

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPININ İÇ ÇEVRESİNDEKİ GÜRÜLTÜNÜN
YAPI BİYOLOJİSİ AÇISINDAN İRDELENMESİ**

Mimar Asutan SARP

**F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

95057

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayşe BALANLI

aym

[Signature]

İSTANBUL, 2000

KARİTASACI
[Signature]

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTIMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problem.....	1
1.2 Amaç.....	3
1.3 Önem.....	4
1.4 Varsayım.....	5
1.5 Sınırlılıklar.....	5
1.6 Yöntem.....	6
2. SES ve GÜRÜLTÜ.....	7
2.1 Ses.....	7
2.1.1 Ses ile ilgili büyüklükler ve tanımları.....	7
2.1.1.1 Sesin inceliği – kalınlığı.....	7
2.1.1.2 Sesin azlığı – çokluğu.....	10
2.1.1.3 Sesin tınısı.....	14
2.1.2 Sesin sınıflandırılması.....	15
2.1.2.1 Düzenli sesler.....	15
2.1.2.2 Düzensiz sesler.....	16
2.2 Gürültü.....	17
2.2.1 Gürültünün tanımı.....	17
2.2.2 Gürültünün sınıflandırılması.....	18
2.2.2.1 Gürültünün niteliklerine göre sınıflandırılması.....	18
2.2.2.2 Gürültünün zaman içindeki değişimlerine göre sınıflandırılması.....	19
2.2.2.3 Gürültünün oluşma yerine göre sınıflandırılması.....	20
3. İŞİTME SİSTEMİ ve İŞİTSEL ALGILAMA.....	21
3.1 İşitme Sistemi.....	21
3.2 İşitsel Algılama.....	24
3.2.1 İşitsel yeğinlik ve frekans.....	24
3.2.1.1 İşitsel duyulanma alanı.....	24
3.2.1.2 Yeğinlik ve frekanstaki küçük değişimler.....	26
3.2.1.3 Fon (eşit duyulanma) eğrileri.....	27

3.2.1.4	Seslilik	28
3.2.1.5	Ağırlıklı ölçmeler	29
3.2.2	Süre.....	30
3.2.3	Maskeleme	31
3.2.4	İşitsel yön bulma	33
4.	GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....	35
4.1	Biyolojik Etkiler	35
4.1.1	Gürültü kaynaklı işitme kayıpları.....	35
4.1.1.1	Gürültü kaynaklı işitme kayıplarının sınıflandırılması.....	36
4.1.1.2	Gürültü kaynaklı işitme kayıplarını etkileyen faktörler	40
4.1.2	Tinnitus (çınlama)	47
4.1.3	İşitsel acı	48
4.1.4	Uyku bozuklukları	48
4.1.4.1	Uygunun özellikleri	49
4.1.4.2	Gürültünün uykuya etkileri	50
4.1.4.3	Gürültü kaynaklı uyku bozukluklarını etkileyen faktörler	54
4.2	Psikolojik Etkiler	55
4.3	Psikofizyolojik Etkiler	57
4.3.1	Psikoendokrin bozukluklar	58
4.3.2	Kardiyovasküler bozukluklar	59
4.3.3	İmmunolojik bozukluklar	62
4.3.4	İrkilme ve yönelme refleksi	62
4.3.5	Denge bozuklukları	63
4.3.6	Solunum bozuklukları.....	63
4.3.7	Gastrointestinal bozukluklar	63
4.3.8	Görme bozuklukları	64
4.3.9	Üreme bozuklukları	64
4.3.10	Vücut yorgunluğu.....	64
4.3.11	Diğer etkiler	65
4.4	Sosyolojik Etkiler	65
5.	YAPININ FİZİKSEL İÇ ÇEVRESİNDE OLUŞAN GÜRÜLTÜ ve DENETİMİ.....	67
5.1	Yapının Fiziksel İç Çevresinde Oluşan Gürültü	67
5.1.1	Yapı içi gürültü koşulları	67
5.1.2	Yapı içi gürültü iletimi.....	68
5.1.2.1	Havada doğan seslerin iletimi	68
5.1.2.2	Katılarda doğan seslerin iletimi.....	70
5.2	Yapının Fiziksel İç Çevresinde Oluşan Gürültünün Denetimi	71
5.2.1	Gürültü denetimi adımları.....	71
5.2.2	Gürültü denetiminde alınabilecek önlemler.....	73
5.2.2.1	Kaynakta denetim.....	73
5.2.2.2	Yolda denetim	73
5.2.2.3	Alıcıda denetim	78
6.	DEĞERLENDİRME, SONUÇ ve ÖNERİLER.....	79
	KAYNAKLAR.....	85
	ÖZGEÇMİŞ.....	95

SİMGE LİSTESİ

A	Sesin genliği
c	Sesin yayılma hızı
dB	Ses düzeyi
dBA	Kulağın algıladığı yeğinlik
f	Ses frekansı (Hz)
I	Ses yeğinliği
Leq	Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi
Ln	İstatistiksel ses düzeyi
p	Akustik basınç
P	İşitsel yeğinlik düzeyi (Phon, Fon)
S	Seslilik (Son)
SPL	Ses basınç düzeyi
T	Devir süresi
W	Ses gücü
ρ	Özgöl ağırlık
λ	Sesin dalga boyu



KISALTMA LİSTESİ

AAO-HNS	American Academy of Otolaryngology Head and Neck Surgery
CAOHC	Council for Accreditation in Occupational Hearing Conservation
EC	European Commission
EEA	European Environment Agency
EEG	Elektroensefalogram
EMG	Elektromiyogram
EOG	Elektrookulogram
HEI	House Ear Institute
ISO	International Organization for Standardization
LHH	League for the Hard of Hearing
NC	Noise Criteria
NCB	Balanced Noise Criteria
NIH	National Institute of Health
NR	Noise Rating
NREM	Non-Rapid Eye Movements
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PNC	Preferred Noise Criteria
REM	Rapid Eye Movements
WHO	World Health Organization

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Müzik ve konuşma seslerinin kapladığı frekans alanları..... 9
Şekil 2.2	Akustik basınç ile ses basınç düzeyi değerlerinin karşılaştırılması..... 11
Şekil 2.3	Yalın ve karmaşık seslerin grafiksel gösterimi 15
Şekil 2.4	Çeşitli gürültülerin grafiksel gösterimi 16
Şekil 3.1	İnsan kulağı 21
Şekil 3.2	İnsan kulağının 1.000 Hz'lik sesle uyarılması 23
Şekil 3.3	Kulağın maksimum yanıt konumlarını gösteren boyuna kesiti..... 24
Şekil 3.4	İnsan kulağının işitsel algılama alanı..... 25
Şekil 3.5	İnsan kulağının algılayabildiği küçük düzey değişimleri 26
Şekil 3.6	İnsan kulağının algılayabildiği küçük frekans değişimleri 27
Şekil 3.7	Sürenin algılanabilen frekans değişimlerine etkisi 27
Şekil 3.8	Standart eşit duyulanma eğrileri 28
Şekil 3.9	Seslilik ile işitsel yegginlik düzeyi arasındaki ilişki grafiği 29
Şekil 3.10	Sonometreler için standartlaştırılmış A, B, C ve D ağırlık eğrileri..... 30
Şekil 3.11	Dar bantlı bir gürültünün 50 dB'lik bir sesi maskeleye grafiği 32
Şekil 3.12	Sağ kulağın polar doğrultu duyarlılığı..... 33
Şekil 4.1	ABD'de 1000, 2000 ve 3000 Hz frekanslarında 25 dB'den fazla işitme kaybına sahip işçilerin yüzdeleri 36
Şekil 4.2	Çeşitli düzeylerdeki gürültüden etkilenme sonucu oluşan geçici işitme kayıpları ve iyileşme süreleri 37
Şekil 4.3	Gürültü kaynaklı kalıcı eşik değişimi 4000 Hz'de 5 dB'den daha az olan Amerikan nüfusunun yüzdesi 38
Şekil 4.4	Akustik travma sonucu sol kulakta oluşan etkilenme 39
Şekil 4.5	Gürültüde kalınan süreye bağlı olarak 4000 Hz'de oluşan geçici eşik değişimleri..... 40
Şekil 4.6	Gürültüde kalınan süreye bağlı olarak çeşitli frekanslarda oluşan eşik değişimleri..... 41
Şekil 4.7	Gürültü süresine bağlı olarak konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen frekanslarda oluşan eşik değişimleri..... 41
Şekil 4.8	Sanayi gürültüsünden etkilenme sonucu çeşitli frekanslarda oluşan işitme kayıpları 43
Şekil 4.9	Çeşitli düzeylerdeki gürültüden etkilenme süresine bağlı olarak 4000 Hz'de oluşan işitme kayıpları 44
Şekil 5.1	Havada doğan sesler 68
Şekil 5.2	Havada doğan seslerin açıklıklardan ve cidar titreşimi ile geçme yoluyla iletimi..... 69
Şekil 5.3	Havada doğan seslerin yapı içinde iletimi 69
Şekil 5.4	Katılarda doğan sesler 70
Şekil 5.5	Katılarda doğan seslerin iletimi..... 70
Şekil 5.6	Dilatasyon derzi yapılarak katıda doğan sesin yayılmasının önlenmesi..... 74
Şekil 5.7	Esnekliği az olan ürünler kullanılarak yapı öğeleri arasındaki ilişkinin kesilmesi 75
Şekil 5.8	Darbe gürültüsüne karşı döşemede alınacak önlemler 75
Şekil 5.9	Sesin geçmesine karşı asma tavan boşluğunda alınacak önlemler..... 76
Şekil 5.10	Sesin geçmesine karşı eşikte alınacak önlemler..... 76
Şekil 5.11	Çift cidarda ses köprüsü oluşumu..... 77
Şekil 5.12	Çift cidar arasındaki hava tabakasının bağlayıcılığını azaltmak için alınacak önlemler 77
Şekil 5.13	Çok yüksek ses geçirmezlik gerektiren yerlerde alınacak önlemler 78

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1	İngiltere’de 1983/1984 ve 1992/1993 yılları arasında çeşitli gürültülerden rahatsız olan kişi sayısı..... 5
Çizelge 2.1	Oktav orta frekansları f (Hz) 8
Çizelge 2.2	Çeşitli seslerin dB cinsinden değerleri..... 12
Çizelge 2.3	Düzeyleri eşit olan ses kaynaklarının toplam ses düzeylerinin hesaplanması..... 14
Çizelge 2.4	Ses düzeyleri farklı kaynakların toplam ses düzeyi hesaplanırken yüksek düzeyli kaynağa eklenecek değerler 14
Çizelge 3.1	dBA filtresinin ses basınç düzeyine ağırlık katkıları..... 30
Çizelge 3.2	Kritik bantlar ve bant genişlikleri..... 32
Çizelge 4.1	Gürültü düzeyi yüksek olan ortamlarda maksimum günlük çalışma süreleri 42
Çizelge 5.1	Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenmiş kabul edilebilir yapı içi gürültü düzeyleri..... 72
Çizelge 5.2	Kabul edilebilir yapı içi gürültü düzeyleri 72
Çizelge 6.1	Yapının tasarım evresinde gürültüye karşı izlenecek yol için bir öneri.....81
Çizelge 6.2	Yapının tasarım evresinde gürültü denetimi çerçevesinde alınabilecek önlemlerden örnekler.....82
Çizelge 6.3	Yapının üretim ve kullanım evresinde gürültü denetimi çerçevesinde alınabilecek önlemlerden örnekler.....83

ÖZET

Fiziksel olarak düzensiz, fizyolojik olarak istenmeyen ses olarak tanımlanan gürültü, insan sağlığında yarattığı birçok olumsuz etki nedeniyle denetim altına alınması gereken çevre kirliliği faktörlerinin en önemlilerinden birisi haline gelmiştir.

Gürültünün insan sağlığına verdiği zararın önlenmesine yönelik yapılacak denetimde başarılı olmak için gürültünün tüm özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada öncelikle ses ve gürültünün tanımları ve sınıflandırması yapılmıştır. Daha sonra, işitme sistemi ve işitsel algılama incelenerek gürültü ve insan kulağı arasındaki ilişki kurulmuştur. Gürültünün sağlık üzerindeki biyolojik, psikolojik, psikofizyolojik ve sosyolojik etkilerinin tanıtılmasının ardından, yapının iç çevresinde oluşma yolları sıralanmış ve denetim sırasında gürültüye karşı alınması gereken önlemler açıklanmıştır.

Yapılan denetim sonucunda yapının iç çevresindeki gürültünün kabul edilebilir düzeylere indirilmesiyle, sağlık sorunlarının oluşmadan önleneceği ortaya konmuştur. Sağlıklı yapı ve çevresine ulaşılmasına bağlı olarak, biyolojik, psikolojik ve sosyolojik gereksinimler en üst düzeyde karşılanılmış ve kullanıcının yapıdan beklediği yaşamını sağlıklı olarak sürdürme temel gereksinmesine yanıt verilerek insan yaşamına olumlu katkıda bulunulmuş olunur.

Anahtar kelimeler: Gürültü, insan sağlığı, yapı biyolojisi, gürültü denetimi, yapı içi kabul edilebilir gürültü düzeyi.

ABSTRACT

Noise, which is defined as physically irregular and physiologically unwanted sound, becomes one of the most significant environmental pollution factor that needs to be taken under control, in view of its adverse effects on the human health.

To gain success in the control regarding the prevention of the damage given to the human health, whole characteristics of the noise have to be known. Thus, primarily the definition and classification of sound and noise are determined in this study. Later, the relation between the noise and the human ear is formed by examining the hearing system and perception. After the presentation of the biological, psychological, psychophysiological and sociological effects of noise on health, its occurrence ways at the indoor environment of the building are ranged and the precautions that has to be taken against noise during the control are explained.

It is introduced that health problems will be prevented before their occurrence , as a result of the performed control by the abatement of the noise at the indoor environment of the building to acceptable levels. In terms of achieving the healthy building and its environment, biological, psychological and sociological requirements have been met at the highest priority and, by responding users' basic requirement expected from the building related with leading their life in health, the human life has been contributed affirmatively.

Keywords: Noise, human health, building biology, noise control, acceptable indoor noise level.

1. GİRİŞ

1.1 Problem

“Çevre, yaşamın ve yaşam içindeki ilişkilerin olduğu ortamlar bütünüdür” (Balanlı ve Öztürk, 1995b). İnsanlar gereksinimlerini, tasarladıkları ve ürettikleri yapılarla oluşturdukları yapma çevrelerde karşılamaya çalışırlar. Biyolojik, psikolojik ve sosyolojik gereksinimlerin yapı tarafından tam anlamıyla karşılanması, insanın yaşamını sağlıklı bir biçimde sürdürmesine katkı sağlar. Bu gereksinimler karşılanmadığında ise yapı, dolaylı ya da dolaysız olarak, Dünya Sağlık Örgütü’nün “İnsanın fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik durumudur” biçiminde tanımladığı insan sağlığını etkiler ve insan yaşamına olumsuz katkıda bulunmuş olur. İnsan ve yapı arasındaki bu etkileşimden kaynaklanan sağlık sorunları “Yapı Biyolojisi” adı verilen bilim dalı tarafından araştırılır. “Yapı biyolojisi, ‘insan ile yapı arasındaki ilişkileri kurarak yaşamı etkileyecek olumsuzlukları gidermeye çalışan, yapının oluşumunu ve kullanımını insan sağlığı açısından yönlendiren kararları üreten ve denetleyen’ bir bilim dalıdır” (Balanlı ve Öztürk, 1995a). Yapı biyolojisinin temel amacı, kullanıcıda oluşabilecek sağlık sorunlarını engellemektir. Tasarımcıların görevi de, sağlıklı yapı ve çevresine ulaşmak ve sağlık sorunlarını ortaya çıkmadan önlemek amacıyla yapının tasarım, üretim ve kullanım evrelerinde yapı biyolojisinden en üst düzeyde yararlanmaktır.

Yapının dış kabuğunu saran doğal çevre yapının “dış çevre”si, kabuğun içinde yer alan çevre ise “iç çevre”sidir. Yapının dış çevresi ile iç çevresinin ortak özelliği, fiziksel ve sosyal niteliklerinin olmasıdır. Bu niteliklere bağlı olarak iç ve dış çevre, fiziksel ve sosyal çevreler olmak üzere ikiye ayrılır. Fiziksel çevre, insanın biyolojik, psikolojik ve sosyolojik gereksinimlerini giderdiği doğal ya da yapma ortamlardır. Sosyal çevre ise, bu ortamları kullanarak birbirleri ile etkileşim içinde bulunan insanların oluşturduğu ortamlardır. Yapının sosyal iç çevresi ile sosyal dış çevresi, insanların, grup oluşturma, din, ahlak, örf ve adet, moda, hukuk gibi normlara uyma ve sosyalleşme süreci geçirme özellikleri ile oluşur. Yapının fiziksel dış çevresinde ise, hava, su, toprak ve canlılardan oluşan doğal çevre ile binalar, yollar ve parklardan oluşan yapma çevre bulunur. Yapının fiziksel iç çevre özellikleri, ses ile ilgili (işitme, gürültü), boyutsal ve biçimsel (en, boy, yükseklik, alan, hacim, oran, biçim), görsel (ışık, renk, estetik), dokunma ile ilgili (sertlik, pürüzlülük, keskinlik, sıcaklık) ve atmosferik özellikler (hava niteliği, sıcaklık, nem, basınç, hareket edebilme, elektro-iklimsel) olarak sıralanabilir (Balanlı ve Öztürk, 1997).

Bu çalışmada, yapının ses ile ilgili özellikleri ile bu özelliklerden kaynaklanan ve insanda sağlık sorunu oluşturan olumsuzluklar problem bütünü olarak kabul edilmiştir.

Kullanıcılarda sağlık sorunu oluşturan, yapının fiziksel iç çevresinin ses ile ilgili özellikleri, akustikte hacim akustiği ve yapı akustiği açısından incelenir. Hacim akustiği konularını ilgilendiren fiziksel iç çevre özelliği "işitme", yapı akustiğini ilgilendiren fiziksel iç çevre özelliği ise "gürültü" dür. İşitme özelliği ile ilgili yapı içinde ortaya çıkabilecek olan olumsuzluklar, mekanda odaklanma, yankı, ses yutulması gibi hacim akustiğiyle ilgili kavramlardır. Bu olumsuzluklar, hacim içindeki sesin niteliksiz oluşundan kaynaklanır. Hacimdeki ses dağılımına ve ses düzeyine gereken önem verilmediği takdirde kullanıcılarda çoğunlukla psikolojik rahatsızlıklara rastlanır. Bu rahatsızlıklara, duyamama, sesi ayırt edememe, anlayamama gibi etkenler neden olur (Balanlı ve Öztürk, 1995b).

Kullanıcılarda sağlık sorunu oluşturan ses ile ilgili diğer bir olumsuzluk ise gürültü kirliliğidir. Gürültü, fiziksel olarak düzensiz, fizyolojik olarak istenmeyen ses olarak tanımlanır (Sözen ve Akdağ, 1998). Gürültü kirliliği ise, "...insan sağlığı için sakıncalı olan ve fiziksel olarak gürültü niteliğine sahip seslerin, çeşitli çevre örneklerinde, çevrenin fiziksel özelliklerine de bağlı olarak oluşturduğu toplumsal etkilenmeyi belirtmek üzere kullanılan bir kavramdır" (Kurra, 1997).

İnsanın gürültüden olumsuz etkilenmesi, 55-60 dB'lik ses düzeylerinden itibaren başlar. Bu düzeylerde oluşan rahatsızlık, gürültü düzeyinin 60-65 dB'ye ulaşmasıyla belirgin bir biçimde artar. Gürültü düzeyi 65 dB'nin üzerine çıktığında ise, insanda biyolojik, psikolojik, psikofizyolojik ve sosyolojik açıdan ciddi etkilenmeler oluşur (OECD, 1986). Ayrıca, hayvanlar üzerinde yapılan laboratuvar çalışmalarında, 150-160 dB gürültünün ölüme yol açtığı kanıtlanmıştır (Berland, 1970). Gürültünün insan vücudunda oluşturduğu en fazla bilinen olumsuzluklar; kulakta işitme kayıpları, tinnitus (çınlama) ve ağrı ile uyku bozulması gibi biyolojik etkilerdir. Bununla birlikte, insanın ruh sağlığında bozulmalara ve stres oluşumuna yol açan psikolojik etkilenmelerden kaynaklanan psikofizyolojik etkilenmeler, vücuttaki çoğu sistemde zararlara yol açar. Bunlara örnek olarak, psikoendokrin, kardiyovasküler, immunolojik, gastrointestinal rahatsızlıklar, solunum, üreme, görme, denge bozuklukları, irkilme tepkileri ve vücut yorgunluğu gibi birçok psikofizyolojik rahatsızlıklar verilebilir. Gürültünün psikolojik etkilerine bağlı olarak oluşan sosyolojik etkilenmeler ise, kişinin diğer insanlarla olan ilişkilerinde olumsuzluklara neden olur.

İnsanda sağlık sorunları oluşmasına neden olan gürültü, yapının dış ve iç çevresinde doğup yayılır. Yapı dışında ulaşım, sanayi, inşaat, açık hava etkinlikleri, vb. ile ortaya çıkan gürültü, yapı içinde ise insan, müzik, tesisat, makina vb. seslerden kaynaklanır. Yapının dış çevresindeki gürültülerin yapı içine geçmesinin yanında, yapı içinde doğan ve yayılan seslerin çeşitli yollarla yapıdaki diğer mekanlara geçmesiyle yapının fiziksel iç çevresinin ses düzeyleri giderek artış gösterir. Oluşan gürültü, gürültü denetimi sürecinde tasarımcı tarafından alınacak önlemlerle yapı içinde kabul edilebilir düzeylere indirilmelidir.

1.2 Amaç

Bu çalışma, Dünya Sağlık Örgütü tarafından insan sağlığını bozan birinci derecedeki etken olarak kabul edilen gürültü konusuna dikkat çekmek ve kullanıcılarda sağlık sorunu oluşumunun önlenmesi için yapı içinde alınacak gürültü denetimi önlemlerini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. "...uygarlığın gelişimine paralel olarak ortaya çıkan teknoloji artığı..." (Kurra, 1997) olarak kabul edilen gürültü, son yıllarda, birey ve toplum üzerinde neden olduğu birçok olumsuz etki nedeniyle denetim altına alınması gereken çevre kirliliği faktörlerinin en önemlilerinden biri durumuna gelmiştir. Teknolojinin gelişmesi, sanayileşmenin artması, kentleşmenin hızlanması, doğal nüfus artışı, büyüyen kentlerde ulaşım ve taşımacılık amacıyla artan ve yaygınlaşan trafik, yol ve yapı inşaatları, bakım-onarımlar ve spor, eğlence, alışveriş gibi türlü açık hava etkinliklerinden kaynaklanan gürültü kirliliği her geçen gün daha fazla insanı etkilemektedir. Günümüzde, bireylerin çoğunun gürültünün insan sağlığına verdiği zarardan habersiz olması, duyulan rahatsızlığın tepkiye dönüşmesini ve gürültünün önlenmesi konusunda çaba gösterilmesini engellemektedir. Bu nedenle, konunun olabildiğince fazla kişi tarafından bilinmesinin sağlanması ve toplumun bu konuda bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Yapı biyolojisi bilim dalının araştırdığı konulardan biri olan bu olumsuzluk, yapının hayatta kaldığı sürece gündemde olan her aşamasında (tasarım, üretim ve kullanım aşamaları) verdiği kararlarla, yapı ile insan arasındaki olumlu ve olumsuz etkileşimlerden sorumlu olan tasarımcıyı yakından ilgilendirir. Bu çalışma, tasarımcının verdiği kararlar ve aldığı önlemlerle, yapının fiziksel iç çevresinde oluşacak gürültüyü azaltarak ya da engelleyerek, insanda sağlık sorunu oluşumunu önleyip önleyemeyeceği sorularına yanıt vermek için yapılmıştır.

1.3 Önem

Gürültü; kalp krizi, kanser, körlük, tüberküloz, doku sertleşmesi, zührevi hastalıklar ve karaciğer rahatsızlıklarıyla karşılaştırıldığında kişileri daha fazla etkilemesine rağmen zararları farkında olunmayan ve çözümüne gereken önem verilmeyen günümüzün en büyük sorunlarından biridir (HEI, 2000). Avrupa Birliği nüfusunun yaklaşık %20'si (yaklaşık 80 milyon kişi), bilim adamlarının ve sağlık uzmanlarının kabul edilemez olarak nitelendirdiği, sağlığı korkulacak derecede olumsuz etkileyen (65 dBA'yı geçen) gürültü düzeyleriyle karşı karşıya kalmaktadır. Nüfusun yaklaşık %50'si ise (yaklaşık 170 milyon kişi), 55 ve 65 dBA arasındaki gürültü düzeylerinin ciddi rahatsızlıklara yol açtığı "gri alan" olarak adlandırılan yerlerde yaşamaktadır (EC, 1996). Gürültü sonucu ortaya çıkan biyolojik, psikolojik, psikofizyolojik ve sosyolojik rahatsızlıkların, dinlenme, eğlenme, iletişim kurma, öğrenme, çalışma gibi insanların günlük yaşamda yaptıkları eylemleri de olumsuz etkilemesiyle konu giderek çok boyutlu bir hal almaktadır. Etkilenme sonucunda, gürültünün, müzik dinleme, televizyon izleme gibi eylemlere girişim yaptığı, konuşmanın anlaşılabilirliğini azalttığı, konuşmaya girişim yaparak iletişimi bozduğu bilinmektedir. ABD'de her on kişiden birinde normal konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen çeşitli derecelerdeki işitme kayıplarına rastlanmaktadır (AAO-HNS, 2000). Aynı zamanda, ABD'de işitme kaybına uğrayan 28 milyon kişinin yaklaşık 10 milyonu gürültü nedeniyle bu rahatsızlığa sahiptir ve halen 20 milyonun üzerinde Amerikalı, işitme kaybına neden olabilecek kadar tehlikeli düzeylerde gürültüde kalmaktadır (NIH, 1990).

Yapılan çalışmalarda gürültünün sağlığı etkilemesi sonucunda zihinsel algılamanın ve öğrenmenin de bozulduğu ortaya çıkmıştır (WHO, 1998; EEA, 1999a). Gürültünün öğrenciler üzerinde, zihinsel aritmetik, problem çözme ve özellikle okuma öğrenme gibi etkinlikler sırasında büyük zorluklar yarattığı yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır (Suter, 1991). Çalışma sırasında ise, gürültünün, konsantrasyon bozukluğuna ve yapılan yanlışların artmasına neden olmasıyla performansı düşürdüğü bilinmektedir. Bu problemler özellikle belleğe dayalı ve ayrıntılara sürekli dikkat gerektiren işlerde yaşanır. Yapılan araştırmalarda, gürültünün 20-25 dB'lik artışının verimi %30 oranında azalttığı görülmüştür (Gunderson, 1996).

Dünya Sağlık Örgütü İngiliz Grubunun yaptığı bir araştırmaya göre, 1983/1984 ve 1992/1993 yılları arasında İngiltere'de gürültüyle ilgili yakınmalar yaklaşık iki buçuk kat daha artmıştır ve giderek artmaktadır (Çizelge 1.1). Araştırmada, en fazla rahatsızlığın yapı içi gürültülerden (konut) kaynaklandığı bulgusuna varılmıştır. Bunun yanında, Prasher'a (1998) göre

Avrupa'da 25-35 milyon kişi iş yeri gürültülerinden etkilenmektedir. Türkiye'de ise, SSK İstatistik yıllıklarından alınan bilgilere göre endüstriyel işitme kaybına sahip insan sayısının ikiyüz bini aştığı bilinmektedir (Sabuncu, 1997).

Çizelge 1.1 İngiltere'de 1983/1984 ve 1992/1993 yılları arasında çeşitli gürültülerden rahatsız olan kişi sayısı (WHO United Kingdom Group 3, 1997)

	1983/1984	1990/1991	1991/1992	1992/1993
Yapı içi (konut)	1016	2264	2627	3137
Sanayi ve ticaret	595	913	1037	1108
Yol çalışmaları ve inşaat	81	252	148	191
Karayolu	36	46	65	59
Havayolu	17	34	72	73

Yukarıdaki verilerden de anlaşılacağı gibi gürültü kirliliği çok ciddi bir çevre problemidir. Yapılarda alınacak önlemlerle, yapının fiziksel iç çevresinde oluşan gürültü kirliliğinin etkileri azaltılarak kullanıcılarda oluşan sağlık sorunları önenebilir. Böylece insan yaşamına olumlu katkıda bulunulmuş ve insanın biyolojik ve psikolojik gereksinmelerine cevap verilmiş olunur. İnsanın yaşamını sağlıklı bir biçimde sürdürme temel gereksinmesine verilen önem, gürültü kirliliği ile ilgili yapılan çalışma ve araştırmaların gereğini ortaya koymaktadır.

1.4 Varsayım

Bu çalışma, tasarımcının yapının tasarım, üretim ve kullanım aşamalarında aldığı gürültü denetimi önlemleriyle, yapının fiziksel iç çevresindeki gürültüyü kabul edilebilir düzeylere indirmesi sonucunda, kullanıcıdaki biyolojik, psikolojik, psikofizyolojik ve sosyolojik sağlık sorunları oluşumunun önleneceği varsayımına dayanmaktadır. Bunun sayesinde, insanın yapıdan beklediği yaşamını sağlıklı olarak sürdürme temel gereksinmesine yanıt verilerek insan yaşamına olumlu katkıda bulunulacağı düşünülmektedir.

1.5 Sınırlılıklar

- **Bilim dalı:** Bu çalışmada gürültüden kaynaklanan sağlık sorunlarının tanı ve iyileştirme yöntemleri gibi tıbbi konular araştırma dışında bırakılmış, yapı ile insan arasındaki sağlık ilişkisini inceleyen Yapı Biyolojisi bilim dalını ilgilendiren konular ele alınmıştır. Ayrıca, Yapı Fiziği bilim dalından yararlanılarak, sesin bir sınıfı olan gürültünün tanımı ve

özellikleri açıklanmış ve yapıda gürültüye karşı alınacak yapı akustiği ile ilgili önlemlere gereken ölçüde değinilmiştir.

- Konu: Çalışma, fiziksel ve sosyal olarak ikiye ayrılan yapının iç çevresinin, fiziksel özelliklerinden ses ile ilgili olanlar ile sınırlandırılmış ve bu özelliğin alt başlıklarından olan gürültü konusunda yoğunlaşmıştır.

1.6 Yöntem

Gürültünün insanlara verdiği rahatsızlık ve zararın önlenmesi ya da azaltılması için yapılacak denetimde başarılı olmak için öncelikle gürültünün tüm özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada ilk olarak ses ve gürültünün tanımları ve sınıflandırması yapılmıştır. Daha sonra, işitme sistemi ve işitsel algılama incelenerek gürültü ve insan kulağı arasındaki ilişki kurulmuştur. Gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkilerinin tanıtılmasının ardından, yapının fiziksel iç çevresinde oluşma yolları sıralanmış ve denetim sırasında gürültüye karşı alınması gereken önlemler açıklanmıştır.

2. SES ve GÜRÜLTÜ

2.1 Ses

“İnsan kulağında işitsel duyulanma uyandırabilen maddesel ortam titreşimlerine (maddesel ortamdaki basınç ya da tanecik hızı değişimlerine) ses denir” (Karabiber, 1996). Titreşen bir nesnenin, statik denge konumundan ayrılp önündeki havayı iterek sıkıştırmasıyla arkasında ani bir basınç azalması oluşur. Nesnenin arkasındaki bu boşluğun hava tarafından hızla doldurulmasıyla basınç değişimleri uzak noktalara iletilir ve hava, ses dalgaları olarak bilinen harekete sokulmuş olur. Ses dalgaları küresel olarak yayılır. Katı, sıvı ve gaz olmak üzere tüm maddesel ortamlarda yayılabilen sesin yayılma hızı, ortamın özgül ağırlığına ve esnekliğine bağlıdır. Ses en hızlı, molekülleri birbirine yakın olan katı ortamlarda yayılır. Sesin havadaki yayılma hızı yaklaşık 330 – 350 m/sn’dir. Hava sıcaklığı ile değişen sesin yayılma hızı, düşük sıcaklıklarda azalır, yüksek sıcaklıklarda çoğalır. Mimari akustikte çoğunlukla, sesin 20°C’deki yayılma hızı olan 345 m/sn kullanılır (Doelle, 1972).

Ses, fiziksel bir olayın insan kulağında uyandırdığı fizyolojik bir duyulanmadır. Bu nedenle sesin fiziksel özellikleri tanımlanırken, aynı zamanda işitme sistemindeki duyulanmaların biçim ve büyüklüklerinin de bilinmesi gereklidir. Bu biçim ve büyüklükler, çeşitli yöntemler kullanılarak, kulak zarının titreşim hareketi gibi fiziksel parametreler ya da duyu ve sinir dokularındaki biyoelektrik gerilim değişimleri gibi elektro-fizyolojik parametreler ile tanımlanıp ölçülebilir (Berglund ve Lindvall, 1995).

2.1.1 Ses ile ilgili büyüklükler ve tanımları

Ses tanımlanırken üç temel özelliğinden yararlanır. Bunlar, sesin inceliği – kalınlığı, azlığı – çokluğu ve tınısıdır. Sesin bu üç temel özelliği birbirinden bağımsız olarak değişebileceğinden ses bileşeni durumundadır.

2.1.1.1 Sesin inceliği – kalınlığı

Sesin inceliği – kalınlığı, sesi çıkaran kaynağın titreşim hızına bağlıdır. Hızlı titreşim yapan kaynaklar ince (tiz) sesler, yavaş titreşim yapan kaynaklar kalın (bas) sesler çıkarır. İnce seslere örnek olarak, çocuk sesleri, kısa tellerden ve ince metallere çıkan sesler, kalın

seslere örnek olarak ise, bas, bariton gibi erkek sesleri, uzun tellerden ve kontrbas gibi büyük boyutlu çalgılardan çıkan sesler verilebilir (Sirel, 1980).

Sesin inceliği – kalınlığı bileşeni ile ilgili başlıca büyüklükler, frekans, devir süresi ve dalga boyudur.

A. Frekans

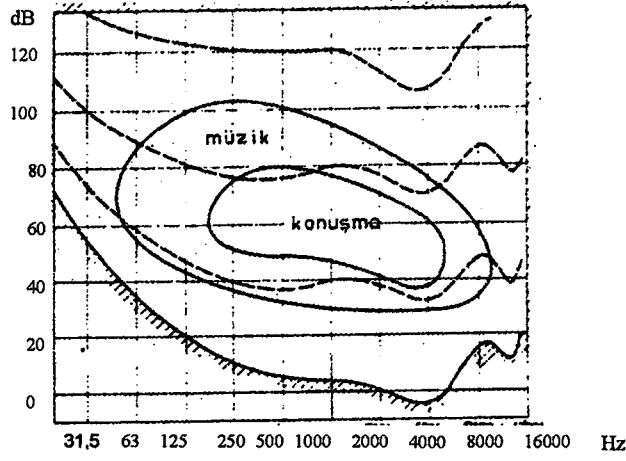
Frekans, birim zamandaki titreşim sayısıdır. Simgesi “f”, birimi Hertz’dir (Hz). İnsan kulağı, frekansı 16 Hz ile 20000 Hz arasında olan titreşimleri ses olarak algılar. Saniyedeki titreşim sayısı arttıkça, frekans yükselmiş olur ve ses gittikçe inceler. Buna göre, frekansı 16 Hz olan ses, kulakta duyulanma yaratabilen en kalın, 20000 Hz ise duyulanma yaratabilen en ince sestir. Frekansı 16 Hz’in altındaki titreşimlere infrases (sesaltı), 20000 Hz’in üstündeki titreşimlere ultras (sesüstü) denir (Sirel, 1980). Deniz dalgaları, don, deprem, rüzgar sesleri infrases, kıvılcım sesi ise ultras titreşimlere örnek olarak verilebilir (Sabuncu, 1997).

