

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
MÜZİK TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI
Yüksek Lisans Tezi

**ÖZEL DERSLİKLERİN AKUSTİK PERFORMANS SINIFLARI VE AKUSTİK
PROJE TANIMLARI KAPSAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ: İZMİR B.B MÜZİK
SANAT ATÖLYELERİ ÖRNEĞİ**

HAZIRLAYAN
CENK DALOĞLU

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi SERHAT DURMAZ

İZMİR / 2019

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum `` Özel Dersliklerin Akustik Performans Sınıfları ve Akustik Proje Tanımları Kapsamında Değerlendirilmesi : İzmir B.B. Müzik Sanat Atölyeleri Örneği`` adlı çalışmamın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

/ /2019

Cenk DALOĞLU



ÖZET

Müzik eğitimlerinin verildiği, provaların gerçekleştirildiği derslikler işitsel algının son derece önemli olduğu, akustik özelliklere sahip olması gereken “özel” mekânlardır. Genellikle yerel yönetimler tarafından yaptırılan özel salonlar, özel derslik ve sınıflar farklı nedenlerden dolayı “çok amaçlı” olarak tasarlanır ve hizmete sokulur. Buna ofis olarak tasarlanmış fakat özel eğitime yönelik sınıflar halinde kullanılmak üzere tahsis edilmiş yapılar/mekânlar da dâhildir. Doğal olarak bu tür mekânlarda müzik eğitimi ve icrası da pek çok akustik sorunlar ile birlikte hizmet vermeye çalışır: Bu bitirme çalışmasında benzer işlev ve sorunlara sahip olan, İzmir BB. “Sanat Atölyeleri” derslik ve prova odaları gereç olarak alınmıştır.

Bu çalışmada müzik eğitimi verilen, prova ve toplu icraları yapılan “Sanat Atölyeleri”nin akustik performansı “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik” kapsamında incelenmiş, analiz edilmiş, sorunlar belirlenmiş ve iyileştirme önerileri sunulmuştur. Çalışmada TS EN 12354 (1-6), TS EN ISO 717 (1-2), 16283 ve 10140 (1-5) standartları esas alınmıştır. Bu standartlar ve “Akustik Performans Sınıfı”nın ölçütleri doğrultusunda komşuluk ilişkilerine uygun sınır değerler seçilmiş, “Yapı Akustiği” kapsamında cephe gürültüsü kontrolü, hava ile yayılan sesin, darbe sesinin, dışardaki sesin yalıtımı ve hizmet donanımlarından kaynaklanan gürültü seviyeleri ile mekânlardaki ses emiliminin mevcut durumu üç farklı yöntem kullanmak suretiyle yerinde ölçme, manuel hesaplama ve bilgisayar destekli benzetim yazılımları ile analiz edilmiştir.

Son bölümde sınır değerleri karşılamayan mevcut durumlar için önerilerde bulunulmuş, bu önerilerin uygulanması durumunda sağlanacak sonuçların ne olacağı hem hesaplama hem de bilgisayarlı benzetim yazılımları ile tahmin edilip mevcut durum değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın son bölümü aynı zamanda, yönetmeliklere göre hazırlanması zorunlu “Akustik Proje” için de tipik bir model oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapı Akustiği, Akustik Proje, Sınıf Akustiği, Çevresel Gürültü, Bina Gürültü Kontrolü

ABSTRACT

Classrooms where music education is given and rehearsals are performed are “private” spaces where auditory perception is extremely important and should have acoustic characteristics. Private halls, private classrooms and classrooms, which are usually built by local governments, are designed and put into service as “multipurpose” for different reasons. This includes buildings / spaces designed as offices but allocated for use as classes for special education. Naturally, music education and performance in such places tries to serve with many acoustic problems. In this graduation, Izmir BB. “Art Workshops” classrooms and rehearsal rooms were taken as tools.

In this study, the acoustic performance of “Art Workshops” where music training, rehearsals and collective performances were performed was examined, analyzed, problems were identified and improvement suggestions were presented within the scope of Regulation on Protection of Buildings against Noise ”.

In this study, TS EN 12354 (1-6), TS EN ISO 717 (1-2), 16283 and 10140 (1-5) standards are used. In accordance with these standards and the criteria of the Acoustic Performance Class, the limit values appropriate to the neighborhood relations were selected.

With the scope of Building Acoustics; façade noise control, noise levels from airborne sound, impact sound, external sound insulation and service equipment, and current state of sound absorption in spaces were analyzed with on-site measurement, manual calculation and computer aided simulation software.

In the last section, suggestions are made for the existing situations that do not meet the limit values, and the results to be provided in case of the application of these suggestions are estimated by both calculation and computer simulation software and compared with the current situation values.

The last part of the study is also a typical model for the “Acoustic Project” which has to be prepared according to the regulations.

Keywords: Building Acoustics, Acoustic Project, Class Acoustics, Environmental Noise, Building Noise Control.

Keywords: Building Acoustics, Acoustic Report, Classroom Acoustics, Environmental Noise Control, Building Noise Control

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı gerçekleştirmeme vesile olan, bilgi ve tecrübesini bir an bile esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Görevlisi Serhat Durmaz'a ömrüm boyunca minnettar kalacağım.

Araştırma süresince iki sefer Sanat Atölyelerinin kapılarını açan İzmir B.B. Kültür ve Sanat Daire Başkanlığı personeline, Ölçümleme konusunda yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Özgül YILMAZ KARAMAN'a çok teşekkür ederim. Başta Erman Kul ve Erinç Kul olmak üzere tüm iş arkadaşlarıma sabırlı yaklaşımlarından dolayı çok teşekkür ederim. Bu süreçte her zaman yanımda olan aileme ve maddi ve manevi her türlü zorluğu benimle birlikte üstlenen sevgili eşim Burcu KABAN DALOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Temmuz 2019

CENK DALOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
TABLO LİSTESİ.....	xiv
KISALTMALAR VE SEMBOLLER	xvi
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM 1: TEMEL KAVRAMLAR.....	9
1.1 Ses Fiziği	9
1.1.1 Parçacık Hareketleri	9
1.1.2 Ses Hızı	9
1.1.3 Ses Gücü ve Seviyesi	10
1.1.4 Ses Basıncı ve Seviyesi	11
1.1.5 Ses Yoğunluğu ve Seviyesi	12
1.1.6 Rms Seviye.....	12
1.1.7 Desibel.....	13
1.1.8 Frekans ve İşitmenin Sınırı	13
1.1.9 Frekans Spektrumu ve Hızlı Fourier Dönüşümü.....	14
1.1.10 Oktav Frekanslar	15
1.1.11 Harmonikler	16
1.1.12 Eş gürlük	17
1.1.13 Ağırlıklandırma Filtreleri	18
1.1.14 Rezonans	19
1.1.15 Yönelgenlik ve Yönelme Faktörü	20
1.1.16 Çınlama ve Süresi.....	21
1.1.17 Çınlama Alanı	24
1.1.18 Malzemelerde Emicilik	24
1.1.19 Emicilik Katsayısı ve Çınlama.....	27
1.1.20 Oda Sabiti.....	28
1.2 Çevresel Gürültü	30

1.2.1 Çevre Gürültüsü	30
1.2.2 Gürültü Kaynakları: Açık Alan	30
1.2.3 Gürültü Kaynakları: Yapı İçi.....	31
1.2.4 Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	31
1.2.5 Gürültüye Maruz Kalma Süresi.....	33
1.2.6 Gürültünün Tipleri.....	34
1.2.7 Temel Büyüklükler.....	35
1.2.8 Eşdeğer Gürültü Seviyesi	35
1.2.9 Gündüz Akşam Gece Göstergeleri	36
1.2.10 Arka plan Gürültü Seviyesi	36
1.2.11 Gürültünün Rahatsızlık Seviyesi.....	37
1.2.12 Gürültüde Darbesellik ve Tonal Etki	37
1.2.13 Sınır Değer	38
1.2.14 Çevresel Gürültüde Sınır Değerler	38
1.3 Bina Akustiği	43
1.3.1 Bina Akustiği Uzmanı.....	43
1.3.2 Akustik Performans Sınıfı.....	43
1.3.3 Akustik Performans Belgesi.....	43
1.3.4 Akustik Proje.....	43
1.3.5 Ağırlıklı İndeksler	44
1.3.6 Alıcı Oda, Kaynak Odası	44
1.3.7 Bölme Elemanı.....	45
1.3.8 Doğrudan ve Dolaylı İletim.....	45
1.3.9 Düzey Farkı	45
1.3.10 Gürültü Ölçütü.....	45
1.3.11 Spektrum Uyarılma Terimleri	45
1.3.12 Standardize Seviye Farkları	46

2. BÖLÜM 2: MEVZUAT

2.1 Yönetmelikler.....	47
2.1.1 Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği....	47
2.1.2 Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik.....	48
2.2 Kavramlar.....	51
2.2.1 Mimari Akustik Rapor	51

2.2.2 Akustik Proje.....	52
2.2.3 Akustik Performans Sınıfı.....	52
2.2.4 Akustik Performans Belirleme Yöntemi.....	53
2.2.5 Akustik Performans Belgesi Kapsamı.....	55
2.3 Göstergeler İçin Kullanılacak Standartlar.....	56
2.3.1 TS EN 12354.....	56
2.3.1.1 Bölüm 1: Odalar arasında hava ile yayılan sesin yalıtımı	56
2.3.1.1.1 Görünür Ses Azaltma İndisi	57
2.3.1.1.2 Standardize Düzey Farkı	57
2.3.1.1.3 Normalize Düzey Farkı	57
2.3.1.1.4 Kütle Oranı	58
2.3.1.1.5 Birleşim Yeri Azaltma İndisi.....	58
2.3.1.1.6 Yan Yol Azaltma İndisi	58
2.3.1.1.7 Görünür Ses Azaltma İndisi	59
2.3.1.2 Bölüm 2: Odalar arası darbe sesinin yalıtımı	60
2.3.1.2.1 Normalize Edilmiş Darbe Ses Basınç Seviyesi...60	
2.3.1.2.2 Standart Hale Getirilmiş Ses Basınç Seviyesi.....60	
2.3.1.2.3 Darbe Ses Yalıtım İyileştirmesi.....61	
2.3.1.3 Bölüm 3: Hava ile yayılan dışardaki sesin yalıtımı...62	
2.3.1.3.1 Görünür Ses Azaltma İndisi.....62	
2.3.1.3.2 Cephenin Normalize Düzey Farkı.....63	
2.3.1.3.3 Cephenin Standardize Düzey Farkı	63
2.3.1.3.4 Cephe Şekli Seviye Farkı.....63	
2.3.1.4 Bölüm 5: Hizmet Donanımlarından Kaynaklı Ses Seviyesi...64	
2.3.1.4.1 A- Ağırlıklı En Yüksek Ses Basınç Seviyesi.....64	
2.3.1.4.2 A- Ağırlıklı Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Seviyesi...64	
2.3.1.4.3 C- Ağırlıklı En Yüksek Ses Basınç Seviyesi.....65	
2.3.1.4.4 C- Ağırlıklı Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Seviyesi...65	
2.3.1.5 Bölüm 6: Kapalı Alanlarda Ses Absorpsiyon Alanı.....66	
2.3.1.5.1 Odanın Eşdeğer Ses Absorpsiyon Alanı.....66	
2.3.1.5.2 Çınlama Süresi.....66	
2.3.1.5.3 Bir Nesnenin Eşdeğer Ses Absorpsiyon Alanı.....67	
2.3.1.5.4 Ses Absorpsiyon Katsayısı.....67	
2.3.1.5.5 Havanın absorpsiyonu.....67	

2.3.1.5.6 Boş Odanın Hacmi.....	67
2.3.1.5.7 Nesne Hacmi.....	67
2.3.1.5.8 Nesne Oranı.....	67
2.3.1.5.9 Nesne Dizini.....	68
2.3.1.5.10 Toplam Eşdeğer Emicilik Alanı.....	68
2.3.2 TS EN ISO 717.....	69
2.3.2.1 Bölüm 1: Hava ile Yayılan Sesin Yalıtımı.....	69
2.3.2.1.1 Tek Sayı Değeri.....	69
2.3.2.1.2 Spektrum Adaptasyon Teri.....	69
2.3.2.1.3 Ses Spektrumları.....	70
2.3.2.1.4 Karşılaştırma Metodu.....	70
2.3.2.1.5 Sonuçların Gösterilmesi.....	70
2.3.2.1.6 Genişletilmiş Frekans Aralığı İçin Terimler ve Spektrumlar.....	70
2.3.3 TS EN ISO 16283-1.....	71
2.3.3.1 Sabit Mikrofon.....	72
2.3.3.2 Mekanize Edilmiş Sürekli Mikrofon.....	72
2.3.3.3 Elle Tarama Mikrofonu.....	72
2.3.3.4 Elle Taşınan Mikrofon.....	73
3. BÖLÜM 3: AKUSTİK PROJE; MÜZİK VE SANAT ATÖLYELERİ.....	76
3.1 Proje Bilgileri.....	76
3.2 Çevresel Gürültü Düzeyleri.....	79
3.3 Anahtar Paftalar ve Mahal Listeleri.....	80
3.4 Mekân İşlevleri/Komşuluk İlişkileri.....	82
3.5 Hedeflenen Performans Sınıfı.....	82
3.6 Hedeflenen Sınır Değerler.....	83
3.7 Yapı Elemanlarının Özellikleri.....	85
3.8 Hesaplamalar.....	87
3.8.1 Basitleştirilmiş Yöntem.....	87
3.8.1.1 Bölme Elemanlarının Akustik Performanslarının Hesaplanması.....	87
3.8.1.2 Basitleştirilmiş Yöntem ile Eleman Performansları....	87

3.8.1.3 Yöntem.....	88
3.8.1.4 Müzik Etüt Odaları.....	90
3.9 Bilgisayarlı Modelleme.....	95
3.10 Saha Ölçümleri.....	102
3.10.1 Kaynak- Alıcı Konumları.....	105
4. BÖLÜM 4: DEĞERLENDİRME	
4.1 Analizler.....	114
4.2 Yapı Malzemeleri için Öneriler.....	119
4.3 Sonuç.....	124



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1- Rms, Genlik/Faz grafiği (Durmaz, 2018)	12
Şekil 2-İnsan kulağının algılama bölgeleri (Durmaz, 2018)	13
Şekil 3-Dalga formları ve bunları oluşturan bileşke elemanları (U=genlik, t=zaman, f=frekans).....	14
Şekil 4- 1/1 oktav ve 1/3 oktav alt-üst sınırlar ile merkez frekansları.....	16
Şekil 5-Bir müzik parçasının dalga formu (üstte) ve seçilen andaki (128.ms) üst ses frekans bileşenleri.(f ₀ =294hz; f ₁ =411hz; f ₂ =1387hz; f ₃ =3188hz; f ₄ = 4939hz) (Durmaz, 2018). 16	
Şekil 6-ISO R 226:2003 Eşgürlük Eğrileri (Durmaz, 2018)	17
Şekil 7-Aynı frekanstaki titreşimlerin toplamı ve periyodik uyarıların toplam genlik üzerindeki etkileri	19
Şekil 8- EDT, T ₂₀ , T ₃₀ logaritma/zaman çizelgesi.....	22
Şekil 9-Mekân hacmi ve çınlama süreleri için en uygun değerler (DIN 18041:2016)...	23
Şekil 10- Akustik Performans Sınırlandırması	53
Şekil 11- Hareketli Boom; B&K Type 3923 (https://www.bksv.com)	72
Şekil 12-1: Daire, 2: Spiral, 3-Silindirik, 4- Üç Yarım Daire.....	73
Şekil 13-Örnek iki oda modeli için önerilen mikrofon konumları	75
Şekil 14- Kültürpark ve çevresi uydu görünümü.....	76
Şekil 15- Yapı Zemin Kat Planı.....	78
Şekil 16-Yapı A-A Kesiti	78
Şekil 17- Güney Cephe Görünüşü: Sanat Atölyeleri Girişi.....	79
Şekil 18- Çevresel Gürültü Ölçümü: Mikrofon Konumları.....	80
Şekil 19-Çalışılan etüt sınıflarının plan görünümü.....	82
Şekil 20- Bitişik iki odanı hava yolu ile iletilen ses iletim yolları (Sol: Kesit görünüm; Sağ: Plan görünüm) (Durmaz, 2018)	89
Şekil 21- 3 ve 4 Numaralı Etüt Odaları, 3D Gösterimi	90
Şekil 22- Üst: Dış Cephe Beton Duvar/Pencere, Alt: Koridor Bölme Elemanı/Kapı 3D Gösterimi.....	91
Şekil 23- Ölçüm Sistemi için sinyal akışı.....	103
Şekil 24- Yerde Ölçüm Sistemi için bir örnek (C. Daloğlu arşivi)	103
Şekil 25- Mekânların Kaynak ve Alıcı olma durumlarına göre ilişkileri	105
Şekil 26- 1. Kayıt için Kaynak ve Alıcı Konumları	106
Şekil 27- 2.Kayıt için Kaynak (S) ve Alıcı Konumları	106

Şekil 28- 3.Kayıt için Kaynak (S) ve Alıcı Konumları	107
Şekil 29- 4.Kayıt için Kaynak (S) ve Alıcı Konumları	107
Şekil 30- Alıcı Oda Mikrofon Konumları Yerinde Gösterimi (C. Daloğlu arşivi)	108
Şekil 31- Kaynak Oda Mikrofon Konumları Yerinde Gösterimi (C. Daloğlu arşivi) ..	108
Şekil 32- Etüt odaları çınlama süreleri, $RT_{60, 50-5000}$ grafik gösterimi	112
Şekil 33- Koridor ve odaların L1 – L2 değerleri (50-5000Hz) ile bu odalara ait L1 – L2 için toplam ses basınç (dBA) seviyelerindeki değişimler.....	113
Şekil 1- Oda3 ve 4 için frekanslara göre çınlama süreleri, emicilik ve yansıtıcılık katsayıları. (siyah çizgi ortalama emicilik değerini gösterir)	
Şekil 35- Önerilen bölme duvar bağlantı detayları (www.knauf.com.tr)	122



TABLO LİSTESİ

Tablo 1- Kaynak tiplerine göre tipik ses gücü ve ses gücü seviyeleri	11
Tablo 2- Ses seviyesindeki değişim oranları ve öznel karşılıkları	11
Tablo 3- 1/1, 1/3 ve 1/12 oktav frekans bölümlmelerinde frekans değerleri	15
Tablo 4- Ağırlıklandırma Filtreleri Düzeltme Değerleri.....	18
Tablo 5- Yönelgenlik ve Yayılma Faktörü Tablosu.....	21
Tablo 6- TS EN ISO 11654'e göre emicilik sınıfları tablosu	25
Tablo 7- Gündüz saatleri için eşdeğer gürültü düzeyi ve kabul edilir etkileri	32
Tablo 8- Gürültü dereceleri ve sağlık üzerindeki etkileri	32
Tablo 9- Gün içinde kalınabilecek maksimum maruziyet süreleri	33
Tablo 10- Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri	39
Tablo 11- Hafif Raylı Sistemler İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri	40
Tablo 12- Hava Alanı Çevresel Gürültü Sınır Değerleri.....	40
Tablo 13- Endüstri Tesisleri için Çevresel Gürültü Sınır Değerleri.....	41
Tablo 14- Şantiye Alanı İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri.....	41
Tablo 15- İç Ortam Gürültü Seviyesi Sınır Değerleri	42
Tablo 16- Yönetmelik Kapsamında Uyulması Zorunlu Standartlar	49
Tablo 17- Farklı Gürültü Tiplerine Göre Spektrum Adaptasyon Terimleri.....	71
Tablo 18- Çevresel Gürültü Ölçüm Detayları	80
Tablo 19- Anahtar Paftalar ve Mahal Listesi	81
Tablo 20- Hedeflenen Sınır Değerler Tablosu	83
Tablo 21- Mevcut yapı elemanlarının özellikleri.....	85
Tablo 22- 3 ve 4 Numaralı Etüt Odaları, Yapı Elemanları Özellikleri	90
Tablo 23- 3 ve 4 Numaralı Etüt Odalarının Ortak Kompozit Bölme Elemanlarının Hesaplanan Ses Azaltma İndeksleri	92
Tablo 24- Koridor, 2, 3 ve 4 Numaralı Odalar için Toplu Sonuçlar (mevcut durum) ...	96
Tablo 25- Mekanlar arası ilişkide R_w , D_{nTA} özet sonuçları (mevcut durum).....	99
Tablo 26- Dikey ayırma elemanlarında hava doğuşlu ses iletimi (mevcut durum)	100
Tablo 27- Odalar arası darbe sesi ile iletimi (Mevcut durum)	101
Tablo 28- Etüt Odaları Arka plan Gürültü Ölçüm Sonuçları (düzeltmeler uygulanmış).....	109
Tablo 29- Etüt Odaları 1. ve 2. Ölçüm Sonuçları.....	110
Tablo 30- Etüt Odaları 3. ve 4. Ölçüm Sonuçları.....	111
Tablo 31- Etüt Odaları Çınlama Süresi Ölçümleri.....	112

Tablo 32- Dış cephe için önerilen yapı elemanı özellikleri	119
Tablo 33- Önerilen iç duvar kompozit yapı elemanı tablosu	120
Tablo 34- Mevcut ve önerilen yapı elemanı listesi	121
Tablo 35- Bilgisayarlı modelleme sonuçları (önerilen malzemeler ile).....	123



KISALTMALAR VE SEMBOLLER

A : Yapısal elemanın eş değer absorpsiyon uzunluğu [m]

Asitu: Gerçek saha durumunda yapısal elemanın eş değer absorpsiyon uzunluğu [m]

A: Algılama odasındaki eş değer ses absorpsiyon alanı [m²]

A_{air}: Havanın absorpsiyonu

A_{obj}: Bir nesnenin eş değer ses absorpsiyon alanı

α_s : Ses absorpsiyon katsayısı

A0: Referans değer ses absorpsiyon alanı; meskenler için 10 m² olarak verilir [m²]

BGKKHY: Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik

BR: Bas oranı

C: EN ISO 717-1'e göre spektrum uyarlama terimi 1

Ca-Si: Kalsiyum Silikat

Ctr: EN ISO 717-1'e göre spektrum uyarlama terimi 2

c0 : Sesin havadaki hızı (=340 m/s) [m/s]

ÇGDYY: Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği

DnT: Standard hâle getirilmiş ses seviye farkı [dB]

DnT,w: Ağırlıklı standartlaştırılmış seviye farkı [dB]

Dn,e: Küçük yapı elemanlarının, eleman normalize edilmiş seviye farkı [dB]

Dn,s: Bir s sistemi içinden gelen dolaylı iletim için normalize edilmiş seviye farkı [dB]

Dn,f: Yan yolda normalize edilmiş seviye farkı [dB]

Dn,ij: Uyarılmış eleman i ile, algılayan eleman j arasındaki birleşme yeri seviye farkı [dB]

ISO : International Organization for Standardization

F: Frekans [Hz]

HVAC: Heating, ventilating and Air Conditioning

i,j : Elemanların indisleri; iletim yolu ij için; i kaynak odasındaki elemanı (=F,D) ve j ise algılama odasındaki bir elemanı belirlemektedir

Kij: Bir birleşme yeri üzerinde her iletim yolu ij için titreşim azaltma indisi [dB]

L: Ses basınç seviyesi

L_n : Normalize edilmiş darbe ses basınç seviyesi

L' n,w : Sahada normalize edilmiş darbe ses basınç düzeyi [dB]

ΔL_w : Döşeme kaplamasının sağladığı ağırlıklı darbe ses basınç seviyesi [dB]

L_{eq}: Eş değer sürekli ses basınç seviyesi [dB]

- $L_{Aeq,T}$** : Eş değer sürekli- A ağırlıklı ses basınç seviyesi [dB]
- $L1$** : Kaynak odasındaki ortalama ses basınç seviyesi [dB]
- $L2$** : Algılama odasındaki ortalama ses basınç seviyesi [dB]
- m'** : Birim alanın referans kütlesi [kg/m²]
- N** : Odadaki yan yol elemanlarının sayısı [-]
- NC** : Gürültü ölçütü
- NR** : Gürültü sınıflandırma ölçütü
- R** : Bir elemanın ses azaltma indisi [dB]
- R'** : Görünür ses azaltma indisi [dB]
- R_{ij}** : Yan yol ses azaltma indisi [dB]
- R_s** : Bölme elemanının ses azaltma indisi [dB]
- ΔR_i** : i elemanı için ilâve katmanların sağladığı ses azaltma indisi iyileştirmesi [dB]
- R_w** : EN ISO 717-1'e göre ağırlıklı ses azaltma indisi [dB]
- $R_{s,w}$** : Bölme elemanının ağırlıklı ses azaltma indisi [dB]
- RF,w** : Kaynak odasındaki F yan yol elemanının ağırlıklı ses azaltma indisi [dB]
- Rf,w** : Algılama odasındaki f yan yol elemanının ağırlıklı ses azaltma indisi [dB]
- $\Delta R_{Dd,w}$** : Bölme elemanının kaynak ve/veya algılama tarafındaki ilâve kaplamanın sağladığı toplam ağırlıklı ses azaltma indisi iyileştirmesi [dB]
- $\Delta R_{Ff,w}$** : Yan yol elemanının kaynak tarafındaki ve/veya algılama tarafındaki ilâve kaplamanın sağladığı toplam ağırlıklı ses azaltma indisi iyileştirmesi [dB]
- $\Delta R_{Fd,w}$** : Kaynak tarafında yan yol ve/veya algılama tarafında bölme elemanı üzerindeki ilâve kaplamanın sağladığı toplam ağırlıklı ses azaltma indisi iyileştirmesi [dB]
- $\Delta R_{Df,w}$** : Kaynak tarafında bölme elemanı ve/veya algılama tarafındaki yan yol üzerindeki ilâve kaplamanın sağladığı toplam ağırlıklı ses azaltma indisi iyileştirmesi [dB]
- S_s** : Bölme elemanının alanı [m²]
- S_i, S_j** : Sırasıyla kaynak odasındaki (i) ve algılama odasındaki (j) elemanın alanı [m²]
- T** : Algılama odasındaki çınlama süresi [m]
- T_0** : Referans çınlama süresi; meskenler için 0,5 s olarak [s]
- V** : Algılama odasının hacmi [m³]
- V_{obj}** : Nesne hacmi
- W_{tot}** : Algılama odasına yayılan toplam ses gücü [W]
- W_{ij}** : Eleman i'ye gelen ses yüzünden eleman j tarafından yayılan ses gücü [W]
- $W1$** : Kaynak odasındaki deney numunesi üzerine gelen ses gücü [W]
- $W2$** : Kaynak odasındaki numune üzerine gelen ses yüzünden algılama odasına deney

numunesi tarafından yayılan ses gücü [W]

W: EN ISO 717-1'e göre ağırlıklı ses azaltma indisini belirleyen indis [-]

τ : İletim faktörü (ses güç oranı) [-]

τ_{ij} : Yan yol iletim faktörü [-]

τ' : Algılama odasındaki yayılan toplam ses gücünün bölme elemanının ortak kısmı üzerine gelen ses gücüne göre, ses gücü oranı

τ_d : Bölme elemanının ortak kısmı tarafından yayılan ses gücünün bölme elemanının ortak kısmına gelen ses gücüne göre ses gücü oranı. Bu oran Dd yolu ve Ff yollarını içermektedir.

τ_f : Algılama odasındaki yan yol yapısı f tarafından yayılan ses gücünün bölme elemanı ortak kısmı üzerine gelen ses gücüne göre, ses gücü oranı. Bu oran Dd yolu ve Ff yollarını içerir.

τ_s : Dolaylı hava yolu ile iletim sistemi s tarafından, bu iletim sistemi üzerine gelen ses gücü yüzünden yayılan ses gücünün, bölme elemanının ortak kısmı üzerine gelen ses gücüne göre, ses gücü oranı

τ_e : Bölme elemanındaki bir eleman tarafından bu eleman üzerine doğrudan hava yolu ile gelen ses gücü yüzünden yayılan ses gücünün, bölme elemanının ortak kısmı üzerine gelen ses gücüne göre, ses gücü oranı

Ψ : Nesne oranı

ρ : Yoğunluk

GİRİŞ

Müzik eğitiminin, müzik pratiğinin ve icranın işitme, işitileni algılama, öğrenme ve öğrenileni tek başına ve/veya birlikte uygulama, etüt yapma ile ilgili bir tür sanatsal hazırlık olduğu bilinen bir gerçektir. Buradaki en önemli değişkenleri de işitme sistemi ile ilgili girdilerin oluşturduğu açıktır. İşitsel algıların kalitesi, doğal ve hatasız oluşu onların ne kadar doğru ve nitelikli algılandığının göstergesidir. Öyleyse kaliteyi artıracak olan şey ne olabilir?

Müzikal bileşenleri bozulmamış, istenmeyen bozulmalardan uzak, doğal, aslına sadık; tabiri yerindeyse “organik gıda” gibi olmalıdır işitilenler: Doğru işitme ve kaliteli iletiler müzik adına nitelikli, özgün ve doğru bir “sanat” ürünü olarak gerçekleşir. Her şey eğitim ile başladığına göre demek, gerek örgün gerek yaygın eğitimde kalitenin yüksek olması sonucu da doğrudan etkiler: İşitsel verilerin uygun koşullarda olmaması, mühendislik eğitimi alan bir öğrencinin donanımlı bir laboratuvara girmeden meslek öğrenmesine benzer.

Müzik bireysel öğrenilir, hem bireysel hem toplu olarak icra edilebilir. Öğrenme aşamasındaki yanlışlar nihai icrayı sağlıksız kılar. Bir eğitim kurumunda örneğin, piyano öğrenimi için ayrılmış özel etüt odalarının kötü akustik koşulları, odanın sesi değiştirerek öğrenci ya da icracının kulağına göndermesi kabul edilemez. İşitmede yüksek kalite “Akustik Konfor” anlamına gelir. Müzik etüt odasından beklenen en önemli şey onun doğal, bozulmamış, özgüne en uygun tınıları bireyin kulağına iletilmesinde aracı olmasıdır. Mekân bir şeyleri değiştiriyor ise bu, o mekânı planlayan/üreten kişilerin müzik adına uygun olmayan kararlar aldığı da bir göstergesidir. Hacimlerin tasarımında işlevsellik, sirkülasyon, efektif kullanım ne kadar önemli ise, akustik konfor da en az o kadar kritik kararlar gerektirir. Sağlamanın tek yolu henüz proje aşamasında iken, müzik ve akustik uzmanlarına danışmaktan geçer.

Ünlü bağlama ustası Yılmaz İpek Saz Sarayı’nın girişindeki şu yazı hayli ilginçtir: “Kem Âlâtla Kemâlât Olmaz!”.

Demek, niteliksiz bir müzik aleti ile mükemmel tınlar elde edilemez, doğru olduğunu zannedilen fakat yanlış kararlar altında eğitilmiş bir kulak ile kaliteli sanatçı yetiştirilemez; kaliteli sanat icra edilemez.

Üretimde bütçe en önemli plan notlarının başında yer alır kuşkusuz. Genel kabulün aksine, kısıtlı bir bütçe kötü akustik sonuçlar anlamına gelmez. Her bütçeye uygun akustik çözümler üretilemez mi? Yalınlık önemlidir ve etkin çözümler de uzmanların işidir. Bu çalışmanın da konusu olan özel derslikler gibi özel hacimlerin doğru bir akustik tasarım ve şık bir yaklaşım ile kullanıcısına teslim edilmesi çok mu zordur?

Yerel yönetimler tarafından yaptırılan salonlar, derslikler, sınıflar ekonomik olmak ve kullanıcı profiline geniş tutabilmek adına “çok amaçlı” yapılırlar. Konuşma, tiyatro, sinema, konferans, konser; tüm bunların akustik dinamikleri farklı olduğuna göre, doğru akustik cevabı bulmak, üstelik tüm bunları en ekonomik bütçe ile yapmak mümkün müdür? Eğer orada bir “Tatlı Cadı” yoksa HAYIR!

Çevre gürültüsü, bina akustiği, gürültü kontrolü, fizyolojik ve psikolojik sağlıkların korunması yararına yönetmelikler, mekânların işlevselliği, i ve dış gürültü seviyeleri, komşuluk ilişkileri bağlamında birbirlerine olan gürültü etkileri, makine ve teizat kaynaklı gürültülerin kontrol altına alınması, arka plan gürültü seviyelerinin kontrolü, çınlama sürelerinin denetimi gibi konularda kaliteli meknları üretmek için pozitif sinerjili, hızlı ve pratik bir yol bulunamaz mı?

Bu çalışma İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından Açık hava tiyatrosu olarak yaptırılan, 2007 tarihinde güçlendirme projesi ile yenilenen, sonradan müzik etüt odaları olarak kullanılması yönünde karar alınan, ardından bir toplumsal sorumluluk projesi kapsamına dâhil edilen bir kültürel etkinlik tesisindeki meknları örnek olarak inceler. Burası İzmir B. B. Sanat Atölyeleri ’dir.

Fuar Açık Hava Tiyatrosu zemin katında yer alan bu müzik etüt sınıfları her ne kadar ofis kullanımı için tasarlanmış olsa da, günümüzde farklı bir kullanıcı profiline hizmet eder. Bu odalarda Gürültü Kontrolü ve Akustik Konfor’dan söz edilemez. Mevcut

tablo ise hayli grotesktir: Birkaç büro sandalyesi, bir yönetici masası, birer ofis dolabı ve inanılmaz gürültü geçişleri.

Ön incelemelerimiz gürültü kontrolü açısından odaların müzik etüt sınıfı olarak kullanılmasının mümkün olamayacağını göstermiş olsa da, sorumluluk projesine katkı sunma isteği öne plana çıkmıştır. Bu mekânlar bir süredir Büyükşehir Belediyesi'nin "Mahalle Orkestrası" projesine ev sahipliği yapmaktadır. Mahalle Orkestrası projesi, müzik eğitimi almak isteyen ancak maddi durumu buna elverişli olmayan gençleri profesyonel eğitimciler ile buluşturan ücretsiz keman, davul, bağlama, çello, gitar ve şan eğitiminin verildiği önemli bir projedir. Burada gürültü kontrolünün sağlanması ve akustik konfor olmazsa olmaz.

İşte tam bu noktada bu çalışmanın, ilgili uluslararası ve ulusal standartlar ve ulusal gürültü yönetmelikleri kapsamında bir "Akustik Proje" halinde çalışılıp, başta çınlama süreleri olmak kaydı ile gürültü geçiş kontrollerinin sağlanması ve ekonomik çözüm önerilerinin üretilmesi adına değer kazanacağı düşünülmektedir.

Gerek duyulacak saha ölçümleri için uluslararası ve ulusal standartlar, elektronik cihazlar, veri analizleri için endüstriyel yazılımlar mevcut olup, çalışma süresince aktif olarak kullanılmıştır. Sınıflarda etkinliğin olmadığı tarihlerde ölçüm yapabilmek için gerekli koşullar sağlanmış, yerinde ölçümler ile gürültü geçişleri saptanırken oluşabilecek teknik sorunlara karşı önlem paketleri önceden planlanmıştır.

Bilgisayar destekli benzetim yazılımları yardımı ile binanın gürültü geçiş hesapları yapılmış, yerinde yapılan akustik ölçümler sonucu elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar "Akustik Proje" ve "Akustik Rapor" kapsamına uygun düşecek biçimde ve en yalın hali ile sunulmuştur.

Tarihsel Bir Bakış

19. yüzyıl ve öncesi için Batılı ülkelerin yönetim politikaları ve yerel yönetimlerinin gürültünün zararları konusunda yeteri kadar bilinçli ve duyarlı oldukları söylenemez. Geçtiğimiz yüzyılın başlarında ölen ünlü Alman hekim Robert KOCH'un bir buçuk asır kadar önce söylediği "Bir gün veba gibi gürültüyle savaşmak zorunda kalacağız" sözü Avrupa'da önemli bir toplumsal sağlık sorununa dikkatleri çeker. Nitekim çok geçmeden Avrupa yerleşik nüfusunun %70'inden fazlasının gürültü ve etkileri ile savaşmak zorunda kaldığı açıkça izlenmeye başlayacaktır.

Kısa zamanda, bilim adamları arasında doğru seçilmiş yapı elemanları, nitelikli ve titiz imalat detayları, mekânların işlevlerine uygun gürültü sınır değerlerinin el birliği ile belirlenip bu değerlere uyulması halinde gürültünün insan üzerindeki olumsuz etkilerinin kolaylıkla minimize edebileceği düşüncesi filizlenmeye başlar. Nitekim duyarlı araştırmacıların katkıları ile ilk adımlar oldukça hızlı atılır ve ilk kez Almanya'da DIN 4110 (Alman Endüstri Standardı 4110) ile ölçüm ve değerlendirmeleri kapsayan bir dizi kural belirlenir. Bunu 6 yıl sonra, son güncellemesi 1989 yılında yayımlanacak olan DIN 4109 ile yapısal ses yalıtım kuralları takip eder. Zamanla İsveç, Finlandiya, Danimarka, İsviçre gibi bazı Avrupa ülkelerindeki bilim adamları binaların gürültüye karşı nasıl korunacağı konusunda araştırmalar ve bilimsel yayınlar yaparak paylaşımlarda bulunurlar. 1950'den itibaren binaların akustik kalitesinin gelişimini ve akustik performanslarını belirlemek için bu standart ve tahmin yöntemlerini kullanarak araştırmalar yapan İtalya'nın, yerinde ölçümler, laboratuvar araştırmaları, uygulama örnekleri gibi çalışmalar neticesinde çıkan sonuçları paylaşımı (Nannipieri, Secchi, 2012) tüm Avrupa ülkeleri için de geçerlidir. Kuzey Avrupa ülkelerinde, yapısal yalıtım kuralları ile ilgili standartların geçerli kabul ettiği algılanabilir frekans bandlarının genişletilmesi, daha alçak ve daha yüksek frekanslardaki gürültülerin de ölçülerek gerekli uyarılama terimlerinin uygulanması konusunda yoğun araştırmalar halen devam etmektedir.

Binalarda yapısal gürültü kontrolünü esas alan DIN standartları 2000’li yıllardan sonra ISO 12354 numaralı standart serisine evrilir ve ses yalıtım tahmin yöntemleri de dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaya başlar (Fischer, 2017: 3).

Standart 6 bölümden oluşmakla birlikte beş bölümlü ISO 10140 ölçüm standartları, iki bölümlü ISO 717 yapısal uyarlama terimleri için esasları, iki bölümlü ISO 16283 alan ölçüm teknikleri gibi başka temel standartlar ile de desteklenir. 10140 serisi ile verilen yönergelerin ilk hali 1960’lı yıllara kadar uzanır ancak 1996’da son şeklini alır ve halen kullanılmakta olan laboratuvar ölçüm tekniklerini açık biçimde tanımlar (Rasmussen, 2010: 3). ISO 717 farklı gürültü tiplerinin frekans bileşenlerinin nasıl filtreleneceği, yapısal uyarlamaların nasıl belirlenip münferit projelerin laboratuvar koşullarına göre nasıl uygunlaştırılacağına temelleri verilir. Diğer taraftan mevcut yapılarda kullanılan malzemelerin testi ve özelliklerinin belirlenmesi için hangi direktiflerin esas alınması gerektiğini 10140 serisi standartlar belirler.

