

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YERLEŞİM ALANLARINDAKİ EĞLENCE YERLERİNDE
GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ ve DEĞERLENDİRİLMESİ**

ÇİĞDEM ASLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF.DR. YÜKSEL ARDALI**

SAMSUN-2009

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından/09/2009 tarihinde yapılan sınav ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :Prof. Dr. Hanife BÜYÜKGÜNGÖR

Üye :Prof. Dr. Yüksel ARDALI

Üye :Yrd. Doç. Dr. Başak MESCİ

ONAY :

Yukarıdaki bilgilerin adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

...../...../.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Hasan GÜMÜŞ

YERLEŞİM ALANLARINDAKİ EĞLENCE YERLERİNDE GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ ve DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Gürültü son yıllarda fazlaca rahatsızlığa neden olan çevresel problemlerin başında gelmektedir. Birey ve toplum sağlığı üzerinde zarar verici etkileri tüm dünyaca kabul edilmiş olan gürültü kirliliği sorunu, diğer kirlenme türleri gibi insanlara olduğu kadar çevreye de rahatsızlık vermektedir. İstenmeyen ses olarak tanımlanabilen gürültü, sanayinin gelişmesi, nüfus artışı ve plansız şehirleşmeye bağlı olarak artmaktadır.

Gürültü; insanların işitme duyusunu olumsuz yönde etkileyen, fizyolojik ve psikolojik dengesini bozan, işteki performansını azaltan, çevrenin dinlendirici özelliklerini azaltarak veya yok ederek niteliğini değiştiren, gelişı güzel ve birbirleri ile uyumlu olmayan karmaşık seslerden oluşan önemli bir çevre kirleticisidir.

Doğal ortamda insan kulağına gelen ses bilgisi birden fazla kaynaktan çeşitli bileşenlerle birlikte gelmektedir. Çevresel gürültü, açık havada insan faaliyetleri (trafik, demiryolları, hava taşımacılığı, endüstri, eğlence ve inşaat) tarafından oluşan sestir.

Bu çalışmada, Samsun İlinde bulunan bir eğlence merkezinin çevresel gürültü seviyesi değerlendirilmiştir. Ölçüm sonuçları, çevresel gürültü kontrolü yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlerle karşılaştırılmış ve işletmenin gürültü seviyesinin bu değerlerin üstünde olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerin ilgili yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin altına indirilmesi amacıyla frekans analizi yapılmış ve işletmede kullanılacak yalıtım malzemesinin özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen yalıtım malzemesinin işletmeye montajından sonra tekrar çevresel gürültü seviyesi ölçümü yapılmış ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Gürültü, Çevresel Gürültü, Frekans Analizi.*

NOISE MEASUREMENT AND EVOLUATION OF PLEASURE GROUND IN RESIDENTIAL DISTRICT

ABSTRACT

Nowadays, noise is one of the most important environmental problem in the world. The health damaging effect of noise pollution on individuals and society have become a world wide known problem, which disturbs not only people but also the environment. Noise pollution, which can be defined as unwanted noise, is increasing paralel to industrial development, population growth and unplanned urbanization.

Noise is an important type of environmental pollution which affects people's hearing and perception negatively, causes psychological and physiological disorders, decreases work performance, alters the characteristics of the environment by destroying its calm and quiet.

Normally, sound contents are compound of various sources that is processed at human ears. Environmental noise which is sound in open air became by human activities (traffic, railway, airway, industry, amusement and construction).

In this study, environmental noise level of a pleasure ground in Samsun is determinated. Measurements are compared in limit value of "Environmental Noise Control Regulation" and determined noise level of pleasure ground is high. Frequency analysis is doing for this values reduce to under the limit values of interested regulation and determined properties of izolation material for using in pleasure ground. After a montage of identified izolation material, again is done measurement of environmental noise level and evaluated.