Oktav, frekansın bir öncekine göre iki katına çıktığı ya da sonrakine göre yarıya indiği aralıkların her biridir. Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi 16 Hz ile 16000 Hz arasında 10 oktav bant vardır (ISO, 1975). Mimari akustikte genellikle 125 Hz’den başlayıp 4000 Hz’de biten altı oktav bant kullanılır. Daha ayrıntılı ölçme ve değerlendirmelerde her oktav aralığının üçe bölünmesiyle elde edilen 1/3 oktav bant aralıklarından yararlanır (Karabiber, 1996).

Oktavın müzik dilindeki tanımı gamdır. Müzikteki her notanın bir frekansı vardır. Çizelge 2.1’deki frekanslar, çeşitli kalınlıklardaki do notasının frekanslarıdır. Frekansı 500 Hz – 1000 Hz arasında olan sesler orta kalınlıkta, 500 Hz’in altında olan sesler kalın, 1000 Hz’in üzerinde olanlar ise ince sesler olarak nitelendirilir. İnsan kulağı oldukça geniş bir frekans alanını algılayabildiği halde, genellikle müzik ve konuşma gibi seslerin bulunduğu frekans alanları sınırlıdır (Şekil 2.1).

Çizelge 2.1 Oktav orta frekansları f (Hz)

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



Şekil 2.1 Müzik ve konuşma seslerinin kapladığı frekans alanları (Ginn, 1978)

B. Devir süresi

Frekansın tersi olan devir süresi (periyot), bir titreşimin süresidir (2.1). Simgesi "T", birimi saniyedir.

$$T = 1 / f \quad (2.1)$$

T = Devir süresi (sn)

f = Frekans (Hz)

İnce sesler yüksek frekanslı olduklarından çabuk titreşimli, kalın sesler ise alçak frekanslı olduklarından yavaş titreşimlidir. Algılanan sessel titreşimlerin devir süreleri 1/16 sn ile 1/16000 sn arasında değişir (Karabiber, 1996).

C. Dalga boyu

Dalga boyu, yayılma sırasında titreşim hareketinin bir devir süresi içinde gittiği uzaklıktır. Simgesi "λ", birimi metredir. Dalga boyunun frekans ve yayılma hızı ile ilişkisi (2.2)'deki gibidir.

$$\lambda = c / f \quad (2.2)$$

λ = Dalga boyu (m)

c = Yayılma hızı (m/sn)

f = Frekans (Hz)

Ses titreşimlerinin dalga boyları yaklaşık 0,02 m ile 20 m arasında değişir. Kalın seslerin dalga boyları uzun, ince seslerin dalga boyları kısadır (Karabiber, 1996).

2.1.1.2 Sesin azlığı – çokluğu

Sesin azlığı – çokluğu sesin oluşmasına yol açan enerjinin büyüklüğüne bağlıdır. Bu bileşen ile ilgili başlıca büyüklükler, genlik, akustik basınç, ses gücü, ses yeğlinliği ve ses düzeyidir.

A. Genlik

Titreşen bir taneciğin titreşim hareketi ile gidip geldiği uzaklığa genlik denir. Simgesi “A”, birimi mikrometredir (μm). Sessel titreşimlerin genlikleri 0,1 ile 100 μm arasında değişir. İnsan kulağının algılayabildiği en hafif sesin genliği 0,1 μm 'dir. Genliğin üst sınırı olan 100 μm ise kulağın zarar görme sınırındır (Karabiber, 1991).

B. Akustik basınç

Ses titreşimlerinin hava basıncında yol açtığı değişimlere akustik basınç denir. Simgesi “P”, birimi μbar ya da paskal (N/m^2)'dir. Duyulabilen en hafif sesin akustik basıncı 0,0002 μbar , en yeğin sesin akustik basıncı ise 200 μbar 'dır (Egan, 1988).

C. Ses gücü

Ses kaynaklarının birim zamanda yayımladıkları ses enerjisi ses gücü ile belirlenir. Ses gücünün simgesi “W”, birimi Watt ya da μW 'dir (Doelle, 1972).

D. Ses Yeğlinliği

Ses yeğlinliği, birim zamanda yayılma doğrultusuna dik birim alandan geçen ses enerjisinin ortalama değeri olarak tanımlanır (Doelle, 1972). Sesin azlığı – çokluğuyla ilgili diğer büyüklüklerden farklı olarak, vektörel bir büyüklüktür. Simgesi I, birimi W/m^2 'dir (2.3).

$$I = p^2 / \rho c \quad (2.3)$$

I = Ses yeğnliği (W/m^2)

p = Akustik basınç (N/m^2)

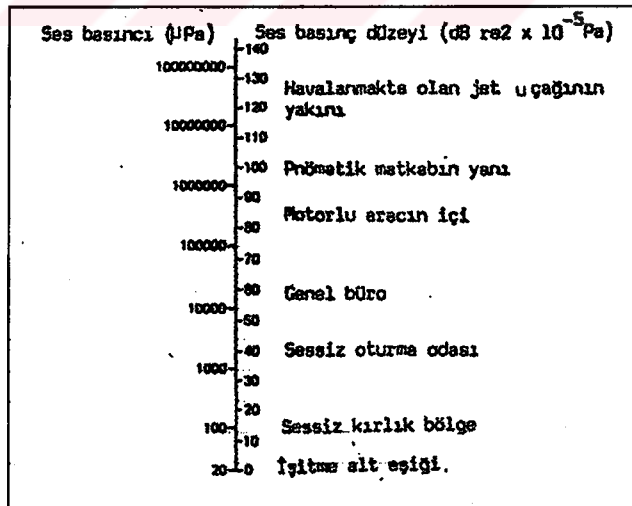
ρ = Özgöl ağırlık (kg/m^3)

c = Sesin yayılma hızı (m/sn)

E. Ses düzeyi

Akustik olaylar kuramsal olarak incelenirken, yukarıda tanımları verilen akustik basınç, ses gücü ve ses yeğnliği kavramlarından yararlanır. 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 (dB)'dir (Karabiber, 1991). Çizelge 2.2'de çeşitli düzeylerdeki seslerden örnekler görölmektedir.

Ses gücü, ses yeğnliği ve akustik basınç, düzey cinsinden sırasıyla, ses gücü düzeyi, yeğnlik düzeyi ve ses basınç düzeyi olarak ifade edilir. Mimari akustikte genellikle ses basınç düzeyi (SPL) kullanılır (Egan, 1988). Şekil 2.2'de ses basınç düzeyi ile akustik basınç değerleri arasındaki fark görölmektedir.



Şekil 2.2 Akustik basınç ile ses basınç düzeyi değerlerinin karşılaştırılması (Ginn, 1978)

Çizelge 2.2 Çeşitli seslerin dB cinsinden değerleri (Doelle, 1972; Sirel, 1980; Knauss, 1987; Lansford, 1987; Egan, 1988; Durakbaşa ve Davashgil, 1997; LHH, 1998, 1999)

	Örnekler	dB
Çok yüksek düzeyli sesler	Jet motoru (25 m uzakta)	140
	Kalkış yapan jet (100 m uzakta)	130
	Siren (50 hp, 30 m uzakta)	138
	Yapı içinde çelik saç üzerine çekiç darbesi (1 m uzakta)	120-125
	Oyuncak (tabanca, müzik aletleri, telefon, yanında)	110-129
	Şimşek (olabildiğince yakınında)	120
	Kalkış yapan jet (150 m uzakta)	115
	Gar içinde durmadan geçen tren (5 m uzakta)	110-120
	Walkman (kulak girişinde)	110-115
	Rock müzik orkestrası (elektronik ses düzeniyle, 3 m uzakta)	108-114
	Kulak içine bağıрма (kulak girişinde)	110
	Susturucusuz motosiklet (2 m uzakta)	100-105
	Korna (şehir dışında, 3 m uzakta)	100-105
	Tabanca (90 cm uzakta)	100
	Kamyon (saatte 80 km hızla, 10 m uzakta)	98-102
Yüksek düzeyli sesler	Kalkış yapan jet (1000 m uzakta)	90
	Senfonik orkestra (Akustik düzenlemesi yapılmış salonda, ortalama)	90
	Kamyon (saatte 40 km hızla, 10 m uzakta)	88-92
	Elektrik süpürgesi (yanında)	80-90
	Bağıрма (1 m uzakta)	75-85
	Çamaşır makinası (yanında)	75-80
	Otomobil (saatte 80 km hızla, 10 m uzakta)	74-80
	Yüksek sesle konuşma (1 m uzakta)	70-80
	Telefon zili (2 m uzakta)	70-80
	Korna (şehir içinde, 3 m uzakta)	70-75
Uçuş sırasında kabin gürültüsü (B-757 tipi uçak)	70	
Orta düzeyde sesler	Otomobil (saatte 40 km hızla, 10 m uzakta)	65-70
	Konferansçı (2 m uzakta)	65-70
	Bulaşık makinası (yanında)	60-65
	Klima (7,5 m uzakta)	60
Alçak düzeyli sesler	Alçak sesle konuşma (1 m uzakta)	50-60
	Buzdolabı (yanında)	40-50
	Kağıt yırtılması (yanında)	40-50
	Masa saati (yanında)	30-40
Çok alçak düzeyli sesler	Kol saati (yanında)	20
	Fısıltı (2 m uzakta)	15-30
	Çok hafif esintide yaprak hışırtısı (1 m uzakta)	15
	Normal nefes alma (30 cm uzakta)	10
	İnsanın kalp atışı (yanında)	10
	Duyulabilen en alçak ses (ortalama)	10
Akustik laboratuvarında fon gürültüsü	5	

Ses düzeyi ölçümleri yapılırken zamansal değişimleri gözönünde bulundurmak için geliştirilmiş çeşitli büyüklükler vardır. Bunlara örnek olarak, eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi [Leq (dBA)] ve istatistiksel düzeyler (L_{10} , L_{50} , L_{90} , vb.) verilebilir. Eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi, düzeyi zaman içinde değişen sesle aynı enerjiye sahip, zaman içinde değişmeyen durağan ses düzeyidir (Sözen ve Akdağ, 1998). Bu düzey, ölçümü yapılan, zaman içinde değişen ses düzeyinin logaritmik bir ortalaması olarak düşünülebilir. İstatistiksel düzey ise, belirli bir zaman içinde aşılacak ses düzeyidir ve daha hassas ölçümlerde kullanılır. Örneğin, L_{10} ses düzeyi, ölçüm yapılan toplam zamanın %10'unda aşılacak ses düzeyidir. Zaman içinde ani olarak ya da belirli aralıklarla oluşan, sürekli olmayan seslerin (ani patlamalar, tren, uçak gürültüleri) ölçümlerinde kullanılır. L_{90} ise, ölçüm yapılan toplam zamanın %90'unda aşılacak ses düzeyidir ve fon gürültüsünün* ölçümünde kullanılır. Zaman içinde değişimi az olan ya da hiç olmayan seslerde Leq ile istatistiksel düzeyler birbirine çok yakın çıkar (Karabiber, 1996).

Ses düzeyleri hesaplanırken, dB cinsinden değerlerle aritmetiksel işlem yapılamaz. Bunun nedeni düzeyin logaritmik bir büyüklük olmasıdır. İşlem yapmak için dB değerleri aritmetiksel değerlere çevrilir ya da hazır çizelgeler kullanılır. Denklem (2.4)'ün yardımıyla ses kaynaklarının toplam düzeyinin hesabı log ve antilog fonksiyonlu hesap makinasıyla gerçekleştirilebilir. Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4'te pratik işlemler yapmada yararlanılabilecek değerler yer almaktadır.

$$\text{Toplam düzey} = 10 \log_{10} (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}) \quad (2.4)$$

L_n = Her bir kaynağın ses düzeyi (dB)

* Bölüm 2.2.1

Çizelge 2.3 Düzeyleri eşit olan ses kaynaklarının toplam ses düzeylerinin hesaplanması
(Karabiber, 1996)

Ses kaynağı sayısı	Toplam düzey (dB)
1	N
2	N+3
3	N+5
4	N+6
5	N+7
6	N+8
7	N+8,5
8	N+9
9	N+9,5
10	N+10
⋮	⋮
n	N+10 log n

N = Bir ses kaynağının ses düzeyi (dB)
n = Kaynak sayısı

Çizelge 2.4 Ses düzeyleri farklı kaynakların toplam ses düzeyi hesaplanırken yüksek düzeyli kaynağa eklenecek değerler (Karabiber, 1996)

İki sesin düzey farkı (dB)	Yüksek düzeyli olana eklenecek değer (dB)
0	3,0
1	2,5
2	2,1
3	1,8
4	1,5
5	1,2
6	1,0
7	0,8
8	0,6
9	0,5
10	0,4
>10	0

2.1.1.3 Sesin tınısı

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. İşitilen sesin ne sesi olduğunu, neye ya da kime ait olduğunu anlamaya yarayan ses bileşenine tını denir (Karabiber, 1992).

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 sese 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 (Sirel, 1980). Müzikal sesler genellikle karmaşık seslerdir.

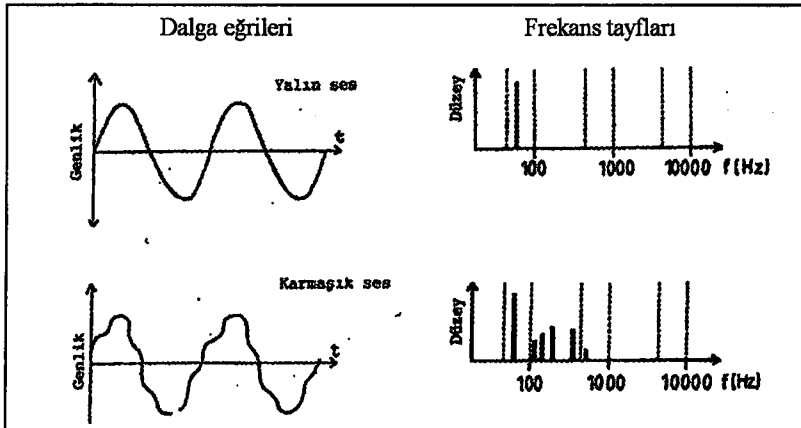
Tınıyı belirleyen etkenler, bir temel sese eşlik eden uyumluların sayısı ve yeğliliklerinin oranıdır. Temel sese çoğunlukla yedi, sekiz doğal uyumlusu eşlik eder. Ses kalitesini temel sese eşlik eden uyumlu sayısı etkiler, uyumlu sayısı arttıkça ses zenginleşir. Örneğin piyanoda temel sese dört uyumlu eşlik ederken, kemanda altı uyumlu eşlik eder (Sözen ve Akdağ, 1998).

2.1.2 Sesin sınıflandırılması

Ses, düzenli ve düzensiz sesler olmak üzere iki başlık altında toplanır.

2.1.2.1 Düzenli sesler

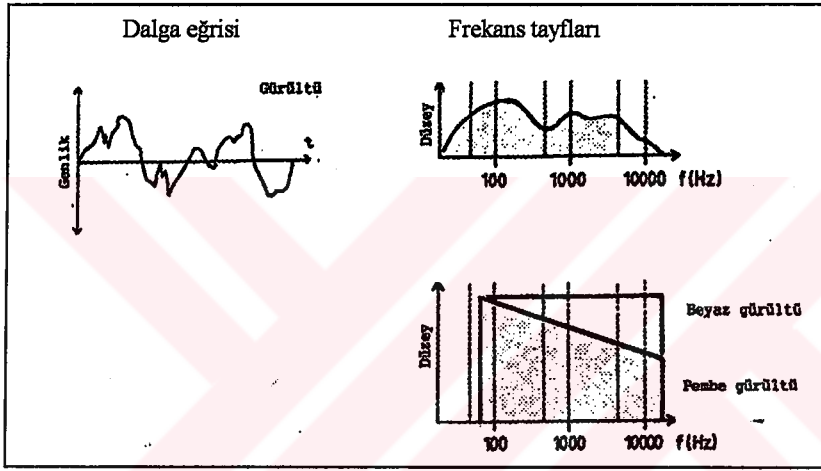
Düzenli sesler, yalın ve karmaşık sesler olmak üzere iki gruptan oluşur. Yalın sesler, tek frekanslı, uyumluları olmayan yapay seslerdir (Karabiber, 1992). Karmaşık sesler ise, temel ses ve uyumlulardan oluştuğundan tınısı belirgin olan seslerdir (Şekil 2.3). Müzikal sesler, belli frekansları olması nedeniyle notası belirlenebildiğinden düzenli sesler olarak kabul edilir (Sözen ve Akdağ, 1998).



Şekil 2.3 Yalın ve karmaşık seslerin grafiksel gösterimi (Sirel, 1980)

2.1.2.2 Düzensiz sesler

Düzensiz sesler, frekans ve yeğinlik dağılımları gelişigüzel olan az ya da çok sayıda frekans bileşeninden oluşur. Zaman içinde devirselliği olmadığından gürültü düzensiz seslere örnek olarak verilebilir (Şekil 2.4). Gürültü armonik değildir, frekansı (notası) belirlenemez ve çıkan sesler arasında uyum aranmaz (Türkçü, 1999). Şekil 2.4'teki beyaz ve pembe gürültü olarak adlandırılan gürültüler, doğada varolmayan, ölçmeler için özel olarak üretilen düzensiz seslere örnektir. Beyaz gürültü, yeğinlik dağılımları bütün frekanslarda aynı olan ve işitilen frekans alanlarının tümünü kaplayan düzensiz seslerdir. Pembe gürültü ise, yeğnliği her oktavda 3 dB azalarak değişen düzensiz seslerdir (Karabiber, 1992).



Şekil 2.4 Çeşitli gürültülerin grafiksel gösterimi (Sirel, 1980)

Konuşma, düzenli ve düzensiz seslerin zaman içinde birbirini izlemesiyle meydana gelir. Konuşurken çıkan kelimelerdeki sesli harfler düzenli, sessiz harfler ise düzensiz seslerdir. Sessiz harflerin sesli harflere göre yeğnlikleri az ve frekansları yüksek olduğundan işitilmesi diğer sesler tarafından kolaylıkla engellenebilir*. Bu özelliğinden ve alfabedeki sayılarının fazlalığından dolayı, konuşmanın anlaşılabilirliği büyük ölçüde sessiz harflerin algılanabilirliğine bağlıdır. Sessiz harfler algılanmadığı takdirde, konuşanın sadece sesi duyulur fakat ne söylediği anlaşılabilir (Sirel, 1980).

* Bölüm 3.2.3

2.2 Gürültü

2.2.1 Gürültünün tanımı

Fiziksel olarak düzensiz*, fizyolojik olarak istenmeyen seslere gürültü denir (Sözen ve Akdağ, 1998). Rahatsız edici, sıkıntı verici ya da çalışma, dinlenme, eğlenme gibi günlük eylemlere zarar verici her türlü ses olarak kabul edilen gürültü, yeğlinliği yüksek olan, hoş gitmeyen ya da beklenmeyen bütün sesleri kapsar (Doelle, 1972; EC, 1996). Konuşma ve müzik de istenmediği zaman gürültü olarak kabul edilebilir. Gürültü, bireylerin duyarlılığına ve gürültünün çeşit, süre ve zamanlamasına bağlı olarak bireylerin ya da toplumların sağlığını etkileyebilir (EEA 1996b). Buna dayanarak, insanların fizyolojik, psikolojik ve sosyolojik durumlarını ters etkileyen ya da etkileyebilen işitsel akustik enerji olarak da tanımlanabilir (Berglund ve Lindvall, 1995).

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 hoş gider olursa olsun, yeğlinliği fazla ise gürültü olarak kabul edilir. Örneğin, sevilen türdeki bir müziğin ses basınç düzeyinin artırılması insanda rahatsızlık yaratabilir. Ayrıca, hoş giden bir sesin frekansı yükseltildiğinde duyulan rahatsızlık artacağından, ses gürültüye dönüşür (Doelle, 1972).

Ses, etki süresi arttıkça gürültü niteliği kazanabilir. Sürenin yanında, sesin gürültü olarak kabul edilmesi için zaman içindeki dağılımı da önemlidir. Önceden sezilemeyen, belirli aralıklarla ya da aniden oluşan sesler rahatsızlığa sebep olacağından gürültü olarak kabul edilir (Suter, 1991). Sesin zamanlaması gürültü olarak nitelendirilmesinde önemli rol oynar. Genellikle geceleri oluşan sesler gündüz oluşanlardan daha rahatsız edicidir (Doelle, 1972). Bunun nedeni, hiçbir zaman tam anlamıyla sessiz bir ortamla karşılaşılmasıdır. İnsanın içinde bulunduğu ortamda yeğlinliği az da olsa mutlaka belli bir gürültü söz konusudur. Buna fon (arka plan) gürültüsü denir. Gece fon gürültüsünün azalmasıyla, gündüz işitilmeyen sesler işitmeye başlanınca, ses gürültü niteliği kazanır.

Sesin gürültü olarak kabul edilmesinde, ses kaynağının niceliği ve niteliğinin de önemi vardır. Örneğin, uzaktan ara sıra duyulan kuş sesleri insana hoş gelir. Fakat yakında ve çok sayıda

* Bölüm 2.1.2.2

kuşun çıkardığı ses rahatsızlık verebilir (Sirel, 1993). Nicelik bakımından ise, fanlar, transformatörler, motorlar, pompalar, elektrik süpürgeleri, çamaşır makinaları vb. tarafından üretilen elektrik ya da mekanik kaynaklı sesler, rüzgar, yağmur, şelale vb. doğal seslerden daha rahatsız edicidir (Doelle, 1972).

Sesin gürültü olarak kabul edilip edilmemesinde kişisel değerlendirme önemli rol oynar. Örneğin yakındaki bir müzik, telefonla konuşan kişi için, telefon konuşması da müziği dinleyen kişi için gürültü niteliği taşır. Doelle'ye (1972) göre, kişiler çalışma ortamında kendi ürettikleri gürültüleri (daktilo, makina gürültüsü, vb.) önemsemezler. Sesin gürültü niteliği kazanması, ruhsal açıdan belirli ölçüler içinde öznel algıyla yakından ilgilidir. İnsanı hoşlandığı yüksek sesler, hoşlanmadığı alçak seslerden daha az rahatsız eder (Köknel, 1997). Örnek olarak, 15- 20 yaşında bir genç, sesi sonuna kadar açılmış bir radyodan pop müziğini zevkle dinlerken, alçak sesle çalan bir keman ya da piyanodan rahatsız olduğunu söyleyebilir. Klasik batı müziği hayranı olan ve klasik Türk müziğini sevmeyen ya da tam tersi bir özelliğe sahip bir kişi için rahatsızlık sınırları, farklı müzik için farklı olacaktır. Klasik batı müziğini seven kişi orkestra tarafından çalınan yüksek düzeyli senfonileri hoşlanarak dinlerken, alçak sesli kanun ya da ud taksiminden rahatsız olabilir.

Sesin gürültü niteliğini alması insanın ruhsal durumu ile yakından ilgilidir. Kaygılı, endişeli, sıkıntılı olan insanlar, ruhsal çöküntü içinde bulunan hastalar, en alçak sesleri bile gürültülü olarak değerlendirip rahatsız olurlar (Köknel, 1997). Kurra ve Tamer'in (1996), TEM yakınındaki bir yerleşmede yaptığı bir ankete göre, katılımcıların %53.2'si gürültünün sinirli iken daha fazla rahatsız ettiğini belirtmişlerdir.

2.2.2 Gürültünün sınıflandırılması

Gürültü, niteliklerine, zaman içindeki değişimlerine ve oluşma yerine göre olmak üzere çeşitli biçimlerde sınıflandırılır.

2.2.2.1 Gürültünün niteliklerine göre sınıflandırılması

Gürültü, niteliklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır (Sözen ve Akdağ, 1998):

- Doğal – yapay gürültüler: Doğada kendiliğinden oluşan gürültülere doğal gürültüler denir. Rüzgar, yağmur, su, insan sesleri vb. doğal gürültülerdir. Kişilerin bir takım eylemler

sonucu çıkarttıkları gürültüler, makine gürültüleri (daktilo, jeneratör, vb.), tesisat gürültüleri, ulaşım gürültüleri ise yapay gürültülerdir.

- İstemli – istemsiz gürültüler: İstemli gürültüler, kişilerin bilinçli olarak çıkardıkları, engelleme imkanı olan gürültülerdir. Bunlara örnek olarak, gereksiz yere bağırarak, müziğin sesini gereğinden fazla yükseltmek, vb. verilebilir. İstemsiz gürültüler ise, kişilerin istemeden çıkardığı, engellenemeyen gürültülerdir. Kişinin elindeki maddeyi kazayla düşürdüğünde çıkan ses, işçinin çalışırken çıkardığı ses, vb. istemsiz gürültülerdir.
- Yararlı – yararsız gürültüler: Oluştığında belli bir amaca hizmet eden gürültülere yararlı gürültüler, herhangi bir amacı olmayan gürültülere ise yararsız gürültüler denir. Üretim sırasında çıkarılan her türlü gürültü, yerinde çalınan korna, trafik polisinin düdüğü çalarken çıkardığı gürültü, vb. yararlı gürültülere örnektir. Yararsız gürültülere örnek olarak çocuk ağlaması verilebilir.
- Düzenli – düzensiz gürültüler: Belirli bir devirselliği olan gürültüler düzenli, dönüşümlü olarak tekrarlanmayan gürültüler ise düzensiz gürültülerdir. Düzenli gürültülere örnek olarak, musluk damlaması, belirli aralıklarla geçen tren gürültüsü, vb. verilebilir. Zamanla değişen trafik akışının gürültüsü ise düzensiz gürültülere örnektir.
- Ani ve geçici – çevreye ait ve sürekli gürültüler: Ani ve geçici gürültüler, birdenbire oluşan ve bir süre sonra yok olan gürültülerdir. Bunlara örnek olarak, gök gürültüsü, uçak ve tren gürültüsü, silahlardan çıkan gürültüler vb. verilebilir. Çevreye ait ve sürekli gürültüler ise yok olmayan, sürekli devam eden gürültülerdir. Şehir gürültüsü, açık hava etkinliklerinin gürültüsü, trafik gürültüsü vb. bunlara örnektir.

2.2.2.2 Gürültünün zaman içindeki değişimlerine göre sınıflandırılması

Seslerin zaman içinde frekansları ve yeğinlikleri değişebilir. Örneğin zaman içinde ses inceliyor kalınlaşabilir ya da frekansı sabit kalan bir sesin düzeyi azalıyor çoğalabilir. Bundan yola çıkılarak, zaman içindeki değişimlerine göre gürültü aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (ISO, 1979):

- Durağan gürültü: Gözlem süresince gözardı edilebilir düzey değişimleri olan gürültüdür.
- Durağan olmayan gürültü: Gözlem süresince düzeyi belirgin biçimde değişen gürültüdür.
- Değişken gürültü: Gözlem süresince düzeyi sürekli ve önemli ölçüde değişken olan gürültüdür.
- Aralıklı gürültü: Gözlem süresince düzeyi defalarca, aniden fon gürültüsü düzeyinin altına düşen gürültüdür.

- İmpulsif (ani) gürültü: Süreleri 1 saniyeden kısa, genliği çok büyük olan, bir ya da daha çok sayıda ses enerjisi patlamalarından oluşan gürültüdür.
- Yarı-durağan, impulsif gürültü: Zaman aralıkları 0,2 saniyeden az olan, bağımsız patlamalar arasındaki karşılaştırılabilir genlikteki gürültü patlamaları dizisidir.
- İzole (yalıtımlı) ses enerjisi patlamaları: Genliği sabit, hemen hemen sabit ya da süreksiz azalmalı olan patlama dalgalı gürültüdür.

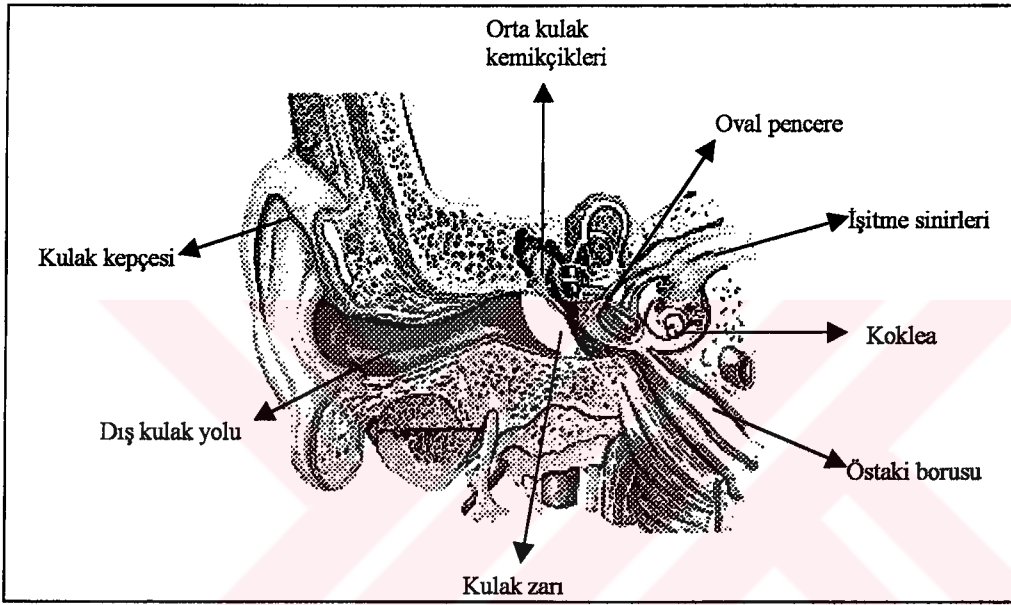
2.2.2.3 Gürültünün oluşma yerine göre sınıflandırılması

- a. Yapının dış çevresindeki gürültüler (Kurra, 1997; Sözen ve Akdağ, 1998):
 - Ulaşım gürültüsü: Kara (karayolu, demiryolu), hava ve deniz taşımacılığından kaynaklanan gürültüdür.
 - Sanayi gürültüsü: Sanayiye ait araç, gereç ve makinaların yol açtığı üretimden kaynaklanan gürültüdür.
 - İnşaat gürültüsü: Yol ve yapı inşaatları ile inşaat makinalarının gürültüsüdür.
 - Açık hava etkinlikleri gürültüsü: Pazar, stadyum, panayır, park, bahçe, lunapark gibi yerlerde oluşan gürültüdür.
- b. Yapının iç çevresindeki gürültüler (Doelle, 1972; Bayol, 1997; Sözen ve Akdağ, 1999):
 - İnsan gürültüsü: Yapı kullanıcılarının çeşitli biçimlerle neden olduğu gürültüdür. Bunlara örnek olarak yüksek sesle konuşma, bağırma, hapşırma, öksürme, yürüyüşle oluşan adım sesleri, çeşitli eylemlerden kaynaklanan gürültüler ile eşyaların itilip çekilmesinden, çarpma, vurma ve düşmeden oluşan gürültüler verilebilir.
 - Müzikle ilgili gürültü: Bu tip gürültüler, müzik aletleri, yüksek düzeyli radyo, televizyon ve müzik setlerinden kaynaklanır.
 - Tesisat gürültüsü: Pis su, temiz su (hidrofor, vb.), elektrik (jeneratör, vb.), havalandırma, ısıtma, klima, çöp bacası, asansör tesisatlarında oluşan gürültüdür.
 - Makina gürültüsü: Buzdolabı, çamaşır, kurutma, bulaşık makinaları, elektrik süpürgesi gibi aletler, küçük ev aletleri ve çocuk oyuncakları ile büro makinalarının çıkardığı gürültülerdir.

3. İŞİTME SİSTEMİ ve İŞİTSEL ALGILAMA

3.1 İşitme Sistemi

İşitme sistemi, kulak kepçesinden beynin işitme alanına (akustik korteks) kadar olan tüm yapıları kapsar (Çelikyurt, 1999). Bu yapıya, dış kulak, orta kulak ve iç kulak olmak üzere üç ana bölümden oluşan kulak, işitme sinirleri ve yaptığı bağlantılar dahildir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 İnsan kulağı (HEI, 1998)

Dışkulak, kulak kepçesi ve dış kulak yolundan oluşur. Kulağın görünen kısmı olan kulak kepçesi başın iki yanında yer alan kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Kulak kepçesinin şekli, akustik enerji şeklindeki seslerin alınmasına yardımcı olur ve doğrultu ayrımlarının yapılmasını sağlar (Karabiber, 1992). Tam karşıdan gelen seslerin diğer yönlerden gelen seslere göre daha kuvvetli işitilmesi sonucu sesin geldiği yön kolaylıkla saptanmış olur. Dış kulak yolu, yaklaşık 5-7 mm çapında, 27 mm uzunluğunda, bir ucu kapalı bir tüp gibidir (Gales, 1979). Dış kulak yolunun hemen giriş kısmında küçük kıllar ve serümen salgı bezleri vardır. Bunlar tozların içeri girmesini önler (Çelikyurt, 1999). Dış kulak yolunun doğal rezonans frekansı* yaklaşık olarak 3000 Hz'dir. Boyutları nedeniyle sahip olduğu rezonans etkisi, konuşma frekanslarının bulunduğu bu frekans bölgesinde kulağın duyarlılığının artmasına neden olur.

* Rezonans: Herhangi bir cisim serbestçe titreşime sokulduğunda çıkan sesin frekansı ile cismin içinde bulunduğu ortamın frekansının aynı olması hali (Sözen, 1997).

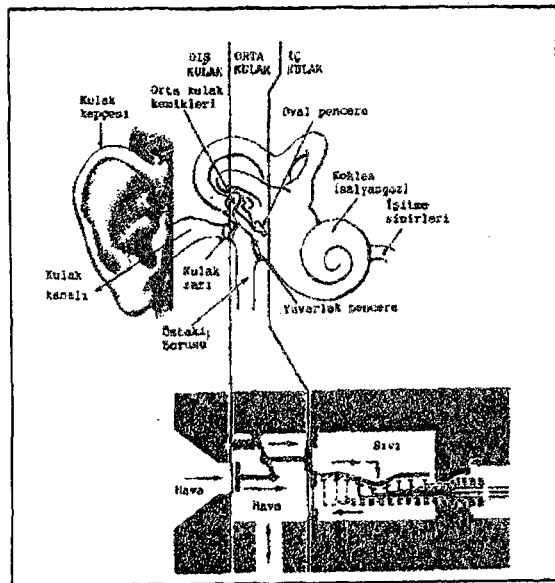
Dış ve iç kulağın arasında yer alan orta kulak, kulak zarı, çekiç-örs-üzengi kemikçikleri zinciri, östaki borusu ve orta kulak boşluğundan oluşur. Östaki borusu, orta kulağı burnun arka kısmıyla birleştirir (HEI, 1998). Sadece esnerken ve yutkunurken açılan östaki borusu orta kulağın havalanmasını ve kulak zarının her iki tarafındaki basıncın sürekli aynı olmasını sağlar (Çelikyurt, 1999). Orta kulağın girişinde bulunan kulak zarı, yaklaşık 7 mm çapında, tepesi içe doğru olan basık bir koni şeklindedir. Vücuttaki en küçük üç kemik olan çekiç, örs ve üzengi kemikçikleri, hacmi yaklaşık 2 cm³ olan içi hava dolu orta kulak boşluğuna ligmanlarla asılıdır. Çekiç kemiği kulak zarına bağlıdır. Örs, çekiç ile üzengi arasında iki küçük kas yardımıyla bağlayıcı bir manivela oluşturur. Üzengi ise iç kulağın girişindeki oval pencereye bağlıdır (Karabiber, 1992).

