



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OPTİMUM KESİTLERİ DENEYSEL OLARAK BELİRLENMİŞ SES YALITIMLI ALÇIPAN BÖLME DUVARLARIN YAPI MÜHENDİSLİĞİ AÇISINDAN İRDELENMESİ

Ahmad Javid ZIA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OPTİMUM KESİTLERİ DENEYSEL OLARAK BELİRLENMİŞ SES YALITIMLI ALÇIPAN BÖLME DUVARLARIN YAPI MÜHENDİSLİĞİ AÇISINDAN İRDELENMESİ

Ahmad Javid ZIA

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Abdülkerim İLGÜN
Danışman: Doç. Dr. Celalettin ÖZDEMİR

2014, 71 Sayfa

Jüri

Gelişmekte olan ülkelerde şehir nüfuslarını hızlı bir şekilde artmasıyla yerleşim alanları konusunda büyük problemler yaşanmaktadır. Bu problemlerin en pratik çözümü ise dar alanlarda yüksek katlı yapılar inşa edilmesidir. Fakat ortak yaşam alanları beraberinde çok sayıda problem oluşturmaktadır. Bu problemlerden biri rahatsız edici düzeyde gürültü olarak tanımlanan ses problemlerinin ortaya çıkmasıdır. İkinci ise ağır yapıların inşa edilmesi ve bu yapıların depremden daha fazla etkilenmesidir. Binalarda deprem yükü bina ağrılığı ile doğru orantılı olduğundan dolayı, yüksek binalarda ağırlığın minimum seviyeye düşürülmesi yapı mühendisliği açısından önemlidir. Yapılardaki gürültü ve ağırlık problemini birlikte çözmek amaçlı 12 adet deney numunesi 4 grup ta geliştirilmiş ve incelenmiştir. Her deney grubunda bir adet boş (yalıtımsız), diğerlerinde ise profil yüksekliğinin yarısı ve tamamı yalıtım malzemesi olan (celluBor) ile doldurularak deney numuneleri hazırlanarak deneyler yapılmıştır. Yukarıda bahsedilen ses ve ağırlık problemlerinin çözülebilmesi için yüksek binaların bölme duvarlarının sese yalıtımlı hale getirilmesi ve mümkün mertebede hafif olması amaçlanarak optimum kalınlıklı ve yalıtımlı duvarların tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alçıpan, Alçıpan bölme duvar, Cellubor, Gürültü, Hafif bölme duvar, Ses,

ABSTRACT

MS THESIS

ANALYSIS OF EXPERIMENTALLY DESIGNED SOUNDPROOF GYPSUM PARTITION WALL'S SECTIONS IN TERMS OF STRUCTURAL ENGINEERING

Ahmad Javid ZIA

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN CIVIL ENGINEERING

Advisor: Asst. Prof. Dr. Abdülkerim İLGÜN
Advisor: Assoc. Prof. Celalettin ÖZDEMİR

2014, 71 Pages

Jury

In developing countries, the urban populations are increasing rapidly and with this increment the residential areas are experiencing major problems. Construction of high-rise buildings in confined spaces is one of the most practical solution for this problem. However, by living in high-rise buildings and sharing common residential areas, residents will face many problems. Irritating sound problem which is known as noise is one of the major problems mentioned above. The second most important problem is the weight of the high-rise buildings which makes the structure more vulnerable to earthquakes. To decrease earthquake loads it's very important to decrease the weight of the buildings. To solve the problem of noise and keep the building weight at minimum level 12 specimens have been developed in four groups and were examined. Each experimental group was consist of three specimens which one of these three specimens had no isolation and the remaining two specimens were filled half and full of the height of the profile used with the insulation material (CelluBOR). In order to solve the problems mentioned above it's intended to find the optimum thickness of the partition walls used in such buildings which are lightest and sound proof.

Keywords: Cellubor, Gypsum board, Gypsum partition walls, Light partition walls, Noise, sound,

ÖNSÖZ

Bu çalışmamda beni destekleyip, yönlendiren, maddi ve manevi destekte bulunan danışman hocalarım Yrd. Doç. Dr. Abdülkerim İLGÜN'e ve Doç. Dr. Celalettin ÖZDEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca deney sürecinde maddi destekleri ve tez yazım sürecinde fikir alışverişinde bulunan Sayın Yrd. Doç. Dr. Süleyman Kamil AKIN hocama teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında benden maddi ve manevi desteklerini asla esirgemeyen aileme ve özellikle eşime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazım sırasında deneyimlerinden faydalandığım Selçuk Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliğinde Araştırma Görevlisi olan Yılmaz ATAY 'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ahmad Javid ZIA
KONYA-2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Tez Çalışmasının Amacı 1
1.1.1. Ses (gürültü) yalıtımı açısından 1
1.1.2. Düşey yüklerin deprem yüklerine etkisi açısından 2
1.2. Tez Çalışmasının Önemi 4
1.2.1. Gürültünün insan sağlığına etkileri 4
1.2.1.1. Gürültünün fiziksel etkileri 4
1.2.1.2. Gürültünün fizyolojik etkileri 5
1.2.1.3. Gürültünün psikolojik etkileri 5
1.2.1.4. Gürültünün insanların performansları üzerine etkileri 5
1.2.2. Gürültüyü azaltmak için alınabilecek tedbirler 6

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **8**

3. SES **18**

3.1. Ses ile İlgili Temel Kavramlar 18
3.2. Ses ve Vibrasyon 18
3.3. Ses ile İlgili Büyüklükler ve Tanımlar 19
3.3.1. Sesin inceliği ve kalınlığı 20
3.3.1.1. Frekans 20
3.3.1.2. Ses hızı 21
3.3.1.3. Devir süresi 22
3.3.1.4. Dalga boyu 22
3.3.2. Sesin azlığı ve çokluğu 22
3.3.2.1. Genlik 22
3.3.2.2. Akustik basınç 23
3.3.2.3. Ses gücü 24
3.3.2.4. Ses şiddeti 24
3.3.2.5. Ses düzeyi 25
3.3.3. Sesin tınısı 25

4. GÜRÜLTÜ **27**

4.1. Gürültünün Sınıflandırılması 27
4.1.1. Frekans dağılımına göre sınıflandırma 27
4.1.1.1. Geniş bant gürültü 28

4.1.1.2. Dar bant gürültü 28
4.1.2. Ses düzeyinin zamanla değişimine göre sınıflandırma 28
4.1.2.1. Kararlı gürültü 28
4.1.2.2. Kararsız gürültü 29
4.1.3. Gürültünün oluşma yerine göre sınıflandırılması 29
4.1.3.1. Yapının dış çevresindeki gürültüler 29
4.1.3.2. Yapının iç çevresindeki gürültüler 29
4.2. Gürültü Ölçümleri 29
4.2.1. Frekans analizi 30
4.2.1.1. Oktav bantları 30
4.2.1.2. Frekans analizörü 32
4.2.2. Frekans ağırlık şebekeleri 33
4.2.3. Ses düzeyi ölçer 34

5. MATERYAL VE YÖNTEM 36

5.1. Ses İletimi ve Yalıtımı 36
5.2. Deney Numunelerin Hazırlanması 39
5.2.1. P[75]GB[I] deney numune grubu 39
5.2.2. P[75]GB[II] deney numune grubu 40
5.2.3. P[100]GB[I] deney numune grubu 40
5.2.4. P[100]GB[II] deney numune grubu 40
5.3. Deneyde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri 45
5.3.1. Ses yalıtım malzemesi (CelluBor) 45
5.3.2. Alçıpan 46
5.3.3. C ve U profilleri 46
5.3.4. Alçı ve alçı sıva filesi 47
5.3.5. Extech HD600 ses ölçüm cihazının 47
5.4. Deney Yöntemi 48

6. DENEY SONUÇLARI VE ANALİZ 53

7. SONUÇ VE ÖNERİLER 67

KAYNAKLAR 69

EKLER 73

ÖZGEÇMİŞ 75

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A(T)	: Spektral İvme Katsayısı
Ao	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
dB	: Desibel
I	: Bina Önem Katsayısı
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
T1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
Vt	: Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti)
W	: Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığını ifade etmektedir.
Rw	: Ağırlıklı ses azalma indeksi
Lap	: Cihazlar tarafından üretilen ses seviyesi (dBA)
$L'_{n,w}$	: Ağırlıklı darbe kaynaklı ses basınç seviyesi
λ	: Dalga boyu
c	: Sesin hızı (m/s)
Hz	: Hertz
T	: Devir süresi
P	: Akustik basınç

Kısaltmalar

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
UME	: Ulusal Metroloji Enstitüsü
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
BEM	: Boundary Element Method
ODEON	: Akustik Bilgisayar Programı
SRI	: Sound Reduction Index (Ses Azaltma İndeksi)
NRC's	: Institute for Research in Construction
SEA	: Statistical Energy Analysis (İstatistiksel Enerji Analizi)

1. GİRİŞ

Son yıllarda özellikle şehirlerdeki nüfusun hızlı bir şekilde artmasıyla yerleşim alanları konusunda büyük problemler yaşanmaktadır. Bu problemlerin en pratik çözümü ise dar alanlarda çok katlı yapıların inşa edilmesidir. Böylece yüksek binalar yapılarak birçok kişinin o alanlarda barınması ve çalışması sağlanmaktadır. Fakat bu ortak yaşam alanlarının beraberinde getirdiği bazı problemler vardır. Bu problemlerden biri rahatsız edici düzeyde gürültü olarak tanımlanan ses problemlerinin ortaya çıkmasıdır. İkinci ise ağır yapıların inşa edilmesi ve bu yapıların depremden daha fazla etkilenmesi problemidir. Aynı zamanda özellikle deprem ile mücadele eden Türkiye gibi ülkelerde yüksek binaların depreme dayanıklılığı çok önem taşımaktadır. Deprem yükü bina ağrılığı ile doğru orantılı olduğundan dolayı, yüksek binalarda ağırlığın minimum seviyeye düşürülmesi yapı mühendisliği açısından hayati bir meseledir. Ses probleminin çözülebilmesi için kütle kanununa göre bölme duvarların sert ve ağır olması gerekmektedir. Bu da yapıların taşıyıcı yüklerine ek olarak istenmeyen yüklerin ortaya çıkmasına ve bu yapıların deprem yükünden daha fazla etkilenmesine sebep olmaktadır. Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen ses ve ağırlık problemlerinin çözülebilmesi için yüksek binaların bölme duvarlarının sese yalıtımlı hale getirilmesi ve mümkün mertebede hafif olması amaçlanmıştır. Böylece bina ağırlığı düşürülerek hem deprem yükü azaltılmış hem de binanın ana taşıyıcı elemanlarının ebatları daha ekonomik hale getirilmiştir.

Bu çalışmanın birinci bölümünde tez çalışmasının amacı ve önemi belirtilmiştir. İkinci bölümünde kaynak araştırması yapılmıştır. Sonraki bölümlerde ise sırasıyla ses ile ilgili temel kavramlar, metot ve materyaller, yapılan deney çalışması, deney sonuçları, değerlendirme ve öneriler yer almaktadır.

1.1. Tez Çalışmasının Amacı

1.1.1. Ses (gürültü) yalıtımı açısından

Büyük şehirlerde yaşayanların büyük çoğunluğu çevresel gürültüden fazlasıyla etkilenmektedir. Şehirlerdeki çevresel gürültü kirliliğinin artış hızı, fark edilir derecede dikkat çekicidir. Günümüzde çevresel gürültü en zararlı ve rahatsız edici çevresel faktörlerden birisidir. 21. yüzyılın eşiğinde çevresel gürültü kirliliği probleminin

değerlendirildiği Avrupa Komisyonu Raporunda belirtildiği gibi, Avrupa nüfusunun yaklaşık %20`si (yaklaşık 80 milyon insan) kara bölge olarak tanımlanan, çevresel gürültü düzeyi 65 dB' den fazla olan bölgede yaşamaktadır. Yaklaşık olarak 170 milyon insan ise gürültü seviyesinin 55 dB' yi aştığı gri bölge olarak tanımlanan alanda yaşamaktadır. Avrupa nüfusunun %65' inden fazlası aşırı gürültüden etkilenmektedir. Ortalama bir şehir için, gürültü kirliliğinin, yaklaşık olarak %75'i otomobiller, %10'u demiryolu ulaşım araçları, %5'i uçak gürültüsü, %10'u endüstriyel fabrikalar ve inşaat işlerinden kaynaklanmaktadır. Farklı bölge ve şehirler için bu değerler küçük sınırlar içinde değişebilir (Özdemir, 2012).

Bunlara ek olarak büyük şehirlerde boş alan sıkıntısı gün gittikçe artmaktadır. İnsanlar bu sorunları çözebilmek için boş alanları optimum bir şekilde kullanmaya çalışmaktadırlar. Küçük alanlarda yüksek yapılar inşa ederek boş alan konusunda tasarruf sağlamaktadırlar. Böylece birçok yapının aynı yerde toplanmasından dolayı binaların iç kısımlarında gürültü problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu gürültü problemleri de birçok insanı rahatsız etmektedir. Evlerdeki huzurlu ortamların bozulmasından iş yerlerinde çalışanların rahatsız olmalarına kadar hayatın hemen hemen her noktasında bu problem karşımıza çıkmaktadır.

1.1.2. Düşey yüklerin deprem yüklerine etkisi açısından

Yapılarda Toplam *Eşdeğer Deprem Yükü* (taban kesme kuvveti), Vt, deprem yönetmeliği ile ilgili Denklem 1.1 ile belirlenir (DBYBHY, 2007). Denklemdeki W parametresi, binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığını ifade etmektedir. Denklemden de anlaşılacağı üzere taban kesme kuvveti yapının ağırlığı ile doğru orantılıdır. Yapı ağırlığının azaltılması yapıya etki edecek deprem yüklerini doğrudan etkileyeceği için bölücü duvarların yada bölme duvarların ağırlıklarının azaltılması kesme kuvveti açısından o kadar önemlidir.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10\, A_o\, I\, W \tag{1.1}$$

Oteller, rezidanslar ve hastaneler gibi yüksek yapılarda bölme duvarlar bilinen geleneksel yöntemlerle inşa edilip kalın duvarlarla ses problemi giderilmeye çalışılırsa yapı ağırlığı artacağından dolayı boyutlandırmada önemli problemler meydana

gelmektedir. Bu problemler, ekonomik ve kullanılabilir boş alan açısından sakıncalı bir durum olup mühendislik açısından da uygun değildir. Çünkü bir mühendis herhangi bir yapıyı boyutlandırırken estetiklik, işlevsellik ve ekonomik faktörleri göz önüne almalıdır. Çizelge 1.1'de TÜBİTAK UME'de ölçülen dört tip duvarın yoğunluğu ile birlikte ses geçiş kaybı ve RW değerlerinin karşılaştırması verilmektedir (Yılmaz, 2008). Bu duvarların kullanılması durumunda yapı ağırlığı artmaktadır. Yapı ağırlığının artması yatay yüklerin yapıya daha fazla etki etmesi sorununa sebep olmaktadır.

Bu çalışmada, celluBor ve alçıpan kullanılarak elde edilen bölme duvarların ideal kesitinin belirlenmesi için deneysel çalışmalar yapılmış ve binanın zati yüklerinin düşürülmesiyle depremin binaya etkisini araştırmak için ideCAD analiz programı kullanılmıştır. Sonuç olarak daha hafif bölme duvarlarla yapılardaki gürültü problemlerinin en uygun şekilde çözümlenebilmesi düşünülmektedir.

Çizelge 1.1 TÜBİTAK UME'de ölçülen dört tip duvarın ses geçiş kaybı ve RW değerleri karşılaştırması.

Frekans, Hz.	**Ses Geçiş Kaybı, dB**			
	19 cm bims bloklu duvar	**20 cm gaz betonlu duvar**	**Yatay delikli 19 cm sıvasız tuğla duvar**	**Düşey delikli 19 cm sıvasız tuğla duvar**
	Yoğunluk 522 kg/m ^{3}	**Yoğunluk 500 kg/m ^{3}**	**Yoğunluk 600 kg/m ^{3}**	**Yoğunluk 800 kg/m ^{3}**
100	2.1	22.5	27.4	22.6
125	4.6	25.0	38.2	28.9
160	4.9	24.5	33.6	28.6
200	5.9	26.5	36.8	34.2
250	5.4	26.5	31.5	34.0
315	6.7	26.2	36.2	36.5
400	8.7	29.1	39.4	38.3
500	11.2	31.6	38.9	37.0
630	13.0	32.0	42.5	38.2
800	12.2	31.1	42.1	40.9
1000	13.7	29.8	44.8	40.1
1250	18.6	32.5	45.5	42.3
1600	23.1	36.2	47.1	40.1
2000	24.7	35.9	46.3	41.9

2500	27.5	38.6	45.6	41.0
3150	27.4	37.4	47.4	40.8
4000	28.6	36.1	47.7	42.0
5000	35.3	40.8	48.0	44.0
R w	**15**	**33**	**43**	**40**

1.2. Tez Çalışmasının Önemi

1.2.1. Gürültünün insan sağlığına etkileri

Yüksek gürültü seviyesi olan ortamlarda, uzun süre bulunan kişilerde, kalıcı işitme eşiği değişimleri olduğu birçok araştırmacı tarafından saptanmıştır. Daha düşük seviyeler ya da kısa süreli etkilenmelerde, işitme duyusuna yönelik belirgin bir zararın saptanması çok kolay olmasa da, gürültünün insan sağlığı, davranış biçimi ve mutluluğu üzerindeki olumsuz etkileri belirlenebilmektedir. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından 1996 yılında yayımlanan bir raporda gürültüyle ilgili önemli tespitler Çizelge 1.2'de verilmiştir. Ayrıca gürültünün insan sağlığına verdiği fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans düşüklüğü gibi olumsuz etkileri aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir. (Özdemir, 2012).

Çizelge 1.2. OECD raporu

Gündüz (Leq) (dB)	***Etki***
55-60	Gürültü rahatsız eder.
60-65	Rahatsızlık belirgin bir şekilde artar.
65 üzeri	Davranış biçiminde engellemeler oluşur, gürültü kaynaklı zararlı semptomlar oluşur.

1.2.1.1. Gürültünün fiziksel etkileri

Gürültünün işitme duyusunda oluşturduğu olumsuz etkilerdir. Geçici ve kalıcı olarak iki bölümde incelenebilir. Geçici etkilerin en çok karşılaşılanı geçici işitme eşiği kayması ve duyma yorulması olarak bilinen işitme duyarlılığındaki geçici kayıptır.

Etkilenmenin çok fazla olduğu ve işitme sisteminin eski özelliklerine kavuşmada tekrar gürültüden etkilendiği durumlarda işitme kaybı kalıcı olmaktadır.

1.2.1.2. Gürültünün fizyolojik etkileri

Fizyolojik etkileri, insan vücudunda oluşan değişikliklerdir. Bazı önemli fizyolojik etkiler; kas gerilmeleri, stres, kan basıncında artış, kalp atışlarının ve kan dolaşımının değişmesi, göz bebeği büyümesi, solunum hızlanması, dolaşım bozuklukları ve ani reflekslerdir.

1.2.1.3. Gürültünün psikolojik etkileri

Gürültünün psikolojik etkilerinin başında ise; sinir bozukluğu, korku, rahatsızlık, tedirginlik, yorgunluk ve zihinsel etkilerde yavaşlama gelir. Ani olarak yükselen gürültü düzeyi insanlarda korku oluşturabilmektedir.

1.2.1.4. Gürültünün insanların performansları üzerine etkileri

Gürültünün insanların performansları üzerine etkilerinden bazıları gürültünün iş verimini azaltması ve işitilen seslerin anlaşılmaması gibi olumsuz etkilerdir. Konuşmanın algılanabilmesi ve anlaşılabilmesi türünden fonksiyonların engellenmesi, büyük ölçüde arka plan gürültüsünün düzeyi ile ilgilidir. Gürültünün iş verimliliği ve üretkenlik ile ilgili etkileri konusunda yapılan çalışmalar karmaşık islerin yapıldığı ortamın sessiz, basit islerin yapıldığı ortamların ise biraz gürültülü olması gerektirdiğini göstermiştir. Özetle ortamda belli bir iş ya da fonksiyon için belirlenen arka plan gürültüsünün fazla olması durumunda iş verimliliği düşmektedir. Çizelge 1.3, gürültü seviyelerinin oluşturduğu olumsuz etkileri göstermektedir (Kurra, 1991).

Çizelge 1.3. Gürültü seviyelerinin oluşturduğu olumsuz etkiler.

Gürültü Derecesi	*Etkilenme Aralığı (dB)*	*Sağlık Üzerine Etkileri*
1. derecedeki gürültüler	30-65	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğu.
2. derecedeki gürültüler	65-90	Fizyolojik reaksiyonlar; kan basıncı artışı, kalp atışlarında ve solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler
3. derece gürültüler	90-120	Fizyolojik reaksiyonlar, baş ağrıları.
4. derece gürültüler	120-140	İç kulakta devamlı hasar, dengenin bozulması
5. derece gürültüler	>140	Ciddi beyin tahribatı, kulak zarının patlaması

Bütün dünyada olduğu gibi Türkiye'de de her geçen gün etkisi giderek artan gürültü kirliliği, bazı alışkanlıklarımızın değiştirilmesiyle veya basit yöntemlerin uygulanmasıyla bir miktar da olsa önlenebilmektedir. Bu kapsamda, aşağıda sunulan bazı tedbirlerin uygulanması faydalı olacaktır.

1.2.2. Gürültüyü azaltmak için alınabilecek tedbirler

- Gürültü kaynaklarından yayılan gürültünün azaltılması,
- Susturucu ve ses giderici diğer parçaları olmadan bir motorlu kara taşıtı ile trafiğe çıkılmaması,
- Motorlu taşıtların üzerinde veya içinde, korna veya ses çıkaran başka bir cihazın gereksiz yere kullanılmaması,
- Hız sınırlarına uyulması,
- Yüksek viteste ve düşük devirde sürme şeklinin benimsenmesi,
- Radyo, televizyon ve müzik aletlerinin yerleşim alanlarında ve gürültüye duyarlı bölgelerde rahatsızlık verecek seviyede seslerinin yükseltilmemesi veya konumlandırılmaması,
- Konut bölgelerinde insanları çok rahatsız eden sokak düğünlerinin ve havai fişek kullanımının yapılmaması,
- Yol ve bina inşaatı işlerinde kullanılan ekipmanların konut bölgelerinde akşam ve gece saatlerinde kullanılmaması,
- Yerleşim yerlerinde lokomotif sürücülerinin birbirlerine sesli sinyal vermelerinin yasaklanması,
- Hava alanları ve sanayi bölgelerinin yerleşim yerlerinden uzakta kurulması,

- Gürültüye duyarlı alanların iyi bir kent planlaması yapılarak trafiğin yoğun olduğu bölgelerden uzakta kurulması,
- Yerleşim yerlerinde, gürültü rahatsızlığının önlenmesi ve sağlığın bozulmaması için yapılarda ses yalıtımına önem verilmesi,

Yaşadığımız mekanların sağlıklı ve kaliteli yaşam için korunmasına izolasyon denir. İzolasyon alanında yapılan çalışmalar, sağlıklı yaşam alanları oluşturmak için geliştirilmektedir. Nasıl ki bir ameliyat esnasında ameliyathanelerin başarılı bir ameliyata uygun olarak sterilize edilmesi gerekiyorsa, yaşam alanlarımızın da sağlıklı yaşayabilmemiz için izole edilmesi çok önemlidir. Aynı zamanda enerji tasarrufu sağlayan izolasyon sistemleri doğanın ve tabiatın korunmasına katkıda bulunarak daha az enerji kullanılarak enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu tasarruf aynı zamanda ekonomik koşullar için de size arta kalan rakamdır. Daha az enerji kullanımı sayesinde ülkemiz daha az döviz kaybedecektir. Bu da enerji tasarrufunun döviz dönüşü anlamına gelmektedir.

Yaşadığımız yüzyılda sanayi ve teknolojideki hızlı gelişmeler olumlu karşılanırken diğer taraftan gürültü seviyesinin artışı insanları rahat ve huzur bulacakları ortamlarda bulunmaya sevk etmiştir. Artık insanların gürültüye olan tahammülleri azalmış bundan dolayı da çok çeşitli ses yalıtım malzemeleri üretilerek gürültünün etkileri azaltılmaya çalışılmıştır. Yapılan bu tez çalışmasında da insanlık için faydalı olacağı düşünülen daha ideal yalıtım malzemelerinin tespit edilmesi bu işin ne kadar önemli olduğunun sorumluluğunu omuzlarımıza yüklemiştir.

Yukarıda da anlatıldığı gibi ses, insan sağlığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Günümüzde ülkelerin hızlı kalkınmasıyla birlikte ortaya çıkan gürültü problemi hem insanların sağlığını olumsuz etkilemekte hem de iş yerlerinde personellerin işlerini sağlıklı bir şekilde yapmalarını engelleyerek ekonomik yönden zarar vermektedir. Bu çalışmada, metod ve materyal bölümünde anlatılan yöntem üzerine deneyler yapılarak gürültü probleminin en ekonomik şekilde çözmesi amaçlanmakta ve böylece bölme duvarların ideal kesiti en uygun şekilde belirlenmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Díaz-cereceda ve ark. 2012 yılındaki çalışmalarında, çift duvarların akustik davranışlarının modellemesi için sayısal bir teknik olarak sonlu katman yönteminin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu çalışmada, günümüzdeki yapılarda, ucuz, yük taşıyabilen, en az kütleye ve en iyi akustik özelliğe sahip hafif yapı elemanlarının kullanımının gittikçe daha fazla kullanıldığı vurgulanmaktadır. Bu elemanların kullanım sayısındaki artış nedeni ile ses yalıtım modellerine oldukça ilgi gösterilmektedir. Bu modellerin, çift duvarların akustik davranışını modelleyebilmeleri için yeniden oluşturmaları gerekmektedir. Ayrıca bu modeller, yönetmelikte tanımlanan sonuçları değerlendirmek için geniş bir frekans aralığını (50 – 5000 Hz) kapsamalıdır. Bu çalışmada, daha önce önerilen birkaç yöntem incelenmiş ve bunların avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir. Bunun sonucunda, sonlu katman yönteminin diğer yöntemlere göre çift duvarların akustik davranışlarının modellemesinde daha iyi bir yöntem olduğu belirlenmiştir. En belirgin avantajı ise katmanlar arttıkça interpolasiyon yönteminde her hangi bir değişiklik yapılmamaktadır. Özellikle de çok katmanlı duvarlarda, katmanlar arasında sıvı benzeri malzemelerin kullanılması durumunda daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Aynı zamanda elde edilen sonuçlar yapılan deneylerle de desteklenmiştir (Dı´az-Cereceda ve diğerleri, 2012).

