluşturan Bonusmax, bina ömrüncü ilk günkü performansında enerji tasarrufu sağlama özelliği ile ön plana çıkan yenilikçi ve çevreci bir üründür.

Mantolama Sistemleri

BONUSmax

Çatı Kaplama Sistemleri

**focus
shingle**

2012

Wooler taşıyünü üretimine başlandı.

Isı, ses ve yangın yalıtımı sağlayan taşıyünü üretimine başlayan Eryap Grup, bu yeni ürünle de sektörde lider bir marka yaratma adına güçlü bir adım atmıştır. Mevcut üretim kapasitesi ile sektör kullanımının %45’i gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

Polimer Dış Cephe Kaplama



2001
Türkiye'nin ilk polimer cephe kaplaması American Siding'in üretimine başlandı. Fizibilite çalışmalarına 1999 yılında ve üretimine 2001 yılında Gaziantep'te toplam 50.000 m² alanda kurulu modern tesislerde başlanan American Siding, Türkiye'de cephe kaplaması anlayışını tamamen değiştiren ve akım yaratan yenilikçi bir ürün olmuştur.

Su Yalıtımı İçin Bitümlü Örtüler



2007
Focus Membran ile su yalıtım ürünleri sektörüne girildi.

2007 yılında ürün gamını Focus Membran su yalıtım ürünleri ile güçlendiren Eryap Grup, su yalıtım sektörüne başarılı bir giriş yapmıştır. İstanbul, Silivri'deki tesislerde yıllık 12.000.000 m² üretim kapasitesi ile üretime başlayan Eryap Grup, ileri teknolojik donanımı ile ürettiği bitüm esaslı Focus Membran markasını Türkiye ve yakın çevre ülkelerinin hizmetine sunmuştur.

Polimer Kapı ve
Pencere Sistemleri



2010
Winer polimer kapı ve pencere sistemleri pazara sunuldu. Eryap Grup 2010 yılında Winer polimer kapı ve pencere sistemlerini pazara sunmuştur. İleri teknolojisi sayesinde üstün kaliteye sahip, her türlü dış etkene ve hava şartlarına karşı dayanıklı Winer; ürün çeşitliliği ve dekoratif çözümleriyle sektördeki yerini almıştır.

2011

Focus Shingle pazara sunuldu.

Eryap Grup, bir dünya markası olan İtalyan Tegola firmasının shingle (çatı kaplama sistemi) ürünlerini ürün yelpazesine katarak sektördeki kalite beklentisini karşılamaya başlamıştır.

Taşyünü





NOTLAR

Lined area for notes, consisting of 25 horizontal lines.



NOTLAR

Lined area for notes, consisting of 25 horizontal lines.