İç kulakta, işitme ile ilgili koklea ve denge ile ilgili içi sıvı dolu yarım daire kanalları bulunur. Latince salyangoz anlamına gelen koklea, biçimi nedeniyle bu adı almıştır. Açıldığı zaman 32 mm uzunluğunda olan koklea, orta direk etrafında 2,7 kıvrım yapar ve yatay durur. Kokleanın tepesi, orta kulağın iç duvarına, tabanı ise iç kulak kanalına doğru durur. Orta direk yapısı içinde işitme sinirinin düğümü olan spiral gangliyon bulunur. Spiral gangliyonun merkeze giden sinir lifleri, işitme sinirini (koklear sinir) oluşturur. İşitme siniri iç kulak kanalı yoluyla santral işitme sistemine gider. Spiral gangliyonun perifere giden lifleri ise kemik içinden geçerek korti organına girer. Korti organı, kokleanın uzunluğu boyunca giden, lifli ve esnek bir zar olan bazilar zar üzerinde yer alır. Korti organının en önemli bileşenleri yaklaşık 20000 tane olan işitme hücreleridir. Bazilar zar üzerinde bir piyanonun tuşları gibi dizilen işitme hücreleri (saç hücreleri), dış saç hücreleri ve iç saç hücreleri olmak üzere iki çeşittir (HEI, 1998; Çelikyurt, 1999). Dış saç hücreleri yaklaşık 15000 tanedir ve üç sıra halinde dizilmiştir. Her bir dış saç hücrelerinin 100-120 tane saça benzer uzantıları (sterosilia) vardır ve bu uzantıların boyutları değişiktir (Cumhuriyet Bilim Teknik, 1998). En uzun olanı jel kıvamındaki tektoriyal zara sıkıca bağlı olan dış saç hücrelerinin aktif hareket özelliği vardır. Dış saç hücreleri bu özelliğe bağlı olarak devamlı kasılı kalabildiği gibi, ses frekansına uygun olarak yüksek frekanslarda da kasılıp gevşeme şeklinde titreşimler yapabilir. Diğer işitme hücresi çeşidi olan iç saç hücreleri ise yaklaşık 5000 tanedir ve tek sıra halinde dizilmiştir. Aktif hareket yeteneği olmayan her bir iç saç hücrelerinin 60 saçsı uzantısı vardır ve bunların hiçbiri tektoriyal zara değmez (Çelikyurt, 1999).

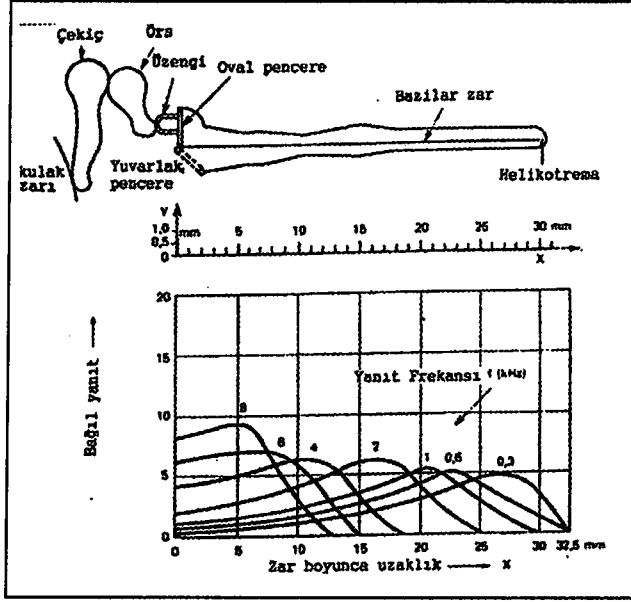
Sesin işitilme süreci, kulak kepçesinin ses dalgalarını toplayarak dış kulak yolundan kulak zarına göndermesiyle başlar. Kulak zarının gelen ses dalgalarıyla titreşmesiyle akustik enerji mekanik enerjiye dönüşmüş olur. Titreşen kulak zarı sırasıyla çekiç, örs ve üzengi kemiklerini

harekete geçirir. Üzengi kemiğinin piston veya kapı hareketine benzeyen titreşimleri oval pencereden geçerek iç kulak sıvısına basınç değişiklikleri olarak iletilir (Çelikyurt, 1999). Gelen sesin yüksek düzeyli olması durumunda, kemik zinciri birbirine bağlayan iki kas koruma amacıyla refleks olarak büzülür ve oval pencereye iletilen hareketi sınırlar (Gales, 1979). Kokleanın girişini oluşturan oval pencereden geçen mekanik enerji iç kulak sıvısının dalgalanmasıyla hidrolik enerjiye dönüşür. Dalgalanan iç kulak sıvısı bazılar zarın titreşmesine neden olur. Bazılar zarın titreşimiyle, dış saç hücrelerinin duruşu değişir ve uzantıları ileri-geri hareketlenir. Her frekanstaki ses için çalışan dış saç hücresi ayrıdır. Yüksek frekanslar salyangozun tabanındaki (oval pencere dolaylarında), alçak frekanslar ise salyangozun tepesindeki (halkanın diğer ucunda) dış saç hücrelerini harekete geçirir. İç saç hücreleri, dış saç hücresi uzantılarının hareketlerini elektriksel işaretlere çevirerek kendine bağlı işitme sinir lifine aktarır (Çelikyurt, 1999). İşitme sinirinin uyarılmasıyla, elektrik enerjisine dönüşen ses dalgaları beynin işitme bölgesine (akustik korteks) gönderilmiş olur (HEI, 1998; Çelikyurt, 1999). Beyne ulaştırılan bu sinir darbelerinin toplam sayısının ve vuruş hızının ses yüksekliğini tespit ettiği düşünülmektedir (Knudsen ve Harris, 1980).

Şekil 3.2’de bazılar zarın 1000 Hz’deki uyarılmaya karşılık gelen orta bölümünde maksimum tümsek yapması durumu görülmektedir. Şekilde, maksimum uyarılmanın belirtilebilmesi amacıyla, tümsek bölgesinde son bulan sinir lifleri kesintisiz çizgilerle gösterilmiştir. Bu bölgedeki işitme sinirleri beyne, işitsel duyulanma 1000 Hz olacak şekilde bağlıdır (Gales, 1979). Şekil 3.3’te ise kokleanın maksimum yanıt konumlarını gösteren boyuna kesit görülmektedir.



Şekil 3.2 İnsan kulağının 1.000 Hz’lik sesle uyarılması (Gales, 1979)



Şekil 3.3 Kulağın maksimum yanıt konumlarını gösteren boyuna kesiti (Karabiber, 1992)

3.2 İşitsel Algılama

İşitsel algılama öncelikle işitsel duyulanmaya yol açan sesin frekansına ve yeğİnliğine bağlıdır. İnsan kulağının algılayabildiği belli yeğİnlikteki bir ses, her frekansa göre değişiklik gösterir. Ayrıca, eşik değerlerinin ve ses yeğİnliğinin algılanması sesin süresine bağlı olarak değişir. İşitsel algılamada, aynı ortamda ve aynı anda varolan iki sestten birinin, diğerinin işitilmesini engelleyerek maskeleyesi, kulağın maskelenen sesi algılama yeteneği olmadığından önemlidir. Bununla birlikte, kulak, ses dalgalarını yayınlayan ses kaynağının yönünü belirleyebilme yeteneğine sahiptir.

3.2.1 İşitsel yeğİnlik ve frekans

İşitsel yeğİnlik ve frekans ile ilgili konular, işitsel duyulanma alanı, yeğİnlik ve frekanstaki küçük değişimler, fon (eşit duyulanma) eğrileri, seslilik ve ağırlıklı ölçmelerdir.

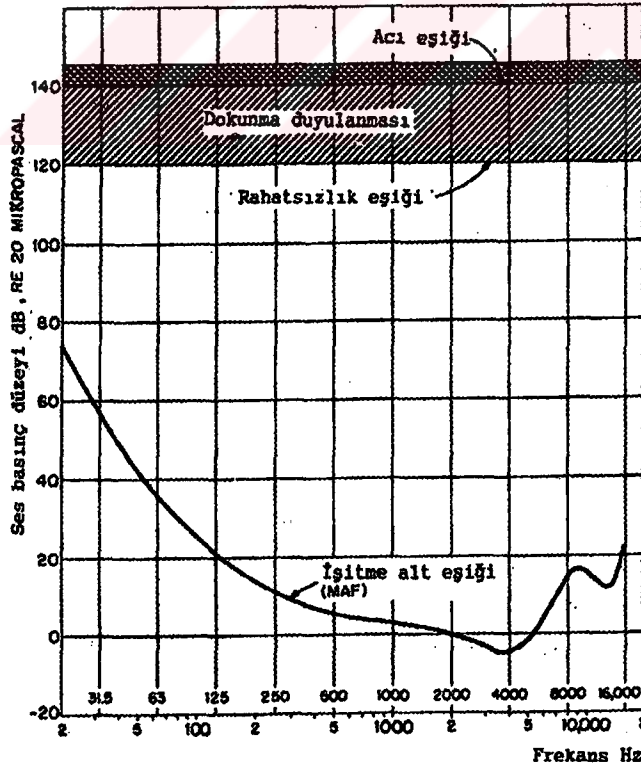
3.2.1.1 İşitsel duyulanma alanı

İnsan kulağının algılayabildiği frekans alanlarının sınırları 16 Hz ile 20000 Hz olarak kabul edilmektedir. Fakat bu değerler kişiden kişiye değişme gösterebilir. Bu değişimde, kişinin yaşı ve gürültüden etkilenmesi rol oynar. Berglund vd.'ye göre en az 2 Hz'ye kadar olan

frekanslar insan kulağında duyulanma uyandırabilir (Berglund ve Lindvall, 1995). Şekil 3.4'te kulağın algılayabildiği ses basınç düzeyi ve frekans alanı görülmektedir.

İnsan kulağının algılayabildiği en düşük yeğinlik her frekansa göre değişiklik gösterir. Buna bağlı olarak, belli bir frekanstaki sesin işitsel duyulanma uyandırabileceği minimum ses basınç düzeyi işitme eşiği olarak tanımlanmıştır. İşitme eşiği, sesin özelliklerine (frekans), dinleyiciye verilmiş şekline (kulaklık ya da hoparlör) ve ses basınç düzeyinin ölçüldüğü yere (kulak yolunun girişi ya da serbest ortam) bağlıdır. İşitmesi normal olan bir yetişkinin (18–25 yaş arası) işitme eşiğine işitme alt eşiği denir (Gales, 1979). Şekil 3.4'te görülen işitme alt eşiği değerleri, dinleyicinin yalın sesleri kaynağın tam karşısında iki kulakla dinlemesi durumunda geçerlidir.

Ses basınç düzeyi 120 dB'ye ulaştığında, bireylerde belirgin bir rahatsızlık tespit edildiğinden, 120 dB rahatsızlık eşiği olarak kabul edilmiştir. 120 ile 140 dB arasındaki ses basınç düzeyi, kulak zarında ve orta kulak elemanlarında büyük genlikli titreşimler oluşturur ve dokunmaya benzer bir duyulanma uyandırır. 140 dB'lik ses basınç düzeyinden itibaren kulakta acı duyulmaya başlandığından, 140 dB acı eşiği olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.4).

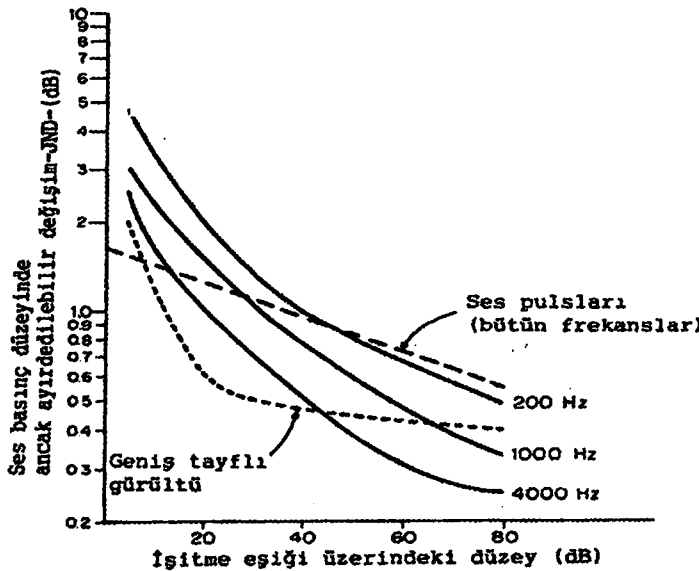


Şekil 3.4 İnsan kulağının işitsel algılama alanı (Gales, 1979)

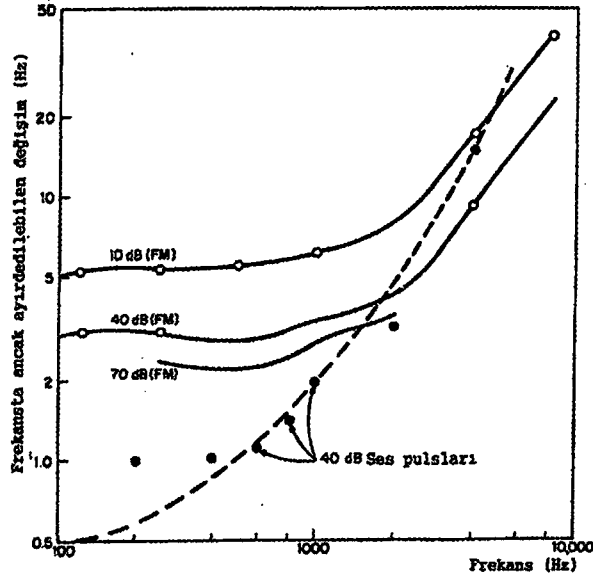
İnsan kulağının duyarlılığı frekanslara göre değişir. Kulak, alçak frekanslara daha az, yüksek frekanslara daha fazla duyarlıdır. Buna göre, yeğnlükleri aynı olan iki sestten frekansı yüksek olan alçak olana göre daha yeğnlük olarak algılanır. Bunun yanında kulak, karmaşık seslerle karşılaştırıldığında, uyumluları olmayan ve tek frekanstan oluşan yalın seslere daha fazla duyarlılık gösterir. Duyarlılığı 3500-4000 Hz arasında maksimum olan kulağın, çeşitli frekanslar için gösterdiği bu duyarlılık farkı yeğnlükle değişir. İşitme alt eşliğinde maksimum olan bu fark, yeğnlüğün artmasıyla azalır fakat en yeğnlük sesler için bile tamamen yok olmaz (Sirel, 1980). İnfra ses frekanslarında insan kulağı çok dar bir duyarlılık alanına sahiptir. Bu frekans aralığında ancak 120-140 dB'lik yeğnlük kulakta duyulanma uyandırabilir. Yeğnlüğü 30 ile 40 dB arasında olan sesler ise acıya yol açar (Berglund ve Lindvall, 1995).

3.2.1.2 Yeğnlük ve frekanstaki küçük değişimler

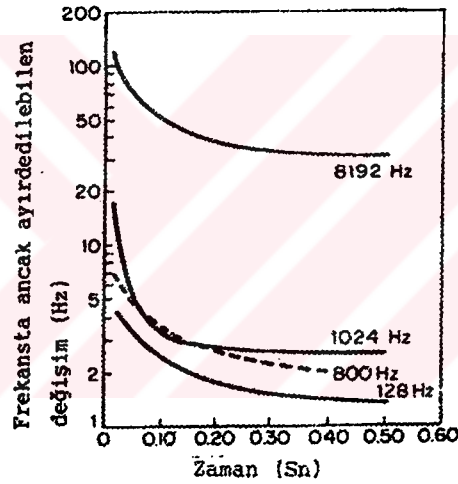
Kulağın sesi algılama yeteneği, ses uyarılarının ses basınç düzeyleri ve frekanslarındaki küçük değişimleri algılamayı da kapsar. İşitme eşliği üzerindeki ses basınç düzeyi yüksek olan seslerde, düzeydeki değişimler daha rahat algılanır. Ses basınç düzeyi yaklaşık 60 dB olan seslerde 0,5 dB'lik değişimler algılanabilir (Gales, 1979). Ses basınç düzeyi azaldıkça düzeydeki küçük değişimleri algılamak zorlaşır (Şekil 3.5). Frekanstaki küçük değişimler ise, alçak frekanslarda daha kolay algılanır. Frekansı 1000 Hz'den daha küçük olan seslerde 1 ile 3 Hz arasındaki frekans değişimleri algılanabilir (Şekil 3.6). Sesin süresinin 0,1 sn'nin üzerinde olması durumunda frekanstaki küçük değişimleri algılamak kolaylaşır. Şekil 3.7'de sürenin algılanabilen frekans değişimlerine etkisi görülmektedir.



Şekil 3.5 İnsan kulağının algılayabildiği küçük düzey değişimleri (Gales, 1979)



Şekil 3.6 İnsan kulağının algılayabildiği küçük frekans değişimleri (Gales, 1979)



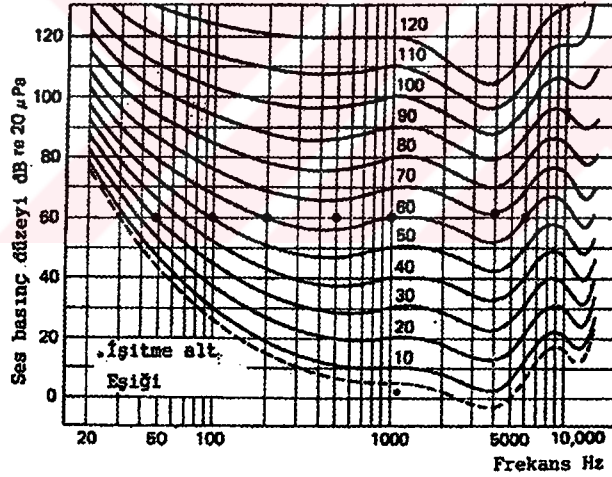
Şekil 3.7 Sürenin algılanabilen frekans değişimlerine etkisi (Gales, 1979)

3.2.1.3 Fon (eşit duyulanma) eğrileri

Normal işiten yetişkinler üzerinde yapılan deneylerde, frekansı 1000 Hz olan yalın bir sesin yarattığı duyulanmaya eşdeğer duyulanmalar yaratan, fakat frekansları farklı olan seslerin fiziksel yeğlilikleri bulunmuştur. Örnek olarak, frekansı 100 Hz ve fiziksel yeğliliği 60 dB olan bir sesin yarattığı işitsel duyulanmayı yaratan ve frekansı 1000 Hz olan sesin fiziksel yeğliliği değiştirilerek aranmış ve 51 dB bulunmuştur. Bu deney değişik frekans ve yeğliliklerde tekrarlanarak, tüm frekanslarda eşit duyulanma doğuran yalın seslerin fiziksel yeğlilikleri bulunmuş ve Fon (Phon, P) olarak adlandırılmıştır. Boyutsuz bir birim olan Fon,

bir sesin işitsel yeğlinliğine eşdeğer bir duyulanma yaratan 1000 frekanslı yalın sesin dB cinsinden fiziksel yeğlinliğinin sayısal değeri olarak tanımlanır (Sirel, 1980).

Deneylerle bulunan Fon değerleri grafiğe aktarılarak eşit duyulanma eğrileri oluşturulmuştur (Şekil 3.8). Bu eğriler, değişik frekans ve yeğliliklerde işitsel duyulanmanın (Fon değerlerinin) aynı olduğu noktaların birleştirilmesiyle elde edilmiştir. Buna göre, frekansı 1000 Hz, ses basınç düzeyi 40 dB olan bir sesin uyandırdığı işitsel yeğlilik, frekansı 100 Hz, ses basınç düzeyi 50 dB olan bir sesin uyandırdığı işitsel yeğliliğe eşittir (Gales, 1979). Şekil 3.8’de görüldüğü gibi 60 dB’lik ses basınç düzeyi, 50 Hz’de 30 Fon, 100 Hz’de 50 Fon, 500 Hz’de 63 Fon, 1000 Hz’de 60 Fon, 4000 Hz’de 70 Fon, 6400 Hz’de 60 Fon’a karşılık gelmektedir. Bu değerlerden, kulağın orta frekans ve yeğliliklerdeki yanıtının bağıl olarak oldukça düzgün olduğu fakat alçak frekanslarda hızlı bir düşüş gösterdiği anlaşılmaktadır. Genellikle, verilmiş bir ses basınç düzeyindeki yalın sesin işitsel yeğliliği, alçak ve çok yüksek frekanslarda azalır ve yaklaşık olarak 4000 Hz’de maksimuma ulaşır. Ayrıca, çok yüksek basınç düzeylerinde, çoğunlukla bütün frekanslardaki seslerin işitsel yeğliliği aynıdır.



Şekil 3.8 Standart eşit duyulanma eğrileri (ISO, 1987)

3.2.1.4 Sesslilik

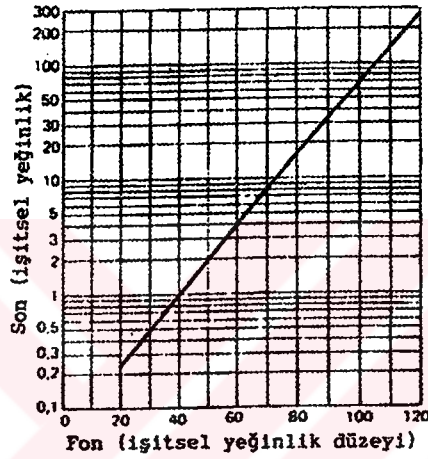
Fon birimi, işitilen seslerin niceliğini (işitsel duyulanmanın büyüklüğünü) belirtmez. Örnek olarak, 60 ve 70 Fon’luk iki sesin nicelikleri arasındaki oran (iki sesin yarattığı işitsel duyulanmanın birbirinin kaç katı olduğu) bilinemez. Bu nedenle işitsel duyulanmanın büyüklüğünü gösteren “sesslilik” kavramı oluşturulmuştur (Sirel, 1980). Sesslilik birimi Son’dur. Yeğliliği ve frekansı bilinen bir sesin ses basınç düzeyinin 10 dB artması, sessliliğin yaklaşık olarak iki katına çıkmasına neden olur. Sessliliği belirlemek için geliştirilen, algılanan

duyulanmayla orantılı olan Son ölçeğinde, ses basınç düzeyi 40 dB olan 1000 Hz'lik sesin ya da işitsel yeğnlük düzeyi 40 Fon olan herhangi bir sesin sesliliği 1 Son'dur. Seslilik ölçeğinde, 2 Son'luk bir sesin sesliliği, 4 Son'luk bir sesin sesliliğinin yarısı, 1 Son'luk bir sesin sesliliğinin ise iki katı olacak şekilde düzenlenmiştir. Denklem (3.1) ve Şekil 3.9'da seslilik ile işitsel yeğnlük düzeyi arasındaki ilişki görülmektedir.

$$S = 2^{[(P-40) / 10]} \quad (3.1)$$

S = Seslilik (Son)

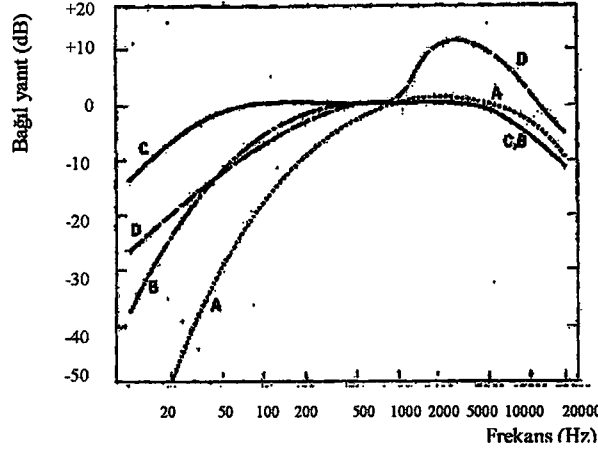
P = İşitsel yeğnlük düzeyi (Fon)



Şekil 3.9 Seslilik ile işitsel yeğnlük düzeyi arasındaki ilişki grafiği (Karabiber, 1992)

3.2.1.5 Ağırlıklı ölçmeler

Kulak, herhangi bir ortamdaki akustik basıncın oluşturduğu yeğnlüğü, aynı düzeyde algılama yeteneğine sahip değildir. İşitsel yeğnlüğün ölçümleri yapılırken, ölçülen düzeyler ile kulağın algıladığı düzeyler arasındaki farkın gözardı edilmemesi için ağırlıklı ölçmeler yapılır. Bu çalışmalarda, ses düzeyini ölçen sonometrelere çeşitli filtrelerin takılmasıyla kulağın algıladığı yeğnlük ölçülmüş olur (Moore, 1981). Frekans karakteristikleri yaklaşık olarak eşit duyulanma eğrilerinin tersi olan ağırlıklı ölçmeler, Fon eğrileri belirli bölgelere ayrılarak oluşturulmuştur. Bunlara örnek olarak, A, B, C ve D ağırlıklı ölçmeleri verilebilir (Şekil 3.10). A ağırlıklı ölçme, 40 Fon eğrisine karşılık gelir ve 55 Fon'dan daha düşük işitsel yeğnlük düzeyleri için kullanılır. B ağırlıklı ölçme, 70 Fon eğrisine karşılık gelir ve 55 ile 85 Fon arasındaki işitsel yeğnlük düzeyleri için kullanılır. C ağırlıklı ölçme ise, 100 Fon eğrisine karşılık gelir ve 85 Fon'dan daha yüksek işitsel yeğnlük düzeyleri için kullanılır. D ağırlıklı ölçme özellikle bazı türlerdeki uçak gürültüleri için oluşturulmuştur (Karabiber, 1992).



Şekil 3.10 Sonometreler için standartlaştırılmış A, B, C ve D ağırlık eğrileri (Berglund ve Lindvall, 1995)

Öznel değerlendirmelere B ve C ağırlıklı ölçmelerden daha iyi uyum sağladığı için A ağırlıklı ölçmeler daha fazla kullanılmaktadır. Düz bant oktav düzeylerine dBA filtresinin etkisi, ağırlık sayılarının katkısı eklenerek bulunabilir (Çizelge 3.1). Örneğin, frekansı 125 Hz, yeğinliği 70 dB olan bir sesin kulak tarafından 54 dB olarak, frekansı 4000 Hz, yeğinliği 70 dB olan başka bir sesin ise 71 dB olarak algılandığı hesaplanabilir.

Çizelge 3.1 dBA filtresinin ses basınç düzeyine ağırlık katkıları (Karabiber, 1996)

Oktav bant orta frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ağırlık katkısı	-26	-16	-8.5	-3	0	+1	+1	-1

3.2.2 Süre

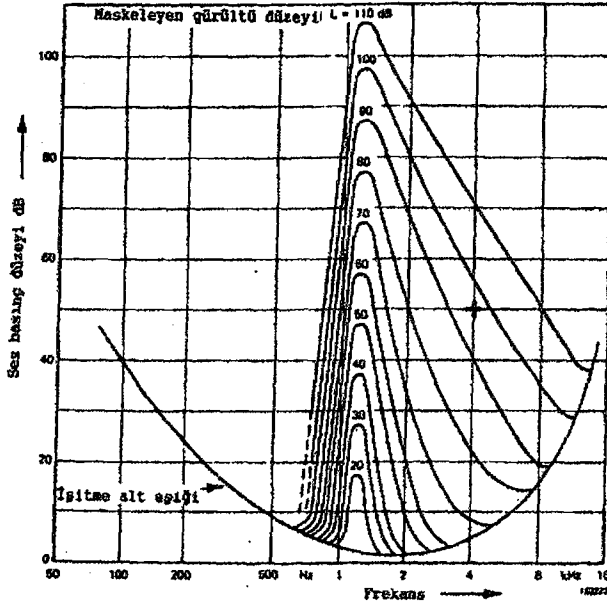
İnsan kulağının eşik değerlerini ve ses yeğinliğini algılaması, algılanan sesin süresine bağlı olarak değişir. Sessiz bir ortamda yalın sesi algılama yaklaşık 300 milisaniye sürer (Berglund ve Lindvall, 1995). Yaklaşık 500 milisaniyeye ulaşan sürelerin eşik değerlerine etkisi yoktur fakat 20 ve 200 milisaniye arasındaki sürelerde, süre arttıkça algılamanın azalmasında ses yeğinliğinin önemi vardır. Çok kısa süreli (200 milisaniyeden daha kısa) seslerin kulak tarafından algılanan yeğinliği, aynı ses sürekli olarak işitildiğinde algılanan yeğinlikten daha düşüktür. Buna göre, süre azaldıkça, ses daha az yeğin olarak algılanır. Yapılan çeşitli deneylerde, sesteki etkilenme süresi yarıya indiğinde, aynı işitsel yeğinliği elde etmek için, ses basınç düzeyinin 3 dB artmasının gerektiği ortaya çıkmıştır (Karabiber, 1992).

3.2.3 Maskeleye

İnsan kulağı, herhangi bir ortamda oluşan çeşitli yeğinliklerdeki sesleri aynı oranda algılayamaz. Bunun nedeni, işitme sinirlerinin tüm uyartıları aynı anda beyne iletme yeteneğinin olmamasıdır (Doelle, 1972). Mimari akustikte maskeleye olarak adlandırılan bu durum, aynı ortamda, aynı anda varolan iki sestten birinin diğerinin işitilmesini engellemesi halinde söz konusu olur. Maskeleyede, işitilmesi engellenen sese maskelenen ses, başka seslerin işitilmesini engelleyen sese maskeleyen ses denir. Maskeleye olayı, maskelenen sesin işitme alt eşiğinin yükselmesine yol açar (Sirel, 1980). Bu olaya örnek olarak, diskolarda konuşulanların duyulamaması, gece fon gürültüsünün azalmasıyla, gündüz işitilmeyen komşu ya da tesisat gürültüsünün işitilmeye başlanması, vb. verilebilir.

İşitilmek istenilen ses, fon gürültüsü tarafından maskelendiğinde sesin algılanması ve konuşmanın anlaşılabilirliği bozulabilir. Bir sesin algılanabilmesi için, ses basınç düzeyinin dinleyicinin işitme alt eşiğinin ve fon gürültüsünün maskeleye eşiğinin üzerinde olması gerekir (Gales, 1979). Egan'a (1988) göre çeşitli frekans ve yeğinlikteki sesleri algılayan insan kulağının diğer bir özelliği de yüksek ve istenmeyen seslerden oluşan fon gürültüsü arasından özel sesleri (tanıdık ses) ayırabilmesidir.

Bir sesin başka bir sesi maskeleye değerinin belirlenmesi için öncelikle maskelenecek sesin sessizlikte işitme alt sınırı ölçülür. Daha sonra, maskeleyen sesle birlikte bu alt sınır tekrar ölçülür. Elde edilen işitme alt sınırındaki yükselme, maskeleyen sesin maskeleye değerini dB cinsinden verir. Maskeleyen sesin frekansına yakın frekanstaki sesler için bu değer fazladır. Maskeleyen sesin frekansından daha alçak frekanslı sesler için maskeleye değeri hızla azalırken daha yüksek frekanslı sesler için daha yavaş azalır. Bu, seslerin kendilerinden daha kalın sesleri daha az, kendilerinden daha ince sesleri daha fazla maskeleye anlamına gelir (Sirel, 1980). Ayrıca, frekans bantı dar olan bir gürültü, aynı frekans ve yeğinlikteki yalın sestten daha fazla maskeleye yol açar. Düşük ses düzeylerinde maskeleye, maskeleyen gürültünün orta frekanslı dolaylarındaki oldukça dar bir bantla sınırlıdır. Maskeleyen gürültünün düzeyi arttıkça, etkili olduğu frekans alanı büyür. Şekil 3.11'deki grafikte, orta frekanslı 1200 Hz olan değişik ses basınç düzeylerindeki dar bantlı bir gürültünün, 4000 Hz frekansındaki 50 dB'lik bir sesi maskeleye etkisi görülmektedir. Grafiğe göre, maskeleyen gürültü düzeyi 90 dB olduğunda ses işitilebilmekte fakat düzey 100 dB'ye çıktığında maskelenmektedir.



Şekil 3.11 Dar bantlı bir gürültünün 50 dB'lik bir sesi maskeleyen gürültü düzeyi $L = 110$ dB (Karabiber, 1992)

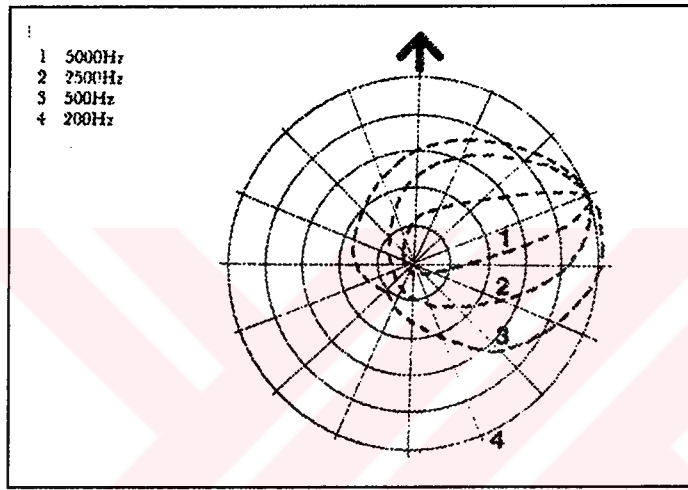
Yapılan araştırmalar sonucunda, kulağın bant genişliğini ayarlayabilen filtreler gibi algılama yapabildiği ortaya çıkmıştır. Belli bir kritik değer altında maskeleyen gürültünün bant genişliğini artırma, yalın sesin orta frekansındaki maskeleyen artmasına yol açmaz. Sadece maskelenen sesin frekansına yakın frekanstaki seslerin maskeleyen üzerinde önemli etkisi olduğunu gösteren kritik bant genişliği kavramı, işitsel yeğinlik ile yorulma gibi kavramların açıklanmasında temel oluşturur. Zwicker'a göre, 1 kritik bant bazılar zarda yaklaşık 1,3 mm uzunluğundaki uzaklığa (1 Bark) karşılık gelir (Karabiber, 1992). Çizelge 3.2'de kritik bantlar ve ilgili bant genişlikleri tanımlanmıştır.