Loye’un 50’li yılların sonlarında otel, hastane ve çoklu duvarların gürültü geçişlerine karşı davranışları ve gürültünün denetimi ile ilgili konsept çalışması dikkat çeker (Loye, 1957). 50’lerden sonra giderek artan araştırmalar konuyu ve sorunlarını, daha çok teorik anlamda açıklamaya, uzun soluklu bilimsel kitaplar formatında ilgili çevrelere sunmaya başlar. Bu günkü kadar mesleki alt uzmanlık alanları görece az olduğundan olsa gerek, bilimsel yayınlara öncülük eden bilim adamları, yaygın olarak fizik, makine mühendisleri ya da mimarlardır.

En iyi bilinen erken yayınlardan biri kuşkusuz ABD konut ve kentsel kalkınma bölümünce 1963 yılında yayınlanmış olan bir başvuru kitabıdır (Berendt vd, 1963). İleriki yıllarda “Duvarlar Arasında Hava Doğuşlu Ses Yalıtım Kriterleri” gibi çalışmalar (Northwood, 1976) arka plan gürültü seviyelerinin önemini ve duvarlar arasındaki geçişlerinde kullanılması gereken kriterleri vurgulamaları ile dikkatleri çekecektir. 2000’li yıllara kadar onlarca kongre, yüzlerce yayın batılı ülkelerde kullanılan mimari yapı elemanlarının gürültü geçişleri, kontrolü, montaj yönergeleri, akustik ve yalıtım özellikleri ve öneriler gibi konularda geniş bir kaynak dağarı oluşturur.

Son yıllarda Stuttgart Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. Fischer 'in “Duvarcılıkta Ses yalıtımı” (Schallschutz im Mauerwerksbau) başlıklı çalışması (2006) uluslararası standartları özetleyen ve karmaşık görüneni anlaşılır kılan yapısıyla yapısal gürültü sorunlarının kaynağına adeta ışık tutar. Fischer 'in yaklaşık 10 yıl sonra bir araya getireceği çalışması ise bina gürültü denetimi açısından sorunların kolayca çözümü, bir gürültünün hava ve yapısal yolları kullanarak ilerleyişinde neler yapabileceği adına dikkatleri çeken yapıda bir özet çalışma gibidir (Fischer, 2017).

Ülkemizde çevresel gürültü ve binalardaki gürültü iletiminin denetimi ile ilgili yasalar, yönetmelikler ve yürütmelerin geçmişi 80'li yıllara dayanır. Salt “Gürültü” ifadesi açısından bakıldığında, revizyonları hariç, üç kanun dört yönetmelik ve bir KHK bulunur, bunlar sırasıyla: Çevre Kanunu (9/8/1983, 3/4/2007), İmar Kanunu (3/5/1985), Gürültü Kontrol Yönetmeliği (11/12/1986), Motorlu Araçların Dış Gürültü Emisyonları ve Egzoz Sistemleri ile İlgili Tip Onayı Yönetmeliği (30/11/2000), Çevresel Gürültü Yönetmeliği ve Değerlendirilmesi Direktifi (25/6/2002), Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (1/7/2005, 7/3/2008, 4/6/2010, 27/4/2011, 18/11/2015), Açık Alanda Kullanılan Teçhizat Tarafından Oluşturulan Çevredeki Gürültü Emisyonu ile İlgili Yönetmelik (30/12/2006), Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname (6/4/2011), Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik (28/7/2013), Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (31/5/2017, 31/5/2018)'dir.

2017'de, Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nden 31 yıl sonra, Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (BGKKHY) yayınlanır: Amaç “her türlü yapı, bina, tesis ve işletmenin işletimi ve kullanımı safhalarında insanların maruz kalacağı, binaların dışından veya içinden kaynaklanan gürültülerin, kişilerin huzur ve sükûnuna, beden ve ruh sağlığına olumsuz etkilerini en aza indirecek iyi işitme ve algılama koşullarının sağlanması için, tasarım, yapım, kullanım, bakım ve işletim bakımından uyulacak kuralların belirlenmesidir”. Bu kapsamda binaların akustik performanslarına uygun olacak performans sınıfı, sınıflara ilişkin sınır değerlerin seçimi ve sonuçların değerlendirilmesi ile ilgili direktifler verilir.

Yönetmeliğin yayınlanmasından önce yapılan bilimsel çalışmaların önemli bir bölümü binalardaki gürültü ile ilgili değildir. Ağırlıklı olarak dış ortam çevresel gürültü etkileri, ölçümleri ve değerlendirmeleri ya da eğitim kurumlarında yapılmış ve ankete dayalı öznel gürültü ifadelerinin istatistik değerlendirmelerini, yorumlarını vb. kapsar (Bulunuz, 2017; Bulunuz, 2019). Ankete dayalı çalışmalar her ne kadar çevresel gürültü ve/veya hacim akustiği büyüklükleri ile ilgili sayısal değerler vermese de, gürültünün insanlar ve eğitim üzerindeki etkilerini anlayabilmek, görebilmek adına çok önemlidir kuşkusuz. Konuyla ilgi uzmanlık tezleri, makaleler, yapılan araştırmalar ve diğer bilimsel çalışmalar ağırlıklı olarak ulaşım araçları ve eğlence gürültülerinin haritalandırılması, gürültü bariyerleri, sanayi tesislerindeki gürültü ve titreşim kontrolü çalışmaları vb. üzerine yoğunlaştığı görülür. Özellikle karayolu gürültü emisyon değerlerinin imar planları ile entegrasyonu konusundaki çalışmalar bu aşamada dikkatleri çeker (Maraş: 2017). İmar planları ile entegrasyonun bir önemi de henüz mimari tasarım aşamasında gürültü kontrolü adına önlemlerin alınmasına yardımcı, doğru ve etkin kent planlamasının yapılabilmesi ve bugün, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın üzerinde titizlikle durduğu, düzenlediği uzman eğitim seminerleri ile eleman yetiştirmesine olanak tanıdığı "Eylem Planlarının Hazırlanması" etkinlikleri adına da önem taşımaktadır.

Mimari proje aşamasında mekânların tasarımı, gürültü kontrolü ve hacim akustiği ile entegrasyonu konusunda titiz, analitik ve paylaşımcı olmanın önemi görmezden gelinemez. Bir mimari projede mekânlardaki gürültü, akustik konfor, anlaşılabilirlik gibi kavramlar söz konusu olduğunda bir kat daha titiz olmak toplam kalitemizi de artırabilir. Bugüne kadar bu sorunların çözümünde, çalışılan mekânda sadece çınlama süresinin etüt edilmesi ve arka plan gürültü göstergesinin kontrolü yeterli görülmüştür: Geçen yüzyılda makina, fizik mühendisliği gibi alanlardan gelen Sabine, Beranek, Ando, Hidaka gibi batılı duayenler ve kazandırdıkları temel kuram kitaplarının bizlerin de değerli öğretmenlerimiz olduğu gerçeği inkâr edilemez.

Mesleki uzmanlık alanları geliştikçe bakış açımız da genişler, derinleşir. Örneğin, Özçetin ve Demirel çalışmasını, konservatuvar binalarında gürültü kontrolüne yönelik ulusal ve uluslararası mevzuatları ortaya koyarak karşılaştırıp İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Almanya ve Türkiye mevzuatları ışığında irdeleyerek hazırlar.

Çalışma İngiltere'nin en kapsamlı mevzuata sahip olduğunu, ardından ABD ve Almanya'nın anılmaya değer bulunduğunu, ülkemizde ise maalesef yetersiz kaldığını göstermesiyle ilginçtir (2012).

Binalardaki gürültünün kontrolü ve hacim akustiğinin uygunlaştırılması adına sadece çınlama süresi, arkaplan gürültü düzeyi gibi birkaç parametrenin yeterli olmadığı artık bilinen bir gerçektir. Başka bir deyişle, bugüne kadar yapıldığı gibi, bir yapıdaki akustiğin kontrolü sadece çınlamanın denetim altına alınması veya çalışan bir makinenin titreşiminin kesilmesi ile sınırlı değildir. Neyse ki bir grup bilim adamı hızla daha kapsamlı, yapı malzemeleri ile ilgili detayların da devreye sokulduğu, uluslararası standartlara uygun işlemleri uygulayan ve olası çözüm önerileri ile sorunları aydınlatmaya katkıda bulunan çalışmaları ile önemli veriler sunmakta gecikmez. Konuya yönetmelikler, standartlar doğrultusunda ve akustik benzetim yazılımları desteği ile yalıtım değerleri ve hacim akustiği parametreleri açısından yaklaşan çalışmalar (Untuç, 2017: 11) her geçen gün ilgi odağı olmayı sürdürür, giderek sorunları ve olası çözümleri de açıklar şekilde adeta kişilik kazanır.

BGKKHY kapsamında değerlendirilen bu uzmanlık çalışmasında, yönetmelikte belirlenen “Akustik Performans Sınıfı” tanımları, ölçütleri dikkate alınacak, mevcut mekânların işlevlerine uygun sınır değerleri belirlenecek hava yolu ile iletilen cephe gürültüsü, mekânlar arası gürültü iletimi, yapısal yolla iletilen gürültüler, havalandırma sistem gürültüleri, arkaplan gürültü düzeyleri ve çınlama süreleri incelenecektir. Çalışmanın son bölümü yönetmelik ile açıkça tanımlanmış bulunan “Akustik Proje” kapsamına bir örnek sunar. Mevcut yapının öngörülen performans sınıfını karşılayıp karşılamadığı, karşılamıyor ise olası önlemlerin tespiti ve bu önlemler neticesinde sonuçların ne düzeye erişebileceği araştırılır.

Bu çalışmadan çıkan veriler, uygun formatlara göre düzenlendiğinde, yerel yönetimler tarafından bina ruhsat aşamasında yükleniciden talep edilen “Mimari Akustik Rapor” ve/veya “Akustik Proje” taleplerini karşılar niteliklere sahiptir.

BÖLÜM 1: TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde, bu çalışmada yer alan konularda esas teşkil eden, kullanılacak olan teknik terim ve kavramlar ile mevzuatların açıklamalarına yer verilmektedir.

1.1 SES FİZİĞİ

1.1.1 Parçacık Hareketi

Ses dalgaları elastiktir; kütle ve elastikiyet özelliğine sahip ortamlarda oluşabilir. Ortamdaki parçacıklar milyonlarca molekülü barındıracak kadar büyük, akışkanlık özelliği ile basınç, yoğunluk, hız gibi değişkenleri sabit olarak kabul edilebilecek kadar da küçük bir elemandır. Yer değiştiren parçacık ataletle sahiptir ve hareketi komşu parçacıklara, tüm ortama yayılabilir.

Uyaran enerjinin iletilebilmesi için üç temel hareket formu bulunur: suya atılan bir taşın oluşturduğu gibi dairesel yörünge (circular orbit) formu, bir keman telinin çekilmesinde olduğu gibi enine hareket (transversely) formu, hava gibi bir ortamdaki tepkiye benzer boyuna (longitudinal) dalga formu. Havadaki parçacıkların hızı boylamasına dalgalar şeklinde, yani yayılma yönünde gerçekleşir (Ginn, 1978: 9-10).

1.1.2 Ses Hızı

Ses dalgalarının birim zamanda aldığı mesafedir. Ses dalgalarının bulunduğu ve yayıldığı ortam özelliklerine göre ulaştığı uzaklık değişir. İdeal gaz sabitinde havada yayılım için sıcaklık (Strutt ve Rayleigh, 1945);

$$c=(g_c\gamma RT)^{1/2}$$

burada,

c : Ses Hızı

g_c : Birim dönüşüm faktörü, Newton ($1N = 1kg.m/s^2$)

γ : Özgül Isı

R : İdeal gaz sabiti, $287 J/kg$

T : Mutlak sıcaklık, x

Ortam sıcaklığı, basınç seviyesi ve yoğunluğun bir fonksiyonudur. Buna göre ses hızı tahmini için eşitlik (m/s);

$$C_{hava} = 331,2 + 0,6x (C^{\circ})$$

Katı maddelerde hız maddenin esneklik katsayısına ve yoğunluğuna bağlıdır. Bu büyüklük malzemenin elastisite katsayısı ve yoğunluğu ile ilgilidir.

$$c = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}$$

burada,

c : Ses Hızı, m/s

β : Bulk Modüle, Esneklik katsayısı

ρ : Yoğunluk

1.1.3 Ses gücü ve seviyesi

Bir ses kaynağının yaydığı ses gücünün milletlerarası standartlarda tanımlanan referans ses gücüne oranının 10 tabanına göre logaritmasının 10 ile çarpılmasıyla bulunan ve dB cinsinden ifade edilen değerdir (RG, 2010: 3).

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

burada,

L_w : Ses gücü düzeyi, dBW

W : Ölçülen ses gücü

W_0 : Referans ses gücü (10^{-12})

Tablo 1- Kaynak tiplerine göre tipik ses gücü ve ses gücü seviyeleri

Kaynak	Ses gücü (W)	Ses gücü seviyesi (dB)
Fısıltı	10^{-9}	30
Normal konuşma	10^{-5}	70
Bağırtılı konuşma	10^{-3}	90
Kamyon kornası	10^{-1}	110
Pervaneli uçak motoru	1	120
Senfonik konser	10	130
Dört pervaneli uçak	100	140
4 jet motorlu uçak	5×10^4	167
Satürn roketi	5×10^7	197

1.1.4 Ses Basıncı ve Seviyesi

Belli bir noktada ölçülen ses basıncının, 2×10^{-5} Pa veya 20 μ Pa referans (P_0) ses basıncına oranının 10 tabanına göre logaritmasının 20 katı. Bir ses kaynağının ses gücünden daha çok, belli bir noktada yarattığı ses basınç değişimi önemlidir (Özgüven, 2008: 7).

Ses basınç seviyesi;

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

Basıncıta oluşacak 3 dB'lik bir değişim kulak tarafından ancak hissedilebilir bir seviyedir. 10 dB'lik bir artış ise ses gücünün ikiye katlandığı hissini uyandırır.

Tablo 2- Ses seviyesindeki değişim oranları ve öznel karşılıkları

Ses seviyesindeki değişim (dB)	Algılanan sesin gürülüğündeki değişim
3	Ancak hissedilebilir
5	Belirgin derecede farklı
10	İki kat farklı
15	Çok farklı
20	Dört kat farklı

1.1.5 Ses Yoğunluğu ve Seviyesi

Ses Yoğunluğu (I), ortamdaki ses yayılımına dik bir birim alandan, birim zamanda geçen akustik enerjinin vektörel büyüklüğüdür ve ortamın yoğunluk değişimine bağlıdır. Uzaklık ile ters orantılıdır. Referans değer duyma alt eşiği olan (I_{ref}) 1×10^{-12} (W/m²) dir ve sabittir:

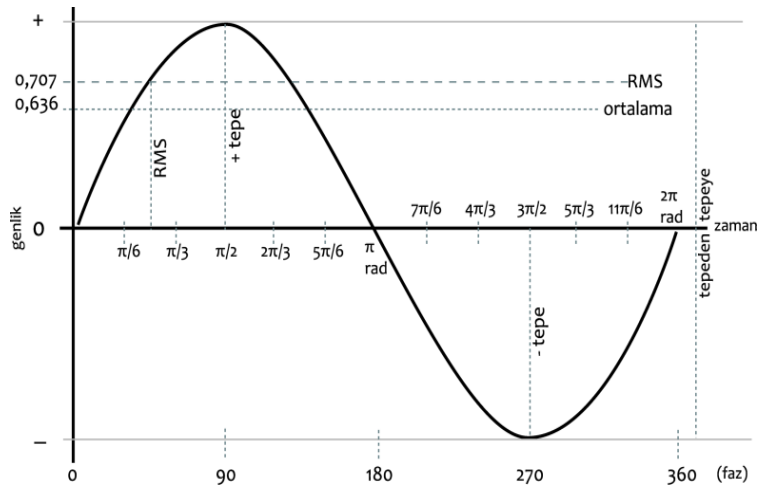
$$L_I = 10 \log \frac{\text{ölçülen yoğunluk}}{1 \times 10^{-12}} \text{ (W/m}^2\text{)}$$

0 dB ($I=I_{ref}$ olması durumu, $\log 1=0$), insan kulağının duyabileceği en düşük ses şiddetidir. Havadaki yayılma sırasında yaklaşık 0,16 dB kayıp söz konusudur ve bu düzey çıplak kulak ile algılanamaz.

1.1.6 RMS Seviye

Belirli bir zaman aralığında ölçülen basınç değerlerinin karelerinin ortalamasının kareköküdür. Çevresel gürültü seviyeleri tahminlerinde ağırlıklı olarak RMS (Root Mean Square) seviye değerleri kullanılır (Durmaz, 2018: 20).

$$p = \left[\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt \right]^{1/2}$$



Şekil 1- Rms, Genlik/Faz grafiği (Durmaz, 2018)

1.1.7 Desibel

Ölçülen seslerin güç, şiddet ve basınçlarının, işitilebilen en hafif ses referans alınarak, bu referans değere göre karşılaştırılması ile elde edilen sonucun logaritmik olarak verildiği “düzey”in birimidir (RG, 2010: 3).

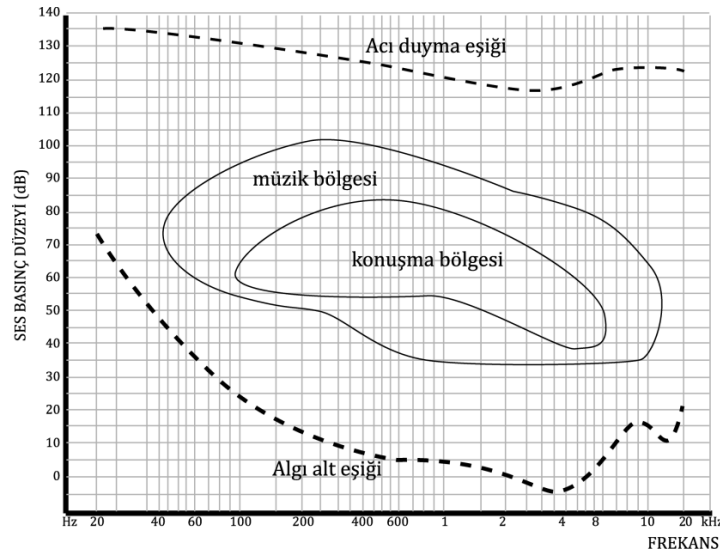
1.1.8 Frekans ve İşitmenin Sınırları

Titreşimin saniyedeki döngü sayısıdır (Hz). Sağlıklı bir kulak ile algılanabilen seslerin saniyedeki titreşim sayısı 20–20000 (20 Hz - 20 kHz) aralığındadır. Frekans zaman, dolayısıyla dalga boyu ile ters orantılıdır, frekans arttıkça dalga boyu kısalmır: yüksek titreşimli seslerin dalga boyları kısadır.

$$frekans = \frac{1}{Zaman (sn)} (Hz)$$

İnsan kulağı ile algılanabilen en küçük frekans değişiminin (frekans fark etme eşiği) 250 ms’den uzun ve 20 dB üzerindeki ses düzeyleri için, yaklaşık 1 Hz olarak kabul edilir. İnsan kulağının en hassas olduğu frekans bölgesi ise 1 kHz - 4 kHz aralığındadır.

İşitilebilir büyüklük, frekans değerlerine göre kulağın algılayabildiği gürlük değerlerinin oluşturduğu algılama bölgesinin (işitilebilir bölge) bir ifadesidir (Durmaz, 2017:85).



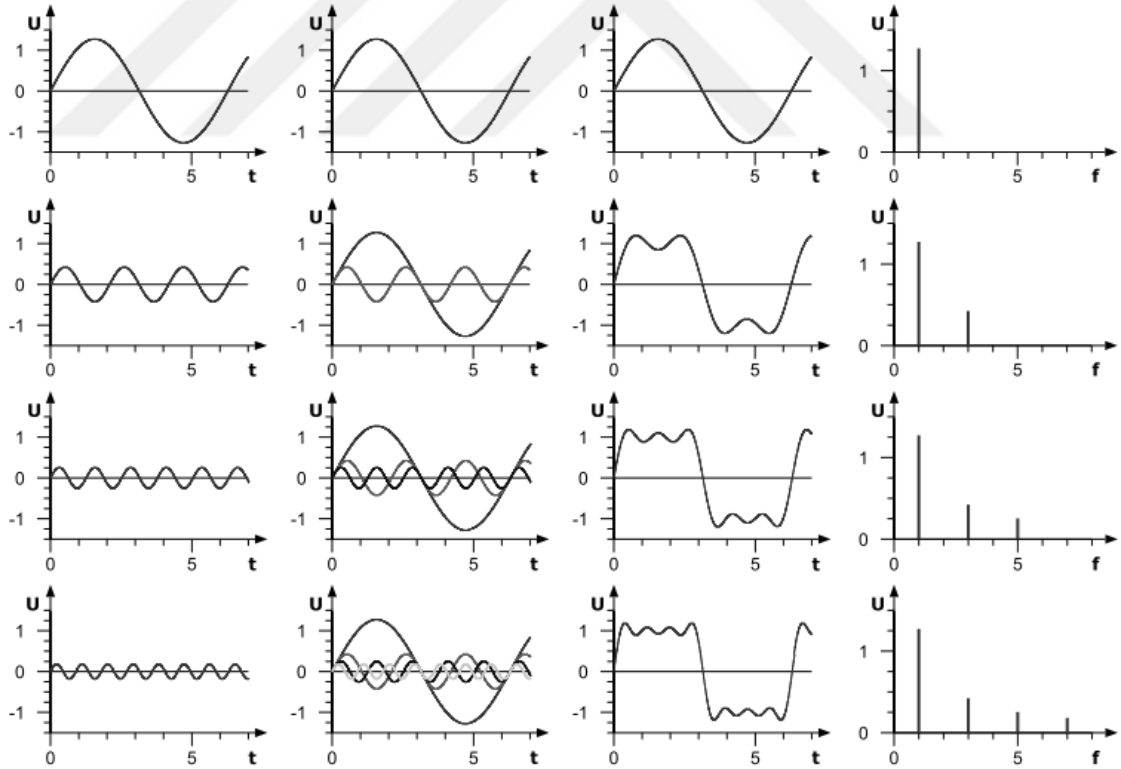
Şekil 2-İnsan kulağının algılama bölgeleri (Durmaz, 2018)

1.1.9 Frekans Spektrumu ve Hızlı Fourier Dönüşümü

Duyulabilir seslerin oktav ve 1/3 oktav bantların her birinde sahip olduğu ses basınç düzeylerinin frekanslara göre dağılımı tayfidır.

Farklı titreşimdeki saf frekanslar birleşip karmaşık, bileşik dalgalar (complex waves) oluşturabilir. Sinüs gibi basit dalga formlarını kullanarak bileşik/karmaşık dalga biçimleri veya yeni sesler elde edebildiğimiz gibi, var olan karmaşık frekanslı sesleri elemanlarına ayırıştırıp basit dalga formlarına geri dönüş de sağlayabiliriz. Bu bir dönüşüm prosesidir ve hızlı Fourier analizi adı ile anılır.

Fonksiyonların karmaşık üsteller toplamı biçimde gösterimine Fourier Açılım Serisi denir. Bu yöntem ile fonksiyonların frekansları kolayca belirlenebilir, bileşenlerine ayrılabilir (Durmaz, 2017: 128).



Şekil 3-Dalga formları ve bunları oluşturan bileşke elemanları (U=genlik, t=zaman, f=frekans)

1.1.10 Oktav Frekanslar

Birbirlerinin iki katı olan frekanslar dizisidir. Kulakla algılanabilen 20–20.000 Hz arası oldukça geniş bir bölgedir. Bu nedenle geniş frekans bölgesi parçalara ayrılarak daha küçük parçalar üzerinde işlemler yapılır. Her parça bir bant'dır ve belirli bir frekans aralığını kapsar. Birbirinin iki katı olan iki frekans arasının 1, 2 3.. gibi parçalara bölünmesi ile frekans alanı küçük dilimlere ayrılabilir (1/1, 1/3, 1/6 vb). Bu işlem ve değerlendirme kolaylığı sağlar. (Pek çok uygulamada üç parçalı kaba ayırım tercih edilir: Düşük bant (20–250 Hz), orta bant (250 Hz–2,5 kHz) ve yüksek bant (2,5–20 kHz). İşitme sistemi konuşma seslerinin frekanslarının enerjisinin ağırlıklı olarak bulunduğu orta frekans bölgesindeki uyaranlara daha duyarlıdır.

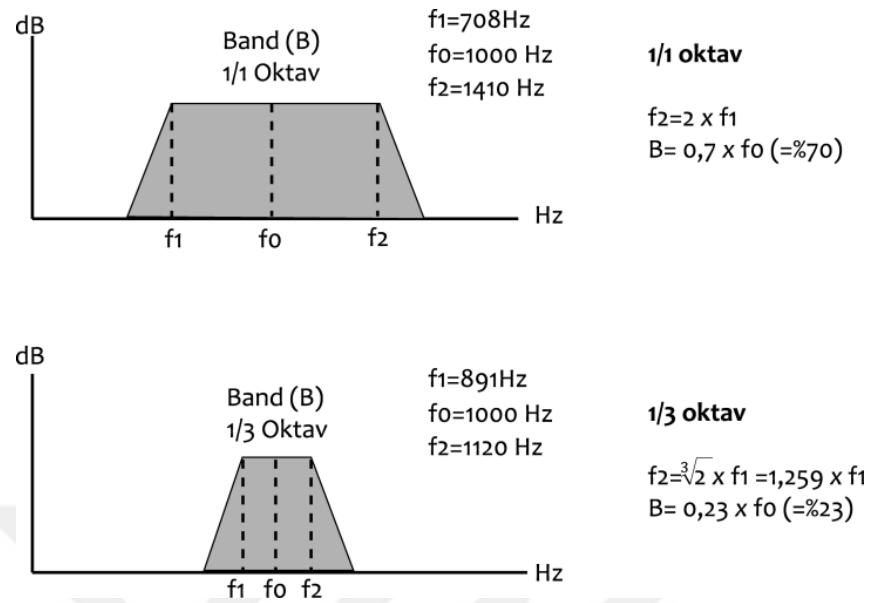
Tablo 3- 1/1, 1/3 ve 1/12 oktav frekans bölümlerinde frekans değerleri

Frekans değerleri (Hz)																									
1/12 oktav	1/3 oktav	63			125			250			500			1000			2000			4000			8000		
50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000		

Oktav frekansları için, ISO 3741:2010 tarafından standarda bağlanan değerler kullanılır ve 63 Hz ile 8000 Hz arasındaki kalan toplam sekiz frekans bandı ile işlem yapılması yeterli kabul edilir (Durmaz, 2017: 103).

Bir oktav bandı içinde bandın üst değeri alt değerinin iki katıdır ve her bandın üst değeri bir sonraki bandın alt değeridir. Bir bandın merkez frekansı da alt ve üst sınır değerlerinin geometrik ortalamasıdır. Merkez frekans (f_0), üst limit (f_2) ve alt limit (f_1) çarpımının kareköküdür.

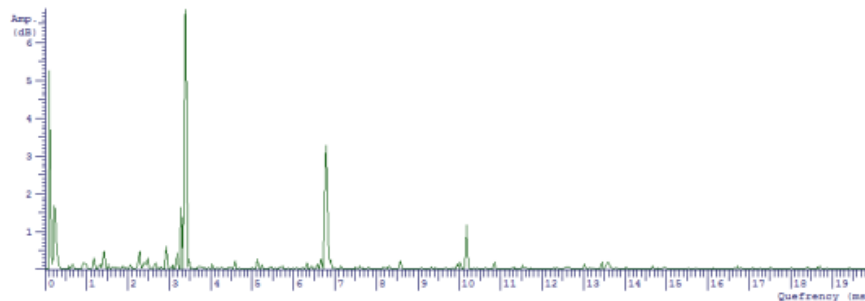
$$\text{merkez frekans} = \sqrt{\text{alt limit} \times \text{üst limit}}(\text{Hz})$$



Şekil 4- 1/1 oktav ve 1/3 oktav alt-üst sınırlar ile merkez frekansları

1.1.11 Harmonikler

Overtone ve Harmonikler bir temel frekansın üstünde bulunan seslerin genel adıdır. Overtone'lar tüm harmonikleri kapsayabilir fakat overtone'larda bütün harmoniklerin bulunması koşul değildir. Overtone'ların kendi içinde doğal bir uyuma sahip olması beklenmez. Bir ana ses ve ondan daha düşük enerjili birden fazla, gelişigüzel tınlayan tüm üst elemanlar overtone'ları oluşturur. Üst seslerin arasında doğal uyum varsa bunlara harmonikler denir.



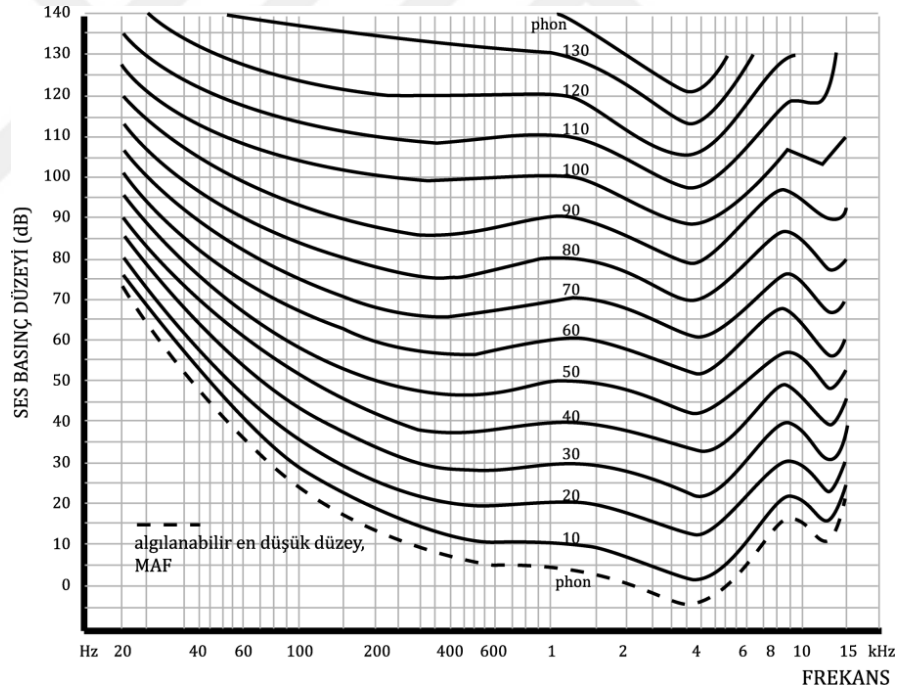
Şekil 5- Bir müzik parçasının dalga formu (üstte) ve seçilen andaki (128.ms) üst ses frekans bileşenleri. ($f_0=294\text{hz}$; $f_1=411\text{hz}$; $f_2=1387\text{hz}$; $f_3=3188\text{hz}$; $f_4= 4939\text{hz}$) (Durmaz, 2018)

1.1.12 Eş gürlük

Eşgürlük (Equal-Loudness), sesin frekans bantlarına göre büyüklüklerinin, öznel davranış gösteren kulak tarafından algılanış biçimi.

1933; Bell laboratuvarlarında H. Fletcher ve W. A. Munson araştırmaları sonucunda yayınladıkları bildiri insan kulağının farklı frekanslara farklı seviyelerde duyarlılık gösterdiğini gösterdi Buna göre deneklerin en duyarlı olduğu frekans bölgesi 1 kHz - 5 kHz arası, en az duyarlı olduğu bölge ise 20 Hz - 60 Hz arası idi. Ortaya algılama ile ilgili bir “Eşgürlük Eğrisi” çıkmış oldu.

1956’da Robinson ve Dadson veriyi güncellediler, ardından ISO R226:1961 ile ilk, ISO 226:2003 ile son ve bugünkü standardı oluşturuldu.



Şekil 6-ISO R 226:2003 Eşgürlük Eğrileri (Durmaz, 2018)

Grafikten insan kulağının en duyarlı olduğu frekansların 4000 Hz civarı olduğu, 1,5–5 kHz arası frekansları duyabilmemiz için sadece 0 dB SPL (veya 2×10^{-5} Pascal’lık) basınç değişiminin (bkz. Ses Basınç Düzeyi) yeterli olduğu anlaşılmaktadır.

1.1.13 Ağırlıklandırma Filtreleri

İnsan kulağının ses titreşimlerine olan duyarlılığı frekanslara bağlıdır. Ölçülmüş ses basınç değeri filtre edilmemiş hali ile insan kulağının algıladığı şekli için doğru bir karşılık değildir (Özgüven, 2008: 39). İnsan kulağının frekans duyarlılık yanıtlarına göre standart filtre düzeltme değerleri olduğu kabul edilmektedir.

Kulağın algılama şeklini en iyi tarif eden filtre sistemi A ağırlıklı filtrelemedir. B, C, D gibi ağırlık filtreleri bulunmakla birlikte en yaygın ve bu çalışmanın kapsamına uygun olmasıyla burada A tipi filtre tercih edilmektedir. A eğrisi: 40 fon eğrisini esas alır ve 55 dB'den düşük sesler için kullanılır. Z eğrisi: Doğrusal davranışı ifade eder. Kulağın doğal davranışı değildir. Tüm frekanslar birbirine eşittir. Bant basınçlarının ölçümleri ve mühendislik hesaplarında kullanılır. Okunan frekans seviyeleri üzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan kullanılır.

ANSI S 1.6 filtreleme standardına uygun üretilmiş tüm ses seviyesi ölçerler A ağırlık filtre ile işlem yapabilmektedir. Filtre tiplerine göre yapılacak düzeltmeler için örnek tablo aşağıda verilmiştir.

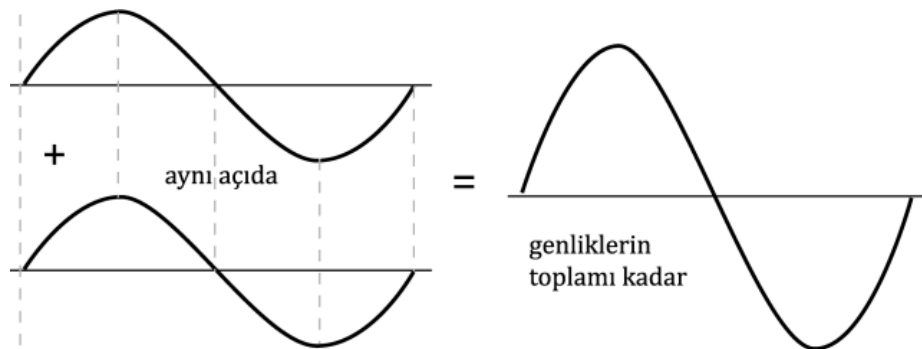
Tablo 4-Ağırlıklandırma Filtreleri Düzeltme Değerleri

Ortalama Frekans (1/3 oktav, Hz)	Kesin Frekans (Hz)	Filtre tiplerine göre düzeltme değerleri (dB)			
		A	B	C	Z
10	10,0000	-70,4	-38,2	-14,3	0,0
12,5	12,5893	-63,4	-33,2	-11,2	0,0
16	15,8489	-56,7	-28,5	-8,5	0,0
20	19,9526	-50,5	-24,2	-6,2	0,0
25	25,1189	-44,7	-20,4	-4,4	0,0
31,5	31,6228	-39,4	-17,1	-3,0	0,0
40	39,8107	-34,6	-14,2	-2,0	0,0
50	50,1187	-30,2	-11,6	-1,3	0,0
63	63,0957	-26,2	-9,3	-0,8	0,0
80	79,4328	-22,5	-7,4	-0,5	0,0
100	100,000	-19,1	-5,5	-0,3	0,0
125	125,893	-16,1	-4,2	-0,2	0,0
160	158,489	-13,1	-3,0	-0,1	0,0
200	199,526	-10,9	-2,0	0,0	0,0
250	251,189	-8,6	-1,3	0,0	0,0
315	316,228	-6,6	-0,8	0,0	0,0
400	398,107	-4,8	-0,5	0,0	0,0
500	501,187	-3,2	-0,3	0,0	0,0

630	630,957	-1,9	-0,1	0,0	0,0
800	794,328	-0,8	-0,0	0,0	0,0
1000	1000,00	0,0	0,0	0,0	0,0
1250	1258,93	+0,6	-0,0	0,0	0,0
1600	1584,89	+1,0	-0,0	-0,1	0,0
2000	1995,26	+1,2	-0,1	-0,2	0,0
2500	2511,89	+1,3	-0,2	-0,3	0,0
3150	3162,28	+1,2	-0,4	-0,5	0,0
4000	3981,07	+1,0	-0,7	-0,8	0,0
5000	5011,87	+0,5	-1,2	-1,3	0,0
6300	6309,57	-0,1	-1,9	-2,0	0,0
8000	7943,28	-1,1	-2,9	-3,0	0,0
10000	10000,0	-2,5	-4,3	-4,4	0,0
12500	12589,3	-4,3	-6,1	-6,2	0,0
16000	15848,9	-6,6	-8,4	-8,5	0,0
20000	19952,6	-9,3	-11,1	-11,2	0,0

1.1.14 Rezonans

Biri uyarıcı diğeri uyarılan, doğal frekansları birbirine eşit iki maddenin karşılıklı etkileşim ile genliklerini birleştirerek büyütülmüş akustik titreşimleri oluşturmalarıdır. Bir uyarıcı (*excitatory*) ve bir uyarılan (*resonator*) ikilisinden oluşur. Bir cismin sadece esnekliğine ve kütesine bağlı olan ve cismin o frekansta uyarıldığında yüksek genlikle ve sürekli olarak titreşeceği frekansa ise *Doğal Frekans* denir. Uyarıcı ve uyarılan aynı frekansa sahip olduğunda her uyarıcı sinyal ardından genlikler toplanır. Bu giderek büyüyen bir etki oluşturur (Durmaz, 2008: 127)



Şekil 7-Aynı frekanstaki titreşimlerin toplamı ve periyodik uyarıların toplam genlik üzerindeki etkileri

Her maddenin doğasında bir ya da birden çok frekansın bir arada titreştiği, bir doğal frekansı vardır. Birden çok frekans bir arada olsa bile, en baskın enerji değerine sahip olan bir temel (fundamental) frekans mutlaka bulunur. Bu bir öz titreşim frekansıdır ve bu frekansı gürlüğü en yüksek bileşenler belirler. Maddeye öz titreşim değerine uygun bir uyaran gönderildiğinde, o madde genliğini giderek artıran bir titreşim yapmaya başlar. Genliği artan dış uyaran etkisi ile toplanıp büyüyen öz titreşimlerdir.

1.1.15 Yönelgenlik ve Yönelme Faktörü

Ses kaynakları yayıldığı alanlarda belli yönlerde diğer yönlere göre daha çok enerji yayarlar. Teorik olarak sesin bir noktada küresel daireler halinde yayılması referans olarak alındığında, aynı noktadaki ses şiddeti ile referans alınan ses şiddetinin oranı yönelme katsayısını verir. Sesin şiddeti açısından

$$Q = \frac{I_q}{I} \text{ veya } Q = \frac{p^2}{p_t^2}$$

I_q : kaynaktan yayılan q açısındaki ses yoğunluğu

I : küresel yüzey üzerindeki ortalama ses yoğunluğu

P^2 : ölçülen sesin basıncı

P_t^2 : referans rms değeri

Yönelme indisi ise ;

$$DI = 10 \log \frac{I_q}{I}$$

şeklinde ifade edilebilir.

Ses kaynakları farklı yönelme katsayılarına sahip olabilir. Düzgün ses yayan bir ses kaynağının değişik konumlarda sahip olacağı yönelme katsayısı ve yönelme indisleri farklıdır (Durmaz, 2017: 19).