Keywords: *Noise, Environmental Noise, Frequency Analysis.*

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans dönemim ve tez çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren sayın danışmanım Prof. Dr. Yüksel ARDALI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazım aşamasında gösterdiği yardımlarından dolayı çok değerli arkadaşlarım Makine Mühendisi Hasan Utku Gözüm, Hidrojeoloji Yüksek Müh. Beril GÜMÜŐEL ve Çevre Yüksek Müh. Selva CAMCI 'ya teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca maddi ve manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan ASLAN ve SALI ailelerine teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
TABLolar LİSTESİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. TEMEL SES KAVRAMLARI	2
2.1.1. Dalga Hareketleri	2
2.1.2. Frekans (f).....	3
2.1.3. Oktav Bandlar	3
2.1.4. Dalga Boyu (λ).....	6
2.1.5. Periyot ve Genlik	6
2.1.6. Sesin Hızı (c)	7
2.1.7. Ses Şiddeti (I).....	8
2.1.8. Ses Basıncı	8
2.1.9. Desibel	9
2.1.10. Ses Gücü Düzeyi.....	10

2.1.11. Yönelme ve Yönelme Katsayısı	10
2.2. Gürültü Birimleri Ve İndeksleri.....	12
2.2.1. Ses Düzeyi	12
2.2.2. Eşdeğer (Sürekli) Gürültü (Ses) Düzeyi	13
2.2.3. Ses Etkilenim Düzeyi (SEL, L_E).....	14
2.2.4. Gündüz – Gece Gürültü Düzeyi.....	16
2.2.5. Gündüz, Akşam ve Gece Eşdeğer Gürültü Düzeyleri (L_{gag})	17
2.2.6. Gündüz Eşdeğer Gürültü Düzeyi ($L_{gündüz}$).....	18
2.2.7. Akşam Eşdeğer Gürültü Düzeyi ($L_{akşam}$)	18
2.2.8. Gece Eşdeğer Gürültü Düzeyi ($L_{akşam}$)	19
2.2.9. En Yüksek Ses Düzeyi-Tepe Düzeyi (L_{max})	19
2.3. Serbest Alanda Sesin Yayılması	19
2.3.1. Sesin Açık Alanda (Serbest Alanda) Yayılması Koşullarında Kaynağın Özellikleri	20
2.3.1.1. Nokta Kaynak	20
2.3.1.2. Çizgi Kaynak	20
2.3.1.3. Düzlem Kaynak	21
2.4. Kapalı Mekânlarda Sesin Yayılması.....	21
2.4.1. Sesin Yansıması	22
2.4.2. Sesin Yutulması	24
2.4.3. Sesin Yayılması (Saçılması)	25
2.4.4. Sesin Kırılması.....	26
2.5. Gürültünün Sınıflandırılması	27

2.5.1. Frekans Spektrumuna Göre Gürültü Türlerinin Sınıflandırılması	27
2.5.1.1. Sürekli Geniş Band Gürültüsü	27
2.5.1.2. Sürekli Dar Band Gürültüsü	28
2.5.2. Zamana Bağlı Olarak Gürültü Türlerinin Sınıflandırılması	28
2.5.2.1. Kararlı Gürültü.....	28
2.5.2.2. Kararsız Gürültü	28
2.5.2.3. Dalgalı Gürültü	28
2.5.2.4. Kesikli Gürültü	28
2.5.2.5. Darbe Gürültüsü.....	29
2.6. Gürültü Kaynakları	29
2.6.1. Fiziksel Gürültü Kaynakları.....	29
2.6.1.1. Düzlem Kaynak.....	29
2.6.1.2. Noktasal Kaynak.....	29
2.6.1.3. Çizgi Kaynak	29
2.7. Gürültüden Teknik Korunma Yöntemleri.....	30
2.7.1. Mekânların Akustik Özelliklerinin Değiştirilmesi	30
2.7.2. Ses Engelleyici Duvar (Bariyer)Uygulaması.....	35
2.7.3. Ses İletimi	36
2.7.3.1. Hava Doğuşumlu Ses İletimi	36
2.7.3.2. Darbe Kaynaklı Ses İletimi.....	37
2.7.4. Ses Yalıtımı ve Malzemeleri.....	39
2.7.4.1. Ses Yalıtımı.....	39