Çizelge 3.2 Kritik bantlar ve bant genişlikleri (Karabiber, 1992)

Kritik bant (Bark)	1	2	3	4	5	6	7	8
Orta frekans (Hz)	50	150	250	350	450	570	700	840
Bant genişliği, f (Hz)	100	100	100	100	110	120	140	150
Kritik bant	9	10	11	12	13	14	15	16
Orta frekans	1000	1170	1370	1600	1850	2150	2500	2900
Bant genişliği, f	160	190	210	240	280	320	380	450
Kritik bant	17	18	19	20	21	22	23	24
Orta frekans	3400	4000	4800	5800	7000	8500	10500	13500
Bant genişliği, f	550	700	900	1100	1300	1800	2500	3500

3.2.4 İşitsel yön bulma

Kulak, ses dalgalarını yayınlayan ses kaynağının yönünü belirleyebilme yeteneğine sahiptir. Bu yetenek, özellikle yüksek düzeyli fon gürültüsünün varlığı durumunda belli bir sesin işitilmesi istendiğinde önem kazanır. İki kulak arasındaki ses basınç düzeyi farkı ve ses dalgalarının iki kulağa ulaşma süresi arasındaki fark algılamada etkili olduğundan, işitsel yön bulma algılamasının temel özellikleri arasında yer alır (Gales, 1979). Ses basınç düzeyi farkları yaklaşık 1400 Hz'in üzerindeki, süre farkları ise 1400 Hz'in altındaki frekanslarda daha etkilidir. Şekil 3.12'de sağ kulağın polar doğrultu duyarlılığı görülmektedir.



Şekil 3.12 Sağ kulağın polar doğrultu duyarlılığı (Karabiber, 1992)

Çift kulakla yön bulmada, kaynak yatay düzlemde ve dinleyicinin tam karşısında olduğunda daha başarılı olunur. Serbest ses alanında ve düşüncel sessizlik koşullarında, işitmesi normal olan bir dinleyici, kaynak yatay düzlemde ve tam karşıdayken 1° ile 3° 'lik açısal ayrımları algılayabilir. Yön bulma, ses kaynağının yaklaşık 60° yana kayması durumuna kadar yapılabilir, 60° 'nin üzerinde ise hızla bozulmaya başlar. Düşey düzlemde yön bulma, yatay düzleme oranla daha zayıftır. Fakat başın hareket ettirilmesiyle kaynağın yönü bulunabilir. Örnek olarak başın tam üzerindeki bir kaynağın yeri, baş sağa ve sola çevrilerek tespit edilebilir (Gales, 1979).

Yönünün bulunması en zor olan sesler, özellikle frekansları 1500 ile 3000 Hz arasında olan yalın seslerdir. Bu frekans bölgesi, algılama sırasında sinir sisteminin süre farkından yararlanabilmesi için çok yüksek, düzey farkından yararlanabilmesi için çok alçaktır.

Karmaşık seslerde ise faz farkı ve yeğlilik ayrımları kolayca belirlenebildiğinden işitsel yön bulma daha kolaydır (Karabiber, 1992).

Kapalı hacimlerde, değişik doğrultulardan gelen çok sayıda ses olmadığı takdirde ses kaynağının yönü bulunabilir. Dinleyicinin, kulağa ilk yansımayla gelen sesleri sonrakilerden ayırabilme yeteneği bu tür yerlerde yön bulmaya yardımcı olur. Bununla birlikte, işitsel algılamada karmaşaya yol açan duran dalgaların oluşması nedeniyle, yalın seslerin kapalı hacimlerde yönünün belirlenmesi oldukça zordur (Gales, 1979).



4. GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

4.1 Biyolojik Etkiler

Gürültünün insan üzerindeki biyolojik etkileri; işitme kayıpları, tinnitus, işitsel acı ve uyku bozukluklarıdır.

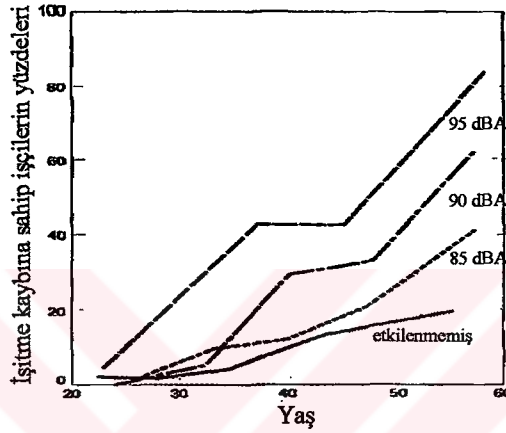
4.1.1 Gürültü kaynaklı işitme kayıpları

Ses dalgalarının algılanmasında zorluk çekilmesine neden olan işitme kaybı, kişiye rahatsızlık veren işitme bozukluğu ya da zarar görmüş işitme eşik düzeyi olarak tanımlanır (King vd., 1992). Gürültü nedeniyle oluşan işitme kayıpları, geçici ve kalıcı eşik değişimleri ile akustik travmadır. Yaş ilerledikçe işitme duyarlılığı azaldığından, gürültüden kaynaklanan işitme kayıpları incelenirken, yaşa bağlı kayıplarla ilgili veriler gözönünde bulundurulmalıdır (Glorig ve Nixon, 1962).

Gürültüye bağlı işitme kaybı oluşumunda, gürültüde kalma süresinin, düzeyin ve tayfin etkisi vardır. Bu etkenler kişiden kişiye değişme gösterir ve yaşam sırasında karşı karşıya kalınan çeşitli maddelerin yardımıyla birleşik etkiler oluşarak etkilenme boyutu artabilir. Uluslararası standartlara göre, 8 saat boyunca etkilenilen, 80 dBA eşdeğer sürekli ses düzeyinden daha alçak düzeylerin işitme bozukluğuna yol açma riski yoktur (ISO, 1990). Fakat gürültünün işitmeye zarar veremeyeceği eşik değeri, ototoksik ilaç ve kimyasallar, belli aralıklarla gürültüde kalma vb. etkenlere bağlı olarak daha düşük olabilir. ISO'ya göre, işitme bozuklukları, 500, 1000 ve 2000 Hz'lik frekanslarda ortalama 25 dB'lik kayıpla başlar (Glorig, 1971). Oktav bant orta frekansı 2000 Hz olan frekans bantı, konuşmanın anlaşılabilirliğinde etkin frekanslar içinde en düşük ses düzeyine sahip olan banttır (Akdağ, 1997). Bu nedenle, 2000 Hz'den daha yüksek frekanslardaki kayıplar, konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyebilir.

Gürültü kaynaklı işitme kayıplarına genellikle çalışanlarda rastlanır. Dünya Sağlık Örgütüne göre günümüzde iki buçuk milyar kişi işyerlerinde kabul edilebilir gürültü düzeylerinin üzerinde gürültüyle karşı karşıya kalmaktadır (WHO, 1999). Diğer patolojik durumların yanı sıra, Rey (1974), gürültüde kalma süresi ve yaşı da gözönünde bulundurarak, ses basınç düzeyi 95 dB ve üzerinde olan metal sanayisinde, gürültüden kaynaklanan işitme kayıplarına sahip olan işçilerin oranının %60'lara kadar ulaştığını bulmuştur. Cohen vd. (1970) yaptıkları

araştırmalarda, birçok gürültü düzeyi ve süresinden etkilenmiş işçilerin işitme düzeyleri ile kontrol grubunun işitme düzeylerini karşılaştırmışlar ve 85 ile 88 dBA arası ve üstündeki ses basınç düzeylerinin kulağa zararlı olabileceği sonucuna varmışlardır. Roth (1970) ve Martin vd. (1975) tarafından sanayide yapılan diğer iki çalışmaya göre ise, 85 ile 90 dBA arası ve üstündeki düzeylerden uzun süre etkilenmenin kulağa zarar verme riski taşıdığı ortaya çıkmıştır. Şekil 4.1'de Amerika Birleşik Devletleri İşçi Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü'nün kayıtlarına göre 85, 90 ve 95 dBA ses basınç düzeylik sanayi gürültüsünden etkilenen çeşitli yaşlardaki işçilerin yüzdeleri görülmektedir (Berglund ve Lindvall, 1995).



Şekil 4.1 ABD'de 1000, 2000 ve 3000 Hz frekanslarında 25 dB'den fazla işitme kaybına sahip işçilerin yüzdeleri (Berglund ve Lindvall, 1995)

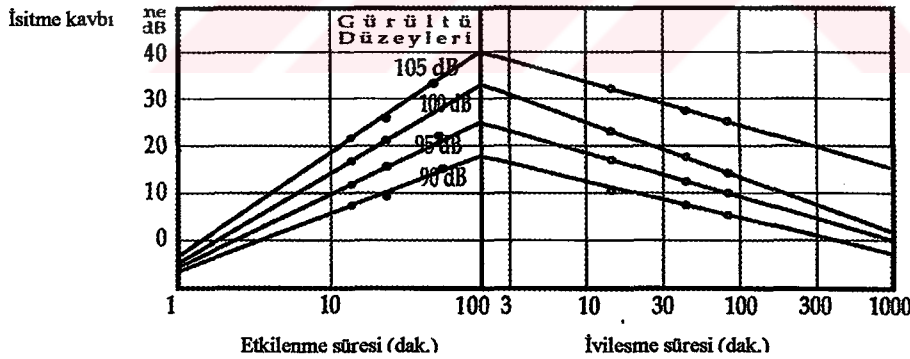
4.1.1.1 Gürültü kaynaklı işitme kayıplarının sınıflandırılması

Gürültüden kaynaklanan işitme kayıpları, geçici ve kalıcı eşik değişimi ile akustik travmadır.

A. Geçici eşik değişimi

İnsan organizması bütün yabancı maddelere olduğu gibi gürültüye karşı da savunma mekanizması geliştirir. Vücudun gürültüye karşı korunmak için kulağın duyarlılığını azaltmasıyla eşik değişimleri oluşur (Uslu, 1999). Geçici işitme eşik yükselmesi, kulağın yüksek düzeyli bir gürültüden kısa süreli etkilenmesinin hemen ardından ortaya çıkan bir işitme kaybı çeşididir. Kulağın işitme eşik yükseldiği takdirde, işitilmek istenen sesin basınç düzeyinin, gürültüden etkilenmeden önceki düzeye göre daha yüksek olması gerekmektedir (Melnick, 1979). Gürültü çok kısa sürse de işitme eşikini yaklaşık 20 dB kadar yükseltebilir.

Gürültüden kısa süreli etkilenildiğinde işitme eşiği yükselmesi geçicidir ve uyarı ortadan kalktıktan bir süre sonra, eşik değişimi ölçülemeyecek kadar küçülür (Akdağ, 1996). Kulağın etkilenmeden önceki durumuna ulaşma süresi, geçici işitme eşiği değişiminin büyüklüğüne, kişinin duyarlılığına ve karşı karşıya kaldığı gürültünün özelliğine göre değişir (Berglund ve Lindvall, 1995). Çoğu durumda, geçici işitme kaybı ve bunu izleyen iyileşme oranının azalımı impulsif ve durağan gürültüler için farklıdır. İmpulsif gürültüden kaynaklanan geçici işitme eşiği yükselmesi, durağan gürültüden kaynaklanan yükselmeden daha fazladır (Ward vd., 1961) ve iyileşme daha yavaştır (Cohen vd., 1966). Geçici işitme eşiği değişimi, bir saatten iki haftaya kadar uzayabilen bir süre içinde iyileşme gösterir (Çelikyurt, 1999). Gürültü uyarıtısı yok olduğunda işitme sisteminin kendi kendini iyileştirdiği yargısına gürültülü ortamlarda çalışan kişilerin sabah ve akşamüstü yapılan işitme ölçümleri arasındaki farklara dayanarak varılmıştır. Benzer olarak, pazartesi sabahı yapılan ölçümlerle cuma akşamları yapılanlar arasında da belirgin farklar ortaya çıkmaktadır (Devranoğlu, 1997). Bununla birlikte, iyileşme gerçekleşmeden tekrar gürültüyle karşı karşıya kalındığında, işitme kaybının kalıcı olması gibi bir olasılık söz konusu olabilir. Ayrıca, geçici eşik değişiminin gürültü kaynaklı kalıcı işitme kaybına sahip olan kişilerde de görülebileceği bilinmektedir (Berglund ve Lindvall, 1995). Şekil 4.2'de çeşitli düzeylerdeki gürültüden etkilenme sonucu oluşan işitme kaybı düzeyleri ile etkilenme ve iyileşme süresi arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 4.2 Çeşitli düzeylerdeki gürültüden etkilenme sonucu oluşan geçici işitme kayıpları ve iyileşme süreleri (Sabuncu, 1997)

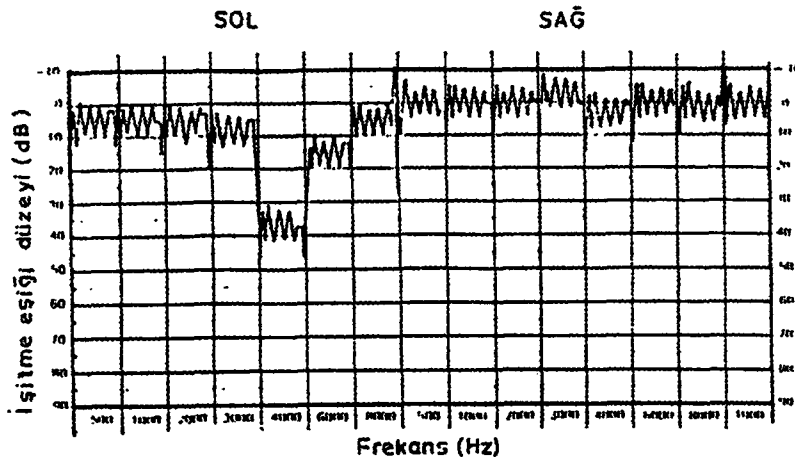
B. Kalıcı eşik değişimi

Kalıcı işitme eşiği yükselmesi, gürültü düzeyi yüksek olan bir ortamda uzun süre bulunan kişilerde ortaya çıkar. Bu durum, konuşmanın anlaşılabilirliğinde zorluk yaratan, kalıcı ve dönüşü olmayan, ciddi boyutlu bir problemdir. Genellikle her iki kulakta da izlenebilir (Çelikyurt, 1996).

C. Akustik travma

Akustik travma, kulağın bir ya da birkaç tane çok kısa süreli ve çok yüksek düzeyli impulsif gürültüden etkilenmesiyle birden hasara uğraması sonucu, ani işitme kaybı, dolgunluk ve tinnitus oluşumuna neden olan sensörinöral bir işitme kaybıdır (Akdağ, 1996; Devranoğlu, 1997; Çelikyurt, 1999). Sanayi ve üretimde çok sık rastlanan impulsif gürültüler, perçinleme, şişeleme, zımbalama, vb. eylemler sırasında darbe sesleri biçiminde ya da top, tüfek, tabanca gibi ateşli silahlar, patlayıcılar, vb. tarafından çıkarılan patlama sesleri biçiminde oluşur. Bunların yanında, çeşitli oyuncaklar da zararsız gibi görünmelerine rağmen bu tip sesler çıkararak akustik travmaya neden olabilirler. İşitsel zarara yol açabilecek kadar yüksek düzeyli bir impulsif gürültü, kısa süreli olduğundan, algılayan kişiye olduğundan daha düşük düzeyli gibi gelebilir ve bu nedenle işitsel tehlike olasılığı gözardı edilebilir. Fakat akustik travma iyileşme olasılığı olmayan ciddi bir işitme kaybıdır (Çelikyurt, 1996).

İmpulsif gürültüler, kulak zarında patlama ve kemikçik zincirindeki kopukluk sonucu orta kulak tipi (kondüktif tip) işitme kaybına ya da iç kulak yapısında ani zararlara neden olur (Devranoğlu, 1997). İmpulsif gürültünün düzeyi fazlalaştıkça, oluşan işitme kaybı artar. Etkilenilen ses basınç düzeyi 120 dB'in üzerinde olduğunda, kulak zarının ve orta kulak elemanlarının büyük genlikli titreşimleri genelde dokunma duyulanmasına benzer bir duyulanma yaratır. Bu durumda iç kulakta hasar oluşabilir ve denge bozulabilir. Ses basınç düzeyi 130 dB'in üzerine çıktığında ise büyük olasılıkla akustik travma oluşur (Akdağ, 1996). Bu tip işitme kaybı tek kulakta da oluşabilir. Şekil 4.4'te akustik travma nedeniyle sol kulağın 4000 Hz'deki işitme eşikinde oluşan düşüş görülmektedir.



Şekil 4.4 Akustik travma sonucu sol kulakta oluşan etkilenme (Akdağ, 1996)

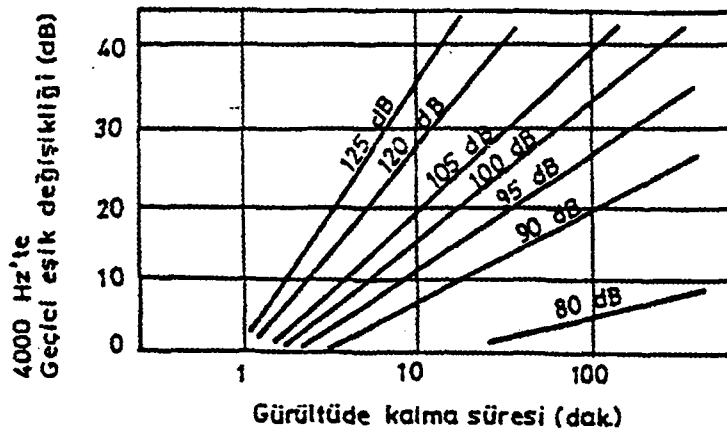
Odyometrik (kulak duyarlılığı ile ilgili) çalışmalar ve impulsif gürültü kaynaklarının fiziksel karakteristikleri yakından incelendiğinde, akustik travmanın kulağa verdiği zararın büyüklüğünde, zirve düzeyi, süre, yükselme süresi ve tekrarlama durumu ile yaygın alanlarda tekrarlama hızı ve yansıma yeğinliğinin etkisi olduğu anlaşılmıştır (Foreman, 1990). Duyarlı kişiler için tek bir uyardıdan etkilenme akustik travma oluşması için yeterlidir. Kapalı ortamlardaki impulsif gürültü açık ortamlara göre daha fazla zarar verirken, su altı patlamaları da su içindeki kulağa havadakinden çok daha fazla zarar verir (Çelikyurt, 1999).

4.1.1.2 Gürültü kaynaklı işitme kayıplarını etkileyen faktörler

Gürültünün neden olduğu işitme bozukluklarında, gürültüde kalma süresi, gürültünün tayfı ve düzeyi gibi faktörler rol oynar (Suter, 1991). Bununla birlikte, aynı gürültüden etkilenilse de eşik değişiminin büyüklüğü kişiden kişiye değişebilir ve çeşitli faktörlerin birleşik etki yapmasıyla artış gösterebilir (EC, 1996).

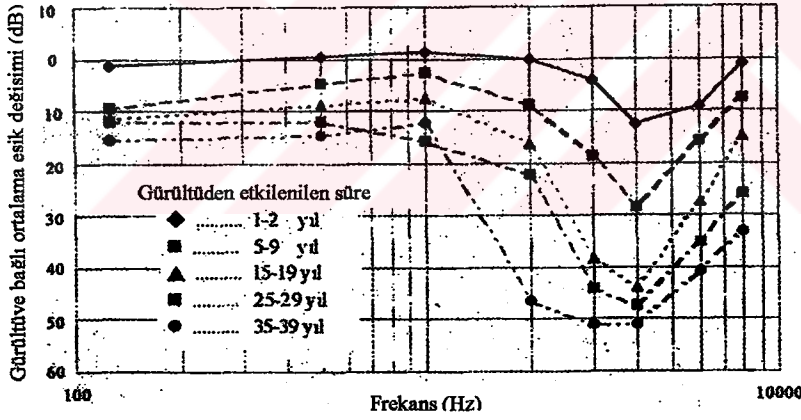
A. Gürültü kaynaklı işitme kayıplarında gürültüde kalma süresinin etkisi

Yaklaşık 4000 Hz'de duyarlılık azalmasıyla başlayan işitmedeki geçici ve kalıcı zararlar, gürültüde kalma süresi uzadıkça artış gösterir. Şekil 4.5'deki grafikte, orta frekansı 1700 Hz olan çeşitli düzeylerdeki bir oktav bantlık gürültüde kalma süresine bağlı olarak, 4000 Hz'de oluşan geçici eşik değişimi görülmektedir.

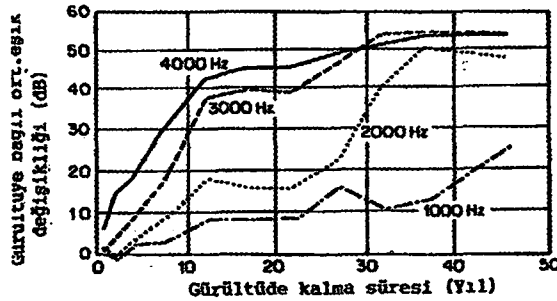


Şekil 4.5 Gürültüde kalınan süreye bağlı olarak 4000 Hz'de oluşan geçici eşik değişimleri (Akdağ, 1996)

Geçici eşik değişimi oluşumunun ardından gürültüde kalmaya devam edildiğinde eşik değişimi kalıcı hale dönüşür. Şekil 4.6'daki grafikte, İskoçya Dundee'deki dokuma tezgahlarında uzun yıllar boyunca çalışmış işçiler üzerinde, kalıcı eşik değişimi ve gürültüde kalma süresi ilişkisi ile ilgili yapılan araştırmalardan elde edilen veriler görülmektedir (Hassal ve Zaveri, 1988). Bu işyerinin özelliği, işgücünün çoğunlukla sabit olması ve işçilerin çoğunun yıllarca aynı fabrikada ve bölümde çalışmalarıdır. Bu süre boyunca kullanılan makinalar değişmemiş, bu nedenle etkileyen gürültünün biçimi ve düzeyi sabit kalmıştır. Araştırma, fabrikadan ayrıldıktan ya da emekli olduktan sonra iyileşme süreci yaşayan kişileri de kapsamıştır. Bu araştırmaya göre, işitme bozuklukları, konuşmanın anlaşılabilirliğindeki önemli frekanslar olan 1000 ile 5000 Hz arasında en fazladır. En az 40 yıllık çalışma süresince aynı gürültüden etkilenen işçilerdeki işitme kayıpları birbirine benzer özellikler göstermektedir. Kalıcı işitme eşiği yükselmesinin en fazla olduğu 3000 ile 6000 Hz arasındaki frekanslarda, işitme kayıpları gürültüden etkilenme süresinin ilk 10-15 yılında hızla artmakta ve 40 ile 50 yıl arasında büyük bir değişim göstermemektedir. Daha alçak frekanslarda ise (500, 1000 ve 2000 Hz), işitme kayıpları ilk yıllarda hızla gelişmemekte, fakat gürültüden etkilenildiği süre boyunca artmaya devam etmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.6 Gürültüde kalınan süreye bağlı olarak çeşitli frekanslarda oluşan eşik değişimleri (Hassal ve Zaveri, 1988)



Şekil 4.7 Gürültü süresine bağlı olarak konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen frekanslarda oluşan eşik değişimleri (Melnick, 1979)

Gürültülü ortamlarda çalışma süreleri, gürültü düzeyi arttıkça azalmalıdır. Çizelge 4.1’de uluslararası standartlar tarafından çeşitli gürültü düzeyleri için belirlenen maksimum çalışma süreleri verilmiştir (Sözen ve Akdağ, 1998).

Çizelge 4.1 Gürültü düzeyi yüksek olan ortamlarda maksimum günlük çalışma süreleri

Maksimum gürültü düzeyi (dBA)	Günlük çalışma süresi
90	8 saat
92	6 saat
95	4 saat
97	3 saat
100	2 saat
102	1,5 saat
105	1 saat
110	30 dakika
115	15 dakika

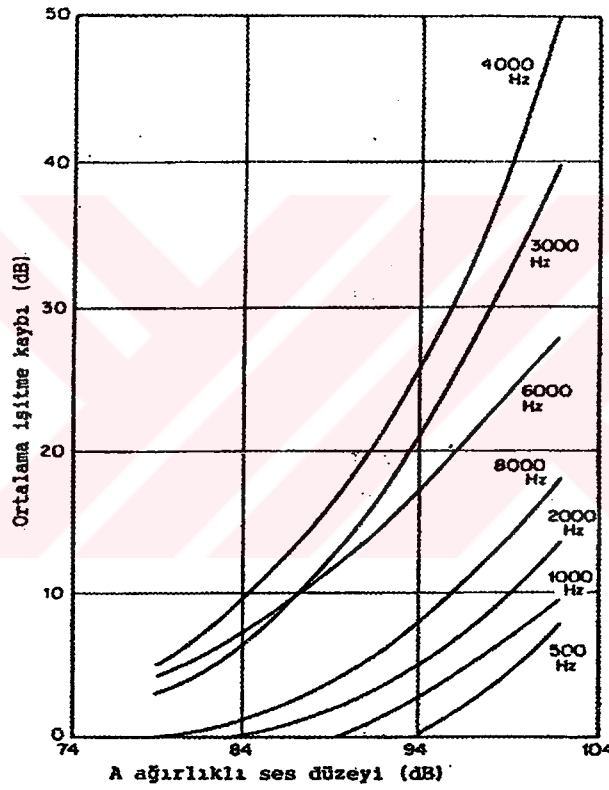
B. Gürültü kaynaklı işitme kayıplarında gürültü tayfının etkisi

Belli bir gürültüden kaynaklanan işitme eşiği yükselmesi, gürültünün kendi frekansından daha yüksek frekanslarda ortaya çıkar (Akdağ, 1996). Bunun nedeni, alçak frekanslara daha az duyarlı olan dış ve orta kulağın, bu frekanstaki seslere karşı daha dayanıklı olmasıdır. Bununla birlikte, gürültü kaynaklı işitme kayıpları, gürültünün tayfsal yapısından bağımsız olarak öncelikle 4000 Hz dolaylarında duyarlılık azalmasıyla oluşur. Bu durum, 2000-4000 Hz dolaylarında kulak zarındaki ses basınç düzeyinin yaklaşık 20 dB artmasına yol açan dış kulak yolunun rezonansına bağlanabilir. Gürültüden etkilenme süresi uzadıkça, 4000 Hz’de başlayan işitme kaybı artarak alçak frekansları da kapsamaya başlar (Intelihealth, 1990).

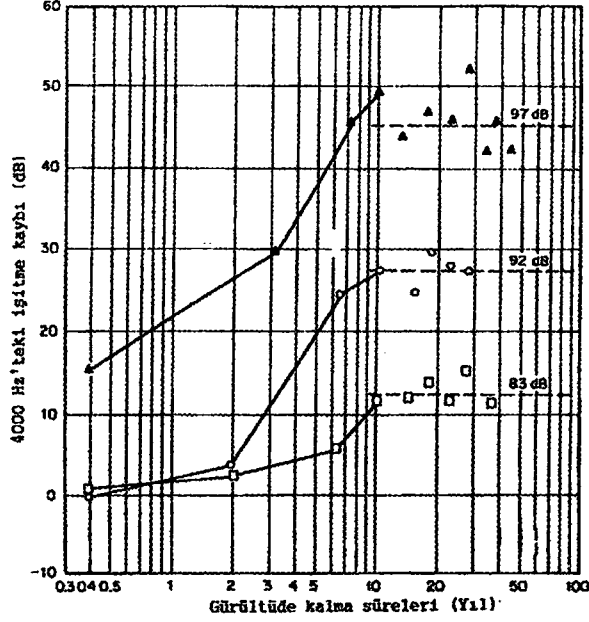
Gürültünün tayfsal yapısının işitme kayıpları üzerindeki etkisiyle ilgili yapılan çalışmalar, 100 ile 2000 Hz arasındaki gürültüye bağlı kalıcı işitme eşiği yükselmesinin, 425 Hz orta frekanslı oktav bantın ses basınç düzeyi ile yakından ilişkili olduğunu göstermiştir. Frekansı 4000 Hz olan seslerdeki işitme kaybı ise, 1700 Hz orta frekanslı oktav bant düzeyine bağlıdır (Karabiber, 1992). Ayrıca çok düşük frekanslı infraseslerin, ürettikleri aşırı basınç sayesinde bazı iç kulak bozukluklarına ve kulak zarında zararlara yol açtığı bilinmektedir (von Gierke ve Nixon, 1976).

C. Gürültü kaynaklı işitme kayıplarında gürültü düzeyinin etkisi

Gürültünün ses basınç düzeyinin artması sonucu, oluşan işitme bozuklukları sayısında da artış yaşanır. Şekil 4.8'de çeşitli düzeylerdeki sanayi gürültüsünden etkilenme sonucu oluşan işitme kaybı düzeyleri görülmektedir. Şekil 4.9'da ise bir yıldan daha az sürelerle 25 yıl arasında değişen sürelerde gürültüde kalan üç ayrı grupta, 4000 Hz'de oluşan işitme kaybı yer almaktadır. İlk grup 83 dBA'lık, ikinci grup 92 dBA'lık, üçüncü grup ise 97 dBA'lık ses düzeyinden etkilenmiştir. Maksimum işitme kaybı ses düzeyinin artış hızından daha hızlı artmaktadır.



Şekil 4.8 Sanayi gürültüsünden etkilenme sonucu çeşitli frekanslarda oluşan işitme kayıpları (Melnick, 1979)



Şekil 4.9 Çeşitli düzeylerdeki gürültüden etkilenme süresine bağlı olarak 4000 Hz'de oluşan işitme kayıpları (Melnick, 1979)

D. Gürültü kaynaklı işitme kayıplarında insana bağlı etkiler

İşitme sisteminin gürültüden zarar görme derecesinde, kişiden kişiye değişen kulak duyarlılığının ve yaşın etkisi vardır. Şehirlerde yaşayan aynı yaş grubundaki kişilerle karşılaştırıldığında, sessiz bölgelerde yaşayanların daha iyi işittikleri görülür (Rosen vd., 1962). Fakat bu duyarlılık farkı, yalnızca kişilerin gürültüsüz ortamda bulunmalarından kaynaklanmaz. İşitme ile ilgili örneklerde, coğrafi ve kültürel olarak ayrılan topluluklar arasındaki farklılıklar, kültür, beslenme ve genetik faktörlerin sonuçları olabilir (Rosen ve Rosen, 1971). İş yerlerindeki işitme kayıpları ile ilgili çalışmalarda, aynı gürültülü çevrede çalışan kişilerde oluşan işitme kaybı düzeylerinin değişik çıkması, gürültüye olan kişisel duyarlılığın sonucudur. Yapılan gözlemlere göre bazı işçiler uzun yıllar gürültüden etkilendikleri halde, işitme bozukluğu yaşamamış ya da çok az miktarda yaşamışlardır. Kişisel duyarlılıkta bu çeşit değişiklikler yaratan faktörler, orta ve iç kulak yapısındaki anatomik değişiklikler, işitme sisteminin işleyişindeki değişimler, belirti göstermeyen B vitamini eksikliği ve kulağı zararlardan koruyan işitsel refleksin yorulması olabilir (Berglund ve Lindvall, 1995). İşitsel refleks, çekiç, örs, üzengi kemiklerini birleştiren iki küçük kasın yüksek düzeydeki sesle karşılaştığında koruyucu amaçlı olarak büzülerek iç kulağa iletilen hareketi sınırlamasıdır. Sonuçta, iç kulağa ulaşan ses enerjisinin düzeyi, alçak ve yüksek frekanslarda 15-20 dB kadar azalmış olur (Møller, 1961). Gürültü düzeyi ve tayfi ile değişen orta kulak refleksinin başlangıcı sağlıklı kulaklarda 75-90 dBA düzeylerinde olur. Kas büzülmesi, 3000 Hz'in üzerindeki frekanslara sahip seslerle karşılaşmadan kısa süre sonra

eski haline döner. Fakat daha düşük frekanslardaki seslerle karşılaşıldığında düzelme belli bir süre alabilir (Johansson vd., 1967). Çok yüksek düzeyli ya da impulsif gürültüler, kas büzülmesindeki zaman gecikmesi yüzünden, koruma mekanizmasını uyarmadan kulağın içine girebilirler. Yaş ilerledikçe kulak duyarlılığının azalması, zamanla işitsel refleksin yorulmasıyla kulağa zarar veren seslerden korunmanın sağlanamaması sonucu oluşur.

Yaş ve kişisel duyarlılıkla değişen gürültüden etkilenmede cinsiyetin bir önemi yoktur. Gürültüyle karşı karşıya kalındığında, kadın ve erkeklerin eşit işitme kaybı riskine sahip olduğu kanıtlanmıştır (Fletcher, 1972). Bununla birlikte, Devranoğlu (1997) kişinin göz renginin işitme kaybında önemi olduğunu öne sürmektedir.

E. Birleşik etkiler

Ototoksik ilaç ve kimyasal maddelerden, çeşitli rahatsızlıklardan gürültüyle aynı anda etkilenilmesi sonucunda işitme kayıplarında artış yaşanır.

a. Gürültü ve ototoksik (zehir esash) ilaçlar:

Gürültü ve ototoksik ilaçların etkileşiminin, gürültünün işitme üzerindeki olumsuz etkilerini artırdığı bilinmektedir. Aminoglikosit antibiyotikler, üre sayısını azaltan çevrimciler, salisilatlar vb. ototoksik özelliğe sahip tedavi edici ilaçlardır. Birçok çalışmanın sonucuna göre, saç hücreleri kaybının veya işitsel eşik değişiminin, gürültü ve aminoglikosit antibiyotikler gibi ilaçların birleşik etkilenmesinden kaynaklandığı ortaya çıkmıştır (Vernon vd., 1978; Brown vd., 1980). McFadden ve Plattsmier (1983) yüksek dozda (iki gün üstüste 3,9 gr.) aspirin kullanımı sırasında gürültüden etkilenmiş kişilerde geçici işitme kaybı oluşumuyla ilgili kanıtlar bulmuştur. Fakat daha düşük dozdaki aspirin kullanımıyla gürültüden etkilenildiğinde eşik değişimi oluşmadığı bilinmektedir. Uzun süre yüksek dozlu aspirin kullanımı çoğunlukla, işitsel eşikte bozulmadan önce tinnitus (kulak çınlaması) oluşumuna yol açar (NIH, 1990).

b. Gürültü ve ototoksik (zehir esash) kimyasallar:

Ototoksik kimyasallar, kimyasal asfizyant, organik çözeltiler ya da metal gibi maddelere verilen addır. Bunların tümü sanayide, organik çözeltilerin bazıları ise yapıştırıcı, boya ve temizlik maddesi olarak evlerde kullanılır.

Gürültüde kalan laboratuvar hayvanları üzerinde yapılan çalışmalarda, karbonmonoksit, siyanür gibi birkaç çeşit kimyasal asfizyanttan etkilenme sonucunda işitmenin bozulduğu ortaya konmuştur (Konishi ve Kelsey, 1968). Young vd.'nin (1987) çalışmalarında, çok yüksek karbonmonoksit düzeyinden etkilenme sırasında gürültüde kalındığında, kokleadaki dış saç hücrelerinin zarar görmesiyle işitme kayıplarının olduğu kanıtlanmıştır. Sigara içilmesi sonucunda karbonmonoksitin ortaya çıkmasıyla kullanıcılardaki karboksihemoglobin düzeyi yükseldiğinden, sigara kullanan kişiler gürültüden etkilendiklerinde, kullanmayanlara oranla daha fazla işitme kaybına uğrarlar (Prince ve Matanoski, 1991).