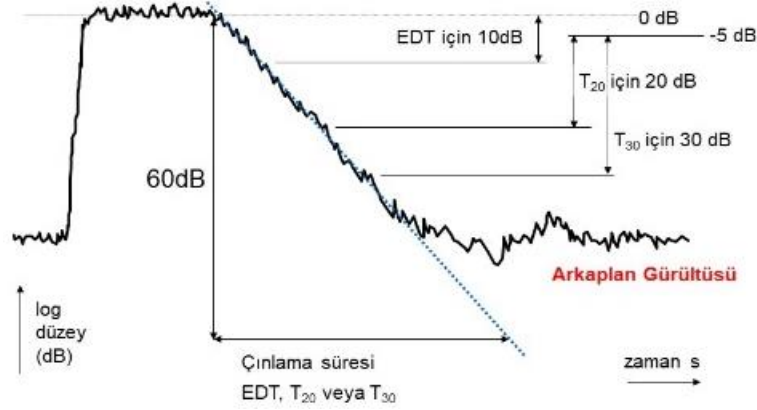
Tablo 5-Yönelgenlik ve Yayılma Faktörü Tablosu

Q	Yayılma alanı	Eşdeğer formül	Kritik uzaklık (SWL = SPL)	dB - uzaklık	Uzaklık/düşüş
1 	$4\pi r^2$	$\sqrt{\frac{1}{4\pi}}$	0,282 m	$20\text{Log} \frac{0,282}{1}$	$10 \text{Log} (1) = 0 \text{ dB}$
2 	$2\pi r^2$	$\sqrt{\frac{1}{2\pi}}$	0,399 m	$20\text{Log} \frac{0,399}{1}$	$10 \text{Log} (2) = 3 \text{ dB}$
4 	πr^2	$\sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0,564 m	$20\text{Log} \frac{0,564}{1}$	$10 \text{Log} (4) = 6 \text{ dB}$
8 	$\pi r^2/2$	$\sqrt{\frac{2}{\pi}}$	0,798 m	$20\text{Log} \frac{0,798}{1}$	$10 \text{Log} (8) = 9 \text{ dB}$

1.1.16 Çınlama ve süresi

Kaynaktan çıkan bir sesin kapalı bir hacimde yüzeylerden ard-arada ve birçok kez yansımaya reverberasyon denir [TS EN ISO 3382-1 ile tanımlanan bu değer için “çınlama” ifadesi kullanıldığından, bundan sonra reverberasyon yerine “çınlama” kullanılacaktır].

Yansıyan ve yutulan ses enerjileri dengedeyken, ses kaynağı kapatıldıktan sonra ses seviyesinin bulunduğu noktadan 60dB düşmesi (1/106 oranında azalması) için geçen süreye ise çınlama süresi denir: T_{60} ile ifade edilir. Hacim içinde sönümlenen enerji seviyesi o hacmin arka plan enerji seviyesine kadar inebilir, bundan sonrası arka plan gürültü seviyesidir (Durmaz, 2018: 31).



Şekil 8- EDT, T₂₀, T₃₀ logaritma/zaman çizelgesi

Mekânın yüzeyleri ne kadar çıplak, emicilik değerleri ne kadar düşük ise çınlama süresi de o kadar uzun olur. Kapalı bir hacimde, çınlama süresinin uzaması, üst üste binen enerjilerin gücünü artırması, ses basınç seviyesinin yükselmesi demektir. Dolayısıyla mekânın arka plan gürültü seviyesi bu şekilde artabilir, sinyalin gürültüye oranı düşer ve “1” e yaklaşır. Bu akustik açıdan bir kusurdur ve önlem gerektirir. Binalarda gürültü göstergeleri, çınlama süresinin bir fonksiyonudur. Çınlama süresi kısaca:

$$T = \frac{0,161V}{A}$$

V : Odanın Hacmi, m^3

A (Sa_{ort}) : Odanın emici yüzey alanı, m^2 /Sabine

Bu, Wallace C. Sabine’in gözleme dayalı deneyleri sonucunda ulaştığı yaklaşık değerlerde bir eşitliktir. Bir odanın T_{60} değerini biliniyorsa, odanın toplam emiciliği yani eşdeğer emicilik alanı bulunabilir.

$$Sa = (A) = \frac{0,161V}{T}$$

Bu eşitlik emicilik katsayısının (α) 0.25 - 0.30’dan küçük olduğu mekânlarda en yakın sonucu verebilir.

Çınlama süresi frekanslara bağlı olarak değişir. Hacmin büyüklüğü ile doğru, emici yüzey alanı ile ters orantılıdır. Küçük T değeri, konuşmanın anlaşılabilirliği için iyi bir

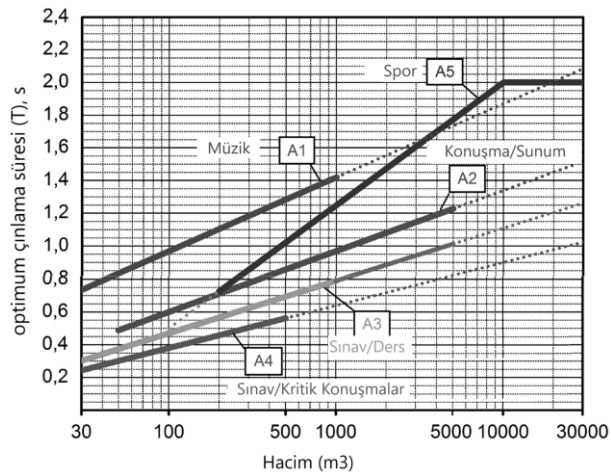
etki yaratırken, kabul edilebilir oranlardaki çınlama süresi müziği canlı hale getirir, konuşma anlaşılabilirliğini olumsuz etkiler, dinleyiciyi yorar.

Hacim büyüklükleri ile çınlama süreleri arasında uluslararası platformlarda kabul edilen bazı sınır değerler vardır. Ortalama 5000 m³ e kadar olan kapalı hacimlerde hangi çınlama süresinin en uygun olacağı Alman Endüstri Standardı DIN 18041:2016 ile belirlenmiştir. İşlevlerine göre mekânların çınlama süreleri de farklı olmalıdır. Bina akustiğinde ise referans çınlama süresi bulunur ve elde edilen tüm büyüklükler bu sürelerle standardize edilmelidir.

Kapalı bir hacimde uzun çınlama süresi ses gücünü artırır, kulakta zamana bağlı maskeleye etkisi doğurabilir, hacmin ne kadar büyük olduğu mesajını verir, müzik yapılıyor ise (pop ve disko değil, özellikle barok ve kısmen klasik müzik) canlılık ve dolgunluk sağlar.

Kısa çınlama süresinde ses gücü kontrollüdür, konuşma varsa anlaşılabilirlik yükselmeye başlar, dinleyicilerin algı seviyesi yükselir, konuya yoğunlaşma kolaylaşır, müzik için tercih edilmez.

Küçük hacimli mekânlarda fonksiyona göre önerilen çınlama süreleri bulunur. Bunlar deneysel ve ankete dayalı sonuçlar olup, genel kabul değerlerini verir. (Durmaz, 2018: 39)



Şekil 9-Mekân hacmi ve çınlama süreleri için en uygun değerler (DIN 18041:2016)

1.1.17 Çınlama Alanı

Sesin yansıyabildiği bir alanda, herhangi bir noktada ölçülen ses basıncı seviyesi ile yansiyarak gelen seslerin neden olacağı ses basınç düzeylerinin toplamıdır. Böyle bir alana çınlama alanı (yankılanım alanı) adı verilir. Çınlama alanlarında, ses basıncı seviyesinin kaynağa olan uzaklıkla değişimi, odanın geometrisine ve yüzeylerinin akustik davranış biçimlerine ve emicilik değerlerine göre farklılık gösterir (Özgüven, 2008: 123).

1.1.18 Malzemelerde Emicilik

Malzemeler üzerine gelen ses enerjisine farklı tepkiler gösterir; bir kısmını yansıtır, emer, gelen enerjinin formunu değiştirir veya arka tarafına geçirir. Her maddenin frekanslara göre değişkenlik gösteren emicilik değerleri bulunur.

Bir yüzeyde emilen ses enerjisinin, o yüzeye gelen toplam ses enerjisine oranına emicilik katsayısı denir. Alfa (α) simgesi kullanılarak ifade edilir, frekansa bağlıdır ve 0 ($\alpha = 0$ tam yansıtıcı) ile 1 ($\alpha = 1$ tam emici) arasında değer alır. Malzeme üreticileri yaygın olarak 125Hz-4000Hz arasında ve 1/1 oktav frekanslar için malzeme emicilik değerlerini anons ederler. Binalarda gürültü ve kapalı hacimlerin özel parametreleri bulunurken 1/3 oktav gibi 50 Hz-5000 Hz arası frekanslar için emicilik değerlerine ihtiyaç duyulabilir. Bu gibi durumlarda akredite ölçüm laboratuvarları tarafından malzemeler üzerinde yapılan test sonuçlarına sahip olmak gerekir. Kimi durumlarda ağırlıklandırılmış, tek sayı ile ifade edilebilen bir ses emicilik katsayısına ihtiyaç duyulur (α_w). Eğer üretici firmalar bu değerleri belirtmemiş ise, 1/3 oktav çözünürlükteki frekanslara ait ses emme katsayıları mevcut ise, TS EN ISO 11654'de verilen yönergeler doğrultusunda ağırlıklı katsayı hesaplanabilir. Malzemelerin frekanslara bağlı emicilik değerleri bina gürültü kontrolleri ve hacim akustiği kontrolleri çalışmalarında kullanılan en önemli değişkenlerdendir.

Ağırlıklandırılmış değer olarak α aralıkları ve karşılık gelen emicilik sınıfları aşağıdaki gibidir.

Tablo 6-TS EN ISO 11654'e göre emicilik sınıfları tablosu

a_w	Ses emici sınıf	
0,90 - 1,00	A	
0,80-0,85	B	
0,60 - 0,75	C	
0,30 - 0,55	D	
0,15 - 0,25	E	
0,00 - 0,10	Sınıf dışı	

Her malzemenin, eşyanın, kişilerin nesne başına m^2 ile ifade edilebilen eşdeğer ses emme alanı bulunur. Bu değerler frekanslara bağlı olarak her frekansın emicilik değeri ile malzemenin yüzey alanına olan oranının bir ifadesidir. Başka bir deyişle, $10 m^2$ yüzey alanına sahip bir malzeme, $10 m^2$ emici veya yansıtıcı yüzeye karşılık gelmez. Bu malzemenin örneğin, $8 m^2$ 'lik, yani %80'lik bölümü emici olarak görev yapmaktadır ve bu durumda ortalama α değeri de 0.8 olur.

$$A = \alpha S \quad (m^2/sabine)$$

Bir mekânda farklı emicilik değerlerine sahip ne kadar malzeme mevcutsa, hepsi için ayrı-ayrı eşdeğer emilim alanı (**A**) hesaplanmalıdır. Sadece iki boyutlu yüzeyler değil, hacimli eşyaların da eşdeğer emicilik karşılıkları hesaplanmalıdır. Bu durumda eşyanın hacminin karesinin küp kökü karşılığındaki değer o eşyanın efektif yüzeyi olarak kabul edilir ve deneysel bağıntı şöyle ifade edilir (Durmaz, 2018: 137) :

$$A = \sqrt[3]{V_{obj}^2} (m^2)$$

Bu durumda üç boyutlu bir eşyanın eşdeğer emicilik değeri

$$A_{obj} = \alpha \sqrt[3]{V_{obj}^2} \quad (m^2/sabine)$$

olur. Mekân içinde kullanılan objelerin hacimleri ile çalışabilmek için bu malzemelerin genel hacim ile bağlantılı olarak nesne oranlarının (Ψ) hesaplanması gerekir. Nesne oranı:

$$\Psi = \frac{\sum_{j=1}^o V_{obj,j} + \sum_{k=1}^p V_{obj,k}}{V}$$

burada;

o : j eşyalarının sayısı

p : k eşya dizilerinin sayısı

V : mekânın hacmi, m^3

W. C. Sabine (1898) kapalı hacimlerdeki sesin ışıın davranışları üzerinde yaptığı çalışmalar sonucunda çınlama süresinin hacim ve emici yüzey alanı ile ilgili olduğunu saptadı (Sabine, 1923: 44).

Bazı mekânlarda eşdeğer emicilik eşit biçimde dağılmamış, modal akslara göre farklılıklar sergiliyor da olabilir. Bu gibi durumlarda odanın karşılıklı yüzeyleri için ayrı tahminlerin yapılması, toplam çınlama süresinin buradan elde edilmesi daha doğru sonuç verecektir (TS 12354-6, 2006: 13).

Kapalı hacimleri düzensiz olan veya dar hacimli mekânların çınlama süreleri, alanın tamamı için sabit olmaz. Aslında bu tür mekânlar ile içinde çok fazla ve çeşitli emicilik değerlerinde malzeme bulunan odalarda önemli olan daha çok farklı bölgelerdeki SPL, ses basınç seviyelerinin ne kadar olduğudur. SPL hem kaynak ses gücü dağılımlarına hem emicilik dağılımına bağlıdır. Hesaplamanın kolay yolu, düzensiz alanı düzenli küçük alt alanlara ayırmaktan geçer. Her alt alana gelen basınç düzeyleri ve genel basınç dağılımlarından yola çıkmak doğru olacaktır. Her kaynağın ortama kattığı ses gücü düzeyi ve her alt alanın eşdeğer emicilik alanı hesaplanmalıdır (Durmaz, 2018: 139).

Alt alanlardaki seçilen konumların basınç düzeyi $L_{p,s}$ algılama noktasından r_k uzaktaki k kaynaklardan gelen doğrudan iletim, engelleme ve yayılma yönü gibi etkilerin sonucu oluşan zayıflama faktörü ile ilgilidir (TS EN 12354-6 : 2006, 17).

$$L_{p,s} = 10 \log \frac{P_0 c_0}{P_0^2} \left[4c_0 w_s + \sum_k \frac{W_0}{4 \pi r_k^2} X_k 10^{L_{w,k}/10} \right]$$

burada:

W_s : çınlama alanına s alt alanındaki kaynaklardan eklenen ses gücü, W

W_0 : referans güç düzeyi, $W_0 = 1$ pikowatt

W_s : s alt alanındaki enerji yoğunluğu, Joule/ m^3

A_s : s alt alan yüzeylerin, açıkların, nesnelerin, havanın eşdeğer emicilik alanı, m^2 /Sabine

$S_{s,j}$: s ve j alt alanları arasındaki açık bağlantının alanı, m^2

n : s alt alanları ile bağlantılı k alanlarının sayısı

$L_{W,k}$: s alt alanı k kaynağının güç düzeyi, W (@ ref: 1 pikowatt)

α_s : tüm emiciliklerin hesaba katıldığı, s alt alanı için ortalama emicilik katsayısı

$L_{p,s}$: s alt alanındaki ses basınç düzeyi, (@ ref: $\mu 20$ Pa)

p_0 : referans ses basınç düzeyi, $\mu 20$ Pa

r_k : k kaynağı ile k alt alanı arasındaki uzaklık, m

X_k : k kaynağından yayılma sırasında, oluşan azaltma etkilerinin faktörü

1.1.19 Emicilik Katsayısı ve Çınlama

Emicilik katsayısı malzemenin özelliğine ve üzerine uygulanan frekansa bağlı olarak değişir. Bir odanın ortalama ses yutma katsayısı emici yüzey alanları ile toplam yüzey alanlarının bir ifadesidir:

$$\alpha_{ort} = \frac{S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + S_3\alpha_3 + \dots S_n\alpha_n}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots S_n} = \frac{\sum A_i}{\sum S_i} = \frac{A}{S}$$

burada;

S_i : i elemanı yüzey alanı, m^2

α_i : i eleman yüzeyinin emicilik katsayısı (frekansa bağlıdır)

A : odanın toplam emilim yüzeyi, m^2 /Sabine

S : odanın yüzey alanı

Büyük hacimli odalarda ortalama emicilik katsayısı bulunurken, havanın emilimi (k) de göz önünde bulundurulmalıdır (Özgüven, 2008: 125). Bu durumda α_{ort}

$$\alpha'_{ort} = \alpha_{ort} + k \frac{4V}{S}$$

burada:

V : Odanın hacmi, m^3

S : Odanın toplam yüzey alanı, m^2

K : nem, sıcaklık, frekansa bağlı bir katsayı, m^{-1}

İç ortamda, emicilik katsayısı değeri ne kadar düşükse ortamın çınlama süresi o kadar uzundur. Bu iki değişken ters orantılı olarak gerçekleşir.

1.1.20 Oda Sabiti

Hacim içindeki bir ses, hacmin yüzeylerinden etkilenir. Yüzeyler kendilerine çarpan sesleri yansıtacağı için hacim ne kadar büyük ve çıplak yüzeye sahip ise o kadar çok yansıma meydana gelecektir. Özellikle dikdörtgen yapıdaki odalarda duran dalgalar ve buna bağlı olarak modal rezonanslar oluşabilir. Bu istenmeyen bir etkidir ve önlem gerektirir.

Kapalı hacimlerde kaynaktan uzakta yoğunlaşan ses alanına yayınık alan (diffuse field) denir. Ses kaynağının yüzeylerden yeteri kadar uzakta olması ile yankılanan sesin seviyesi odanın sese ne kadar katkıda bulunduğu ile yakından ilişkilidir.

Oda sabiti, bir odada sesin yankılanışı ve bunun gürültü seviyesine nasıl katkıda bulunduğu ile ilgili büyüklüktür.

$$R = \frac{S\alpha_{\text{ort}}}{1 - \alpha}$$

Dolayısıyla ses gücü bilinen bir kaynağın hacim içinde yaratacağı ses basınç seviyesi oda sabiti R 'ye bağlıdır.

$$L_p = L_w + 10 \log \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right] \text{ dB}$$

burada,

L_p : Ses basınç seviyesi, dB

L_w : Ses gücü seviyesi, dB

Q : yönelme katsayısı

r : kaynak uzaklığı, m

R : oda sabiti

Ses basınç seviyesi, kaynağın ses gücü seviyesi (L_w), oda faktörü (R), kaynağın uzaklığı (r) ve kaynağın yönelme katsayısının (Q) bir fonksiyonudur. Yönlü davranan bir kaynak için Q “1”e eşit olmayacağından, ölçülecek ses basınç seviyesi kaynağın eksenine bağlı olacaktır. Q frekansa göre değişir.

Yüksek çınlama süresine sahip bir hacimde T 'yi düşürmek ve R 'yi artırmak için emicilik değerlerini uygun ayarlamak gerekir. Aksi durumda yansıyan seslerin etkisini indirmek mümkün olmayabilir.



1.2 ÇEVRESEL GÜRÜLTÜ

Gürültü (noise) istenmeyen, hoş gitmeyen, rahatsızlık veren seslere denir. Fiziksel olarak nesnel; kognitif açıdan ise öznel bir kavramdır; kişiye, kültüre, ortama, amaca, ihtiyaca göre değişir. En baskın parametresi gürülüktür. Frekansın içeriğinden çok enerjisinin yüksekliği, basınç değerleri daha fazla önemsenir. Beğenilse hatta bazı kişilerce gürültü olarak kabul edilmese bile, genliği çok yüksek sesler insanların psikolojik ve fizyolojik sağlığı açısından denetim altında tutulmak zorundadır.

Gürültü, diğer çevre kirliliği faktörlerine benzemez. Havada yayılmasına rağmen pek çok hava kirleticisi gibi görünmez, kokmaz. Onun insan sağlığı üzerindeki psikolojik ve fizyolojik etkileri yavaş ve kalıcı olabilir ki gürültünün neden olduğu ve sağlık açısından ön önemli risklerinden biri de budur.

Gürültünün nedenleri çok farklıdır: Nüfusun artması, teknolojik gelişmeler, ulaşım ağları, plansız yerleşim/kentleşme, halkın bilinçsizliği, eğitim eksikliği, yapılarda eksik uygulamalar, yetersiz önlemler, denetimsizlik, bilinçsiz sanayileşme, önlem almayı güçleştiren ekonomik koşullar vb.

1.2.1 Çevre Gürültüsü

Ulaşım araçları, kara yolu trafiği, demir yolu trafiği, hava yolu trafiği, deniz yolu trafiği, açık alanda kullanılan teçhizat, şantiye alanları, sanayi tesisleri, atölye, imalathane, işyerleri ve benzeri ile rekreasyon ve eğlence yerlerinden çevreye yayılan, istenmeyen veya zararlı açık hava seslerinin bütünü ile yapı içindeki mekanik sistemler ve diğer kaynaklardan doğan ve diğer bir mekân içinde bulunan insanları olumsuz etkileyen yapı içi gürültülerdir.

1.2.2 Gürültü Kaynakları: Açık Alan

Yapıların dışında yer alan kaynaklardan üretilen ve gerek yapı içindeki hacimleri ve gerekse yapı dışındaki açık alanları kullanan kişileri etkileyen gürültülerdir:

- Ulaşım gürültüleri (Karayolu, denizyolu, demiryolu, uçak ve havaalanı gürültüleri)
- Endüstri gürültüleri (endüstriye ait araç, gereç ve makineler ile işyerlerindeki çeşitli faaliyetlerden doğan gürültüler)
- Yapım (şantiye) gürültüleri (yol ve bina yapım işlerinin ve yapım makinelerinin gürültüleri)
- İnsan etkinliklerine ilişkin gürültüler (yüksek sesle konuşma, bağırma, çocuk sesleri, spor alanları, atış alanları, radyo TV ve müzik sesleri vb)
- Eğlence ve ticari amaçlı gürültüler (açık hava sinemaları, eğlence yerleri, yükseltilmiş reklamlar, satıcı sesleri, kaset ve plakçılardan müzik sesleri gibi)

1.2.3 Gürültü Kaynakları: Yapı İçi

Yapıların içinde yer alan kaynaklardan doğan seslerdir.

- Konuşma sesleri o Adım sesleri
- Ev araçlarının gürültüleri
- Yükseltilmiş müzik sesleri
- Darbe ve eşya sürtünme sesleri
- Kapı çarpmaları
- Büro gürültüleri o Garaj gürültüleri
- Çeşitli makine ve donanımların gürültüleri (asansör, tesisat v.b.)
- Yapı içinde yer alan işyerlerinden gelen özel gürültüler (Bilgili, vd. 2011: 5).

1.2.4 Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Gürültünün insanlar üzerinde yaptığı olumsuz etkiler, gürültünün özelliklerine bağlıdır.

1. Gürültü kaynağının türü,
2. Gürültünün frekans içeriği,
3. Gün boyunca maruz kalma süresi, gün içinde zamana göre dağılımı,

4. Ortalama gürültü seviyesi,
5. Çalışma yaşamı boyunca maruz kalınan toplam süre,
6. Kişinin yaşı, fizyolojik durumu, kültürü, yetiştiği/yaşadığı çevresi.

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) 1996 yılında yayımlanan bir raporunda rahatsızlık seviyeleri için şu sonuçları duyurdu:

Tablo 7- Gündüz saatleri için eşdeğer gürültü düzeyi ve kabul edilir etkileri

L_{eq} (gündüz, dBA)	Etki
55-60	Gürültü rahatsız eder
60-65	Rahatsızlık belirgin biçimde artar
65 ve üzeri	Davranış biçiminde engellemeler, gürültü kökenli olumsuz belirtiler oluşur.

Gürültüye maruz kalmanın fizyolojik, psikolojik ve performans etkileri bulunur ve yasal düzenlemeler ile denetim altında tutulmak durumundadır.

Fizyolojik etkileri, gürültünün en önemli sonuçlarından biridir. Kalp ritminde artış, solunum dengesizlikleri, kan basıncı yüksekliği, görme kusurları oluşturabilir. Uzun süreli etkiler sonucunda uyku düzensizliği, migren, sindirim sorunları, dolaşım sistemi ve kalp ve ritim sorunları gelişebilir.

Psikolojik etkileri, kişilerde ruhsal dengeyi ve konforu bozan etkilere sahiptir. Aşırı maruziyetlerde huzursuzluk, tedirginlik, sinirlilik durumları, kronik yorgunluk, algısal yavaşlama, tepki gecikmeleri, korku davranışları vb. gelişebilir.

Performans etkileri, işgücü ve katma değeri doğrudan etkileyen en önemli faktördür. İş verimi düşer, yoğunlaşma bozulur, hareketler engellenebilir (Bilgili, vd., 2011: 5)

Tablo 8-Gürültü dereceleri ve sağlık üzerindeki etkileri

Gürültü derecesi	Etkilenme aralığı (dBA)	Sağlık üzerindeki etkileri
1. Derece gürültüler	30-65	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uygu düzensizliği, yoğunlaşma bozukluğu

2. Derece gürültüler	65-90	Fizyolojik tepkiler: kan basıncı artışı, kal atışı ve solunum hızlanması, ani refleksler, beyin sıvısında değişimler
3. Derece gürültüler	90-120	Fizyolojik tepkiler: baş ağrıları
4. Derece gürültüler	120-140	İç kulakta kalıcı hasar, denge yitimi
5. Derece gürültüler	>140	Ciddi beyin hasarı, kulak zarının yırtılması

1.2.5 Gürültüye Maruz Kalma Süresi

Fon seviyeleri, frekanslara göre değişen işitme düzeyi ve etkilerinin işitme sağlığı ile ilgili yönü bulunmaktadır. Kulağın bu davranış grafiği, hangi frekanslara ne kadar duyarlı olup olmadığını bize bildirir. Bazı frekanslara karşı aşırı/az duyarlılığımız, uzun süreli maruziyet durumlarında sağlık sorunlarına da yol açar. İşitme sağlığı açısından hangi gürültü seviyesindeki değerlere en fazla ne kadar süre ile maruz kalınabileceği TSE 2607 ISO 1999: 1990 ile tanımlanmıştır. İş güvenliği ve işçi sağlığı açısından 8 saatten fazla 85 dBA üzerindeki maruziyetlere de izin verilmez. Ses düzeyleri için izin verilen en uzun maruziyet süreleri küresel platformda şu şekilde belirlenmiştir:

Tablo 9-Gün içinde kalınabilecek maksimum maruziyet süreleri

Ses Düzeyi (dBA)	Etki altında kalınabilecek maksimum süre (gün/saat)
90	8
92	6
95	4
97	3
100	2
102	1,5
105	1
110	1/2
115	1/4

1.2.6 Gürültünün Tipleri

Gürültü farklı formlarda karşımıza çıkabilir, dolayısıyla farklı kategorilerde değerlendirilirler:

1) Frekans içeriğine göre

- a) *Geniş bandlı* gürültüler, geniş bir frekans aralığına sahip seslerden oluşur. Frekans spektrumu yayılmış, belirgin biçimde bir frekans bandında toplanmamıştır. Yayın yapmayan boş TV kanalının hışırtısı, açık alanda rüzgâr uğultusu bu gürültü tipine bir örnektir.
- b) *Dar bandlı* gürültüler, belli bir frekans aralığına sahip seslerden oluşur. Çaydanlığın sesi, ısıksı makine gürültüsü, elektronik cihaz uğultusu bu gürültü tipine örnektir.

2) Zamana göre

- a) *Kararlı gürültüler*, zaman içindeki değişimleri genellikle küçük değerlerde kalan (5 dBA değişim değerini geçmeyen) seslerden oluşur. Bu tip gürültü seviyesinde zaman içinde büyük dalgalanmalar gözlenmez. Havalandırma sistemleri, elektrik motorları, trafiği kararlı akan işlek otoyol sesi bu gürültülere örnektir.
- b) *Kararsız gürültüler*, ses düzeyleri zamana göre önemli değişiklikler gösteren gürültü tipleridir. Zaman içinde seviyedeki dalgalanmaları büyük olduğu için kararsız olan bu enerjiler, kararlı bir ölçüm tekniği kullanarak, eşdeğer karşılığı ile tanımlanarak değerlendirilirler (bkz. Gürültüyü Ölçme). Sanayi siteleri, fabrika montaj hatları, yüzey taşlama, çekiçle çakma, uçak iniş-kalkışları bu gürültülere örnektir.

Bu gürültünün üç alt tipi bulunur: Dalgalı, kesikli ve darbesel.

Dalgalı gürültü, sürekli ve önemli değişiklikleri barındıran gürültü tipidir (Örneğin sanayide yüzey taşlama). *Kesikli gürültü*, seviyesi aniden ortam düzeyine düşebilen, ardından tekrar ve aşırı yükselen ve böylece tekrarlayan tiptir. Kesikli trafik gürültüsü, aralıklı çalışan vantilatör iyi bir örnektir. *Darbesel gürültü*, darbe hareketleri birer saniyeden az süren, yinelenen vuruş

etkisine sahip gürültüdür. Çekiçle çalışmak, perçin yapmak, silah atışı, hızla geçen jet sesleri gibi.

Gürültünün türünün doğru saptanması önemli bir konudur. Çünkü düzensiz bir özellik taşıyan gürültü ile düzenli ve ritmik bir özelliği bulunan gürültüye karşı gösterilen tepkiler farklıdır. Bu tepkisel özellik, kişilerin gürültü sınıfına giren uyarıları, gürültü olarak değerlendirme ölçütlerini de değiştirir: Kimisi için gürültü olmaktan çıkar, oysa o bir gürültüdür.

Örneğin, yüksek sesle müzik yayını yapan eğlence yerleri, katılan gençler için mükemmel bir ortam iken, mekân içi veya en yakın yerleşim yerinde bulunan orta yaş ve üzeri insanlar üzerinde rahatsızlık oluşturmaya neden olabilir. Özellikle bas frekanslardaki maskeleye etkisini bir daha anımsayalım. Bu frekanslardaki ses düzeyleri yasal açıdan sınır değerlerin altında gibi değerlendirilse bile, müziğin bas etkisi ve bu titreşimlerin ritmik özelliği, onları ciddi boyutta rahatsızlık veren ve önlem gerektiren bir kategoriye sokar (Bilgili, vd. 2011: 14).

1.2.7 Temel Büyüklükler

Binaların gürültüye karşı korunması konusunda çevre gürültüsünün önemi büyüktür. Çevresel gürültü kaynaklarının enerjileri ve bunlarla ilgili fiziksel büyüklüklerin en önemlileri burada verilmektedir.

1.2.8 Eşdeğer Gürültü Seviyesi

Eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi ($L_{Aeq,T}$) belirli bir T zamandaki ortalama ses basınç seviyesini tanımlamak için kullanılır. Ortalama zaman T'nin tanımlanması önemlidir. T, saniye, dakika ya da saat olabilir. Genellikle $L_{eq, A}$ ölçümlü filtreler kullanılarak ölçülmektedir. Bu sebeple literatürde $L_{Aeq, T}$ olarak sıkça geçmektedir. T zamandaki ortalama ses enerjisini bulduğu için, bu işleme enerji ortalaması da denilebilir.

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{100} \sum_{i=1}^N f_i 10^{\frac{L_{pAi}}{10}} \right)$$

1.2.9 Gündüz Akşam Gece Göstergeleri

Desibel A (dBA) büyüklüğü ile gündüz-akşam-gece düzeylerini ifade eden tek sayılı bir büyüklüktür.

$$L_{gag} = 10 \log \frac{1}{24} \left[\left(12 \times 10^{(L_{gün})/10} \right) + \left(4 \times 10^{(L_{akş}+5)/10} \right) + \left(8 \times 10^{(L_{gece}+10)/10} \right) \right]$$

Gündüz: 07.00'den 19.00'a kadar olmak üzere 12 saat,

Akşam: 19.00'dan 23.00 'e kadar olmak üzere 4 saat,

Gece: 23.00'den 07.00'ye kadar olmak üzere 8 saattir.

Bir bina içinde veya civarında gürültüye maruz kalma ile ilgili olarak stratejik gürültü ölçümleri uygulamak için yapılacak ölçümlerde daha farklı yüksekliklerin de seçilmesi mümkündür. Ancak seçilecek değerlendirme noktasının yüksekliği hiçbir zaman zemine 1.5 m mesafenin altında olmamalı ve ölçüm sonuçları üzerinde 4.0 m.lik eşdeğer yüksekliğe göre düzeltme yapılmalıdır (Bilgili, vd. 2011: 36).

1.2.10 Arkaplan Gürültü Seviyesi

Bir çevrede incelenen sesler bastırıldığında verilen konumdaki ve verilen durumdaki geriye kalan toplam sestir.

$$L = (10 \log(10^{L_{ölçölün/10}} - 10^{L_{arkaplan/10}})) - L_{arkaplan}$$

Arkaplan gürültüsü, ölçülen ses basınç seviyesinden < 10 dB ise bir düzeltme yapılmaz: Ölçülen değer kaynak gürültüsü değeridir.

Aralarındaki fark 3-10 dB aralığındaysa logaritmik çıkartma yapılarak saf kaynak gürültüsü hesaplanır.

Arkaplan gürültüsü, ölçülen ses basınç seviyesinden < 3 dB ise belirsizlik çok yüksek olduğu için düzeltme uygulanmaz.

1.2.11 Gürültünün Rahatsızlık Seviyesi

Çevresel gürültü emisyonlarında bina cephesine gelen ve bina içi gürültü ölçütleri üzerinde etkili olan eşdeğer gürültüler ve arka plan seviyelerde darbeleri, tonal veya kesikli gürültünün yarattığı rahatsızlığın değerlendirilmesinde, tek sayılı eşdeğer sürekli ses düzeyi yetersiz kalmaktadır. Böyle durumlarda, tonal değişim, darbesellik etkilerinin de dâhil edildiği etkilenim seviyesi ($L_{Ar,Tr}$) kullanılır. Gerçek rahatsızlık seviyesi şu bağıntı ile tahmin edilebilir (Bilgili, vd. 2011: 77).

$$L_{Ar,Tr} = L_{Aeq(T)} + K_I + K_T + K_R + K_S$$

Burada:

$L_{Aeq(T)}$: *T süresince ölçülmüş eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi, dB*

K_I : *Ani değişim ayarlaması, dB*

K_T : *Tonal değişim ayarlaması, dB*

K_R : *Zaman dilimine bağlı düzeltme*

K_S : *Kaynak türüne bağlı düzeltme*

1.2.12 Gürültüde Darbesellik ve Tonal Etki

Bir gürültüde hızlı ve kısa değişimler yaşıyorsa bu ses darbesel karakteristikte olabilir. Aniden oluşan yüksek düzeyli çarpma, darbe ve patlama gürültüleri bu tipdendir. Bu tip gürültüler (L_{Aeq}) ve (L_{C-peak}) ile ölçülür. Birim zamandaki darbe tekrar sayısı not edilmeli, buna göre gürültü düzeyi (L_{Aeq}) öngörülmalıdır. Sesin darbesel içeriğinin belirlenmesine ilişkin ISO tarafından belirlenen herhangi sabit bir yöntem bulunmamakla birlikte değerlendirilen seste darbesellik olması durumunda ölçülen L_{eq} değerine TS ISO 1996-1 standardı çerçevesinde belirtilen düzeltmelerin uygulanması tavsiye edilir.

Darbesel etkinin tespiti için I_{max} ve F_{max} arasındaki farkta >2 dB koşulu aranır: Koşul I: Fark, 2 dB den büyük ve 7 dB den küçük ($2 \leq (Fark=X) < 7$) ise ilave edilecek değer farkın iki eksiğidir ($X-2$). Koşul II: Farkın iki eksiği 5 ten büyük ($X-2 \geq 5$) ise ilave edilecek değer 5 dB'dir (Bilgili, vd. 2011: 79).

Gürültüde tonal etkinin tespitinde ise 1/1 ve 1/3 oktav bantta ölçülen bitişik ses basınç düzeyleri incelenir; komşu bandlar arasındaki dB farklarına göre aşağıdaki düzeltme faktörleri eklenir.

- Alçak frekanslı (25 - 125 Hz) 15 dB
- Orta frekanslarda (160-400 Hz) 8 dB
- Yüksek frekanslarda(500-10000Hz) 5 dB

Binaların gürültü kontrollerinde kullanmak üzere ihtiyaç duyulan cephe eşdeğer gürültü seviyeleri tonal ve darbesel etkilere sahip olabilir. Bu durum iç mekânlardaki gürültünün kontrolünde büyük önem taşır. Gürültü eğer kararlı tipte değilse daha yüksek bir L_{Aeq} değeri gösterecektir. Salt cihazın okuduğu eşdeğer gürültü seviyesi yeterli değildir; daha doğru bir sonuç için bu düzeltmelerin de yapılması gerekir.

1.2.13 Sınır Değer

Yetkili idarece belirlenen, aşılması halinde yetkili idarece dikkate alınan ve azaltıcı tedbirlerin uygulamaya konulmasına yol açan L_{gag} veya L_{gece} , ve uygun olan hallerde $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, L_{gece} ve L_{eq} değerini ifade eder.

1.2.14 Çevresel Gürültüde Sınır Değerler

Sınır değer kara yolu, demir yolu, hava yolu trafiği, eğlence yerleri, endüstri tesisleri gibi yerlerden çevreye yayılan farklı gürültü türleri için belirlenmiş, aşılması halinde yetkililerce dikkate alınan veya azaltıcı önlemlerin uygulamaya sokulmasına yol açan L_{gag} ve L_{gece} , uygun olan hallerde $L_{gündüz}$ ve $L_{akşam}$ ve L_{eq} üst değerleridir.

Gürültü kaynaklarının ve kaynak ses düzeylerinin ne oldukları ve uyulması gereken çevresel gürültü sınır değerleri yönetmelik ile açıkça belirtilir.

Karayolu, demiryolu, hava yolu, su yolu ulaşım araçlarında, açık alanlarda kullanılan ekipmanlarda, ev aletlerinde, sanayi tesislerinde, gürültü üreten işletmelerde uyulması gereken tüm şartlar açıklanır.

Sorunun yaşandığı bölgede bulunan evlerde TSEN 12354 -1, TSEN 12354 -2, TSEN 12354 -3 ve TSEN 12354 -4 standartlarına göre yapılacak yalıtım hesaplama sonuçları ve TSEN ISO 140-1, TSEN ISO 140-2, TSEN ISO 140-6, TSEN ISO 140-9, TSEN ISO 140-10 ve TS ISO 140-3, TS ISO 140-4, TS ISO 140-5, TS ISO 140-7, TS ISO 140-8 standartlarına göre yapılacak ses yalıtım ölçüm sonuçlarına uygun yapı elemanlarının belirlenerek uygulanması ve /veya yol kenarlarına TSEN 1793-1, TSEN 1793-2 ve TSEN 1793-3 standartlarına uygun gürültü perdeleme teknikleri dikkate alınarak etkin ve uygulanabilir bir tedbirin alınması gerekir (RG, 2010: Madde 22).

Yalıtımın hangi malzeme ve konstrüksiyon tipi ile yapılacağı bu standartlara uygun ses yalıtım ölçüm sonuçları esas alınarak belirlenir. Hesap ve ölçüm sonuçlarının, 1/3 oktav bantlarda ses geçiş kaybı değerleri (dB biriminde) ve ISO 717'ye göre R_w değerinin verilmesi gerekir. (Madde 27 (f))

Gürültü kaynakları türleri ve koşullara göre çevresel gürültü düzeyi $L_{gündüz}$ ve L_{gece} cinsinden aşağıda tablolar halinde verilen sınır değerler Yönetmelik'de (ÇGDYY, 2010: EK'ler) verilen sınır değerleri aşamaz. (Madde 21 (a))

Tablo 10-Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri

Alanlar	Planlanan/Yenilenmiş/ Onarılmış yollar			Mevcut yollar		
	$L_{gündüz}$ (dBA)	$L_{akşam}$ (dBA)	L_{gece} (dBA)	$L_{gündüz}$ (dBA)	$L_{akşam}$ (dBA)	L_{gece} (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

Metro istasyonlarında taşıtların geçtiği hatlarda; bekleme, iniş ve biniş platformlarında ve istasyonlarda, havalandırma kanallarında zaman dilimine bağlı olarak oluşabilecek çevresel gürültü sınır değerleri Tablo-2'deki değerleri aşamaz (Madde 22 (b)).