2.7.4.2. Yalıtım Malzemeleri	40
3. GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ	42
3.1. Gürültünün İnsan Üzerindeki Etkileri ve Sınıflandırılması	43
3.1.1. Gürültüye Bağlı İşitme Bozukluğu	44
3.1.2. Konuşmanın Engellenmesi	45
3.1.3. Gürültünün Uyku Üzerindeki Etkileri	45
3.2. İşitilebilir Frekanslar	47
3.2.1. Çeşitli Seslerin Frekans İçerikleri	48
3.3. Gürültünün İnsan Üzerinde Yarattığı Olumsuz Etkileri.....	48
4. ÇEVRESEL GÜRÜLTÜ	49
4.1. Ulaşım Gürültüsü	54
4.1.1. Karayolları Gürültüsü	54
4.1.2. Demiryolu Gürültüsü	55
4.1.3. Havaalanı Gürültüsü	56
4.1.4. Denizyolu Gürültüsü.....	57
4.2. Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Çevre Gürültüsü.....	58
4.3. İnşaat (Şantiye) Gürültüsü	58
4.4. Rekreasyon ve Eğlence Yerlerinin Çevresel Gürültüsü	59
5. YERLEŞİM ALANLARININ VE GÜRÜLTÜ KAYNAKLARININ BELİRLENME YÖNTEMLERİ.....	59
5.1. Yerleşim Alanlarının Belirlenmesi	59
5.2. Gürültü Kaynaklarının Belirlenmesi Yöntemleri	60

5.2.1. Kaynak İle İlgili Parametrelerin Belirlenmesi	60
6. GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	60
6.1. Gürültü Ölçümünde Kullanılan Cihazlar	60
6.1.1. Ses Düzeyi Ölçer	60
6.1.2. Frekans Analizi Cihazı.....	62
6.1.3. Mikrofonlar	65
6.2. Gürültü Ölçümü	66
6.3. Gürültü Haritalanması.....	68
6.3.1. Çevresel Gürültü Direktifi (ÇDG)'nin Amaçları.....	69
6.3.2. Avrupa Birliği'nde Gürültü Haritalarının Hazırlanma Nedenleri...	70
6.3.3. Gürültü Haritalarının Amacı	70
6.3.4. Gürültü Haritalamasında Çalışma Aşamaları	70
6.3.5. Yararlar ve Zararlar	71
6.4. Stratejik Gürültü Haritası.....	72
6.4.1.Stratejik Gürültü Haritasında GIS Sistemi Kullanmanın Özellikleri ve Avantajları	73
6.4.2. Stratejik Gürültü Haritalama İçin Asgari İhtiyaçlar	73
7. MATERYAL VE YÖNTEM.....	75
7.1. Tesis Özellikleri	75
7.2. Ölçüm Düzeneği	77
7.3. Hesaplamalar ve Kullanılan Eşitlikler	78
8. BULGULAR VE TARTIŞMA	81

8.1. İşletmenin Çevresel Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi	81
8.1.1. İşletme İçerisinde Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi	81
8.1.2. İşletme Ön Girişindeki Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi	83
8.1.3. İşletme Arka Girişindeki Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi	85
8.1.4. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisindeki Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi	87
8.2. İşletmede Yapılan Frekans Analizi	89
8.2.1. İşletme İçerisinde Ses Yalıtımı Sonrası Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi	91
8.2.2. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisindeki Ses Yalıtımı Sonrası Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi	93
9. SONUÇ VE ÖNERİLER	96
KAYNAKLAR	99
EKLER	102
ÖZGEÇMİŞ	103

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Ses Basıncının Zamanla Değişimi.....	9
Şekil 2.2. Bir Uçağın Kalkışı Sırasında Çıkan Tipik Gürültünün Ses Düzeyi ve Ses Etkilenim Düzeyi	16
Şekil 2.3. Sesin Yansımasına Etki Eden Etkenler	19
Şekil 2.4. Yansıma Olabilmesi İçin Dalga Boyu ve Yüzey İlişkisi.....	23
Şekil 2.5. Ses Işınlarnının Farklı Yüzey Biçimlerinden Yansıması	24
Şekil 2.6. Gözenekli Bir Tabakadaki Yutuculuğun Şematik Gösterimi.....	24
Şekil 2.7. Sesin Saçılmasını Sağlayan Yapı Elemanından Kuşbakışı Görünüş	26
Şekil 2.8. Kırılma Olma Koşulu	27
Şekil 2.9. Ses Basıncı Düzeylerinin Oda Sabiti ve Uzaklığa Göre Değişimi.....	35
Şekil 2.10. Cam Yünü	40
Şekil 2.11. Taş Yünü	41
Şekil 2.12. Poliüretan	41
Şekil 2.13. Melamin Köpüğü.....	41
Şekil 3.1. Etkisinde Kalınan Gürültü Düzeyine Bağlı Olarak 25 dB ya da Daha Fazla İşitme Kaybına Uğrayan Kişilerin Toplam Grup İçerisindeki Oranı	43
Şekil 3.2. İşitme Eşiği	47
Şekil 5.1. Gürültü Probleminin Genel Kurgusu	60
Şekil 6.1. Ses Düzeyi Ölçer	61
Şekil 7.1. İşletme Alanının Krokisi	76
Şekil 7.2. İşletme Alanı Üzerinde Bulunan Konut Krokisi	76