Toluen, stiren, karbondisülfid, n-bütanol ve trikloroetilen gibi bir çok organik çözeltiler ototoksik olarak bilinir. Gürültü ile birlikte yapıştırıcılarda ve sprey boyalarda kullanılan toluenden, plastik ya da sentetik silgi yapımında kullanılan stirenden, kuru temizlemede kullanılan trikloroetilenden etkilenilir ya da alkol alınır ise işitme kayıplarının derecesi artar (Berglund ve Lindvall, 1995). Toluen (Morata vd., 1991) ya da karbondisülfitle (Morata, 1989) çalışan fabrika işçileri üzerinde yapılan araştırmalarda, bu çözeltilerin çalışanları gürültüyle birlikte etkilediğinde, gürültünün tek başına oluşturduğundan daha fazla işitme kaybına yol açtığı kanıtlanmıştır. Benzer olarak, Devranoğlu (1997) tarafından yapılan araştırmaya göre, alkol alımının gürültünün etkisini artırarak işitmeyi azalttığı ortaya çıkmıştır. Alkol ve sigara kullanımının fazla olduğu lokanta, bar vb. fonksiyonlu mekanlarda konuşmaların yüksek düzeyli olmasının nedeni buna bağlanabilir.

Gürültünün etkilerini artırdığı savunulan diğer kimyasallar ise kurşun, arsenik ve cıva gibi ağır metallerdir (Suter, 1991).

c. Diğer birleşik etkiler:

Gürültüden kaynaklanan işitme kayıplarını, tümör, alerji, kulak rahatsızlıkları, enfeksiyon, kafa travması gibi rahatsızlıklar arttırabilir (Berglund ve Lindvall, 1995; Çelikyurt, 1996). Aynı şekilde, vücut titremesi sırasında yüksek düzeyli gürültüden etkilendiğinde işitme kaybı derecesinin arttığı kanıtlanmıştır (Manninen, 1990, 1993). Ayrıca, Kundi vd.'ye (1984) göre, durağan ve impulsif gürültüden aynı anda etkilendiğinde, ayrı ayrı etkilendiğinden daha az miktarda geçici eşik değişimi oluşur. Fakat etkilenme süresi 30 dakikayı aştığında eşik değişimi artar.

4.1.2 Tinnitus (çınlama)

Tinnitus (çınlama), kişinin vücudunda istemsiz olarak oluşan sesleri algılamasıdır (Çelikyurt, 1996). Yaşanılan yere ve alınan eğitime göre ağustos böceği sesi, dere ve çağlayan sesleri, rüzgar sesi ya da ısıklık sesine benzetilen tinnitus, sübjektif ve objektif olarak sınıflandırılır. Sübjektif tinnitus sadece rahatsız kişi tarafından işitilirken, objektif tinnitus başkaları tarafından da işitilebilir. Objektif tinnitusa az rastlanılır ve iyileştirmek mümkündür. Sık rastlanan sübjektif tinnitusun ise oluşma biçimi bilinmemektedir.

Tinnitusun sürekli ve kesintili olmak üzere iki tipi vardır. Değişmeyerek hep aynı biçimde ya da kalp atışı şeklinde duyulabilen sürekli tinnitus genellikle yüksek frekanslıdır ve dar bantlı gürültü olarak işitilir. Çelikyurt'un (1999) bildirdiğine göre, sürekli tinnitusun frekansı %80 olguda en az 3000 Hz, %55 olguda en az 5000 Hz, % 42 olguda ise en az 7000 Hz'dir. Çok az olguda 100 Hz'den az frekanslı tinnitusa rastlanmıştır. Başdönmesi ve sensörinöral işitme kaybının birlikte olduğu Menière hastalığında sürekli tinnitus, düşük frekanslı uğultu olarak duyulabilir. Tek kulakta ya da aynı anda her iki kulakta da oluşabilen tinnitusun kesintili tipi genellikle tek taraflıdır (Berland, 1970; Çelikyurt, 1996).

Gürültü nedeniyle oluşan geçici ve kalıcı işitme eşiği yükselmesi ya da akustik travma, kişilerin %50 ile %60'ında tinnitusa neden olabildiği gibi, başka etkenlerden oluşan tinnitusun şiddetini de arttırabilir (Çelikyurt, 1996; CAOHC, 1997). Gürültüden kaynaklanan tinnitusun ilerlemesi kulağa gelen sesin düzeyi ve süresi azaltılarak önlenebilir fakat uyarının ortadan kaldırılması tinnitusu durdurmaz. Çelikyurt'un (1996) bildirdiğine göre, ülkemizde nüfusun %2,4 ile %10 arasında değişen oranı tinnitustan yakınmaktadır. Amerika'da ise yaklaşık 50 milyon kişinin tinnitus sesini duyduğu ve 12 milyonunun dayanılmayacak kadar rahatsız edici olarak nitelendirdiği bildirilmektedir (Cumhuriyet Bilim Teknik, 1999b). Kişiden kişiye değişen bu rahatsızlığın değerlendirilmesi zordur ve kişinin yaşantısını büyük ölçüde etkileyebilir. Özellikle sessiz ortamlarda ve dinlenme halindeyken rahatsız edici olan tinnitus, bazı kişilerde uyku bozulmalarına ve psikolojik problemlere neden olurken, bazıları ise tinnituslarına alışır ve bundan yakınmaz.

4.1.3 İşitsel acı

Kulakta 140 dB'lik ses basınç düzeyinden itibaren acı duyulmaya başlanır. Bu nedenle ses basınç düzeyi 140 dB'yi aşan 5 ms'lik impulsif gürültülere karşı kulak koruyucularının takılması gerekmektedir. Daha yüksek düzeylere, sürenin 5 ms'den kısa olması şartıyla dayanılabilir. Ses basınç düzeyi kısa bir süre için dahi 160 dB'den fazla olduğu takdirde, acı artar ve şiddetli koklea hasarı ortaya çıkar (Berglund ve Lindvall, 1995).

İşitsel acının dikkat çektiği diğer bir konu, gürültünün çeşitli aygıtlardan işitme yardımı alan kişiler üzerindeki etkileridir. İmpulsif gürültüden, yüksek düzeyli müzikten ve bazen yüksek düzeyli konuşmalardan etkilenmeyle oluşan acı, işitmeyi sağlayan aygıtları kullanan kişilerin ortak problemidir. Böyle durumlarda, gelen sesleri otomatik olarak 100 – 120 dB ya da daha düşük ses basınç düzeyiyle sınırlayan işitme aygıtları seçildiğinde duyarlı kulaklar için koruma sağlanmış olur (Gabrielsson vd., 1974).

4.1.4 Uyku bozuklukları

Birçok insan, gürültünün sağlık üzerindeki başlıca etkilerinden biri olan uyku bozulması problemini yaşar. Uyku düzenini bozmada gürültü dışındaki diğer nedenler %10-20 rol oynar (Langdon ve Buller, 1977). Gürültünün uyku üzerindeki etkileri; uykuya dalma güçlüğü, uyku düzeninde veya derinliğinde değişiklikler, ani uyanmalar ve uykusuzluk olarak sıralanabilir. Uykuya dalmak için gereken süre, gece boyunca uyanmaların süresi ve sabah hissedilen yorgunluk uyku kalitesini etkiler. Uykudaki bu problemler insan üzerinde psikofizyolojik etkiler de yaratır. Bunlar, kan basıncının artması, hızlı kalp atışı, damar genişlemesi ya da daralması, solunum düzensizliği, kalpte ritm bozukluğu, vücut hareketlerinde artış gibi istem dışı tepkilerdir (Suter, 1991). Ayrıca gece boyunca gürültüden etkilenme, gürültüde kalındıktan sonraki sabah ya da gün ölçülebilen ikincil tepkilere neden olabilir. Bunlar, uyku kalitesinde bozulma, yorgunluk artışı, ruhsal yapıda bozulma ve performans düşüklüğüdür. Gece boyunca gürültüden etkilenme sonucunda psikososyal yapı üzerinde uzun süreli etkiler oluşabilir (Öhrström, 1989). Bunun nedeni, gece boyunca duyulan rahatsızlığın, günlük toplam rahatsızlık düzeyini etkilemesidir.

Gürültünün uyku üzerindeki etkileriyle ilgili bilgiler, beynin, gözlerin ve kasların elektriksel aktivitelerinin ölçülmesiyle [sırasıyla elektroensefalogram (EEG), elektrookulogram (EOG), elektromiyogram, (EMG)] elde edilir (Berglund ve Lindvall, 1995).

4.1.4.1 Uykunun özellikleri

Uyku, dinlenmenin yanı sıra, insan vücudunun kendi kendini iyileştirdiği ve tamir ettiği son derece önemli bir süreçtir. Ruh ve vücut sağlığının korunması için uyku gereklidir. Beynin elektriksel yapısı üzerinde yapılan araştırmalar, zihnin uyku sırasında en az uyanık dönemde olduğu kadar yoğun çalıştığını göstermiştir. Uykusuzluğun insan hayatındaki engelleyiciliği çok fazladır. Yetersiz uyku ile zihinsel güç kaybı arasında yakın ilişki vardır. Uykusuz kalındığında, zihinsel çalışmalar durur ve düşünceler belli bir konu üzerinde yoğunlaştırılmaz. Hürriyet gazetesinde, 26.5.1993'te çıkan bir habere göre, 48 saat uykusuz bırakılan yüksek öğrenimli kişilerin, ilkokul düzeyindeki matematik işlemlerini yapamadıkları görülmüştür. Ayrıca, birkaç hafta uykusuz kalmanın ölüme neden olduğu hayvanlar üzerinde yapılan deneylerle ispat edilmiştir (Onganer, 1999).

Uyku sırasında, EEG tepkilerindeki ve istem dışı tepkilerdeki değişimlerle ilgili yapılan laboratuvar çalışmaları, uykunun dört değişik adımdan oluştuğunu göstermektedir. Uyku öncesi rahatlama sırasında, EEG ölçümleri hızlı ve düzensiz dalgalardan alfa ritmi adı verilen düzenli dalgalar haline geçer. Bu değişimi birinci uyku adımı takip eder. Bu adımda dalga genişliği ve frekansında küçülmeler oluşur. Daha sonra, ikinci uyku adımında, ölçümler basit ve karışık dalga patlamaları şeklinde değişir. Yaklaşık 30-45 dakika sonra üçüncü adıma geçildiğinde, EEG'de yavaş yavaş yükselen delta dalgaları (genişleme dalgaları) oluşmaya başlar. Delta dalgaları kayıt süresinin %50'sinde ortaya çıktığında, dördüncü adım olan derin uyku adımına ulaşılır. Birinci-dördüncü adımlar arasındaki uykuya NREM (non-rapid eye movements) uykusu adı verilir. Normal uyku sırasında NREM uykusunun dört adımı bazen tersine gelişebilir. NREM uykusu sırasında vücut, gün boyunca aşırı yorulma, yaralanma ve enfeksiyonlara ya da alkol, sigara, kirliliği gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak yok olan hücrelerin tamirini gerçekleştirir. NREM uykusunun yeterince uyunmaması, vücudun çabuk yorulmasına ve savunma sisteminde bozukluklara neden olur (Berglund ve Lindvall, 1995).

NREM uykusunun başlangıcından ortalama 1 saat 15 dakika sonra, EEG ölçümleri birinci adımdakine benzeyen, fakat göz yakınına yerleşen elektrodlar sayesinde hızlı göz hareketlerinin oluşmasına neden olan diğer bir uyku adımı oluşur. Bu adıma, adım 1-REM (rapid eye movements) uykusu denir. Rüyalar çoğunlukla REM uykusunda oluşur. REM uykusu sırasında gün boyunca insanın iç dünyasında oluşan sevinç, öfke, nefret ve heyecan gibi duygular düzelterek psikolojik bozuklukların oluşması önlenir. REM uykusunun oluşmaması, insanın, duygularının biriken yüküyle kısa sürede depresyona girmesine neden

olarak, zihinsel ve duygusal kimliğini kaybetmesini sağlar. Herhangi bir duygusal tepki yaşanması sonucunda ortaya çıkan aşırı üzüntünün verdiği yorgunluk ve sıkıntıdan kurtulabilmek için uyunduğu takdirde, uyanıldığında öncekinden çok daha rahat olunduğu gözlenebilir (Onganer, 1999).

NREM ve REM uykusu değişimli olarak vücudun ihtiyacı doğrultusunda yaşanır. Bu uykular sırasında harcanan süre, kişiye ve yaşa bağlı olarak değişir. Yaş ilerledikçe, birinci, ikinci ve üçüncü adımlardan oluşan hafif uyku adımlarının süresinin uzaması sonucunda, dördüncü adımdaki derin uykunun ve REM uykusunun süresi kısalır. Altmış yaş üzerinde, dördüncü uyku adımı ve REM uykusu hemen hemen tamamen yok olur. REM uykusunun beynin psikomotor (vücut hareketlerini kontrol edebilme) yeteneğinin gelişim ve korunmasına katkıda bulunma özelliği vardır. Buna bağlı olarak, REM uykusunun yaş ilerledikçe azalmasının, beynin olgunlaşmasının sonucu olduğu düşünülmektedir (Berglund ve Lindvall, 1995).

4.1.4.2 Gürültünün uykuya etkileri

Gürültünün uyku üzerindeki etkileri, uykuya dalma sürecindeki, uyku sırasındaki, uyku sonrasındaki etkiler ve gürültüde uzun süre kalmadan kaynaklanan uyku bozukluğu etkileri olmak üzere dört bölümde incelenir.

A. Gürültünün uykuya dalma sürecindeki etkileri

Uykuya dalma sürecinde gürültü, uykuya dalış süresinin artmasına, hafif uyku evresinin uzamasıyla REM uykusunun süresini kısaltarak uyku gelişiminin bozulmasına, uyku ilacı ya da kulak tıkacı kullanımına neden olur (EEA, 1999b). Yapılan araştırmalara göre, gürültüden etkilenildiğinde, duyarlı olanlar kadar duyarlı olmayan yetişkinlerin de uykuya dalma süresi artış gösterir. Bu artış, gürültülü odalarda uyuyan çocuklar için de geçerlidir (Eberhardt vd., 1987). Benzer olarak, kapalı pencerele odalarda uyuyan yetişkinler ile açık pencerele odalarda uyuyan yetişkinlerin karşılaştırıldığı bir çalışmada, açık pencerele odalarda uyuyanların uykuya dalma süresinde artış olduğu ortaya çıkmıştır (Griefahn ve Gros, 1983). Fakat bu artışta gürültünün düzeyinin değil, oluşma sayısının önemi olduğu düşünülmektedir (Öhrström ve Rylander, 1990).

B. Gürültünün uyku sırasındaki etkileri

Gürültünün uyku üzerindeki fizyolojik etkileri, uyanma, istem dışı vücut hareketleri ve psikofizyolojik tepkiler (genellikle kardiyovasküler tepkiler) olmak üzere üç çeşittir.

a. Uyanma etkilenmeleri

Gürültüden etkilenecek uyanma, vücudun bu uyarıya karşı verdiği refleks tepkisi sonucunda oluşur. Bu tepkinin merkezi, otonom sinir sistemini yöneten beynin ağ ve hipotalamus bölgesidir. Uyarı sona erdiğinde, sinir sistemi genellikle birkaç dakika içinde etkilenme öncesi haline geri döner. Uyku sırasında gürültü tarafından uyarılma, EEG ölçümlerindeki dalga frekanslarında birkaç saniye ya da daha fazla süren artışa neden olur. Yapılan araştırmalarda, gürültünün genellikle ilk dört uyku adımında uyanmalara neden olduğu ortaya çıkmıştır. REM uyku adımında, EEG ölçümlerinde oluşan değişimler daha az sayıda olduğundan, bu adımda uyanmalara daha az rastlanır. (Berry ve Thiessen, 1970).

Uyku sırasındaki gürültü kaynaklı uyanmaları belirlemek için Lukas, EEG ölçümlerinin yardımıyla çeşitli çalışmalar yapmıştır (Berglund ve Lindvall, 1995). Bu çalışmalarda, alışkanlıktan kaynaklanan uyanmaların çalışma dışında bırakılabilmesi için, katılımcılardan uykuya daldıktan sonraki her uyanmalarında bir düğmeye basmaları istenmiştir. Bunun sonucunda alışkanlıktan uyanmanın her gece aynı vakitlerde meydana geldiği ortaya çıkmıştır. Alışkanlık dışındaki uyanmalar ise, gece boyunca oluşan gürültü sayısına bağlıdır. Gürültü olaylarının sayısının azalmasıyla, uyanma sıklığında da azalma oluşmaktadır. Fakat yaş ortalaması arttıkça uyanma olasılığının da arttığı belirlenmiştir.

Thiessen'in yaptığı araştırmaya göre, gürültüye alışkın olmayan genç ve orta yaşlı katılımcılar için uyanma tepkileri, en az 50-55 dBA'lık yapı içi gürültü düzeyinden sonra başlamıştır. Araştırmada, 47 dBA düzeyindeki gürültüden katılımcıların %12,7'si, 60 dBA düzeyindeki gürültüden %30,6'sı, 65 dBA düzeyindeki gürültüden ise, 1/3'ü uyanmıştır (Berglund ve Lindvall, 1995). Öhrström ve Rylander (1990) ise, yaptıkları anketlere dayanarak aralıklarla meydana gelen 50 ve 60 dBA'lık gürültüden etkilenme sonucu uyanmaların arttığını bildirmişlerdir.

b. Vücut hareketleri

Sinir sisteminin vücudu dış uyartılara karşı savunma amacıyla, refleks olarak oluşturduğu hareket tepkisi, gürültünün uyku sırasında yarattığı rahatsızlığın genel belirtilerinden biridir. Vücut hareketlerindeki artışın, uyanma sayısı, uyku adımı değişimi ve uyku derinliği ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Öhrström ve Rylander, 1982). Eberhardt vd.'ye (1987) göre, ses basınç düzeyinin yükselmesiyle gürültü kaynaklı vücut hareketlerinin oluşma olasılığı artar. Öhrström ve Rylander'in (1990) çalışmalarında ise, uyku sırasında ses basınç düzeyi 45, 50 ya da 60 dBA olan gürültülerden etkilenme sonucu oluşan vücut hareketi sayısında fark olmadığı ortaya çıkmıştır.

c. Psikofizyolojik tepkiler

Uyku sırasında oluşan gürültü, vücutta çoğunlukla kardiyovasküler olmak üzere psikofizyolojik tepkiler oluşturur. Gürültüden etkilenmeyle oluşan uyku adım dağılımı değişikliklerinin sinir sistemini etkilemesi, stres hormonlarından adrenalinin serbest kalmasına ve salgılanmasının artmasına neden olur. Bunun sonucunda kalp atışında, solunum ve nabız sayımında değişiklikler ortaya çıkar. Uyku sırasındaki kardiyovasküler tepkiler alışkanlığa bağlı değildir ve çocuklarda yetişkinlere göre daha fazla görülür. Vallet vd. tarafından yapılan araştırmalara göre, uyku sırasında 62-65 dB'lik ses düzeyinden etkilenmenin kalp atışının hızlanmasına neden olduğu ortaya çıkmıştır (Berglund ve Lindvall, 1995). Basit bir gürültünün sonucunda uyku sırasındaki kalp atışı hızlanması, gecenin ve uyku adımlarının süresine bağlı olarak 20-30 atış olmaktadır. Bununla birlikte, çok düşük gürültü düzeylerinden etkilenme de kardiyovasküler tepkilerin oluşması için yeterlidir. Örnek olarak, 32 dBA düzeyindeki gürültüden etkilenmeden sonra kalpte, dakikada 10 atış hızlanma olduğu görülmüştür. Buna göre, ses basınç düzeyindeki azalma, tepkinin oluşmasını engellemez, fakat gece boyunca oluşan gürültü olayı sayısındaki azalma, tepki sayısını azaltır.

C. Gürültünün uyku sonrasındaki etkileri

Çeşitli laboratuvar ve alan çalışmalarından çıkan sonuçlara göre, gürültünün uyku sonrası etkileri, uyku kalitesinin bozulması sonucu oluşan yorgunluk, performans düşüklüğü, psikolojik ve sosyolojik bozukluklar olarak kabul edilmektedir (Öhrström, 1989). Düzeyi 45 dBA olan trafik gürültüsünden etkilenme sonucu, genel nüfusun 1/3'ünü kapsayan gürültüye duyarlı kişilerin uyku kalitesinde düşüş olmaktadır. Ayrıca, gece boyunca 60 dBA trafik

gürültüsünde kalındığında, uyku kalitesinin bozulması sonucu performansın etkilendiği gözlemlenmiştir (Öhrström ve Rylander, 1990). Yapılan araştırmalarda, uykunun gürültü tarafından bozulmasına bağlı olarak çok yorgun ve sinirli olma, yalnız kalma isteği gibi belirtilere, 52 dB eşdeğer ses düzeyinden etkilenen bölgelere göre 72 dB eşdeğer ses düzeyinden etkilenen bölgelerde daha sık rastlanmıştır.

D. Uzun süre gürültüde kalmadan kaynaklanan uyku bozukluğu etkileri

Uzun yıllar boyunca gürültüde kalma, kişilerde uykunun etkilenmesiyle ilgili alışkanlık yaratmaz. Vallet vd.'ye göre, uzun süreli etkilenmeler, alışmanın tersine, REM uykusunun sayısında azalmaya neden olur (Berglund ve Lindvall, 1995). Benzer olarak, kalp atışı değişimi ve vücut hareketleri gibi fizyolojik tepkiler ile ilgili alışma da kanıtlanamamıştır (Öhrström, 1993).

Uzun süre gürültüde kalma sonucu uyku kalitesinin ters etkilenmesiyle ilgili bazı veriler, gürültünün uykuda kalıcı bozulmalara neden olduğunu gösterir (Eberhardt, 1982). Ayrıca, Öhrström'ün (1991) gürültünün insanın psikolojik ve sosyolojik yapısı üzerindeki etkileriyle ilgili çalışmalarından, yıllar boyunca 70 dB'den daha fazla gürültüden etkilenen kişilerin daha sessiz bölgelerde yaşayanlara göre uykuya dalmada büyük güçlük çektiği ve uyku ilacı ya da kulak tıkacı kullanımında artış yaşandığı, bunun sonucunda da depresyon şeklindeki psikososyal rahatsızlıklara sahip oldukları anlaşılmaktadır.

Ising ve Rebentisch'in (1993) yaptığı araştırmalara göre, 11 yıl boyunca gürültüden kaynaklanan uyku bozukluğu yaşayan kişilerde, hipertansiyonda önemli artışlara rastlanmıştır. Ayrıca, her gece 24 kez 15 saniyelik 80 dB eşdeğer ses düzeyi gürültüde kalmanın ise, bellekte önemli ölçüde bozulmalara neden olduğu bulunmuştur. Bunun sonucunda belleğe dayanan çalışma eylemlerinde performans düşüklüğüne rastlanmıştır (Le Vere vd., 1975). Başka bir çalışmada ise, Cantrell, 24 saatten 10 güne kadar 22 saniyelik aralarla oluşan 80, 85 ve 90 dBA'lık impulsif gürültülerden etkilenenlerin çalışma performans testlerinde bozukluk görememiş, fakat uyku sırasındaki EEG ölçümü kayıtlarında tepkilere rastlamıştır (Berglund ve Lindvall, 1995).

4.1.4.3 Gürültü kaynaklı uyku bozukluklarını etkileyen faktörler

Gürültünün neden olduğu uyku bozukluklarında, gürültünün tayfi ve düzeyi, çeşidi, oluşma sayısı ve zamanı gibi faktörler rol oynar. Bununla birlikte uykunun bozulması; düzensiz uyku saatleri, hastalık, gürültüye karşı duyarlı olma ve yaş gibi insana bağlı etkiler sonucu değişim gösterir.

A. Gürültü kaynaklı uyku bozukluklarında gürültü özelliklerinin etkileri

Gürültü kaynaklı uyku bozuklukları 30 dBA gürültü düzeyinden itibaren başlar (EC, 1996). REM uykusunun uyunmaması sonucu oluşan olumsuz etkilerden kaçınmak için, uyku sırasında yapı içindeki gürültünün eşdeğer sürekli ses basınç düzeyinin 30-35 dB'i geçmemesi gerekir (Berglund ve Lindvall, 1995). Griefahn'a (1990) göre ise, gürültünün uyku derinliğinde değişme ve uyandırma etkisi yaratmaması için düzeyinin 45 dB'in altında olması gerekmektedir. Düşük fon gürültüsüne sahip bir çevredeki gürültü kaynaklarına, gürültü ve titreşimin birlikte üretildiği çevrelere ve ses basınç düzeyinin 45 dB'in altında olmasına rağmen rahatsızlığın oluşabileceği infrases kaynaklara özel dikkat gösterilmelidir. Bunun nedeni, Eberhardt vd'nin (1987) yaptığı çalışmalarda, belli aralıklarla oluşan 45 dB'lik ses basınç düzeyinin altındaki gürültülerin bile uyku derinliğinde değişikliklere yol açarak rahatsızlık oluşturduğunun ortaya çıkmasıdır. Bu çalışmalarda, 37 dB'lik gürültü psikofizyolojik tepkilere, 40 dB'lik gürültü uykuda bozulmalara, 55 dB'lik gürültü ise katılımcıların %50'sinde uyanmalara ve kısa süreli tepkilere neden olmuştur.

Uyku adımlarının etkilenmesinde gürültü çeşidinin önemi vardır. Aralıklı gürültü REM uykusuyla birlikte üçüncü ve dördüncü uyku adımını da etkilerken, durağan gürültü esas olarak REM uykusunu etkiler. Ayrıca, ortalama 4-5 gece boyunca pembe gürültüde kalma sonucu REM uykusunda azalma oluşması için, gürültünün ses basınç düzeyinin en az 50-60 dB olması gerekmektedir (Berglund ve Lindvall, 1995).

Eberhardt vd.'ye (1987) göre, uykunun en kolay bozulduğu zaman, gecenin ilk 1/3'ünden 2/3'üne kadardır. Gece boyunca gürültü sayısının artmasıyla uyanma olasılığı da artar. Aynı şekilde, ikincil tepkilerin oluşma sıklığı da her gece oluşan gürültü sayısı ile doğru orantılı olarak artar (Griefahn ve Jansen, 1978). İki gürültü olayı arasındaki zaman aralığı oluşan etki için önemlidir. Bunun nedeni, uyanma olasılığının en fazla iki gürültü arasındaki 40 dakikalık aralıkta oluşmasıdır. Griefahn'ın (1990) yaptığı bir araştırmada, yapı içindeki yaklaşık

45 dB'lik ses basınç düzeyinden gecede 40 kereden daha fazla etkilenildiğinde uyku kalitesinde azalma olduğu görülmüştür. Bu çalışmada eşdeğer sürekli ses düzeyini azaltma üzerinde yoğunlaşmadan önce, ilk olarak, gürültü olayının maksimum ses basınç düzeyini ve gürültü olayı sayısını azaltmaya gayret gösterilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. İyi bir uyku için 45 dB dolaylarındaki ses basınç düzeyinin gecede 10-15 kereden fazla oluşmaması gerektiğine inanılır (Vallet ve Vernet, 1991).

B. Gürültü kaynaklı uyku bozukluklarında insana bağlı etkiler

Gürültüye bağlı uyku bozukluğundaki kişisel farklılıklarla ilgili bilgiler sınırlıdır. Fakat gürültü kaynaklı uyku bozulmasına çok duyarlı olan belirli grupların varlığı bilinmektedir. Bunlara örnek olarak; endişeli, sinir hastalıklarına eğilimi olan, stres altındaki kişiler, yaşlılar ve uyku saatleri düzensiz olan, nöbetle çalışan kişiler verilebilir.

Gürültüden kaynaklanan uyku bozulmasında yaş ve cinsiyet etkisi olup olmadığı konusunda anlaşmazlıklar vardır. Bazı çalışmalar, çocukların ve gençlerin uykularının, orta yaştaakilere ya da yaşlı kişilere göre gürültüden daha az etkilendiğini gösterirken (von Gierke ve Nixon, 1976), bazı çalışmalar da uyku sırasında gürültü oluştuğunda yaşlı kişilerin diğerlerine göre daha geç uyandığını savunmaktadır (Eberhardt, 1982). Çocuklarla ilgili yapılan çalışmalarda, dört-altı yaş arasındaki çocukların dördüncü uyku evresinden ani olarak uyandırılmadan özellikle rahatsız olduğu görülür. Çocuklarda, uyku sırasında gürültüden etkilenme sonucu oluşan kalp atışı hızlanmasına daha fazla rastlanır. Ayrıca, hazımsızlık çeken ya da beyni zarar gören bebeklerin uyku sırasındaki gürültüye karşı daha duyarlı oldukları bilinmektedir. Cinsiyet konusuyla ilgili yapılan çalışmaların çoğunda ise, uyku sırasındaki gürültüye kadınların erkeklerden daha duyarlı olduğu ortaya çıkmıştır (Berghlund ve Lindvall, 1995).

4.2 Psikolojik Etkiler

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden bir diğeri de sinir sistemi ve hormonların etkilenmesi sonucunda oluşan psikolojik rahatsızlıklardır. Sinir sistemi tarafından salgılanan dopamin, adrenalin ve noradrenalin gibi katekolamin hormonları beynin amigdala ve önbeyin bölgelerini harekete geçirir. Amigdala bölgesinin görevi herhangi bir stres yapıcıyla karşılaştığında duygusal tepki başlatmaktır. Beynin ön bölgeleri ise konsantrasyon, kısa süreli bellek, mantıklı düşünce ve davranışları yönetir (Well Connected, 1998). Organizma gürültüyle karşı karşıya kaldığında oluşan katekolamin artışı sonucunda

beynin ön bölgelerindeki etkinliğinin azalmasıyla; dalgınlık, unutkanlık gibi bellek etkilenmeleri, dikkatin dağılması, konsantrasyon bozukluğu, öğrenme güçlüğü ve çalışmaya karşı isteksizlik oluşabilir (Önen, 1996; Peker, 1999). Amigdala bölgesinin etkilenmesiyle ise; duygusal stres, sinirlilik, gerginlik, heyecan, hayal kırıklığı, hoşnutsuzluk, sıkıntı, endişe, dengesizlik, huzursuzluk, dayanıksızlık, çaresizlik, sorunlarla başa çıkamama, depresyon gibi standart psikolojik belirtiler ile bunların gelişmesiyle nevroz, psikoz, histeri gibi daha genel psikiyatrik belirtiler ortaya çıkar (Cohen vd., 1986; Berglund ve Lindvall, 1995; Akdağ, 1996; WHO, 1997). Nevroz, kişinin zihinsel çatışmalarının üstesinden gelemeyişinden kaynaklanan ruhsal bir bozukluktur. Kişi, kendi düşünce ve duygularında bozukluk olduğunu fark edip rahatsızlığının bilincine varabilir. Psikoz, gerçeklik duygusunun çarpıtılması ve kişilik bozukluklarının ortaya çıkmasıyla oluşan en ağır psikiyatrik rahatsızlıktır. Psikozlu kişiler, rahatsız olduklarını kabul etmezler. Bu rahatsızlığa örnek olarak dementia (kişilik bölünmesi) ve düşünce bozukluklarıyla ortaya çıkan şizofreni verilebilir. Şizofreniye sahip kişiler dış dünya ile bütün ilişkilerini kopararak düşüncelerinde yarattıkları, gerçek ile hayallerin birbirine karıştığı bir dünyada yaşarlar. Histeri ise, stresin, belirli bir organik neden olmadan, birdenbire başlayan şiddetli ağrı, duyu yitimi, titreme, çarpınma gibi fizyolojik belirtilere dönüştüğü ruhsal bir bozukluktur (Temel Britannica, 1993).

Yapılan çalışmalarda gürültü ve akıl hastalıkları arasındaki ilişkiyle ilgili çok az veriye ulaşıldığından gürültünün doğrudan akıl hastalıklarına neden olduğuna inanılmaz, fakat gürültüden etkilenme sonucu oluşan ruhsal bozuklukların gelişerek akıl hastalıkları oluşturduğu düşünülür (Evans ve Cohen, 1987). Özellikle, sadece dünya nüfusunun %10'unu oluşturan işitme bozukluğuna sahip grupları değil, gerçekte çok daha geniş bir kitleyi kapsayan gürültüye duyarlı kişilerin psikiyatrik hastalıklara yakalanma olasılığının fazla olduğu yapılan araştırmalarda ortaya çıkmıştır (Berland, 1970; Stansfeld vd., 1993).

Gürültünün ruh sağlığı üzerinde oluşturduğu olumsuz etkiler, tıbbi ilaç tüketiminin ve akıl hastanelerine başvuru oranının varlığıyla kanıtlanmaktadır. Watkins vd.'ye (1981) göre, gürültüden çok fazla rahatsız olan insanlarda yatıştırıcı ve uyku ilacı kullanımı fazladır. Ayrıca yapılan çeşitli araştırmalar, gürültülü bölgelerdeki akıl hastanelerinde yatan hasta oranında artış olduğunu gösterir.

Rahatsızlık duymayla başlayan psikolojik etkilenmeler gürültünün tayfsal yapısı, düzeyi, süresi ve çeşidi gibi fiziksel özellikleriyle yakından ilgilidir. Dar bantlı ve yüksek frekanslı sesler daha rahatsız edicidir. Gürültünün düzeyi arttıkça ve etki süresi uzadıkça rahatsızlık da

artar. Özellikle impulsif gürültüler, durağan gürültülere göre çok daha etkilidir. Gürültünün fiziksel özelliklerinin yanında, kişilerde psikolojik olarak rahatsızlık oluşumu, aynı zamanda kişinin fiziksel ve sosyolojik özellikleriyle ilgili çeşitli etkenlere de bağlıdır. Gürültüye duyarlı ve dayanma gücü az olan kişiler psikolojik olarak daha fazla etkilenirler ve gençlere oranla yaşlılar gürültüye karşı daha dayanıksızdırlar. Bununla birlikte, özellikle aynı nitelikteki gürültülü ortamda bulunan kişilerde, zamanla söz konusu gürültüye karşı alışkanlık oluşur ve rahatsız olma dereceleri azalır. Kişi tarafından tanınan gürültü psikolojik rahatsızlık oluşturmaz, yeni bir gürültü önceden bilinen gürültüden daha rahatsız edicidir. Ayrıca, gürültünün oluşacağı önceden tahmin edilebiliyorsa, ani ve beklenmeyen gürültüye oranla daha az rahatsız olunur. Kişinin gürültüyle karşı karşıya kaldığı andaki eylemi de rahatsızlık oluşumunda büyük rol oynar. Ders çalışma, televizyon izleme vb. eylemler sırasında, başka zamanlarda etkilenilmeyen gürültüden rahatsız olunabilir. Bununla birlikte, gürültü kişinin gelir elde ettiği bir iş sırasında çıkıyorsa, daha az rahatsız edici olabilir. Tüm bunların yanında, kişinin gürültüye duyarlılığı, sosyo-ekonomik durum, eğitim ve bilinçlenme düzeyi ile artar (Akdağ, 1996).

4.3 Psikofizyolojik Etkiler

Yapılan laboratuvar ve alan çalışmaları, gürültünün genel bir stres kaynağı olarak ruhsal sağlığı etkilemesinin ardından pek çok fizyolojik sistemi harekete geçirerek fiziksel sağlığı da etkilediğini göstermektedir. Bu etkilerin çoğu geçici olarak görünse de, uyarının devam etmesiyle bazıları kalıcılaşabilir. Özellikle bilinmeyen ya da istenmeyen özelliğe sahip gürültülerden etkilenme, refleks olarak çeşitli geçici tepkiler doğurabilir. Bu tepkiler vücudun en basit savunması sonucu ortaya çıkar ve uyarı kesildiğinde sona erer. Uzun süreli etkiler ise hormonlardaki değişimlere bağlı olarak oluşur.