Tablo 11-Hafif Raylı Sistemler İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri

Yer altı İstasyonları		L_{eq} (dBA)	Yerüstü İstasyonları		L_{eq} (dBA)
Gişeler, merdivenler, koridorlar		55	Platformlar (platform kenarından 1,8 m)	Duran ve kalkan trenler için	70
Platformlar (platform kenarından 1,8 m)	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)		80			

Hava alanı çevresel gürültü düzeyleri $L_{gündüz}$ ve L_{gece} cinsinden Tablo-3 de verilen sınır değerleri aşamaz (Madde 23 (a)).

Tablo 12-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)		
	$L_{gündüz}$ (dBA)	$L_{akşam}$ (dBA)	L_{gece} (dBA)	$L_{gündüz}$ (dBA)	$L_{akşam}$ (dBA)	L_{gece} (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	63	58	53	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alalar	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

Endüstriyel tesisler için çevresel gürültü düzeyleri $L_{gündüz}$ ve L_{gece} cinsinden Tablo-4'deki sınır değerleri aşamaz. Bu değerler Ek-VII Liste A ve B sinde sıralanan eğlence yerleri dışındaki tüm tesisler için uygulanır (Madde 25 (a)).

Tablo 13-Endüstri Tesisleri için Çevresel Gürültü Sınır Değerleri

Alanlar	$L_{gündüz}$ (dBA)	$L_{akşam}$ (dBA)	L_{gece} (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

Şantiye alanı çevresel gürültü düzeyleri $L_{gündüz}$ cinsinden Tablo-5 deki sınır değerleri aşamaz. (Madde 26 (a))

Tablo 14-Şantiye Alanı İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri

Faaliyet türü (yapım, yıkım ve onarım)	$L_{gündüz}$ (dBA)
Bina	70
Yol	75
Diğer kaynaklar	70

Yerleşim alanı içinde bulunan yapı tiplerine göre iç mekânlarda, bu Yönetmeliğin 20. maddesinin (a) bendi çerçevesinde yapılan değerlendirme sonuçlarına göre iç mekân gürültü düzeyi L_{eq} dBA cinsinden Tablo-8 de verilen sınır değerleri aşamaz (Madde 28 (c)).

Tablo 15-İç Ortam Gürültü Seviyesi Sınır Değerleri

Kullanım Alanı		Kapalı Pencere L _{eq} (dBA)	Açık Pencere L _{eq} (dBA)
		Kullanım alanlarında herhangi bir faaliyet olmadığı durumlardaki değerler	
Kültürel Tesis Alanları	Tiyatro salonları	30	40
	Sinema salonları	30	40
	Konser salonları	25	35
	Konferans salonları	30	40
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, dükkânlar 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

1.3 BİNA AKUSTİĞİ

Binaların yakın çevresi, binalar içindeki mekânların iç akustiği ve yapı elemanları ile her türlü mekanik ve elektriksel sistemlerin meydana getirdiği gürültü sorunlarını inceleyen; zararlı seslerin engellenmesini amaçlayan ve çınlama süresini de içine alan akustik biliminin alt bilim dalıdır.

1.3.1 Bina Akustiği Uzmanı

Yönetmelikte öngörülen bina akustiği konusunda rapor ve akustik proje hazırlama, yapım sırasında değerlendirme, uygulama sonrasında ölçümlerle sonuçların ortaya konulması gibi hizmetleri gerçekleştiren uzman kişilerdir.

1.3.2 Akustik Performans Sınıfı

Binalarda ve içindeki bağımsız birimlerde iç gürültü düzeylerine, yapı elemanlarının yalıtım değerlerine, tesisat ve servis ekipmanlarından kaynaklanan iç gürültü düzeylerine ve çınlama zamanlarına bağlı olarak bir bağımsız birim veya binanın tümü için yapılan değerlendirme ile ortaya konulan; A, B, C, D, E veya F şeklinde ifade edilebilen derecelendirme sistemini (A, en yüksek performans; F, en düşük performans) gösterir.

1.3.3 Akustik Performans Belgesi

Bu Yönetmeliğe göre tüm gürültüye karşı hassas binalar veya içindeki bağımsız birimler için yapılacak akustik testler sonucunda akustik performans sınıfını gösteren belgedir.

1.3.4 Akustik Proje

Yönetmelik hükümleri kullanılarak hazırlanan akustik proje ve detay çizimlerini, anahtar paftaları, hesap ve/veya ölçüm sonuçlarını, değerlendirme raporlarını içeren proje dokümanlarını ifade eder.

1.3.5 Ağırlıklı İndeksler

Ağırlıklı ses azaltma indeksleri (R_w , R'_w), yapı elemanlarının yalıtım performanslarını belirtmek üzere elemanın ses azaltım indeks veya görünür ses azaltım indeksi değerlerinden, bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı yalıtım göstergeleri,

Ağırlıklı ses azaltma iyileştirme indeksi (ΔR_w), 1/3 oktav bantlarda belirlenen ses azaltma iyileştirme indeksi ΔR 'nin, bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı değeri,

Ağırlıklı ses emicilik kat sayısı (α_w), ses yutuculuğunun frekansa bağlı değerlerinin, bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı değerini,

Ağırlıklı standardize edilmiş cephe düzeyi farkı ($D_{2m,nT,w}$), cephenin 2 metre önünde mevcut trafik gürültüsü veya özel bir ses verici kaynak yardımıyla ölçülen ses basınç düzeyi ile alıcı odadaki ses basınç düzeyi arasındaki farkın, alıcı odasındaki çınlama süresine göre düzeltilmiş değerinden bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı yalıtım göstergesini,

Ağırlıklı standardize edilmiş düzey farkı ($D_{nT,w}$), bitişik iki odadan birisinde bir veya daha fazla ses kaynağı tarafından üretilen hava doğuşlu sesin her iki odada oluşturduğu ses basınç düzeylerinin yer ve zaman ortalamaları arasındaki farkın, alıcı odanın çınlama süresine göre düzeltilerek elde edilen spektral değerinden bir referans eğri kullanılarak elde edilen tek sayılı yalıtım göstergesini ifade eder (Gazete R., 2017).

1.3.6 Alıcı Oda, Kaynak Odası

Alıcı odası, bir ses yalıtımı ölçümünde sesin iletildiği ve alıcı mikrofonların konumlandığı odayı; kaynak odası, bir ses yalıtımı ölçümünde gürültü kaynağının konumlandığı odayı ifade eder. Kaynak odasının ses seviyesi L_1 , alı odasının ses seviyesi ise L_2 ile gösterilir.

1.3.7 Bölme Elemanı

Kaynak ve alıcı odasını ayıran, kapı ve pencere gibi bileşenleri de içerebilen duvar gibi düşey yapı elemanları ile döşeme, çatı gibi yapı elemanları belirtir.

1.3.8 Doğrudan ve Dolaylı İletim

Doğrudan iletim, bir yapı elemanına gelen seslerin elemanın titreşimi ile katı ortam doğuşlu olarak veya eleman üzerindeki yarıklar, panjurlar ve havalandırma üniteleri gibi boşluklar ile hava doğuşlu olarak elemanın arkasına iletilmesini,

Dolaylı veya yanal iletim, bir alıcı odasına bitişik odadan bölme elemanı aracılığı ile dış yapı elemanından doğrudan iletilen seslerin dışında, bu elemanlara bitişik olan yan duvarlar, tavan, döşeme gibi diğer elemanlar ile sesin iletilmesini ifade eder.

1.3.9 Düzey Farkı

Düzey farkı (D), bitişik iki odadan birisinde bir veya daha fazla ses kaynağı tarafından üretilen hava doğuşlu sesin her iki odada oluşturduğu ses basınç düzeylerinin yer ve zaman ortalamaları arasındaki ses basınç düzeyi farkını,

1.3.10 Gürültü Ölçütü

Bir gürültü göstergesi kullanılarak insan sağlığı, konforu, performansı ve iş veriminin olumsuz etkilenmemesi için kabul edilebilecek gürültü düzeylerini çeşitli kullanımlar için ayrıntılı olarak belirleyen sınır değerlerdir.

1.3.11 Spektrum Uyarlama Terimleri

Spektrum uyarlama terimleri (C_{tr} , C , C_I , $C_{tr,50-3150}$, $C_{50-3150}$, $C_{I,50-2500}$), tek sayılı yalıtım göstergelerinin elde edilmesi için belirli bir standart frekans spektrum eğrisi kullanılarak oktav veya 1/3 oktav bantlar için TS EN ISO 717- 1 ve TS EN ISO 717-2 standartlarına göre hesaplanan terimlerdir (RG, 2017: Madde 4).

1.3.12 Standardize Seviye Farkları

Standardize edilmiş cephe düzeyi farkı ($D_{2m,nT}$), cephenin 2 metre önünde mevcut trafik gürültüsü veya özel bir ses verici kaynak yardımıyla ölçülen ses basınç düzeyi ile alıcı odadaki ses basınç düzeyi arasındaki farkın alıcı odasındaki çınlama süresine göre düzeltilmiş değerini,

Standardize edilmiş düzey farkı (D_{nT}), bitişik iki odadan birisinde bir veya daha fazla ses kaynağı tarafından üretilen hava doğuşlu sesin her iki odada oluşturduğu ses basınç düzeylerinin yer ve zaman ortalamaları arasındaki farkın, alıcı odanın çınlama süresine göre düzeltilerek elde edilen spektral değerini,

Standardize edilmiş eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi ($L_{eq,nT}$), oktav veya 1/3 oktav bantlarda referans çınlama süresi 0.5 s alınarak standardize edilmiş eşdeğer sürekli ses basınç düzeyini (A Ağırlıklı ses düzeyi olarak ölçüldüğü zaman $L_{A,eq,nT}$ olarak adlandırılır),

Standardize edilmiş en yüksek ses basınç düzeyi ($L_{F,max,nT}$), hızlı tepki zaman ağırlığı kullanılarak oktav bantlarda ölçülen en yüksek ses basınç düzeyinin ölçüm yapılan odanın çınlama süresine göre ve referans çınlama süresi 0.5 s alınarak standardize edilmiş değeri (A Ağırlıklı ses düzeyi olarak ölçüldüğü zaman $L_{AF,max,nT}$ olarak adlandırılır) ifade eder (RG, 2017: Madde 4).

BÖLÜM 2: MEVZUAT

2.1 Yönetmelikler

Gürültünün denetimi ve kontrolü adına ilki çevresel gürültünün kontrolü, ikincisi ise binaların gürültüye karşı korunması ile ilgili olmak üzere iki temel yönetmelik mevcuttur.

2.1.1 Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği:

MADDE 1 – (1) Bu 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.

MADDE 2 – (1) Bu Yönetmelik; özellikle nüfusun yoğun olduğu alanlarda, parklarda veya yerleşim bölgelerindeki diğer sessiz alanlarda, açık arazideki sessiz alanlarda, okul, hastane ve diğer gürültüye hassas alanlar da dâhil olmak üzere insanların maruz kaldığı çevresel gürültüler ile çevresel titreşime yönelik esas ve usulleri kapsar.

Yönetmelik kapsamında kullanılması zorunlu olarak belirlenen temel standartlar ise şunlardır:

TS ISO 9613 – 2: Akustik - Sesin Dışarıda Yayılırken Azalması-Bölüm 2: Genel Hesaplama Yöntemi.

TS ISO 8297: Akustik – Çoklu Gürültü Kaynağına Sahip Sanayi Tesislerinde Çevredeki Ses Basınç Seviyelerinin Değerlendirilmesi İçin Ses Güç Seviyelerinin Tayini – —Mühendislik Metodu.

TS EN ISO 3744: Akustik –Gürültü Kaynaklarının Ses Gücü Seviyelerinin Ses Basıncı Kullanılarak Tayini- Bir Yansıtma Düzlemi Boyunca Esas Olarak Serbest Bir Alan İçinde Uygulanan Mühendislik Metodu.

TS EN ISO 3746: Akustik – Ses Basıncı Kullanılarak Gürültü Kaynaklarının Ses Güç Seviyelerinin Tayini-Bir Yansıtma Düzlemi Boyunca Çevreleyici Ölçme Yüzeyi Kullanılarak Yapılan Gözlem Metodu (R. Gazete, 2010).

2.1.2 Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik

MADDE 1 – (1) Bu Yönetmeliğin amacı; her türlü yapı, bina, tesis ve işletmenin işletimi ve kullanımı safhalarında insanların maruz kalacağı, binaların dışından veya içinden kaynaklanan gürültülerin, kişilerin huzur ve sükûnuna, beden ve ruh sağlığına olumsuz etkilerini en aza indirecek iyi işitme ve algılama koşullarının sağlanması için, tasarım, yapım, kullanım, bakım ve işletim bakımından uyulacak kuralların belirlenmesidir.

MADDE 2 – (1) Bu Yönetmelik; belediye ve mücavir alan sınırları içinde ve dışında kalan yerlerde inşa edilecek resmi ve özel her türlü yapı, bina, tesis ile işletmelerde iç mekânlarda insanların maruz kaldığı ulaşım, sanayi, yapım ve insan kaynaklı gürültüler gibi dış çevre gürültülerinin ve yapı içinde oluşan komşuluk gürültüleri, darbe sesleri, mekanik sistem ve servis ekipmanlarının gürültüleri ile cihazlardan yayılan mekanik titreşimlerin kontrol altına alınmasına yönelik önlemlere ilişkin temel kuralları kapsar. Yönetmelik kapsamında tanımlanan, uyulması zorunlu standartlar ise şunlardır (R. Gazete, 2010).

Tablo 16- Yönetmelik Kapsamında Uyulması Zorunlu Standartlar

Laboratuvarında test yapılacak eleman, bileşen ve malzemeler:		Uygulanacak standart
1	Yapı elemanları a) Hareketli veya katlanır bölme elemanları b) Camlı-camsız modüler bölme elemanları c) Hafif malzemeli bölme elemanları	TS EN ISO 10140-1 -Ek A Duvarlar -Ek F Döşemeler TS EN ISO 10140-2
2	Yapı bileşenleri: a) Kapılar b) Pencereleler -doğramaları ile birlikte c) Camlar - doğramasız	TS EN ISO 10140-1 -Ek B Kapılar -Ek C Pencereleler -Ek D Cam eleman TS EN ISO 10140-2
3	Ses yalıtımını artırıcı katmanlar: a) Masif duvar veya hafif plak duvarlarda uygulanan sönümlendirici malzemeler b) Asma tavanlar	TS EN ISO 10140-1 Ek G- Akustik kaplamalar - Hava ile yayılan ses yalıtımının iyileştirilmesi TS EN ISO 10140-2
4	Yapı elemanları (Darbe sesi yalıtımı) a) Kaplamalı ya da kaplamasız hazır döşeme plakları b) Kaplamalı ya da kaplamasız, ahşap taşıyıcı sistemler gibi hafif döşeme elemanları	TS EN ISO 10140-3
5	Ses yalıtımını artırıcı katmanlar: a) Yüzer döşemelerde kullanılan serilebilir malzemeler b) Döşemelerin üzerinde kullanılan kaplama malzemeleri c) Mekanik merkezlerde boşluklu döşemelerde kullanılan esnek destekler	TS EN ISO 10140-1 Ek H Zemin Kaplamaları - Darbe sesi yalıtımının iyileştirilmesi TS EN ISO 10140-3
6	- Kapı altı ses kesiciler - Dolgu malzemeleri: Köpükler, yapışkan bantlar, contalar, akustik macun - Akustik panjurlar - Cihaz kabinleri - Yapı elemanlarında katmanları bağlayan ve ses köprüsünü engelleyen noktasal veya doğrusal bağlantı profilleri - Esnek asma tavan askıları - Panjur kutuları - Elektrik kablosu kılıflama kutuları	TS EN ISO 10140-1 - Ek E Küçük yapı elemanları - Ek I Panjurlar - EK J- Dolgu veya yalıtım malzemeleriyle doldurulmuş bağlantılar TS EN ISO 10140-2
7	Modüler gürültü perdeleri (Gürültü perdelerinin ses azaltma indeksi ve yüzeyin ses yutuculuk malzemesi için ayrı ölçümler gereklidir)	TS EN 1793-1, -2, -3, -4, -5 ve -6 (Perdenin ses kırıcılık etkisi) TS EN 14388
8	Susturucular ve oda havalandırma üniteleri	TS EN ISO 7235.
9	- Tesisat sistemleri a) Vanalar, armatürler b) Sıhhi tesisat boruları	TS EN ISO 3822-1, -2, -3. ISO 15665
10	Pis su atım sistemleri	TS EN 14366
11	- Titreşim yalıtıcıları (kesiciler): a) Her türlü neopren, kauçuk, çelik yaylı vb titreşim yalıtım elemanları	

12	- Ses yutucu malzemeler (Gerek iç gürültü kontrolünde gerekse salon akustiğinde kullanılan yapı elemanların yüzeyinde kullanılan malzemeler): a) Sürme, püskürtme vb ile uygulanan katmanlar b) Yapıştırma veya çeşitli biçimlerde monte edilen yüzey elemanları (modüler veya yekpare malzemeler) c) Havalandırma kanalları için astarlama ve dışına giydirme malzemeleri d) Salon koltukları e) Perdeler (tüm montaj biçimleri için, koltuklarda insanlı ve insansız durumları için ayrı sonuçlar verilecektir.)	TS EN ISO 10534-1, -2 (Küçük boyutlu malzemelerin ses yutuculuk ve empedans ölçümleri için) TS EN ISO 354 (Büyük yüzeylerin ve mobilya gibi cisimlerin alan performansı için)
13	Yapılarda kullanılacak tüm mekanik ve elektriksel ekipman ve donatılar	

MADDE 5

(5) Ruhsata tabi yapılardan altıncı fıkra haricindekiler için proje müellifi veya akustik uzman tarafından mimari akustik raporu düzenlenir. Akustik rapor, bu Yönetmelikte öngörüldüğü şekilde; mekânların, gürültüye hassasiyet ve gürültülük yönünden birbirleri ile olan ilişkilerine ve ses iletim yollarına (hava doğuşlu ve darbe sesi) ait analizleri; hedeflenen akustik kalite ve yalıtım sınıfına göre uygulanacak sınır değerleri; bu değerlere ve analizlere göre mimari ve/veya tesisat projelerinde gösterilecek yapı elemanları ve bileşenleri ile noktasal birleşim detaylarını içerir.

(6) Aşağıda sayılan binalar için mimari ve tesisat projelerinden ayrı olarak, akustik uzman tarafından akustik proje hazırlanır ve (b) bendindeki yapılar için akustik performans belgesi düzenlenir.

a) Bir bodrum katı ve çatı arası hariç yediden fazla katlı konutlar, toplam inşaat alanı 2.000 metrekareyi geçen ikiden fazla katlı konut dışı binalar, EK-2 Tablo 2.1’de verilen bina işlevlerinden birden fazlasını içeren binalar, konser ve dinleme salonları gibi özel akustik tasarım gerektiren kullanımları içeren binalar,

b) A veya B akustik performans sınıfını hedefleyen binalar (R. Gazete, 2010).

2.2 Kavramlar

2.2.1 Mimari Akustik Rapor

Yönetmelik Madde 5'e göre, proje müellifi veya akustik uzman tarafından mimari akustik rapor düzenlenir. Yönetmelik esaslarına göre Mimari Akustik Rapor genel olarak şu konuları içerecektir.

1. Mimari proje hakkında genel bilgi Mimari projenin tanıtımı, binanın yer aldığı çevre, bina konumu, kat adedi, iç mekân organizasyonu;
2. Yerleşim planında çevresel gürültü kaynakları, çevresel gürültü göstergeleri cinsinden mevcut dış gürültü düzeyleri, hesaplama yöntemi ile ÇGDY EK-VII sınır değerlerine göre dış gürültü değerleri, varsa ölçüme ilişkin bilgiler (ölçüm noktalarını vaziyet planı üzerindeki konumu, dış gürültü kaynakları hakkında bilgi, uzaklıklar), kullanıldıysa gürültü haritalarının bilgileri, varsa üç boyutlu cephe gürültü dağılımları;
3. Anahtar paftalar, kat planları üzerinde işaretlenmiş iç bölme duvarlar, dış duvarlar, döşemeler, kapı pencere gibi yapı bileşenlerinin kod numaraları, yapı elemanlarının listeleri, detay numaraları gibi projeye özgü bilgiler;
4. Hedeflenen (sınır değerler) ve projede önerilen yapı elemanları ile sağlanacağı belirtilen değerler:
 - Hedeflenen akustik performans ve yalıtım sınıfları, seçim nedenleri,
 - Sınır değerler, öngörülen ses yalıtım değerleri, seçilen yapı elemanları ile sağlanacağı öngörülen ses yalıtım değerleri.
 - Komşuluk ilişkilerinin analizi, gürültülülük dereceleri, alıcı olmaları durumunda gürültüye karşı duyarlılıkları, mahal listeleri, mahal kodları, yapı elemanı kodları ve sınır değerler, dış yapı elemanları için kabul edilen sınır değerleri;
5. İstenen değerleri sağlayacak yapı elemanlarının malzeme ve konstrüksiyonları;
6. Yapı elemanları ve bileşenleri ve birleşim noktaları için ölçekli çizimleri;
7. Çınlama süresi kontrolü sınır değerleri;

8. Tesisat ve servis ekipmanlarından kaynaklanan gürültülerin kontrolü, gerekiyorsa detay çizimleri (ÇŞB, 2018: 19).

2.2.2 Akustik Proje

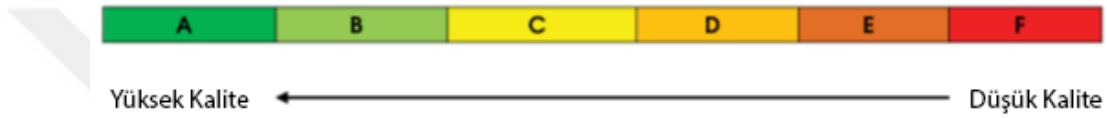
Yönetmelik Madde1 (6) da belirtilen binalar” için akustik proje hazırlanır” kuralı uyarınca hazırlanacak akustik proje ve sonuç raporuna ilişkin bilgiler en az şu bilgileri sağlamalıdır:

1. Mimari Akustik Raporda istenilen bilgileri ilave olarak tüm gürültü analizleri, hesaplamaları, modellemeleri, uygulama ve detay çizimleri;
2. Mekanik merkezlerde iç gürültü düzeyleri, tesisat ve servis ekipmanlarına duyarlı mekânlara iletilen gürültü düzeyleri;
3. Proje aşamasındaki binalarda hesaplama ve/veya modelleme neticesinde elde edilen, mekân içi gürültü düzeylerinin yaklaşık olarak belirlenmesi için komşu mekânlardan ve dış ortamdan mekâna iletilen gürültü düzeyleri;
4. Yönetmeliğe göre seçilen/öngörülen sınır değerler için akredite laboratuvar ölçüm raporları veya mühendislik hesaplamalarına dayandırılan çınlama süreleri;
5. Hesaplamalara göre belirlenen yapı eleman tipleri, malzeme ve konstrüksiyonları, 1/50 kat planları, kesitler, 1/20 sistem kesitleri, özel akustik ürün ve malzemenin tipleri, konstrüksiyonları ve uygulama detayları, performans değerleri, fiziksel özellikleri;
6. Tesisat ve servis ekipmanlarından kaynaklanan gürültü ve titreşim kontrolü, gerekli noktalarda detay çizimleri, alınan önlemler, ilişkin hesaplamalar, mekanik sistemler için titreşim kontrolü, tahminler, ölçümler, hesaplamalar, iletilen titreşim hız ve ivme değerleri, alınacak yapısal önlemler, modelleme (ÇŞB, 2018: 19).

2.2.3 Akustik Performans Sınıfı

Yönetmelikte verilen sınır değerler akustik performans sınıflarına göre değişmektedir. Bu nedenle istenen sınır değerlerin belirlenmesi için öncelikle hedeflenen akustik performans sınıfı seçilir. Akustik performans sınıflandırma sistemi; binalarda ve

içindeki bağımsız birimlerde a) iç gürültü düzeylerine; b) yapı elemanlarının ses yalıtım değerlerine; c) tesisat ve servis ekipmanlarından kaynaklanan iç gürültü düzeylerine d) reverberasyon sürelerine bağlı olarak bağımsız bölümler veya binanın tümü için uygulanabilen bir değerlendirme yöntemini kapsamaktadır. Akustik performans sınıflandırması, belirli bir sınıf aralığı uygulanarak A-F arasını kapsamaktadır. A sınıfı en yüksek kaliteyi (sessiz binayı), F sınıfı ise en düşük kaliteyi göstermektedir (Şekil 3). Akustik performans sınıflama sisteminde temel alınan ve bilimsel araştırmalara dayalı iç mekân akustik değerlendirmeleri Tablo 2'de verilmiştir (ÇŞB, 2018: 7).



Şekil 10- Akustik Performans Sınırlandırması

2.2.4 Akustik Performans Belirleme Yöntemi

- 1) Akustik Performans değerlendirmesi belirli tarih aralığı için geçerlidir. Akustik Performans Sınıfı Belgesi geçerliliği 10 yıldır.
- 2) Akustik değerlendirme, binada akustik tasarımı etkileyecek veya dış gürültü düzeylerinde bir değişiklik yapılmıyca kadar geçerlidir.
- 3) Binanın tasarım veya kullanım aşamasında projesinde veya işlevinde değişiklik olduğunda hesaplamalar ile yeni performans sınıfı belirlenir.
- 4) Tamamlanmış binada EK-9'da belirtilen standartlara uygun ölçümler yapılır. Ölçümler sertifikalı elemanlar ve akustik uzmanlar tarafından yapılır.
- 5) Belirlenecek akustik özellikler şunlardır.
 - a) Dış yapı elemanlarının hava doğuşlu ses yalıtımı için akustik performans sınıfı
 - b) Bölme elemanların hava doğuşlu ses yalıtımı için akustik performans sınıfı
 - c) Döşemelerin darbe sesi yalıtımı için akustik performans sınıfı
- ç) Servis ekipmanlarından kaynaklı iç gürültü düzeylerine göre akustik performans sınıfı

d) Akustik uzman tarafından seçilecek çeşitli mekânlarda iç gürültü düzeylerine göre akustik performans sınıfı

e) Reverberasyon süresi

6) İlgili akustik özellik için yeterli sayıda ölçüm yapılmalıdır. Özellikle gürültüye hassas mekanların ve mevcut yanal iletimlerin dikkatle incelenmesi gerekir. Özellikle gerekmedikçe, mutfak, banyo, depo gibi kullanım sıklığı ve süresi az olan hacimler, ölçümler için alıcı odası olarak seçilmez.

7) Bu amaçla ön hesaplamalar da yapılmalıdır. Akustik uzman tarafından her durum için yeterli sayıda örnek eleman belirlenir. Mobilyasız odalarda ölçüm yapılması durumunda sonuçların mobilyalı durumu temsil edebilmesi bakımından hesap yoluyla bir düzeltme uygulanır.

8) Binanın tamamına veya bir bağımsız birime ait bir akustik performans sınıfı atayabilmek için tüm ölçüm sonuçlarının istenilen değeri sağlaması gerekir. Hiçbir sonuç, o sınıf için istenilen değerinden olumsuz yönde 2 dB' den fazla fark olmamalıdır. Hacmi 25 m³ den küçük odalarda $D_{nt,50}$ ve $L'_{nt,50}$ değerleri ölçülecek ise ilave 2 dB esneklik sağlanacaktır.

9) Farklı bağımsız birimler, odalar veya akustik özellikler değişik performans sınıflarını gösteriyorsa, elde edilen en alt performans sınıfı değeri atanır.

10) Tüm bina için akustik performans sınıfı belirleme : Akustik uzman tarafından hazırlanan akustik projesinin bulunması ve gerekli denetimlerin yapılması halinde hava doğuşlu ve katı ortam doğuşlu ses yalıtımı, reverberasyon süresi, tesisat ve mekân içi gürültü düzeyleri için yapılacak ölçümlerde, örnek sayısı bina içindeki kullanılır tüm mekanların ve yapı elemanlarının en az %5'i kadar olmalıdır. Akustik projesi olmayan binalarda örnek sayısı tüm mekânların ve yapı elemanlarının en az %10'u kadar olmalıdır.

11) Her yapı elemanı tipi ve akustik performans değerlendirme ölçütü için en düşük ölçüm sayısı üçtür. Tek bir bağımsız birim incelenecekse en düşük ölçüm sayısı ikidir.

12) Bağımsız birimler için akustik performans sınıfı belirleme: Bir binada tek bir birime akustik performans sınıfı atayabilmek için yukarıda belirtilen dokuzuncu bent uygulanır. Her tip yapı elemanı, mekân veya akustik karakteristik için en az iki örnek alınır (RG, 2017: Ek 10).

2.2.5 Akustik Performans Belgesi Kapsamı

- 1) Bir konutun veya binanın sınıflandırmasını belirten raporun içeriği hazırlanırken aşağıdakilere uyulur:
 - a) Raporun ilk sayfasında; ölçümlerin amacı, müşteri adı, değerlendirmede sorumlu kişi ve kuruluşun ismi, değerlendirilen bağımsız birim sayısı ve ilgili diğer bilgiler, uygulanan sınıflandırma sistemine verilecek referans (Yönetmelik maddesi) ve imzalar bulunmalıdır.
 - b) Uygulanan ölçüm yöntemlerine ilişkin bilgi, ölçüm sonuçları eklerde verilmelidir.
 - c) Binada farklı bağımsız birimler, mekânlar veya belirlenen akustik özelliklerde farklı sınıflar ortaya çıkmış ise sonuçlar ayrı tablolarda gösterilir.
- 2) Sınıflandırma tipleri aşağıda verilmiştir.
 - a) Tüm bina için akustik performans sınıfı belirleme
 - b) Tek bir bağımsız birim için akustik performans sınıfı belirleme
 - c) Her akustik özellik için akustik performans sınıfı belirleme
- 3) Ölçülemeyen akustik özellik için rapora ; ‘’ performans belirlenemedi’’ ifadesi yazılır (RG, 2017: Ek 10).

2.3 Göstergeler için kullanılacak standartlar

2.3.1 TS EN 12354

“Yapı Akustiği - Yapıların Akustik Performansının Elemanların Performanslarından Hesaplanması” ana başlığı altında altı bölümden oluşur:

Bölüm 1: Odalar arasında hava ile yayılan sesin yalıtımı (Kasım, 2000)

Bölüm 2: Odalar arasında darbe sesinin yalıtımı (Mart, 2006)

Bölüm 3: Hava İle Yayılan Dışarıdaki Sesin Yalıtımı (Mart, 2006)

Bölüm 4: İçerideki sesin dışarıya iletimi (Kasım, 2000) / [Yürürlükten kaldırıldı]

Bölüm 5: Hizmet donanımlarından kaynaklanan ses seviyeleri (Ocak, 2010)

Bölüm 6: Kapalı Alanlarda Ses Absorpsiyonu (Mart, 2006)

2.3.1.1 Bölüm 1: Odalar arasında hava ile yayılan sesin yalıtımı

Bu standart, yapı akustiği konusunda hesaplama modellerini veren standartlar serisinin ilk bölümüdür ve binada odalar arasında hava ile yayılan sesin yalıtımının tahmininde kullanılmak üzere temel olarak doğrudan veya dolaylı olarak yapı elemanları aracılığı ile olan yanal iletimi karakterize eden ölçme yoluyla elde edilen verileri ve yapı elemanlarında ses yayılımı için teorik olarak türetilmiş metotları kullanacak şekilde tasarlanmış hesaplama modellerini kapsar.

Frekans bantlarındaki hesaplama için ayrıntılı bir model verilmiştir. Bu modelle, hesaplama sonuçlarına göre derecelendirme bir rakamla yapılabilir. Bu modelden, elemanların tek derecelendirme numarasını kullanan doğrudan tek numara derecelendirme sonucu veren sınırlı uygulama alanı olan basitleştirilmiş bir model elde edilebilir. Bu standart, hesaplama programı ilkelerini açıklamakta, ilgili büyüklükleri listelemekte ve bunların uygulamalarını ve tâbi oldukları kısıtlamaları tanımlamaktadır. Verilen hesaplama modellerinde, yapı elemanlarının performansını belirleyen ölçülebilir büyüklüklerle net bağlantılı mühendislik amaçları yönünden en genel yaklaşım kullanılmaktadır.

Modeller, meskenlere ilişkin tecrübeye dayanmaktadır. Bu modeller, inşa sistemleri ve elemanlarının boyutları meskenlerinkinden çok farklı olmamak kaydı ile diğer tip yapılar için de kullanılabilir. Bu standart ile ilgili temel büyüklükler şunlardır:

2.3.1.1.1 Görünür Ses Azaltma İndisi: Alıcı odadaki toplam ses gücünün bölme elemanına gelen ses gücüne oranını ifade eden indistir. R' indisi, ölçmelerden şu ifade ile belirlenebilir:

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

burada:

L_1 : Kaynak odasının ortalama ses basınç düzeyi, dB

L_2 : Alıcı odanın ortalama ses basınç düzeyi, dB

S : Test edilen bölümün alanı, m^2

A : Alıcı odanın eşdeğer ses emme alanı, m^2

2.3.1.1.2 Standardize düzey farkı: İki odadan birinde, bir veya daha fazla ses kaynağı tarafından üretilen sesin bu iki odada oluşturduğu ses basınç seviyeleri yer ve zaman ortalamaları arasındaki, alıcı odadaki çınlama süresinin referans değerine karşılık gelen farktır:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right) (dB)$$

burada:

T : Alıcı odadaki çınlama süresi (saniye),

T_0 : Referans çınlama süresi (saniye) dir.

A_0 : 10 m² olarak verilen referans emicilik alanıdır.

2.3.1.1.3 Normalize düzey farkı: İki odadan birinde, bir veya daha fazla ses kaynağı tarafından üretilen sesin bu iki odada oluşturduğu ses basınç seviyeleri yer ve zaman ortalamaları arasındaki alıcı odadaki, referans eş değer absorpsiyon alanına karşılık gelen farktır.

$$D_n = L_1 - L_2 - 10 \log \left(\frac{A}{A_0} \right) (dB)$$

2.3.1.1.4 Kütle oranı: Elemanlar arası iletimde birleşim yerleri ile bağlantılı elemanların birim kütlelerinin oranlarının logaritma karşılığı iletimin bir fonksiyonudur:

$$M = \text{Log} \frac{m'_{\perp i}}{m'_i}$$

burada:

m_i : iletim yolu üzerindeki elemanın birim alan kütlesi, kg/m^3

$m_{\perp i}$: dik konumdaki elemanın birim alan kütlesi, kg/m^3

2.3.1.1.5 Birleşim Yeri azaltma indisi: Birleşme yerinde yöne göre ortalaması alınan hız düzey farkı, birleşme yerinin uzunluğuna ve eş değer ses emicilik uzunluğuna normalize edilerek bulunan azaltma değeridir:

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \text{Log} \frac{I_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}} \text{ (dB)}$$

burada;

$D_{v,ij}$: i uyarıldığında, i ve j elemanları arasındaki desibel cinsinden hız düzey farkı,

$D_{v,ji}$: j uyarıldığında, j ve i elemanları arasındaki desibel cinsinden hız düzey farkı,

l_{ij} : i ve j elemanları arasındaki birleşme yerinin metre cinsinden ortak uzunluğu,

a_i : i elemanının metre cinsinden eş değer emicilik uzunluğu,

a_j : j elemanının metre cinsinden eş değer emicilik uzunluğudur.

2.3.1.1.6 Yan yol azaltma indisi: Elemanların ses azaltma indisleri, iletim yolu indisleri ve komşu yüzey alanlarının fonksiyonu olarak iletim yolları üzerinde oluşan azaltma değerleridir:

$$R_{(Ff / Fd / Df),w} = \begin{bmatrix} \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \text{Log} \left(\frac{S_s}{l_0 \times l_f} \right) \\ \frac{R_{F,w} + R_{d,w}}{2} + \Delta R_{Fd,w} + K_{Fd} + 10 \text{Log} \left(\frac{S_s}{l_0 \times l_f} \right) \\ \frac{R_{D,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Df,w} + K_{Df} + 10 \text{Log} \left(\frac{S_s}{l_0 \times l_f} \right) \end{bmatrix}$$

burada;

R_{ij} : iletim yolu elemanlarının ağırlıklı ses azaltım indisleri, dB

ΔR_{ij} : ilave kaplamanın ağırlıklı ses azaltım iyileştirmesi, dB

K_{ij} : iletim yolu titreşim azaltım indisi, dB

S_s : bölme elemanı yüzey alanı, m^2

l_0 : elemanların ortak kavrama uzunluğu, m

l_f : referans kavrama uzunluğu (=1 m)

2.3.1.1.7 Görünür ses azaltma indisi: Alıcı odasındaki, doğrudan iletilen ve yan yollardan gelen etkilerin toplamını belirten tek sayılı gösterge.

$$R'_w = -10 \log \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right]$$

Burada;

R_{ij} : iletim yolu elemanlarının ağırlıklı ses azaltım indisleri, dB

R'_w : görünür ses azaltım indisi, dB

2.3.1.2. Bölüm 2: Odalar arasında darbe sesinin yalıtımı

Bu standart, binada odalar arasında hava ile yayılan sesin yalıtımının tahmininde kullanılmak üzere temel olarak doğrudan veya dolaylı olarak yapı elemanları aracılığı ile olan yanal iletimi karakterize eden ölçme yoluyla elde edilen verileri ve yapı elemanlarında ses yayılımı için teorik olarak türetilmiş metotları kullanacak şekilde tasarılanmış hesaplama modellerini kapsar.

Frekans bantlarındaki hesaplama için bir ayrıntılı model verilir ve bu modelle, hesaplama sonuçlarına göre derecelendirme bir rakamla yapılabilir. Bu modelden, elemanların tek derecelendirme numarasını kullanan doğrudan tek numara derecelendirme sonucu veren sınırlı uygulama alanı olan basitleştirilmiş bir model elde edilebilir. Örnek olarak verilen hesaplama modellerinde, yapı elemanlarının performansını belirleyen ölçülebilir büyüklüklerle net bağlantılı mühendislik amaçları yönünden en genel yaklaşım kullanılmaktadır.

Modeller, meskenlere ilişkin tecrübeye dayanmaktadır. Bu modeller, inşa sistemleri ve elemanlarının boyutları meskenlerinkinden çok farklı olmamak kaydı ile, diğer tip yapılar için de kullanılabilir. Bu standart ile ilgili temel büyüklükler şunlardır:

2.3.1.2.1 Normalize edilmiş darbe ses basınç seviyesi: Alıcı odasındaki referans eş değer absorpsiyon alanına karşılık gelen darbe ses basınç seviyesidir:

$$L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} (dB)$$

burada;

L_i : Algılama odasında ölçülen darbe ses basınç düzeyi, dB

A : Algılama odasında ölçülen eş değer emme alanı, m^2

A_0 : Referans eş değer emme alanı; meskenler için $A_0 = 10 m^2$ 'dir.

2.3.1.2.2 Standart hale getirilmiş ses basınç seviyesi: Alıcı odasındaki bir referans değere karşılık gelen darbe ses basınç seviyesi:

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0} (dB)$$

burada;

T : Algılama odasındaki çınlama süresi, s

T_0 : Referans çınlama süresidir (Meskenler için: $T_0 = 0,5 s$).