Tadeu ve Santos, 2002, çalışmalarında; kütle ve ses frekansı yanı sıra akustik yalıtımı etkileyebilecek diğer parametrelerin de var olduğunu ortaya koymuşlardır. Bunların içinde ses dalgaların geliş açısı, yalıtımdaki zayıf yerler, elemanın sertliği ve sönümleme özelliği önem taşımaktadır. Yazarlarca evlerde ve çevremizde çok oluşan gürültü tipi olan düşük frekanslı gürültüler için fazla çalışma yapılmamıştır ve standartlarda da belirli bir frekans aralığı belirlenmemiştir. Bu çalışmada sınır eleman yöntemi (BEM) betonarmeden oluşan iki odayı ayıran (odalardan biri istikrarlı bir durum, mekânsal sinüzoidal ve düşük frekanslarda harmonik yük basıncı ile uyarılmıştır) tek bir dikey panelden akustik dalga yayılımını hesaplamak için kullanılmıştır. Bu yöntemde önemli olan nokta bölme duvarın tavana bağlantısının ses yalıtımı için etkisinin incelenmesidir. İki farklı model analiz edilmiş. Birinci modelde bölme duvarın hem döşeme hem asma tavana bağlantısı vardır. İkinci modelde ise bölme duvarın sadece asma tavana bağlantısı varken asma tavan ile döşeme arasında açık bir ara bulunmaktadır. Hesaplanan sonuçlar, duvardaki ses yalıtımının, odalardaki titreşim modların uyarma şekline ve bölme duvar ile döşeme arasındaki bağlantıya bağlı

olduğunu göstermektedir. Döşeme ile bölme duvar arasında bağlantın olmaması ses yalıtımında büyük bir düşüş meydana getirmektedir. Ucu bağlı olmayan duvarın kalınlığı, ses yalıtımı açısından önemli değildir (Tadeu, ve Santos, 2002).

Tadeu ve ark., 2003, çalışmalarında; hafif elemanların sahip oldukları akustik özelliklerden dolayı farklı mühendislik alanlarında kullanılabilirliğini ortaya koymuşlardır. Bu malzemelerin akustik özelliğinin belirlenebilmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların büyük bir kısmı analitik ve nümerik tekniklerin ortaya koyulmasından ibarettir. Ama bilindiği üzere bir malzemenin akustik özeliğini belirlemek birçok parametreye bağlıdır. Böyle bir problemin matematiksel olarak çözümünde tüm parametrelerin hesaba katılmaları mümkün olmadığından pek güvenilir olmayabilir. Bu yüzden malzemelerin akustik özelliklerini belirlemek için laboratuvar deneylerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada özet olarak üç farklı malzeme; cam, beton ve çelik ve üç farklı ebat; 0.6x0.6 m^2, 1.2x1.2 m^2 ve 1.8x1.8 m^2 üzerinde deneyler yapılmıştır ve sonuçlar analitik modellerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak önerilen analitik modellerin ses azaltma indeksinin tahmininde kullanılmalarının geçerli olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda düşük frekanslarda önerilen analitik modeller ile laboratuvarda yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar arasında farklılıklar gözlenmiştir. Buna ek olarak deney elemanların ebatların sonuçlar için önemli olduğu yapılan deneyler sonucu anlaşılmıştır (Tadeu ve diğerleri, 2003).

Uris ve ark., 2003, çalışmalarında; hafif bölme duvarlardaki derz ebatlarının ses yalıtımı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Burada derzden kasetedilen bölme duvar ile yapı arasındaki bağlantıdan kaynaklanan derzdir. Bu çalışmada iki çeşit deney numunesi hazırlanmıştır. Her iki numunede de 50 mm'lik çelik profil kullanılmıştır. Ama numuneler arasındaki fark, birinde çelik profilin her iki tarafında birer alçıpan levhası kullanılmış diğerinde ise ikişer levha kullanılmıştır. Daha sonra levhalar arasındaki boşluk 50 mm'lik taş yönü ile doldurulmuştur. Deney elemanları deneye tabi tutulduktan sonra bölme duvar ile yapı arasındaki mevcut bir derzin ses azaltma indikesi üzerinde önemli bir etkisinin olduğu saptanmıştır. Bu çalışmanın en önemli bulgusu ise bölme duvar ile yapı arasındaki ilk derzin düşük ses indeksi üzerinde büyük bir etkisinin olduğudur (Uris ve diğerleri, 2003).

Uris ve ark., 2007, çalışmalarında; hafif bölme duvarların inşa edilmesinde ses yalıtımı ne kadar yüksek olursa olsun, bu bölme duvarlar ve yapı arasında kesinlikle istenmeyen kılcal derzler meydana gelmektedir. Bu çalışmada her bir deney numunesinde 50 mm'lik çift çelik profil kullanılmıştır. Bu profiller arasında 100 mm

veya 200 mm'lik bir hava boşluğu bırakılmıştır. Numunelerin bazılarında çift bazılarında tek alçıpan levhası uygulanmıştır. Ve çelik profil boşluğu 50 mm'lik taş yönü ile doldurulmuştur. Bu çalışmayla bölme duvarların ses yalıtımının her bir çelik profil üzerindeki derzlerin göreceli konumuna bağlı olduğu anlaşılmıştır. En düşük ses yalıtımı ön ve arka levhaların derzlerinin üst üstte olduğu deney elemanında bulunmuştur. Boşluklarda taş yönün koyulması çift profilli bölme duvarlardaki derzin etkisini değiştirmemektedir. Son olarak da derzlerin etkisinin ses yalıtımı yüksek olan elemanlarda çok önem taşıdığı ancak ses yalıtımı düşük olan elemanlarda pek önemli olmadığı anlaşılmıştır (Uris ve diğerleri, 2007).

Hernández-olivares ve ark., 1999, çalışmalarında; mantar ağacından elde edilen mantar agregası ile alçıyı belirli oranlarda karıştırarak yeni bir malzeme üretmişlerdir. Bu çalışmada yukarda bahsedilen malzemenin mekanik, akustik ve termal özellikleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda üretilen malzemenin mekanik özelliği kötü olup akustik olarak ses emen değil ses yansıtan bir malzeme olduğu ortaya çıkmıştır. Ama bunlara rağmen termal özelliğinin termal test sonuçlarına göre çok iyi olduğu belirtilmiştir (Hern´andez-Olivares ve diğerleri, 1999).

Faustino ve ark., 2012, çalışmalarında; mısır koçanı suntasının inşaat sektöründe alternatif, ekonomik ve sürdürülebilir ses yalıtım malzemesi olarak kullanılabileceğini önermişlerdir. Bu ürünün ses yalıtımında diğer yalıtım malzemeler gibi kullanılması uygun görülmüştür. Önerilen ürünün ses yalıtım performansı test edilmiştir. Deney olarak önerilen ürün ile donatılmış bir döşeme ele alınmıştır. Deney sonucunda önerilen malzeme kullanıldığında yaklaşık 30 dB'lik bir iyileştirme elde edilmiştir. Elde edilen bu iyileştirmeyle rayiç olan malzemelerle karşılaştırıldığında önemli bir malzeme olduğu vurgulanmıştır. Yazarlar bu ürünün ses yalıtım özelliklerinin anlaşılabilmesi için daha detaylı deneylerin yapılması gerektiğini vurgulamışlardır (Faustino ve diğerleri, 2012).

Çoşgun ve ark., 2008, çalışmalarında; tünel kalıptan inşa edilmiş bir binanın gürültü problemleri üzerine araştırma yapmışlardır. Bu araştırmada farklı odalardaki ses geçişlerini ölçüp standartta belirtilen değerlerle karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak tünel kalıp sistemi ile üretilen yapılarda; boşluksuz ve elastisite yüksek beton kullanımı yani beton kalitesinin yüksek olması nedeniyle ince kesitlerin oluşturulması sonucu, ses yutma kapasitesi yetersizliği söz konusudur. Bu problemleri çözmek için döşemelerde, yüzen döşeme uygulanmasını, duvarlarda ise ısı ve ses yutma kapasitesi yüksek yalıtım malzemelerinin kullanılmasını önermişlerdir (Çoşgun ve diğerleri, 2008).

Muehleisen ve ark., 2003, çalışmalarında; konferans salonlarının ses ve ışık tasarımı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmanın amacı, ses için yüksek konuşma anlaşılırlığı, düşük arka plan gürültü seviyesi ve yüksek düzeyde gizlilik konularıdır. Işık için ise herhangi bir zorlama olmadan masadaki yazıları okuyabilme, duvarda yapılan sunumu iyi bir şekilde görebilme ve insanların içeride daha rahat olma kriterlerini sağlamaktır. Arka plan gürültü seviyesi 38 dB, 1 kHz yankılanma süresi 0,5 saniyenin altında hesaplanmıştır. Ayrıca çalışmalarında duvarların kompozit STC'sinin en az 50 olması durumunda akustik hedeflerinin karşılandığını belirtmişlerdir. Oda da çarpıntı yankıları ve odaklama seslerini ortadan kaldırmak için uygun ses emme sistemi olmalıdır. Bu hedeflere ulaşmanın zor olmadığını ancak tasarım aşamasında dikkate alınmasının yeterli olacağını belirtmektedirler (Muehleisen ve diğerleri, 2003).

Thomalla, 2003, çalışmasında; tesisat gürültüsünü ISO 3822-1999 test prosedürlerinden elde edilmiş *Iap* değerlendirmeleri kullanarak kaynakta kontrol edilebilirliğini göstermiştir. Thomalla, bu çalışmada tesisat gürültüsünün kontrolü için üç farklı yöntem kullanıldığını belirtmiştir. Bu yöntemler; kaynakta, ses yolunda ve alıcıda yapılan kontrol yöntemleridir. Bu yöntemlerin en uygunu ise duş başlıklarının, muslukların ve tuvaletlerde kullanılan malzemelerin Iap değerlendirmesi 30 dB ve daha az olan malzemelerin kullanılmasıdır. Aynı şekilde sorun yaratan malzemelerin de aynı özelliğe sahip malzemelerle değiştirilmesi uygun görülmüştür (Thomalla, 2003).

Seip, 2007, çalışmasında; gürültü hakkında bilgi vermiş ve gürültünün insan üzerindeki etkisini anlatarak gürültü özelliklerini sıralamıştır. Aynı zamanda çok amaçlı mekanların gürültü kontrolü için mevcut olan yöntemleri bir araya toplayarak en avantajlı olan yöntemi ekonomik açısından değerlendirmiş ve uygun olanı önermiştir (Seip ve Keen, 2008).

Başbuğ, 2005 yılındaki yüksek lisans tezinde, farklı asma tavanların ses yalıtım performansını belirlemek amacıyla bir odadan diğer bir odaya asma tavanlardan ses geçişleri konusunda laboratuvar ortamında deneyler yapmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçları ODEON denilen akustik bilgisayar programı ile karşılaştırmıştır. Ayrıca basınçlı odanın derinliği ve değişik oda boyutlarını ODEON 'de denemiştir. Sonuçlara göre asma tavanlar bir yere kadar ses geçişleri için yalıtım sağlayabilir ondan sonra asma tavanın yalıtımı ne olursa olsun fark edecek kadar sonuçları değiştirmez. Bu noktadan sonra diğer ses geçiş yollarının yalıtımı yapılması gerekmektedir (Başbuğ, 2005).

Şen, 2006, çalışmasında; ısı, su, ses ve yangın yalıtımlarını ayrı ayrı ele alıp bunlarla ilgili çalışmalar yapmıştır. Türkiye ve dünyadaki yalıtım çalışmalarını karşılaştırmış, Türkiye'deki yalıtım çalışmalarının artması ile enerji tasarrufunun sağlanacağını ve daha iyi yaşam koşullarına ulaşılacağını belirtmiştir (Şen, 2006).

Cambridge, 2006 yılındaki yüksek lisans tezinde; akustik odaların tasarımı için kullanılan bilgisayar programlarını karşılaştırmıştır. Bu tezde önce bu programların hangi teorilere göre çalıştığını anlatmıştır. Daha sonra programları hassasiyetlerine göre sıralamıştır. Sonuç itibari ile Bastian ve Insul ismindeki bilgisayar programları diğer programlara göre daha kullanışlı olduğu belirtilmiştir (Cambridge, 2006).

Toprak ve Aktürk 2004 yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarında; ses ve gürültü hakkında bilgi verip gürültünün karakterini, frekans dağılımına ve ses düzeyinin zamanla değişim şekline bağlı olarak sınıflandırmışlardır. Buna ek olarak gürültünün insan sağlığı üzerine etkilerini, gürültünün işitme üzerine etkisini, gürültünün fizyolojik etkilerini ve gürültünün psikolojik etkilerini ele almışlardır. Sonuç olarak gürültünün insan sağlığına ve yaşamına kötü etkisinden dolayı insanların bulunduğu ortamda gürültünün ölçülmesi ve kontrol altına alınmasını önermişlerdir (Toprak ve Aktürk, 2004).

Sarp, 2000 yılındaki tez çalışmasında, gürültünün insanlara verdiği zararı azaltmak için önce gürültünün detaylı bir şekilde tanımlanması gerektiğini öne sürmüştür. Bundan dolayı sesi ve gürültüyü detaylı bir şekilde tanımlayıp sınıflandırmıştır. Daha sonra, işitme sistemi ve işitsel algılamayı inceleyip gürültü ve insan kulağı arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. Gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkilerinin tanıtılmasının ardından, yapının fiziksel iç çevresinde gürültünün oluşma yollarını sıralamış ve denetim sırasında gürültüye karşı alınması gereken önlemleri açıklamıştır (Sarp, 2000).

Yılmaz ve Özer, 1997 yılındaki çalışmalarında; ses ile ilgili temel kavramları açıklayıp ses kaynakları hakkında bilgi vermişlerdir. Müteakiben sesin insan üzerindeki kötü etkisini açıklayarak, izin verilebilir ses sınırlarını belirtmişlerdir. Son olarak gürültüyü önlemek için alınabilecek önlemleri sıralamışlardır. Önlemler arasındaki en önemli yöntemi, bitkiler ile gürültü seviyesinin düşürülmesi şeklinde belirtmişlerdir (Yılmaz ve Özer, 1997).

Senthilkumar, 2012 yılında gerçekleştirdiği doktora tezinde, son zamanlarda inşaat piyasasında hafif bölme duvarların kullanımının yaygın hale geldiğini belirtmiştir. Senthilkumar'e göre bu duvarlar kendileri ile birlikte bir takım avantaj ve

dezavantajları getirmektedir. Bu çalışmada, Hindistan cevizi kabuğundan oluşan panellerin ses yalıtımı üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda 120, 170, 200 mm kalınlıkta olan Hindistan cevizi kabuğundan oluşan içi boş bloklar 500 Hz'de sırası ile 38, 40, 43 dB'lik ses azaltma indeksi (SRI) sergilemiştir. Bu da normal içi boş bloklara göre 6 dB'lik yükselişi göstermektedir. Bunun sebebinin de Hindistan cevizi olduğunu söylemiştir. Blokların kalınlığı ve plaster yapılması sonucunda yaklaşık 10-20 dB yükseliş göstererek daha iyi bir yalıtım elde edileceğini belirtmiştir. Aynı zamanda Hindistan cevizi lifi emdirilmiş betonarme paneller üzerinde çalışma yapılmıştır. Çalışma sonucunda 20 mm kalınlığa sahip paneller 30 dB'lik bir SRI sergilemektedir. Bu panellerin birleşim yerleri SRI değerini düşürmektedir. Bu yüzden birleşim yeri artıkça yüksek frekanslarda ses yalıtımında bir düşüş meydana gelmektedir. Bunun sebebini ise bağların varlığı nedeniyle daha büyük enerji transferi şeklinde tanımlamıştır. Bu çalışmanın genel özeti olarak içi boş bloklarda ve elyaf takviyeli betonarme panellerde doğal Hindistan cevizi kabuğu ve elyafı kullanılarak iyi ses yalıtımının sağlanacağı belirtilmiştir (Senthilkumar, 2012).

Karaağaçlıoğlu, 2012 yılında gerçekleştirdiği doktora tezinde; yalıtımda kullanılabilecek mineral katkılı selülozik karışımın tarifi, tasnifi, malzemenin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerine etki eden faktörlerin etki mekanizmalarını ortaya koymuştur. Bu bilgi birikimi ile üretimde kullanılabilecek, yöntem tespitine yönelik çalışmalar yapmak ve projenin konusuna en uygun koşullarda mineral katkılı selülozik elyaf esaslı yalıtım malzemesi oluşturularak elde edilen ürün/ürünlerin mekanik, ses ve ısıl özellikleri ile yanma geciktiricilik özelliği incelenmiştir. Organik bir yapıya sahip selüloz ve bileşimin diğer ortağı mineraller, bor ürünleri, bağlayıcılar ve bunların oluşturduğu kompozit bir yapı olan selülozik yalıtım malzemesinin, ısı ve ses yalıtım özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla, selüloza ilave olarak; perlit, vermikülit, pomza ve kil gibi farklı mineral katkılar da kullanılmıştır. Levha şeklinde, yüksek yoğunlukta ve yarı sertlikte üretilmiş olan selüloz bazlı yalıtım malzemesinde, bağlayıcı olarak % 7-11 oranında farklı bağlayıcılar kullanılmıştır. Üretilen selüloz plakaların yoğunluğu 98-163 kg/m^3 arasındadır. Su buharı geçirgenliği yüksek olan yalıtım malzemesinin termal performansını kaybetmeden % 17 oranında nem tutma özelliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bor ve farklı mineral katkılarıyla; mineral katkısız levhalarda % 0.043-0,055 W/mK ölçülen ısı iletim katsayısı değeri daha da aşağılara çekilmiş olup aynı zamanda yanmaya karşı da % 56 oranında bir iyileşme sağlanmıştır. Ses yalıtımı için gerekli

homojen, gözenekli, kompakt yapı formu sıkıştırılmış atık kâğıt elyafı ile yakalanmaya çalışılmış fakat lif ve tabakalanma yapısının özelliği nedeni ile istenilen düzeye ulaşılamamıştır. 0.4-1.2 mm boyutlu mineral katkı malzemelerinin ses yutumu değerlerinde olumlu etkisi gözlenmiştir. Sonuç olarak, selüloz (atık kağıt), bor ve perlit, vermikülit, pomza ve kil gibi farklı mineralin yardımıyla, DIN 4102 normlarına göre A2 yanmaz malzemeler sınıfında, kokusuz, paslandırma etkisi olmayan, yanmaya ve küflenmeye karşı yüksek dirençli bir yalıtım malzemesi üretilmiştir (Karaağaçlıoğlu, 2012)

Carvalho 1995 yılındaki çalışmasında; alçıpan ve mantardan oluşan hafif bölme duvarın akustik özelliklerini ortaya koymak için deneyler yapmıştır. Mantarın bölme duvarlarda ses yalıtımı için kullanılmasının sebebi ise Portekiz, dünyanın birinci mantar ihracatçı olmasıdır. Deneye tabi tutulan hafif bölme duvarlar ofisler ve konutlarda, geleneksel 7 cm'lik tuğla duvarlar ve üzerine 3 cm'lik sıvadan oluşan bölme duvarlar yerine kullanılması amaçlanmıştır. Yukarıda tarif edilen bölme duvarların kullanılmasının bir diğer sebebi ise işçilik fiyatının normal kullanılan tuğla duvarların işçiliğinden daha ucuz olması ve bunun sonucunda da yapının toplam maliyetinin düşmesidir. Bu çalışmada dört farklı bölme duvar deneye tabi tutulmuştur. Bu dört bölme duvar içerisinde tek ve çift alçıpan ile üç farklı üretilen mantar türü kullanılmıştır. Dört bölme duvar 28 ile 44 dB'lik dört farklı ses iletim sınıfını göstermektedir. Portekiz standardına göre ses iletim sınıfı 40 dB'yi sağlayan çift alçıpanlı bölme duvar önerilmiştir. Deneyin sonucu tablo halinde sunulmaktadır. Tabloya bakıldığında düşük frekanslardan daha ziyade yüksek frekanslarda deneye tabi tutulan bölme duvarlar iyi bir ses yalıtımı olmaktadır. Bunlara ek olarak Carvalho, çalışmasında ses iletim kaybını bulmak için basit bir matematiksel bir formül önermiş ve deneyden elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır (Carvalho 1995).

Selver ve Varol, 2002 yılındaki çalışmalarında, polystren'nin bazı ısıl ve fiziksel özelliklerini belirlemişlerdir. Polystren'lerin yoğunluklarını tespit etikten sonra, polystren'nin kondüksiyonla ısı iletim katsayısını, ses yalıtım özelliğini ve yangın dayanımını bulunmuşlardır. Deneylerden sonra şu sonuçları elde etmişlerdir: Polystren malzemesinin ısı iletim katsayısı malzemenin yoğunluğuna bağlıdır. 20-22 kg/m^3 yoğunluklu polystren en düşük ısı iletim katsayısına sahiptir. Panel duvar yapımında polystren kullanılması durumunda sıvalı halde yüksek sıcaklığa dayanabilmektedir. Bir saate kadar yangına dayanımı yeterli seviyededir. Polystren malzemenin ses yalıtım değeri, gürültü kaynağının ses frekansına bağlı olarak değişmektedir. 12 kg/m^3

yoğunluklu polystren 2000-3500 Hz. frekans aralığında yaklaşık % 28 ses izolasyonu değerine sahiptir (Selver ve Varol, 2002).

Demirkale ve Aşcıgil, 2007, çalışmalarında; gürültünün insan üzerindeki etkileri hakkında bilgi vermişlerdir. Ayrıca Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin gürültü politikalarıyla ilgili ayrı ayrı bilgiler sunarak bunlarla ilgili değerlendirme yapmışlardır. Bu çalışmanın sunucunda ise yönetmeliğin uygulanması ve özellikle imar planları hazırlanırken stratejik gürültü haritaların sonuçlarının göz önüne alınmasının son derece önemli olduğunu çünkü gürültü yalıtımının temelinin gürültü haritalarına dayandığını vurgulamışlardır (Demirkale ve Aşcıgil, 2007).

Ballagh 2004 yılındaki çalışmasında, duvar ve taban ses iletim kaybını yaklaşık olarak hesaplayan metotların doğruluğunu tespit etmiştir. Bu çalışmada önce tek homojen paneller; kütle, sertlik, sönümleme ve genel olarak kullanılan ebatları ile test edilmiştir. Daha sonra çift paneller; paneller arasındaki hava boşluğunun ek faktörleri, paneller arasındaki bağlantılar ve boşluğun akustik emmesi ile deneye tabi tutulmuştur. Sonuç olarak Ballagh, tuğla ve diğer hafif malzemelerden üretilen tipik binaların ses yalıtımlarını mühendislik açısından, 50 ile 5000 Hz arasındaki frekanslarda basit ve hazır ifadeler ile kabul edilebilir doğrulukla tahmin edilebilirliğini ortaya koymuştur (Ballagh, 2004).

Çiçek, 2002 yılındaki yüksek lisans tez çalışmasında; malzeme olarak pişmiş tuğla, bims, gazbeton ve perlit malzemelerini incelemiştir. Ayrıca bu malzemelerin inşaat sektöründe kullanımını ve mekanik karşılaştırılmasını yapmıştır. Bu çalışmanın karşılaştırma kısmında alçılı perlit malzemenin hem ağırlık olarak daha iyi olduğu hem de ses emme oranını yüksek olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda yazar bu malzemeler arasında herhangi birinin diğerine göre üstünlüğü konusuna değinmemiştir. Bunun sebebi ise adı geçen tüm malzemeler birer standart ile üretilmektedir ve kullanım amaçlarına göre farklı amaçlara hizmet etmektedirler (Çiçek, 2002).

Kamisiński, 2010, çalışmasında; tiyatro ve konser salonlarının akustiği üzerinde bir çalşma yapmıştır. Başlangıçta tiyatro ve konser salonlarının akustik durumunun salonun şekline bağlı olduğunu belirtmiştir. İyi bir akustiği sergilemek üzere salonların şeklinin genellikle dikdörtgen, at nalı ve vantilatör şeklinde olması tercih edilmektedir. Yazar bu çalışmasında yukarıda bahsedilen üç şeklin avantaj ve dezavantajlarını belirterek bu konuda bazı tavsiyelerde bulunmuştur. Sonuç olarak at nalı şeklindeki salonlar için de bir algoritma formülü geliştirmiştir (Kamisiński, 2010).

Özçetin 2011 yılındaki yüksek lisans tez çalışmasında, konservatuvar binalarının gürültü kontrolü açısından analizini incelemiş ve örnek bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada gürültü kavramını, gürültü kaynaklarını, gürültü düzeyi göstergelerini ve yapılarda gürültü kontrolünü irdelemiştir. Ardından, gürültü kontrolü ile ilgili ulusal ve uluslararası yönetmelikleri (Türkiye, İngiltere, Amerika ve Almanya) incelemiştir. Eğitim yapılarını ve eğitim yapıları içinde bulunan konservatuvar binalarının sınıfta konuşma seviyesini, arka plan gürültü düzeyini, mekanın boyutlarını, yapı bileşenlerinde sağlanması gereken ses yalıtım değerlerini, yankı süresini ve konuşmanın anlaşılabilirliği gibi performans kriterlerini oluşturmuştur. Son bölümde ise incelenen kavramlardan yola çıkarak Ankara Musiki Muallim Mektebi Mamak Belediyesi Konservatuvar binasının mevcut durum değerlendirmesini Insul simülasyon programı aracılığı ile gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, Ankara Musiki Muallim Mektebi Mamak Belediyesi Konservatuvar binasının, sınıf mekanlarını çevreleyen mevcut yapı bileşenlerinin, Insul 6.4 simülasyon yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonucunda; sınıflar arasındaki iç duvar, tavan döşemesi gibi yapı bileşenlerinin, havada ve katılarda yayılan sese karşı yalıtım performansının, mevzuatlarda önerilen değerleri sağladığı tespit etmiştir. Insul 6.4 simülasyon programı kullanılarak zemin kat döşemesinin katılarda yayılan sese karşı mevzuatlara uygun olmadığı tespit edilmiştir. Zemin döşemesinin iyileştirilmesi için 2,6 mm vinil döşeme kaplaması altına 1,7 mm kurşun katkılı vinil ilave edilmesi halinde 62 R'_w ve 46 $L'_{n,w}$ değerleriyle mevzuatlara uygunluk sağlanması öngörülmüştür. Son olarak yapılan tez çalışması sonucunda; müzik işlevli eğitim yapılarının işitsel konfor koşullarının geleneksel dersliklerden farklı olması gerektiğini ve müzik işlevli eğitim yapıları için Türkiye'deki mevzuatların yetersizliğini ortaya koymuş ve bu eksikliğin en kısa sürede giderilmesi gerektiğini vurgulamıştır (Özçetin, 2011).

Özkan, 2001, çalışmasında; ses ve sesin bir boyutu olan gürültünün son zamanlarda çok önemli bir noktaya geldiğini ve ses yalıtımı amacıyla çeşitli malzemelerin ortaya çıktığını belirtmiştir. Ancak bu konu üzerine çalışılırken gereksiz harcamalara yol açan eksik bilgilerden dolayı istenilen sonuçların elde edilmemesi problemine odaklanmış ve eksik bilgilerin tamamlanması amacıyla bazı bilgiler sunmuştur. Bu bilgiler; ses ve gürültünün temel kavramlarını, ses ile ilgili çalışmaları ve ses geçiş kaybının sağlanmasına yönelik yapılan çalışmaları içermektedir (Özkan, 2001).