Ruhsal sağlığın bozulması sonucu oluşan bu etkilerin şiddeti ve süresi çoğunlukla duyarlılık, yaş, sağlık koşulları, beslenme, sigara ve alkol kullanımı gibi kişisel özelliklere göre değişir. Bu nedenle, gürültünün stres sonucu insanların hormonal aktivitesinde değişiklik yaratarak çeşitli psikofizyolojik etkilere neden olduğu fikrine varmada kimi klinik ve laboratuvar verileri yetersiz kalmaktadır (Suter, 1991). Fakat yapılan çalışmaların büyük kısmı gürültünün kardiyovasküler rahatsızlıklar için bir risk faktörü olduğu üzerinde odaklanmıştır.

4.3.1 Psikoendokrin bozukluklar

Gürültünün insanın psikoendokrin (hormonal) aktivitesinde bozukluklara yol açtığı bilinmektedir. Beynin ağ ve hipotalamus bölgesi tarafından yönetilen ve hormon salgılama fonksiyonunu düzenleyen otonom sinir sistemi ve arabeyin merkezi, akustik yollarla uyarıldığında adrenokortikal hormon salgılama oranını değiştirir. Gürültüden etkilenme sonucunda oluşan bu değişimler, katekolamin ve kortizol gibi stres hormonlarının düzeylerinin yükselmesi biçiminde oluşur (Lang, 1988). Katekolamin hormonlarının (çoğunlukla adrenalin ve noradrenalin) artışı, vücudun yağ depolarındaki yağ asitlerini serbest bırakmasıyla kandaki kolesterol oranının artmasına neden olur. Bunun sonucunda metabolizmada yağ artışı oluşur (Miyara, 1999). Ayrıca, Ising'in araştırmalarına göre, gürültü kaynaklı stresin magnezyum salgısını artırması, özellikle beslenmeyle alınan magnezyum oranı düşükse, magnezyum dengesizliğinin oluşmasıyla sonuçlanır (Berglund ve Lindvall, 1995). Bu dengesizlikle vücutta artan kalsiyum düzeyinin katekolamin salgılanmasını da artırmasıyla önemli kardiyovasküler rahatsızlıklar oluşur. Onyedihidroksikortikosteroid olarak bilinen kimyasal gruba ait steroid hormonlarından kortizollerin (genellikle adrenalin) artışı ise, bağışıklık sisteminin zarar görmesine neden olur (Burns, 1979). Gürültünün bu iki hormon düzeyini önemli derecede yükselttiği sonucuna hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan laboratuvar çalışmalarından varılmıştır, fakat bu yargıyı doğrulamak için eldeki veriler yetersizdir.

Fare, sıçan ve domuzlar üzerinde yapılan laboratuvar çalışmalarına göre, yüksek şiddetteki gürültüden etkilenme, pletor (kan toplanması) oluşumu, kortikosteron veriminde düşme, idrar yoluyla adrenalin boşaltımında artış, eosinopenya (glukokortikosteroid hormonlarına bağlı oluşan geçici stres), adrenal bezlerinde geçici değişiklikler, kanda adrenal 11-hidroksikortikosteroid artışı ve plazma kortikosteron düzeyinde artış gibi psikoendokrin etkilere neden olmaktadır. İnsanlar üzerinde yapılan laboratuvar çalışmalarında ise, 30 dakika boyunca 2000 Hz'lik 90 dB gürültüde kalındığında adrenalin ve noradrenalinin idrar yoluyla boşaltımında artış, 30 dakika boyunca 55, 70 ya da 85 Fon düzeyindeki gürültüden günde iki kez etkilenildiğinde lökosit, eosinofil ve basofil gibi akyuvar hücreleri ile üriner 17-hidroksikortikosteroid düzeylerinde değişiklikler gözlenmiştir. Ayrıca, günlerce 40,50 ve 60 dBA düzeylerindeki gürültüden 2 ya da 6 saatlik etkilenme sonucu 17-hidroksikortikosteroid ve idrar yoluyla noradrenalinin boşaltımında artış gibi psikoendokrin etkilenmeler oluşmuştur (Berglund ve Lindvall, 1995). Eski Münih Havaalanı yakınında yaşayan çocuklar üzerinde yapılan laboratuvar çalışmalarında, eski havaalanı kapatılmadan önce uçak gürültüsünden

etkilenen çocuklarda, kontrol grubundakilerle karşılaştırıldığında adrenalin ve noradrenalin düzeylerinde artış görülmüştür (Hygge vd., 1993).

İnsanlarla ilgili alan çalışmalarında, gürültüden etkilenme sonucu, zeka performansı ve kavrama sırasında katekolamin artışına rastlanmıştır. Bu artışın sebebinin eylemi sürdürebilmek için çaba sarfetme olduğu öne sürülmektedir (Berglund ve Lindvall, 1995). Ising (1983) tarafından yapılan diğer bir alan çalışmasında ise, 60 dB'lik trafik gürültüsünden etkilenen 43 poliste idrar yoluyla noradrenalin boşaltımında artış gözlemlenmiştir. Ayrıca, inekler üzerinde yapılan deneylere dayanarak, prolaktin hormonunun azalmasıyla anne sütünün kesilmesi biçimindeki bir etkilenmenin de söz konusu olduğu ortaya çıkmıştır (Uslu, 1999).

4.3.2 Kardiyovasküler bozukluklar

Gürültünün kardiyovasküler etkileri ile ilgili çok sayıda laboratuvar ve alan çalışması yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğuna göre, yüksek düzeyli gürültüden etkilenme, refleks tepkisine ve katekolamin artışına bağlı olarak damar spazmı, damar daralması, trombosit toplanması, kan basıncının artması sonucu hipertansiyon, kalpte ritm bozukluğu ve iskemik kalp rahatsızlıkları (kalbin kas dokusuna yetersiz kan akışından kaynaklanan rahatsızlıklar) gibi önemli kardiyovasküler etkilenmeler oluşturur. Bu etkilenmelerin devam etmesi koroner kalp yetmezliği gibi ciddi kalp rahatsızlıklarına yol açabilir (Suter, 1991).

Peterson vd.'nin hayvanlar üzerinde yaptığı laboratuvar çalışmalarına göre, 9 ay süresince 85-90 dBA düzeyli gürültüde bırakılan maymunlardaki kısa süreli başlangıç tepkilerinin zaman geçtikçe sürekli tepkilere dönüştüğü görülmüştür. İlk aydan itibaren oluşan bu tepkiler sırasıyla, günlük kalp atışı ritminde ve kan basıncında değişimler ve kalp atışında duraklamalar olarak belirlenmiştir (Suter, 1991). İnsanlar üzerinde yapılan laboratuvar çalışmalarında ise, birçok saat boyunca 60 dB eşdeğer sürekli ses düzeyli trafik gürültüsünde kalan polislerin çoğunda, normalde 14 cmHg olan sistolik (büyük tansiyon) ve 9 cmHg olan diyastolik (küçük tansiyon) kan basıncında çok az yükselmeye rastlanmış, bazılarında ise kan basıncının düştüğü gözlenmiştir (Ising, 1983).

Gürültünün insanın kardiyovasküler fonksiyonları üzerindeki etkileriyle ilgili Lehmann ve Tamm'ın sanayi bölgelerinde yaptığı alan çalışmalarında, el ve ayak parmakları, kulak memesi gibi vücudun uç bölgelerinin deriye yakın kılcal damarlarındaki daralmalar

sonucunda kan dolaşımının yavaşlaması ile sürekli gürültüde kalma arasında ilişki olduğuna dair kanıtlar bulunmuştur (Burns, 1979; Akdağ, 1996). Hattis ve Richardson ise, gürültünün, diğer etkenlerle birleşerek, dolaşım sisteminde damar daralması sonucunda kalıcı kan basıncı yükselmesi ve kalp hastalıkları gibi zararlara yol açtığını ortaya koymuştur. Yapılan çalışmalara göre, 95 dB'lik ses basınç düzeyinden etkilenen işçilerde dolaşım problemlerinin, kılcal damarlardaki kan akış rahatsızlıklarının ve kalp atışındaki düzensizliklerin oluşma oranının yükseldiği bildirilmiştir. Ayrıca, 85 dB'ye ulaşan sürekli gürültü düzeylerinde kalan işçilerde kan basıncı düzeyi önemli derecede artış göstermektedir (Berglund ve Lindvall, 1995).

Uçak ve trafik gürültüsünü kapsayan çevre gürültüsü ile ilgili yapılan alan çalışmalarının sonuçları, sanayi bölgelerindeki alan çalışmalarının sonuçlarına benzerdir. Cohen vd. (1981) yaptıkları bir çalışmada, Uluslararası Los Angeles Havaalanının uçuş yollarının altındaki okullara devam eden çocuklarla sessiz bölgelerde okuyan çocukların kan basınçlarını karşılaştırmışlar ve gürültülü okullara devam eden çocukların kan basınçlarının önemli derecede yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca Knipschild ve Oudshoorn'un Amsterdam Havaalanı çevresinde yaptıkları iki çalışmada, gürültülü bölgelerde yaşayanlarda daha yüksek kan basıncı düzeyi görülmüş ve hipertansiyonu da içeren kardiyovasküler düzensizlikler yüzünden daha fazla tedavi altında oldukları ortaya çıkmıştır (Suter, 1991). Bu çalışmalara dayanarak, gürültülü çevrelerde kalp bozukluklarının, doktora başvuruların ve yatıştırıcı, uyku ilacı, antasid ve kardiyovasküler ilaçların satınalmalarının belirgin olarak arttığı söylenebilir.

İlgili alan çalışmalarında yapılan anketlerden çıkan sonuçlara dayanarak, trafik gürültüsünün kardiyovasküler sistem üzerinde bozulmalara yol açtığı bilinmektedir (Knipschild ve Salle, 1979). Almanya'da yapılan bir çalışmada, hipertansiyon ve iskemik kalp hastalığı ile trafik gürültüsü arasında belirgin bir ilişki olduğu iddia edilmiştir (Neus vd., 1983). Ayrıca, Berlin'de, 60-80 dB arasında değişen düzeylerde trafik gürültüsünde kalan 35-70 yaşlarındaki erkekleri kapsayan çalışma, en yüksek düzeyli gürültüde kalanlarda (71-80 dB Leq) 1,2 ve 1,3'lük miyokardial enfarktüs (kalp krizi) oluşma riskinin mümkün olabileceğini göstermiştir. Fakat bu konuda henüz kesin bir sonuca ulaşamamıştır. Çalışmaların sonucuna bağlı olarak, trafik gürültüsünün en fazla kan basıncı yükselmesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Kardiyovasküler etkilenmelerde, gürültü çeşidinin, kaynak özelliğinin, düzey ve gürültüde kalma süresi gibi gürültü özelliklerinin rolü vardır. Jansen ile Lehmann ve Tamm'ın yaptığı

çalışmalardan, özellikle beklenmeyen gürültülerin periferik (dış yüzeye ait) nabız atışı ve kan basıncında değişimlere, damar daralması olmadan kalp atışında azalmalara neden olduğu sonucuna varılmıştır (Berglund ve Lindvall, 1995). Schwarze vd. (1993) yaptıkları laboratuvar çalışmalarında, gürültünün geldiği yönlerin ve gürültü kaynaklarının sayısının artmasının damar genişlemesinde daha güçlü bir etki oluşturduğunu ispat etmişlerdir. Gürültü düzeyi artışının, kardiyovasküler etkilenmeyi de artırdığı yapılan alan çalışmalarında ispatlanmıştır. Buna göre, 60 dB ve altındaki düzeylerdeki gürültüden etkilenen bir grup ile 66-70 dB eşdeğer ses basınç düzeyli yüksek gürültüden etkilenen diğer grup karşılaştırıldığında, hemostatik ve kan lipit faktörlerinin değişerek iskemik kalp hastalıklarının beklenen bağıl riskinde bir miktar artış yarattığı gözlemlenmiştir (Babisch, 1993). Ayrıca, yüksek düzeylerdeki iş yeri gürültüsünde kalan kişilerde kan basıncı ve kolesterol etkilenmesi daha fazladır (Babisch ve Gallacher, 1990). Zhao vd.'nin (1991) ses basınç düzeyi 75 dB ile 104 dB arasında olan gürültüden etkilenen tekstil işçileri üzerinde yaptığı çalışmalarda, her 5 dBA'lık gürültü artışı için tansiyonda 1,2 düzeyinde artış olduğu kaydedilmiştir. Kan basıncında bu değişimlerin oluşması için gereken minimum gürültüde kalma süresi yapılan çeşitli çalışmalarda değişiklik gösterir. Zhao vd.'ye (1991) göre, bu sürenin yaklaşık 5 yıl olması gerekirken, Lang vd. (1992) bir tepki oluşması için en az 20 yıllık etkilenmenin söz konusu olduğunu belirtmişlerdir.

Kardiyovasküler etkilenmelerde gürültü özelliklerinin yanında, yaş, cinsiyet, kalıtım, gürültüye duyarlılık, kilo sorunu, beslenme bozukluğu, alkol, sigara kullanımı gibi insana bağlı faktörlerin de rolü vardır (WHO, 1997). Kendilerini gürültüye karşı duyarlı olarak nitelendiren kişilerde gürültüden etkilenme sonucu oluşan damar daralmasındaki artış, normal kişilerdekine göre daha fazladır (Rövekamp, 1983). Osada vd.'nin yaptıkları deneylere göre; nabız atış düzensizliği, damar daralması ve idrardaki noradrenalin düzeyi artışına erkeklere göre kadınlarda daha fazla rastlanılır (Berglund ve Lindvall, 1995). Kan basıncı normal olan kişilerde gürültüye karşı verilen kardiyovasküler tepkiler genetik kaynaklı olabilir. Ailesinde en az bir hipertonic (kan miktarı fazla olan) kişi bulunanların, gürültüden kaynaklanan stres oluşumu sonucunda diğerlerine göre daha fazla kan basıncı yükselmesi tepkisi verdiği sanılmaktadır (Theorell, 1990). Bu konu ile ilgili yapılan araştırmalar yeterli değildir, fakat gürültü ve diğer çevresel faktörlerin biraraya gelmesinin, fizyolojik fonksiyonlarda gürültünün tek başına yarattığından çok daha kuvvetli etki yarattığına inanılmaktadır (Manninen, 1983).

4.3.3 İmmunolojik bozukluklar

Gürültüden etkilenme sonucu oluşan kortizol hormonlarının salgılanmasındaki artışın bağışıklık sisteminin zarar görmesine neden olduğu yapılan çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur. Fakat sonuçlar arasındaki tutarsızlık nedeniyle gürültünün bağışıklık sisteminin çalışmasını etkilediği kesin olarak kanıtlanamamıştır. Bu çalışmalara göre, Irwin vd. (1989) 10 gün süresince gürültüden etkilenen farelerdeki, vücudu virüslere karşı savunan akyuvarların etkinliğinde önemli artış olduğunu göstermişlerdir. Buna karşılık, Sieber vd. (1992) ise, gürültüden etkilenen sağlıklı erkekler üzerinde yaptıkları çalışmalarda, akyuvar etkinliğinde azalmalara rastlamışlardır. Folch vd., gürültü sonrasında fare kanının yoğunlaşması sonucu bağışıklık sisteminin gelişmesinden sorumlu olan timülin hormonunun arttığını, Kugler vd. ise, şiddetli fakat sürekli olmayan etkilenme sonrasında vücudu hastalıklara karşı savunan lenfosit (lenflerde ve dalakta üretilen akyuvar) sayısında yaklaşık %25'lik belirgin bir azalma olduğunu bulmuştur (Berglund ve Lindvall, 1995).

4.3.4 İrkilme ve yönelme refleksi

Özellikle beklenmeyen gürültülerden etkilenme, düşük düzeylerde olsa bile irkilme refleksine neden olabilir. Bu tepki, kişi kendisini sesin oluşturduğu olası bir tehlikeli duruma uygun hareket etmek için hazırlayana kadar, vücudun kendi kendini koruması amacıyla sinir sistemi tarafından aniden oluşturulur. İrkilme, omurganın ve kol, bacak gibi eklemlerle vücuda bağlanmış uzuvların fleksör kaslarının (bükülme hareketini yaptıran kaslar) ve göz çukuruna ait orbital kasların (gözün kırılmasını sağlayan kaslar) gerilip büzülmesiyle etkisini gösterir. Bu refleks genellikle, ses kaynağının yerini belirlemek için, başın ve gözlerin kaynağa doğru dönmesine yol açan yönelme refleksiyle takip edilir. Bazı durumlarda ise irkilme refleksini korkma tepkisi takip edebilir. Bu gibi durumlarda dolaşım sistemindeki etkilenme daha fazla olur ve terlemedeki değişikliklere bağlı olarak deri geçirgenliği de etkilenir (Berglund ve Lindvall, 1995).

İrkilme ve yönelme reflekslerinin varlığı, davranışsal tepkiler gözlemlenerek ve kas gerilmesiyle ilgili elektrofizyolojik çalışmalar yapılarak ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmalara göre, beyaz gürültüden etkilenildiğinde, yönelme refleksinin etkilenmenin ilk anlarında oluştuğu fakat daha sonra alışmayla beraber refleksin sona erdiği gözlenmiştir. Fakat yüksek düzeyli gürültülerden etkilenildiğinde, alışkanlığa daha az rastlanmaktadır. Yapılan çalışmalarda, uyarının şiddeti arttıkça, sinir sisteminde, dolayısıyla kaslarda oluşan tepki

büyükliğünün de arttığı ortaya çıkmıştır (Burns, 1979). Bununla birlikte, şiddetli irkilme tepkilerinin devamlı tekrarının insan üzerindeki uzun süreli etkileri bilinmemektedir.

4.3.5 Denge bozuklukları

Yüksek düzeyli gürültülerin vestibüler duyu organlarının uyarılması yoluyla dengeyi etkileyebildiği varsayılmaktadır. Fakat bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar genellikle sonuçsuz kalmıştır ve ulaşılabilir veriler yetersizdir. Yapılan laboratuvar ve alan çalışmalarında, gürültüden etkilenme sonrasında nistagmus (gözbebeğinin istemsiz olarak titremesi), vertigo (başdönmesi) gibi denge bozulmasıyla ilgili problemlerin olduğu gözlemlenmiştir. Dickson ve Chadwick'in jet motorlarıyla çalışan personel üzerinde yaptıkları çalışmalardan vardıkları yargıya göre, denge bozulmasının oluşması için etkilenilen gürültünün ses basınç düzeyinin çok yüksek olması (genelde 130 dB veya üstü) gerekmektedir (Berglund ve Lindvall, 1995). Daha düşük düzeylerde ise, iki kulakta eşit olmayan uyarım söz konusu olduğunda denge problemi oluşur (Burns, 1979).

4.3.6 Solunum bozuklukları

Gürültüden etkilenildiğinde oluşan solunum bozuklukları, solunumla ilgili kasların olağan düzenli hareketlerindeki değişimlere bağlıdır. Bu değişimler, sinir sistemi tarafından düzenli olarak serbest bırakılan ve göğüs, diyafram, solunum yollarındaki kas gruplarını harekete geçiren sinir uyarılarının görevlerini tam olarak yerine getirmemeleri sonucunda oluşur. Yapılan araştırmalarda, frekansı 1000 Hz olan 70, 90 ve 120 dB'lik gürültülerden 2 sn etkilenme sonucunda nefes almanın derinleştiği ve yavaşladığı ortaya çıkmıştır (Burns, 1979). Etkilenmenin büyüklüğünün uyarının ses basınç düzeyiyle değişiklik gösterdiği düşünülse de, solunum tepkileri ve gürültü ilişkisi ile ilgili bilinenler yeterli değildir.

4.3.7 Gastrointestinal bozukluklar

Kişilerin genel fiziksel sağlık durumlarıyla ilgili raporlara ve doktora başvurmalara dayanan çeşitli araştırmalarda gastrointestinal belirtiler ile gürültü arasında ilişkiler olduğu bulunmuştur. Gastrointestinal etkilenmeler genellikle mide asidinde artış, gastrit, ülser gibi mide rahatsızlıkları ile oniki parmak bağırsağındaki rahatsızlıklar biçiminde oluşmaktadır (Abdülrahimov, 1997; AAO-HNS, 2000). Fakat bu konuyla ilgili kimi araştırmalarda gürültünün gastrointestinal etkilenme oluşturduğuyla ilgili kesin sonuca ulaşamamıştır.

Bununla birlikte stres sonucu gastrointestinal rahatsızlıkların oluştuğu bilinmektedir (Berglund ve Lindvall, 1995).

4.3.8 Görme bozuklukları

Gürültü, özellikle gözbebeğinde, görme alanında ve renk algılamada çeşitli bozukluklar yaratarak göz sağlığının olumsuz etkilenmesine neden olur. Yapılan çalışmalara göre, yaklaşık 75 dB'lik ses basınç düzeyinden itibaren gözbebeği büyümesi başlar ve ses düzeyi arttıkça fazlalaşır. Ses basınç düzeyi 90 dB olan gürültüden 2 dakika etkilenildiğinde, gözbebeği çapında %5'lik büyüme oluştuğu ve uyarının kesilmesiyle gözbebeğinin hızla eski haline döndüğü bildirilmiştir (Burns, 1979). Benkö ise, 110-124 dB'lik ses basınç düzeylerinden etkilenen işçiler üzerinde yaptığı çalışmada, görme alanında kalıcı bir daralmayla birlikte renk algılamada da azalma oluştuğunu kanıtlamıştır (Berglund ve Lindvall, 1995). Fransa'da bir grup asker üzerinde yapılan deneyde ise, 15 dakika süresince yüksek düzeyli gürültüde kalan askerlerde, uyarı kesildikten sonra bir saatten daha fazla süre boyunca renk körlüğü oluşumu gözlenmiştir (Berland, 1970).

4.3.9 Üreme bozuklukları

Gürültünün doğum üzerindeki etkileriyle ilgili yapılan birçok çalışma sonucunda aralarında bağlantılar olduğu bulunmuştur. Bu çalışmaların bazılarında, gürültüden etkilenme sonucunda, doğum sırasında yaşanan problemlerde, ölü, sakat ve erken doğumlarda artış olduğuyula ilgili veriler toplanmış, fakat kesin sonuca ulaşılamamıştır (Cohen vd., 1986; Sirel, 1988; Suter, 1991; Well-Connected, 1998). Bununla birlikte, annenin karın dokusunu ve rahim sıvısını etkileyen gürültünün fetüsün gelişmesini engelleyerek yeni doğmuş bebeklerin boylarında ve kilolarında azalmaya yol açtığı bilinmektedir (Özdeniz ve Türkmen, 1996; Bronzaft, 1997). Ayrıca, Gerhardt'ın hamile koyunlar üzerinde yaptığı deneylerde, karın dokusu ve rahim sıvısından geçen gürültünün fetüsün beynindeki duyma bölgesinde ve kulağında hasara yol açtığı ortaya çıkmıştır (Cumhuriyet Bilim Teknik, 1999a).

4.3.10 Vücut yorgunluğu

Gürültüden etkilenildikten hemen sonra vücut yorgunluğu oluştuğuyula ilgili kesin bir sonuca varılamamıştır. Fakat Mohr vd. tarafından yapılan çalışmalarda, çok yüksek düzeylerdeki infraseslerden etkilenen kişilerde aşırı vücut yorgunluğu oluştuğu ortaya konmuştur

(Berglund ve Lindvall, 1995). Ayrıca, diğer çevresel faktörler ve kişilerin içinde bulunduğu şartlar gürültüyle birleşik etki yaratarak yorgunluk oluşumuna neden olabilir. Bunların dışında, gürültü kaynaklı uyku bozukluklarının sonucundaki yorgunluk oluşumu bilinen bir gerçektir.

4.3.11 Diğer etkiler

Gürültüden kaynaklanan strese bağlı diğer psikosomatik rahatsızlıklar; mide bulantısı, iştah kaybı, baş dönmesi, migren, ağızda ve boğazda kuruluk, yutkunmada zorluk, astım atakları, deride soğuma ve terleme, cinsel isteksizlik, cildin dayanıklılığında azalma, kaşıntı, akne ve egzama olarak sıralanabilir (Berglund ve Lindvall, 1995; Sözen ve Akdağ, 1998; Well-Connected, 1998).

İnsanda, gürültüden etkilenme sonucu oluşan strese bağlı diğer sağlık problemleriyle ilgili çeşitli laboratuvar ve alan çalışmaları yapılmaktadır. Fakat bu çalışmalar zaman zaman birbirleriyle çelişmekte, elde edilen veriler yetersiz kalmakta ya da kesin sonuçlara ulaşamamaktadır. Bunun nedeni, kişisel alışkanlıklar ve kişilik özellikleri gibi diğer risk faktörleri üzerinde yeterli kontrolün sağlanmasının zorluğudur.

4.4 Sosyolojik Etkiler

Gürültüden kaynaklanan stres sonucunda katekolamin hormonlarının artmasıyla, amigdala bölgesinin duygusal tepki başlatması ve mantıklı düşünce ve davranışlardan sorumlu olan beynin ön bölgelerindeki etkinliğin azalması kişinin sosyal davranışlarını idare edebilmesini engeller (Well Connected, 1998). Böylece diğer insanlarla olan ilişkilerde bozulmalar ortaya çıkar. Yapılan araştırmalara göre bu bozulmalar, sosyal uyumsuzluk, soğukluk, yalnızlık, saldırganlık, kavgacılık şeklinde oluşur. Matthews ve Canon'un yaptığı deneylerde, 85 dBC ses basınç düzeyli gürültüde kalınan süre ve sonrasında kısa bir süre boyunca yardım etme güdüsünde azalma görülmüştür (Broadbent, 1979). Siegel ve Steele'e göre diğer bir sosyal etkilenme ise, gürültünün başka kişiler hakkında olumsuz yargıya varmada artış yarattığıdır (Berglund ve Lindvall, 1995). Genellikle başkalarından üstün olduğunu düşünen insanlara diğerleri hakkındaki düşünceleri sorulduğunda kendilerine benzeyenlere daha olumlu yaklaştıkları bilinir. Başkalarının kendilerinden tamamen farklı olduğunu ve her birinin kendi değerinin olduğunu kabul etmekte zorluk çeken kişilerin içinde buldukları durum "belirsiz hoşgörüsüzlük" olarak adlandırılır. Ses basınç düzeyi 84 dB olan bir ortamda yapılan

deneyde, hoşgörlü kişiler, belirsiz hoşgörsüzlük davranışları sergileyerek yalnızca kendilerine benzeyen kişiler hakkında olumlu düşünmeye başlamışlardır (Broadbent, 1979). Bu etkiler, gün geçtikçe gelişen dünyada sosyolojik anlamda “insanietten uzaklaşma” kavramını açıklamaya yardımcı olmaktadır.



5. YAPININ FİZİKSEL İÇ ÇEVRESİNDE OLUŞAN GÜRÜLTÜ ve DENETİMİ

5.1 Yapının Fiziksel İç Çevresinde Oluşan Gürültü

İnsan, müzik, tesisat ve makina gürültüleri olarak sınıflandırılan yapının fiziksel iç çevresindeki gürültüler, kaynak ve ortam özelliklerine bağlı olarak doğar, havada ve katılarda yayılarak ya da açıklıklardan ve cidar titreşimi ile geçerek diğer mekanlara iletilir.

5.1.1 Yapı içi gürültü koşulları

Yapının iç çevresindeki gürültüleri, ses kaynağının niteliği ile kaynak ve alıcının içinde buldukları ortamın özellikleri etkiler.

Gürültünün oluşmasına neden olan ses kaynağının nitelikleri, gücü, tayfi, dağılımı, alıcıya uzaklığı, iletim özellikleri olarak sıralanabilir. Ses kaynağının gücü arttıkça, ortamda oluşan gürültünün düzeyi de artar. Gürültü iletiminde ince sesler daha etkili olduğundan iç çevrede oluşan gürültüde, kaynağın frekansı büyük önem taşır. Buna ek olarak, sesin tek bir noktadan ya da birçok noktadan iç çevreye yayılması biçimindeki dağılım özellikleri de yapı içindeki gürültü oluşumunda önemlidir. Alıcı ile kaynak arasındaki uzaklık arttıkça kaynaktan gelen sesin şiddeti azalır. Ayrıca gürültü kaynağının havada ya da katıda doğan seslerin diğer ortamlara geçmesi biçimindeki iletim özellikleri, ortamda oluşan gürültü düzeyinde rol oynayan en önemli etkenlerden biridir (Doelle, 1972).

İç gürültü düzeyinde rol oynayan ortam özellikleri ise, kaynak ve alıcının içinde bulunduğu hacmin toplam ses yutuculuğu ile gürültünün geldiği yapı ögesinin ses geçirmezliğidir. Mekanın herhangi bir yerinde bulunan kaynaktan çıkarak alıcıya gelen ses, dolaysız ve yansımış olmak üzere iki çeşittir. Dolaysız ses, hiçbir yere uğramadan doğrudan alıcıya gelen sestir. Yansımış ses ise, kaynaktan çıktıktan sonra mekanın yüzeylerinden yansarak alıcıya gelen sestir. Sesin bu şekilde yayılmasıyla oluşan hacim içindeki gürültü düzeyinde, hacmi çevreleyen yüzeylerin ses yutuculuğu ve alanı önemlidir (Bayol, 1997). Hacimdeki yansıtıcı yüzeylerin (beton, mermer, seramik vb. sert yüzeyler) varlığıyla hacmin gürültü düzeyi artar. Gözenekli ürünler (halı, kumaş, camyünü vb. yumuşak yüzeyler) ve titreşen levhalar (masa, lambri, ahşap kaplamalar vb.) gibi yutucu yüzeyler sayesinde ise yansımış seslerden kaynaklanan gürültü artışı yaşanmaz. Bununla birlikte, gürültünün geldiği yapı ögesinin ses

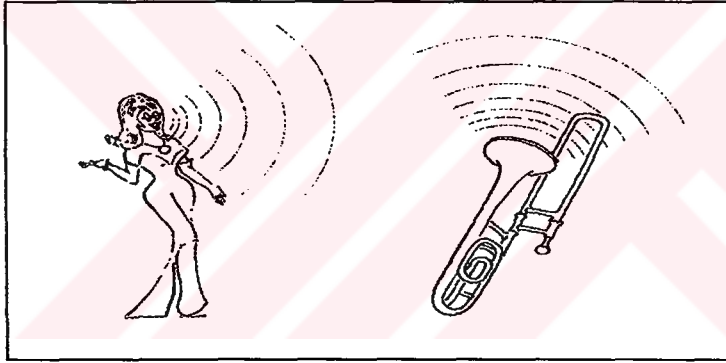
geçirmezlik özelliği ne kadar yüksek olursa hacme geçen ses o oranda azalır. Fakat sesin geldiği yüzeyin alanı arttıkça geçen ses enerjisi de artar (Sözen ve Akdağ, 1998).

5.1.2 Yapı içi gürültü iletimi

Gürültü, yapı içindeki mekanlara, havada ve katıda doğan seslerin iletimi olmak üzere iki temel yolla ulaşır.

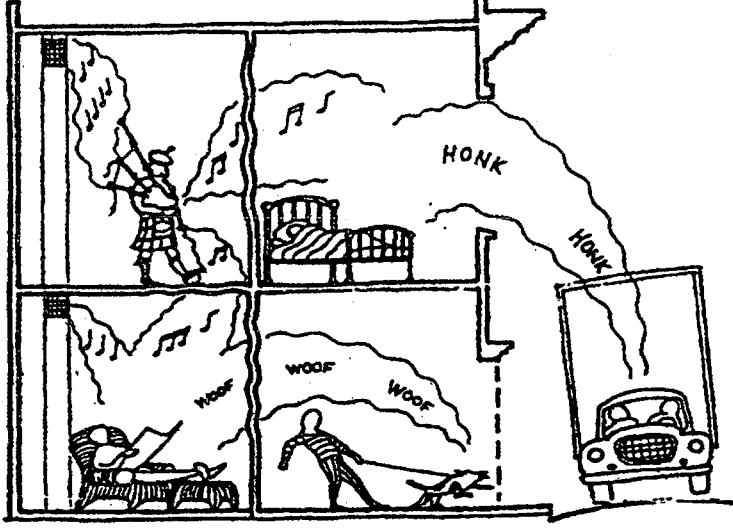
5.1.2.1 Havada doğan seslerin iletimi

İnsan, üflemeli çalgılar, keman, ud, gitar gibi katı cisimlere dokunmayan yaylı çalgılar ve hoparlör gibi ses kaynaklarından çıkan titreşimler havaya geçer ve havada yayılarak alıcıya ulaşır. Bu tip sesler, havada doğan sesler olarak adlandırılır (Şekil 5.1).

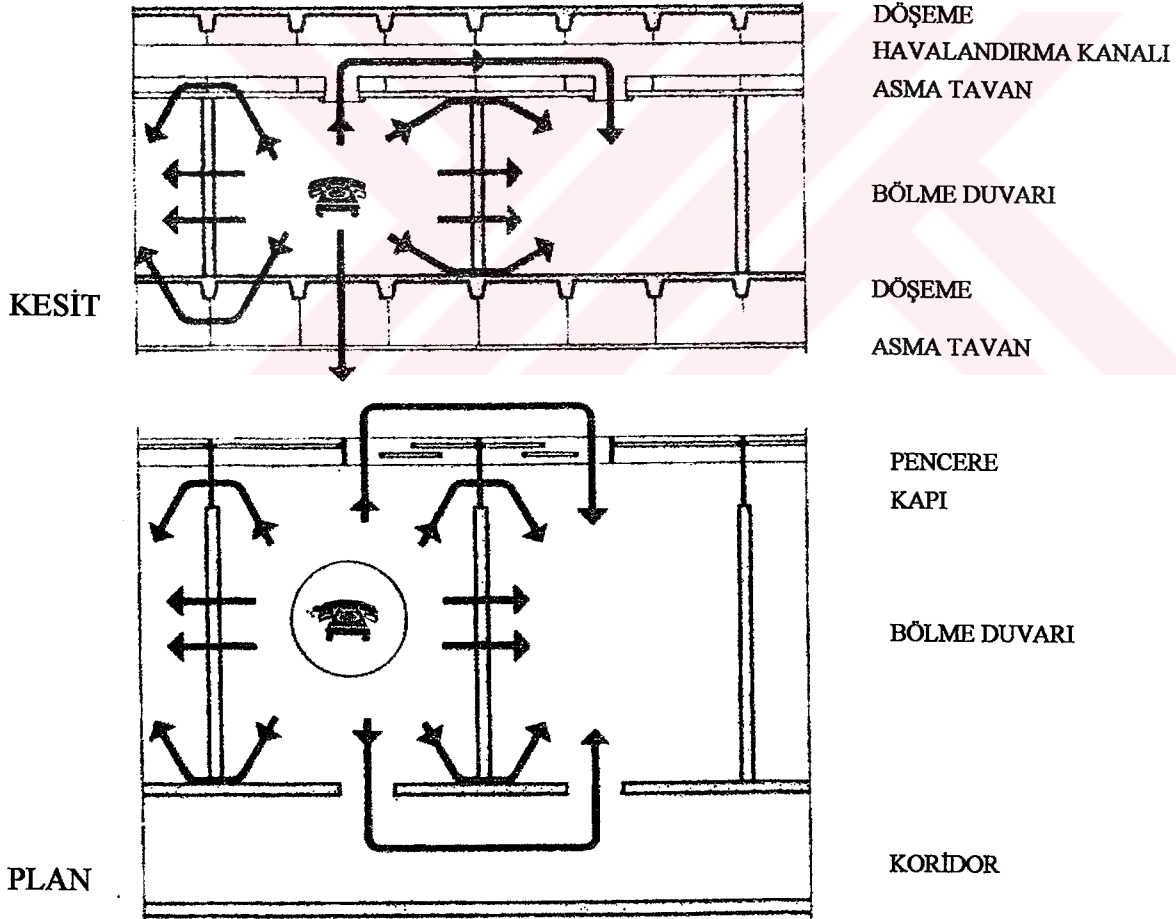


Şekil 5.1 Havada doğan sesler

Havada doğan sesler açıklıklardan ve cidar titreşimi ile geçme olmak üzere iki yolla iletilir (Şekil 5.2, Şekil 5.3). Açıklıklardan geçme, ses kaynağından alıcıya uzanan açık pencere, kapı, havalandırma kanalları gibi sürekli ve kesintisiz ortamlar aracılığı ile sesin iletimidir. Cidar titreşimi ile geçme ise, havada yayılan ses enerjisinin karşılaştığı kütleyi titreşime zorlaması ve titreşen bu kütlenin diğer ortam için ses kaynağı durumuna gelmesi sonucunda sesin iletilmesi olayıdır. Bu olay, sesin geçmesinde en sık rastlanan yoldur (Sirel, 1994). Kütle titreşimi yolu ile geçmede, cidarın (döşeme, duvar, kapı, pencere) kütle ağırlığının önemi çok büyüktür. Cidar, gelen ses dalgalarıyla hava basıncında beliren değişmelerin doğurduğu itme ve çekmeler sonucu oluşan titreşime kütlesiyle karşı koyar. Kütle (Berger) Kanunu olarak bilinen bu olgu, bir yapı ögesinin ses geçiş kaybının, ögenin kütle ağırlığı ile (kg/m^2) doğru orantılı olduğu biçiminde ifade edilir. Bu kanuna göre, yapı ögesi ne kadar ağırsa, ses geçiş kaybı da o kadar yüksektir (Karabiber, 1997).