2.3.1.2.3 Darbe ses yalıtım iyileştirmesi: Deney döşemesi kaplamasının uygulanması sonucu normalize edilmiş ses basınç seviyesindeki azaltma değeridir:

$$\Delta L = L_{no} - L_n (dB)$$

burada;

L_{no} : kaplamasız malzemenin normalize darbe ses basınç düzeyi, dB

L_n : kaplamalı malzemenin normalize darbe ses basınç düzeyi, dB

2.3.1.3. Bölüm 3: Hava ile Yayılan Dışarıdaki Sesin Yalıtımı

Bu standart, bir yapının cephesinin veya diğer dış yüzeylerinin ses yalıtımını veya ses basınç seviyesi farkının tayininde kullanılacak bir hesaplama modelinin açıklanmasını kapsar. Hesaplama, cepheyi oluşturan farklı elemanların ses azaltma indisine dayandırılmakta ve doğrudan ve yan yol iletimi içermektedir. Hesaplama yaklaşık olarak EN ISO 140-5'e göre bulunan saha sonuçlarına karşılık gelen sonuçları vermektedir.

Bu standart, hesaplama modelinin prensiplerini açıklamakta, ilgili büyüklükleri listelemekte ve bunların uygulanmasını ve kısıtlamalarını tanımlamaktadır. Bu standardın akustik uzmanları tarafından kullanılması amaçlanmakta ve bina inşaatı alanındaki diğer kullanıcılara yerel şartları hesaba katarak uygulama dokümanları ve araçları geliştirmeleri için bir çerçeve sağlamaktadır. Tanımlanan büyüklükler:

2.3.1.3.1 Görünür ses azaltma indisi: Ses kaynağının bir hoparlör olması ve sesin geliş açısının 45^0 olması durumunda bir yapı elemanının hava ile yayılan sesin yalıtımı. Bu görünür ses azaltma indisi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$R'_{45^0} = L_{1,s} - L_2 + 10 \log \frac{S}{A} - 1,5(dB)$$

burada:

L_{1s} : cephe dış yüzey ses basınç düzeyi, dB

L_2 : Alıcı odanın ortalama ses basınç düzeyi, dB

Ses kaynağının trafik gürültüsü olması durumunda görünür ses azaltma indisi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir:

$$R'_{tr,s} = L_{eq,1,s} - L_{eq,2} + 10 \log \frac{S}{A} - 3(dB)$$

burada:

L_{eq1s} : cephe dış yüzey eşdeğer ses basınç düzeyi, dB

L_{eq2} : Alıcı odanın ortalama eşdeğer ses basınç düzeyi, dB

2.3.1.3.2 Cephenin normalize düzey farkı: Cephenin 2 m önünde ölçülen ses düzeyi ile alıcı odadaki ses düzeyi arasındaki farkın, alıcı odasında eşdeğer emicilik alanına göre düzeltilmiş değeridir:

$$D_{2m,n} = L_{1,2m} - L_2 - 10 \log \frac{A}{A_0} (dB)$$

burada:

$L_{1,2m}$: Dış duvarın 2m önünde ölçülen enerji ortalama ses basınç düzeyi, dB

L_2 : Alıcı odada enerji ortalama ses basınç düzeyi, dB

A : Alıcı odası eşdeğer emicilik alanı, m^2

A_0 : Referans eş değer ses emicilik alanı, m^2 ; konutlar için $10 m^2$

2.3.1.3.3 Cephenin standardize düzey farkı: Cephenin 2 m önünde ölçülen ses basınç düzeyi ile odadaki ses basınç düzeyi farkının, oda çınlama süresine göre düzeltilmiş değeridir:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} (dB)$$

burada:

T : Alıcı odasındaki çınlama süresi, s

T_0 : Referans çınlama süresi (Konutlar için 0,5 s)

2.3.1.3.4 Cephe şekli seviye farkı: Şekli bir cephe üzerine gelen sesin ses seviye farkı aşağıdaki bağıntı ile tayin edilebilir:

$$\Delta L_{fs} = L_{1,in} - L_{1,s} + 6 (dB)$$

burada:

$L_{1,in}$: Cephe ilavesi olmadan cephedeki ortalama ses basınç düzeyi, dB

$L_{1,s}$: Cephe ilavesi yapıldıktan sonra cephedeki ortalama ses basınç düzeyi, dB

2.3.1.4. Bölüm 5: Hizmet donanımlarından kaynaklanan ses seviyeleri

Yapılarda, hizmet donanımlarından kaynaklanan ses seviyelerinin yaklaşık olarak belirlenmesi karmaşık bir işlemdir. Konu ile ilgili olarak yapısal yolla yayılan gürültü kaynakları ve ses iletimi bütünüyle anlaşılmış değildir. Bunun yanı sıra, farklı donanımlar ve tesisatlar arasında büyük değişkenlikler bulunmakta olup, kullanılan tesisat genellikle hava ile ve yapısal yolla yayılan gürültü kaynakları oluşturmaktadır.

Bu standardın amacı, hizmet donanımlarından kaynaklanan ses seviyelerinin tahmin edilebilmesi için uygulamaya yönelik bir yaklaşım oluşturmak üzere bir temel sağlamaktır.

Tarif edilen hesaplama modelleri mühendislik açısından en genel yaklaşımları kullanmaktadır. Bununla birlikte yapı elemanları ve malzemelerinin performanslarının belirlenmesi ile ilgili ölçülebilir büyüklükler ile de bağlantı kurulmuştur. Temel büyüklükler şunlardır:

2.3.1.4.1 A-ağırlıklı en yüksek ses basınç seviyesi L_{Amax} :

Yapıdaki tesisat veya makinelerden kaynaklanan sese bağlı olarak bir odada ortaya çıkan A-ağırlıklı en yüksek ses basınç seviyesidir. Bu ses basınç seviyesi, 63 Hz ila 8 kHz arasındaki oktav bandlardaki en yüksek ses basınç seviyesinden “S” zaman ağırlıklı (L_{ASmax}) veya “F” zaman ağırlıklı (L_{AFmax}) olarak elde edilir. Oktav bandlardaki ses basınç seviyeleri ayrıca normalize (L_{ASmax} , $L_{AFmax,n}$) veya standardize ($L_{ASmax,nT}$, $L_{AFmax,nT}$) edilebilir.

2.3.1.4.2 A-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi L_{Aeq} :

Yapıdaki tesisat veya makinelerden kaynaklanan sese bağlı olarak bir odada ortaya çıkan A-ağırlıklı eşdeğer ses basınç seviyesidir. Bu ses basınç seviyesi, 63 Hz ilâ 8 kHz arasındaki oktav bandlardaki eşdeğer ses basınç seviyesinden elde edilir. Oktav bandlardaki ses basınç seviyeleri ayrıca normalize ($L_{Aeq,n}$) veya standardize ($L_{Aeq,nT}$) edilebilir.

2.3.1.4.3 C-ağırlıklı en yüksek ses basınç seviyesi L_{Cmax} :

Yapıdaki tesisat veya makinelerden kaynaklanan sese bağlı olarak bir odada ortaya çıkan C-ağırlıklı en yüksek ses basınç seviyesidir. Bu ses basınç seviyesi, 31,5 Hz ilâ 8 kHz arasındaki oktav bandlardaki en yüksek ses basınç seviyesinden “S” zaman ağırlıklı (L_{CSmax}) veya “F” zaman ağırlıklı (L_{CFmax}) olarak elde edilir. Oktav bandlardaki ses basınç seviyeleri ayrıca normalize ($L_{CSmax,n}$ $L_{CFmax,n}$) veya standardize ($L_{CSmax,nT}$, $L_{CFmax,nT}$) edilebilir.

2.3.1.4.4 C-ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi L_{Ceq} :

Yapıdaki tesisat veya makinelerden kaynaklanan sese bağlı olarak bir odada ortaya çıkan C-ağırlıklı eşdeğer ses basınç seviyesidir. Bu ses basınç seviyesi, 31,5 Hz ilâ 8 kHz arasındaki oktav bandlardaki eşdeğer ses basınç seviyesinden elde edilir. Oktav bandlardaki ses basınç seviyeleri ayrıca normalize ($L_{Ceq,n}$) veya standardize ($L_{Ceq,nT}$) edilebilir.

2.3.1.5. Bölüm 6: Kapalı Alanlarda Ses Absorpsiyonu:

Bu standart, yapılardaki kapalı alanlarda toplam eş değer ses absorpsiyon alanı veya çınlama süresinin tayininde kullanılan bir hesaplama modelinin açıklamasını kapsar. Hesaplama, esas itibari ile malzemelerin ve nesnelerin ses absorpsiyonunu karakterize eden ölçülen verilere dayandırılmaktadır. Hesaplamalar sadece frekans bantları için yapılabilir.

Bu model, meskenlerdeki ve bürolardaki odalar, yapılardaki merdivenler, koridorlar, makinalar ve teknik teçhizatın bulunduğu odalar gibi ortak alandaki odalar için yapılan tayinlerde edinilen tecrübelerle dayandırılmıştır. Bu modelin çok büyük veya düzenli bir şekle sahip olmayan konser salonları, tiyatrolar ve fabrikalar gibi alanlara kullanılması amaçlanmamıştır. Standardın tanımlanan büyüklükleri şunlardır:

2.3.1.5.1 Odanın eş değer ses absorpsiyon alanı, A: Odadaki tek emici eleman olduğu varsayılan, değerlendirilmekte olan oda ile aynı çınlama süresini veren, kırılma etkisi olmaksızın tamamen absorplayan bir yüzeyin m² cinsinden sanal alanıdır.

2.3.1.5.2 Çınlama süresi, T: Ses kaynağı durduktan sonra ses basıncının 60 dB azalması için geçen süredir.

Çınlama süresi, hesaplanan toplam eş değer absorpsiyon alanı, boş kapalı alanın hacmi ve nesne oranından aşağıda verilen bağıntı ile tayin edilebilir:

$$T = \frac{55.3}{c_0} \frac{V(1 - \Psi)}{A}$$

burada;

A : toplam eşdeğer emicilik alanı

V_{obj} : katı nesnelerin hacmi

V : odanın hacmi

Ψ : nesne oranı

c_0 : sesin havadaki hızı [$ref=345,6$ m/sn]

2.3.1.5.3 Bir nesnenin eş değer ses absorpsiyon alanı, A_{obj} : Nesne (deney parçası) odada iken ve orada bulunmuyorken ki eş değer ses absorpsiyon alanları arasındaki farktır.

2.3.1.5.4 Ses absorpsiyon katsayısı, α_s : Deney parçasının eş değer ses emicilik alanının deney parçasının alanına oranıdır.

2.3.1.5.5 Havanın absorpsiyonu A_{air} : Havanın ses zayıflatmasının eş değer absorpsiyon alanıdır.

2.3.1.5.6 Boş odanın hacmi, V : İçinde nesneler ve ara parçalar bulunmaksızın kapalı alanın hacmidir.

2.3.1.5.7 Nesne hacmi, V_{obj} : Bir nesnenin, zarftan dışarı çıkan küçük elemanları hesaba katılmaksızın, muntazam biçimli en küçük zarfının hacmidir.

2.3.1.5.8 Nesne oranı, Ψ : Bütün nesnelerin toplam hacminin boş alanın hacmine oranıdır.

Nesnelerin oranı toplam hacim ile doğrudan ilgilidir:

$$\Psi = \frac{\sum_{i=1}^o V_{obj,j} + \sum_{k=1}^p V_{obj,k}}{V}$$

Makina teçhizatı, saklama dolapları, büro mefruşatı gibi katı, muntazam olmayan şekillerdeki nesneler için eş değer absorpsiyon alanı önemli olabilir, ancak, bunlar normal olarak ölçmeler için elde bulunmayabilir. Bu standardın amaçları bakımından bu tür katı nesneler için eş değer absorpsiyon alanı, aşağıdaki bağıntı ile hacimleri kullanılarak tayin edilebilir:

$$A_{obj} = \sqrt[3]{V_{obj}^2}$$

burada;

V_{obj} : katı nesnelerin hacmi

2.3.1.5.9 Nesne dizisi: Emiciliğin, dizinin örttüğü yüzey alanına ilişkin ses absorpsiyon katsayısı α_s ile ifade edildiği belirli nesneler dizisidir.

2.3.1.5.10 Toplam eşdeğer emicilik alanı: Kapalı bir alan için toplam eşdeğer ses emicilik alanı şöyle bulunur:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{s,i} S_i + \sum_{j=1}^o A_{obj,j} + \sum_{k=1}^p \alpha_{s,k} S_k + A_{air}$$

burada;

A_{air} : havanın eşdeğer emicilik alanı

p : k nesne dizilerinin sayısı

o : j nesnelerinin sayısı

n : i yüzyelerinin sayısı

2.3.2 TS EN ISO 717: Akustik - Yapılarda ve yapı elemanlarında ses yalıtımının derecelendirilmesi

2.3.2.1 Bölüm 1: Hava ile yayılan sesin yalıtımı

Yapı elemanlarının havadan yayılan ses yalıtımı ölçüm yöntemleri, ISO 10140-2, ISO 140-4, ve ISO 140-5 gibi standartlar ile düzenlenmiştir. ISO 717'in bu bölümünün amacı, hava ile yayılan ses yalıtımının frekansa bağlı değerlerinin akustik performansı karakterize eden tek bir sayı değerine dönüştürülmesi için bir yöntem standardı oluşturur. Bu standard:

- a) Duvarlar, döşemeler, kapılar ve pencereler gibi bina elemanlarında ve binalardaki hava ile yayılan sese karşı yalıtımın tek sayı değerlerinin tarifini;
- b) Bir binanın dışındaki trafik ile bir bina içindeki gürültü kaynakları gibi değişik gürültü kaynaklarının farklı ses seviyesi spektrumlarını;
- c) A) ve b)'de verilen değerlerin ISO 10140-2, ISO 140-4 ve ISO 140-5'e uygun oktav bandlar veya 1/3 oktav bantlarla yapılan ölçümlerin sonuçlarından belirlenmesi için uygulanacak kuralları kapsar.

Bu standart ile uyumlu olan tek-sayı değerleri, hava ile yayılan ses yalıtımının değerlendirilmesi ve yapı yönetmeliklerindeki akustik gereklerin formülasyonunun basitleştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Tek-sayı değerlerinde, 1/3 oktav bandlar veya oktav bandlar içerisindeki ölçümlerin sonuçları esas alınmaktadır. Temel kavramlar şunlardır (ISO, 1996) :

2.3.2.1.1 Tek sayı değeri: Bu standartta belirtilen yöntemle göre kaydırıldıktan sonra referans eğrisinde 500 Hz'e tekabül eden desibel cinsinden değerdir.

2.3.2.1.2 Spektrum adaptasyon terimi: Belirli ses spektrumlarının özelliklerinin hesaba katılabilmesi için (örneğin R_w) tek sayı derecelendirilmesinde ilâve edilen desibel cinsinden değerdir.

2.3.2.1.3 Ses spektrumları: Spektrum adaptasyon terimlerini hesaplamak için kullanılan 1/3 oktav bantları ve oktav bantlarındaki ses spektrumu laboratuvar sonuçlarından alınan değerlerde gösterildiği gibi olmalıdır (TS EN ISO 717-1, 3-7). Spektrumlar A-ağırlıklıdır ve tüm spektrum seviyesi 0 dB'e normalize edilmiştir.

2.3.2.1.4 Karşılaştırma metodu: 1/3 oktav bandlarda (veya oktav bandlarda) ISO 10140-2, ISO 140-4 ve ISO 140-5'e göre yapılan bir ölçümün sonuçlarını derecelendirmek için, ölçüm verileri tek ondalık basamak olarak verilmelidir. İstenmeyen (pozitif) sapmaların toplamı mümkün olduğunca büyük, ancak 32,0 dB'den (16 adet 1/3 oktav bandındaki değerler için) veya 10,0 dB'den (5 adet oktav bandındaki değerler için) düşük olana kadar, ilgili referans eğri 1 dB'lik (ölçüm belirsizliğini ifade etmek için 0,1 dB) artırımlarla ölçülen eğriye doğru kaydırılır

2.3.2.1.5 Sonuçların gösterilmesi: Uygun tek-sayı değeri R_w , R'_w , $D_{n,w}$, veya $D_{nT,w}$, ve her iki adaptasyon terimi, ISO 717'nin bu bölümüne atıf yapılarak verilmelidir. Yapı elemanlarının performansının gösterilmesinde tek-sayı değerleri sadece 1/3 oktav bantlarından hesaplanır. Tek-sayı değerinden sonra gelen parantez içindeki spektrum adaptasyon terimi noktalı virgül ile ayrılır:

$R_w (C; C_{tr}) = 41 (0; -5) \text{ dB}$ Ağırlıklı tek-sayı değerlerinin belirsizliği de ayrıca gösterilmelidir. Bu durumda, sayılar onda bir basamağa kadar verilmelidir: $R_w = 40,9 \text{ dB} \pm 0,8 \text{ dB}$

Spektrum adaptasyon terimlerinin kendilerine ait belirsizlik değerleri yoktur. Yapıların performans ve gereklerinin gösterilmesi için tek-sayı değerine göre verilmeli veya bu değer ve ilgili spektrum adaptasyon teriminin toplamını temel almalıdır:

$R'_w + C_{tr} \geq 45 \text{ dB}$ (örneğin cepheler için) veya $D_{nT,w} + C \geq 54 \text{ dB}$ (örneğin binalar arasında).

2.3.2.1.6 Genişletilmiş frekans aralığı için terimler ve spektrumlar: Genişletilmiş bir frekans aralığında ölçümler gerçekleştirildiğinde, bu frekans aralığı için

ilave spektrum adaptasyon terimleri hesaplanabilir ve belirtilebilir. Frekans aralığı C veya tr C' nin bir alt indisi olarak ifade edilmelidir:

$C_{50-3150}$ veya $C_{50-5000}$ veya $C_{100-5000}$

veya

$C_{tr,50-3150}$ veya $C_{tr,50-5000}$ veya $C_{tr,100-5000}$

Farklı gürültü tipleri için kullanılacak spektrum adaptasyon terimleri de farklıdır. Bu terimler 100-3150Hz arası frekans bölgesi için geçerlidir.

Tablo 17- Farklı Gürültü Tiplerine Göre Spektrum Adaptasyon Terimleri

Gürültü kaynağının tipi	İlgili spektrum adaptasyon terimi
Yaşamsal faaliyetler (konuşma, müzik, radyo, tv) Çocuk oynaması Yüksek ve ortalama hızdaki demiryolu trafiği Otoban yolu trafiği < 80km/saat Jet motorlu uçak, kısa mesafe Orta ve yüksek frekanslı gürültü yayan fabrikalar	C (spektrum no.1)
Kent yol trafiği Düşük hızlarda demiryolu trafiği Pervane ile çalışan hava taşıtı Jet motorlu uçak, uzun mesafe Disko müzik Düşük ve orta frekanslı gürültü yayan fabrikalar	C_{tr} (spektrum no.2)

2.3.3 TS EN ISO 16283-1: Akustik- Yapıların ve yapı elemanlarının ses yalıtımı için sahada yapılacak ölçümler - Bölüm 1:Hava ile yayılan sesin yalıtımı (ISO, T. 2014)

Bu standard ses basıncı ölçümleri kullanılarak, bir binada iki oda arasında hava ile yayılan ses yalıtımının belirlenmesi işlemlerini kapsar. Bu işlemler 50 Hz ilâ 5000 Hz frekans aralığında, 10 m³ ilâ 250 m³ arasındaki oda hacimleri için tasarlanmıştır. Deney sonuçları, ses alanının düzgün dağılan ses alanına yakın olduğu veya olmadığı mobilyalı veya mobilyasız odalarda hava ile yayılan ses yalıtımının miktarını belirlemek, değerlendirmek ve karşılaştırmak için kullanılabilir. Ölçülen hava ile yayılan ses yalıtımı frekansa bağlıdır ve ISO 717-1'deki derecelendirme işlemleri kullanarak akustik performansı belirten tek bir sayıya dönüştürülebilir.

Yerinde ölçümler farklı mikrofon teknikleri ile yapılabilir. Mikrofonlar sabit olabileceği gibi, hareketli sistem ile de kullanılabilir.

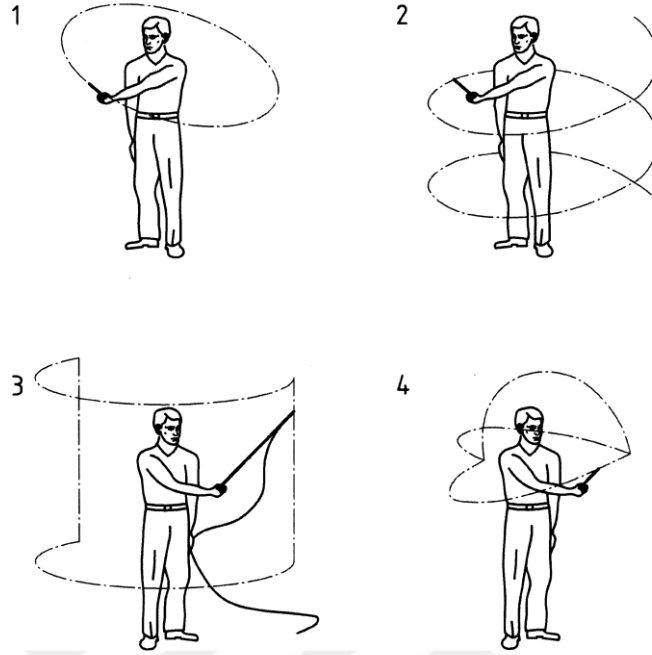
2.3.3.1 Sabit mikrofon, üçayak sehpa kullanılarak boşlukta sabit yerleştirilen mikrofonlardır.

2.3.3.2 Mekanize edilmiş sürekli-hareket eden mikrofon, hemen hemen sabit açısal hızda bir daire boyunca mekanik olarak hareket eden veya sabit bir eksen etrafındaki dönme açısı yaklaşık 270^0 ile 360^0 arasında olan ve dairesel bir hareket yolu boyunca mekanik olarak gezdirilen mikrofondur.



Şekil 11- Hareketli Boom; B&K Type 3923 (<https://www.bksv.com>)

2.3.3.3 Elle tarama mikrofonu, bir insan operatör tarafından, öngörülen bir hareket yolu boyunca, elle taşınan bir ses seviye ölçere veya uzatma çubuğuna bağlı olarak hareket ettirilen mikrofondur.



Şekil 12-1: Daire, 2: Spiral, 3-Silindirik, 4- Üç Yarım Daire

2.3.3.4

Elle taşınan mikrofon, operatörün vücudundan en az kol

uzunluğunda bir mesafede, insan operatör tarafından elle taşınan bir ses seviye ölçere veya sabit bir konumda elle tutulan bir çubuğa bağlanmış mikrofondur.

Düşük frekans içerikli ölçümlerde bazı noktalara dikkat edilmesi gerekir. Düşük frekans işleminde, alıcı oda 25 m^3 'ten daha küçük bir hacme sahip iken, detayları standartta belirlenmiş bulunan kesintili gürültü yöntemi veya entegre darbe cevabı yöntemi kullanılmalıdır. Bu işlem için, çınlama süresi, 50 Hz yerine 63 Hz oktav bantta, 63 Hz ve 80 Hz ise 1/3 oktav bantda ölçülmeli ve bu tek değer D_{nT} ve/veya R' nün hesaplanmasında 50 Hz, 63 Hz ve 80 Hz bantlarının temsilini sağlayabilir.

Küçük odalarda, 50 Hz, 63 Hz ve 80 Hz bantlarında azalma eğrisinin tespit edilebileceği oda modu nispeten daha azdır. Bu sebeple, 1/3 oktav bandlarda elde edilen azalma eğrilerinde 20 dB ve 30 dB değerlendirme aralıkları hataya açıktır çünkü tek eğimli azalma eğrileri genellikle her bir frekans bandında pek çok mod varken ortaya çıkarlar. Bu durum kısmi olarak 63 Hz oktav bant filtresi kullanılarak çözülebilir.

Alçı veya ahşap panel kaplamalı ahşap veya çelik karkas binalarda 50 Hz, 63 Hz ve 80 Hz bandlarındaki çınlama süreleri, azalma eğrisinin analizörde 1/3 oktav bant filtrelerinin azalma süresinden etkileneceği kadar kısa olabilir. Bu durumdan, daha kısa çınlama sürelerinin ölçülmesine imkân tanıyan daha geniş bant genişliğine sahip bir 63 Hz oktav bant filtresi kullanarak kaçınılabilir.

Ölçüm yapılan hacimde arka plan gürültüsü içen sinyal seviyesinde düzeltme yapılmalıdır. Başlangıç ve düşük frekans işlemleri için, arka plan gürültü seviyesi sinyal seviyesinin ve her frekans bandında ilgili arka plan gürültüsünden en az 6 dB (tercihen 10 dB'den fazla) altında olmalıdır. Seviye farkları 6 dB'den büyük fakat 10 dB'den küçük olduğunda, enerji ortalaması alınmış ses basınç seviyesi ve köşe ses basınç seviyesi düzeltmeleri şöyle hesaplanabilir:

$$L = 10\text{Log}(10^{L_i/10} - 10^{L_b/10})$$

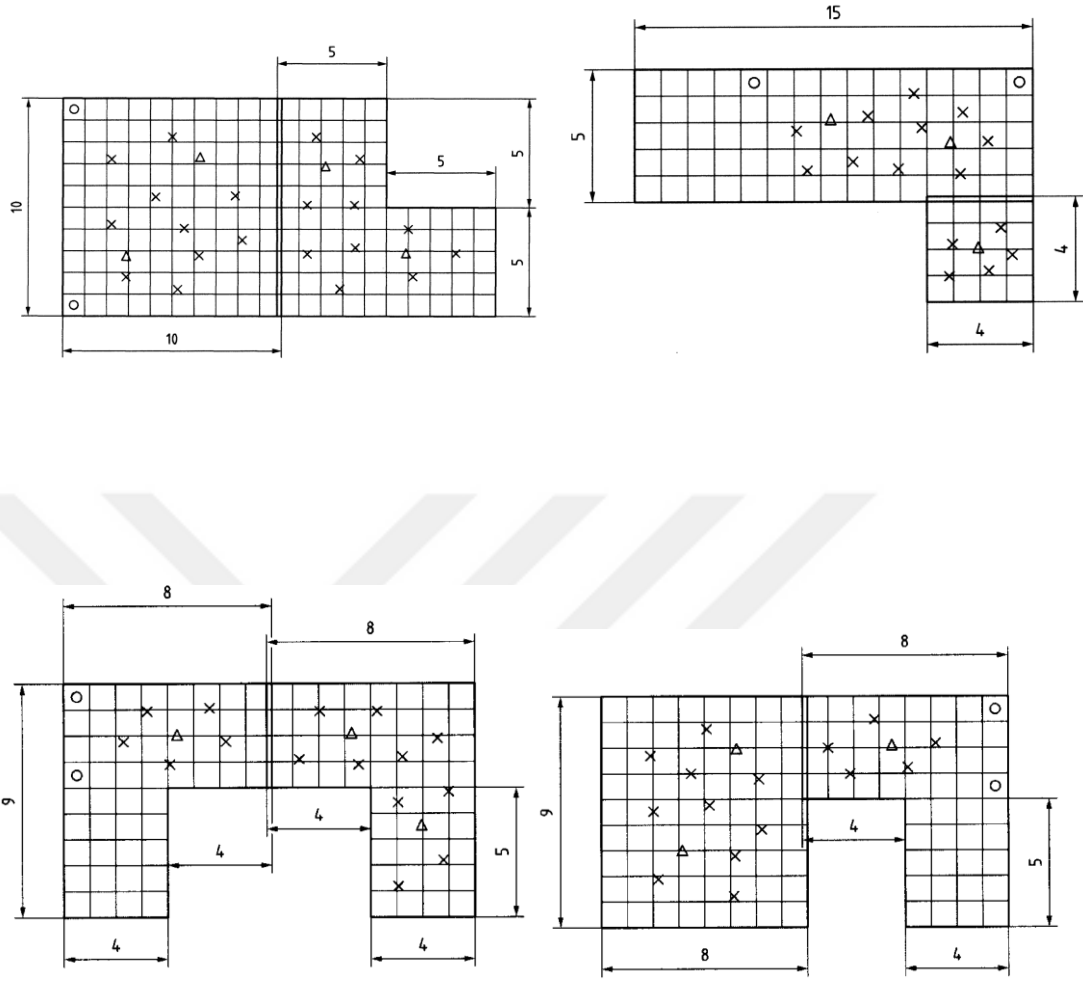
Burada;

L : ayarlanmış sinyal seviyesi

L_i : sinyal ve arkaplan gürültüsünün birleştirilmiş seviyesi

L_b : arkaplan gürültüsü

Hoparlör ve mikrofonlar için uygun konumlar doğru belirlenmelidir. Bu, odanın modal etkilerinden olabildiğince korunmak için önemlidir. Mikrofonlar ve hoparlör konumlarının mümkün olduğu kadar aynı aks üzerinde olmamasına özen gösterilmelidir. Aşağıda birkaç yerleşim örneği bulunmaktadır.



Şekil 13-Örnek iki oda modeli için önerilen mikrofon konumları

BÖLÜM 3: AKUSTİK PROJE; MÜZİK VE SANAT ATÖLYELERİ

3.1 Proje Bilgileri

İzmir Kültürpark Dr. Behçet Uz öncülüğünde 1 Ocak 1936 yılında Atatürk'ün isteği doğrultusunda Türkiye Cumhuriyeti'nin diğer devletlerle olan ekonomik bağlantısını sağlamak amacıyla kurulmuştur.

Kültürpark İzmir Konak ilçesi, Mimar Sinan Mahallesi'nde yer alır. Kuzeyde Dr. Mustafa Enver Bey Caddesi, doğuda 1395. ve 1396. sokaklar ile Bozkurt Caddesi, güneyde Mürsel Paşa Bulvarı, batıda Dr. Refik Saydam ve Şair Eşref bulvarları ile çevrilidir.



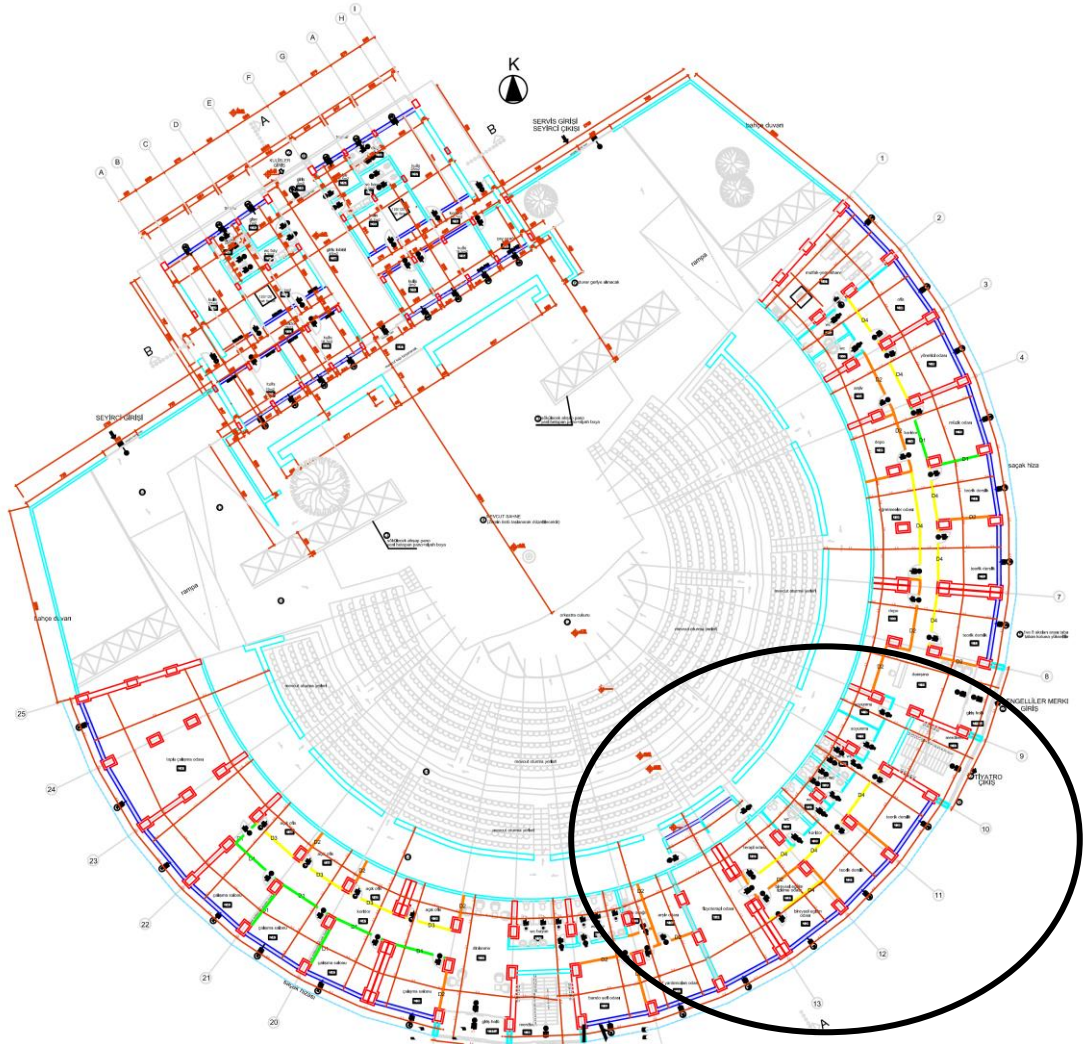
Şekil 14- Kültürpark ve çevresi uydu görünümü

Kültürpark'ın Lozan Kapısı, Montrö Kapısı, 9 Eylül Kapısı, Cumhuriyet Kapısı ve 26 Ağustos Kapısı olmak üzere beş tane giriş kapısı vardır. Parkın içinde on dört kapalı sergi salonu, dört konferans salonu, Atatürk Açık Hava Tiyatrosu, İsmet İnönü Sanat Merkezi, İzmir Sanat, Kültürpark Evlendirme Dairesi, Celal Atik Spor Salonu, Gençlik Tiyatrosu, Resim Heykel Müzesi, İzmir Tarih ve Sanat Müzesi gibi sanat ve eğlence mekânlarının yanı sıra 1.850 metrelik tartan pist koşu parkuru, yüzme havuzu, kapalı spor salonu, tenis kortları, halı saha gibi spor etkinliklerine olanak sağlayan mekânlar da bulunmaktadır.

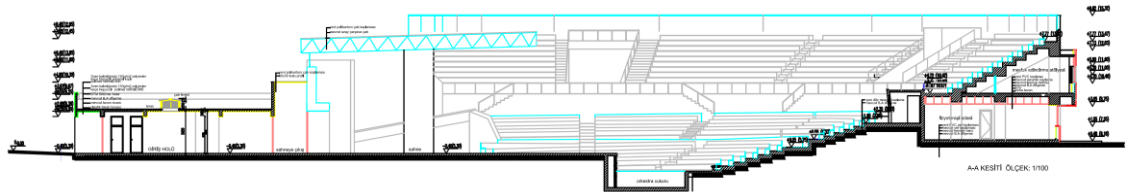
Sanat atölyeleri şu anki adıyla Kùltùrpark içerisinde bulunan Açık hava tiyatrosu binasının zemin katında konuşlandırılmış odalarda faaliyetini sürdürmektedir.

Sanat Atölyeleri içinde İzmir Büyük şehir Belediyesi Kùltür ve Sanat Daire Başkanlığı Bünyesinde müzik kursları düzenlenmektedir. Çeşitli müzik enstrümanlarının etüt edildiği, öğretildiği bu kurslar dört farklı bitişik odada eş zamanlı olarak gerçekleştirilmektedir.

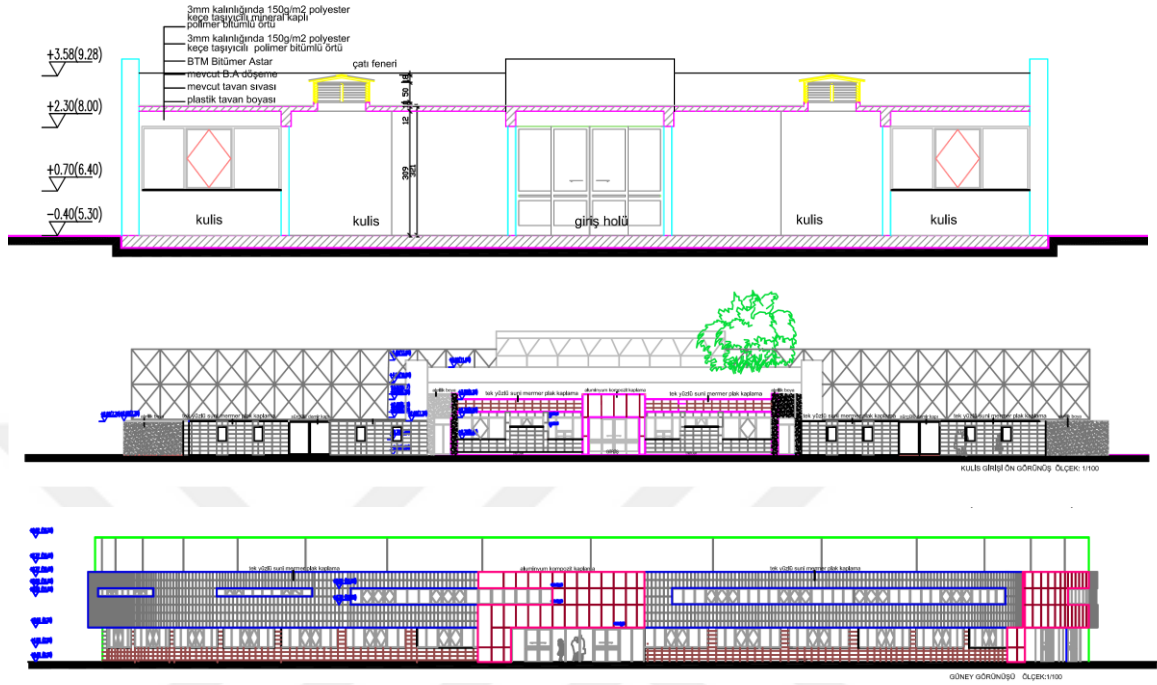
Mimari tadilat ve güçlendirme projesi 2007 yılında hazırlanarak uygulamaya konmuş olup tesis halen kùltürel etkinliklere ev sahipliği yapmaktadır. Açık hava Tiyatrosu olarak tasarlanan yapının zemin katında bulunan bitişik dört oda sanat atölyeleri olarak kullanılır.