Şahin, 2003 yılındaki çalışmasında; bir iş yerinde gürültü seviyesinin çalışanlara zarar vermesi durumunda gürültü kaynağının kontrolünü, yayılan gürültünün önlenme yöntemlerini ve gürültü seviyesindeki azalma miktarını tespit ederek bu yöntemlerin etkinliklerini araştırmıştır. Yazar bu çalışmada, gürültüyü kaynakta kontrol altına alma, kaynak ile alıcı arasındaki alanda kontrol altına alma ve alıcıda kontrol altına alma yöntemlerini karşılaştırmıştır. Bir çekyat fabrikasında yapılan gürültü ölçümlerinden yola çıkarak fabrikanın değişik üretim birimleri için yukarıda ismi geçen yöntemlerden en uygununu önermiştir. Bu yöntemlere ek olarak bireysel koruyucuların (kulaklık gibi) da kullanılmasının uygun olacağını vurgulamıştır (Şahin, 2003).

Warnock ve Quirt, 1997, çalışmalarında; çok aileli konutlarda alçıpan duvarlar üzerinden, ses iletim kontrolünün nasıl sağlanacağını açıklamışlardır. Bilgiler, NRC's (Institute for Research in Construction) tarafından yapılan ayrıntılı bir endüstri destekli araştırma sonuçlarından elde edilmiştir (Warnock ve diğerleri, 1997).

Lundin 2011 yılında gerçekleştirdiği çalışmasında, çift duvarlar için yeni bir istatistiksel enerji analiz formülasyonunu geliştirmiştir. Bu yeni formülasyonda çift duvarların tanımlaması için 3 adet öğe kullanılmaktadır. Bu 3 öğe: kütle-hava-kütle rezonanslarıdır. Bu da çift duvar rezonans etkisinin SEA tarafından tahmin edilebilir olması anlamına gelir. Formülasyon ile hesaplamalar yapmış ve doğruluk oranını göstermek için sonuçları deneysel ölçümler ile karşılaştırmıştır (Lundin, 2011:13).

Ekerbiçer ve Saltık, 2008, çalışmalarında; gürültünün insan sağlığı üzerinde farklı etkilerinin olduğunu iddia etmişlerdir. Yazarlara göre bu etkilerin en önemlisi, endüstriyel gürültüye bağlı işitme kaybıdır. Bu da uzun yıllar yüksek düzeyde gürültüye maruz kalan işçilerde mesleksel sağırlığa neden olup tedavisi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle çalışanların gürültüden korunmaları çok önemlidir. Bu korunma, sesin kaynakta azaltılması şeklinde olabileceği gibi bireysel koruyucularla da (kulak tıkacı, kulaklık, başlık gibi) sağlanabilmektedir (Ekerbiçer ve diğerleri, 2008).

3. SES

3.1. Ses ile İlgili Temel Kavramlar

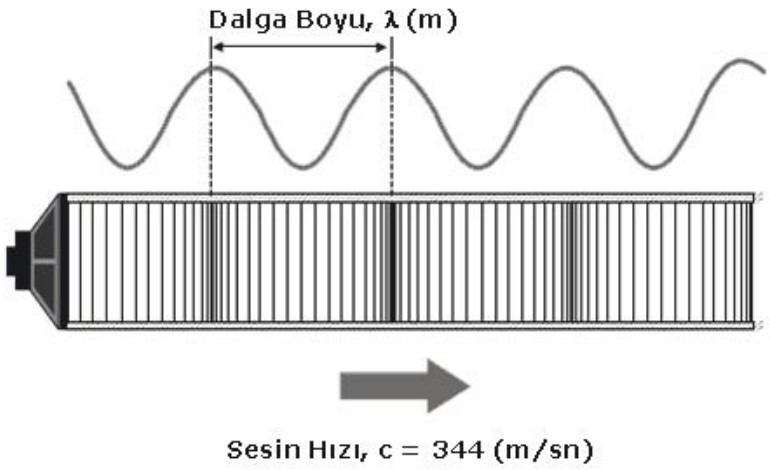
Ses elastik ortamlarda yayılan bir basınç dalgasıdır. Bir nesne titreştiğinde, elastik ortam içinde bir mekanik bozulma meydana getirir. Bu ortam genelde havadır ama su ve metal gibi diğer elastik ortamlarda olabilir. Ortam daha sonra bu bozulmayı salınan ve yayılan basınç dalgaları şeklinde taşımaktadır. Bu basınç dalgaları insan kulağı tarafından algılanır ve elektrik sinyallerine çevrilir. Bu elektrik sinyalleri insan beyini tarafından ses olarak algılanır (Bayraktar, 2006 ve http://www.universetoday.com/61166/what-is-sound/).

Ses, konuşmanın tamamen merkezinde yer almaktadır. Ses dalgası bir konuşmanın hem üretim mekanizmasının son ürününü oluşturur hem de dinleyici tarafından konuşmacının mesajını almak için kullanılan temel hammadde kaynağını oluşturur. Sesin konuşmayla iletişimde oynadığı merkezi rolden dolayı, nasıl üretildiği, nasıl değiştiği ve ne şekilde ölçüldüğü hakkında iyi bilgi edilmek gerekmektedir. Bu bölümün amacı, ses fiziği hakkında bazı temel kavramlar hakkında bilgi vermektir (http://homepages.wmich.edu/~hillenbr/206/ac.pdf).

3.2. Ses ve Vibrasyon

Ses tanımlarken nesnel (fiziksel) ve öznel (fizyolojik) olarak iki şekilde elle alınabilir. Fiziksel olarak ses, yukarıda bahsedildiği gibi elastik ortam (katı, sıvı, gaz) içinde bir titreşim kaynağı tarafından meydana gelen basınç salınımları veya değişimleri sonucu ortam taneciklerinin yer değiştirmesidir. Fizyolojik bakımdan ise ses, bir titreşim kaynağı tarafından elastik ortam içinde meydana getirilen basınç değişimlerinin duyu organı tarafından algılanmasıdır (Fişne, 2008). Bu titreşim, akort çatalından, gitar telinden, trampetin başından, radyatörden kaçan buhardan, hoparlörün diyaframından, vokal kordlarından veya bir dinleyici için duyulabilir bir frekans aralığında titreşen hemen hemen her şeyi (insanlar için saniyede yaklaşık 20 ile 20.000 devir) içermektedir. Kısaca şunu belirtebiliriz ki bir ses dalgasının üretimi için gerekli olan iki temel koşul, titreşim ve esnek bir ortamdır. Esneklik açısından bilinen en basit ortam da havadır (http://homepages.wmich.edu/~hillenbr/206/ac.pdf).

Sesin hareketi enerji dalgaları şeklindedir. Bir nesne titreştiği zaman elastik ortamda bir basınç bozulması meydana gelmektedir. Bu bozulma aslında titreşen taneciğin titreşim enerjisini hemen yanında bulunan diğer taneciğe iletmesidir. Böylece kaynaktan gelen enerji, tanecikten taneciğe iletilmesi şeklinde dalga doğrultusunda, bitene kadar ilerlemektedir. Şekil 3.1'de bir ses dalgasının elastik bir ortam içinde ilerlemesi şematik olarak gösterilmiştir (Fişne, 2008).



Şekil 3.1. Bir ses dalgasının oluşumu

Ses dalgaları yayılırken küresel bir şekline sahip olur. Katı, sıvı ve gaz olmak üzere tüm elastik ve maddesel ortamlarda yayılabilen sesin yayılma hızı, ortamın özgül ağırlığına ve esnekliğine bağlıdır. Ortamdaki moleküller birbirine ne kadar yakın ise ses o kadar hızlı hareket etmektedir. Elastik ortamlar arasında katı ortamın molekülleri birbirne çok yakın olduğundan dolayı sesin en hızlı hareketi katı ortamlarda olmaktadır. Sesin havadaki yayılma hızı yaklaşık 330 ile 350 m/sn arasındadır. Hava sıcaklığı ile değişen sesin yayılma hızı, düşük sıcaklıklarda azalırken yüksek sıcaklıklarda çoğalır. Mimari akustikte çoğunlukla, sesin 20 °C'deki yayılma hızı 344 m/sn olarak kullanılır (Sarp, 2000).

3.3. Ses ile İlgili Büyüklükler ve Tanımlar

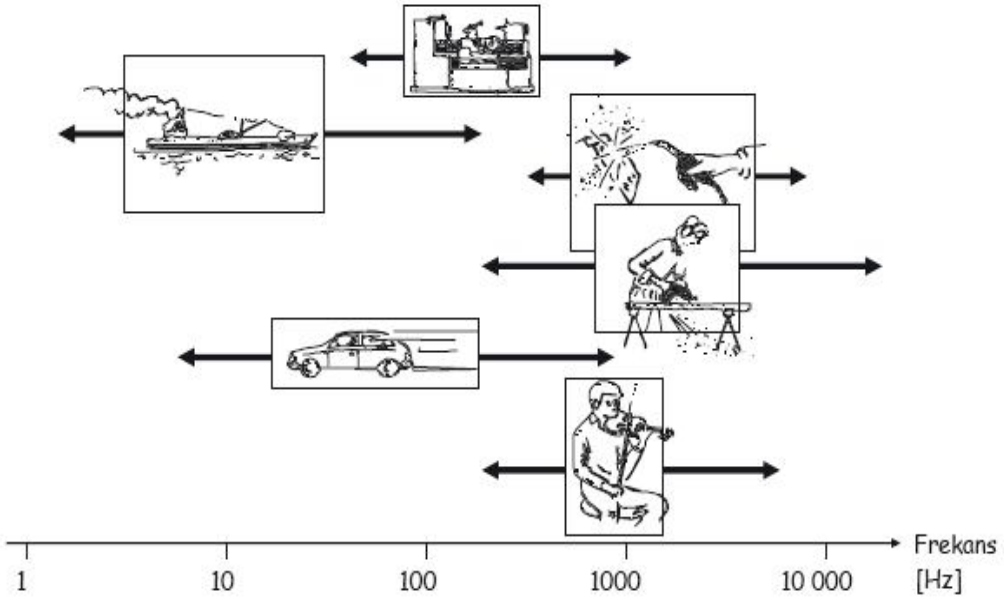
Sesi iyi tanımlayabilmek için ses ile ilgili üç temel kavramın iyi bilinmesi gerekmektedir. Bunlar; sesin inceliği-kalınlığı, azlığı-çokluğu ve tınısıdır. Sesin bu üç temel özelliği birbirinden bağımsız olarak değişebilmektedir (Sarp, 2000).

3.3.1. Sesin inceliği ve kalınlığı

Sesin inceliği ve kalınlığı, sesin kaynaktan çıkan titreşim hızına bağlı olan bir özelliktir. Hızlı titreşim yapan kaynaklar ince (tiz) sesleri, yavaş titreşim yapan kaynaklar ise kalın (bas) sesler meydana getirmektedirler. Sesin incelik-kalınlık ile ilgili diğer kavramları ise aşağıda sıralanmıştır (Sarp, 2000).

3.3.1.1. Frekans

Frekans, elastik bir ortamdan ses dalgası geçtiğinde ortam parçacıklarının ne sıklıkta titreştiğini göstermektedir. Ses frekansı bize birim zamanda bir titreşim kaynağı tarafından elastik ortamda meydana getirilen titreşimlerin sayısını vermektedir. Titreşim sayısı artıkça veya azaldıkça frekans da artar veya azalır. Frekans birimi Hertz olup *Hz* simgesi ile gösterilmektedir. İnsan kulağının ses olarak algılayabileceği frekans aralığı ise 16 Hz ile 20000 Hz arasıdır. Birim zamanda titreşim sayısı arttıkça, frekans artmaktadır ve ses gittikçe incelemektedir. Buradan çıkaracağımız sonuç ise, frekansı 16 Hz olan ses, insan kulağı tarafından algılanabilen en kalın ve 20000 Hz frekansa sahip olan ses ise insan kulağı tarafından algılanabilen en ince sesi temsil etmektedir. Frekansı 16 Hz'in altında olan ses dalgalarına infrases (ses altı), 20000 Hz'in üstünde olan ses dalgalarına ise ultra ses (ses üstü) denilmektedir. Deniz dalgaları, don, deprem, rüzgar sesleri infrases, kıvılcım sesi ise ultra ses titreşimlere örnek olarak verilebilir (Sarp, 2000). Şekil 3.2'de çeşitli ses kaynaklarının frekans aralığı verilmiştir (Fişne, 2008) Ayrıca denklem 3.1'de ise frekans denklemi verilmiştir.



Şekil 3.2. Çeşitli ses kaynaklarının frekans aralığı

$$f = 1/t \qquad (3.1)$$

f = Frekans (Hz)

t = Zaman (saniye)

Frekansın bir öncekine göre iki katına çıktığı ya da sonrakine göre yarıya indiği aralıkların her birine oktav bant denir. Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi 16 Hz ile 16000 Hz arasında 10 oktav bant vardır. Mimari akustikte genellikle 125 Hz'den başlayıp 4000 Hz'de biten toplam 6 oktav bant kullanılır. Daha ayrıntılı ölçme ve değerlendirmelerde her oktav aralığının üçe bölünmesiyle elde edilen 1/3 oktav bant aralıklarından yararlanılır (Sarp, 2000).

Çizelge 3.1. Oktav orta frekans - f (Hz)

16- 32 - 64 - 125 - 250 - 500 - 1000 - 2000 - 4000 - 8000 – 16000

3.3.1.2. Ses hızı

Ses hızı, bir titreşim kaynağı tarafından oluşturulan alçak ve yüksek basınç bölgelerinin kaynaktan uzaklaşması olarak tanımlanır. Ses hızı ile frekans ve dalga boyu arasındaki ilişki aşağıdaki denklem 3.2'de verilmiştir. Burada; c, ses hızını, f, frekansı, λ, dalga boyunu ifade etmektedir (Fişne, 2008).

$$c = f . \lambda \qquad (3.2)$$

3.3.1.3. Devir süresi

Devir süresi, periyot diye de ifade edilmektedir. Frekansın tersi olan devir süresi bir titreşimin süresidir. Devir süresinin formülü denklem 3.3'te verilmiştir. Burada T, saniye cinsinden devir süresini, f ise frekansı ifade etmektedir (Sarp, 2000).

$$T = 1 / f \qquad (3.3)$$

3.3.1.4. Dalga boyu

Dalga boyu, iki sıkışma veya iki gevşeme bölgesi arasındaki uzaklığa denir. Diğer bir ifade ile dalga boyu, yayılma sırasında titreşim hareketinin bir devir süresi içinde gittiği uzaklıktır. λ simgesi ile gösterilir ve birimi de metredir. Frekans ile dalga boyu ters orantılıdır. Bu ilişki denklem 3.4'deki verilmiştir. Burada; c, m/sn cinsinden yayılma hızını, f ise Hz cinsinden frekansı ifade etmektedir (Sarp, 2000).

$$\lambda = c/f \qquad (3.4)$$

Ses titreşimlerinin dalga boyları yaklaşık 0,02 ile 20 metre arasında değişir. Kalın seslerin dalga boyları uzun, ince seslerin dalga boyları kısadır.

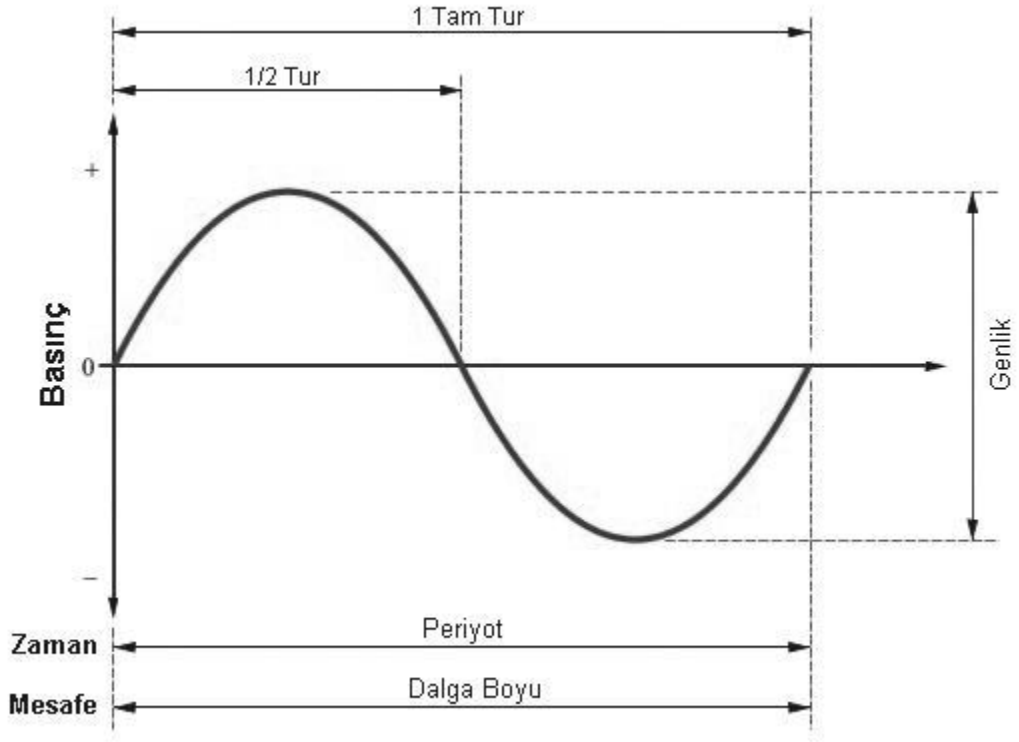
3.3.2. Sesin azlığı ve çokluğu

Sesin azlığı ve çokluğu sesin oluşmasına yol açan enerjinin büyüklüğüne bağlıdır. Bu tanımla ile ilgili bazı büyüklükler; genlik, akustik basınç, ses gücü, ses yeğinliği ve ses düzeyidir. Bunlarla ilgili bazı bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.3.2.1. Genlik

Genlik, ses dalgalarının dikey büyüklüğünü sayısal olarak ifade etmektedir. Ayrıca titreşen bir taneciğin titreşim hareketi ile gidip geldiği uzaklık da genlik olarak

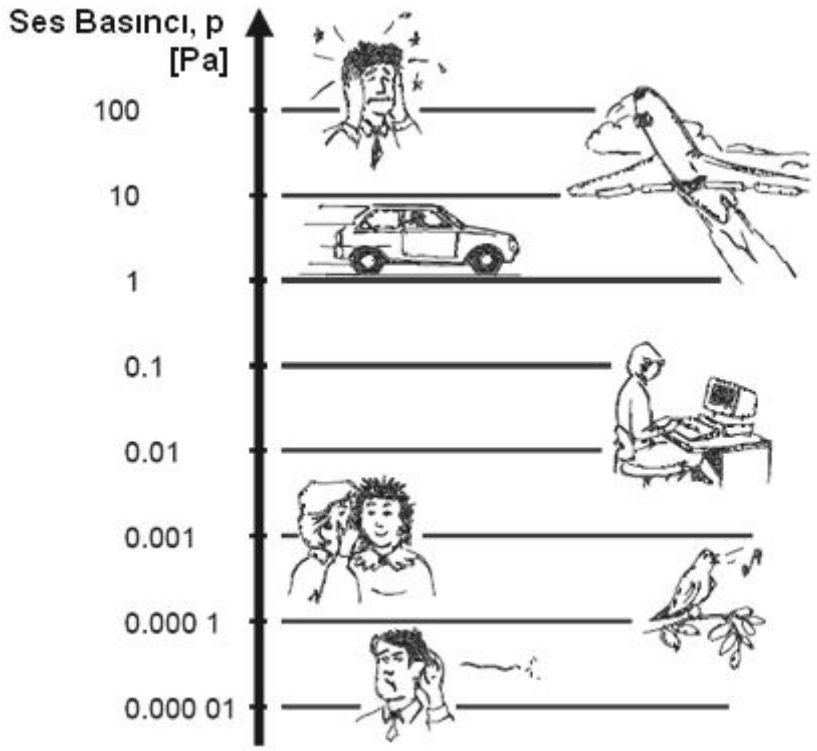
tanımlanır. Şekil 3.3'te ses ile ilgili genel kavramlar şematik olarak gösterilmiştir (Fişne, 2008).



Şekil 3.3. Bir ses dalgasının elastik ortamdaki tam turu

3.3.2.2. Akustik basınç

Akustik basınç, ses basıncı olarak da ifade edilir. Ses titreşimlerinin atmosfer basıncında meydana getirdiği değişimlere akustik basınç denir. Simgesi *P*, birimi ise *Pascal (Pa)*'dır. Akustik basınç, statik atmosfer basıncı ile karşılaştırıldığında işitilebilir ses basıncı çok küçüktür ve 20 µPa ile 100 Pa arasındadır. Genç ve sağlıklı bir insan kulağı 20 µPa civarındaki ses basıncını algılayabilir ve bu değere *duyma eşiği* denir. İşitilebilir ses basınç aralığı şekil 3.4'te verilmiştir. 100 Pascal'lık ses basıncı ise acı duyma eşiğini ifade eder (Fişne, 2008).



Şekil 3.4. İşitilebilir ses basınç aralığı

3.3.2.3. Ses gücü

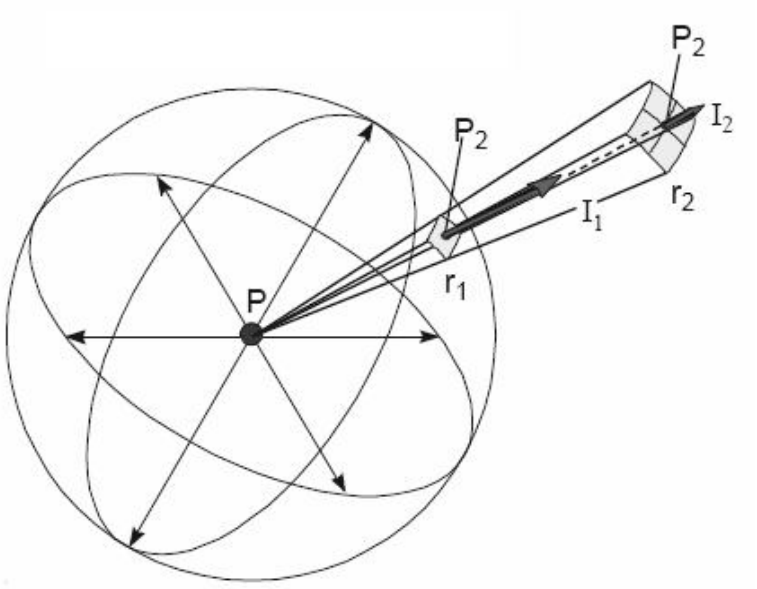
Bir ses kaynağının birim zamanda oluşturduğu ses enerjisi miktarına o kaynağın ses gücü denir. Ses gücü birimi *Watt*'dır. Ses gücü, bir ses kaynağının ne kadar akustik enerji üreteceğinin temel ölçüsüdür. Ses basıncı ise ses gücünün bir etkisidir. Bir noktadaki ses basıncı sadece kaynağın ses gücüne bağlı değil, aynı zamanda kaynak ile ölçüm noktası arasındaki uzaklığa, ölçüm yapılan yerde ses yutucu veya yansıtıcı malzemelerin varlığı gibi çevresel faktörlere de bağlıdır. Ses şiddeti ve ses basıncı uygun ölçüm cihazları ile doğrudan ölçülebilmekte, ses gücü ise bu ölçülen değerlerden hareketle hesaplanmaktadır.

3.3.2.4. Ses şiddeti

Ses şiddeti, ses alanı içinde bir noktada, belirli bir doğrultudaki birim alandan geçen ortalama ses enerjisi miktarına denir. Ses şiddetinin birimi *watt/m²*'dir. Ses şiddeti bir ses kaynağı tarafından havaya yayılan toplam ses enerjisini göstermesi ve bir noktadaki ses basıncı ile ilişkili olması bakımından önemlidir. Ses şiddeti vektörel bir büyüklüktür ve uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır. Serbest alanda bir noktadaki ses

şiddetiyle ilgili bilgi şekil 3.5'te verilmiştir. Ayrıca ses şiddeti ile ilgili formülasyon denklem 3.5'te verilmiştir. Burada; *I*, ses şiddetini (watt/m2), *W* kaynağın ses gücünü (watt), *P* ses basıncını (Pa), ρ ortamın yoğunluğu (kg/m^3), *c* sesin yayılma hızını (m/s), *r* kaynağa olan uzaklığı (m) ifade etmektedir (Fişne, 2008).

$$I = W / 4\pi r^2 = P^2 / \rho.c \qquad (3.5)$$



Şekil 3.5. Serbest alanda bir noktadaki ses şiddeti

3.3.2.5. Ses düzeyi

Ses düzeyi ifade edilirken akustik basınç, ses gücü ve ses şiddeti kavramlarından yararlanılır. Fakat uygulamalarda ölçme yapılırken ses düzeyi kavramı kullanılır. Düzey, verilen bir büyüklüğün aynı cinsten bir referans büyüklüğe oranının logaritmasının on katıdır. Güçle orantılı iki büyüklüğün oranını tanımlayan düzeyin birimi desibel'dir. Ses gücü, ses şiddeti ve akustik basınç, düzey cinsinden sırasıyla, ses gücü düzeyi, ses şiddet düzeyi ve ses basınç düzeyi olarak ifade edilir (Sarp, 2000).

3.3.3. Sesin tınısı

Duyulan sesin karakteristik özelliklerinden yola çıkarak bu sesin ne sesi olduğunu, neye ya da kime ait olduğunu anlamaya yarayan ses bileşenine sesin tınısı

denir. İnsanlar, yeryüzündeki tüm sesleri birbirinden ayırt edebilme yeteneğine sahiptir. Bir kemanın sesi viyoladan, bir piyanonun sesi gitardan, bir insanın sesi başka bir insanın sesinden ayırt edilebilir. Bununla beraber, biraz deneyimle kalitesi farklı iki keman ya da müzik aleti arasındaki ses farkı algılanabilir. Ses kaynaklarının çıkardıkları sesler genellikle tek frekanslı değildir. Örnek olarak piyanonun bir tuşuna basıldığında işitilen ses, bir temel ses ve uyumlularından oluşan karmaşık bir sestir. Uyumlular, doğal olarak temel sesle birlikte çıkan ve onunla aralarında belli uyum kuralları bulunan sesler topluluğudur. Temel ses ya da birinci uyumlu, karmaşık sesin uyumlularından en kalın olanıdır. Karmaşık sesler temel sesin frekansında algılanır. Karmaşık bir sesin uyumlularının frekansları, temel sesin frekanslarının tam sayılarla çarpılmasıyla elde edilir. Ses Tınısını belirleyen etkenler, bir temel sese eşlik eden uyumluların sayısı ve şiddetlerinin oranıdır. Temel sese çoğunlukla 7-8 doğal uyumlusu eşlik eder. Ses kalitesini temel sese eşlik eden uyumlu sayısı etkiler ve uyumlu sayısı arttıkça ses zenginleşir. Buna örnek olarak piyanodaki 4 uyumlu eşlik ve kemandaki 6 uyumlu eşlik verilebilir (Sarp, 2000).