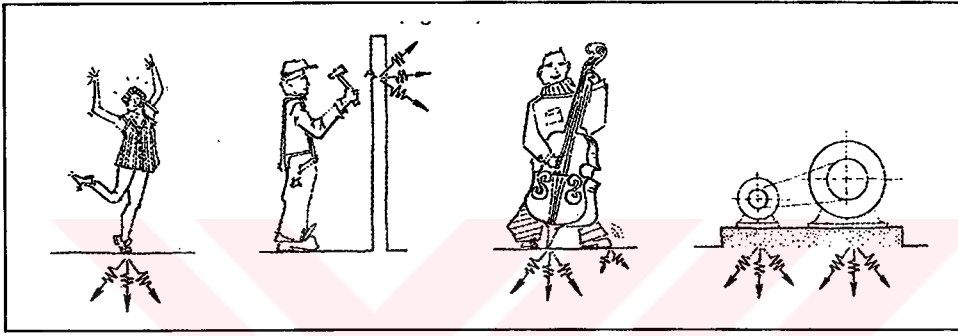
Şekil 5.2 Havada doğan seslerin açıklıklardan ve cidar titreşimi ile geçme yoluyla iletimi (Karabiber, 1997)



Şekil 5.3 Havada doğan seslerin yapı içinde iletimi (Doelle, 1972)

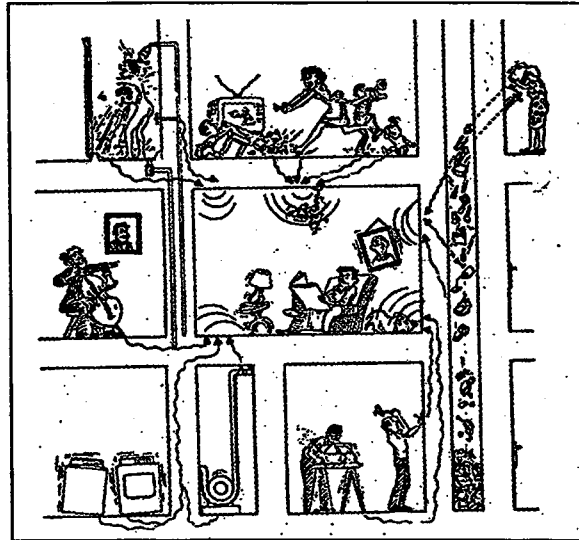
5.1.2.2 Katlarda doğan seslerin iletimi

Katılarda doğan sesler, duvar, döşeme, taşıyıcı iskelet, ısıtma, havalandırma, temiz su ve pis su tesisatları gibi katı cisimlerde oluşarak bu cisimler içinde yayılan seslerdir. Katıda doğan seslere örnek olarak, döşemelerde yürüyüş ile oluşan adım sesleri, çeşitli etkinliklerden kaynaklanan darbe sesleri, kapı çarpmaları, ev-büro araçlarından ve makinelerden kaynaklanan sesler, özellikle basınçlı su borularında doğan tesisat sesleri, yapıların gövdesiyle katı bağlantısı olan her türlü motordan (asansör, hidrofor, kompresör, transformatör) doğan sesler ve çeşitli müzik aletleri gösterilebilir (Şekil 5.4) (Sirel, 1980).



Şekil 5.4 Katılarda doğan sesler

Katılarda doğan seslerin iletiminde, sürekli bir titreşimin ya da sert bir cismin çarpmasıyla oluşan darbelerin yol açtığı mekanik enerjinin yapı ögelerini etkilemesi sonucunda, sesin kaynağa bitişik olan ve olmayan mekanlara yayılması söz konusudur (Şekil 5.5). Sesin katıda yayılma hızı havaya göre yaklaşık olarak on kat daha fazla olduğundan katılarda doğan titreşimler dolaylı olarak geniş bir yapı bölümünü etkisi altına alır (Sözen ve Akdağ, 1999).



Şekil 5.5 Katılarda doğan seslerin iletimi (Karabiber, 1997)

Katıda doğan seslerin, katı cisimleri çevreleyen havaya geçerek dolaysız olarak da yayıldığı gözardı edilmemelidir. Örneğin viyolonsel, kontrbas, piyano gibi müzik aletleri katı bir biçimde dokundukları döşemeyi titreştirdikleri sırada, çevrelerindeki havayı da titreştirirler. Böylece titreşim yüzeyi büyür ve kaynağın gücü artmış olur. Benzer olarak, titreşim yapan bir su borusunun çevresindeki havayı titreştirerek yaydığı ses enerjisi çok önemli değildir. Fakat boru duvara katı bir biçimde tespit edilmişse, duvara geçen titreşimlerin yayın yapan yüzeyi büyütmesiyle oldukça önemli bir gürültü kaynağı haline gelir (Sirel, 1980).

5.2 Yapının Fiziksel İç Çevresinde Oluşan Gürültünün Denetimi

Gürültü denetimi, insanda sağlık sorunu oluşmasına neden olan istenmeyen seslerin, parasal sorunlar ve uygulanabilirlik de dikkate alınarak, uluslararası ve ulusal standart ve yönetmeliklerle belirlenmiş kabul edilebilir gürültü düzeylerine (ses ortamına) indirilme teknolojisidir (Karabiber, 1997).

5.2.1 Gürültü denetimi adımları

Tasarım, yapım ya da kullanım aşamasındaki herhangi bir yapıda gereksinim duyulan gürültü denetiminin niteliği ve niceliğini belirlemek için izlenmesi gereken üç adım vardır (Sözen, 1996).

A. İç çevredeki gürültü düzeyinin belirlenmesi

Gürültü denetimi çalışmasının ilk adımı, yapının iç çevresinde mevcut ya da oluşacak olan gürültü düzeyinin ölçmeler, hesaplamalar ya da benzetmeler yoluyla belirlenmesidir.

B. Kabul edilebilir gürültü düzeyinin belirlenmesi

Her yapının iç çevresinin işlevine bağlı olarak oluşan kabul edilebilir bir gürültü düzeyi vardır. Bunlar, uluslararası ve ulusal standart ve yönetmeliklerle belirlenen ve aşılmaması zorunlu olan sınır değerlerdir. Gürültü denetiminin amacı, fon gürültüsü olarak tanımlanan bu gürültü düzeylerini aşmamaktır. Bu durum sağlanamadığı takdirde, yapılan denetimin yetersiz kalması ya da gereksiz giderlere neden olması söz konusu olabilir. Kabul edilebilir düzeyin çok üzerinde gürültü denetimi yapılması fazladan işgücü ve ayrıntılandırma zorlukları getirdiği gibi, yapıda ürün, para ve yer kaybına da yol açar.

İşleve bağlı kabul edilebilir gürültü düzeylerinin belirlendiği uluslararası ölçütlere örnek olarak NC (Noise Criteria), PNC (Preferred Noise Criteria), NCB (Balanced Noise Criteria) ve ISO tarafından oluşturulan NR (Noise Rating) ölçütleri verilebilir (Şerefhanoglu, 1987; Karabiber, 1998). Ayrıca insanda sağlık sorunları oluşmaması için kabul edilebilir yapı içi gürültü düzeyleri Dünya Sağlık Örgütü tarafından da belirlenmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenmiş kabul edilebilir yapı içi gürültü düzeyleri (EC, 1996)

	Gündüz (6.00-22.00)	Gece (22.00-6.00)
Konutlar	50 dBA	
Yatak odaları		30 dBA
Okullar	35 dBA	
Hastaneler	35 dBA	35 dBA
Genel koğuşlar	30 dBA	30 dBA
Konser salonları	100 dBA (4 saat süre için)	100 dBA (4 saat süre için)
Diskotekler	90 dBA (4 saat süre için)	90 dBA (4 saat süre için)

Türkiye’de ise, kabul edilebilir gürültü düzeyleri, 2872 sayılı Çevre Yasası uyarınca, 11 Aralık 1986 tarihinde 19308 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Gürültü Kontrol Yönetmeliği”nde belirlenmiştir. Çizelge 5.2’de bu yönetmelikte yer alan kabul edilebilir yapı içi gürültü düzeylerinden örnekler verilmiştir .

Çizelge 5.2 Kabul edilebilir yapı içi gürültü düzeyleri (Gürültü Kontrol Yönetmeliği, 1986)

Kullanım alanı	Leq (dBA)	
Dinlenme alanları	Tiyatro salonları	25
	Konferans salonları	30
	Otel yatak odaları	30
	Otel lokantaları	35
Konutlar, sağlık yapıları	Hastaneler	35
	Yatak odaları (şehir)	35
	Oturma odaları (şehir dışı)	40
	Oturma odaları (şehir kenarı)	45
	Oturma odaları (şehir)	60
	Servis bölümleri	70
Eğitim yapıları	Derslikler, laboratuvarlar	45
	Spor salonları, yemekhaneler	60
Ticari yapılar	Özel bürolar	50
	Genel bürolar	60
Endüstri yapıları	Küçük fabrikalar	70
	Geniş kapsamlı fabrikalar	80

C. Azaltılması gereken gürültü düzeyinin belirlenmesi

Çalışmanın son adımı iç çevredeki mevcut ya da oluşacak gürültü düzeyi ile kabul edilebilir gürültü düzeyinin farkının alınmasıdır. Bu fark, kabul edilebilir çevre şartlarına ulaşmak için gerçekleştirilmesi gereken gürültü azaltımını gösterir. Daha sonra, elde edilen sonuçlara göre gürültü denetimi çalışmaları yapılarak gereken önlemler alınır.

5.2.2 Gürültü denetiminde alınabilecek önlemler

Gürültü denetimi sırasında; kaynakta, yolda ve alıcıda olmak üzere üç grupta önlem alınır.

5.2.2.1 Kaynakta denetim

Kaynakta denetim, gürültüyü oluşturan kaynaklarda alınacak önlemleri kapsar. Aşağıda bu önlemlerden örnekler sıralanmıştır (Sözen, 1996; Karabiber, 1997; Sözen ve Akdağ, 1998).

- Gereksiz gürültü kaynakları ortadan kaldırılmalıdır. Bu durum olanaksız ise, aynı işlevli fakat daha az gürültü çıkaran makina, donanım ya da sistemler seçilmelidir.
- Gürültü kaynaklarına susturucu takmak gibi çeşitli özel detaylar kullanarak ses düzeyleri azaltılmalı ya da gürültünün niteliği değiştirilmelidir.
- Darbe gürültüsü oluşumuna karşı kaynağın hareket genliği azaltılmalıdır.

5.2.2.2 Yolda denetim

Gürültü denetiminin bu süreci, kaynakla alıcı arasındaki yolda sesin azaltılmasına yönelik önlemlerin tümünü kapsar. Tasarım sırasında, gürültü kaynaklarını barındıran mekanlar, yatayda ve düşeyde sessiz kalması gereken mekanlardan uzağa yerleştirilmelidir. İşlevi aynı olan mekanlar, farklı işlevli mekanlardan uzakta ve birarada tasarlanmalıdır. Yapı fiziği çerçevesinde ise, yolda denetim sırasında alınacak önlemler, yayılımda ve geçmede denetim olmak üzere iki çeşittir.

A. Yayılımda denetim

Bu tür denetimde gürültü, kaynağında hapsedilerek yayılması önlenir. Amaç, kaynak dışına yayılan gürültünün en dar sınırlar içinde durdurulmasıdır (Sirel, 1991). Yayılımda denetim,

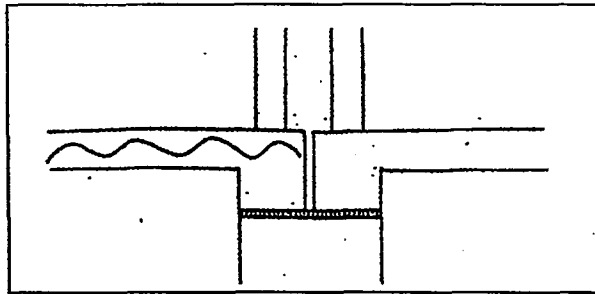
havada ve katıda yayılan seslerde alınacak önlemler olmak üzere iki çeşittir. Havada yayılan gürültüler için yapı ögelerine kadar önlem alınırken, katılarda yayılan sesler için yapı ögelerinin kendisinde önlem alınır.

a. Havada yayılan sesler için alınacak önlemler

- Kaynak, iç tarafı ses yutucu gereçlerle kaplanmış katı, ağır duvarlar içine hapsedilmelidir.
- Mekana, gözenekli ürünler (halı, kumaş, keçe, camyünü vb.) ve esnek tespit edilmiş titreşen levhalar (alçı, ahşap levhalar vb.) gibi ses yutucu ürünler eklenmelidir (Sözen ve Akdağ, 1998).
- Havalandırma kanalları, asansör boşlukları, merdiven kovaları, aydınlıklar, koridorlar, yatay ve düşey tesisat şaftları, asma tavan boşlukları vb. ortamların iç yüzeylerinde sesin yayılmasını sönmületici ses yutucu ürünler kullanılmalıdır (Sözen, 1996).

b. Katılarda yayılan sesler için alınacak önlemler

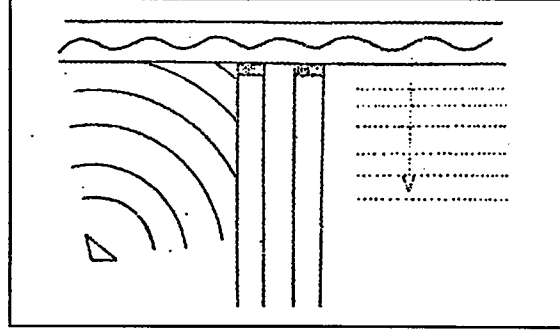
- Kaynak, zeminle doğrudan bağlantısı kesilecek biçimde titreşim yalıtıcıları (titreşim önleyici yumuşak, esnek ürünler) üzerine yerleştirilmelidir.
- Katılarda doğan gürültünün yayılımını azaltmak için yayılım yolu üzerinde kesintiler yapılmalıdır (Sirel, 1980). Bu çözüm, derzler (dilatasyon derzi, vb.) oluşturularak yapı ögelerinin birbirinden koparılmasıyla sağlanabilir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Dilatasyon derzi yapılarak katıda doğan sesin yayılmasının önlenmesi

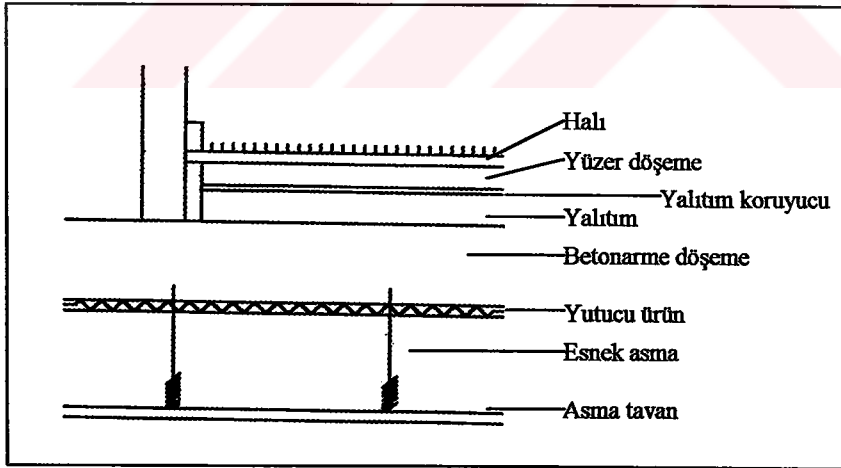
- Bir bileşen oluşturulurken değişik parçalar kullanılarak ürün değişikliği yapılmalıdır. Örneğin, duvarın belli bölümü tuğla, belli bölümü ahşap ya da beton yapılabilir. Böylece yayılma doğrultusunda ortam farkı yaratılarak yayılımda kayıp sağlanmış olur (Sözen, 1997).

- Homojen ögeler yerine heterojen ögeler oluşturulmalıdır. Örnek olarak, beton duvar yerine tuğla duvar yapmak verilebilir.
- Mantar, kurşun gibi plastik karakterde ürünler kullanılarak yapı ögeleri arasındaki ilişki kesilmelidir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 Esnekliği az olan ürünler kullanılarak yapı ögeleri arasındaki ilişkinin kesilmesi

- Darbe gürültüsüne karşı döşemenin üzeri halı, plastik, keçe, kauçuk gibi yutucu ve esnek ürünlerle kaplanmalı, altına esnek tespitli asma tavan yapılmalıdır (Doelle, 1972).
- Betonarme döşemenin üzerine, birbirlerine katı olarak bağlanmamaları şartıyla ikinci bir döşeme uygulanarak yüzer döşeme oluşturulmalıdır (Şekil 5.8) (Sözen ve Akdağ, 1999).



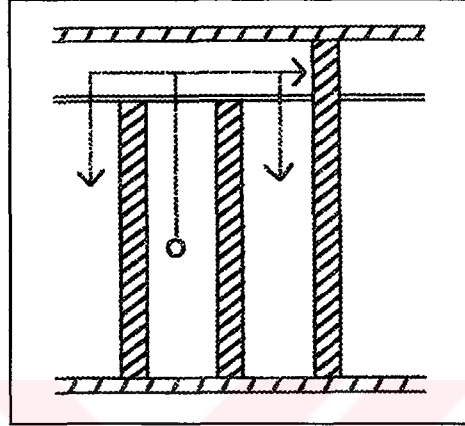
Şekil 5.8 Darbe gürültüsüne karşı döşemede alınacak önlemler

B. Geçmede denetim

Bu tür denetimde yapı ögelerinde önlem alınarak gürültünün diğer mekanlara geçmesi engellenir. Amaç, yayılmış gürültünün giremeyeceği yapı birimleri oluşturmaktır. Gürültünün açıklıklardan ve cidar titreşimiyle geçmesine bağlı olarak alınacak önlemler iki türdür.

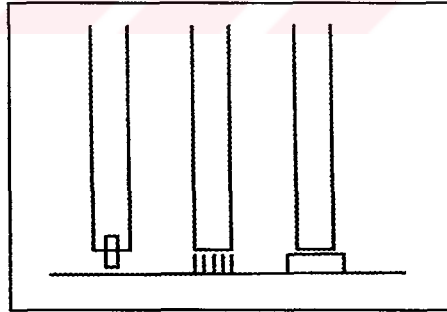
a. Açıklıklardan geçmede alınacak önlemler

- Duvarları geçen kanallar, borular, vb. etrafındaki açıklıklar, çatlaklar ve boşluklar kapatılmalıdır.
- Asma tavan üzerindeki sürekli hava boşluğunda ve özellikle bölmeler üzerinde kesinti yapılmalı, duvarlar döşemeye kadar uzatılmalıdır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 Sesin geçmesine karşı asma tavan boşluğunda alınacak önlemler

- Doğramalarda kanat ile kasa arasındaki boşluklarda ve kapı eşiklerinde önlem alınmalıdır (Şekil 5.10).

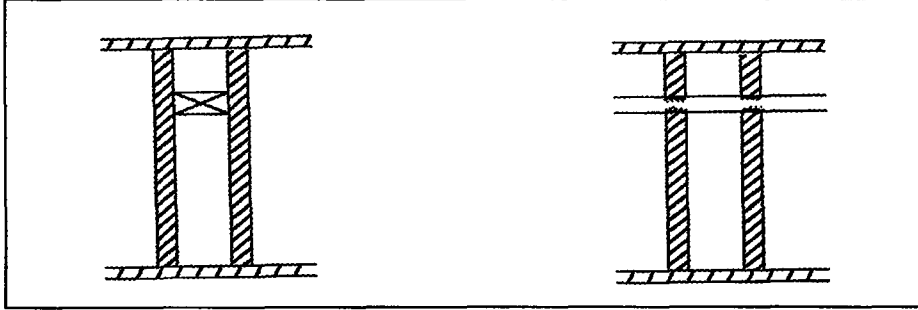


Şekil 5.10 Sesin geçmesine karşı eşikte alınacak önlemler

b. Cidar titreşimi ile geçmede alınacak önlemler (Sirel, 1980; Sözen, 1996, 1997; Karabiber 1997; Sözen ve Akdağ 1998)

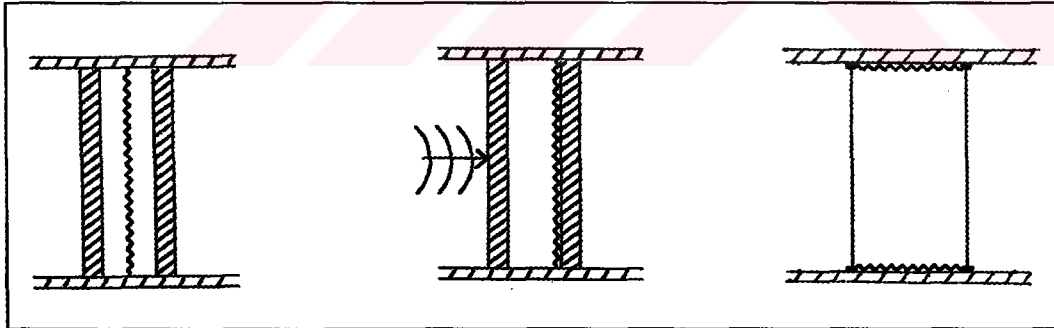
- Ögelerin kütlesi artırılarak ses geçirmezlikleri de artırılmalıdır. (Berger Kanununa göre, gelen sesle titreşime giren cidarın kütlesi ne kadar fazla ise titreşime o kadar karşı koyar.)
- Berger Kanununa göre kütle artırılması yapıya gereksiz ağırlık verdiği takdirde tek cidarlı duvar, "akustik çift cidar" haline getirilmelidir.

- Çift cidarın tek cidar gibi hareket etmesini önlemek için cidarlar arasında bağlayıcı (ses köprüsü) bulunmamasına özen gösterilmelidir. Klima kanalları ses köprüsü oluşturduğundan duvar birleşim yerlerinde yalıtım kullanılmalıdır (Şekil 5.11).



Şekil 5.11 Çift cidarda ses köprüsü oluşumu

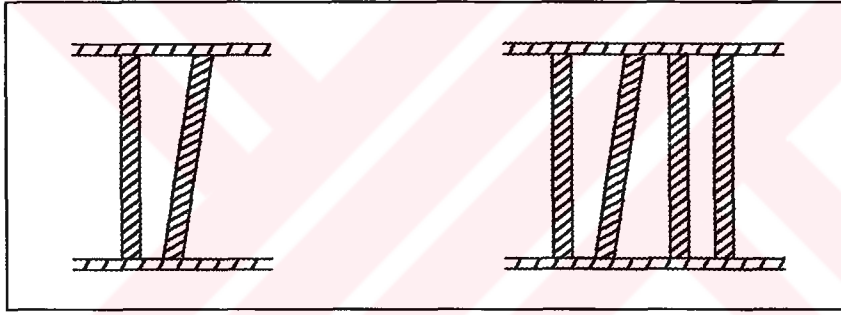
- İki cidar arasındaki hava tabakasının bağlayıcılığını azaltmak için yutucu ürünler cidarlar arasına asılmalı ya da sesi karşılayacak yüzeye yerleştirilmelidir. Cidarlar camdan ise ses yutucular ara yüzeylere yerleştirilmelidir (Şekil 5.12). İki cidar arasındaki boşluk mümkün olduğunca fazla tutulmalı, çift cidarı oluşturan bileşenler inceldikçe aradaki hava boşluğu artırılmalıdır. Duvarlar arasında en az 6 cm, camlar arasında ise en az 10 cm boşluk bırakılmalıdır.



Şekil 5.12 Çift cidar arasındaki hava tabakasının bağlayıcılığını azaltmak için alınacak önlemler

- Farklı bileşenlerden oluşan yapı öğelerinde (bileşik cidarlarda), ses geçirmezliği düşük olan bileşenin ses geçirmezliği yüksek olana yaklaştırılmalıdır. Örnek olarak pencerenin ses geçirmezliğini, kütlesini artırarak ya da cam alanları çift cam yaparak duvarınkine yaklaştırmak verilebilir.

- Cidarlar taşıyıcılara daima yumuşak tespit edilmeli, mantar gibi sesin yayılmasını oldukça yavaşlatan ürünler kullanılmalıdır. Örneğin, cam doğramaya çivi ya da macunla değil, özel plastik taşıyıcılarla taşınmalıdır.
- Çift cidarı oluşturan bileşenler için farklı ürünler seçilmelidir. Aynı ürün kullanılıyorsa;
 - kalınlıkları ya da boyutları farklı yapılmalı,
 - kalınlıkları arasında 1/2, 1/3 gibi basit oranlar oluşturulmamalı,
 - tespit biçimlerini farklı yapma yoluna gidilmelidir. Cidarlardan birinde katı tespit (çivi ya da vidayla sıkı tespit) yapıldığında, diğerinde esnek tespit (çivi ya da vidayla tespit ederken parçalar arasında lastik, kauçuk, keçe vb. ürünler kullanmak) uygulanmalıdır.
- Çift cidar oluşturulduğunda, kütlesi ağır olan cidar gürültünün geldiği yöne konmalıdır.
- Yüksek ses geçirmezlik gerektiren yerlerde çift cidarlı camlar sabit (açılmaz) yapılmalıdır.
- Çok yüksek ses geçirmezlik gerektiren yerlerde cidarların biri eğimli yapılmalı ya da üç-dört cidarlı düzenlemelere gidilmelidir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13 Çok yüksek ses geçirmezlik gerektiren yerlerde alınacak önlemler

5.2.2.3 Alıcıda denetim

Kaynakta ve yolda denetim adımlarının uygulanması olanaksız, güç ya da yüksek maliyetli ise gürültüden etkilenen alıcı, içinde çalışabileceği bir bölmenin içine yerleştirilmeli ya da kulaklık, kulak tıkacı gibi koruyucular kullanılarak gürültünün sağlık üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerden korunmalıdır.

6. DEĞERLENDİRME, SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapının fiziksel iç çevresinin ses ile ilgili özelliklerinden biri olan ve fiziksel olarak düzensiz, fizyolojik olarak istenmeyen ses olarak tanımlanan gürültü, son yıllarda birey ve toplum üzerinde neden olduğu birçok olumsuz etki nedeniyle denetim altına alınması gereken çevre kirliliği faktörlerinin en önemlilerinden birisi haline gelmiştir. Kentleşmenin hızlanması, sanayileşmenin artması, teknolojinin gelişmesi ve doğal nüfus artışıyla birlikte gürültü kirliliği her geçen gün daha fazla insanı etkilemektedir. Günümüzün en büyük sorunlarından biri olan gürültünün oluşturduğu sağlığı korkulacak derecede olumsuz etkileyen ses düzeyleriyle karşı karşıya kalınmasına rağmen, zararları bilinmemekte ve çözümüne gereken önem verilmemektedir.

Gürültü, insanda biyolojik, psikolojik, psikofizyolojik ve sosyolojik açıdan ciddi rahatsızlıklar oluşturur. Gürültünün en fazla bilinen etkileri, işitme eşiğinin kalıcı ya da geçici olarak yükselmesi ve akustik travma gibi işitme kayıpları ile kulakta oluşan tinnitus (çınlama) ve ağrıdır. İşitme dışında oluşan diğer biyolojik etkilenme ise uykunun bozulmasıdır. Bu etkilenme, uykuya dalış süresinin artmasına, hafif uyku evresinin uzaması sonucu REM uyku süresinin kısalmasıyla uyku gelişiminin bozulmasına, uyanmalara, istem dışı vücut hareketlerine, psikolojik ve psikofizyolojik etkilenmelere ve uykuda kalıcı bozukluklara neden olur. Gürültü sonucunda sinir sistemi ve hormonların etkilenmesi, psikolojik rahatsızlıkların oluşturmasını sağlar. Bu rahatsızlıklar, dalgınlık, unutkanlık gibi hafıza etkilenmeleri, dikkatin dağılması, konsantrasyon bozukluğu, öğrenme güçlüğü ve çalışmaya karşı isteksizlik, duygusal stres, sinirlilik, gerginlik, heyecan, hayal kırıklığı, hoşnutsuzluk, sıkıntı, endişe, dengesizlik, huzursuzluk, dayanıksızlık, çaresizlik, sorunlarla başa çıkamama, depresyon gibi standart psikolojik belirtiler ile bunların gelişmesiyle nevroz, psikoz, histeri gibi daha genel psikiyatrik belirtiler olarak sıralanır. Bu psikolojik rahatsızlıklar, fizyolojik sistemleri harekete geçirerek fiziksel sağlığı da etkiler. Bunun sonucunda, psikoendokrin, kardiyovasküler, immunolojik, gastrointestinal rahatsızlıklar, solunum, üreme, görme, denge bozuklukları, irkilme ve yönelme tepkileri, vücut yorgunluğu, mide bulantısı, iştah kaybı, baş dönmesi, migren, ağızda ve boğazda kuruluk, yutkunmada zorluk, astım atakları, cinsel isteksizlik, deride soğuma ve terleme, cildin dayanıklılığında azalma, kaşıntı, akne, egzama gibi birçok psikofizyolojik rahatsızlıklar oluşur. Gürültüden etkilenme nedeniyle stres hormonlarının artması, kişinin sosyal davranışlarını idare edebilmesini de engeller. Gürültünün psikolojik etkilerine bağlı olarak oluşan bu sosyolojik etkilenmelere örnek olarak,

sosyal uyumsuzluk, soğukluk, yalnızlık, başkaları hakkında olumsuz yargıya varmada artış, saldırganlık, kavgacılık ve yardım etme güdüsünde azalma verilebilir.

Gürültü sonucu ortaya çıkan biyolojik, psikolojik, psikofizyolojik ve sosyolojik rahatsızlıkların, dinlenme, eğlenme, iletişim kurma, öğrenme, çalışma gibi insanların günlük yaşamda yaptıkları eylemleri de olumsuz etkilemesiyle konu giderek çok boyutlu bir hal almaktadır. Etkilenme sonucunda, gürültünün, müzik dinleme, televizyon izleme gibi eylemlere girişim yaptığı, konuşmanın anlaşılabilirliğini azalttığı, konuşmaya girişim yaparak iletişimi bozduğu bilinmektedir. Öğrenme sırasında gürültüde kalma zihinsel algılamayı bozmakta, zihni aritmetik, problem çözme ve özellikle okuma öğrenme gibi etkinlikler sırasında büyük zorluklar yaratmaktadır. Çalışma sırasında olumsuz etkilenme ise, konsantrasyon bozukluğuna, yapılan yanlışların artmasına ve performans düşüklüğüne neden olmaktadır.


İnsanda bu kadar fazla sağlık sorunu oluşmasına neden olan gürültünün denetlenmesinin önemi ortadadır. Yapının dış çevresindeki gürültülerin yapı içine geçmesinin yanında, yapı içinde havada ve katı ortamda doğan ve yayılan insan, müzik, tesisat ve makina seslerinin çeşitli yollarla diğer iç mekanlara geçmesiyle, yapının fiziksel iç çevresinin ses düzeyleri giderek artış gösterir. Oluşan gürültünün ulusal ve uluslararası standart ve yönetmeliklerle belirlenmiş yapı içinde kabul edilebilir düzeylere indirilmesi biçimindeki gürültü denetimi süreci, gürültüyü oluşturan kaynak ve alıcıda alınacak önlemler ile kaynakla alıcı arasındaki yolda; yayılımda ve geçmede alınacak önlemlerin tümünü kapsar. Çizelge 6.1'de yapının tasarım evresinde gürültüye karşı izlenecek yol için bir öneri, Çizelge 6.2'de ise bu öneri çerçevesinde alınabilecek önlemlerden örnekler görülmektedir. Yapının üretim ve kullanım evresinde alınabilecek önlemler ise Çizelge 6.3'de verilmiştir.

Tasarımcı, yapının tasarım, üretim ve kullanım aşamalarında gürültü denetimine yönelik aldığı önlemlerle, yapının fiziksel iç çevresindeki gürültüyü kabul edilebilir düzeylere indirerek akustik konfor koşullarının yerine getirilmesini sağlar. Böylece, önemli bir çevre kirliliği sorunu olan gürültünün, kullanıcıda oluşturabileceği biyolojik, psikolojik, psikofizyolojik ve sosyolojik sağlık sorunları yapılan gürültü denetimi sayesinde ortaya çıkmadan önlenmiş olur. Sağlıklı yapı ve çevresine ulaşılması sonucu, biyolojik, psikolojik ve sosyolojik gereksinimler en üst düzeyde karşılanılır ve insanın yapıdan beklediği yaşamını sağlıklı olarak sürdürme temel gereksinmesine yanıt verilerek insan yaşamına olumlu katkıda bulunulmuş olunur.