Şekil 15- Yapı Zemin Kat Planı



Şekil 16-Yapı A-A Kesiti

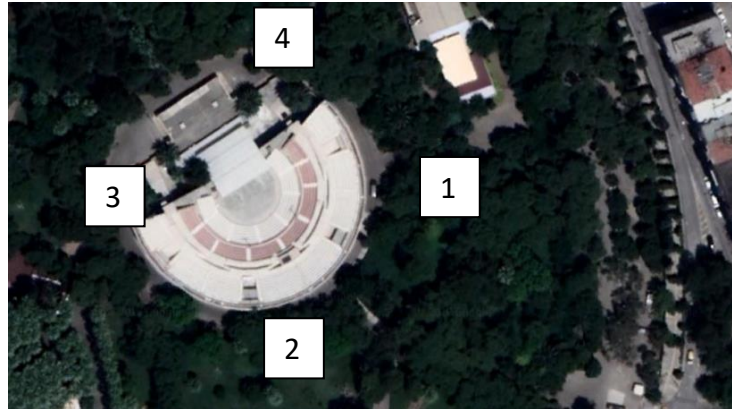


Şekil 17- Güney Cephe Görünüşü: Sanat Atölyeleri Girişi

3.2 Çevresel Gürültü Düzeyleri

Kent içi trafiği gürültü emisyonu için gürültü haritası mevcut değildir. Kültürpark genelinde ve tesis çevresinde 44 ayrı bitki familyasına ait, 86 cins, 117 türde endemik ve egzotik bitki mevcuttur. Park genelinde yaklaşık 7.709 ağaç bulunmaktadır (Polat, 2008). Park ağaçlar ile kaplı ve geniş bir bölge olması sebebiyle iç kesimlerinde çevresel gürültü etkileri görece olarak düşüktür. Mevcut herhangi bir ölçüm çalışması ve sonuçları bulunmadığından, yerinde ölçüm yapmak suretiyle çevresel gürültü düzeyleri tespit edilmiştir. Sanat Atölyelerinin bulunduğu noktanın en yakın trafik gürültü kaynağı olan 1395. Sokak'a uzaklığı 106 m kadardır ve bu mesafenin yaklaşık 70 m'lik bölümü ağaçlar ile kaplıdır. Yapının çevresinde yaklaşık 130 m çapında bir alan ağaçlar ile kaplıdır.

Hesaplamalar için ihtiyaç duyulan eşdeğer gürültü değerleri ölçüm yolu ile elde edilmiştir. Ölçümler ilgili standartlara (ISO 1996-1, 2005), (ISO 16283-1, 2018) uygun şekilde yapılmıştır.



Şekil 18- Çevresel Gürültü Ölçümü: Mikrofon Konumları

Tablo 18- Çevresel Gürültü Ölçüm Detayları

Ölçüm noktaları	En yakın kaynak, m	Cephe ölçüm uzaklığı, m	Tesis faaliyet saatleri
1 (Sanat atölyeleri)	106 (1395 sk.)	2	07:00-19:00
2 (Yönetim ana girişi)	145 (1396 sk.)	4	07:00-19:00
3 (Seyirci girişi)	150 (İzmir Sanat)	4	20:00-23:00
4 (Seyirci girişi)	103 (1395 sk.)	4	20:00-23:00

Sanat atölyelerinin bulunduğu ve bu çalışma için en kritik konumu belirten “1” nolu ölçüm noktasında cephe önü (2m) 1/3 oktav band basınç ölçümleri ve logaritmik ortalamaları neticesinde toplam 70,4 dB (56,3 dBA; 69,7 dBC) çevresel gürültü düzeyi ölçümlenmiştir. A ve C eşdeğer düzeyleri arasındaki fark –tam sınırda olsa da- gürültünün alçak frekans içerikli olduğu yönünde işaretler vermektedir. Bu durumda düşük frekans düzeltme değerleri ölçülen L_{Aeq} değerine eklenmelidir.

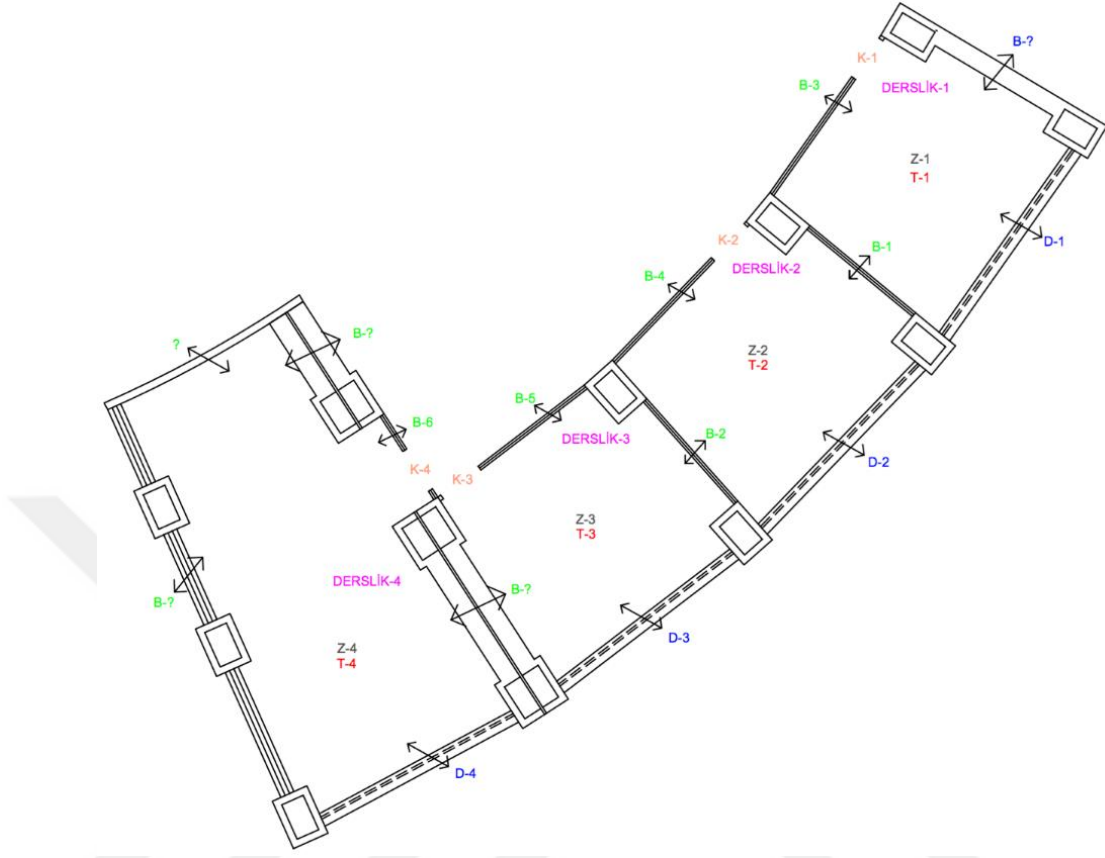
3.3 Anahtar Paftalar ve Mahal Listeleri

Binada etüt odası olarak kullanılan dört mekân bulunmaktadır. Bu mekânların akustik değerlendirmelerine ilişkin mahal listesi ve kat planları üzerinde işaretlenmiş iç bölme duvarlar, dış duvarlar, döşemeler, kapı pencere gibi yapı bileşenlerinin kod numaraları, yapı elemanlarının listeleri, detay numaraları aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

Tablo 19-Anahtar Paftalar ve Mahal Listesi

Yapı Elemanı	Kodu	Kaynak	Alıcı
Dış Yapı Elemanları, D	D-1	X kaynak	Derslik 1
	D-2	X kaynak	Derslik 2
	D-3	X kaynak	Derslik 3
	D-4		Derslik 4
İç Bölme Duvarlar, B	B-1	Derslik 1	Derslik 2
	B-2	Derslik 2	Derslik 3
	B-3	Koridor	Derslik 1
	B-4	Koridor	Derslik 2
	B-5	Koridor	Derslik 3
	B-6	Koridor	Derslik 4
	B-7	Koridor	Derslik 4
	B-?	Derslik 3	Derslik 4
	B-?2	-	Derslik 4
	B-?3	Giriş Holü	Derslik 1
Döşemeler, Z	Z-1	Derslik 1	
	Z-2	Derslik 2	
	Z-3	Derslik 3	
	Z-4	Derslik 4	
Tavan, Asma, T	T-1	Derslik 1	
	T-2	Derslik 2	
	T-3	Derslik 3	
	T-4	Derslik 4	
Kapı, K	K-1	Koridor	Derslik 1
	K-2	Koridor	Derslik 2
	K-3	Koridor	Derslik 3
	K-4	Koridor	Derslik 4
Pencereler, P	P-1	X Kaynak	Derslik 1
	P-2	X Kaynak	Derslik 2
	P-3	X Kaynak	Derslik 3
	P-4	X Kaynak	Derslik 4

[Dış Elemanlar, D] [Bölme Duvarlar, B] [Döşeme, Z] [Tavan, Asma, T] [Kapı, K] [Pencereler, P]



Şekil 19-Çalışılan etüt sınıflarının plan görünümü

3.4 Mekân İşlevleri/Komşuluk İlişkileri

Z-1, Z-2 ve Z-3 hem kaynak hem alıcı oda işlevine, Z-4 ise toplu etüt odası işlevine sahiptir. Z-4 çoğunlukla alıcı oda görevi üstlenen bir mekândır. Z-1 ve Z-2 bölme elemanları yalıtımsız çift alçı panel uygulaması ve koridor bölme elemanı olarak cam ofis bölme sistemi ile birbirinden ayrılmaktadır. Bu durum koridor üzerinden yüksek düzeyde ses iletimine neden olmakta, bölmelerin azaltma indekslerinde düşüşe yol açmaktadır.

3.5 Hedeflenen Performans Sınıfı

İlgili Yönetmelik (BGKKHY) Madde 11 (3) bendi gereğince “Yeni yapılacak binalarda en az C akustik performans sınıfı sağlanır. Mevcut binalarda kullanım amacının değişmesi durumunda etkilenen bağımsız birimlerde en az D, esaslı tadilat bulunması durumunda ise etkilenen yapı elemanlarında en az D akustik performans sınıfı sağlanır”.

Sanat Atölyeleri özel kullanıma yönelik, müzik etkinlikleri yapılan ve akustik düzenlemelere gerek duyan mekânlardır. Yeni yapılan bir tesis olması durumunda hedeflenen Performans Sınıfı “C” olarak kabul edilmelidir. Ancak proje tadilat güçlendirme projesi olduğu için “D” akustik performans sınıfını karşılaması durumunda “uygun” olduğu kabul edilecektir.

3.6 Hedeflenen Sınır Değerler

Tablo 20- Hedeflenen Sınır Değerler Tablosu

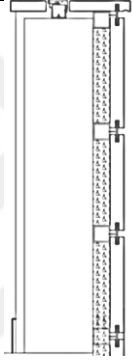
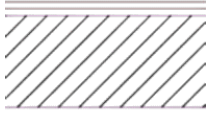
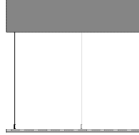
Hedeflenen Akustik Performans Sınıfı						
C veya D						
Eleman / Mahal	Kod	Kaynak durumu	Alıcı durumu	En düşük hava doğuşlu ses yalıtım değerleri, D_{ntA}	En yüksek darbe sesi düzeyleri, L'_{nTw}	NOT
				Sınır Değer	Sınır Değer	
Dış Yapı Elemanları	D-1	BG	Derslik 1	$L_{gag}-25$	-	
	D-2	BG	Derslik 2	$L_{gag}-25$	-	
	D-3	BG	Derslik 3	$L_{gag}-25$	-	
	D-4	BG	Derslik 4	$L_{gag}-25$	-	
İç Bölme Duvarları	B-1	Derslik 1	Derslik 2	55		
	B-2	Derslik 2	Derslik 3	55	-	
	B-3	Koridor	Derslik 1	55	-	
	B-4	Koridor	Derslik 2	55	-	
	B-5	Koridor	Derslik 3	55	-	
	B-6	Koridor	Derslik 4	55	-	
	B-6.1	Derslik 3	Derslik 4	55	-	
	B-6.2	Bağımsız Birim	Derslik 4	55	-	
	B-6.3	Bağımsız Birim	Derslik 4	55	-	
	B-6.4	Giriş Holü	Derslik 1	55	-	
Döşemeler	Z-1	Derslik 1	Derslik 2, 3, 4	55	48	
	Z-2	Derslik 2	Derslik 1, 3, 4	55	48	
	Z-3	Derslik 3	Derslik 1, 2, 4	55	48	
	Z-4	Derslik 4	Derslik 1, 2, 3	55	48	

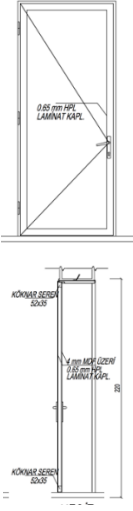
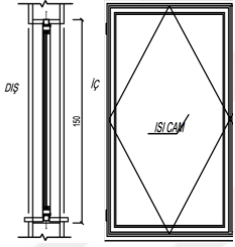
Mekân içi izin verilen gürültü seviyesi, L_{Aeq}		
Mekânlar	İzin verilen seviye	Açıklama
Derslik 1	44	EK-4 Tablo 4.1
Derslik 2	44	
Derslik 3	44	
Derslik 4	44	
Tesisat ve servis ekipmanlarından kaynaklı iç gürültü sınır değerleri, $L_{Aeq,nT}$		
Mekânlar	İzin verilen seviye	Açıklama
Derslik 1	40	EK-5 Tablo 5.1
Derslik 2	40	
Derslik 3	40	
Derslik 4	40	
İzin verilen çınlama süresi, sn		
Mekânlar	İzin verilen süre	Açıklama
Derslik 1	0.8	EK-6 Tablo 6.1
Derslik 2	0.8	
Derslik 3	0.8	
Derslik 4	0.8	

3.7 Yapı Elemanlarının Özellikleri

Örnek olarak seçilen 3 ve 4 nolu etüt odalarında ve diğer etüt odalarındaki yapı elemanları için bilinen detay değerler aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Mevcut elemanların R_w değerleri bilinmemektedir. Bu nedenle evrensel malzeme tiplerine uygun olacak şekilde SoundFlow (standard) ve Insul (temporary) yazılımı yardımı ile belirlenmiştir.

Tablo 21-Mevcut yapı elemanlarının özellikleri

Eleman	Kod	Detay	Özellik	R_w (C; C_{tr})	Ref.
Dış Duvar			Tek Yüzlü Suni Mermer Plaka 30x60x2.5 cm / B.A Duvar 25x90 cm / Sıva 2cm /Akrilik Boya	~ 68 (-1; -6)	Insul
Bölme Duvar			Alçıpan Bölme Duvar (12,5/75/12,5) / Saten Boya	~ 36 (-3; -9)	Insul
Döşeme			Pvc Kaplama Pvc Süpürgelik	~ 66 (-11) (L_{nw})	Insul
Tavan			60x60 cm Taş Yünü Asma Duvar / Sıva / B.A Döşeme / Mevcut Tesfiye Betonü / Seramik Kaplama	~ 75 (-2; -7)	Insul

Kapı			4mm MDF üzeri 0.65 mm HPL Laminant Kaplama -52x35 Köknar	~ 23 (-2; 0)	Cype
Pencere			P12 Alüminyum Pencere	~ 34 (-2; -5)	Cype
Bölme Duvar			Beton Bölme Duvar / Sıva	~ 68 (-1; -6)	Insul
Cam Bölme Duvar			Temperli cam ofis Tipi Bölme elemanı 15mm	~ 35 (-1; -3)	Insul

3.8 HESAPLAMALAR

3.8.1 Hava Doğuşlu Gürültü İletimi

3.8.1.1 Bölme Elemanları Akustik Performanslarının Hesaplanması

Bir yapıda bölme elemanının doğrudan ve yan yol iletim değeri dâhil edilerek belirlenen, hava yolu ile iletilen akustik performans büyüklüğü TS EN 12354-1: 2000 standardını karşılayacak biçimde, standartta belirtilen basitleştirilmiş veya ayrıntılı model yöntemlerden herhangi biri ile hesaplanabilir. BGKKHY EK:7 de hesaplama yönteminin “basit” olarak yapılmasının akustik tespitler için yeterli kabul edildiği dikkate alındığında, derslikler ile ilgili yapı elemanlarının akustik değerlendirmeleri de basitleştirilmiş model yöntemi kullanılarak tahmin edilebilir.

Basitleştirilmiş yöntem 2. Bölümde tanımlanmıştır. Burada bir örnek teşkil etmesi açısından 3. ve 4. odalar arasındaki ortak bölme elemanının akustik performans hesabı bu yöntemle göre yapılacaktır.

3.8.1.2 Basitleştirilmiş yöntem ile eleman performansları

Projede üçü etüt biri grup çalışma odası olmak üzere toplam dört hacim ilişkisi incelenecektir. Bunlardan 3 (etüt) ve 4 (grup) numaralı etüt odaları bölme elemanı 30 cm beton duvar, koridor ile bölme elemanı ise alçıpan duvar sistemidir. Tavan, aynı zamanda açık hava tiyatro oturma birimlerinin de zemini olan dökme betondan oluşur, oda ofis tipi asma tavan sistemi ile desteklenmiştir. Zemin, su basmanı üzerine şap uygulanmış olup zemin seramiği ile kaplıdır.

BGKKHY binaların gürültü geçiş değerlerinin hesaplanması ile ilgili direktifleri açık biçimde verir. Bu yönetmeliğe göre elemanların görünür ses azaltma ve komşu hacimlerin standardize ve normalize edilmiş ağırlıklı düzeylerinin belirlenerek proje için öngörülen sınır değerleri sağlayıp sağlamadığı incelenmelidir. Bir önceki bölümde de belirtildiği gibi hesaplama işlemleri manuel yöntem ile yapılabilir kuşkusuz. Ancak tüm mekânlar arasındaki iletim yollarının geçiş değerleri tek-tek hesaplanması gerektiğinden, standartları karşılayan bir yazılımın kullanılması tercih edilir. İlgili yazılımlar ISO 12354 serisi standartların gerektirdikleri işlemleri eksiksiz karşılamaktadır.

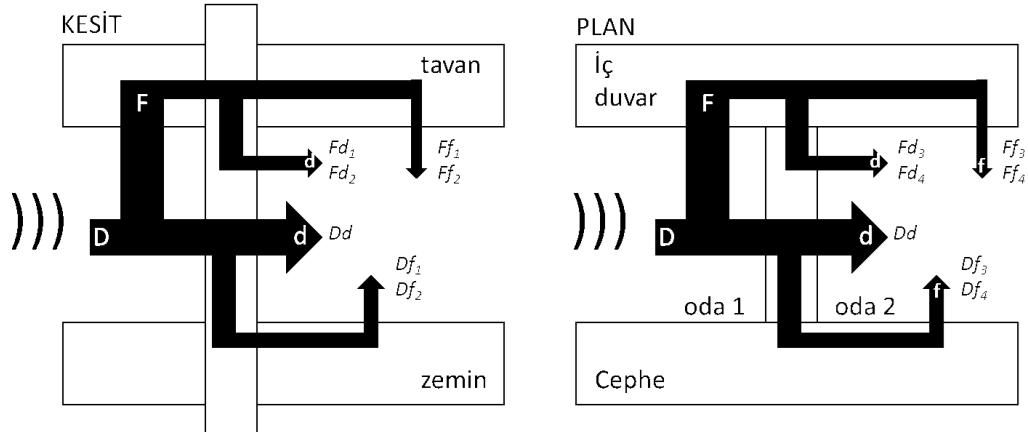
Bu nedenle burada hesaplamaların hangi işlem sırası ile yapılması gerektiği örnekler üzerinde açıklanarak aktarılacak, ardından yazılımdan elde edilen toplu sonuçların çizelgeleri verilecektir.

3.8.1.3 Yöntem

Basitleştirilmiş yöntem ile yapılacak hesaplarda binada kullanılan yapı malzemelerinin kütle yoğunlukları ($m' = \text{kg/m}^3$), boyutları (en/boy/yükseklik = m), yüzey alanları ($S = \text{m}^2$), ISO 717'ye göre spektrum uyarlama terimleri ile düzenlenmiş ağırlıklı ses azaltma indeksleri ($R_w = \text{dB}$) ve bölme elemanlarının ortak kavrama uzunlukları ($I = \text{m}$) ve birleşim yeri bağlantı tiplerine (rijit T, L, X gibi) ihtiyaç vardır.

Bir bölme elemanı akustik performansının hesaplanmasında bütün yanal iletim yolları tek-tek hesaplandığı için, malzemelere ilişkin doğru R_w değerlerinin işlenmesi önemlidir. Bir malzemenin azaltma indeksi değeri öncelikle laboratuvar ölçüm sonuçlarını gösteren resmi formlardan, mevcutsa kendi laboratuvar ölçüm sonuçlarımızdan, erişilemiyorsa üretici firmaların resmi anonslarından, bulunamıyor ise bilimsel yayınların ölçümleme neticesine dayandırdıkları akademik çalışmalardan, bulunamıyor ise ses iletim kaybı hesaplama yazılımları kullanarak, hiç birine ulaşamıyor ise sektörde yaygın kullanılan değerlerden 3 dB kadar geri çekmek suretiyle elde edilecek değerlere başvurmak suretiyle tedarik edilmelidir. Beton, hafif kütleli beton, kalsiyum silikat ve gaz beton malzemeleri için ilgili standardın belirlediği veriler rahatlıkla kullanılabilir (TS EN 12354-1: 30). Değerlerin nereden bulunduğu mutlaka belirtilmeli, kaynak verilmelidir.

İki oda arasındaki ses iletim yollarının toplamı 13'dür. Bunlardan biri ortak bölme duvarı olup ses azaltma indisi doğrudan bölme elemanın R_w değeridir. Bunun dışında kalan 12 iletim yolu (i ve j) için iletim yolu azaltma değerleri (K_{ij}) ve R_w ayrıca hesaplanmalıdır.



Şekil 20- Bitişik iki odanın hava yolu ile iletilen ses iletim yolları (Sol: Kesit görünüm; Sağ: Plan görünüm) (Durmaz, 2018)

Ortak bölme elemanının birbiri ile bağlantı tipi L, T veya X tipte olabilir. Bağlantı tipi iletim yolu hesabında hangi düzeltme değerine sahip eşitliğin kullanılacağını belirler. Görünür ses azaltma indeksi (R'_w) ve Alıcı Oda standardize ses düzeyi farkı (D_{nTw}) tek sayılı değerlerini bulmak için şu adımlar izlenmelidir:

1. Çalışılacak komşu iki yapı elemanının kütle oranları bulunur (M),
2. Belirlenen bağlantı tipine uygun eşitlik seçilerek uygulanır, iletim yolu için katkı değeri belirlenir (K_{ij}),
3. Elemanların birleşme yerlerinde başka yapı malzemeleri varsa, bunların sağlayacağı azaltma değerleri çizelgelerden belirlenir (ΔR),
4. İlgili iletim yolunun ses azaltma indeksi hesaplanır (R_w),
5. Bu işlemler tüm iletim yolları için tekrarlanır (R_{ij}),
6. Tüm sonuçlar ağırlıklı görünür ses azaltma indeksi ($R_{ij,w}$) için tek sayıya dönüştürülür (R'_w),
7. Oda hacmi ve bölme elemanı yüzey alanının bir fonksiyonu olarak değerlendirilip $D_{nT,w}$ tek sayılı alıcı oda standardize ses düzeyi farkı tahmin edilir (Durmaz, 2018: 263-303).

3.8.1.4 Müzik Etüt Odaları

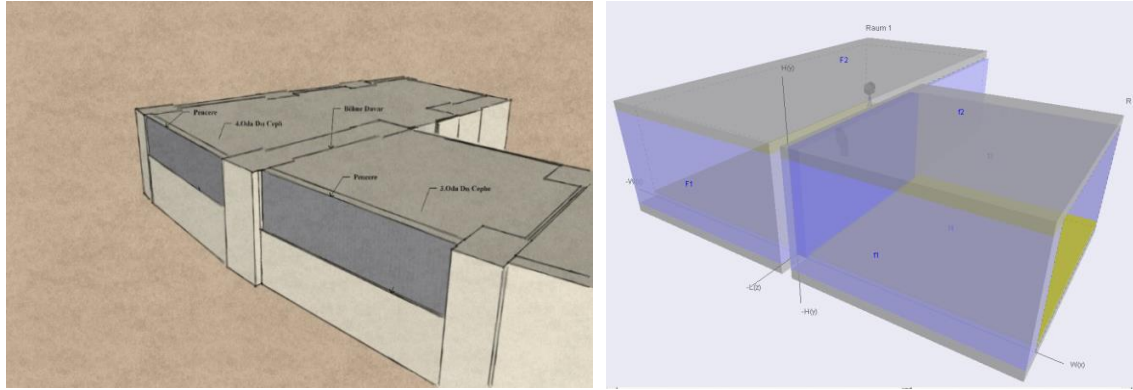
Hacimleri farklı iki bitişik etüt odası örnek olarak incelenecektir. Küçük hacimli etüt odası (No:3) kaynak, büyük hacimli olan (No:4) alıcı oda işlevindedir. Fiziksel büyüklükler ve öngörülen yaklaşık R_w değerleri:

Tablo 22- 3 ve 4 Numaralı Etüt Odaları, Yapı Elemanları Özellikleri

	Boyutlar	Bölme Duvar	Döşeme	Tavan	Cephe	İç Duvarlar	
		Beton	Beton /seramik	Beton / sıva	Beton cephe	Alçıpanel (koridor)	Beton
Etüt 3	<i>En (m)</i>	4,48	4,68/4,48	4,68/4,48	4,68	3,99	-
	<i>Boy/Yük., (m)</i>	2,39+0,89 ⁽¹⁾	4,68/2,81	4,68/2,81	3,28 ⁽²⁾	2,39	-
	<i>R_w / L_{nw} (dB)</i>	67	55	50	32	27	
	<i>m (kg/m²)</i>	1150	690	1150	690	8,9	
Etüt 4	<i>En (m)</i>	4,68	4,78/3,60	4,78/3,60	4,78	2,18	2,51
	<i>Boy/Yük., (m)</i>	2,36+0,87 ⁽¹⁾	9,66/9,48	9,66/9,48	3,23 ⁽²⁾	2,27	2,36
	<i>R_w / L_{nw} (dB)</i>	67	55	50	32 (17)	27	
	<i>m (kg/m²)</i>	1150	690	1150	690	6,9 ⁽³⁾	-

(1) asma tavan arası mesafe

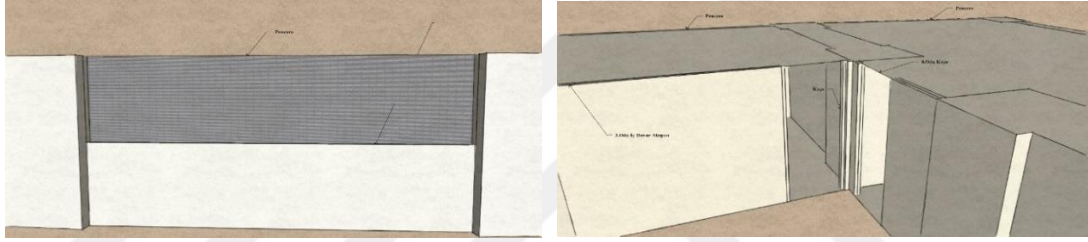
(2) dış cephe zemini eğimli olduğundan bitişik sınıf cephelerinin yüksekliği farklıdır.



Şekil 21- 3 ve 4 Numaralı Etüt Odaları, 3D Gösterimi

Her iki odanın cephesi beton duvar ve alüminyum profil doğramalı ısı cam pencere uygulamasına sahiptir. Bu duvar farklı iki R_w değerine sahiptir. Hesaplamalarda yazılım kullanıldığında iki malzeme ayrı-ayrı tanımlanmalıdır. Bu durumda sadece cephe için farklı eleman bağlantı hesaplamalarının da yapılması gerekecektir; bu yöntem hesaplama sürecini de uzatacaktır. Biz burada komponentleri tek bir sayı ile ifade edip kompozit malzeme gibi değerlendirebilmek için ortalama R_w değerini hesaplama yolunu tanımlayacağız.

Bölme elemanlarının ses azaltma indisleri önceki bölümde tanımlanmıştı. Cephe beton duvar ve pencere, iç bölme elemanı yalıtımsız alçıpan duvar ve yalıtımsız panel kapıdan oluşur. 3D model görünümü aşağıdaki gibidir.



Şekil 22- Üst: Dış Cephe Beton Duvar/Pencere, Alt: Koridor Bölme Elemanı/Kapı 3D Gösterimi

Farklı malzemelerin oluşturduğu bir bölme elemanının ses azaltma indeksi yüzey alanları (S) ve malzemelerin R_w , azaltım değerlerine bağlıdır. En zayıf malzeme, toplam azaltma indeksi üzerinde etkilidir (Özgüven, 2008: 164). Komponentlerin birlikte, ortalama azaltma indeksi aşağıdaki birleştirilmiş eşitlik ile tahmin edilebilir:

$$R'_w = -10 \log \left(\frac{\left(10^{\frac{-R_{w1}}{10}} * S_1 \right) + \dots \left(10^{\frac{-R_{wn}}{10}} * S_n \right)}{S_1 + \dots S_n} \right)$$

Bu eşitlik yardımı ile cephe elemanının ağırlıklı ses azaltma indeksi ve koridor üzerinden alıcı oda ile iletişim halinde bulunan, alçıpanel ve panel kapıdan oluşan iç bölme elemanının ses azaltma indeksleri için sonuçlar şöyledir:

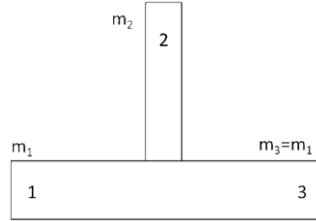
Tablo 23- 3 ve 4 Numaralı Etüt Odalarının Ortak Kompozit Bölme Elemanlarının Hesaplanan Ses Azaltma İndeksleri

Dış Cephe Elemanı		Beton Duvar	Pencere		R'_w
Dış Cephe Elemanı	En (m)	4,68 / 4,78	4,68 / 4,78		32
	Boy/Yükseklik (m)	1,18	1,22		
	$S'(m^2)$	5,52/5,64	5,71/5,83		
	R_w (dB)	68 (-1; -6)	34 (-2; -5)		

Koridor Bölme Elemanı		Alçıpan Bölme	Kapı	Eşik	R'_w
Oda 3 Alçıpanel Bölme Elemanı	En (m)	2,81	1,18	1	17
	Boy/Yükseklik (m)	2,39	2,39	0,15	
	$S'(m^2)$	6,72	2,82	0,15	
	R_w (dB)	36 (-3; -9)	23 (-2; 0)	-	

Yukarıdaki veriler ışığında 3. Ve 4 etüt odası arasında, sadece bir iletim yolu üzerindeki iletim kayıpları ve bu iletim yolunun ağırlıklı iletim kaybını inceleyelim:

Ortak bölme duvarın cephe elemanı ile bağlantısı “rijit T” tipte olduğundan aşağıdaki iletim katsayıları ve iletim yolu titreşim azaltma indisleri şu eşitliklere tabidir (TS 12354-1: 42).



$$K_{13}=5,7+14,1M+5,7M^2 \text{ (dB)}$$

$$K_{12}=K_{23}=5,7+5,7M^2 \text{ (dB)}$$

Cephe ile bölme duvarı arasında ilave yapı elemanı bulunmadığından, herhangi bir azaltma iyileştirme değerini (ΔR) hesaplamaya gerek yoktur.

İlk olarak farklı iki yapı elemanının kütle yoğunlukları dikkate alınmalıdır. Ortak bölme elemanı duvar yaklaşık 500 mm kalınlıkta güçlendirilmiş betondur ve birim alan kütlesi $m_1= 1150 \text{ kg/m}^2$ olarak kabul edilecektir. Cephe elemanı pencere, beton duvar ve

yüzey kaplama malzemelerinin birleşimidir. Kütlesi yaklaşık olarak $m_2 = 690 \text{ kg/m}^2$ dir. Birbiri ile rijit “T” bağlantı ilişkisi olan bu iki malzemenin kütle oranları iletim yolu ses azaltma indisini belirleyen fonksiyonlardan biridir ve

$$M = \text{Log} (m_1/m_2)$$

eşitliği ile ifade edilir. Söz konusu bu iki yapı elemanının kütle oranı

$$M = \text{Log} (1150/690) = 0,221 \text{ olur.}$$

İletim yolu bağlantı tipine göre belirlenen eşitlik yardımıyla iletim yolu indeksleri

$$K_{13} = 5,7 + 14,1M + 5,7M^2 = K_{13} = 5,7 + 14,1(0,221) + 5,7(0,221^2) = 9,1$$

$$K_{12=23} = 5,7 + 5,7M^2 = K_{13} = 5,7 + 5,7(0,221^2) = 5,98$$

olur.

Ağırlıklı yan yol azaltma indisleri için girdi değerleri $D_f (= F_d)$ ve F_f iletim yollarında ayrı-ayrı hesaplanmalıdır:

$$R_{ij,w} = (R_{i,w}/2 + R_{j,w}/2) + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \text{ Log} (S_s/I_0 I_j) \text{ (dB)}$$

burada;

$R_{ij,w}$: kaynak (i) alıcı (j) oda yan yol elemanı ağırlıklı ses azaltma indisi, dB

$\Delta R_{ij,w}$: ilave kaplamanın yol açtığı ağırlıklı ses azaltma iyileştirme indisi, dB

K_{ij} : kaynak (i) ve alıcı (j) tarafı iletim yolları için azaltma indisi, dB

S_s : Bölme elemanının alanı, m^2

I_f : elemanların birleşme yeri ortak kavrama uzunluğu, m

I_0 : referans kavrama uzunluğu, ($= 1m$)

Bölme duvar ile cephe elemanı arasında ilave kaplama yoktur. Odanın fiziksel değerleri doğrultusunda D_f iletim yolu için ağırlıklı ses azaltma indisleri şöyledir:

$$R_{Ff,w} = 32 + 0 + 9,1 + 10 \text{ Log} (10,7/2,39) = R_{Ff,w} = 47,61 \text{ Db}$$

$$R_{Df,w} = (32+67)/2 + 0 + 5,98 + 10 \text{ Log} (10,7/2,39) = R_{Df,w} = 61,99 \text{ dB}$$

Bu işlemler D_d iletim yolu dışında kalan 12 iletim yolu için aynı yöntem ile tekrarlanır: R_{Ff} , R_{Df} ve R_{Fd} iletim yolları için döşeme, tavan, cephe, iç duvar azaltma

değerleri bulunur. Tüm iletim yolları ve D_d için elde edilen sonuçlardan bu iki oda arasındaki ağırlıklı görünür ses azaltma indisi R'_w aşağıdaki eşitlik yardımı ile tek sayı karşılığı ile tahmin edilebilir:

$$R'_w = -10 \log \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right]$$

Koridor iletim yolları hariç, sadece 3 ve 4 nolu etüt odaları arasındaki iletim ilişkileri açısından yukarıdaki eşitlik ile 3 ve 4 nolu etüt odasının görünür ses azaltma indeksi

$$R'_w = 47,3 \text{ dB}$$

3. Oda kaynak ve 4. Oda alıcı olması durumu için standardize edilmiş ağırlıklı ses düzey farkı (sadece bölme duvar ve cephe geçişleri dikkate alındığında)

$$D_{nT} = R'_w + 10 \log \frac{0,161 V}{T_0 S_s}$$

eşitliği yardımı ile

$$D_{nT,w} = 49,7 \text{ dB}$$

olarak hesaplanır.

Yukarıdaki çalışma işlem basamağını gösteren küçük bir örnektir; tüm komşu elemanlar için ayrıca yapılmalı, R'_w değerlerinin toplamı elde edilmeli ve standardize edilmiş ses düzey farkı hesaplanmalıdır.

3.9 Bilgisayarlı Modelleme

Bitişik iki yapı elemanı üzerinden gürültü iletiminde biri doğrudan bölme eleman azaltma değeri olmak üzere toplam on üç farklı azaltma indeksi ve detayları yukarıda belirtildi. Zemin, tavan, duvarlar ve ortak bölme elemanları için yukarıda yapılan örnek hesaplama her iletim yolu için tekrar edilmelidir. Bu durumda komşu her eleman için on üç R'_w değeri oluşacağından, bulunan toplam değer alıcı odanın içinde gerçekleşmesi beklenen gürültü değerinin tahminidir.

Bu işlemler birkaç kaynak ve alıcı oda bulunması durumunda el ile hesaplanarak bulunabilir. Ancak bu mühendislik hesaplamalar için gerek bağımsız (stand alone) gerek yapı bilgi modellemesi BIM (Building Information Modelling) tabanlı çalışan endüstriyel yazılımlar da mevcuttur. BIM tabanlı yazılımların kullanılması akıllı ağ paylaşımı, zaman, iş gücü, hızlı ve tekrarlanabilir işlemler, uygun malzemeler seçiminde hızlı ve kolay karar verebilme adına büyük kolaylıklar sağlar.

Bu çalışma yukarıda basitleştirilmiş örnek hesaplama yöntemini kullanan ve ilgili standartları karşılayan AcoubatBIM ve CypeSOUND benzetim yazılımlarının akademik ve eğitim sürümleri kullanılarak analiz edilmiştir. Akustik analiz yazılımlarında, etüt odalarının IFC (Endüstri Vakfı Sınıfları) veri modeli kullanarak tarafımızca hazırlanan *.ifc4 formatındaki dosyalar çağırılmak suretiyle çalışılmıştır. 3D modellemeler için SketchUp 2017, Autocad 2019 yazılımlarından destek alınmış, ağırlıklı azaltma indeksleri tahmininde SoundFlow ve Insul kullanılmıştır. Hesaplamalarda tarafımızca hazırlanan Excel (2016) hesaplama kartları, Dirac 6.0 analiz yazılımı ve Matlab 2019a ile Odeon 13.1 Auditorium'un malzeme kütüphanesinden yararlanılmıştır.

Bu projenin akustik analizlerinde 5 adet havadan yayılan gürültü alıcı alanı bulunmuş, dikey yapı elemanları ile ayrılmış 14 verici ve alıcı alan çifti ortaya çıkmıştır. Çiftler arasında havadaki gürültü için ortalama ses yalıtım indeksi ($D_{nT,A}$), standart 8,0 dBA sapma ile 26,5 dBA'dır.

Dış gürültüye maruz kalan 11 gürültü geçişi, 4 hava kaynaklı gürültü alıcı alanı bulundu. Dışardan gelen gürültüye karşı hava yolu ile iletilen ortalama değer 10,5 dBA sapma ile $D_{2m,nT,Atr} = 45,9$ dBA'dır.

Hazırlanan projede giriş holü + koridor, üç adet küçük bir adet büyük etüt odası çapraz ilişkiler ile hesaplanmış olup iletim yolları detay değerleri için elde edilen toplu sonuçlar aşağıda çizelge halinde verilmiştir.