4. GÜRÜLTÜ

Gürültü, fiziksel olarak gelişigüzel yapılı ve birbiri ile uyumlu tonal bileşenleri bulunmayan genelde yüksek düzeyli karmaşık ses toplulukları olarak ifade edilmektedir. Ayrıca gürültü, yüksek düzeyli, hoşa gitmeyen, beklenmeyen ve rahatsız edici ses olarak da tanımlanabilir. Gürültü, önceleri bilimsel yayınlarda bile yalnızca sübjektif etkileri vurgulanarak ‘‘istenmeyen ses’’ olarak tanımlanmaktaydı. Uzun bir süreden beridir (yaklaşık 50 yıl) yapılan bilimsel araştırmalarda gürültünün insan konforunun bozulmasının yanısıra sağlık üzerinde de olumsuz etkilerinin olduğu ve günümüzde bir çevre kirliliği türü olarak tanımlandığı bilinmektedir (kitap cilt 1 s56). Sesin gürültü olarak kabul edilip edilmemesi, ses basınç düzeyine, frekansına, süresine, zamanlamasına, ses kaynağının nitelik ve niceliğine, kişinin ruh haline ve yaradılışına bağlıdır. Ses ne kadar nitelikli ve hoşa gider olursa olsun, şiddeti fazla ise gürültü olarak kabul edilir. Örneğin, sevilen türdeki bir müziğin ses basınç düzeyinin artırılması insanda rahatsızlık yaratabilir. Ayrıca, hoşa giden bir sesin frekansı yükseltildiğinde duyulan rahatsızlık artacağından, ses gürültüye dönüşür (Sarp, 2000). Aslında gürültü kavramı kişisel bir olgudur. Örneğin, yüksek düzeydeki bazı sesler kimilerine eğlenceli bir ses türü olarak gelirken kimilerine de rahatsız edici bir ses türü olarak gelmektedir. Buradan çıkaracağımız sonuç ise gürültü kavramı insandan insana değişmektedir ancak genel itibari ile istenmeyen ve rahatsız edici seslere gürültü denmektedir.

4.1. Gürültünün Sınıflandırılması

Gürültü frekans dağılımına, ses düzeylerinin zamanla değişimine ve oluşma yerine göre üç ana başlıkta incelenebilir.

4.1.1. Frekans dağılımına göre sınıflandırma

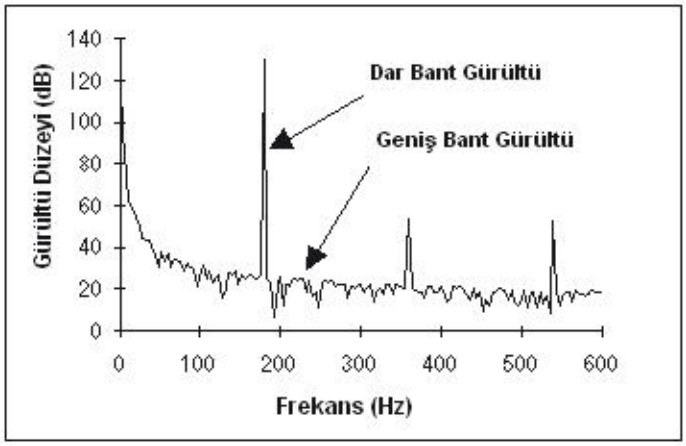
Gürültüyü meydana getiren seslerin frekansı, tüm frekans aralığı boyunca yayılmış olan gürültüye *geniş bant gürültüsü* denir. Geniş bant gürültünün aksine *dar bant gürültüsünün* frekans dağılımı, belli bir frekans bandında toplanmış bir grafiği gösterir. Frekans dağılıma göre yapılan sınıflandırma geniş ve dar bant gürültü olmak iki kısımda incelenebilir.

4.1.1.1. Geniş bant gürültü

Gürültüyü oluşturan saf seslerin frekansları geniş bir aralığı kapsar. Her frekanstaki katkının aynı olduğu gürültüye ise *beyaz gürültü* denir. Doğada bulunan tüm renklerin karışımı nasıl beyaz ışığı meydana getiriyorsa, bütün frekans aralıklarına sahip sürekli spektrumlu sesler de beyaz gürültüyü meydana getirir. Beyaz gürültüye örnek olarak makine gürültüsü verilebilir.

4.1.1.2. Dar bant gürültü

Gürültüyü oluşturan saf seslerden frekansı belli bir aralıkta toplanmış olanlar baskındır. Şekil 4.1'de geniş ve dar bant gürültü türlerine örnek verilmiştir (Fişne, 2008).



Şekil 4.1. Frekans dağılımına göre geniş ve dar bant gürültüleri

4.1.2. Ses düzeyinin zamanla değişimine göre sınıflandırma

Ses düzeyinin zamanla değişimine göre gürültüyü *kararlı* ve *kararsız* olmak üzere iki ana grupta sınıflandırmak mümkündür.

4.1.2.1. Kararlı gürültü

İsminden de anlaşılacağı gibi düzeysel olarak zamanla önemli bir değişme gözlenmeyen gürültüler kararlı gürültülerdir. Sabit bir hız ve güçte çalışan herhangi bir motorun meydana getireceği gürültü bu tür gürültüye örnek verielbilir.

4.1.2.2. Kararsız gürültü

Düzeysel olarak zamanla önemli değişikliklerin yaşandığı gürültü türü kararsız gürültü türünü ifade eder. Zamanla değişme, dalgalanma veya kessikli bir şekilde durup yeniden başlama şeklinde gözlenebilir. Bu tür gürültülere, sırasıyla *dalgalı* ve *kesikli gürültü* adı verilir. Karasız gürültünün diğer bir şekli de darbe gürültüsüdür. Darbe gürültüsünün kesikli gürültüden farkı; her gürültü anının darbe gürültüsünde çok daha kısa sürmesidir (Fişne, 2008).

4.1.3. Gürültünün oluşma yerine göre sınıflandırılması

4.1.3.1. Yapının dış çevresindeki gürültüler

Dışarıdan maruz kalınan gürültülerdir. Bunlara örnek olarak; araç, sanayi, inşaat ve açık hava etkinlikleri gibi gürültüler verilebilir.

4.1.3.2. Yapının iç çevresindeki gürültüler

Yapı içinde meydana gelen gürültülerdir. Bunlara örnek olarak makina ve alet sesleri, insan sesleri ve müzik sesleri verilebilir.

4.2. Gürültü Ölçümleri

Gürültü ile ilgili çalışmalarda gürültü ölçümleri önemli bir yer tutmaktadır. Gürültü ölçümlerinde amaç, gürültü kaynağını bulmak veya belli bir noktadaki gürültü düzeyini saptamaktan, gürültünün frekans dağılımını bulmaya ya da darbe gürültüsünü tespit etmeye kadar çok çeşitli olabilir. En çok kullanılan ölçüm istenilen bir yerdeki gürültü düzeyinin saptanmasıdır. Bu tür ölçümler genellikle çevre gürültüsünün standartlara uygunluğunu ya da bir işyerindeki gürültü düzeyinin istenen sınır değerler içinde olup olmadığını kontrol etmek için yapılır. Gürültü ölçümleri ya kaynağın bulunduğu ortamda ya da özel olarak hazırlanmış test odalarında yapılır. Test odalarında yapılan ölçümlerde amaç, genellikle ses kaynağının ses yayma özelliklerinin bulunması ya da kaynağın ses gücü düzeyinin bulunmasıdır. Endüstriyel gürültü

kontrolü için daha çok kaynağın bulunduğu ortamda ölçüm yapmak gerekmektedir (Fişne, 2008).

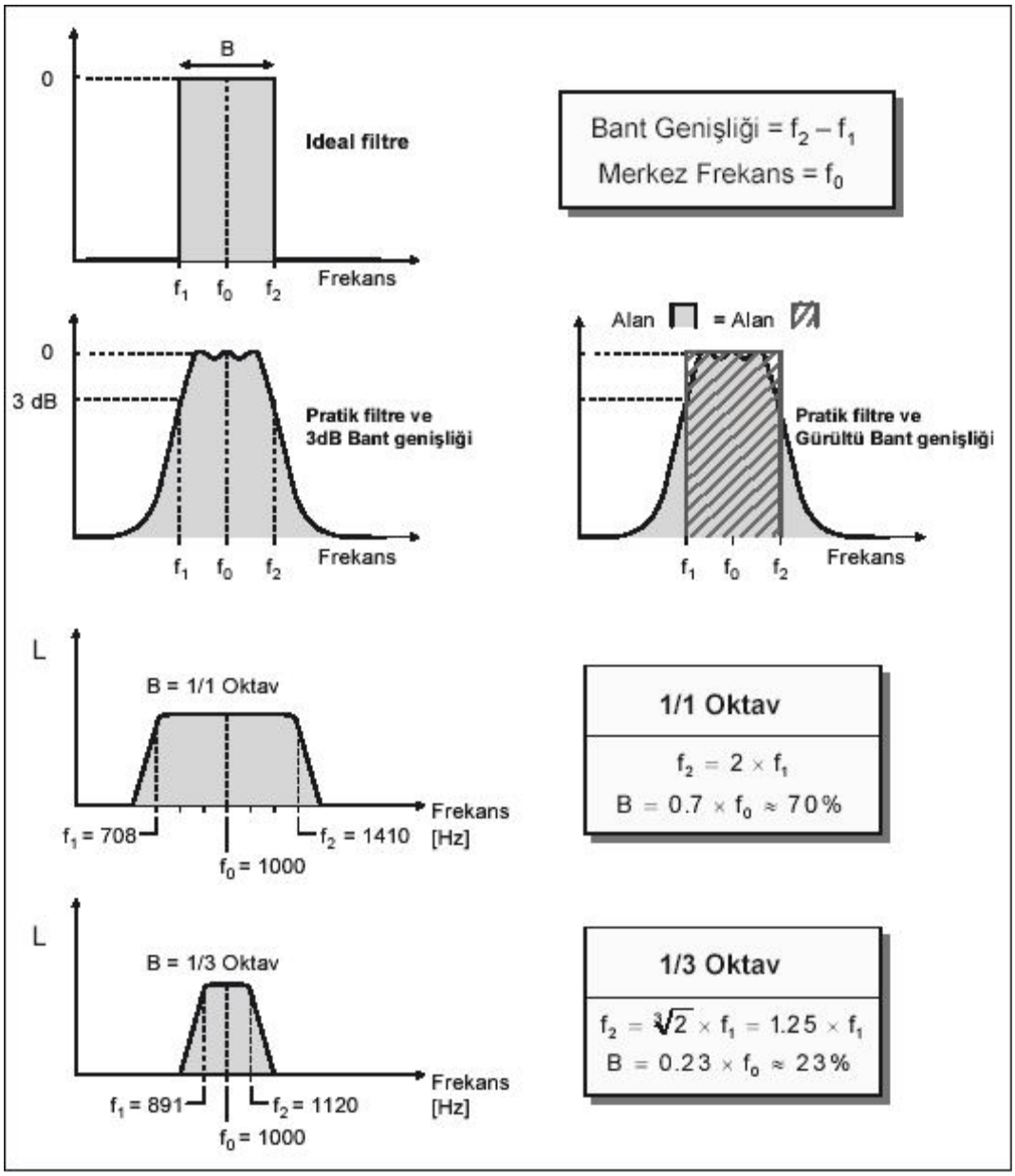
4.2.1. Frekans analizi

Frekans analizi, periyodik veya karmaşık seslerin kendilerini oluşturan saf seslere ayrılması işlemi olarak tanımlanır. Doğadaki birçok ses karmaşık seslerden oluşur. Bu sebeple yapılacak olan frekans analizi gürültü ölçüm ve analizinde önemli bir yer tutar. Karmaşık bir sesin frekans dağılımı incelenirse, o sesin daha çok hangi frekanslardaki seslerden oluştuğu anlaşılabilir. Gürültü kontrolü açısından, birçok durumda gürültünün frekans dağılımını bilmek gerekmektedir. Çünkü gürültü kontrolünü sağlamak için alınacak önlemler, yayılması ya da oluşması önlenecek sesin frekansına bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca insan duyu organının her frekansa gösterdiği duyarlılık da farklıdır. Ayrıca, her harmonik ses basıncı değişiminin grafikle gösterilmesine *frekans dağılımı* denir. Bu grafik ses ya da gürültü enerjisinin frekanslara göre dağılımını gösterir. Genel olarak frekans analizi, ses basıncı değişimlerini elektronik olarak belli bir frekans aralığında filtre ederek bu aradaki titreşimlerin büyüklüğünü yani enerjisini ölçmektir. Bu şekilde geçmesine izin verilen frekans aralığını değiştirerek, her frekans bandındaki bileşenlerin katkısını bulmak mümkündür. Burada önemli olan gelen sinyalin hangi genişlikteki frekans bantlarında süzüleceğidir. Çok geniş bant aralığı kullanıldığında frekans analizi fazla bir anlam taşımaz. Buna karşılık çok dar bant aralığı kullanılması gereksiz zaman kaybına neden olabilir. Bant genişliğini genellikle yapılacak analizin niteliği ve duyarlılığı belirlemektedir. Bu sorunu çözmek için ses ve gürültü analizinde oktav ve 1/n oktav bantları (n = 2, 3, ...10 vb.) kullanılarak standartlaşmaya gidilmiştir. Genellikle oktav analizi kullanılmakla birlikte, duyarlılık gerektiren durumlarda yaygın olarak 1/3 oktav ya da 1/10 oktav analizi kullanılmaktadır (Fişne, 2008).

4.2.1.1. Oktav bantları

Frekans içerikleri insan kulağının işitme aralığı içinde bulunan sesleri her bir frekanstaki bileşenlerine ayrıştırmak uygulamada sorunlar yaratacağı için, bu işlem işitme aralığı frekans bantlarına bölünerek ve her bir bant içinde kalan frekanslar tek bir düzey değeriyle ifade edilerek gerçekleştirilmektedir. Frekans bantlarının

belirlenmesinde işitme sistemi temel alınmış olup bu bantlar yine uluslararası standartlarla belirlenmiştir. Ayrıştırma işlemi sonucunda her frekans bandı için bulunan düzeyler, bant düzeyi adını almakta ve bant içinde kalan frekanslardaki ses enerjisinin bir göstergesi olarak görünmektedir. Merkez frekans (fo) ilgili frekans bandına adını vermekte olup, gürültü etkilinim çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan oktav bantların işitme aralığındaki merkez frekansları ile alt (f1) ve üst (f2) sınır frekansları şekil 4.2'de gösterilmektedir (Fişne, 2008). Bir oktav bandında, bandın üst sınır değeri, alt sınır değerinin iki katıdır ve her bandın üst sınır değeri bir sonraki bandın alt sınır değeridir. Her bandın merkez frekansı ise alt ve üst sınır değerlerinin geometrik ortalamasıdır. İşitme sisteminin frekans ayrıştırma işlemini oktav bantlarda yaptığı bulgusundan yola çıkarak standartlaştırılan bu bantlar, gerektiğinde daha dar frekans aralıklarını kapsayacak şekilde de tanımlanabilmektedir. Örneğin merkez frekansı 8000 Hz olan bandın frekans aralığı (5680-11360) incelenirse, bant genişliğinin 5680 Hz olduğu görülür. Bu aralık için yapılacak ölçümlerden tek bir değer elde edileceği için, bu aralık için frekans dağılımını bilinemez. Bu oktav bandındaki katkı önemli ise ve bu bant içindeki frekans dağılımının bilinmesi isteniyorsa daha dar aralıklı frekans bantları kullanmak gerekir.



Şekil 4.2. Standart, 1/1 ve 1/3 Oktav bant genişlikleri

4.2.1.2. Frekans analizörü

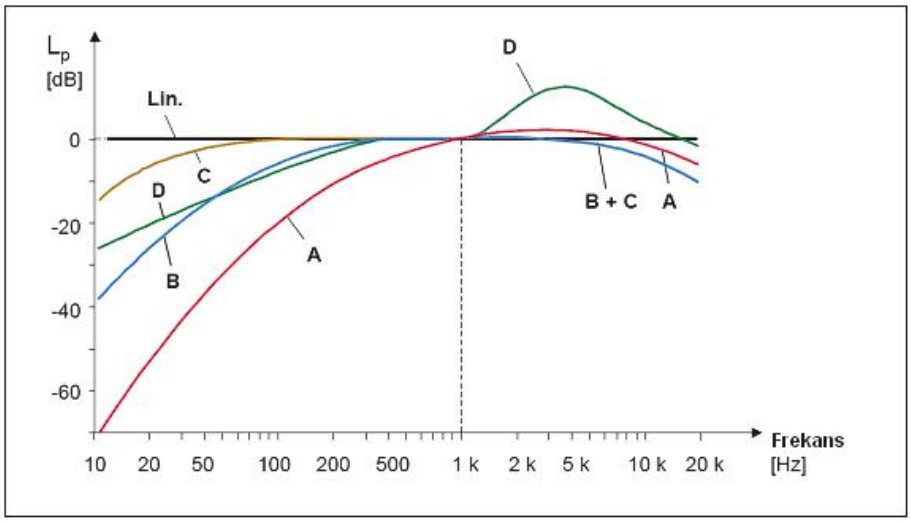
Daha öncesinden ifade edildiği gibi frekans analizinin amacı, gelen bir ses sinyalinin frekans dağılımını belirlemektir. Ayrıca işitilebilir frekans aralığı çok geniş olduğu için işlemlerin daha kolay ve daha hızlı yapılabilmesi için frekans bantları kullanılmaktadır. Frekans analizi yapan cihazlara *frekans analizörü* denir. Frekans analizi yapan birçok cihaz bulunmaktadır. Bu cihazlar kendi aralarında taşınabilir ve laboratuar ölçekli analizörler olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Taşınabilir cihazlar, bir ses ölçerin iki sinyal yükselticisi arasına yerleştirilmiş olan 1/1 ve 1/3 oktav

bantlarında frekans analizi yapan basit cihazlardır. Laboratuar ölçekli frekans analizörleri ise daha geniş özelliklere sahip olup aynı anda bütün frekans bantlarında analiz yapabilen cihazlardır.

4.2.2. Frekans ağırlık şebekeleri

İnsan kulağının bütün frekanslara eşit derecede hassas olmadığı bilinmektedir. Bunun bir sonucu olarak, insan duyma organı gürültü ölçerlerden farklı olarak her frekansa farklı tepkiler vermektedir. Gürültü ölçerlerin de insan duyma organı gibi farklı frekanslara farklı yanıtlar vermesi için ses filtrelerinin kullanılması gerekmektedir. Çeşitli amaçlar için geliştirilmiş ve kullanılan 4 farklı filtre vardır. Şekil 4.3'te bu 4 farklı filtre (A, B, C ve D filtreleri) verilmiştir (Fişne, 2008).

Ağırlık şebekeleri uluslararası standartlarca tanımlanmıştır. Gürültü ölçümü yapmakta kullanılan cihazlarda ağırlık şebekeleri, elektronik devreler aracılığıyla ses basıncı düzeylerine uygulanırlar ve sonuçlar dB(A) vb. şeklinde gösterilir.



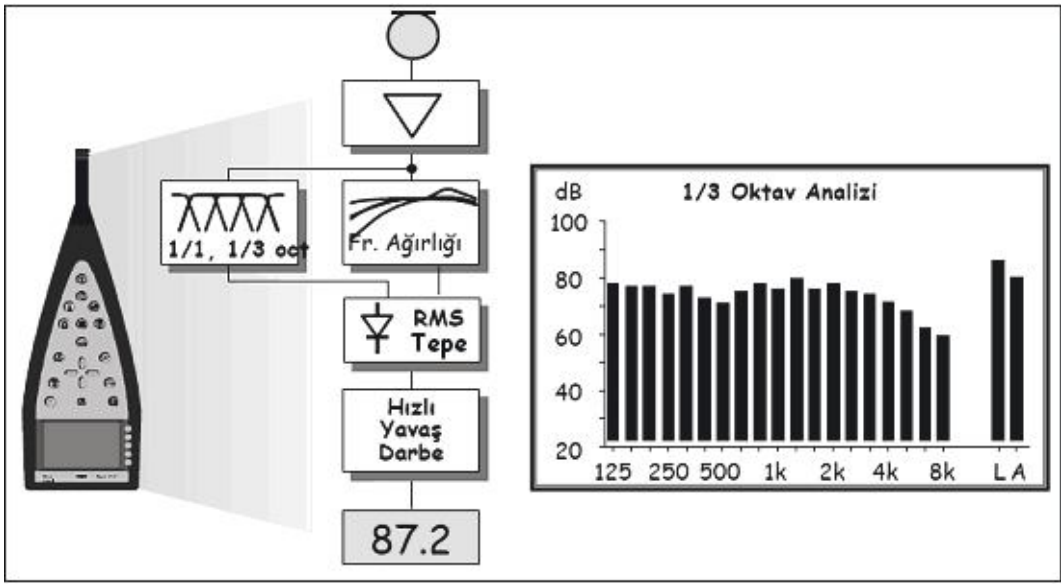
Şekil 4.3. Frekans ağırlık şebekeleri

Bilinen tüm filtreler 1000 Hz'de düz bir tepkiye sahip olur. İnsan duyu organı çok düşük ve çok yüksek frekanslara karşı yeterince duyarlı değildir. Gürültü denetimi çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan A ağırlıklı ses filtreleri, işitme sistemlerinin orta ve düşük şiddetteki seslere karşı davranışını temel almaktadır. Çünkü A filtresi insanın işitme sisteminin frekans tepkisini yansıtmaktadır. Bu nedenle gürültü etkisinde kalma durumlarının tespitinde sıkça kullanılmaktadır. A ağırlıklı ölçme sonuçlarının

öznel değerlendirmelerde B ve C'den daha iyi uyum sağladığı gözlendiğinden A ağırlıklı filtreler ses düzeyinden bağımsız olarak hemen her tür ses için kullanılmaktadır. C filtresi ise yaklaşık olarak düz bir frekans tepkisine sahiptir. Genellikle karayolu gürültüsünün içeriğindeki düşük frekans yoğunluğunu da dikkate almak için tercih edilmektedir. D filtresi ise genellikle havaalanı ve civarında uçaklardan kaynaklanan gürültünün ölçülmesinde kullanılmaktadır.

4.2.3. Ses düzeyi ölçer

Gürültü ölçüm çalışmalarında en çok kullanılan ve en önemli aletlerden birisi, *ses düzeyi ölçer* (*Sound Level Meter: SLM*)'dir. Ses ölçerler aynı zamanda gürültü ölçer olarak da ifade edilirler. Şekil 4.4'te tipik bir gürültü ölçerin blok diyagramı görülmektedir. Gürültü ölçerlerin en temel parçaları, mikrofon, yükseltici, ağırlık şebekeleri ve gösterge' dir. Mikrofon gelen akustik sinyalleri elektrik sinyallerine dönüştürmektedir. Mikrofondan gelen elektrik sinyalleri ön yükseltici tarafından uygun bir seviyeye yükseltilir. Yükseltilmiş bu sinyaller daha sonra ağırlık şebekeleri tarafından modifiye edilerek A, B ve C ağırlıklı ses düzeyleri göstergeden dB biriminde elde edilir. Bir ses düzeyi ölçerde gösterge ayarları gürültü türüne ve istenen ölçme zamanına bağlı olarak hızlı tepkili (FAST), yavaş tepkili (SLOW) ve ani tepkili (IMPACT) şeklinde olabilir. İş yeri gürültü seviyesi ölçümleri için genellikle yavaş tepkili ölçüm daha uygundur



Şekil 4.4. Tipik bir ses düzeyi ölçerin blok diyagramı

Gürültü ölçerler kendi aralarında dört kategoriye ayrılmaktadırlar. Bunlar, laboratuvar standardı (Tip 0), hassas (Tip 1), genel amaçlı (Tip 2) ve kontrol amaçlı (Tip 3) ses seviyesi ölçerler olarak adlandırılmaktadır. Bunlar içinde Tip 1 ve Tip 2 ses düzeyi ölçerler ISO tarafından gürültü ölçümlerinde kullanılması uygun görülen aletlerdir ve sırasıyla ± 0,5 dB ve ± 2 dB duyarlılıkta ölçümler yapılabilmektedir.

Ses düzeyi ölçerle birlikte kalibratör ve rüzgar başlığı gibi yardımcı ekipmanlar da kullanılmaktadır. Kalibratör ses düzeyi ölçeri kalibre etmekte kullanılan, pille çalışan, 1 kHz frekansta 94 dB saf ton ses üreten bir ekipmandır. Mikrofona takılan kalibratörün ürettiği ses basınç düzeyi ile göstergeden okunan ses basınç düzeyi arasında bir fark varsa gerekli düzeltmeler yapılarak ses düzeyi ölçer kalibre edilmiş olur. Rüzgar başlığı ise genellikle açık alanda gürültü ölçümleri yapılırken hava türbülanslarının etkisini minimize etmek için kullanılan bir ekipmandır (Fişne, 2008).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Ses İletimi ve Yalıtımı

Yaşadığımız konut, okul, işyeri vb. binalar ile çevreyi (araç, makine gürültüsü vb.) istenmeyen seslerden yalıtarak gürültünün zararlı etkilerinden korunmak amacıyla yapılan uygulamalara *ses yalıtımı* denir. Ses yalıtımı, temel olarak gürültünün insan üzerinde oluşturacağı zararlı etkileri en aza indirmek amacıyla yapılmaktadır.

Ses yalıtımı ve akustik düzenleme kavramları birbirileri ile karıştırılmamalıdır. Ses yalıtımı, yapı elemanları aracığıyla iletilen seslerin miktarlarını azaltmak için yapılan işlemdir. Akustik düzenleme ise konferans ve konser salonları, derslikler gibi kapalı ortamlarda yansıma süresinin düzenlenmesidir. Genellikle ses yalıtım uygulamalarında ses kaynağı, yalıtılan alanın dışında olurken akustik düzenleme uygulamalarında alanın içerisindedir.

Ses veya gürültü; gazlar, katı maddeler ve sıvı ortamlarda titreşimler yaratarak yayılan bir enerji türüdür. Yapılarda ses iletimi, hava doğuşumlu ve darbe kaynaklı ses iletimi olmak üzere iki yolla meydana gelir. Bunlar:

Hava doğuşumlu ses iletimi: Ses dalgaları hava içerisinde hareket ederek ulaştıkları yapı elemanının titreşmesine neden olur. Titreşimler yapı elemanı içerisinde ilerleyerek veya yapı elemanında bulunan çeşitli boşluklardan geçerek ses kaynağına komşu olan alana iletilir. Bu tür ses iletimine örnek olarak müzik dinleme faaliyeti verilebilir.

Darbe kaynaklı ses iletimi: Bir nesnenin duvar, tavan veya döşeme gibi yapı elemanlarına çarpması sonucu, yapı elemanının her iki yüzeyi de titreşerek ses dalgası üretir ve darbenin olduğu alanın dışındaki diğer alanlara ses iletilir. Bu tür ses iletimine örnek olarak ayak sesleri, zıplama vb. faaliyetler verilebilir.