Şekil 7.3. SVAN-957 Tip Ses Ölçer Cihazı.....	77
Şekil 7.4. A, B ve C Ağırlıklı Ses Düzeyleri İçin Çevirim Eğrileri	79
Şekil 7.5. Desibellerle Toplama Eğrisi.....	79
Şekil 7.6. Desibellerle Çıkarma Eğrisi	80
Şekil 8.1. Frekans Analizi Grafiği	90

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Oktav Bandlar ve Merkez Frekansları	5
Tablo 2.2. Çeşitli Ortamda Sesin Yayılma Hızları	7
Tablo 2.3. Düzgün Ses Yayan Bir Ses Kaynağının Değişik Konumlarda Sahip Olacağı Yönelme Katsayısı ve Yönelme İndeksi	12
Tablo 2.4. Bazı Malzemelerin Ses Yutma Katsayısı.....	32
Tablo 3.1. Gürültünün İşitme Duyusunda Oluşturduğu Olumsuz Etkileri	47
Tablo 4.1. Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri	55
Tablo 4.2. Hafif Raylı Sistemler İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri.....	56
Tablo 4.3. Hava Alanı Çevresel Gürültü Sınır Değerleri.....	57
Tablo 4.4. Endüstri Tesisleri İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri.....	58
Tablo 4.5. Şantiye Alanı İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri	59
Tablo 8.1. İşletme İçerisinde 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları	82
Tablo 8.2. İşletme İçerisinde Arka Plan Gürültüsü dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları....	82
Tablo 8.3. İşletme İçerisindeki Gürültü Değerleri	83
Tablo 8.4. İşletme Ön Girişi 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları	84
Tablo 8.5. İşletme Ön Girişi Arka Plan Gürültüsü dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları.....	84
Tablo 8.6. İşletme Ön Girişindeki Gürültü Değerleri	85
Tablo 8.7. İşletme Arka Girişindeki 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA Ölçüm Sonuçları	86
Tablo 8.8. İşletme Arka Girişindeki Arka Plan Gürültüsü dBA Ölçüm Sonuçları.....	86

Tablo 8.9. İşletme Arka Girişindeki Gürültü Değerleri	87
Tablo 8.10. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisinde 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları	88
Tablo 8.11. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisinde Arka Plan Gürültüsü dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları	88
Tablo 8.12. İşletme Üst Katındaki Konut İçerisindeki Gürültü Değerleri	89
Tablo 8.13. Kütle Kanunu	91
Tablo 8.14. İşletme İçerisinde Ses yalıtımı Sonrası 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları	92
Tablo 8.15. İşletme İçerisinde Ses yalıtımı Sonrası Arka Plan Gürültüsü dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları	92
Tablo 8.16. İşletme İçerisindeki Ses yalıtımı Sonrası Gürültü Değerleri	93
Tablo 8.17. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisinde Ses yalıtımı Sonrası 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları	94
Tablo 8.18. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisinde Ses Yalıtımı Sonrası Arka Plan Gürültüsü dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları.....	94
Tablo 8.19. İşletme Üst Katındaki Konut İçerisindeki Ses Yalıtımı Sonrası Gürültü Değerleri	95

1. GİRİŞ

Gürültü, son yıllarda fazlaca rahatsızlığa neden olan çevresel problemlerin başında gelmektedir. İlk bakışta çevre problemleri içinde önemsiz gibi görünse de günlük hayatımızda yoğun olarak karşı karşıya kaldığımız kirlilik türlerinden biridir.