Tablo 24- Koridor, 2, 3 ve 4 Numaralı Odalar için Toplu Sonuçlar (mevcut durum)

Mahal		K _{ij}		R _{ij}	Oda 4		Koridor	
		İletim kayıpları		dB	R' _w	D _{nTA}	R' _w	D _{nTA}
zemin	Oda 4	K _{Ff}	-4,8	73,7	38	43	25	33
		K _{Fd}	-2,1	72,7				
		K _{Df}	-3,0	72,7				
K _{Ff}		-3,8	44,7					
K _{Fd}		-3,9	59,7					
K _{Df}		-3,9	59,7					
cephe		K _{Ff}	-4,7	73,6				
		K _{Fd}	-2,0	72,6				
		K _{Df}	-2,9	72,6				
tavan		K _{Ff}	-1,8	39,7				
		K _{Fd}	-4,2	80,0				
		K _{Df}	-1,7	51,8				
İç duvar	Koridor	K _{Ff}	-10,6	69,8				
		K _{Fd}	-4,7	79,5				
		K _{Df}	-5,0	79,5				
		K _{Ff}	-10,6	69,8				
		K _{Fd}	-4,7	79,5				
		K _{Df}	-5,0	79,5				
		K _{Ff}	-4,2	76,2				
		K _{Fd}	-1,8	35,9				
		K _{Df}	-1,7	53,4				
		K _{Ff}	2,5	35,9				
		K _{Fd}	-1,8	35,9				
		K _{Df}	3,2	35,9				
bölme elemanı		D _d	-	62,0				

Mahal		K _{ij}		R _{ij}	Oda 3		Koridor	
		İletim kayıpları		dB	R' _w	D _{nTA}	R' _w	D _{nTA}
zemin	Oda 3	K _{Ff}	-4,8	73,7	38	40	24	25
		K _{Fd}	-3,0	72,7				
		K _{Df}	-2,1	72,7				
cephe		K _{Ff}	-3,8	44,7				
		K _{Fd}	-3,9	59,7				
		K _{Df}	-3,9	59,7				
tavan		K _{Ff}	-4,6	69,6				
		K _{Fd}	-3,4	79,3				
		K _{Df}	-3,1	79,3				
İç duvar		K _{Ff}	-1,8	39,7				
		K _{Fd}	-1,7	52,7				
		K _{Df}	-4,2	80,0				
İç duvar	Koridor	K _{Ff}	-4,6	69,6				
		K _{Fd}	-3,4	79,3				
		K _{Df}	-3,1	79,3				
		K _{Ff}	-1,7	57,7				
		K _{Fd}	-1,8	40,2				
		K _{Df}	-4,2	80,5				
		K _{Ff}	-1,8	39,7				
		K _{Fd}	-1,7	52,7				
		K _{Df}	-4,2	80,0				
		K _{Ff}	-3,5	39,4				
		K _{Fd}	-3,7	27,3				
		K _{Df}	-4,3	40,2				
bölme elemanı		D _d	-	62,0				

Mahal		K _{ij}		R _{ij}	Oda 2		Koridor	
		İletim kayıpları		dB	R' _w	D _{nTA}	R' _w	D _{nTA}
zemin	Oda 2	K _{Ff}	-4,2	69,1	26	27	15	18
		K _{Fd}	-2,8	78,8				
		K _{Df}	-2,8	78,8				
cephe		K _{Ff}	-3,7	39,4				
		K _{Fd}	-3,9	65,1				
		K _{Df}	-3,9	65,1				
tavan		K _{Ff}	-3,6	68,6				
		K _{Fd}	-2,3	78,3				
		K _{Df}	-2,3	78,3				
İç duvar		K _{Ff}	-3,7	34,8				
		K _{Fd}	-4,3	39,8				
		K _{Df}	-3,5	39,0				
İç duvar	Koridor	K _{Ff}	-4,1	37,7				
		K _{Fd}	-3,4	20,6				
		K _{Df}	-3,4	37,7				
		K _{Ff}	-4,7	64,8				
		K _{Fd}	-2,4	57,4				
		K _{Df}	-2,2	57,4				
		K _{Ff}	-4,3	38,7				
		K _{Fd}	-3,7	33,7				
		K _{Df}	-3,5	37,9				
		K _{Ff}	-3,7	34,8				
		K _{Fd}	-4,3	39,0				
		K _{Df}	-3,5	39,0				
bölme elemanı		D _d	-	27,0				

Tablo 25- Mekanlar arası ilişkide R_w , D_{nTA} özet sonuçları (mevcut durum)

Koridor	Oda 1	Oda 2	Oda 3	Oda 4
R'_w	15	16	26	25
$D_{nT,A}$	18	19	28	32
Oda 1	Koridor	Oda 2	Oda 3	Oda 4
R'_w	16	21	-	-
$D_{nT,A}$	18	23	-	-
$D_{2m,nT,Atr}$	32			
Oda 2	Oda 1	Koridor	Oda 3	Oda 4
R'_w	21	15	26	-
$D_{nT,A}$	22	18	27	-
$D_{2m,nT,Atr}$	32			
Oda 3	Oda 1	Oda 2	Koridor	Oda 4
R'_w	-	24	24	38
$D_{nT,A}$	-	25	25	40
$D_{2m,nT,Atr}$	33			
Oda 4	Oda 1	Oda 2	Oda 3	Koridor
R'_w	-	-	38	25
$D_{nT,A}$	-	-	43	33
$D_{2m,nT,Atr}$	33			

Mevcut malzemeler ile yapılan akustik analizler, bu odaların yönetmelikler ile belirlenen sınır değerleri karşılamadığını göstermektedir. Bu sonuç beklenen bir sonuçtur. Projenin toplumsal sorumluluk taşıyan özelliği nedeniyle, mekânların müzik etütlerine uygun hale getirilmesi, olası çözümlerin öngörülmesi yararlı olacaktır.

İstenen sınır değerlerin en düşük “D” ve tercihen “C” Akustik Performans Sınıfı gereklerini karşılaması gerekir. Tablo 26 mevcut durumdaki uygun olmayan akustik göstergelerin sonuçlarını mekânlar arası ilişkiler bağlamında özetler:

Tablo 26- Dikey ayırma elemanlarında hava doğuşlu ses iletimi (mevcut durum)

ss	Alıcı Oda	Kaynak Oda	$[R_w + C]_{Dd}$	$[R_w + C]'$	S_s	V	$D_{nT,A}$ (dBA)	
			(dBA)	(dBA)	(m²)	(m³)	istenen	sağlanan
	koridor - oda 1							
1	S05_5	S04_1	17.0	15.8	12.81	72.0	45	18
	koridor - oda 2							
2	S05_5	S03_2	17.0	15.0	9.40	72.0	45	19
	koridor - oda 3							
3	S05_5	S02_3	27.0	25.8	13.51	72.0	45	28
	koridor - oda 4							
4	S05_5	S01_4	27.1	25.3	5.12	72.0	45	32
	oda 1 - koridor							
5	S04_1	S05_5	17.0	15.8	12.81	69.0	45	18
	oda 1 - oda 2							
6	S04_1	S03_2	27.0	20.5	12.55	69.0	45	23
	oda 2 - koridor							
7	S03_2	S05_5	17.0	15.3	9.40	50.3	45	18
	oda 2 - oda 1							
8	S03_2	S04_1	27.0	20.5	12.55	50.3	45	22
	oda 2 - oda 3							
9	S03_2	S02_3	27.0	25.7	12.18	50.3	45	27
	oda 3 - koridor							
10	S02_3	S05_5	27.0	23.8	13.51	49.6	45	25
	oda 3 - oda 2							
11	S02_3	S03_2	27.0	23.6	12.18	49.6	45	25
	oda 3 - oda 4							
12	S02_3	S01_4	62.0	38.4	11.82	49.6	45	40
	oda 4 - koridor							
13	S01_4	S05_5	27.1	25.3	5.12	100.1	55	33
	oda 4 - oda 3							
14	S01_4	S02_3	62.0	38.2	11.82	100.1	55	43

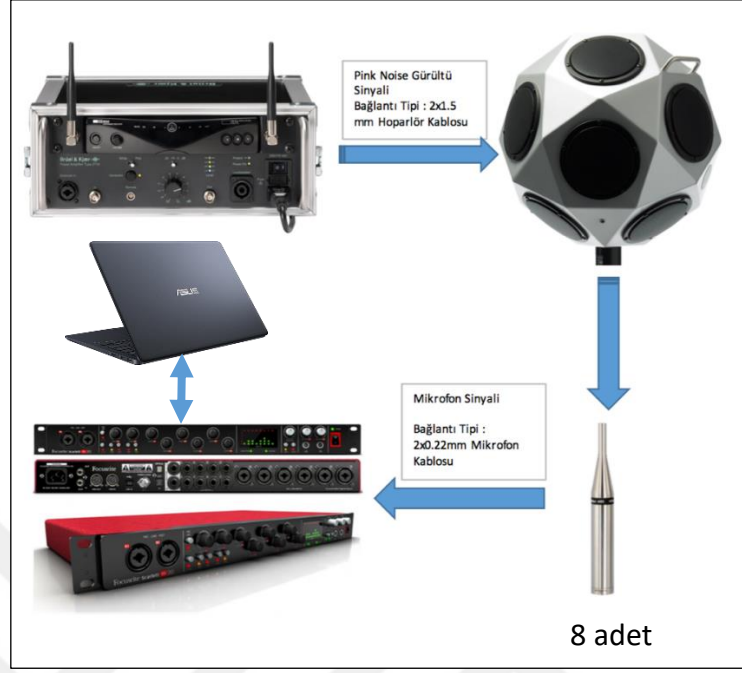
3.10 SAHA ÖLÇÜMLERİ

Yerinde akustik ölçümler iki kez, 29 Mart ve 20 Mayıs 2019 tarihlerinde, etkinlik olmadığı bir zaman diliminde ve gündüz saatlerinde gerçekleştirildi. İlk ölçüm test ve genel durum tespiti amacıyla, ikincisi akustik analizlere veri oluşturmak amacıyla yapıldı.

Ölçümlerde ilgili ekipmanların tamamı uluslararası standartları karşılamaktadır: Ölçmelerde Brüel & Kjaer Type 4292- L, Type 2734, Type 2250, Type 7841 (V6), Focusrite 18i20 mikrofon preamplifier, EarthWorks M23 ölçüm mikrofonu (8 adet), Extech akustik kalibratör ile MacBook Air ve ASUS i7 dizüstü bilgisayar kullanıldı. Preamplifier kanalları frekans tepki grafiği ölçülerek düzeltme faktörleri belirlendi, EW 23 mikrofonlara ait özgün laboratuvar ölçüm kartlarındaki elektriksel düzeltme değerleri sisteme işlendi.

Konumları ve sayıları önceden hesaplanmış kaynak (S) ve 8 farklı alıcı noktasında (R1-R8) ses basınç düzeyleri eş zamanlı olarak kaydedildi. Arka plan gürültü düzeyleri yönetmelikler ile belirlenen kurallar doğrultusunda saptandı (RG, 2010: EK), arkaplan etkileri için gerekli düzeltmeler yapılarak frekanslara göre net gürültü seviyeleri bulundu, dış cephe L_{Aeq} değerleri etüt odalarının 2m önünde ve ilgili standarda uygun ölçümlendi.

Omni yönelgen ses kaynağı koridor ve etüt odalarında sırayla konuşlandırılarak 4 farklı konumda kullanıldı. Test ölçümlerinde iki kaynak konumu ve bir hareketli mikrofon tekniği ile ölçüm yapıldığından, ikinci ölçümlerde sadece sabit mikrofonlar kullanıldı ve okunan değerlerin enerji ortalamaları alındı. Böylece dört kaynak sekiz alıcı noktası olmak üzere, pembe gürültü ile tek noktalı uyaran için toplam 32 enerji kaydı, sekiz dürtü yanıtı, sekiz arka plan gürültüsü kayıt altına alındı. Bu ölçümler hem Mart hem mayıs ayındaki çalışmalarda aynı standartlarda gerçekleştirildi. Saha kayıtlarında Audition CC 6.0 DAW, dürtü yanıtları analizlerinde Dirac V6. 5042, 1/3 oktav FFT ve eşdeğer gürültü spektrum analizlerinde MATLAB 2019a yazılımları; spektrum uyarlama terimleri ve ağırlıklı seviye farklarının manuel hesapları için Excel 2016 platformunda tarafımızca hazırlanan hesaplama kartları kullanıldı. Tüm ölçümler ÇGDDYY kapsamında belirtilen uluslararası/ulusal standartları (RG, 2010) karşılayacak şekilde gerçekleştirildi ve analiz edildi.



Şekil 23- Ölçüm Sistemi için sinyal akışı



Şekil 24- Yerinde Ölçüm Sistemi için bir örnek (C. Daloğlu arşivi)

Mimari planlar, kesitler ve ölçüler önce elektronik dosyalar üzerinde etüt edildi, ardından mimari güçlendirme projesinde belirtilen değişiklikler, detaylar ve mimari yapı elemanları yerinde kontrol edildi, gerçek metrajlar belirlendi. Mimari bitiş ve bölme elemanları, mefruşat detayları incelendi, özellikle bölme elemanlarının sadece “ayırma” fonksiyonuna yönelik imal edildiği, tavanların akustik asma tavan malzemesi ile sonlandırıldığı, odaların tümünde birkaç sandalye, bir çalışma masası ve beyaz yazı tahtası bulunduğu, hacimlerin müzik ve sanat etüt odalarına uygun olacak şekilde düzenlenmediği, mekânların iç akustik için uygun özelliklere sahip yapıda olmadığı gözlemlendi.

Odaların pencereleri 25 mm ısıcam takılmış, çerçeve contaları işlevini yitirmiş kaçak geçişlere yol veren alüminyum doğrama uygulaması olduğu, açılır kanatlar kapatıldığında bile dış gürültü sızıntılarının belirgin biçimde algılanabilir durumda bulunduğu, büro tipi akustik asma tavan ile beton yapı tavanı arasında ortalama 800-850 mm boşluk bulunduğu, boşluğun herhangi bir akustik malzeme ile desteklenmediği gözlemlenmiştir.

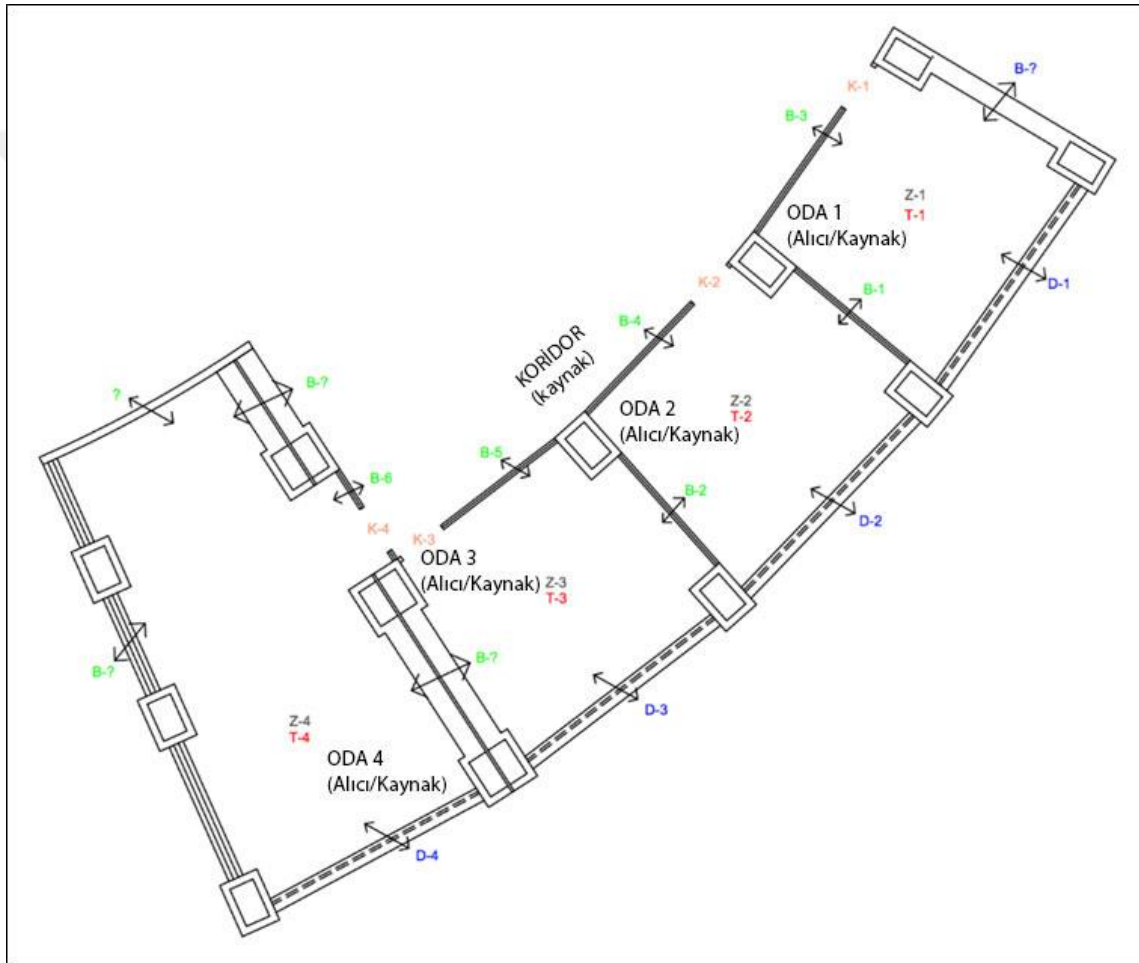
Oda 1, oda 2 ve Oda 3 için ortak bölme elemanının yalıtımsız çift alçı panel ile oluşturulmuş sandviç tip duvar olduğu, akustik yalıtım özelliği değil sadece bölme özelliği taşıması kaygısı ile imal edildiği, koridor ile odaların ortak bölme elemanlarının 15mm kalınlıkta temperli camdan mamul ofis tipi cam bölme olduğu ve akustik açıdan tümüyle işlevsiz olduğu belirlenmiştir.

Havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinin merkezi sistem olduğu, oda ünitelerinin tavan kaset sistemi ile sonlandırıldığı, havalandırma aktif iken kayda değer üfleme ve emme gürültüsünün bulunmadığı görülmüştür.

Yapılan teknik incelemeler sonucunda bu mekânların genel amaçlı bir sınıf olarak değil, özel bir müzik etüt odası olarak kullanılmasının olanaksız olduğu anlaşılmıştır. Mevcut durum her ne kadar bu ekseninde bulunsun da bir önceki bölümde belirtilen toplumsal sorumluluk adına yapılacak etkinliklerde olumlu bir çalışma birimi haline getirmenin olanak dâhilinde olduğu da düşünülmektedir. Bu nedenle etütlere devam edilmiştir.

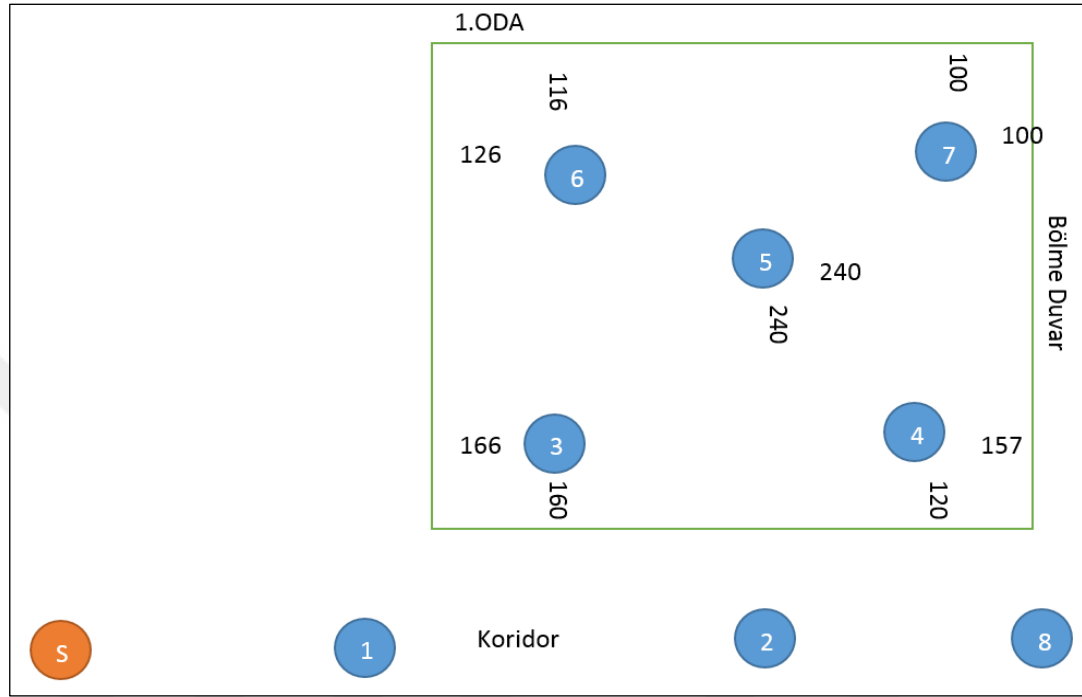
3.10.1 Kaynak ve Alıcı Konumları

Mekânlar arası ses azaltma indeksleri için yapılan ölçümler dört farklı konumda gerçekleştirildi: Kaynak konumu için oda 1, oda 2, oda 3 ve koridor; alıcı konumları için ise oda 1, oda 2, oda 3, oda 4 ve her iki senaryo için ortak koridor.

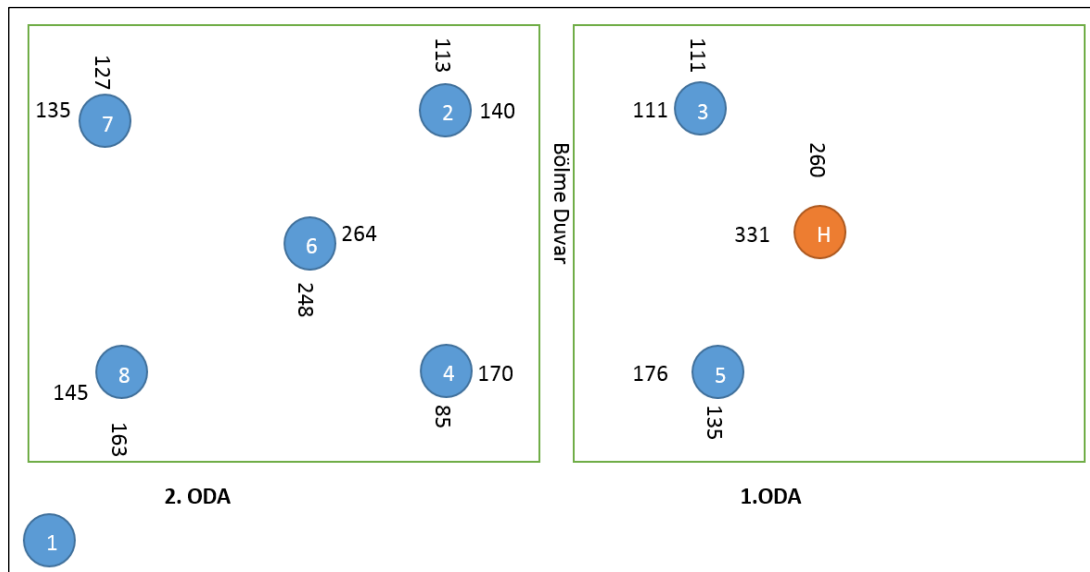


Şekil 25- Mekânların Kaynak ve Alıcı olma durumlarına göre ilişkileri

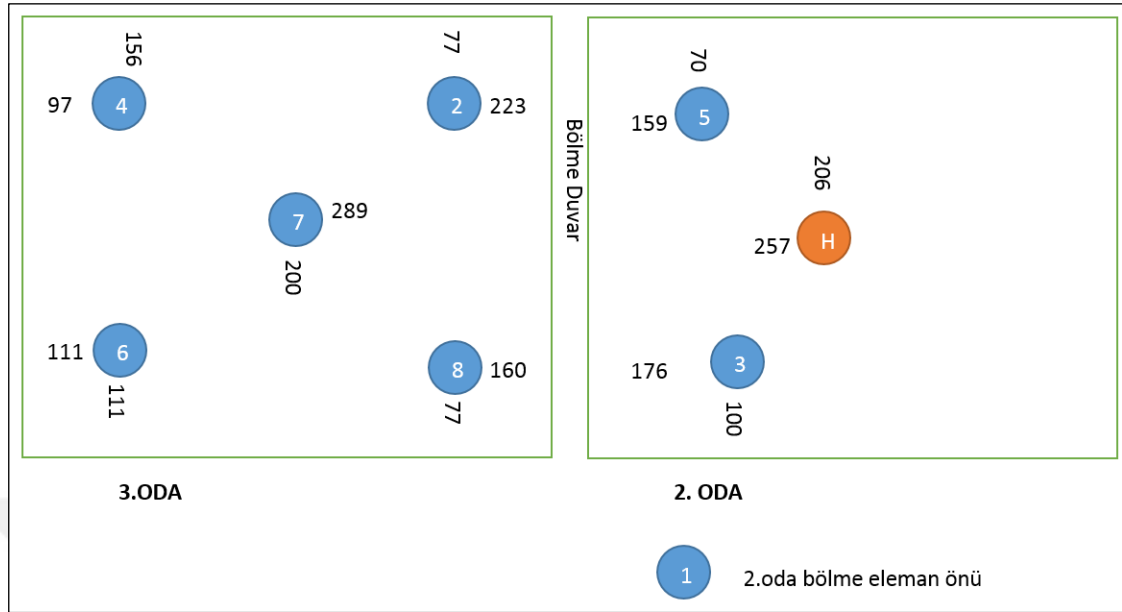
Kaynak ve alıcı noktalarında her biri 8 kanallı toplam 4 kayıt yapılmıştır. Her bir senaryo kaynak ve alıcı noktaları için temsili grafikler ve ölçüm sonuçları şöyledir:



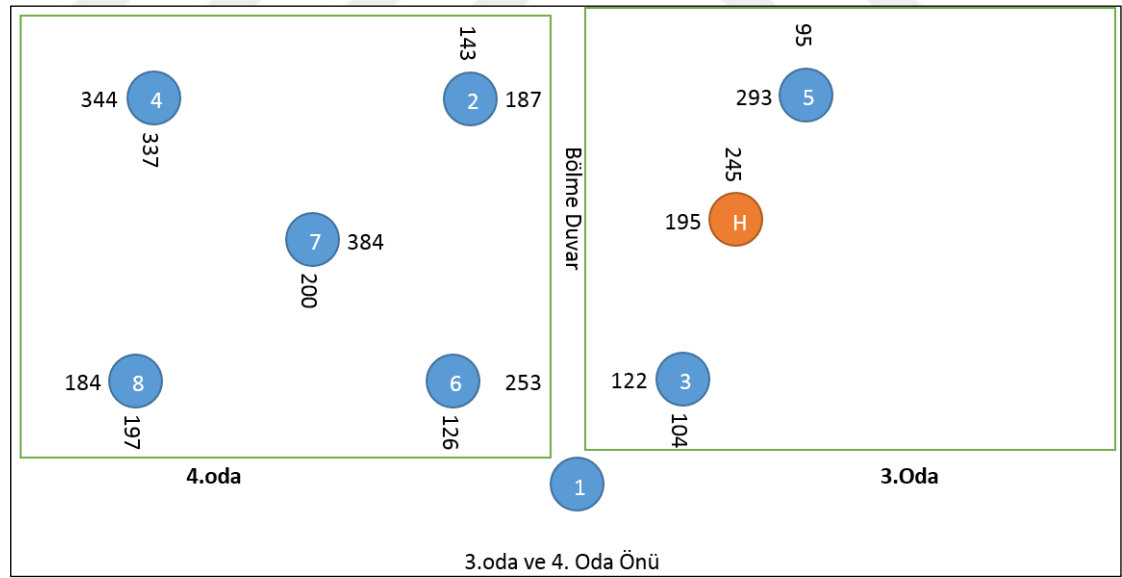
Şekil 26- 1. Kayıt için Kaynak ve Alıcı Konumları



Şekil 27- 2. Kayıt için Kaynak (S) ve Alıcı Konumları



Şekil 28- 3.Kayıt için Kaynak (S) ve Alıcı Konumları



Şekil 29- 4.Kayıt için Kaynak (S) ve Alıcı Konumları



Şekil 30- Alıcı Oda Mikrofon Konumları Yerinde Gösterimi (C. Daloğlu arşivi)



Şekil 31- Kaynak Oda Mikrofon Konumları Yerinde Gösterimi (C. Daloğlu arşivi)

Arka plan gürültüsü için iki yöntem kullanıldı: Sonuçların ilki dış mekânda omni kaynak ile cepheye ortalama 5 m uzaktan 94 dB_{SPL} düzeyinde uygulanan pink noise, ikincisi doğal ortam trafik (ve çevre) gürültüsünü gösterir. Aşağıda 3. ve 4. oda özelinde yapılacak olan analizlerde kullanılmaz üzere ortalama değerleri ve iletim yolları için gerekli olan koridor gürültü düzeyleri ile ölçülen verilere ilişkin L_P, L_{Aeq}, NR ve NC sonuçları görülmektedir:

Tablo 28- Etüt Odaları Arka plan Gürültü Ölçüm Sonuçları (düzeltmeler uygulanmış)

	ARKAPLAN GÜRÜLTÜSÜ							
Hz	Cephe	Oda 1-2	Cephe		Cephe	Oda 3	Oda 4	Koridor
	Pink noise		Trafik Gürültüsü					
		(ort)	(oda 3)	(oda 4)	(ort)			
50	59.3	54.4	68.6	69.3	69.0	59.9	55.7	60.3
63	56.3	46.3	67.3	67.4	67.4	38.8	55.8	58.2
80	57.1	43.4	65.6	66.4	66.0	35.8	50.9	49.3
100	50.1	40.9	63.8	64.0	63.9	29.7	46.9	42.5
125	46.1	38.4	60.3	61.7	61.1	26.5	43.0	37.6
160	44.4	35.1	57.1	58.4	57.8	22.8	37.3	38.3
200	43.5	31.7	54.9	56.0	55.5	19.6	35.5	38.6
250	43.3	28.6	52.2	53.7	53.0	17.0	31.5	39.8
315	42.8	25.5	50.8	52.2	51.6	15.3	30.2	36.5
400	41.7	23.7	50.0	51.3	50.7	14.1	28.2	38.0
500	42.5	22.5	50.5	49.7	50.1	11.0	25.2	33.8
630	43.1	22.0	50.3	49.2	49.8	8.6	22.8	32.5
800	41.9	23.1	51.7	50.0	50.9	8.5	23.0	28.7
1000	42.4	25.8	50.7	49.0	49.9	8.0	22.9	28.3
1250	44.0	21.5	48.8	47.6	48.2	5.5	20.0	28.4
1600	38.5	19.7	46.4	46.0	46.2	5.0	18.8	27.9
2000	37.6	16.4	44.8	44.1	44.5	5.0	18.8	27.1
2500	36.6	16.6	42.3	41.7	42.0	5.0	18.8	27.4
3150	40.5	19.6	41.3	41.3	41.3	5.0	18.8	26.1
4000	43.4	17.4	39.2	39.9	39.6	5.0	18.8	26.2
5000	31.8	15.6	35.6	36.3	36.0	5.0	18.8	25.0
L _P	77.8	66.2	73.3	73.9	73.6	60.0	59.8	62.8
L _{Aeq}	53.6	34.6	59.2	58.9	66.6	39.5	45.3	50.1
NR	50.0	29.0	55.0	54.0	55.0	31.0	31.0	36.0
NC	47.0	27.0	54.0	54.0	54.0	35.0	34.0	38.0

Etüt odaları ölçümleri dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Kaynak (L1) ve alıcı (L2) odaların aralarındaki ilişkiyi gösteren, 1/3 oktav çözünürlükte ölçümlenen, 50-5000 Hz arası band basınç değerleri ve seviye farkları (D) aşağıda gösterilmektedir.

Tablo 29- Etüt Odaları 1. ve 2. Ölçüm Sonuçları

	Koridor-Oda 1			Oda 1-Oda 2			
Hz	L1	L2	D	L1	L2	D	Koridor
50	72.1	66.6	5.4	66.8	64.5	2.3	62.2
63	72.4	63.8	8.5	66.4	77.7	-11.3	62.2
80	82.9	65.9	17.0	77.0	82.1	-5.1	75.5
100	85.6	70.7	14.8	83.4	86.1	-2.7	73.0
125	86.5	70.2	16.3	90.2	88.3	1.9	75.2
160	83.0	72.0	11.0	83.9	82.8	1.1	73.0
200	84.9	68.0	16.9	86.9	83.6	3.3	68.4
250	87.3	73.2	14.1	88.3	81.5	6.8	77.3
315	82.5	66.7	15.8	83.6	85.5	-1.9	72.7
400	79.5	65.5	14.0	83.2	76.5	6.7	70.5
500	82.0	62.4	19.6	82.9	71.0	11.9	66.8
630	77.7	61.2	16.5	82.5	66.2	16.3	63.8
800	76.1	60.2	15.9	79.8	63.5	16.3	62.2
1000	75.4	59.2	16.1	79.2	59.4	19.8	60.7
1250	77.8	60.1	17.7	81.7	58.1	23.6	62.2
1600	78.5	63.6	15.0	82.4	58.6	23.7	63.2
2000	76.5	62.2	14.2	80.1	56.2	23.9	61.6
2500	78.0	60.8	17.2	82.5	55.2	27.3	60.8
3150	76.1	58.8	17.3	78.8	52.8	26.0	57.7
4000	75.6	58.0	17.6	78.9	52.0	26.9	58.6
5000	75.8	55.9	19.9	78.6	49.3	29.3	58.2
L _P	94.8	79.9		96.6	93.6		83.4
L _{Aeq}	89.5	73.2		92.6	82.4		75.6

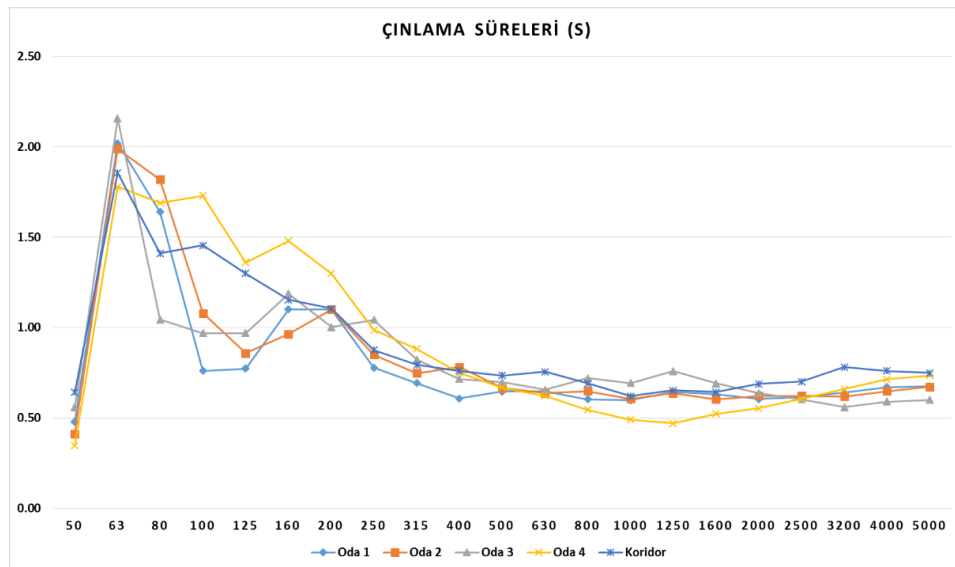
Tablo 30- Etüt Odaları 3. ve 4. Ölçüm Sonuçları

	Oda 2-Oda 3				Oda 3-Oda 4			
Hz	L1	L2	D	Koridor	L1	L2	D	Koridor
50	69.0	63.9	5.0	67.4	70.2	60.9	9.3	64.1
63	77.4	73.6	3.8	69.1	75.7	59.8	15.9	64.7
80	85.7	75.4	10.3	82.3	85.1	62.5	22.6	76.5
100	83.4	71.3	12.1	77.5	84.4	71.7	12.8	76.6
125	87.8	75.3	12.4	77.4	88.5	72.1	16.5	77.6
160	88.3	73.7	14.6	80.7	93.6	69.1	24.5	80.5
200	90.8	73.0	17.8	80.1	93.4	67.1	26.3	73.4
250	89.3	71.8	17.4	82.3	92.1	65.8	26.3	79.5
315	88.0	68.3	19.7	80.2	90.5	62.8	27.7	71.1
400	84.7	64.3	20.4	74.6	86.3	59.1	27.1	70.7
500	83.9	58.9	25.0	74.8	84.7	55.1	29.6	66.3
630	84.2	54.0	30.1	73.3	83.2	51.5	31.7	65.3
800	81.8	51.0	30.8	73.1	83.0	47.4	35.6	60.8
1000	81.9	47.2	34.7	75.8	83.0	43.8	39.2	59.9
1250	82.2	47.2	35.0	75.3	82.8	42.5	40.3	60.8
1600	83.7	50.2	33.5	75.4	84.6	42.6	41.9	63.6
2000	81.1	46.4	34.8	72.4	82.4	41.9	40.4	63.5
2500	82.3	47.8	34.5	73.6	83.2	42.8	40.4	64.4
3150	80.5	46.6	33.9	71.6	81.7	39.7	42.0	61.5
4000	79.9	45.4	34.5	72.3	80.5	36.3	44.2	59.0
5000	80.1	44.3	35.8	71.1	80.6	34.9	45.6	59.1
L_P	98.3	82.5		90.3	100.5	77.4		86.3
L_{Aeq}	94.0	69.8		85.7	95.2	64.8		77.0

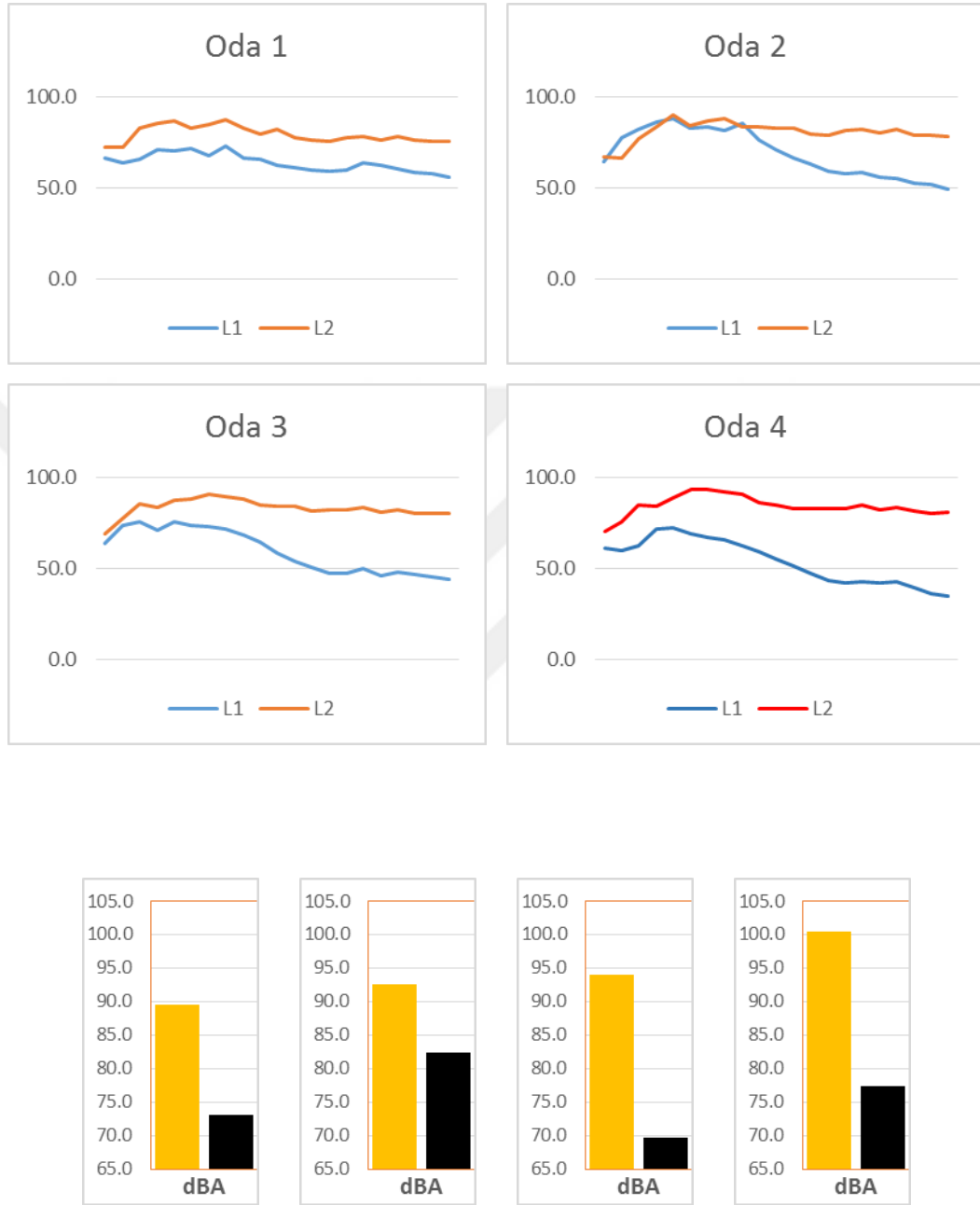
Çınlama süreleri, dürtü yanıtı alınmak suretiyle 1/3 oktav için ölçülmüştür.