Katı cisimler kütleleri ile ses geçişine karşı direnç gösterirler. Yapı elemanlarının ağırlaşmasına paralel olarak titreşim yoluyla ses iletimleri de zorlaşır. Bu sebeple; temel olarak birbiriyle temas halindeki iki alan arasında ses geçişinin azaltılması için alanlar arasındaki ortak yüzeyin mümkün olduğunca ağırlaştırılması gereklidir. Bu prensibe *Kütle Kanunu* denir. Buna karşılık yapı elemanlarının ağırlaşması; binanın ağırlaşmasına ve kullanım alanlarının azalmasına neden olur. Bu

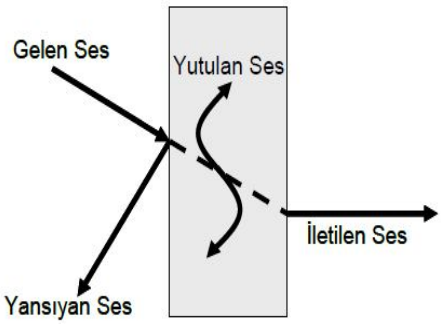
durum binaya gelen yükün artmasına sebep olacağından yapı mühendisliği prensiplerine aykırıdır. Bitişik iki alan arasındaki yapı elemanının titreşerek ses geçişine neden olmaması için izlenebilecek diğer yöntem ise ortak yapı elemanının birbiri ile temas etmeyecek şekilde iki katmandan oluşturularak bölünmesi ve araya yay görevi görecek ses yutucu malzemelerin yerleştirilmesidir. Böylelikle birinci katmandan kısmen geçebilen ses dalgaları ses yutucu malzemeye içerisinden geçerken büyük ölçüde yutulur ve ikinci katmanının da kütlesinden kaynaklanan dirence maruz kalarak ses geçişi azaltılır. Bu prensip *Kütle - Yay - Kütle Kanunu* olarak adlandırılır.

Hava doğuşumlu seslerin iletiminin kütle-yay-kütle prensibi ile azaltılması için iki kütle arasında yay görevi gören ses yutucu malzemelerin bünyelerinde, havanın geçebileceği boşluklar bulunmaktadır. Hava doğuşumlu sesler, açık gözenekli yapıya sahip olan ses yutucu malzemelere nüfuz ettiklerinde, bu iç boşluklara doğru ilerler. Ses enerjisinin bir kısmı belirtilen boşluklarda ilerlerken sürtünme ve malzemelerdeki küçük elyafların titreşimi nedeniyle ısı enerjisine dönüşerek kaybolur. Ses dalgasının malzeme bünyesine aldığı yol arttıkça yutulan ses enerjisi de artar. Bu tür ürünlere cam yünü, taş yünü, süngerler ve ahşap yünü örnek olarak verilebilir.

Bir cismin bir yüzeye çarpması ile oluşan darbe kaynaklı sesler, katı ortamdaki moleküllerin titreşmesine neden olarak ses iletimine neden olurlar. Darbe kaynaklı seslerin bina içerisinde yayılmasının kütle-yay-kütle prensibi ile önlenmesi için darbenin meydana geldiği ortamdan sesin titreşim yoluyla diğer elemanlara iletiminin önüne geçilmesi gerekir. Bu amaçla darbenin meydana geldiği ortamın diğer yapı elemanları birbirinden ayıran belirli miktarlarda sünebilen elastik yapısıyla yay görevi gören ses yutucu malzemeleri kullanılır. Bu tür ürünlere polietilen köpüğü örnek olarak verilebilir.

Ses yutuculuk katsayısı, malzemelerin frekanslara bağlı olarak ses yutma performanslarını ifade eder. Diğer bir ifadeyle ses yutuculuk katsayısı, gelen ses enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülme oranını ifade eder. Ses yutuculuk katsayısı α ile gösterilir ve 0-1 arasında değişir. Yüksek α değerine sahip olan malzemeler 'ses yutucu', düşük α değerine sahip malzemeler 'ses yansıtıcı' özelliğe sahiptir. Bazı sesler yansırken bazılarıysa malzeme içerisinden geçerek iletilir. Ses enerjisi malzeme içerisinden geçerken hücreler içerisindeki direnç ve sürtünme nedeni ile ısı enerjisine dönüşerek kısmen yutulur. Şekil 5.1'de ses iletimi ve α değeri hesaplama formülü verilmiştir. Açık gözenekli yapıya sahip olan ses yalıtım malzemelerinin yutuculuk katsayıları orta ve yüksek frekanslarda fazla, düşük frekanslarda ise azdır. İnce

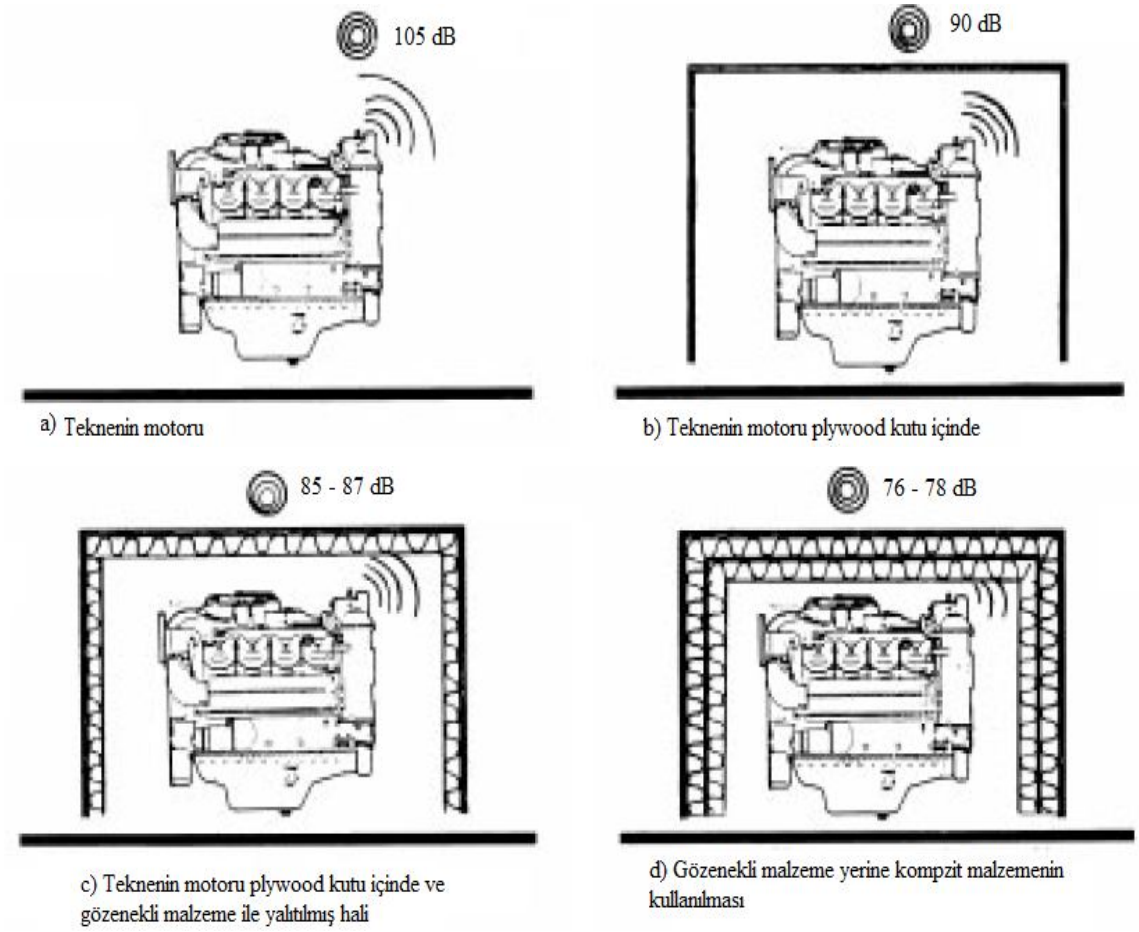
tabakalar yalnızca orta ve yüksek frekanslarda etkilidir. Frekans değeri olarak 100 Hz'in altındaki ses dalgalarının etkin bir şekilde yutulması için karşımıza iki seçenek çıkmaktadır. Bunlar sırasıyla çok kalın tabaka gözenekli bir malzeme kullanılması ve malzeme arkasında hava boşluğu bırakılmasıdır (k-28 izoder).



$$\alpha = \frac{\text{Gelen} - (\text{Yansiyan} + \text{İletilen})}{\text{Gelen}}$$

Şekil 5.1. Cisimlerde ses iletimi

Ses yalıtımına örnek olarak bir teknedeki motorunu düşünürsek; teknenin motoru açıkta ise teknenin içinde yüksek gürültü (105 dB'ye kadar) meydana gelir. Ancak motorun etrafında plywood'tan yaklaşık 1.5 cm'lik bir kutu yapılırsa dışarıdaki gürültü 90 dB'ye kadar düşer. Plywood'un kütlesi gelen ses enerjisinin bir kısmını geri çevirmektedir. Bu durumda yankıdan dolayı kutunun içindeki gürültü daha fazla olur. Kutunun içindeki yankıyı azaltmak için kutunun iç yüzeylerinde emme kabiliyeti olan cam yönü veya taş yönü gibi bir malzeme kullanılabilir. Bu tip malzemeler gözenekli olurlar ve gelen ses enerjisinin bir miktarını ısıya dönüştürerek yankıyı azaltmaktadırlar. Kullanılan bu malzeme dışarıdaki gürültüde yaklaşık 3 ile 5 dB arası bir düşüş meydana getirir. Eğer tek katlı 2.5 cm'lik emme kabiliyeti olan malzemenin yerine 2 kat 2.5 cm'lik 4.88×10^{-4} kg/cm^2 kütleye sahip kompozit bir malzeme kullanılırsa dışarıdaki gürültü seviyesinde yaklaşık 12 ile 14 dB arası bir azalma meydana gelir. Şekil 5.2'de örnek olarak verilen tekne için yalıtım işlemi gösterilmektedir (http://www.soundown.com/Section%203%20PDFs/Handbook.pdf).



Şekil 5.2. Örnek bir yalıtım (tekne için)

5.2. Deney Numunelerin Hazırlanması

Çalışmamızda bina ağırlığını düşürmek ve aynı anda gürültü problemlerini çözebilmek amacı ile ses yalıtımlı hafif bölme duvarlar üzerine deneyler yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan deney numuneleri 4 grupta incelenmiştir.

5.2.1. P[75]GB[I] deney numune grubu

Bu grupta 3 farklı deney numunesi üretilmiştir. Bu numunelerin her birinde 75 mm'lik C profili ve her iki tarafta ***tek*** alçıpan paneli kullanılmıştır. P[75]GB[I]-00 deney numunesinde alçıpan panelleri arası celluBor kullanılmamıştır. P[75]GB[I]-37 ve P[75]GB[I]-75 deney numunelerinde ise alçıpan panelleri arasına sırasıyla 37 mm'lik ve 75 mm'lik celluBor'lar püskürtmeyle doldurulmuştur.

5.2.2. P[75]GB[II] deney numune grubu

P[75]GB[II] deney numune grubunda 3 farklı deney numunesi üretilmiştir. Bu numunelerin her birinde 75 mm'lik C profili ve her iki tarafta ***çift*** alçıpan paneli kullanılmıştır. P[75]GB[II]-00 deney numunesinde alçıpan panelleri arası celluBor kullanılmamıştır. P[75]GB[II]-37 ve P[75]GB[II]-75 deney numunelerinde ise alçıpan panelleri arasına sırasıyla 37 mm'lik ve 75 mm'lik celluBor'lar püskürtmeyle doldurulmuştur.

5.2.3. P[100]GB[I] deney numune grubu

P[100]GB[I] deney numune grubunda da 3 farklı deney numunesi üretilmiştir. Bu numunelerin her birinde 2 adet 5 cm'lik C profili ve her iki tarafta ***tek*** alçıpan paneli kullanılmıştır. P[100]GB[I]-00 deney numunesinde alçıpan panelleri arası celluBor kullanılmamıştır. P[100]GB[I]-37 ve P[100]GB[I]-75 deney numunelerinde ise alçıpan panelleri arasına sırasıyla 50 mm'lik ve 100 mm'lik celluBor'lar püskürtmeyle doldurulmuştur.

5.2.4. P[100]GB[II] deney numune grubu

P[100]GB[II] deney numune grubunda ise numunelerin her birinde 2 adet 5 cm'lik C profili ve her iki tarafta ***çift*** alçıpan paneli kullanılmıştır. Bu deney grubu da 3 adet numuneden oluşmaktadır. P[100]GB[II]-00 deney numunesinde alçıpan panelleri arası celluBor kullanılmamıştır. P[100]GB[II]-37 ve P[100]GB[II]-75 deney numunelerinde ise alçıpan panelleri arasına sırasıyla 50 mm'lik ve 100 mm'lik celluBor'lar püskürtmeyle doldurulmuştur.

Tüm deney grubu elemanlarında kullanılan malzemelerin özeti çizelge 5.1'de verilmiştir. Ayrıca şekil 5.3 ile şekil 5.12 arasında deney numunelerinin yapılışı gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Deney elemanların ebatları ve özellikleri

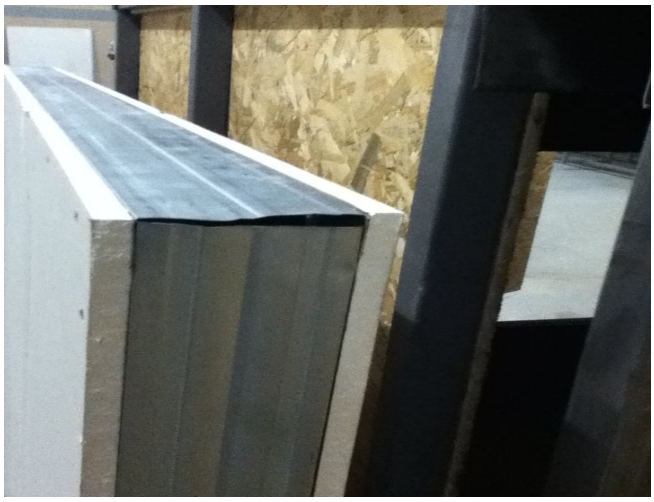
No	Deney Elemanı	Kullanılan C Profil	Kullanılan Alçıpan (Adet)	Kullanılan CelluBor (kalınlık)	Kullanılan C profil (adet)
1	P[75]GB[I]-00	42x74x42 mm	1	-	1
2	P[75]GB[I]-37	42x74x42 mm	1	37 mm	1
3	P[75]GB[I]-75	42x74x42 mm	1	75 mm	1
4	P[75]GB[II]-00	42x74x42 mm	2	-	1
5	P[75]GB[II]-37	42x74x42 mm	2	37 mm	1
6	P[75]GB[II]-75	42x74x42 mm	2	75 mm	1
7	P[100]GB[I]-00	42x49x42 mm	1	-	2
8	P[100]GB[I]-50	42x49x42 mm	1	50 mm	2
9	P[100]GB[I]-100	42x49x42 mm	1	100 mm	2
10	P[100]GB[II]-00	42x49x42 mm	2	-	2
11	P[100]GB[II]-50	42x49x42 mm	2	50 mm	2
12	P[100]GB[II]-100	42x49x42 mm	2	100 mm	2



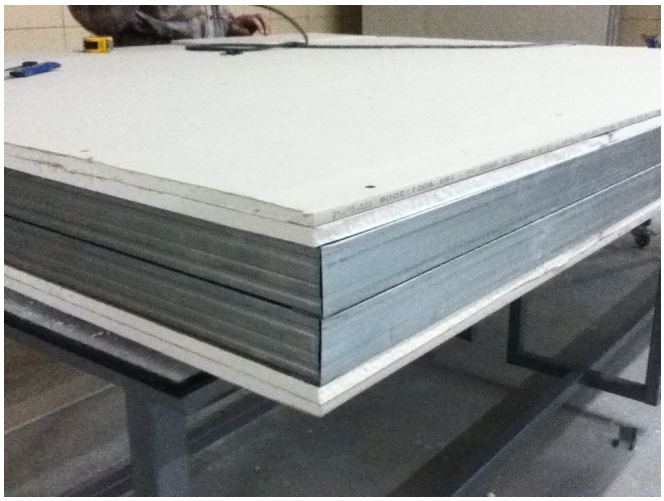
Şekil 5.3. Profil birleşimi



Şekil 5.4. Profil ve alçıpan



Şekil 5.5. Deney numunesinin alçıpan ile kaplanmış hali



Şekil 5.6. 2 adet 50 mm'lik profil ve çift alçıpan



Şekil 5.7. Püskürtme yoluyla celluBor uygulaması



Şekil 5.8. celluBor'un yüzey düzeltmesi



Şekil 5.9. celluBor'la *yarım doldurulmuş* deney numunesi



Şekil 5.10. celluBor'la *tam doldurulmuş* deney numunesi



Şekil 5.11. Alçı çekilmiş deney numuneleri



Şekil 5.12. Deney numunelerinin son hali

5.3. Deneyde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

5.3.1. Ses yalıtım malzemesi (CelluBor)

Dünyada selülozik izolasyon malzemesi, selüloz yalıtımı, selüloz yünü borlu yalıtım gibi isimlerle bilinen CelluBor'dur. Selüloz ve Bor'un mükemmel uyumu sonucu ortaya çıkan CelluBor; ısı, ses ve yangın yalıtımını aynı anda yapmak suretiyle yalıtımda profesyonel çözümler sunmaktadır. Selüloz esaslı malzemelerden elde edilen, içerisinde bor tuzları barındıran, ısı, ses ve yangın izolasyon malzemesidir. CelluBor, direk selülozdan üretilebildiği gibi geri dönüştürülmüş kağıt kullanılarak da üretilebilmektedir. Nefes alan yapısı sayesinde havayı iyi tutması nedeniyle doğaya özdeş bir malzemedir. Atık kağıtların toplanarak bor madeni ile özel işlemler kullanılarak işlenmesinden elde edilen CelluBor, özel püskürtme makineleri sayesinde her türlü yüzeylere rahatça uygulanabilme özelliğine sahiptir. Tamamen doğal malzemelerden üretilmesi, ürünün performansının kullanım ömrü boyunca sabit kalmasını sağlar. Hacimsel kaybı olmadığı gibi ısı, ses ve yangın izolasyonu değerlerinde hiçbir bozulma olmaz.

CelluBor istenilen kalınlıkta uygulanabilir. Her yüzeyde istenilen kalınlıkta istenilen yoğunlukta uygulama yapma imkanına sahiptir. Uygulamanın ek yersiz olması, her türlü ısı ve ses köprüsünün oluşmasını engeller. CelluBor tamamen çevre dostudur. Atık kağıtların değerlendirilmesiyle de ülke ekonomisine ciddi bir katkı sağlar. İçerisinde kullanılan malzemelerin tamamı Türkiye'den temin edilmektedir. Isı iletkenlik katsayısının düşük olması nedeniyle ciddi ısı yalıtımı sağlar. Isı iletkenlik katsayısı: 0,039 W/mk. Ses yalıtımı ve akustik düzenlemelerde kullanılır. Cami, konser salonları, toplantı odaları, okullar, fabrikalar, atölyeler ve diğer halka açık mekanlar, aynı zamanda kayıt stüdyoları gibi üst düzeyde ses yalıtımı gerektiren mekanlarda uygulanır.

Yoğunluğu: 15-150 kg/m^3 arasında değişebilmektedir. İçerdiği borun kaynama noktasının yüksek olması itibariyle yangın yalıtımı maksadıyla tüm dünyanın üzerinde durduğu bir malzemedir. DIN 4102 normlarına göre *Yanmaz Malzemeler* olan B sınıfındadır. Elektriğe karşı dayanaklıdır. Tamamen doğaldır, kimyasal bir bileşik ihtiva etmediği için çoğu yalıtım malzemesi gibi kanserojen değildir. Zamanla bozulmaz, çürümez, korozyon ve paslanma yapmaz. Böcekler ve mikro organizmalar tarafından tahrip edilemez ve küf tutmaz (http://www.cellubor.com/tr/urun1.htm).

5.3.2. Alçıpan

Alçıpan, ortası alçı, iki yüzü karton kaplı, seri olarak, standart veya özel boyutlarda ve belli normlarda üretilen düzgün yüzeyli plakalardır. Dış duvarları bitmiş binaların içinde, yerden duvara kadar her alanda kullanılabilmektedir. Alçıpan ile asma tavan, bölme duvar, kuru sıva ve kuru yer döşemesi uygulamaları yapılmaktadır.

Alçıpan ph değeri insan vücuduyla aynı olan hafif, bakteri üretmeyen ve yangına dayanıklı bir malzemedir. Tek kaplama yapılarak oluşturulan 7.5 cm genişliğindeki en basit alçıpan duvar yangına 30 dk dayanabilir bir malzemedir. Alçıpan esnektir ve deprem sarsıntılarında esneyebilen yapısı sayesinde patlamaz ve yıkılmaz. 1 m boyaya hazır alçıpan bölme duvar tuğla duvardan 9 kat daha hafiftir. Bu depremden daha az etkilenmesi anlamına gelmektedir. Alçıpan bölme duvarlar yer kaybına yol açmaz ve minimum 7.5 cm duvar kalınlığı ile düzgün bir duvar elde edilir. Ayrıca, alçıpan ile oluşturulan bir duvar istenildiği zaman kolaylıkla demonte edilebilir. Böylece mekanlar genişletebilir veya küçültülebilir. Hızlı ve kolay montaj sayesinde işçilikten ve zamandan tasarruf edilebilir. Çizelge 5.2'de kalınlık, uzunluk, genişlik ve ağırlıklarına göre alçıpan özellikleri gösterilmektedir (http://www.egegrupdekorasyon.com.tr/hizmet-15-alcipan-nedir------uygulama-alanlari----bolme--duvar----asma--tavan---giydirme-duvar-----uygulamalari.html).

Çizelge 5.2. Alçıpan özellikleri

Alçıpan Özellikleri	
Kalınlık (mm)	9.5, 12.5, 15
Uzunluk (mm)	2500, 2600, 2700, 2800, 2900, 3000
Genişlik (mm)	1200
Ağırlık (kg/m^2)	7-8

5.3.3. C ve U profilleri

Alçıpan duvar C profili, bölme duvar sistemlerinde dikey uygulanan taşıyıcı profil, U profili ise çerçeveyi oluşturan ve yatay uygulanan profildir. Şekil 5.13'te bu profillerle ilgili bilgiler verilmiştir (http://www.ankaraprofilsan.com/TR/urun065.html).



Şekil 5.13. C ve U profillerinin özellikleri

5.3.4. Alçı ve alçı sıva filesi

Deney numunelerinin profil ve alçıpan montajından sonra celluBor uygulaması yapılmıştır. Bu montajda iki alçıpan arasındaki derzleri kapatabilmek için öncelikle *alçı sıva filesi* kullanılmış ve daha sonra alçı sıvası yapılmıştır.

5.3.5. Extech HD600 ses ölçüm cihazının

Şekil 5.14'te verilen cihaz deneyde ses ölçümleri için kullanılmıştır (http://www.extech-tr.com/sayfalar.asp?LanguageID=1&cid=3&id=1178&b=detay).



Şekil 5.14. Extech HD600 ses ölçüm cihazı

5.4. Deney Yöntemi

Laboratuvarın uygun bir bölümüne iki hücreli anekoik oda yapılmıştır. Anekoik hücrelerin altına zeminden gelecek muhtemel titreşimlerin sönümlenmesi için lastik takozlar yerleştirilmiştir. Odanın dış görüntüleri şekil 5.15 ve şekil 5.17 arasında verilmiştir.



Şekil 5.15. Anekoik oda (Görüntü-1)

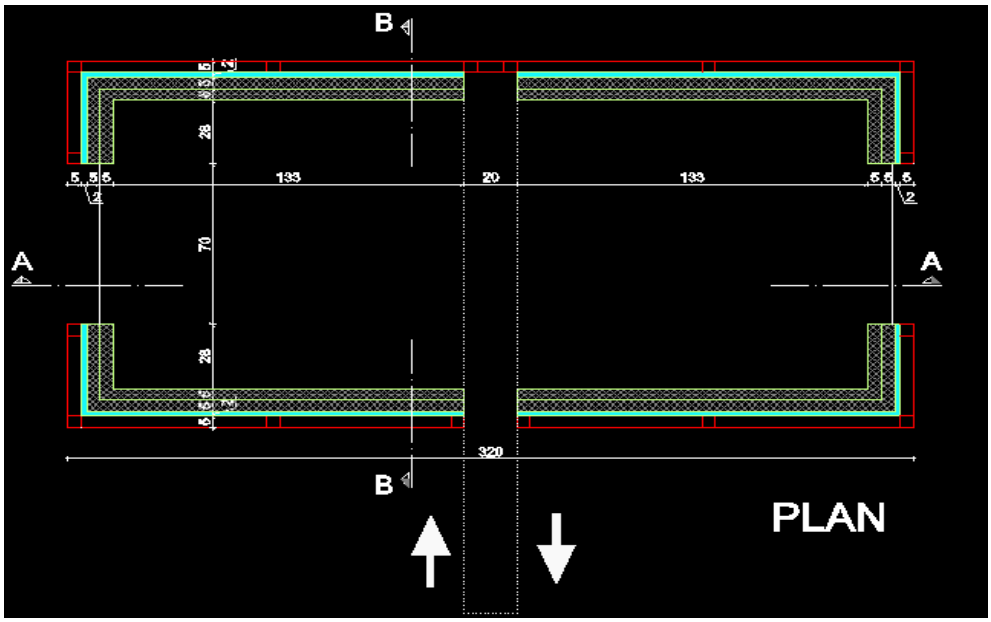


Şekil 5.16. Anekoik oda (Görüntü-2)

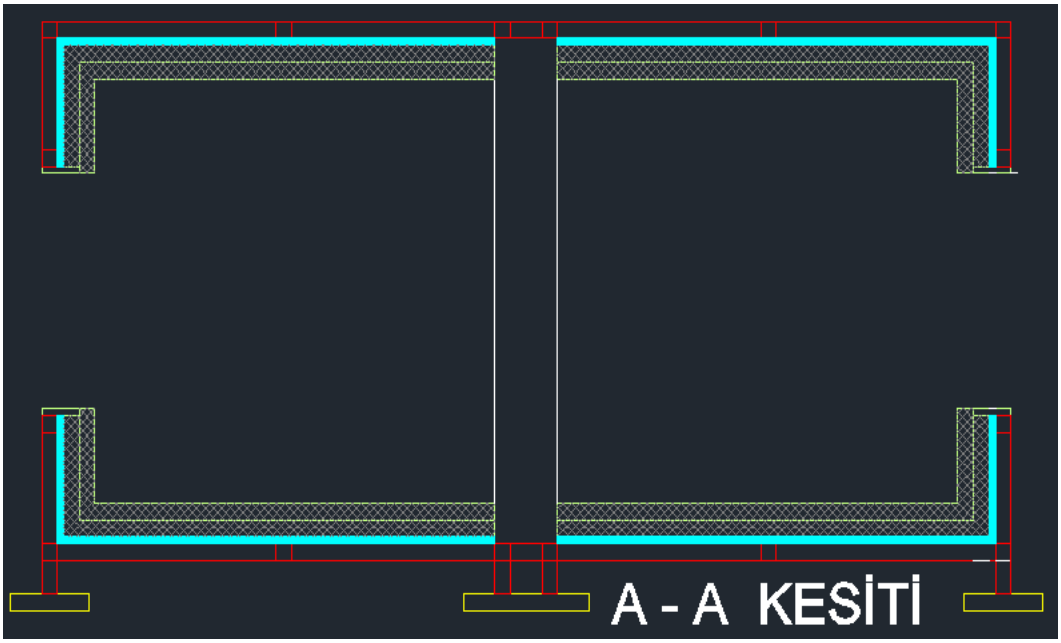


Şekil 5.17. Anekoik oda (Görüntü-3)

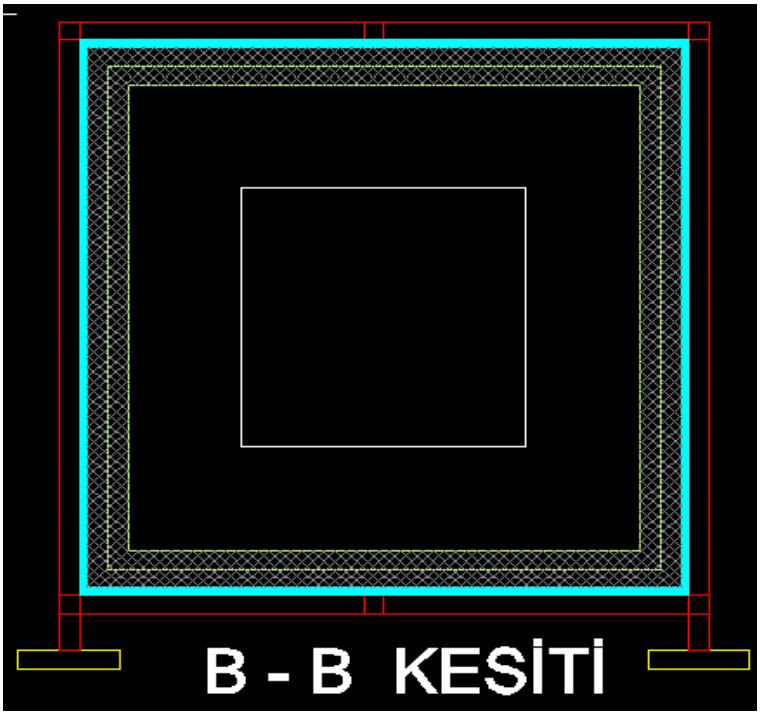
Her hücreye giriş-çıkış amacıyla taş yünü ile yalıtılmış birer adet pencere ilave edilmiştir. Hücrelerin tüm iç yüzeyleri, 5 cm kalınlığındaki iki katmanlı taş yünü ile kaplanmıştır. Buradaki amaç hem dışarıdan gelecek gürültüleri azaltmak hem de gürültünün üretildiği ve iletildiği hücrelerdeki yansımaları önlemektir. Şekil 5.18 ve şekil 5.20 arasında anekoik hücrelerin detayları gösterilmiştir.