Çizelge 6.2 Yapının tasarım evresinde gürültü denetimi çerçevesinde alınabilecek önlemlerden örnekler

SORUN →		GÜRÜLTÜ			
		YAPI DIŞI		YAPI İÇİ	
ÖN TASAR	YAPI DIŞI	<ul style="list-style-type: none"> Arazi biçimi, bitki örtüsü vb. doğal ya da duvar vb. yapay engellerden yararlanarak akustik gölgeler oluşturmak. 			
	KONUMLANDIRMA	<ul style="list-style-type: none"> Gürültü kaynağı ile yapı arasındaki uzaklığı artırmak. Kaynak ile yapı arasına gürültüden daha az etkilenecek işleve sahip yapılar yerleştirmek. 			
	YAPI BİÇİMLENDİRME	<ul style="list-style-type: none"> Kaynağa bakan cepheyi kısa tutmak. Kaynağa bakan yüzeyi sağır yapmak. Çıkma, balkon, vb. ile gürültü kalkını oluşturmak. Sessiz mekanların açıklıklarını olabildiğince küçük yapmak. Kütleleri gürültünün yansıma ile artmasını önleyecek biçimde tasarlamak. 	<ul style="list-style-type: none"> Sessiz mekanları asansör, tesisat şaftları, merdiven kovaları, tesisat odaları, vb. gürültülü mekanlardan olabildiğince uzakta tasarlamak. Sessiz ve gürültülü mekanları ara odalar, koridorlarla ayırmak. Aynı yapı içindeki gürültülü ve sessiz mekanları yatayda ve düşeyde kendi aralarında guruplayarak ayırmak ya da farklı yapılarda tasarlayarak birbirinden koparmak. 		
SORUN →		GÜRÜLTÜ			
		HAVADA YAYILAN	KATIDA YAYILAN	YANSIYARAK ARTAN	
TASARIM EVRESİNDEKİ ÖNLEMLER	KESİN TASAR YAPI ÖGELERİ	DUVAR	<ul style="list-style-type: none"> Bileşenlerin kütlelerini artırmak. Çift cidar yapmak. Cidarlar arasındaki boşluğu mümkün olduğunca fazla tutmak, araya yutucu koymak, cidarların birini eğimli yapmak, cidar sayısını artırmak, vb. Bileşik cidarlarda ses geçirmezliği düşük olan bileşenin ses geçirmezliğini yüksek olana yaklaştırmak. Doğramalardaki boşluklarda, eşikte önlem almak, camı doğramaya özel plastik ürünlerle taşıtmak, camları açılmaz yapmak, vb. 	<ul style="list-style-type: none"> Yayılmı yolu üzerinde kesintiler yapmak (derzler, vb.) Manrtar, kurşun, vb. ürünlerle yapı öğelerini koparmak. Bileşen oluştururken değişik parçalar kullanmak (duvar gövdesinin belli bölümünü tuğla, belli bölümünü ahşap, beton yapmak gibi) Homojen bileşenler yerine heterojen bileşenler oluşturmak (Duvar gövdesini beton yerine tuğladan yapmak gibi) 	<ul style="list-style-type: none"> Gözenekli ürünler (kumaş, keçe, camyünü, vb.) ve esnek tespitli titreşen levhalarla (alçı, ahşap levhalar, vb.) kaplamak.
		DÖŞEME	<ul style="list-style-type: none"> Asma tavan ile döşeme arasındaki boşluklarda kesintiler yapmak. 	<ul style="list-style-type: none"> Dilatasyon derzi, vb. kesintiler yapmak. Yüzer döşeme yapmak. Asma tavan yapmak. Halı, kauçuk, keçe, vb. ürünlerle kaplamak. Döşeme ile kaynak arasına titreşim yalıtıcı ürünler koymak. 	<ul style="list-style-type: none"> Gözenekli ürünler (halı, keçe, vb.) ve esnek tespitli titreşen levhalarla (alçı, ahşap levhalar, vb.) kaplamak.

Çizelge 6.3 Yapının üretim ve kullanım evresinde gürültü denetimi çerçevesinde alınabilecek önlemlerden örnekler

SORUN 	GÜRÜLTÜ
ÜRETİM EVRESİNDEKİ ÖNLEMLER	<ul style="list-style-type: none"> • Tasarım evresinde gürültü denetimine yönelik alınan kararlara (ürün seçimi, ayrıntı düzenlemeleri, vb.) uymak. • Uygulamada sorun çıktığı takdirde tasarımcıya danışmak. • Duvar, döşeme, vb. öğelerden geçen kanallar, borular, ... etrafındaki açıklık, çatlak ve boşlukları kapatmak. • Çift cidarın tek cidar gibi hareket etmesini önlemek için cidarlar arasında bağlayıcı (ses köprüsü) oluşmamasına özen göstermek.
KULLANIM EVRESİNDEKİ ÖNLEMLER	<ul style="list-style-type: none"> • Gürültü Kontrol Yönetmeliğiyle belirlenen değerler üzerinde gürültü çıkarma yasağına uymak. • Fabrika, atölye, eğlence yerlerinde yönetmelikte belirlenen saatler dışında gürültü çıkarma yasağına uymak. • Konutlarda TV ve müzik aletlerinin sesini çevreyi rahatsız etmeyecek kadar açmak, eşyaları çekerek değil, kaldırarak taşımak, kapı ve pencereleri yavaş kapatmak, bakım-onarım çalışmalarını uygun saatlerde yapmak, vb. • Gereksiz gürültü kaynaklarını ortadan kaldırmak, bu durum olanaksız ise aynı işlevli fakat daha az gürültü çıkaran makina, donanım ya da sistemler kullanmak. • Gürültü kaynaklarına susturucu takarak ses düzeylerini azaltmak ya da gürültünün niteliğini değiştirmek. • Yapı öğelerinde kullanılan ürünlerin ses geçirmezlik özelliğini kaybetmemesi için düzenli olarak bakım-onarım yapmak. • Gürültü düzeyi çok yüksek olan ortamlarda kulaklık, kulak tıkacı gibi koruyucular kullanmak.

Gürültü denetimi çalışmaları çevresel etmenlerin belirlenmesi aşamasında başlamalıdır. Denetimin zamanında yapılmaması sonucunda, alınması gereken önlemlerin güçleşmesi, olanaksızlaşması ya da giderlerin artması söz konusu olabilir. Eksik önlem alma, sonuca ulaşılmamasına ve gereksiz harcama yapılmasına neden olurken ölçsüz ve aşırı önlemler ise fazladan işgücü ve ayrıntılandırma zorlukları ile ürün, para ve yer kaybına yol açar.

Önlem alınmadığında gürültünün insan sağlığı üzerinde birçok olumsuz etki yarattığı, gürültüyle yaşamaya alışma zorunluluğunun olmadığı ve gürültünün denetlenebileceği konularıyla ilgili olarak toplum bilinçlendirilmelidir. Konunun olabildiğince fazla kişi tarafından bilinmesi ve gürültüye karşı gereken tepkinin gösterilmesi; birey, kurum ve yetkili makamların konuyla ilgili çalışmalarını geliştirmelerini ve çözüm oluşturmalarını sağlayacaktır. Bu bağlamda, Türkiye’de henüz uygulaması yetersiz olan Gürültü Kontrol Yönetmeliği geliştirilerek uluslararası standartlara uygun duruma getirilmeli, böyle bir yönetmeliğin varlığından toplum haberdar edilmeli ve yönetmeliğe uymayan kişi ve

kuruluşlara uygulanacak yaptırımlar artırılmalıdır. Buna ek olarak gürültü denetimi çalışmalarında tasarımcılara yardımcı olmak amacıyla kentlerin gürültü haritaları çıkarılmalıdır. Gürültü savaşımına yönelik yapılacak bu tür çalışmalar, kullanıcının biyolojik, psikolojik ve sosyolojik gereksinmelerine yanıt vererek yaşamını sağlıklı olarak sürdürmesine katkı sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

AAO-HNS, (2000), Noise, Ears, and Hearing Protection, American Academy of Otolaryngology Head and Neck Surgery Public Service, <http://www.entnet.org/noise-hearing.html>.

Abdülrahimov, R., (1997), "Bakü'deki Üç Basımevinde Gürültü Denetimi", 3. Ulusal Akustik Kongresi, 16-17 Ekim 1997, İstanbul.

Akdağ, N., (1996), "Gürültüden Etkilenme ve Gürültü Kontrol Yönetmeliği", Yapıda Ses ile İlgili Problemler ve Çözüm Önerileri Semineri, 29 Şubat 1996, YEM, İstanbul.

Akdağ, N., (1997), "İşitsel Duyarlılık Ayrımalarının Anlaşılabilirlik Üzerindeki Olumsuz Etkilerini Ortadan Kaldıracak Hacim Akustiği Koşulları", 3. Ulusal Akustik Kongresi, 16-17 Ekim 1997, İstanbul, 200-209.

Babisch, W., (1993), "Traffic Noise as a Risk Factor for Myocardial Infarction", 158-178, Noise and Disease, H. Ising ve B. Kruppa (Derl.), Gustav Fischer, Stuttgart.

Babisch, W. ve Gallacher, J.E.J., (1990), "Traffic Noise, Blood Pressure and Other Risk Factors: The Caerphilly and Speedwell Collaborative Heart Disease Studies", Vol. 4: New Advances in Noise Research-Part I, 315-326, Noise as a Public Health Problem, B. Berglund ve T. Lindvall (Derl.), Swedish Council for Building Research, Stockholm.

Balanlı, A. ve Öztürk, A., (1995a), "Yapı Biyolojisi: Kavram ve Kapsam", Sağlıklı Kentler ve İnşaat Mühendisliği Sempozyumu, 20-21 Ekim 1995, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, 133-140.

Balanlı, A. ve Öztürk, A., (1995b), "Yapının İç ve Dış Çevresinin Yapı Biyolojisi Tarafından İrdelenmesi", Sağlıklı Kentler ve İnşaat Mühendisliği Sempozyumu, 20-21 Ekim 1995, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, 43-56.

Balanlı, A. ve Öztürk, A., (1997), "A Systematic Approach to Solve Building Biology Related Problems", Healthy Buildings/IAQ '97 Conference, 27 September-2 October 1997, Washington DC, 147-152.

Bayol, H., (1997), Yapı Elemanlarından Ses Geçiş Kayıplarının Bilgisayar Yardımıyla Hesaplanması ve Yapılan Uygulama Örnekleriyle Ses Geçirimsizliğini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmamış).

Berglund, B. ve Lindvall, T., (1995), Community Noise, Stockholm University and Karolinska Institute, Stockholm.

Berland, T., (1970), The Fight for Quiet, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Berry, B. ve Thiessen, C.J., (1970), Effects of Impulsive Noise on Sleep, National Research Council of Canada, NRC 11597, Ottawa.

Broadbent, D.E., (1979), "Human Performance and Noise", 17/1-19, Handbook of Noise Control, C.M. Harris (Der.), McGraw Hill Book Company, New York.

Bronzaft, A. L., (1997), "Beware: Noise Is Hazardous to Our Children's Development", *Hearing Rehabilitation Quarterly*, 22:n.1, <http://www.lhh.org/hrq/22-1/beware.htm>.

Brown, J.J., Brummett, R.E., Fox, K.E ve Bendrick, T.W., (1980), "Combined Effects of Noise and Kanamycin", *Archives of Otolaryngology*, 106:744-745.

Burns, W., (1979), "Physiological Effects of Noise", 15/1-23, *Handbook of Noise Control*, C.M. Harris (Der.), McGraw Hill Book Company, New York.

CAOHC, (1997), "How Tinnitus and Other Factors Contribute to Unreliable Noise-Induced Hearing Assessment", *The Newspaper of the Council for Accreditation in Occupational Hearing Conservation*, 8:i.2, <http://www.caohc.org/updatearticles/summer97/tinnitus.html>.

Cohen, A., Anticaglia, J.R. ve Jones, H.H., (1970), "Noise-Induced Hearing Loss: Exposures to Steady-State Noise", *Archives of Environmental Health*, 20:614-623.

Cohen, S., Evans, G.W., Krantz, D.S., Stokols, D. ve Kelly, S., (1981), "Aircraft Noise and Children: Longitudinal and Cross-sectional Evidence on Adaptation to Noise and the Effectiveness of Noise Abatement", *Journal of Personality and Social Psychology*, 40:331-345.

Cohen, S., Evans, G.W., Stokols, D. ve Krantz, D.S., (1986), *Behavior, Health, and Environmental Stress*, Plenum Press, New York.

Cohen, A., Kylin, B. ve LaBenz, P.J., (1966), "Temporary Threshold Shifts in Hearing from Exposure to Combined Impact/Steady-State Noise Conditions", *Journal of the Acoustical Society of America*, 40:1371-1380.

Cumhuriyet Bilim Teknik, (1998), "Bing Bang Kuramı İçin Seçenek", 15 Ağustos 1998, 6.

Cumhuriyet Bilim Teknik, (1999a), "Yüksek Gürültü Fetüse Zararlı", 20 Mart 1999, 6.

Cumhuriyet Bilim Teknik, (1999b), "Çınlayan Kulaklara Ses Terapisi", 3 Temmuz 1999, 6.

Çelikyurt, C., (1996), "Gürültünün Oluşturduğu Tinnitus", 2. Ulusal Gürültü Kongresi, 23-25 Ekim 1996, Antalya, 28-31.

Çelikyurt, C., (1999), *Tinnitus Hakkında Sık Sorulan Sorular*, Tinnitus Support Center, www.geocities.com/HotSprings/Villa/1707/sorular.htm.

Devranoğlu, İ., (1997), "Gürültü ve Sağlık", *Gürültü ile Savaşım Sempozyumu*, 5 Haziran 1997, YTÜ, İstanbul, 26-30.

Doelle, L.L., (1972), *Environmental Acoustics*, McGraw Hill Book Company, USA.

Durakbaşı, T. ve Davaslıgil, S., (1997), "Ev Ortamında Gürültü ile Savaşım", *Gürültü ile Savaşım Sempozyumu*, 5 Haziran 1997, YTÜ, İstanbul, 55-58.

Eberhardt, J.L., (1982), "Disturbance by Road Traffic Noise of The Sleep of Young and Elderly Males as Recorded in the Home", 298-300, *Sleep 1982: The 6th European Congress of Sleep Research*, W.P. Koella (Der.), Kaeger, Basel, Switzerland.

Eberhardt, J.L., Stråle, L.O. ve Berlin, M.H., (1987), "The Influence of Continuous and Intermittent Traffic Noise on Sleep", *Journal of Sound and Vibration*, 116:445-464.

EC, (1996), Green Paper on Future Noise Policy, European Commission, COM(96)540, <http://europa.eu.int/en/record/green/gp9611/noisesum.htm>.

EEA, (1999a) Environment in the EU at the Turn of the Century Report, European Environment Agency, <http://themes.eea.eu.int/binary/s/sept1999.pdf>.

EEA, (1999b), Human Health Issues, European Environment Agency, <http://themes.eea.eu.int/binary/3/3.10.pdf>.

Egan, M.D., (1988), *Architectural Acoustics*, McGraw Hill Book, USA.

Evans, G.W. ve Cohen, S., (1987), "Environmental Stress", Vol. 1, 571-610, *Handbook of Environmental Psychology*, D. Stokols ve I. Altman (Derl.), Wiley, New York.

Fletcher, J.L., (1972), Effects of Non-Occupational Exposure on a Young Adult Population, Report for NIOSH, DHEW, Memphis State University, HSM 099-71-52, USA.

Foreman, J.E.K., (1990), *Sound Analysis and Noise Control*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Gabrielsson, A., Johansson, B., Lindblad, A.C. ve Persson, L., (1974), Assessment of Comfort and Discomfort Levels for Pure Tone, A Methodological Study, Karolinska Institute, Technical Audiology, Report TA No. 74, Stockholm.

Gales, R.S., (1979), "Hearing Characteristics", 8/1-18, *Handbook of Noise Control*, C.M. Harris (Der.), McGraw Hill Book Company, New York.

Ginn, K.B., (1978), *Architectural Acoustics*, Bruel and Kjaer Company, Denmark..

Glorig, A., (1971), "Damage-Risk Criteria for Hearing", 537-553, *Noise and Vibration Control*, L.L. Beranek (Der.), McGraw-Hill, New York.

Glorig, A. ve Nixon, J.C., (1962), "Hearing Loss as a Function of Age", *Laryngoscope*, 72:1596-1610.

"Griefahn, B., (1990), 'Präventivmedizinische Vorschläge für den Nächtlichen Schallschutz', *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 37:7-14" Berglund, B. ve Lindvall, T., (1995), *Community Noise*, Stockholm University and Karolinska Institute, Stockholm.

Griefahn, B. ve Gros, E., (1983), "Disturbances of Sleep-Interaction Between Noise, Personal and Psychological Variables", 895-904, *Noise as a Public Health Problem*, G. Rossi (Der.), Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milano, Italy.

Griefahn, B. ve Jansen, G., (1978), "EEG-Responses Caused by Environmental Noise During Sleep. Their Relationships to Exogenic and Endogenic Influences", *The Science of the Total Environment*, 10:187-199.

Gunderson, J., (1996), Industrial and Rehabilitation Ergonomics: Noise and Lighting, Course Lecture Notes, University of Illinois at Urbana-Champaign, <http://www.staff.uiuc.edu/~jongund/23noise.html>.

Gürültü Kontrol Yönetmeliği, (1986), Resmi Gazete, 19308, 11 Aralık 1986.

Hassall, J.R. ve Zaveri, K., (1988), Acoustic Noise Measurements, Brüel & Kjaer, Denmark.

HEI, (1998), Normal Hearing and the Healthy Ear, House Ear Institute, <http://www.hei.org/htm/normal.htm>.

HEI, (2000), You Make It Possible, House Ear Institute, <http://www.hei.org/htm/giving.htm>.

Hygge, S., Evans, G.W. ve Bullinger, M., (1993), "The Munich Airport Noise Study: Psychological, Cognitive, Motivational and Quality of Life Effects on Children", Vol. 3, 301-308, Noise as a Public Health Problem, M. Vallet (Der.), INRETS, Arcueil Cedex, France.

InteliHealth, (1999), Traumatic (Occupational and Noise) Hearing Loss, Home to Johns Hopkins Health Information, <http://www.intelihealth.com>.

Irwin, M.R., Segal, D.S., Hauger, R.L. ve Smith, T.L., (1989), "Individual Behavioral and Neuroendocrine Differences in Responsiveness to Audiogenic Stress", Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 32:913-917.

"Ising, H., (1983), 'Stressreaktionen und Gesundheitsrisiko bei Verkehrslärmbelastung', Wa Bo Lu Berichte, 2/1983, Dietrich Reimer, Berlin" Berglund, B. ve Lindvall, T., (1995), Community Noise, Stockholm University and Karolinska Institute, Stockholm.

Ising H. ve Rebentisch, E., (1993), "Comparison of Acute Reactions and Long-Term Extra-Aural Effects of Occupational and Environmental Noise Exposure", Vol. 3, 280-287, Noise as a Public Health Problem, M. Vallet (Der.), INRETS, Arcueil Cedex, France.

ISO, (1975), Acoustics-Preferred Frequencies for Measurements, International Organization for Standardization, ISO 266-1975(E), Geneva.

ISO, (1979), Acoustics-Guide to International Standards on the Measurement of Airborne Acoustical Noise and Evaluation of its Effects on Human Beings, International Organization for Standardization, ISO 2204-1979(E), Geneva.

ISO, (1987), Acoustics-Normal Equal-Loudness Level Contours, International Organization for Standardization, ISO 226:1987(E), Geneva.

ISO, (1990), Acoustics-Determination of Occupational Noise Exposure and Estimation of Noise-induced Hearing Impairment, International Organization for Standardization, ISO 1999:1990(E), Geneva.

Johansson, B., Kylin, B. ve Langfy, M., (1967), "Acoustic Reflex as a Test of Individual Susceptibility to Noise", Acta Oto-Laryngologica, 64:256-262.

Karabiber, Z., (1991), Mimari Akustikle İlgili Başlıca Tanım, Terim, Formül ve Büyüklükler, Yıldız Üniversitesi Yayınları, 210, İstanbul.

Karabiber, Z., (1992), *Mimari Akustikte Ses Ölçmeleri*, Yıldız Üniversitesi Yayınları, 249, İstanbul.

Karabiber, Z., (1996), "Ses, Gürültü, Konuşma, Müzik", *Yapılarda Akustik Sorunlar ve Çözüm Önerileri Semineri*, Mayıs 1996, İstanbul.

Karabiber, Z., (1997), "Yapılarda Sessizlik Tasarımı", *Gürültü ile Savaşım Sempozyumu*, 5 Haziran 1997, YTÜ, İstanbul, 48-54.

Karabiber, Z., (1998), "Gürültü Etkilenmesi ve Denetiminde Yeni Yaklaşımlar", *Yapıda Yalıtım Konferansı*, 11-12 Şubat 1998.

King, P.F., Coles, R.R.A., Lutman, M.E. ve Robinson, D.W., (1992), *Assessment of Hearing Disability. Guidelines for Medicolegal Practice*, Whurr Publishers, London.

Knauss, H.P., (1987), "Musical Sounds", Vol. 3, 271-280, *The New Book of Popular Science*, Grolier Incorporated, USA.

Knipschild, P.V. ve Salle, H, (1979), "Road Traffic Noise and Cardiovascular Disease: A Population Study in the Netherlands", *International Archive of Occupational and Environmental Health*, 44:55-59.

Knudsen, V.O. ve Harris, C.M., (1980), *Acoustical Designing in Architecture*, ASA, Sewickley.

Konishi, T. ve Kelsey, E., (1968), "Effect of Cyanide on Cochlear Potentials", *Acta Oto-Laryngologica*, 65:381-399.

Köknel, Ö., (1997), "Gürültünün İnsanın Ruh Sağlığına Etkisi", *Gürültü ile Savaşım Sempozyumu*, 5 Haziran 1997, YTÜ, İstanbul, 23-25.

Kundi, M., Weninger, U., Stidl, H.G. ve Haider, M, (1984), "Effects of Combined Exposures to Steady-State and Impulse Noise on Inner Ear Functions", 169-178, *Combined Effects of Environmental Factors*, O. Manninen (Der.), Keskupaino Central Printing House, Tampere, Finland.

Kurra, S., (1997), "Çevre Gürültüsü Kirliliği ve Kontrolü", *Gürültü ile Savaşım Sempozyumu*, 5 Haziran 1997, YTÜ, İstanbul, 31-41.

Kurra, S. ve Tamer, N., (1996), "TEM Gürültüsünden Etkilenme Analizleri ve Bulgular", 2. *Ulusal Gürültü Kongresi*, 23-25 Ekim 1996, Antalya.

Lang, S. S., (1988), *Aircraft Noise Harms Children*, Cornell University, <http://www.news.cornell.edu/releases/March98/noise.stress.ssl.html>.

Lang, T., Fouriaud, C. ve Jacquinet-Salord, M.C., (1992), "Length of Occupational Noise Exposure and Blood Pressure", *International Archives of Occupational and Environment Health*, 63:369-372.

Langdon, F.J. ve Buller, I.B., (1977), "Road Traffic Noise and Disturbance to Sleep", *Journal of Sound and Vibration*, 50:13-28.

Lansford, H., (1987), "Environmental Pollution", Vol. 2, 450-470, The New Book of Popular Science, Grolier Incorporated, USA.

LeVere, T.E., Morlock, G.W. ve Hart, F.D., (1975), "Waking Performance Decrements Following Minimal Sleep Disruption: The Effects of Habituation During Sleep", *Physiological Psychology*, 13:147-154.

LHH, (1998), Noise: Double Trouble, Noise Center of the League for the Hard of Hearing, <http://www.lhh.org/noise/threats.htm>.

LHH, (1999), Noise Levels in Our Environment Fact Sheet, Noise Center of the League for the Hard of Hearing, <http://www.lhh.org/noise/decibel.htm>.

Manninen, O., (1983), "A Review of Exposure Combinations Including Noise: The Meaning of Complex Exposure", Vol. 1, 637-659, Noise as a Public Health Problem, G. Rossi (Der.), Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milano, Italy.

Manninen, O., (1990), "Interaction Studies on Environmental Factors: Recent Findings", Vol. 5: New Advances in Noise Research—Part II, 209-231, Noise as a Public Health Problem, B. Berglund, U. Berglund, J. Karlsson ve T. Lindvall (Derl.), Swedish Council for Building Research, Stockholm, Sweden.

Manninen, O., (1993), "Synopsis of Studies on Combined Effects", Vol. 3, 511-516, Noise as a Public Health Problem, M. Vallet (Der.), INRETS, Arcueil Cedex, France.

Martin, R.H., Gibson, E.S. ve Lockington, J.N., (1975), "Occupational Hearing Loss Between 85 and 90 dBA", *Journal of Occupational Medicine*, 17:13-18.

McFadden, D. ve Plattsmier, H.S., (1983), "Aspirin Can Potentiate the Temporary Hearing Loss Induced by Intense Sounds", *Hearing Research*, 9:295-316.

Melnick, W., (1979), "Hearing Loss from Noise Exposure", 9/1-16, *Handbook of Noise Control*, C.M. Harris (Der.), McGraw Hill Book Company, New York.

Miyara, F., (1999), "Acoustic Violence: A New Name for an Old Social Pain", *Hearing Rehabilitation Quarterly*, 24:n.1, <http://www.lhh.org/hrq/24-1/acoustic.htm>.

Møller, A.R., (1961), "Network Model of the Middle Ear", *Journal of the Acoustical Society of America*, 33:168-176.

Moore, J.E., (1981), *Design for Good Acoustics and Noise Control*, The McMillan Press Ltd., Netherlands.

Morata, T.C., (1989), "Study of the Effects of Simultaneous Exposure to Noise and Carbon Disulfide on Workers' Hearing", *Scandinavian Audiology*, 18:53-58.

Morata, T.C., Dunn, D.E., Kretschmer, L.W., Lemasters, G.K. ve Santos, U.P., (1991), "Effects of Simultaneous Exposure to Noise and Toluene on Workers' Hearing and Balance", 81-86, *Proceedings of the Fourth International Conference on the Combined Effects of Environmental Factors*, L. Fechter (Der.), Johns Hopkins University Center for Environmental Health Sciences, Baltimore.

Nakai, Y., (1999), "Noise Induced Hearing Loss", Hearing Rehabilitation Quarterly, 24:n.1, <http://www.lhh.org/hrq/24-1/noise.htm>.

Neus, H., Ruddel H. ve Schulte, W., (1983), "Traffic Noise and Hypertension. An Epidemiological Study on the Role of Subjective Reactions", International Archives of Occupational and Environmental Health, 51:223-229.

NIH, (1990), "Noise and Hearing Loss", National Institute of Health Consensus Development Conference, 22-24 January 1990, <http://text.nlm.nih.gov/nih/cdc/www/76txt.html>.

OECD, (1986), Fighting Noise, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

Onganer, E., (1999), Uyku Stratejileri, Doktoronline, <http://www.doktoronline.com/default.asp?n0=home&n1=lib&n2=infobase&n3=document&act=detail&docid=3>.

Öhrström, E., (1989), "Sleep Disturbance, Psycho-Social and Medical Symptoms—A Pilot Survey Among Persons Exposed to High Levels of Road Traffic Noise", Journal of Sound and Vibration, 133:117-128.

Öhrström, E., (1991), "Psycho-Social Effects of Traffic Noise Exposure", Journal of Sound and Vibration, 151:513-517.

Öhrström, E., (1993), "Effects of Low Levels from Road Traffic Noise During Night—A Laboratory Study on Number of Events, Maximum Noise Levels and Noise Sensitivity", Vol. 3, 359-366, Noise as a Public Health Problem, M. Vallet (Der.), INRETS, Arcueil Cedex, France.

Öhrström, E. ve Rylander, R., (1982), "Sleep Disturbance Effects of Traffic Noise—A Laboratory Study on After Effects", Journal of Sound and Vibration, 84:87-103.

Öhrström, E. ve Rylander, R., (1990), "Sleep Disturbance by Road Traffic Noise—A Laboratory Study on Number of Noise Events", Journal of Sound and Vibration, 143:93-101.

Önen, L., (1996), "Şehir İçi Gürültülerinin Zihni Fonksiyonlar Üzerine Etkisi", 2. Ulusal Gürültü Kongresi, 23-25 Ekim 1996, Antalya, 32-41.

Özdeniz, M.B. ve Türkmen Ç., (1996), "Havaalanı Gürültüsü ve Denetim", 2. Ulusal Gürültü Kongresi, 23-25 Ekim 1996, Antalya, 266-275.

Peker, G.Ö., (1999), "Beyin Sağlığı Nasıl Korunmalı?", Cumhuriyet Bilim Teknik, 24 Nisan 1999, 21, <http://garildi.cumhuriyet.com.tr/cgi-bin/sayfa.cgi?w+30+c.../b2104.html+gürült>.

Prasher, D., (1998), Protection Against Noise, University College London Institute of Laryngology and Otology, London, <http://www.vml.ucl.ac.uk/links/vmlweb/info/ilo/research/pan/index.htm>.

Prince, M.M. ve Matanoski, G.M., (1991), "Problems in Ascertaining the Combined Effects of Exposure: Results of an Occupational Cohort Study of the Joint Effects of Noise and Smoking on Hearing Acuity", 87-91, Proceedings of the Fourth International Conference on the Combined Effects of Environmental Factors, L. Fechter (Derl.), Johns Hopkins University Center for Environmental Health Sciences, Baltimore.

“Rey, P., (1974), ‘La surdit  professionnelle’, Sozial Pr ventivmedizin, 19:177-183”
 Berglund, B. ve Lindvall, T., (1995), Community Noise, Stockholm University and Karolinska Institute, Stockholm.

Rosen, S., Bergman, M., Plester, D., El-Mofty, A. ve Satti, M.H., (1962), “Presbycusis Study of a Relatively Noise-Free Population in the Sudan”, Transactions of the American Otologists Society, 50:135-151.

Rosen, S. ve Rosen, H.V., (1971), “High Frequency Studies in School Children in Nine Countries”, Laryngoscope, 81:1007-1013.

“Roth, A., (1970), ‘Untersuchungen  ber die Gehrsch digung Wirkung von Industriel rm unterhalb der Grenznormative’, Zeitschrift für die gesamte Hygiene und ihre Grenz, 16:760-763”
 Berglund, B. ve Lindvall, T., (1995), Community Noise, Stockholm University and Karolinska Institute, Stockholm.

R vekamp, A.J.M., (1983), “Physiological Effects of Environmental Noise on Normal and More Sound-Sensitive Human Beings”, Vol. 1, 605-614, Noise as a Public Health Problem, G. Rossi (Der.), Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milano, Italy.

Sabuncu, H., (1997), End stride Gürültü ile Oluşan  iŐitme Kayıpları ve Alınacak  nlemler, Bebek Rotary Kul b , İstanbul.

Schwarze, S., Notbom, G. ve Jansen, G., (1993), “The Influence of Binaural Hearing on Physiological Responses”, Vol. 2, 497-500, Noise as a Public Health Problem, M. Vallet (Der.), INRETS, Arcueil Cedex, France.

Sirel, Ő., (1980), Yapı Akustiği 1 Temel Bilgiler, İDMMA, İstanbul.

Sirel, Ő., (1988), Gürültü, YFU, 1, İstanbul.

Sirel, Ő., (1991), Gürültü Denetiminde Temel Kurallar, YFU, 2, İstanbul.

Sirel, Ő., (1993), “Gürültü Denetimi ve Akustik  l meler”, 16-21, Yapı Fiziği Konuları I, Ő. Sirel (Der.), YFU, 5, İstanbul.

Sirel, Ő., (1994), “Ses Yalıtımı”, İnşaat Malzemeleri ve Uygulamaları, 77:90.

Stansfeld, S.A., Gallacher, J., Babisch, W. ve Elwood, P., (1993), “Road Traffic Noise, Noise Sensitivity and Psychiatric Disorder: Preliminary Prospective Findings from the Caerphilly Study”, Vol. 3, 268-273, Noise as a Public Health Problem, M. Vallet (Der.), INRETS, Arcueil Cedex, France.

S zen, M.Ő., (1996), Yapı Fiziği I, Lisans Ders Notu, YT  (yayımlanmamış).

S zen, M.Ő., (1997), Yapı Fiziği II, Lisans Ders Notu, YT  (yayımlanmamış).

S zen, M.Ő. ve Akdağ N., (1998), Gürültü Denetimi I, Yüksek Lisans Ders Notu, YT  (yayımlanmamış).

S zen, M.Ő. ve Akdağ N., (1999), Gürültü Denetimi II, Yüksek Lisans Ders Notu, YTÜ (yayımlanmamış).

Suter, A.H., (1991), "Noise and its Effects", Administrative Conference of the United States, November 1991, USA, <http://www.nonoise.org/library/suter/suter.htm>.

Şerefhanoglu, M., (1987), Gürültü Denetiminde Kabul Edilebilecek Gürültü Düzeylerinin Belirlenmesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.

Temel Britannica, (1993), Ana Yayıncılık, İstanbul, 14:153-154, 295-296.

Theorell, T., (1990), "Family History of Hypertension—An Individual Trait Interacting with Spontaneously Occurring Job Stressors", Scandinavian Journal of Work and Environment Health, 16:74-79.

Türkçü, Ç., (1999), "Ses Kirliliği (Gürültü) ve Kontrolü Açısından Avrupa ve Türkiye'nin Durumu", Yapı Fiziği Fiziksel Çevre Denetimi Kongresi, 6-7 Aralık 1999, YTÜ, İstanbul, 101-107.

Uslu, S., (1999), "Gürültüyle Yaşıyoruz", Cumhuriyet, 22 Eylül 1999, 6, <http://garildi.cumhuriyet.com.tr/cgi-bin/sayfa.cgi?w+30+/c.../c0605.html+gürült>.

Vallet, M. ve Vernet, I. (1991), "Night Aircraft Noise Index and Sleep Research Results", Vol. 1, 207-210, Inter-Noise 91. The Cost of Noise, A. Lawrence (Der.), Noise Control Foundation, Poughkeepsie, NY.

Vernon, J., Brown, J.J., Meikle, M. ve Brummett, R.E., (1978), "The Potentiation of Noise-Induced Hearing Loss by Neomycin", Otolaryngology, 86:123-124.

von Gierke, H.E. ve Nixon, C.W., (1976), "Effects of Intense Infrasound on Man", 115-150, Infrasound and Low Frequency Noise Vibration, W. Tempest (Der.), Academic Press, London.

Ward, W.D., Selters, W. ve Glorig, A., (1961), "Exploratory Studies on Temporary Threshold Shift from Impulses", Journal of the Acoustical Society of America, 33:781-793.

Watkins, G., Tarnopolsky, A. ve Jenkins, L.M., (1981), "Aircraft Noise and Mental Health: II. Use of Medicines and Health Care Services", Psychological Medicine, 11:155-168.

Well-Connected , (1998), "Stress", WebMD Article, http://health.excite.com/content/dmk/dmk_article_40082.

WHO, (1997), "Executive Summary", Health and Environment in Sustainable Development: Five Years After the Earth Summit, World Health Organization, http://www.who.int/environmental_information.

WHO, (1998), "Averting the Three Outriders of the Transport Apocalypse: Road Accidents, Air and Noise Pollution", Press Release WHO/57, 31 July 1998, <http://www.who.int/inf-pr-1988/en/pr98-57.htm>.

WHO, (1999), "The Burden of Occupational Illness", Press Release WHO/31, 8 June 1999, <http://www.who.int/inf-pr-1999/en/pr99-31.html>.

WHO United Kingdom Group 3, (1997), "Noise", National Environmental Health Action Plans, 29 July 1997, World Health Organization Regional Office for Europe, www.who.dk/nehap/uk/uk470htm.

Young, J.S., Upchurch, M.B., Kaufman, M.J. ve Fechter, L.D., (1987), "Carbon Monoxide Exposure Potentiates High-Frequency Auditory Threshold Shifts Induced by Noise", *Hearing Research*, 26:37-43.

Zhao, Y., Zhang, S., Selin, S. ve Spear, R.C., (1991), "A Dose Response Relation for Noise Induced Hypertension", *British Journal of Industrial Medicine*, 48:179-184.



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	11.05.1976	
Doğum yeri	Bursa	
Lise	1987 – 1994	Bursa Anadolu Lisesi
Lisans	1994 – 1998	Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	1998 – 2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Programı