Tablo 31- Etüt Odaları Çınlama Süresi Ölçümleri

ÇINLAMA SÜRELERİ (saniye)					
Hz	oda 1	oda 2	oda 3	oda 4	koridor
50	0,48	0,41	0,56	0,35	0,64
63	2,02	1,99	2,16	1,78	1,86
80	1,64	1,82	1,04	1,69	1,41
100	0,76	1,08	0,97	1,73	1,46
125	0,77	0,86	0,97	1,36	1,30
160	1,10	0,96	1,19	1,48	1,15
200	1,10	1,10	1,00	1,30	1,11
250	0,78	0,85	1,04	0,99	0,88
315	0,69	0,75	0,82	0,88	0,79
400	0,61	0,78	0,72	0,75	0,76
500	0,65	0,67	0,70	0,67	0,74
630	0,65	0,64	0,66	0,62	0,76
800	0,60	0,65	0,72	0,55	0,69
1000	0,60	0,61	0,69	0,49	0,62
1250	0,64	0,64	0,76	0,47	0,65
1600	0,63	0,60	0,69	0,52	0,64
2000	0,61	0,62	0,64	0,55	0,69
2500	0,61	0,62	0,60	0,61	0,70
3150	0,64	0,62	0,56	0,66	0,78
4000	0,67	0,65	0,59	0,71	0,76
5000	0,68	0,67	0,60	0,74	0,75
ortalama	0,81	0,84	0,84	0,90	0,91



Şekil 32- Etüt odaları çınlama süreleri, $RT_{60, 50-5000}$ grafik gösterimi



Şekil 33- Koridor ve odaların L1 – L2 değerleri (50-5000Hz) ile bu odalara ait L1 – L2 için toplam ses basınç (dBA) seviyelerindeki değişimler

BÖLÜM 4. DEĞERLENDİRME

4.1. Analizler

Akustik Rapor ve/veya Akustik Proje kapsamında incelenmesi istenen altı temel büyüklükten “tesisat gürültüsü” ($L_{Aeq,nT}$ ve $L_{AFmax,nT}$) bu çalışma kapsamının dışındadır. Bu projede dış yapı eleman yalıtımı, hava doğuşlu ses yalıtımı, darbe sesi yalıtımı, iç mekân gürültü düzeyleri ve çınlama süresi kontrolleri çalışılmıştır.

Dış yapı eleman yalıtım performansı ($D_{2m,nT,A,tr}$) için çevre gürültüsünün faaliyet saatleri içindeki gürültü düzeyleri ölçülmüş, enerji ortalamaları ile gündüz kuşağı ortalaması hesaplanmış, L_{gag} karşılığı olacak şekilde aktüel ölçüm sonuçlarına dayandırılmıştır. Dolayısıyla sınır değerde gerek duyulan L_{gag} hem yerinde ölçüm hem hesaplama yöntemine dayanır. Trafik ve çevre gürültüsü ölçümleri sonucunda L_{gag} düzeyinin 66,6 dBA seviyelerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Ölçümlerin tüm noktalarda ve eş zamanlı yapıldığı göz önüne alındığında cephe gürültü girişlerinin iç mekânlarda frekans bazında oluşturduğu cevapların iç açıcı olmadığı açıkça izlenir. Dış cephe gürültüsünün en önemli iletim yolları üzerinde niteliksiz dış ve iç kapı sistemleri bulunur. Bu projede olduğu gibi, cümle kapısı ve koridor yolu ile etüt odalarına giren bir cephe gürültüsü örneği gerçekten kabul edilemez! Üstelik odaların cephe duvarları 300 mm beton olmakla birlikte alüminyum doğramalı ısıcamlı pencere sistemine sahip, kenarları yalıtılmamış, açık biçimde görülen boşlukların bulunduğu bir kompozit malzeme olmakla istenmeyen sonuçlara önemli derecede katkı sağlar. Cephe malzemesinin düşük R_w değerinin sebebi, zincirin en zayıf halkası pencereyi daha önce anmıştık. Bu koşullar altında, dış yapı elemanları için spektrum uyarlamaları da yapılmış ve $D_{2m,nT,A,tr}$ değerinin 33 dB’yi aşmadığı görülmüştür. Bunun anlamı, odanın cephesinde gürültüye karşı herhangi bir korumanın bulunmadığıdır: Önlem gerektirir.

Hava doğuşlu ses yalıtımı ($D_{nT,A}$) iç mekânlarda hem yatay hem dikey ilişkiler açısından analiz edilmelidir. Bu projede dikey ilişkilerin alt-üst komşuluğu açısından bir önemi yoktur. Bu nedenle yatay geçişler için koridor, 3 küçük oda ve bir büyük oda çapraz

olarak analiz edilmiştir (Tablo 26). Alınan en iyi sonucun (Tablo 27) Oda 3 (kaynak) ve oda 4 (alıcı) olma durumu ($D_{nT,A} = 43$ dB); en kötü sonucun ise Koridor (kaynak) ve oda 2 (alıcı) olma durumu ($D_{nT,A} = 18$ dB) olduğu görülmektedir. Demek, koridorlarda oluşan herhangi bir dış gürültü tüm odalarda etüt yapmaya çalışan bireyler üzerinde olumsuz sonuçlar doğuracaktır.

$D_{nT,A}$ sonuçları sınır değerleri karşılamamaktadır. Değerlerin bu kadar düşük çıkmasında rol oynayan malzemeler sırasıyla uzun ve alçak frekans bozulmalarına sahip bir koridor, oda – koridor ortak bölme elemanı olarak kullanılan ısıtma işlemli ofis tipi cam bölme elemanları, kasa çerçeveleri ve eşiklerinde ciddi açıklıkları bulunan yalıtımsız panel oda kapılarıdır. Bu malzemelerde revizyona gidilmesi gerekmektedir.

Ortak bölme elemanlarının 500 Hz ve altındaki frekanslara karşı gösterdiği R_w değeri neredeyse “Yok” hükmündedir. Başka bir deyişle bu bölme elemanları sadece görsellik adına ayırıcı özellik taşır. Söz konusu akustik ve gürültü olduğunda, yüksek frekanslı enerjilerin hemen tüm malzemelerde rahatlıkla kontrol edilebildiği, önemli olan asıl işlemin alçak frekans kontrolü olduğu unutulmamalıdır.

Üçüncü odanın kaynak olduğu durumda oda 4 alıcı olarak en iyi değere sahip olmakla birlikte sınır değeri karşılamaz. Oda 4 kaynak, oda 3 alıcı olması durumunda ise alıcı odanın küçük hacimde olması nedeniyle D_{nTw} değeri de küçülecektir.

Komşuluk ilişkisi açısından gürültü kontrolünün sağlanabilmesi ancak ortak bölme elemanlarının yapısal olarak iyileştirilmesi ile sağlanabilir.

Darbe sesi ($L_{nT,w}$) açısından bakıldığında bir sorun bulunmadığı anlaşılır. Mekânların zemini ve tavanı 300 mm ve 500 mm betondur. Dikey ilişki ile darbe iletimi bu strüktür sayesinde oldukça iyi değerlerde sonuçlanır. Etüt odalarında darbe sesi üretebilecek özellikte sadece bir bateri takımı bulunmaktadır. Ancak bir baterinin kick ile üreteceği darbesel uyarıların zemin üzerindeki etkileri, alçak frekans bantlarında üretilerek hava yolu ile iletilen diğer seslerin yanında önemsizdir. Bu, ortamdaki toplam iç gürültünün artması, alçak frekanslara karşı duyarsız yapı malzemelerinden geçiş

sağlayarak, hava yolu ile iletilen gürültü düzeylerinin yükselmesi şeklinde sonuçlanır. Mekânlarda yapısal yollardan darbe sesi iletimi için herhangi bir sorun bulunmamaktadır.

İç mekân gürültü düzeyleri (L_{Aeq}) sınır değerleri (L_{Aeq} 44 – 48 dBA) değerleri karşılamakla birlikte aslında bu mekânlarda gizli bir risk bulunmaktadır, şöyle ki:

Odaların tümünde zayıf da olsa bir dış gürültüsü hissedilmekte, tam sessizlik gerektiren müzik etkinlikleri için bu seviyelerin bile rahatsız edici olabileceği açıkça izlenmektedir. Bu etkinin birkaç nedeni vardır: Odalar çıplak duvarlara sahiptir, emiciliği düşük bitiş malzemeleri ile tamamlanmıştır, dış cephe gürültüleri kolaylıkla hacimler içine sızmaktadır, uzun koridor büyük hacimli bir iletkendir. Buradaki asıl sorun toplam enerji seviyesi ve/veya NR değerlerinin ne olduğundan çok, hangi içerikte olduğudur. Seviyeler sınır değerleri karşılar, ancak müzik için gereken sessizliği sağlamaz.

Her oda içindeki ses enerjisi üzerinde katkıda bulunur. Oda sabiti (bbk.) olarak andığımız bu katkının yüzey alanı ile emiciliğin bir fonksiyonu olarak mekân içinde çalıştığı dikkate alındığında, etüt odalarında ölçümlenen düşük frekanslardaki yüksek çınlama süresi ve buna bağlı hesaplanan düşük emicilik değerleri, bu odaları görece olarak/müzik adına yüksek gürültü seviyelerine taşımaktadır. Örneğin BGKKHY ile istenen değerlerin altında olmakla birlikte en küçük hacim olan Oda 1 ve 2'nin arka plan L_{Aeq} düzeyi 34,6 dBA (NR 29) seviyelerinde; Oda 4 değeri 45,3 dBA (NR 31) kadardır (Tablo 29). [Bu iki oda arasındaki 8,6 dB'lik farkın önemli bir bölümü oda sabiti üzerinden sağlanmaktadır.]

Eğitim kurumları, okullar her ne kadar en düşük NR 31 seviyelerinde kabul görse de buradaki etüt odalarında NR 26 ile özel stüdyo değerlerinin aranması müzik eğitimi ve etkinlikleri adına daha doğru bir karar olabilir.

Çınlama süresinin (T) müziğin tonal yapısı, sinyal gürültü oranı ve faz değerleri üzerinde önemli etkileri olduğu bilinir. Koridor ve odalarda ölçümlenen IR verilerinin 1/3 oktav Dirac analizleri 250 Hz ve altındaki frekanslara ait çınlama sürelerinde yükselme eğilimi bulunduğunu göstermektedir (Tablo 32). Bu tür özel mekânlarda ortalama

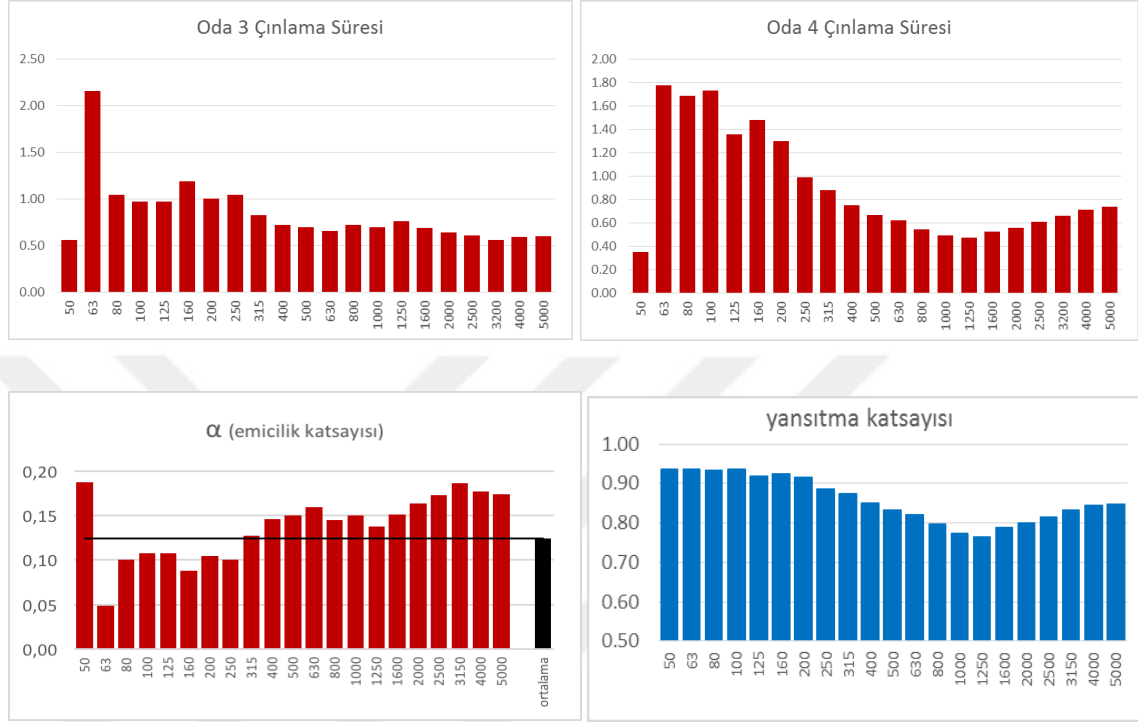
çınlama süresi üzerinden değil, merkez frekans bantlarına bağlı çınlama süreleri üzerinden çalışılması gerektiği konusunu bizler de dikkate alıyoruz.

Oda hacmi ve kullanım amacı açısından bu projedeki küçük odaların DIN 18041:2016'ya göre ortalama 0,65 – 0,75 s, büyük odanın ise 0,85 – 1,05 s aralığında bir çınlama süresine sahip olmaları beklenir (Şekil 8). BGKKHY Ek maddesi özel dersliklerdeki çınlama süresini 0,8 s olarak bildirir. Ortalama süreler üzerinden bakıldığında her şey normal gibi görülmektedir. Örneğin en düşük çınlama süresine Oda 1 (0,81 s) en yüksek çınlama süresine Oda 4 (0,91 s) sahiptir. Öyleyse büyük oda için sadece 0,1 s gibi bir fazlalık bulunmaktadır ki pek önemi yoktur. Bu değerler etüt için odaya giren bir/birkaç müzisyen tarafından kolayca düşecektir. Demek çınlama süresi açısından önemli bir sorun yoktur ve sınır değerler sağlanmıştır. Fakat, frekanslara göre değerlendirildiğinde durum pek öyle değildir.

Tablo 32 bize alçak frekans bölgesinde “uğultu” karakterinde titreşimler bulunduğu işaretlerini veriyor. Yani bu odalar tabiri yerindeyse “uğulduyor”. Başlıca nedenleri: uygun olmayan oda oranları, denetimsiz modal frekanslar, aynasal yüzey bitişleri, malzemelerin emicilik değerleri, büyük açıklığa sahip asma tavan – beton tavan arası yalıtımsız boşluk, büyük hacimli korumasız koridorda oluşan alçak frekans enerji artışları ve giderek büyüyen bu enerjilerin odalara geçiş sağlamalarıdır. [IR ölçümlerinin Dirac analizleri hacim akustiğinde bas oranı olarak bilinen BR değerinde yüksek sonuçlar göstermektedir. Alçak frekans sorunlarının yorumunda BR'nin önemli bir gösterge olduğu bilinir. Ancak bu parametre hacim akustiği ile ilgili olduğundan, bu çalışmanın kapsamı dışındadır ve ayrıca detaylandırılmamıştır].

250 Hz ve altına ait çınlama sürelerinin kontrolü gerekir. Doğru malzeme doğru miktarda seçilerek en ekonomik sonuca ulaşılabilir. Bunun için 12354-6 ile belirlenen çınlama süresi hesaplamaları frekanslara göre hesaplanarak uygun malzemenin emicilik değerlerinin yaklaşık ne kadar olması gerektiği bulunabilir. Dikkat edilmesi gereken noktanın ISO 11654 ile tanımlanan ve 250Hz – 4000Hz arası değerlere göre hesaplanan “ortalama alfa” olmadığı unutulmamalıdır. En kaba koşullarda 1/1 oktav çözünürlük ve düşük frekans bölge cevapları esas alınmalıdır. Excel hesaplama modüllerimiz üzerinden

aldığımız sonuçlar alçak frekans bölgesindeki emicilik (ve yansıtma) katsayılarındaki sorunları açıkça göstermektedir:



Şekil 34-Oda3 ve 4 için frekanslara göre çınlama süreleri, emicilik ve yansıtıcılık katsayıları. (siyah çizgi ortalama emicilik değerini gösterir)

Ortalama değerler 0,91 s çınlama süresi ve 0.23 α_w ile normal gibi görünüyor. Öte yandan 50Hz – 5000Hz arası ortalama alfa değeri $\alpha_{ort} = 0.11$; 50Hz – 250 Hz arası ortalama alfa değeri ise $\alpha_{ort} = 0.08$ dir. < 250 Hz bölgesi için bu çok düşük bir değerdir ve hesaplarımız $\alpha_{ort, 50-250} = 0.18 - 0.20$ arasında değerlere çekilmesi gerektiğini ortaya koyar. Bunun için 33 m²'lik asma tavanın yaklaşık %19'luk bölümünde 22-24 adet tavan panelinin delikli paneller ile değiştirilerek asma tavan – beton tavan arası boşluğun taş yünü plakalar ile desteklenmesi uygun bir çözüm sunabilir. Delikli panel özelliklerinin 600*600*8 (mm) lik plakalar halinde, 16 mm aralıklı, 10 mm çapında yuvarlak delikler ile düzenlenmiş, %61 gözenek oranına sahip olması halinde 250 Hz altındaki emicilik değerlerinin 0.18 – 0.21 aralığına çekilmesi mümkün olacağı SoundFlow yardımı ile hesaplanmaktadır.

Bu tür bir uygulama odanın toplam çınlama süresini de 0,6 s mertebelerine indireceğinden, 4 nolu etüt odasının prova için oturulan uygun bölgelerinin yansıtıcı, saçıcı paneller ile lokal şekilde desteklenerek hacim akustiği için küçük önlemler alınmasının da yararlı olacağı düşünülmektedir.

4.2 Yapı Malzemeleri için Öneriler

Insul referansı ile $R_w = 19$ dB olan dış cephe pencere sistemi, akustik lamine cam ile değiştirilerek cephe yapı elemanının ses azaltma değeri R_w yükseltilmelidir. Öneri olarak seçilen akustik lamine camın değeri R_w 47 (-1; -4) dir. Etkin bir ses yalıtımı sağlanabilmesi, için pencere doğramalarında da bazı iyileştirmelerin yapılması zorunludur (Tablo 35).

Pencere sisteminde yapılacak bu değişiklik, cephe elemanı R_w değerini yaklaşık 46 dB olacak şekilde güncelleyecektir.

Tablo 32- Dış cephe için önerilen yapı elemanı özellikleri

Dış Cephe Elemanı		Beton Duvar	Pencere	R'_w
Dış Cephe Elemanı	En (m)	4,68 / 4,78	4,68 / 4,78	46
	Boy/Yükseklik (m)	1,18	1,22	
	$S'(m^2)$	5,52/5,64	5,71/5,83	
	R_w (dB)	68 (-1; -6)	47 -1; -4)	

Koridor ve odalar arası hava yolu ile geçişlerin neredeyse hiç kontrol edilemediği ortaya çıkmıştı. Koridor (kaynak) ve Oda 1 (alıcı) senaryosu için alınan ölçüm sonuçları yalıtımın ne kadar zayıf olduğunu açıkça ortaya koyar:

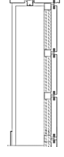
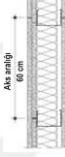
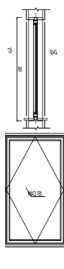
İç duvar, koridor bölme elemanı için tek dikmeli, 100 mm C profile kurulu her iki tarafında 12,5 mm kalınlıkta 3 kat alçıpan ve ara bölmeye 80mm kalınlığında yalıtım levhası olacak şekilde duvar sistemi önerilir. Bölme duvar sisteminin yukarıdaki şartları sağlaması durumunda $R_w = 55\text{dB}$ değeri sağlanabilir. Sisteme dahil olan kapılar 175 mm kalınlıkta, yalıtım uygulamalı alüminyum doğrama profil içerisinde pencere ile aynı özelliğe sahip çift taraflı akustik lamine cam ile değiştirilmelidir. Doğrama sistemi hava geçişine izin vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Önerilen sistemin uygulanması durumunda bu yapı elemanının değeri 51 dB kadar olabilir.

Tablo 33- Önerilen iç duvar kompozit yapı elemanı tablosu

Koridor Bölme Elemanı		Yalıtımlı Alçıpan Bölme	Yalıtımlı Cam Kapı	R_w
Oda 3 Alçıpanel Bölme Elemanı	En (m)	2,81	1,18	51
	Boy/Yükseklik (m)	2,39	2,39	
	$S'(m^2)$	6,72	2,82	
	R_w (dB)	55	47	

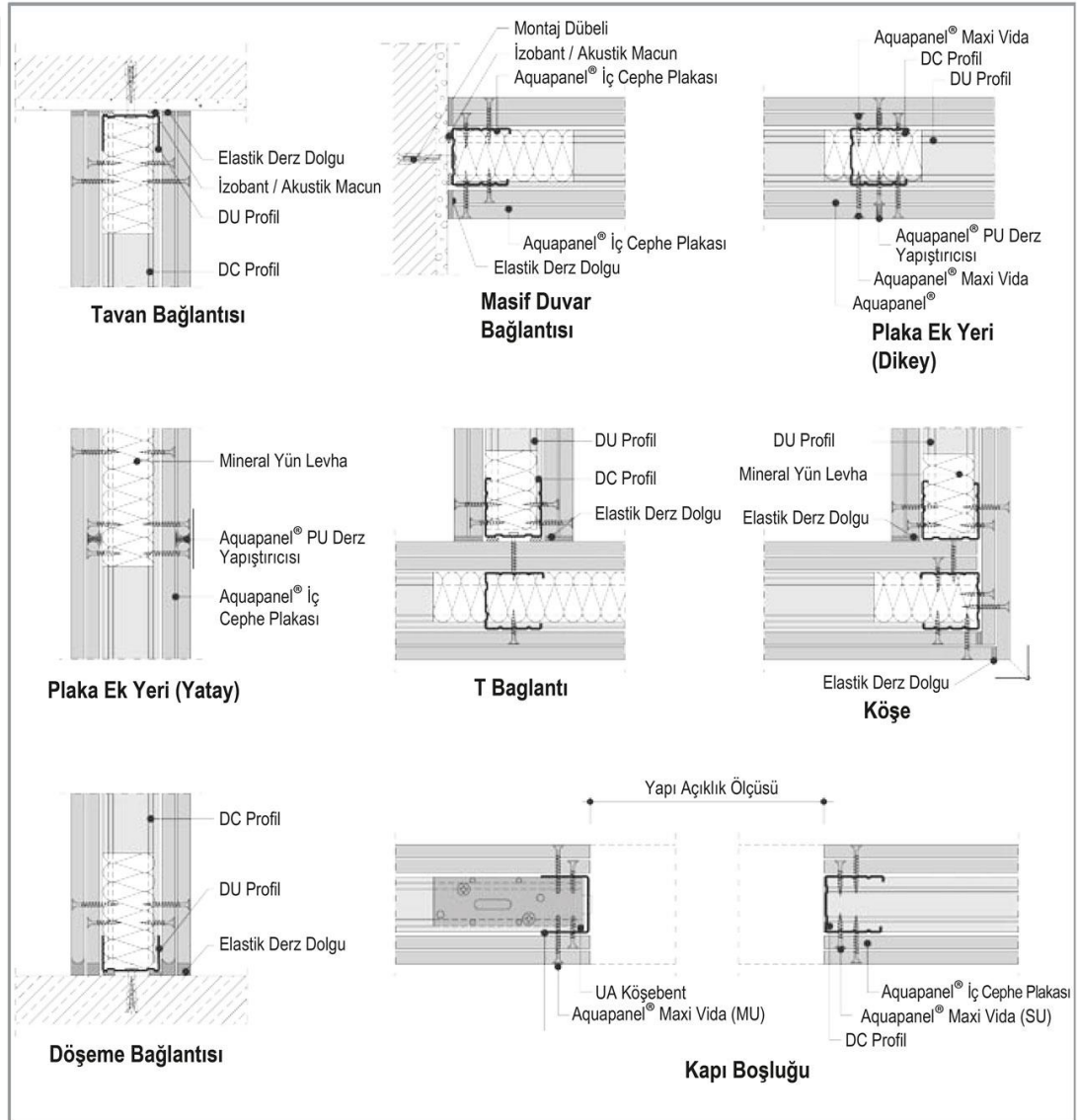
Diğer yapı elemanları için değişiklik detayları aşağıdaki tabloda listelenmiştir.

Tablo 34- Mevcut ve önerilen yapı elemanı listesi

	Mevcut Yapı Elemanı			D Sınıfına Uygun Yapı Elemanı		
	Detay	Malzemeler	Rw (C; Ctr)	Detay	Malzemeler	Rw (C; Ctr)
Dış Duvar		Tek Yüzlü Suni Mermer Plaka 30x60x2.5 cm / B.A Duvar 25x90 cm / Sıva 2cm /Akrilik Boya	~ 68 (-1; -6)	Uygundur		
Bölme Duvar		Alçıpan Bölme Duvar (12,5/75/12,5) / Saten Boya	~ 36 (-3; -9)		Aquapanel veya muadili iç cephe plakası+Mineral yünü (12,5/80/12,5) <i>NOT: Aşağıdaki bağlantı detaylarına bakınız</i>	49
Döşeme		Pvc Kaplama Pvc Süpürgelik	~ 69 (-11) (L _{nw})	Uygundur		
Tavan		60x60 cm Taş Yünü Asma Duvar / Sıva / B.A Döşeme / Mevcut Tesfiye Betonu / Seramik Kaplama	~ 75 (-2; -7)	Uygundur		
Kapı		4mm MDF üzeri 0.65 mm HPL Laminat Kaplama -52x35 Köknar	~ 23 (-2; 0)		Mevcut ahşap kapı tipine mineral yün desteği Kauçuk contalı giyotin sistemi, akustik yüzey ses bariyeri ve D tip akustik contalı	>40
Pencere		P12 Alüminyum Pencere	~ 34 (-2; -5)		Vale tipi (veya muadili) EN 410 Akustik lamine cam (3+0,76A+3)+12+6 12mm boşluk 6mm düz cam	40 (-2; -6)
Bölme Duvar		Beton Bölme Duvar / Sıva	~ 68 (-1; -6)	Uygundur		

Cam Bölme		Temperli cam ofis Tipi Bölme elemanı 15mm	~ 35 (-1; -3)		Kapı ve cam bölme elemanı EN 410 Akustik lamine cam (8+0,76A+8)+12+6 veya Bölme duvar: Aquapanel veya muadili iç cephe plakası+Mineral yünü (12,5/80/12,5)	44 veya 49
-----------	--	---	---------------	--	---	------------------

Sandviç bölme duvarlarda dikkat edilecek montaj detayları aşağıdaki gibi olmalıdır.



Şekil 35- Önerilen bölme duvar bağlantı detayları (www.knauf.com.tr)

Tablo 35- Bilgisayarlı modelleme sonuçları (önerilen malzemeler ile)

ss	Alıcı Oda	Kaynak Oda	$[R_w + C]_{Dd}$	$[R_w + C]'$	S_s	V	$D_{nT,A}$ (dBA)	
			(dBA)	(dBA)	(m²)	(m³)	istenen	sağlanan
	koridor - oda 1							
1	S05_5	S04_1	51	15.8	12.81	72.0	45	53
	koridor - oda 2							
2	S05_5	S03_2	51	15.0	9.40	72.0	45	53
	koridor - oda 3							
3	S05_5	S02_3	51	25.8	13.51	72.0	45	52
	koridor - oda 4							
4	S05_5	S01_4	51	25.3	5.12	72.0	45	55
	Oda 1 – koridor							
5	S04_1	S05_5	51	15.8	12.81	69.0	45	52
	Oda 1 - oda 2							
6	S04_1	S03_2	51	20.5	12.55	69.0	45	48
	Oda 2 – koridor							
7	S03_2	S05_5	51	15.3	9.40	50.3	45	52
	Oda 2 - oda 1							
8	S03_2	S04_1	51	20.5	12.55	50.3	45	46
	Oda 2 - oda 3							
9	S03_2	S02_3	51	25.7	12.18	50.3	45	47
	Oda 3 – koridor							
10	S02_3	S05_5	51	23.8	13.51	49.6	45	51
	Oda 3 - oda 2							
11	S02_3	S03_2	51	23.6	12.18	49.6	45	46
	Oda 3 - oda 4							
12	S02_3	S01_4	62	38.4	11.82	49.6	45	55
	Oda 4 – koridor							
13	S01_4	S05_5	51	25.3	5.12	100.1	45	57
	Oda 4 - oda 3							
14	S01_4	S02_3	62	38.2	11.82	100.1	45	57

Önerilen malzemeler ile hava yolu ile iletilen gürültü düzeyleri uygun olup, mekânlar BGKKHY ile belirlenen “C” Akustik Performans Sınıfı’nı karşılamaktadır.

SONUÇ

BGKKHY direktifleri doğrultusunda Sanat Atölyeleri / Müzik Derslikleri gürültü ve akustik performansı hesaplama, yazılım-modelleme ve yerinde ölçüm yöntemleri ile çalışılarak hesaplamalar tamamlandı ve sonuçları detaylı biçimde incelendi.

Yerinde yapılan değerlendirmelerde, mekânların müzik eğitimi ve performans uygulamalarına uygun olmadığı anlaşılmış olmakla birlikte alınan sonuçlar analiz edildi. Bina işlevi *Eğitim Tesisleri*, *Özel Derslikler* olarak belirlenen sanat atölyeleri mevcut hali ile hedeflenen “C” hatta “D” sınır değerlerini sağlamadığı da tespit edildi.

Sınır değerlerin sağlanmamasındaki nedenler belirlendi. Ofis kullanımı olarak tasarlanan yapı ve bu amaç ile kullanılan yapı bileşenleri seçimi, şu anki işlevi için yeterli olmadığı anlaşıldı. Bununla birlikte sonuçlar bu mekânlar ofis olarak kullanılsa bile sınır değerleri sağlamayacağını gösterdi. 2017 yılına kadar binaların gürültüye karşı korunması amacı ile herhangi bir yaptırım bulunmaması ve ekonomik faktörler nedeniyle tasarımda akustik ve gürültünün ikinci planda tutulduğu ve hak ettiği önemin verilmediğini gösterdi.

Mekânların akustik performans sonuçları, inşaat sırasında yapı elemanlarının proje detaylarına uygun, titiz ve detaylı işçilik ile yapılmadığı durumlarda, yapısal performans kayıplarının ne kadar vahim sonuçlar doğurabileceğinin de bir göstergesi olarak değerlendirildi.

Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmeliğin uygulanmaya başlaması ülkemizde kullanım şekli göz ardı edilmemiş, akustik konforu üst düzeyde yapıları görmek adına umut vericidir.

Yönetmelikte geçen standartlar, mevcut veya henüz proje aşamasındaki binaların akustik performans durumunu sayısal değerler ile gösterilmesine imkân vermektedir. Bu kapsamda uygulanan yöntemlerin geliştirmeye ve kolay hale getirmeye açık olması konu hakkında daha çok araştırma ve uygulamanın yapılmasında teşvik niteliğindedir.

Yönetmelik ile gürültü kontrolü ve buna ek olarak hacim akustiği uygulamaları, işitsel algılamının ön planda olduğu sanat icra edilen ve sanatçı yetiştiren eğitim tesisleri için olması gerektiği akustik konfora sahip kalitede ve çok amaçlı değil, amacına yönelik mekânların oluşturulmasına yol açacağı temenni edilmektedir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Ginn, K. B. (1978). *Architectural Acoustics*. Brüel & Kjaer.

Özgüven, H.-Nevzat. (2008). *Gürültü Kontrolü, Endüstriyel ve Çevresel Gürültü*. Türk Akustik Derneği, Ankara.

Sabine, W. C., & Egan, M. D. (1994). *Collected papers on Acoustics*. Cambridge Harvard University Press.

Rayleigh, J. W. S. Baron, (1945), *Theory of sound*. Dover Puplication.

Makaleler

Baydur, C. (2014). *Müzik eğitime göre tasarlanmamış mekanlarda karşılaşılan akustik ve gürültü denetimi sorunlarının belirlenmesi ve iyileştirme önerilerinin sunulması*. 2209/A Üniversite öğrencileri yurt içi araştırma projeleri destek programı sonuç raporu

Berendt, R. D., Winzer, G. E., & Burroughs, C. B. (1963). *Airborne, Impact, and Structure Borne Noise-control in Multifamily Dwellings*. US Government Printing Office.

Bilgili, S., Gürtepe, E., Türkel, E., Altınoluk, H. M., Hüsmen, N., Bütün, A., & Ertorun, H.

(2011). *Çevresel Gürültü Ölçüm ve Değerlendirme Kılavuzu*. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Hava Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Bulunuz, M., Ovalı, D. E., Çıkrıkçı, A. İ., & Mutlu, E. (2017). *Anasınıfında gürültü düzeyi ve kontrol edilmesine yönelik eğitim uygulamalarının değerlendirilmesi: Eylem araştırması*. Eğitim ve Bilim, 42(192).

Bulunuz, M., & Güner, F. (2019). *Fransa ve Türkiye'deki İlkokullarda Gürültü Düzeylerinin Değerlendirilmesi*. Elementary Education Online, 18(2), 777-787.

Durmaz, S. (2016). *'Devlet Tiyatroları İzmir-Konak Sahnesi'nin Akustik Özellikleri'*.

Yedi: Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi, Sayı 15.137-143

Durmaz, S. (2017). *Çevresel Gürültü: Mühendislik Akustiği Eğitim Sertifika Notları*. TMMOB. İzmir

Durmaz, S.(2018). *Bina Akustiği: Temel Bina Akustiği Eğitim Sertifika Notları*. Ankara

- Özçetin, Z., & Demirel, F. (2012). Gürültü Kontrolüne Yönelik Mevzuatların Konservatuvar Binaları Açısından İncelenmesi. *Beykent University Journal of Science and Engineering* Volume 5(1-2), 2012, 145-154
- Fischer H. M. (2017). *Schallschutz*. Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf.
- Fischer, H. M., Schneider, M., Späh, M., & Blessing, S. (2006). *Schallschutz im Mauerwerksbau*. *Mauerwerk*, 10(4), 149-158
- John, J., Thampuran, A. L., & Premlet, B. (2016). Objective and subjective evaluation of acoustic comfort in classrooms: A comparative investigation of vernacular and modern school classroom in Kerala. *Applied Acoustics*, 104, 33-41.
- Loye, D. P. (1957). *Noise Control in Hotels, Hospitals, and Multiple Dwellings*. *Noise Control*, 3(4), 35-54.
- Maraş, E. E., & Sesli, F. A. (2017). *Karayolu Trafik Gürültü Değerlerinin Uygulama İmar Planlarına Entegrasyonu*. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2), 430-441.
- Nannipieri, E., & Secchi, S. (2012). *The evolution of acoustic comfort in Italian houses*. *Building Acoustics*, 19(2), 99-118.
- Northwood, T. D. (1976). *Criteria for Airborne Sound Insulation Between Dwellings*. *Canadian Acoustics*, 4(1), 2-8.
- Rasmussen, B. (2010). Sound insulation between dwellings–Requirements in building regulations in Europe. *Applied Acoustics*, 71(4), 373-385.
- Rasmussen, B., & Rindel, J. H. (2010). Sound insulation between dwellings–Descriptors applied in building regulations in Europe. *Applied Acoustics*, 71(3), 171-180.
- Untuç B.- Yüğrük Akdağ N.(2017). *Yapılarda gürültü denetimi : Bir örnek kapsamında değerlendirmeler*. *Artium Cilt 5, Sayı 2*, 11-21
- Yılmaz Karaman, Ö.- Berber Üçkaya, N. (2015). *Eğitim mekanlarında akustik konfor: Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi örneği*. *MEGARON* 2015;10(4):503-521

İnternet Kaynakları

- <http://www.izmirkulturturizm.gov.tr/TR-77372/kulturpark-izmir-fuar-alani.html> (erişim tarihi: 24/05/2019)
- <http://www.teknik.knauf.com.tr/tr/teknik-araclar/dokueman-merkezi/index.php> (html (erişim tarihi: 24/05/2019)

Yönetmelik ve Standartlar

RG (2010). *Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliği Sayı:27601.*

Ankara

RG (2017).*Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik. Sayı: 30082*

Ankara

RG (2018). *Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Sayı: 30437. Ankara*

ÇŞB (2018). *Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği Açıklama Ve Uygulama Kılavuzu. Ankara*

TS EN 12354-1 (2000). Yapı akustiği - Yapıların akustik performansının elemanların performanslarından hesaplanması - *Bölüm 1: Odalar arasında hava ile yayılan sesin yalıtımı.* Türk Standartları Enstitüsü. (Kullanım İzni S. Durmaz)

TS EN 12354-2 (2006). Yapı akustiği - Yapıların akustik performansının elemanların performanslarından hesaplanması - *Bölüm 2: Odalar arasında darbe sesinin yalıtımı.* Türk Standartları Enstitüsü. (Kullanım İzni S. Durmaz)

TS EN 12354-3 (2006). Yapı akustiği - Yapıların akustik performansının elemanların performanslarından hesaplanması - *Bölüm 3: Hava ile yayılan dışarıdaki sesin yalıtımı.* Türk Standartları Enstitüsü. (Kullanım İzni S. Durmaz)

TS EN 12354-5 (2013). Yapı akustiği - Yapıların akustik performansının elemanların performanslarından hesaplanması - *Bölüm 5: Hizmet donanımlarından kaynaklanan ses seviyeleri.* Türk Standartları Enstitüsü. (Kullanım İzni S. Durmaz)

TS EN 12354-6 (2006). Yapı akustiği -Yapıların akustik performansının elemanların performanslarından hesaplanması - *Bölüm 6: Kapalı alanlarda ses absorpsiyonu.* (Kullanım İzni S. Durmaz)

TS EN ISO 717-1 (2013). Akustik - Yapılarda ve yapı elemanlarında ses yalıtımının derecelendirilmesi - *Bölüm 1: Hava ile yayılan sesin yalıtımı.* Türk Standartları Enstitüsü. (Kullanım İzni S. Durmaz)

TS EN ISO 16283-1 (2014). Akustik- Yapı elemanlarında ve yapılarda ses yalıtımının alan ölçümü-Bölüm 1:*Hava ile yayılan sesin yalıtımı.* Türk Standartları Enstitüsü. (Kullanım İzni S. Durmaz)

TS 9315 ISO 1996-1: (2005) Akustik - Çevre gürültüsünün tarifi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi - bölüm 1: *Temel büyüklükler ve değerlendirme işlemleri*. Türk Standartları Enstitüsü. (Kullanım İzni S. Durmaz)



ÖZGEÇMİŞ

09/09/1993 yılında Kütahya’da doğdu. İlk ve Ortaokulu Şehitler İlköğretim Okulu’nda okudu. Liseyi Kütahya Kılıçarslan Anadolu Lisesinde 2011 yılında tamamladı. 2011 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Müzik Teknolojisi bölümünü kazanıp 2015 yılında mezun oldu. I-Point Elektro Akustik Akademisi, Meyer Sound Elektro Akustik uygulamaları seminerlerine katıldı. Halen Elektro Akustik alanında özel sektörde çalışmalarına devam etmektedir.