Şekil 5.18. Anekoik oda (İç detay)



Şekil 5.19. Anekoik oda (İç detay)



Şekil 5.20. Anekoik oda (İç detay)

Hücrelerden birinde *Tone Generator 100-15kHz* ismindeki bilgisayar programıyla üretilen değişik frekanslar, *amfi hoparlör* kullanılarak mümkün mertebede yüksek desibelde elde edilmiştir. Üretilen frekanslar, insan kulağının orta ve uç seviyelerde duyabilecekleri merkezi frekanslardaki gürültülerdir. Bu frekanslar; 100,

250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 ve 15000 Hz'dir. Deney aşamasının ilk etabında, *Extech HD600* ses ölçüm cihazıyla amfi hoparlör bulunan hücrede üretilen gürültü düzeyi ölçülmüştür. İkinci etapta ise amfi hoparlörün bulunduğu hücredeki gürültü düzeyinin geçiş miktarı karşı hücrede ölçülmüştür. Ölçülen gürültü düzeylerinin desibel cinsinden ortalaması alınarak deney numunelerinin (üretilen hafif bölme duvarlar) *TL* ve α değerleri hesaplanmıştır. Deneyde kullanılan *Tone Generator 100-15kHz* programı, "http://www.ringbell.co.uk/software/audio.htm" isimli web adresinden alınmıştır (http://www.ringbell.co.uk/software/audio.htm).

6. DENEY SONUÇLARI VE ANALİZ

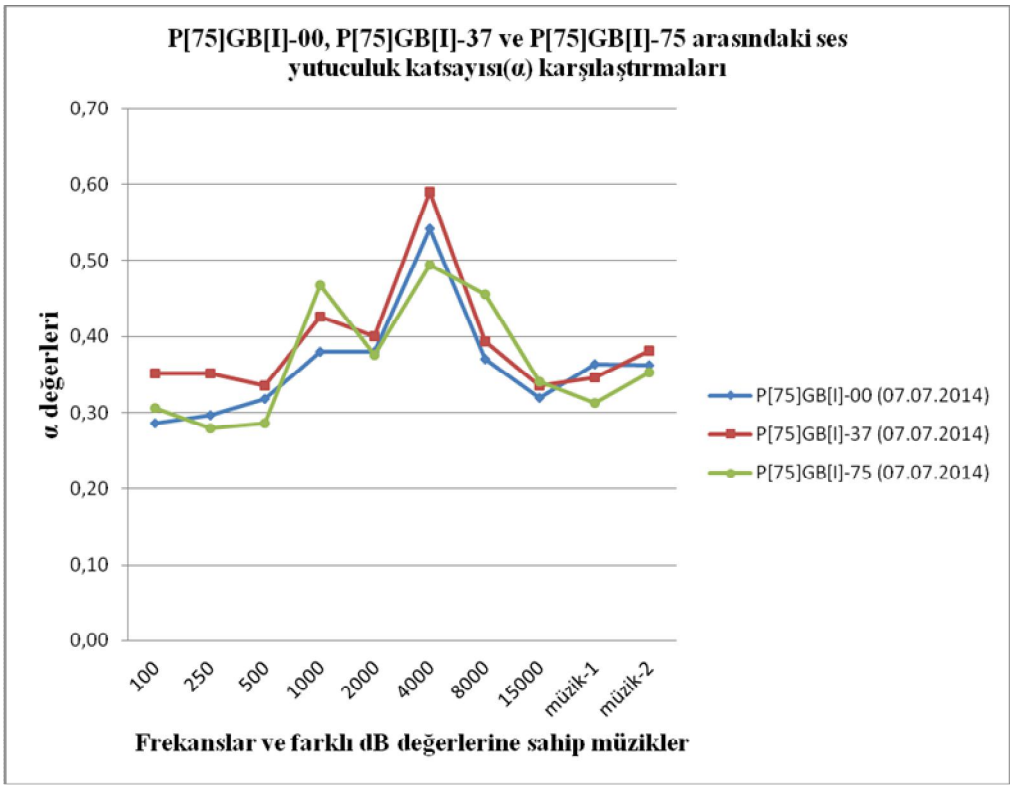
Bu çalışmada, 12 farklı deney numunesi kullanılmıştır. Bu deney numuneleri ebatlarına ve yalıtım türlerine göre gruplara ayrılmıştır. Ebatlarına göre deney numuneleri P[75]GB[I], P[75]GB[II], P[100]GB[I] ve P[100]GB[II] olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Yalıtım türlerine göre yukarıdaki her bir grup 3 ayrı alt gruba ayrılmıştır. Bu alt gruplar; yalıtımsız, 37 mm, 50 mm, 75 mm ve 100 mm yalıtımlı olmak üzere 5 sınıfta incelenmiştir. Çizelge 6.1'de P[75]GB[I] grubuna ait deney numunelerinin ölçüm sonuçları verilmiştir. Ayrıca bu gruptaki deney numunelerinin karşılaştırılması şekil 6.1'de yapılmıştır.

Çizelge 6.1. P[75]GB[I] grubu ölçüm sonuçları

P[75]GB[I]-00 (07.07.2014)										
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**	**müzik-1**	**müzik-2**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	111,6	119,04	120,13	116,87	104,87	85,1	57,78	50,9	118,05	102,84
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	79,64	83,80	81,88	72,49	65,02	38,97	36,39	34,61	75,02	65,54
TL (dB)	31,96	35,24	38,25	44,38	39,85	46,13	21,39	16,29	43,03	37,30
α	0,29	0,30	0,32	0,38	0,38	0,54	0,37	0,32	0,36	0,36

P[75]GB[I]-37 (07.07.2014)										
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**	**müzik-1**	**müzik-2**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	111,84	119,16	120,39	116,98	110,64	86,42	58,65	51,30	118,74	104,72
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	72,44	77,21	80,03	67,13	66,29	35,48	35,60	34,11	77,55	64,82
TL (dB)	39,40	41,95	40,36	49,85	44,35	50,94	23,05	17,19	41,19	39,90
α	0,35	0,35	0,34	0,43	0,40	0,59	0,39	0,34	0,35	0,38

P[75]GB[I]-75 (07.07.2014)										
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**	**müzik-1**	**müzik-2**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	112,40	119,60	120,56	116,57	114,27	78,23	66,49	52,42	118,41	104,97
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	78,04	86,14	86,04	62,03	71,35	39,51	36,18	34,52	81,43	67,93
TL (dB)	34,36	33,46	34,52	54,54	42,92	38,72	30,31	17,90	36,98	37,04
α	0,31	0,28	0,29	0,47	0,38	0,49	0,46	0,34	0,31	0,35



Şekil 6.1. P[75]GB[I] grubundaki deney numunelerinin karşılaştırılması

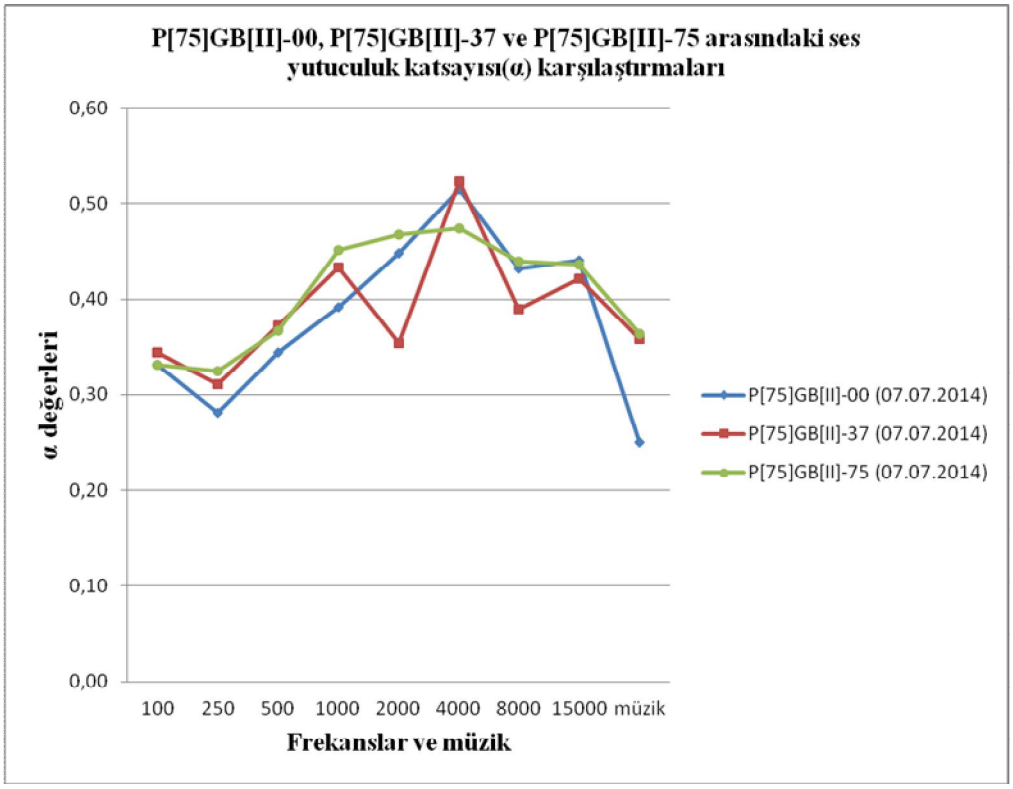
Çizelge 6.2'de P[75]GB[II] grubuna ait deney numunelerinin ölçüm sonuçları verilmiştir. Ayrıca bu gruptaki deney numunelerinin karşılaştırılması şekil 6.2'de yapılmıştır.

Çizelge 6.2. P[75]GB[II] grubu ölçüm sonuçları

P[75]GB[II]-00 (07.07.2014)									
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**	**müzik**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	111,6	119,16	120,56	116,87	105,16	85,94	61,79	61,4	104,2
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	74,63	85,7	79	71,11	58	41,69	35,08	34,33	78,16
TL (dB)	36,97	33,46	41,56	45,76	47,16	44,25	26,71	27,07	26,04
α	0,33	0,28	0,34	0,39	0,45	0,51	0,43	0,44	0,25

P[75]GB[II]-37 (07.07.2014)									
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**	**müzik**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	112	119,16	120,1	115,86	102,93	79,25	58,19	60,95	119,61
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	73,47	82,15	75,36	65,71	66,48	37,77	35,51	35,26	76,78
TL (dB)	38,53	37,01	44,74	50,15	36,45	41,48	22,68	25,69	42,83
α	0,34	0,31	0,37	0,43	0,35	0,52	0,39	0,42	0,36

P[75]GB[II]-75 (07.07.2014)									
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**	**müzik**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	111,74	118,83	119,96	114,97	105,51	77,12	63,68	61,75	119,18
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	74,65	80,16	75,96	63,11	56,16	40,53	35,68	34,78	75,89
TL (dB)	37,09	38,67	44,00	51,86	49,35	36,59	28,00	26,97	43,29
α	0,33	0,33	0,37	0,45	0,47	0,47	0,44	0,44	0,36



Şekil 6.2. P[75]GB[II] grubundaki deney numunelerinin karşılaştırılması

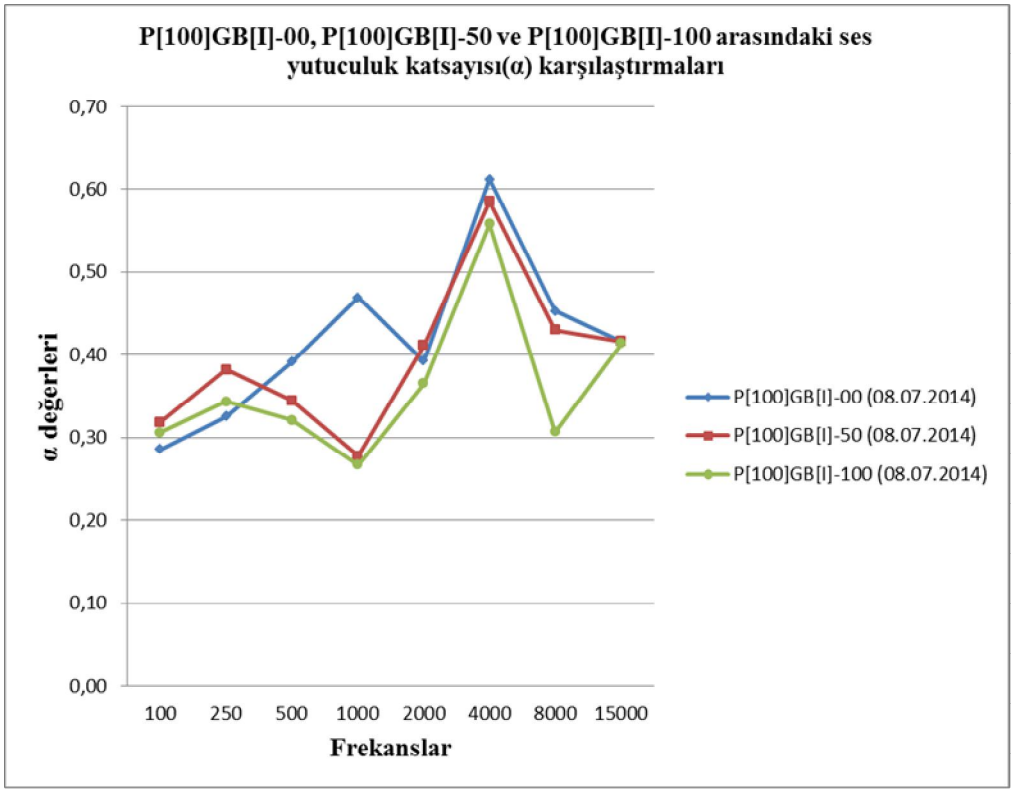
Çizelge 6.3'te P[100]GB[I] grubuna ait deney numunelerinin ölçüm sonuçları verilmiştir. Ayrıca bu gruptaki deney numunelerinin karşılaştırılması şekil 6.3'te yapılmıştır.

Çizelge 6.3. P[100]GB[I] grubu ölçüm sonuçları

P[100]GB[I]-00 (08.07.2014)								
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	111,65	119,32	120,49	102,25	113,22	99,85	65,16	60,12
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	79,73	80,49	73,35	54,3	68,79	38,72	35,65	35,09
TL (dB)	31,92	38,83	47,14	47,95	44,43	61,13	29,51	25,03
α	0,29	0,33	0,39	0,47	0,39	0,61	0,45	0,42

P[100]GB[I]-50 (08.07.2014)								
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	111,15	118,92	118,99	101,09	106,17	86,76	62,07	60,00
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	75,71	73,51	77,98	81,00	62,48	35,96	35,39	35,04
TL (dB)	35,44	45,41	41,01	20,09	43,69	50,80	26,68	24,96
α	0,32	0,38	0,34	0,20	0,41	0,59	0,43	0,42

P[100]GB[I]-100 (08.07.2014)								
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	110,26	118,59	116,41	107,97	106,61	86,09	56,64	59,04
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	76,49	77,84	79,02	79,13	67,66	38,07	39,27	34,6
TL (dB)	33,77	40,75	37,39	28,84	38,95	48,02	17,37	24,44
α	0,31	0,34	0,32	0,27	0,37	0,56	0,31	0,41



Şekil 6.3. P[100]GB[I] grubundaki deney numunelerinin karşılaştırılması

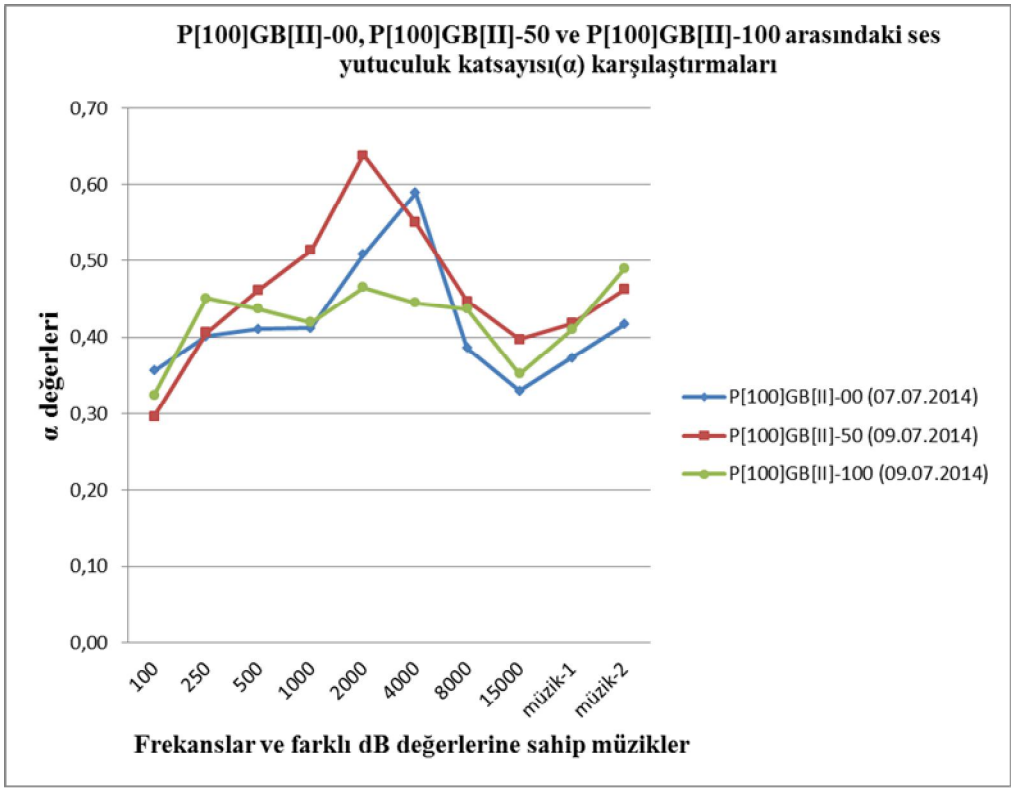
Çizelge 6.4'te P[100]GB[II] grubuna ait deney numunelerinin ölçüm sonuçları verilmiştir. Ayrıca bu gruptaki deney numunelerinin karşılaştırılması şekil 6.4'te yapılmıştır.

Çizelge 6.4. P[100]GB[II] grubu ölçüm sonuçları

P[100]GB[II]-00 (07.07.2014)										
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**	**müzik-1**	**müzik-2**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	110,83	119,10	118,78	114,81	107,76	85,39	58,42	51,31	117,96	101,03
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	71,34	71,32	70,00	67,51	53,01	35,07	35,90	34,37	73,92	58,91
TL (dB)	39,49	47,78	48,78	47,30	54,75	50,32	22,52	16,94	44,04	42,12
α	0,36	0,40	0,41	0,41	0,51	0,59	0,39	0,33	0,37	0,42

P[100]GB[II]-50 (09.07.2014)										
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**	**müzik-1**	**müzik-2**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	111,57	119,06	119,80	109,05	104,79	77,80	64,76	57,34	119,45	104,73
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	78,51	70,74	64,48	53,06	37,90	35,00	35,82	34,56	69,49	56,26
TL (dB)	33,06	48,32	55,32	55,99	66,89	42,80	28,94	22,78	49,96	48,47
α	0,30	0,41	0,46	0,51	0,64	0,55	0,45	0,40	0,42	0,46

P[100]GB[II]-100 (09.07.2014)										
Frekanslar (Hz)	**100**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**15000**	**müzik-1**	**müzik-2**
1. Oda (Kaynak oda) (dB)	111,48	119,14	120,94	112,47	107,81	82,97	63,78	53,62	119,39	96,94
2. Oda (Ölçüm odası) (dB)	75,32	65,38	68,10	65,28	57,64	46,04	35,92	34,74	70,42	49,50
TL (dB)	36,16	53,76	52,84	47,19	50,17	36,93	27,86	18,88	48,97	47,44
α	0,32	0,45	0,44	0,42	0,47	0,45	0,44	0,35	0,41	0,49

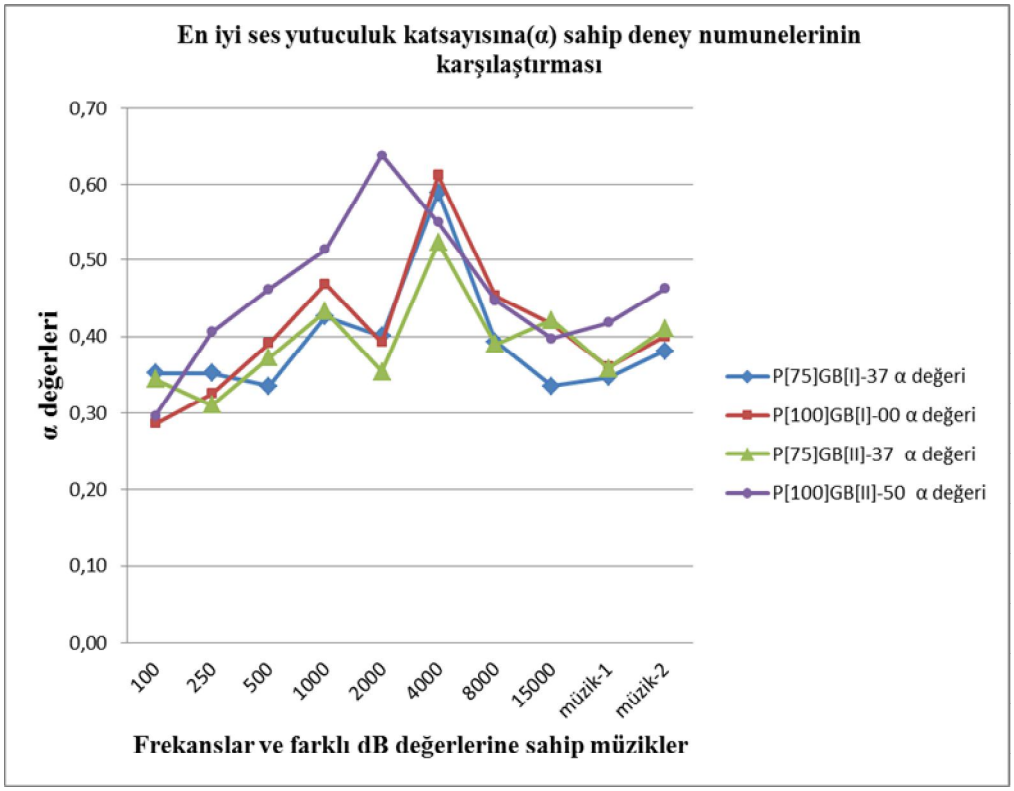


Şekil 6.4. P[100]GB[II] grubundaki deney numunelerinin karşılaştırılması

Yukarıdaki tüm çizelge ve tablolar incelendiğinde en iyi 4 deney numunesi kolaylıkla görülebilir. Bunlar; P[75]GB[I]-37, P[100]GB[I]-00, P[75]GB[II]-37 ve P[100]GB[II]-50 isimli deney numuneleridir. Bunlarla ilgili α değerleri, çizelge 6.5'te verilmiştir. Şekil 6.5 ise bu 4 farklı deney numunesinin α değerlerine göre karşılaştırılmasını göstermektedir.