İnsan çevresini tehdit eden ve önemli bir çevre kirliliği olan gürültü, uygarlığın tüm çağlarında insanları rahatsız etmiş ve özellikle içinde bulunduğumuz yüzyılda en büyük sosyal sorunlardan biri olmuştur.

Yapılan çalışmalarda gürültünün insan ve toplum sağlığı üzerinde büyük etkisi olduğu belirlenmiştir. Son zamanlarda, özellikle büyük kentlerde sanayileşmeden ve insan faaliyetlerinden dolayı gürültü kirliliği oldukça artmıştır.

Gürültü, insan çevresini tehdit eden önemli bir problemdir ve istenmeyen ses olarak ifade edilmektedir. Aynı zamanda gürültü, insanların işitme duyusunu olumsuz yönde etkileyen, fizyolojik ve psikolojik dengesini bozan, çalışma performansını azaltan, çevrenin dinlendirici özelliklerini azaltarak veya yok ederek niteliğini değiştiren, gelişi güzel ve birbirleri ile uyumlu olmayan karmaşık seslerden oluşan önemli bir çevre kirleticisidir (Ener, 2006).

2. GENEL BİLGİLER

Ses, kulak tarafından algılanabilen hava, su ya da benzeri elastik bir ortamdaki basınç değişimi olarak tanımlanmaktadır. Bu basınç değişiklikleri kulak tarafından elektrik sinyallerine çevrilmektedir ve beyin tarafından "ses" olarak algılanmaktadır. Çevremizde duyduğumuz seslerin büyük bir çoğunluğu harmoniktir ve ses nesnel bir kavramdır (Özgüven, 2008).

2.1. Temel Ses Kavramları

2.1.1. Dalga Hareketleri

Ses doğuşu ve yayılması ortamdaki parçacıkların titreşimi ve bu titreşimlerin komşu parçacıklara iletilmesiyle gerçekteşmektedir. Ortamdaki parçacıkların titreşmesiyle oluşan dalgalar, havada basınç değişikliği oluşturmaktadır.

Ses bir ortamda dalgalar halinde yayılmaktadır. Havadaki dalga hareketi, suya düşen bir taşın suda oluşturacağı dalgacıklarla aynı biçimdedir. Bir göl ele alındığında gölün yüzeyi rüzgarsız bir havada durgun ve hareketsiz olmaktadır. Göle bir taş atıldığında taş su yüzeyine düşer düşmez bir dalga, taşın çarpma noktasından artan bir çapla ilerlemeye başlamaktadır. Taş su yüzeyine çarptığında o noktada bir basınç oluşturmaktadır. Çoğu sıvı gibi su da sıkıştırılmaz olduğundan taşın suya çarptığı noktaya yakın zerrelere yukarı doğru itilmektedirler. Taş suyun yüzeyinden aşağı doğru ilerlediğinde suyun elastik yapısı su yüzeyinin normal pozisyonları civarında salınmalarına neden olmaktadır. Bu salınma hareketi komşu partiküllere iletilmektedir. Böylece dalgacık ve dalgacığın enerjisi merkez noktadan uzaklaşmaya başlamaktadır. Titreşen bir cisimden havada sıkışma ve gevşeme noktaları yaratarak ilerleyen dalgalar bütününe "ses dalgaları" denir. Sıkışma ve gevşeme dalgaları hava partiküllerinin titreşmelerine neden olmaktadır (Mehta, 1999).

Suyun üstünde yüzen cisimler incelendiğinde görüleceği gibi dalga hareketi sırasında dalgacık ilerlemekte fakat su partikülleri normal pozisyonları civarında yukarı ve aşağı doğru salınmaktadırlar. Bir dalga hareketinde ilerleyen ortamdaki partiküller değil dalganın enerjisidir.

Ses, bir ortam içerisinde titreşimlerden oluşan fiziksel bir hareket şeklinde yayılmaktadır. Eğer bu hareket, işitme frekansı dizisi içindeyse kulak ve diğer yardımcı alıcı organlar tarafından ses olarak algılanmaktadır. Sesin var olabilmesi için bir kaynak (çapını büyütüp küçülterek titreşen bir cisim) ve esnek bir ortam (örneğin; hava) gerekmektedir. Durgun bir suya atılan taşın su yüzeyinde oluşturduğu dalgalanmaların yayılmasına benzetilebilen ses dalgaları, ortamın moleküllerini sıkıştırıp gevşeterek ses enerjisini çevreye dağıtmaktadır (Demirkale, 2007).

2.1.2. Frekans (f)

Doğadaki birçok dalga tek bir dalgacıktan değil, her biri bir öncekini takip eden dalgacık serilerinden oluşmaktadır. Birim zamanda üretilen dalgacık miktarı ya da bir saniyede tamamlanan devir sayısı "frekans" olarak adlandırılmaktadır. Bir partikülün tamamladığı devreye "devir" denilmektedir. Bir saniyede tamamlanan devir sayısı ise "frekans" olarak tanımlanmaktadır.

Yüksek frekanslar için Hertz'in 1000 katı olan kilo Hertz (kHz) kullanılmaktadır. İşitebileceğimiz frekans aralığı yaklaşık olarak 16–16000 Hz'dir. Bu değer bazı literatürlerde 20–20000 Hz arasında verilmektedir. 20 Hz'in altındaki frekanslar "infrasonik frekanslar" olarak adlandırılmaktadır. 20 kHz'in üstündeki frekanslar "ultrasonik frekanslar" olarak tanımlanmaktadır. Bunlar da insanlar tarafından duyulamazlar fakat bazı hayvanlar bu frekansları duyabilmektedir.

Bir sesin frekans-ses basınç ilişkisine "frekans spektrumu" adı verilmektedir. Çevremizdeki çoğu ses komplekstir. Frekans serilerinden oluşmaktadır ve spektrumları devamlı bir eğri şeklinde gözlenmektedir. Örneğin; insan sesi yaklaşık 100 Hz'den 5 kHz'e kadar olan frekansları içermektedir. Erkek sesinin tepe değeri yaklaşık 400 Hz, kadın sesinin ise yaklaşık 500 Hz'dir (Mehta, 1999).

2.1.3. Oktav Bandlar

20–20000 Hz arasında yaklaşık olarak 20000 tane frekans bulunmaktadır. 20000 tane frekansta işlem yapmak oldukça zor ve zahmetlidir. Bu nedenle 20000 tane frekans bazı aralıklara bölünmüştür. Ses analizlerinde incelenecek frekans aralıklarına "oktav band" denilmektedir. Bir oktav bandında, bandın üst limit frekansı alt limit frekansının

iki katına eşittir. Her oktav bandında çok sayıda frekans bulunmaktadır. Alçak frekansların özellikleri çok sık aralıklarla değiştiğinden oktav bandlarında frekans sayısı az, yüksek frekanslı oktav bandında frekans sayısı daha fazla olmaktadır. Bu sayı alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru artmaktadır. Tablo 2.1’de oktav bandlar ve merkez frekansları verilmiştir. Her oktav bandında çok sayıda frekans bulunmaktadır. Bu frekansları temsil etmek için merkez frekanslar bulunur. Merkez frekanslar, bandın aritmetik değil geometrik ortalamasını vermektedirler. Yani,

$$f_0 = \sqrt{f_1 \cdot f_2} \quad (2.1)$$

$$f_2 = 2f_1 \quad (2.2)$$

$$f = \sqrt{2}f_1 = f_2 \cdot 1/\sqrt{2} \quad (2.3)$$

şeklinde gösterilmektedir.

Burada;

- f :Merkez veya orta frekans,
- f_1 :Oktav bandın alt sınır frekansı ve
- f_2 :Oktav bandın üst sınır frekansı’dır.

Band genişliği alt ve üst sınır frekansının farkından oluşmaktadır. Band genişliği Eşitlik 2.4’deki gibi hesaplanmaktadır.

$$b_w = f_2 - f_1 \quad (2.4)$$

Mimari akustikte 50 Hz’ten düşük ve 10 kHz’den büyük frekanslar genelde önemsizdir. Bu yüzden merkez frekansları 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz ve 8 kHz olan 8 oktav kullanılmaktadır. Örneğin; merkez frekansı 250 Hz olan oktavın alt ve üst frekans limitleri 177 Hz ile 354 Hz’dir. 63 Hz ile 250 Hz arası frekanslar genellikle düşük frekanslar, 500 Hz ile 1 kHz arası orta frekanslar ve 2 kHz ile 8 kHz arası frekanslar yüksek frekanslar olarak adlandırılırlar.