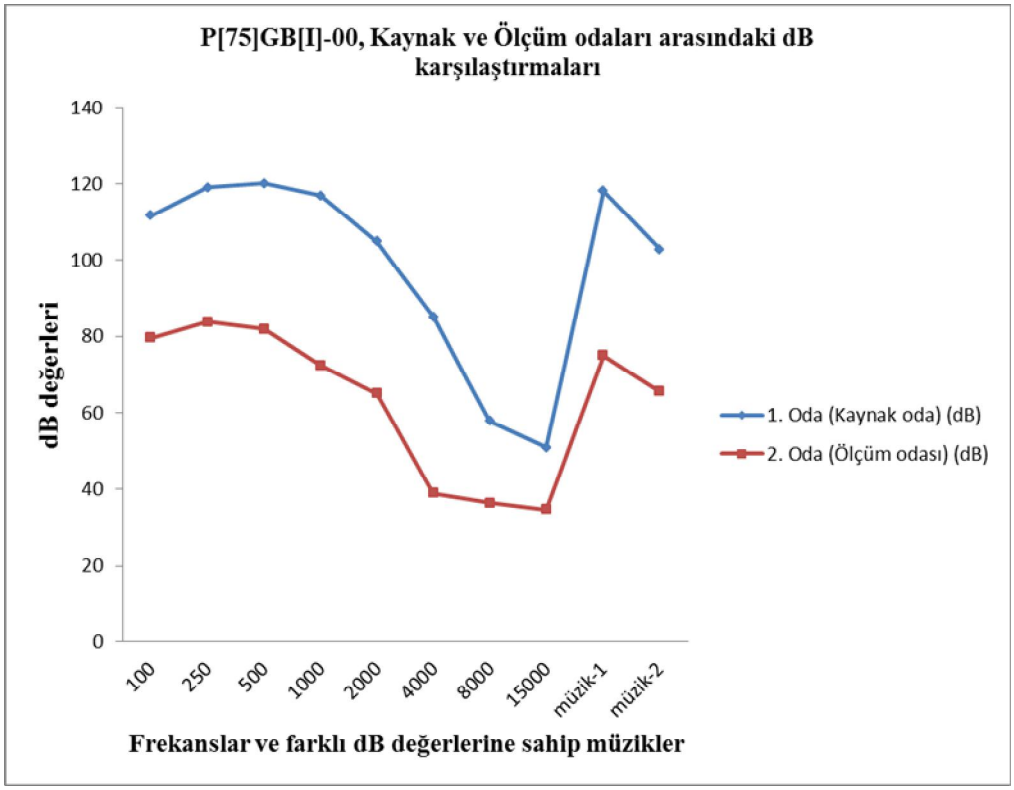
Çizelge 6.5. P[75]GB[I]-37, P[100]GB[I]-00, P[75]GB[II]-37 ve P[100]GB[II]-50 deney numuneleri

Frekanslar (Hz)	100	250	500	1000	2000	4000	8000	15000	müzik-1	müzik-2
P[75]GB[I]-37 α değeri	0,35	0,35	0,34	0,43	0,40	0,59	0,39	0,34	0,35	0,38
P[100]GB[I]-00 α değeri	0,29	0,33	0,39	0,47	0,39	0,61	0,45	0,42	0,36	0,40
P[75]GB[II]-37 α değeri	0,34	0,31	0,37	0,43	0,35	0,52	0,39	0,42	0,36	0,41
P[100]GB[II]-50 α değeri	0,30	0,41	0,46	0,51	0,64	0,55	0,45	0,40	0,42	0,46

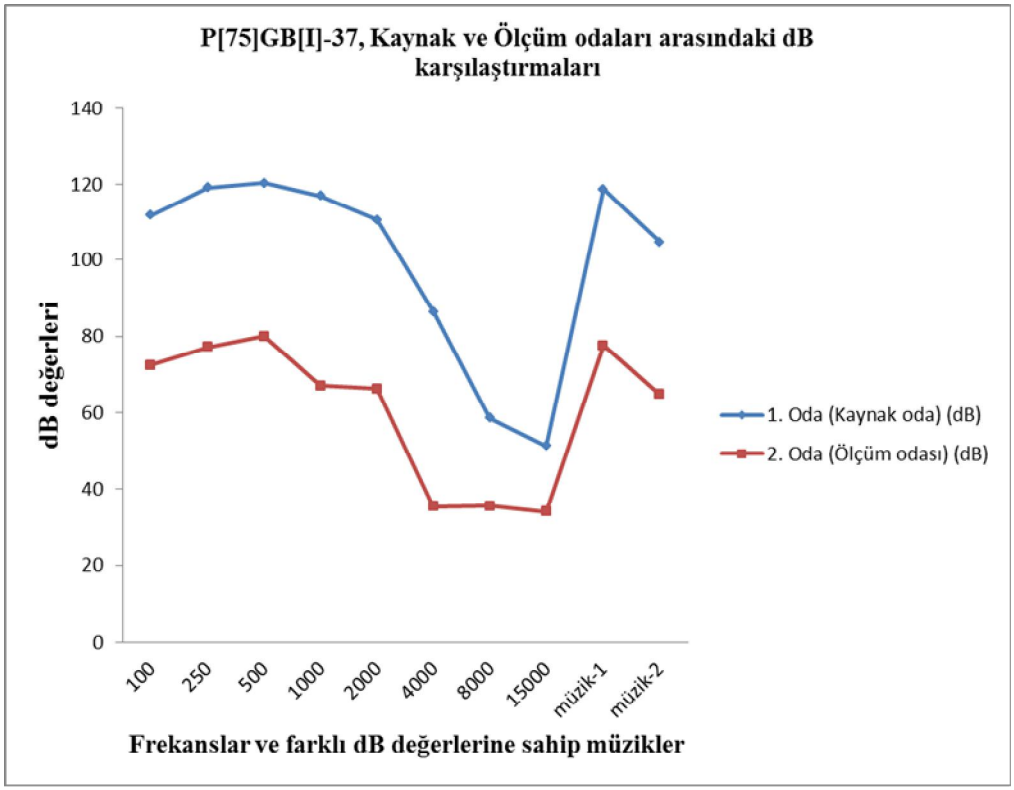


Şekil 6.5. 4 farklı deney numunesinin α değerlerine göre karşılaştırılması

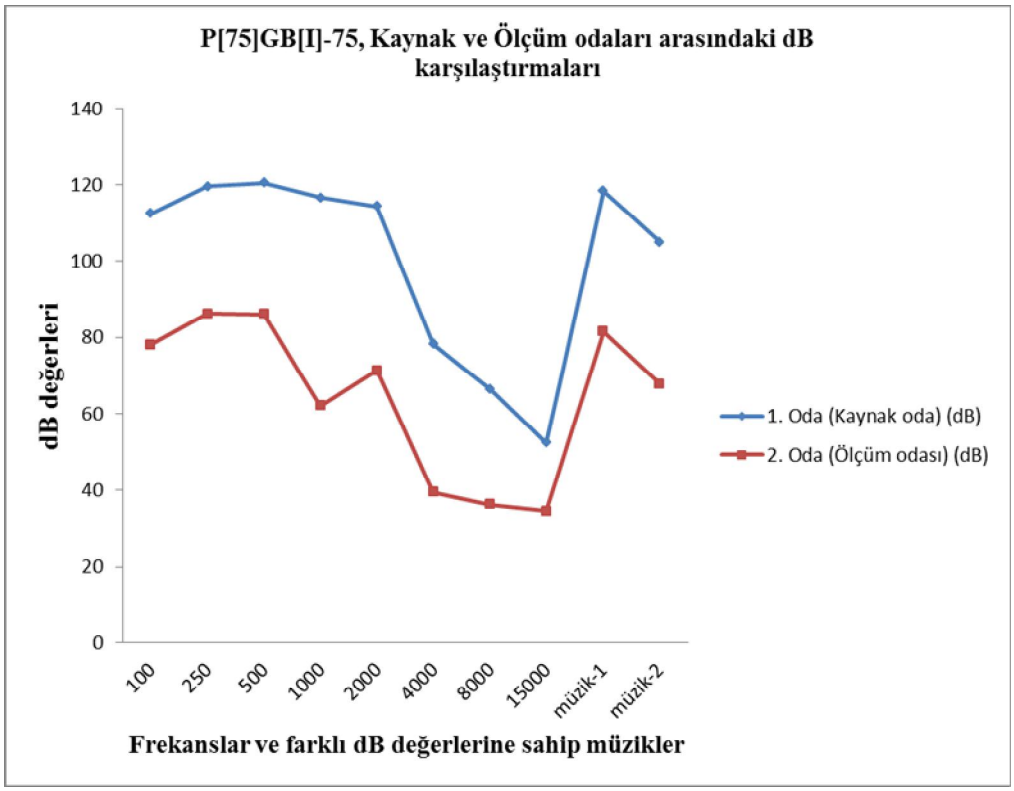
12 adet deney numunesinin kaynak hücre (kaynak oda) ve ölçüm hücresi (ölçüm odası) ölçüm değerleriyle *TL* ve *α* parametre değerleri incelenmiştir. Bu deney numunelerinin kaynak hücre (kaynak oda) ve ölçüm hücresi (ölçüm odası) ses ölçüm değerleri karşılaştırılması şekil 6.6 ile şekil 6.17 arasında gösterilmiştir.



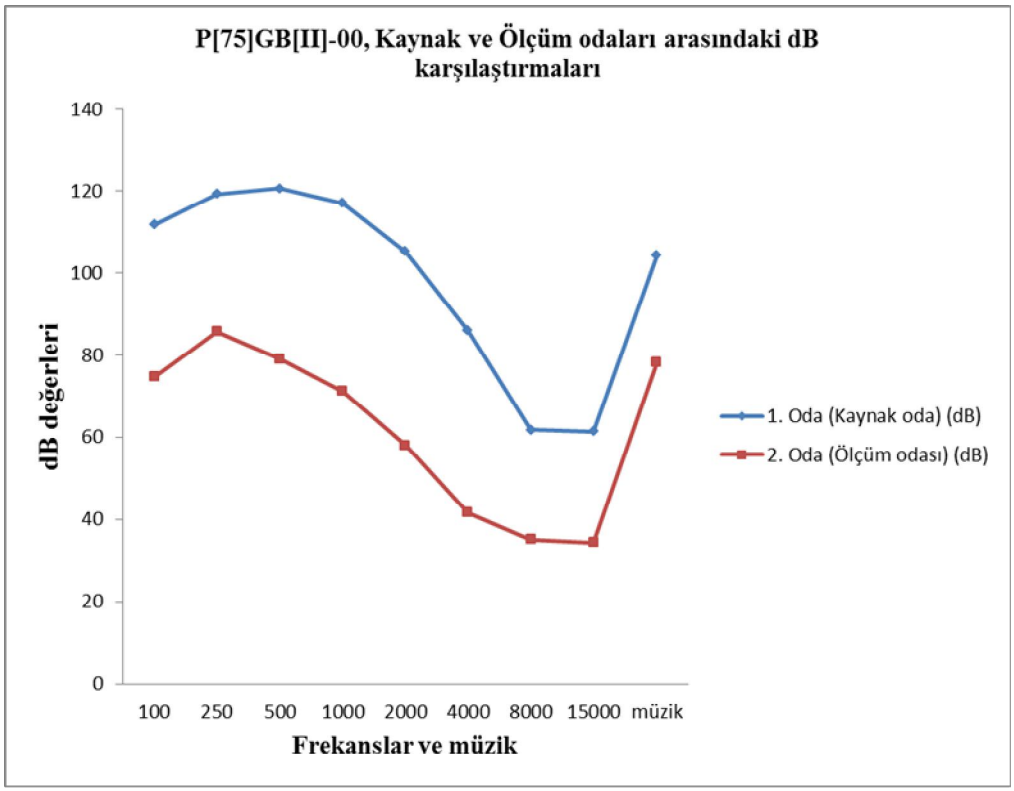
Şekil 6.6. P[75]GB[I]-00 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması



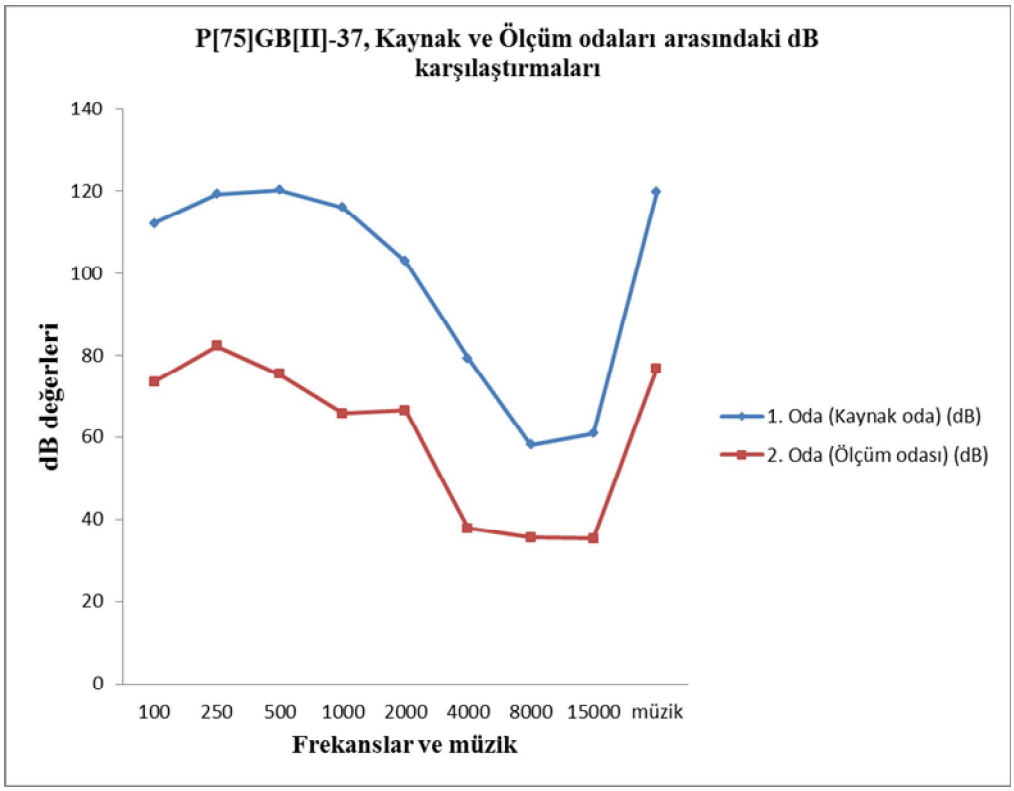
Şekil 6.7. P[75]GB[I]-37 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması



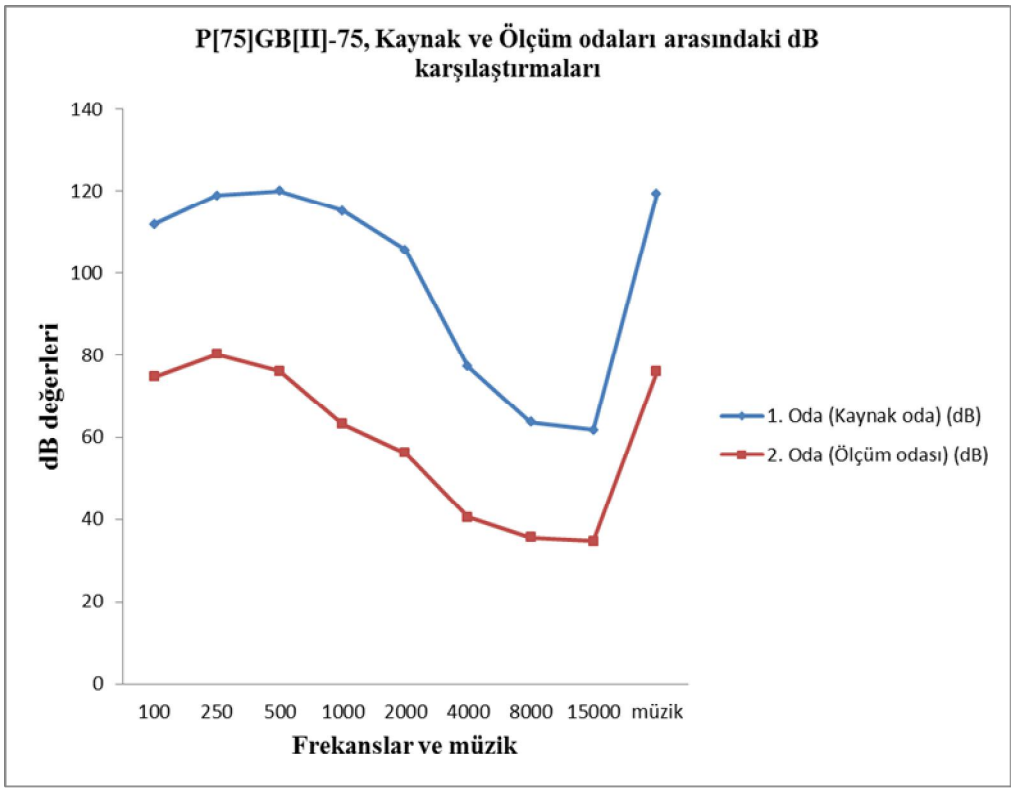
Şekil 6.8. P[75]GB[I]-75 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması



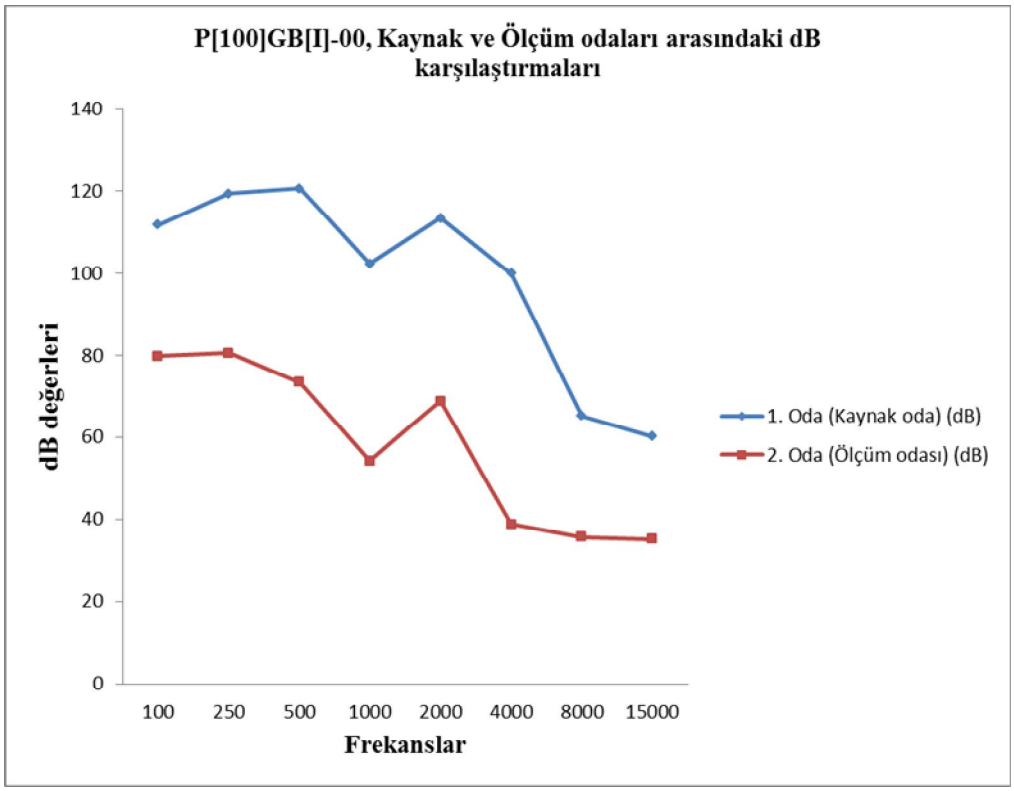
Şekil 6.9. P[75]GB[II]-00 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması



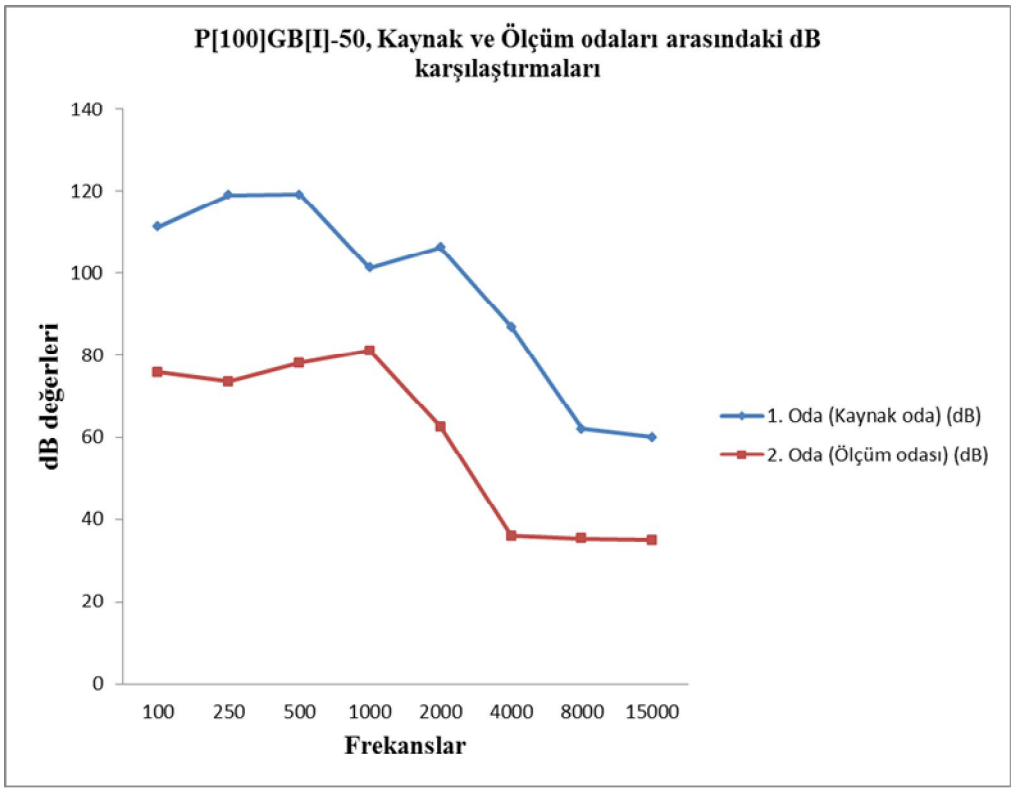
Şekil 6.10. P[75]GB[II]-37 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması



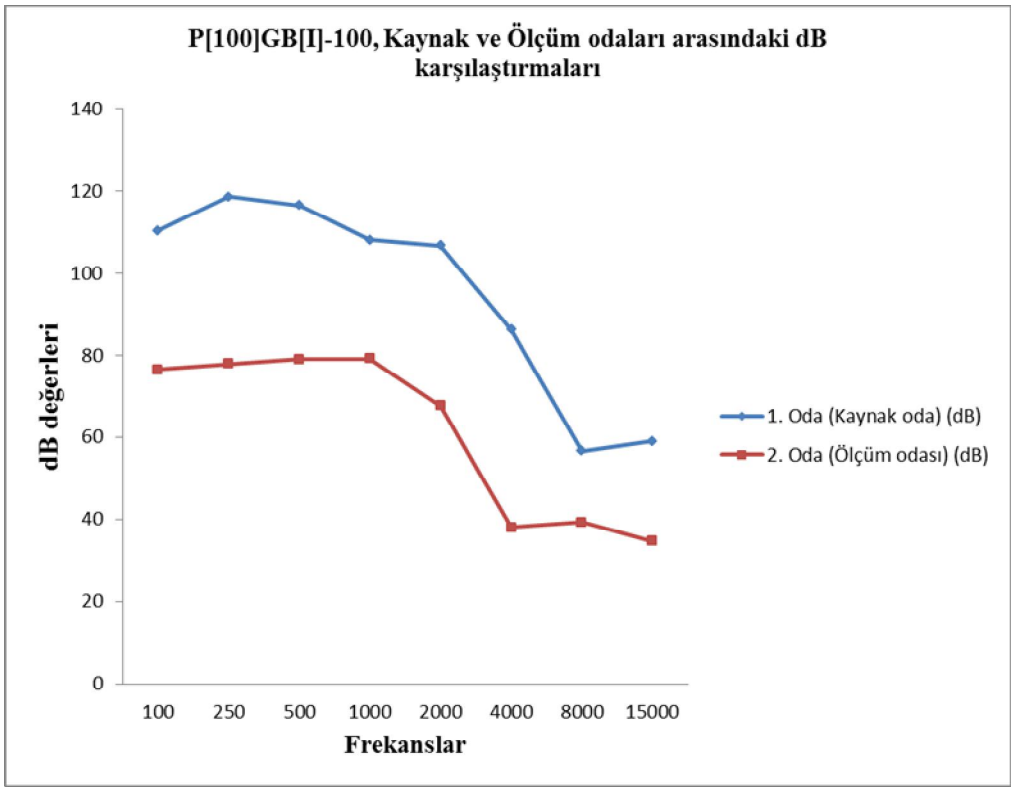
Şekil 6.11. P[75]GB[II]-75 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması



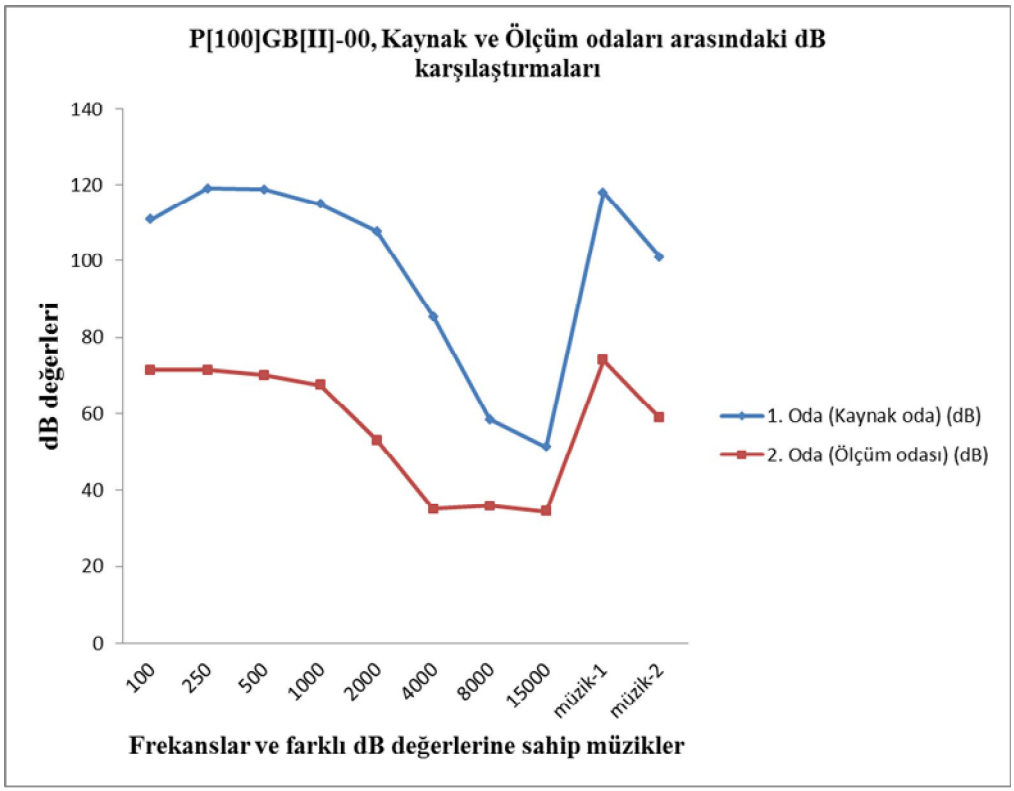
Şekil 6.12. P[100]GB[I]-00 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması



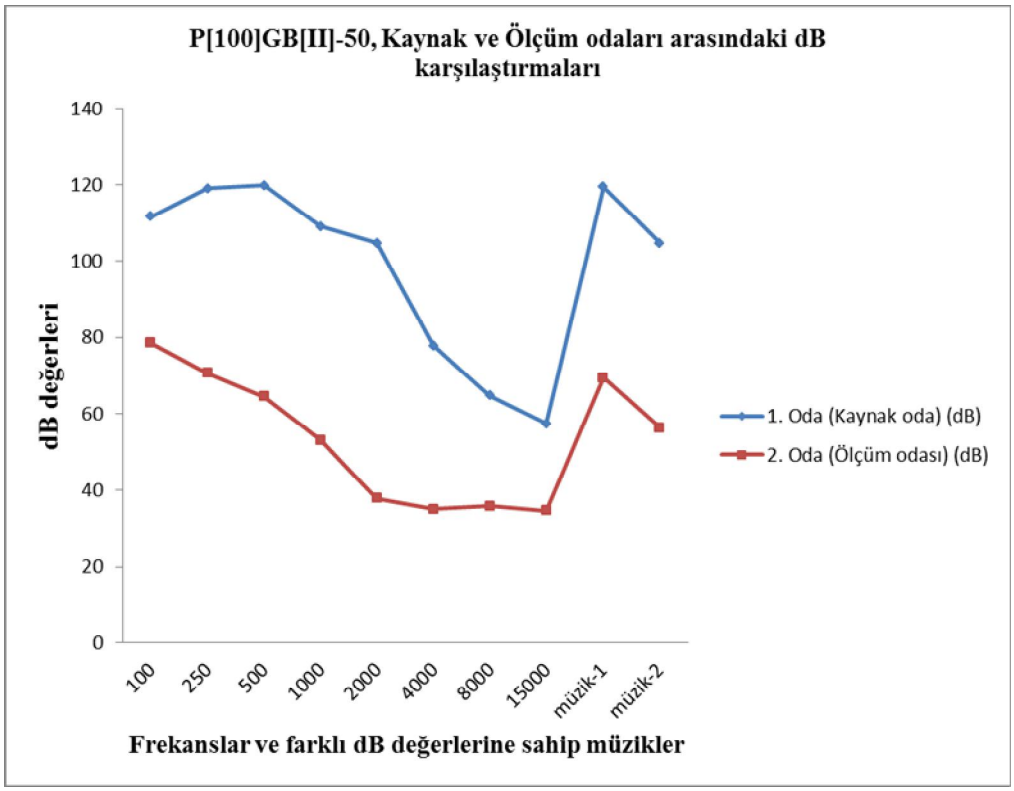
Şekil 6.13. P[100]GB[I]-50 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması



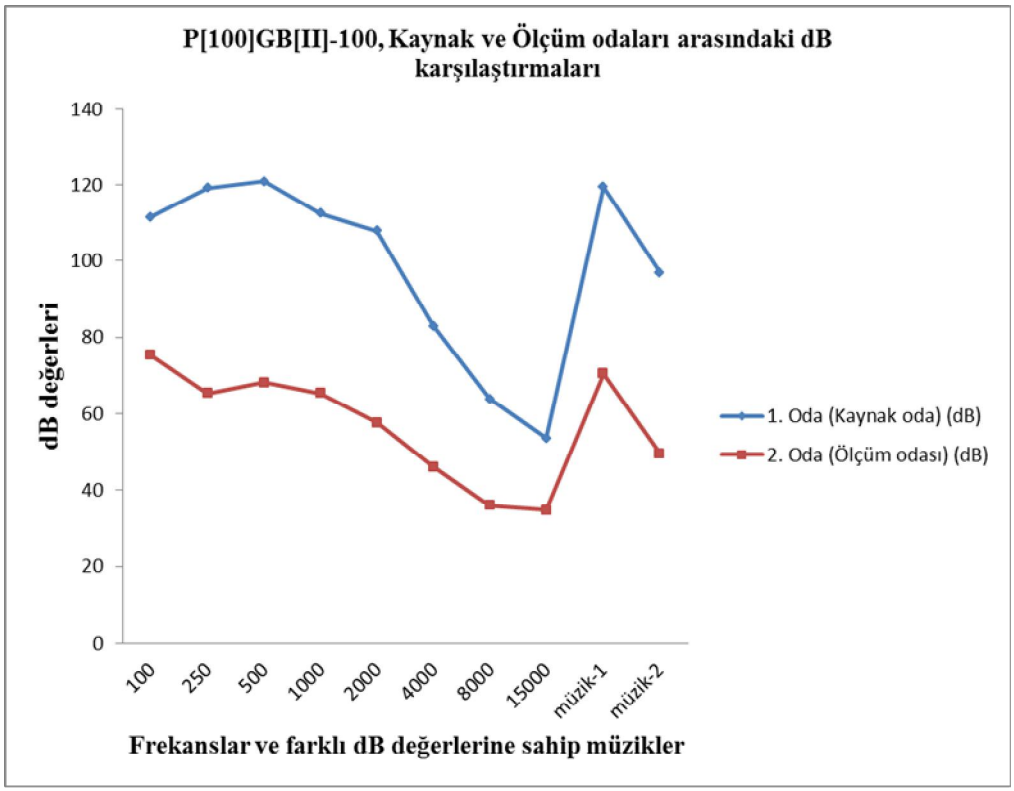
Şekil 6.14. P[100]GB[I]-100 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması



Şekil 6.15. P[100]GB[II]-00 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması

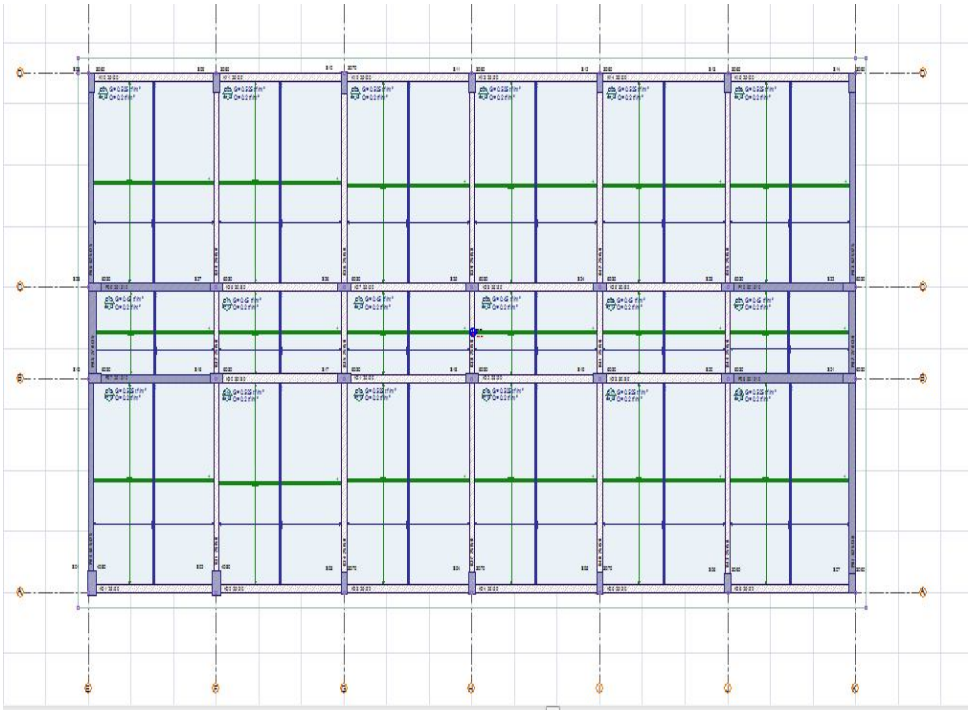


Şekil 6.16. P[100]GB[II]-50 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması

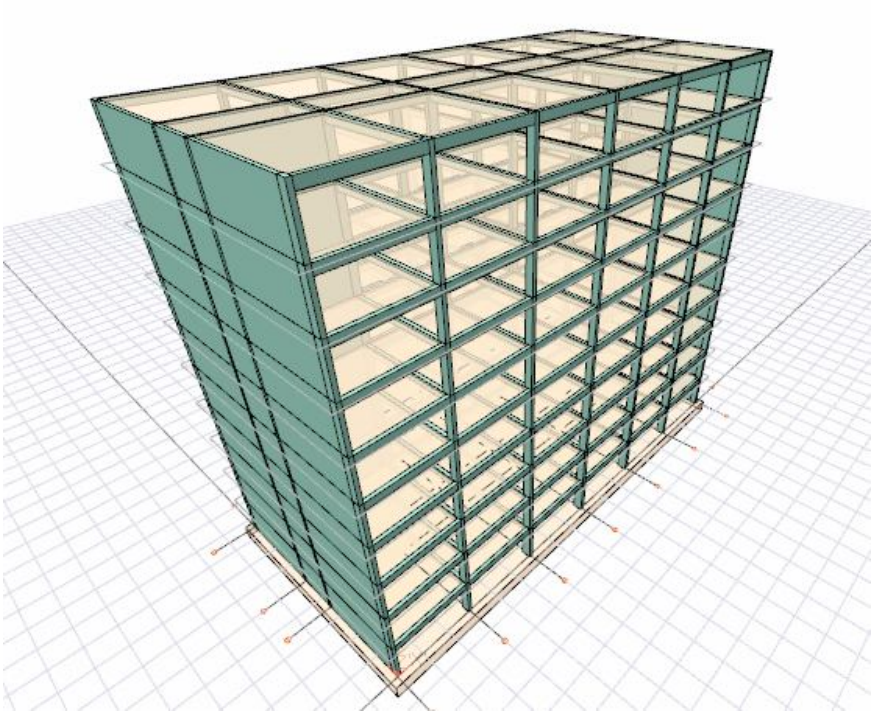


Şekil 6.17. P[100]GB[II]-100 deney numunesi kaynak ve ölçüm hücresi karşılaştırması

Deneylerden sonra ses yalıtımlı optimum kesitli alçıpan bölme duvarı P[100]GB[II]-50 kodlu deney numunesi seçilmiştir. Hafif bölme duvarların yapı mühendisliği açısında irdelenmek amacı ile İdeCAD statik analiz programında 10 katlı bir hastane yapısı analizi yapılmıştır. Analiz yapılırken iki tip duvar kullanılmıştır. Her bir duvar tipi için düşey elemanlarda emniyetli kesitler için ayrı ayrı analiz yapılmıştır. Hesaplanan kesitlerin metrajı alınıp beton, kalıp, ince demir ve kalın demir metrajları arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Analizde kullanılan birince tip duvar giriş bölümünde TÜBİTAK UME'de ölçülen dört tip duvarın yoğunluğu ile birlikte ses geçiş kaybı ve RW değerlerinin karşılaştırması yapılan tabloda yer alan yatay delikli 19 cm sıvasız tuğla duvarı seçilmiştir. İkinci tip duvar olarak bu çalışmada yapılan deneyler sonucunda optimum kesitli alçıpan bölme duvarı olarak belirlenen P[100]GB[II]-50 duvarı belirlenmiştir. Analiz yapılırken şekil 6.18'de kat planı ve şekil 6,19'de üç boyutlusu gösterilen 10 katlı yapı kullanılmıştır.



Şekil 6.17. Analizde kullanılan 10 katlı yapının kat planı



Şekil 6.18. Analizde kullanılan 10 katlı yapının 3 boyutlusu

Analizde kolon ve kirişlerin ebatları 25 cm x 50 cm seçilmiştir. Daha sonra kesiti yeterli olmayan kiriş ve kolon boyutları emniyeti sağlayacak şekilde büyütülmüştür. 19 cm sıvasız tuğla duvarı analizinde tüm kirişlere (koridor kirişleri hariç) duvar yükü olarak 0,8 t/m kabul edilmiştir. En son katta ise kirişlere duvar yükü ve hareketli yük sıfır olarak atanmıştır. P[100]GB[II]-50 duvarı kullanılan analizde dış kirişlerine 28 cm gaz beton sıva dahil 0,466875 t/m ve iç bölme duvar kirişlerine P[100]GB[II]-50 duvar yükü olarak 0,091 t/m olarak kabul edilmiştir. Bu analizde de koridor kirişlerine zati yük sıfır, hareketli yük ise 0,5 t/m^2 olarak tanımlanmıştır. En son katta ise gene zati ve hareketli yük alınmamıştır. Döşeme yükleri her iki sistemde de aynı olup metrajlar arasındaki fark çizelge 6.6'de verilmiştir

Çizelge 6.6. Farklı duvar tipleri kullanılan analiz sonrası malzeme metrajları

Duvar tipine göre analiz	C25 Beton Metrajı (m3)	Kalıp metrajı (m2)	S420 İnce donatı metrajı (kg)	S420 kalın donatı metrajı (kg)	Toplam donatı metrajı (kg)	Bina toplam ağırlığı (ton)
19 cm yatay delikli tuğla	2.312,11	12.219,89	120.832,7	119.167,08	239.999,77	6638,08
P[100]GB[II]-50	2.137,84	11.921,07	106.118,10	91.579,79	197.697,89	5214,41
Fark	-174,27	-298,82	-14.714,6	-27.587,29	-42.301,88	-1423,67
%	7,54	2,45	12,18	23,15	17,63	21,45

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

12 adet deney numunesinin kaynak hücre (kaynak oda) ve ölçüm hücresi (ölçüm odası) ölçüm değerleriyle *TL* ve *α* parametre değerleri incelenmiştir. Bu deney numunelerinin kaynak hücre (kaynak oda) ve ölçüm hücresi (ölçüm odası) ses ölçüm değerleri karşılaştırılması yapılarak aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

Tüm deneylerde; kaynak odada 100, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 15000 Hz frekans üretilmiş ölçüm odasında değerleri ölçümleri yapılmıştır.

Yalıtımsız olarak imalatı yapılan P[75]GB[I] duvarda yapılan ölçümlerde 4000 Hz Frekansa karşılık α değeri yaklaşık 0,30, 37 mm yalıtım yapılmış duvarlarda 0,59, 75 mm yalıtım yapılmış duvarlarda 0,49 değerleri hesaplanmıştır.

Yalıtımlı olarak imalatı yapılan P[75]GB[II], duvarda yapılan ölçümlerde 4000 Hz Frekansa karşılık α değeri yaklaşık 0,51, 37 mm yalıtım yapılmış duvarlarda 0,52, 75 mm yalıtım yapılmış duvarlarda 0,47 değerleri hesaplanmıştır.

Yalıtımsız olarak imalatı yapılan P[100]GB[I] duvarda yapılan ölçümlerde 4000 Hz Frekansa karşılık α değeri yaklaşık 0,61, 50 mm yalıtım yapılmış duvarlarda 0,59, 75 mm yalıtım yapılmış duvarlarda 0,56 değerleri hesaplanmıştır.

Yalıtımlı olarak imalatı yapılan P[100]GB[II] duvarda yapılan ölçümlerde 4000 Hz Frekansa karşılık α değeri yaklaşık 0,59, 50 mm yalıtım yapılmış duvarlarda 0,55, 75 mm yalıtım yapılmış duvarlarda 0,45 değerleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda P[100]GB[II] duvarı en ideal kesitli ve optimum yalıtımlı duvar olarak seçilmiştir. İdeCAD programında 10 katlı binanın iki duvar tipi ile analizi yapılmıştır. 1. analizde 19 cm yatay delikli tuğla kullanılarak analiz yapılmış ve metraj özeti alınmıştır. 2. analizde ise P[100]GB[II] duvarı kullanılarak analiz yapılıp metraj özeti alınmıştır. Metraj özetleri tablo halinde verilip aralarındaki fark çıkarılmıştır. C25 beton de 174,27 m^3 (%7,54), kalıp imalatında 298,82 m^2 (% 2,45), toplam donatı metrajında 42.301,88 kg (% 17,63) ve bina ağırlığında 1.423,67 ton (%21,45) bir düşüş hesaplanmıştır.

Yüksek yapıların gürültü ve deprem davranışında yapı ağırlığını önemini de dikkate alarak yapılacak bölme duvarlarda; yalıtımlı hafif duvarların mutlak olarak önerilmesi gerektiği,

Yapılan çalışmanın sonuçlarından da anlaşılacağı üzere bölme duvarları inşa ederken gürültü kirliliğini azaltmak için yalıtımın mutlak yapılması gerektiği ancak

imalatın ekonomik olması alçıpan aralarını yarı doldurularak yapılmasının daha uygun olacağı,

Çalışmasının genişletilmesi ve değişik malzemelerden oluşan duvarların geliştirilerek devam etmesinin ülkemiz kıt kaynakları açısından daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

AKDAĞ, N. Y., 2001, Ses yalıtımı açısından iç duvarların değerlendirilmesi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, *Yalıtım Kongresi 23-24-25* Mart 2001 Eskişehir-Türkiye, 108-113.

Ballagh K. O., 2004, Accuracy of prediction methods for sound transmission loss, *The 33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering,* Prague, 1-8.

Başbuğ, E., 2005, Sound transmission through suspended ceilings, *Yüksek Lisans Tezi*, Bogaziçi University, İstanbul, 1-58.

Bayraktar, Ş., 2006, İzmit kent merkezinin gürültü kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 1-12.

Cambridge, J. E., 2006, An evaluation of various sound insulation programs and their use in the design of silent rooms, *Yüksek Lisans Tezi,* Chalmers University Of Technology Department of Civil and Environmental Engineering Division of Applied Acoustics, Sweden, 1-80.

Carvalho, A. P. O., 1995, Acoustical behavior of a new lightweight partition made with gypsum board and cork, *Presented at the 130th meeting of the Acoustical Society of America,* St. Louis MO.

Çiçek, Y. E., 2002, Pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitli yapı malzemelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-105.

Çoşgun, T., YükseL, F. A. ve Çoşgun, A., 2008, Tünel kalıpla inşa edilen binalarda yaşanan gürültü problemleri üzerine bir araştırma, *Uygulamalı Yerbilimleri Sayı:1* (Mayıs-Haziran 2008) 65-72.

DBYBHY, "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,* Mart 2007.

Demirkale, S. Y. ve Aşcıgil, M., 2008, Sağlıklı kentlerle ve yapılarla ilgili türkiye'nin gürültü politikası, Sempozyum Bildirisi, *VIII. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi,* 267-285.

Dı´az-Cereceda, C., Poblet-Puig, J. and Rodrı´guez-Ferran, A., 2012, The finite layer method for modelling the sound transmission through double walls, *Journal of Sound and Vibration* 331 (2012) 4884–4900.

Ekerbiçer, H. Ç. ve Saltık, A., 2008, Endüstriyel gürültünün insan sağlığı üzerine etkileri ve korunma yöntemleri, *TAF Preventive Medicine Bulletin,* TAF Prev Med Bull 2008; 7(3), 261-264.

Faustino, J., Pereira, L., Soares, S., Cruz, D., Paiva, A., Varum, H., Ferreira, J. and Pinto, J., 2012, Impact sound insulation technique using corn cob particleboard, *Construction and Building Materials* 37 (2012) 153–159.

Fişne, A., 2008, Türkiye taşkömürü kurumu ocaklarında gürültü koşullarının incelenmesi, etkilenme düzeylerinin istatistiksel analizi ve risk değerlendirme, *Doktora Tezi,* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-43.

Hern´andez-Olivares, F., Bollati, M.R., Del Rio, M. and Parga-Landa, B., 1999, Development of cork - gypsum composites for building applications, *Construction and Building Materials* 13 (1999) 179-186.

http://homepages.wmich.edu/~hillenbr/206/ac.pdf

http://www.soundown.com/Section%203%20PDFs/Handbook.pdf (m-1)

http://www.universetoday.com/61166/what-is-sound/

İdeCAD statik 7, versiyon 7.020 – tek lisans, ideYAPI LTD.

Kamisinski, T., 2010, Acoustic simulation and experimental studies of theatres and concert halls, Acoustic and Biomedical Engineering, *Acta Physıca Polonıca A*, No. 1, Vol. 118, 78-82.

Karaağaçlıoğlu, İ. E., 2012, Bor ve mineral katkılı selülozik yalıtım malzemesi üretimi ve karakterizasyonu, *Doktora Tezi,* Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 15-173.

Kurra S. "Gürültü", Türkiye'nin Çevre Sorunları, *Türkiye Çevre Vakfı Yayını*, Ankara, 1991: 447–84.

LUNDIN, M., 2011:13, Sound transmission through double walls using statistical energy analysis, *Master's Thesis at Marcus Wallenberg Laboratory for Sound and Vibration Research*, TRITA AVE, 1-33.

Muehleisen, R. T., Beamer, IV, C. W., Tinianov, B. D. and Hougland, D. S., 2003 Acoustic and illumination design of conference rooms. *Architectural Engineering* (2003) pp. 1-5.

Özçetin, Z., 2011, Konservatuvar binalarının gürültü kontrolü açısından analizi ve bir örnek çalışma: ankara musiki muallim mektebi mamak belediyesi konservatuvar binası, *Yüksek Lisans Tezi,* Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-129.

Özdemir, C., 2012, Gürültü Kirliliği ve Kontrolü Ders Notları, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,* Konya, Türkiye.

Özkan, S., 2001, Ses yalıtımı uygulamaları, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, *Yalıtım Kongresi* 23-24-25 Mart 2001 Eskişehir – Türkiye, 114-120.

Sarp, A., 2000, Yapının iç çevresindeki gürültünün yapı biyolojisi açısından irdelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 7-20.

Sarp, M. A., 2000, Yapının iç çevresindeki gürültünün yapı biyolojisi açısından irdelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi,* Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 7-65.

Seip, C. E., and Keen, J., 2008, Noise control in multipurpose rooms, AEI 2008: building integration solutions.

Selver, R. ve Varol, R., 2002, Oolystren malzemenin ısıl ve bazı fiziksel özelliklerinin incelenmesi, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt*: 4 Sayı: 1 sh. 71-78.

Senthilkumar, P., 2012, Studies on the transmission of sound in lightweight building components, *Doktora Tezi*, Department Of Civil Engineering Faculty Of Engineering And Technology Srm Unıversıty, Kattankulathur, 30-114.

Şahin, E., Gürültü kontrol yöntemleri-bir uygulama, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi.,* Cilt 18, No 4, 67-80.

Şen, A. O., 2006, Binalarda uygulanan yalıtım sistemleri dünyada ve Türkiye'de yalıtım, *Yüksek Lisans Tezi,* Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 24-29.

Tadeu, A., and Santos, P., 2002, Assessing the effect of a barrier between two rooms subjected to low frequency sound using the boundary element method, *Applied Acoustics* 64 (2003) 287–310.

Tadeu, A., Anto´ nio, J. and Mateus, D., 2003, Sound insulation provided by single and double panel walls — a comparison of analytical solutions versus experimental results, *Applied Acoustics* 65 (2004) 15–29.

Thomalla, R. O., 2003, Plumbing appliance noise - it can now be measured, *Architectural Engineering* (2003) pp. 1-3.

Toprak, R. ve Aktürk, N., 2004, Gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, *Türk Hij Den Biyol Derg,* Cilt 61, No 1,2,3, 49-58.

Uris, A., Bravo, J. M., Gomez-Lozano, V., Guillen, I. and Llinares, J., 2007, Experimental sound insulation performance of double frame partitions with slits, *Applied Acoustics* 69 (2008) 918–924.

Uris, A., Bravo, J. M., Llinares, J. and Estelles, H., 2003, The influence of slits on sound transmission through a lightweight partition, *Applied Acoustics* 65 (2004) 421–430.

Warnock, A. C. C. and Quirt J. D., 1997, Control of sound transmission through gypsum board walls, Institute for Research in Construction, *Construction Technology Update* No. 1, ISSN 1206-1220, 1-6.

Yılmaz, H. ve ÖZER, S., 1997, Gürültü kirliliğinin peyzaj planlama yönünden değerlendirilmesi ve çözüm önerileri, *Atatürk Üni.Zir.Fak.Der.* 28 (3), (1997) 515-531.

Yılmaz, S., 2008, Yapı elemanlarında sesin yayılması, çeşitli duvarların ses geçiş kaybı değerlerinin karşılaştırılması, *İTÜ mimarlık fakültesi.*

EKLER

EK-1 19 cm tuğla duvarı kullanılan analiz sonrası metraj özeti.

ideCAD®	YAPAN: Ahmad Javid ZIA	
	PROJE: 19 cm tuğla kullanılan analiz	
	TARIH: 07.08.2014	REVIZYON:
	Lisans no:6500HL-0986 Statik	

KALIP METRAJI

Açiklama	TOPLAM
Dösemeler	5448.41
KIRISLER	2018.58
PERDELER	3061.40
KOLONLAR	1581.50
RADYE TEMELLER	110.00
GENEL TOPLAM	12219.89

BETON METRAJI

Açiklama	TOPLAM
Dösemeler	789.391
KIRISLER	255.814
PERDELER	410.040
KOLONLAR	190.860
RADYE TEMELLER	666.000
GENEL TOPLAM	2312.105

DONATI METRAJI

Açiklama	Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø18	Ø20	Ø22	(Ø8-Ø12)	(>=Ø14)
Dösemeler	41202.43	721.81							41924.25	
KIRISLER	8410.12		8057.85	2457.50	5768.87	5859.07			16467.98	14085.44
PERDELER	9624.04	14087.93	11129.28	12743.95	2351.72				34841.25	15095.68
KOLONLAR	17726.16	601.89	160.66	23847.69					18488.70	23847.69
RADYE TEMELLER	1229.87		7880.64		675.09		18130.89	47332.30	9110.51	66138.28
GENEL TOPLAM	78192.62	15411.63	27228.44	39049.15	8795.68	5859.07	18130.89	47332.30	120832.70	119167.08

TOPLAM METRAJ

1-	BS25 BETON	2312.11
2-	BETON KALIP	12219.89
3-	S420 DONATI (INCE)	120832.70
	S420 DONATI (KALIN)	119167.08
	S420 DONATI (TOPLAM)	239999.77

EK-2 P[100]GB[II]-50 duvarı kullanılan analiz sonrası metraj özeti.

ideCAD®	**YAPAN:** Ahmad Javid ZIA	
	PROJE: P[100]GB[II]-50 hafif bölme duvar analizi	
	TARIH: 07.08.2014	**REVIZYON:**
	Lisans no:6500HL-0986 Statik	

KALIP METRAJI

Açiklama	TOPLAM
Dösemeler	5502.74
KIRISLER	1915.02
PERDELER	3100.81
KOLONLAR	1292.50
RADYE TEMELLER	110.00
GENEL TOPLAM	11921.07

BETON METRAJI

Açiklama	TOPLAM
Dösemeler	796.960
KIRISLER	235.694
PERDELER	309.810
KOLONLAR	129.375
RADYE TEMELLER	666.000
GENEL TOPLAM	2137.839

DONATI METRAJI

Açiklama	Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø18	Ø20	Ø22	(Ø8-Ø12)	(>=Ø14)
Dösemeler	41502.49	2018.59							43521.08	
KIRISLER	7837.76		8013.96	2278.32	3310.17	2895.00			15851.73	8483.48
PERDELER	10767.91	14284.40	1284.42	8648.76					26336.73	8648.76
KOLONLAR	11116.24	247.31		16842.51					11363.55	16842.51
RADYE TEMELLER	1229.87		7815.14	472.24	1159.34		2039.03	53934.43	9045.01	57605.04
GENEL TOPLAM	72454.28	16550.30	17113.52	28241.82	4469.50	2895.00	2039.03	53934.43	106118.10	91579.79

TOPLAM METRAJ

1-	BS25 BETON	2137.84
2-	BETON KALIP	11921.07
3-	S420 DONATI (INCE)	106118.10
	S420 DONATI (KALIN)	91579.79
	S420 DONATI (TOPLAM)	197697.89

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ahmad Javid ZIA
Uyruğu : Afgan
Doğum Yeri ve Tarihi : Kabil, 1985
Telefon : 05078550456
e-mail : ajzia53@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Aryana Afgan Türk Lisesi, Kabil	2006
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, Konya	2011
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Konya	2014

YABANCI DİLLER

Türkçe, İngilizce, Urduca, Farsça

YAYINLAR

S.K., Akin, A., İlgün, KTO Karatay Üniversitesi; M., Altin, C., Zia, Selcuk Üniversitesi, A Case Study for the Fire Performance of Steel Structures; Panagro Meat and Milk Food Complex Integrated Plant Fire, Second İnternational Conference on Sustainable Systems and the Environment, February 12-13, 2014 Sharjah, UAE.

S.K., Akin, A., İlgün, KTO Karatay Üniversitesi; C., Zia, Selcuk Üniversitesi, The Use of Waste Concrete in Composite Columns, Second İnternational Conference on Sustainable Systems and the Environment, February 12-13, 2014 Sharjah, UAE.