Uygulamada özellikle 63-4000 Hz arasındaki merkez frekanslar önemlidir. Bazı çalışmalarda 1 oktav yerine 1/3 oktav merkez frekanslar veya 1/10 oktav band merkez frekanslar önem kazanmaktadır.

Tablo 2.1. Oktav Bandlar ve Merkez Frekansları (Demirkale, 2007)

Alt Sınır Frekansı (f_1)	Üst Sınır Frekansı (f_2)	Merkez Frekans (f)
22	44	31.5
44	88	63
88	177	125
177	354	250
354	707	500
707	1414	1000
1414	2828	2000
2828	5656	4000
5656	11312	8000
11312	22624	16000

Oktav bantlar ve üst sınır değer arasındaki bağıntı Eşitlik 2.5’de verilmiştir.

$$f_2 = 2^n \cdot f_1 \quad (2.5)$$

n= 1 1 oktav band için,
n= 1/3 1/3 oktav band için,
n= 1/10 1/10 oktav band için
katsayı değerini ifade etmektedir.

Oktav bandlarda üst sınır frekansının alt sınır frekansının iki katı olacak şekilde tanımlanmasının nedeni kulağın yapısından dolayıdır. Kulak frekansı oranları tam sayı olan iki sesi benzer ses olarak algılamaktadır (Demirkale, 2007).

2.1.4. Dalga Boyu (λ)

Dalga hareketi ile ilgili diğerk önemli kavramlar ise dalga boyu ve dalganın hızıdır. Aslında frekans, dalga boyu ve dalga hızı birbirleriyle ilişkilidirler. Bu ilişki, su gibi sıvı bir ortamda üretilen dalgalar incelendiğinde anlaşılacaktır.

Dalgaların sıvı ortamdaki ilerleme hızlarının dakikada 100 m olduğunu ve dalgaların aynı noktadan 12 saniye aralıklarla suya atılan taşlarla üretildiği kabul edilir ise bu durumda frekans dakikada 5 taşa eşit olmaktadır. Dalga hızı 100 m/dak. olduğundan ikinci taş suya çarptığında, birinci taş 20 m'lik mesafe kat etmiş olacaktır. Üçüncü taş su yüzeyine çarptığında birinci dalga 40 m, ikinci dalga ise 20 m uzaklıkta bulunmaktadır. 5. taş suyun yüzeyine çarptığında birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü dalgalar ise sırasıyla 80, 60, 40 ve 20 m uzaklıklarda olmaktadır. Bu noktada herhangi bir anda dalgalar arasındaki mesafeler sabittir (Demirkale ve ark., 2008).

Herhangi bir anda iki komşu arasındaki mesafeye "dalga boyu" adı verilmekte ve dalga boyu λ ile gösterilmektedir. Frekans, dalga boyu ve dalga hızı arasındaki bağıntı,

$$c = f * \lambda \quad (2.6)$$

şeklinde yazılmaktadır.

Burada;

f = Frekans ve

c = Dalga Hızı olarak ifade edilmektedir.

2.1.5. Periyot ve Genlik

Bir basınç değışim devri için geçen zaman "periyot" olarak tanımlanmaktadır. Ses basıncı, söz konusu noktadaki atmosferik basıncın değışme miktarını göstermektedir. "p₀" ile gösterilen basıncın en büyük değeri "genlik" olarak ifade edilmektedir. Bir ses titreşiminde genliğin azlığı veya çokluğu, ses şiddetinin azlığı veya çokluğunu ifade etmektedir. Frekansı değışmeyen bir titreşiminde genliğin artması ile aynı süre içinde elementler daha fazla yol kat edeceklerinden elementlerin genlik atılım hızının (titreşim hızı) artması, ses titreşimini meydana getiren kinetik enerjinin artması, yani ses şiddetinin artması demektir.

2.1.6. Sesin Hızı (c)

Dalga boyu λ olan bir ses dalgası periyodu olan T sürede kendi boyu kadar yol almaktadır. Bu durumda sesin hızı,

$$c = \frac{\lambda}{T} \quad (2.7)$$

olarak ifade edilmektedir.

Tablo 2.2’de çeşitli ortamlarda sesin yayılma hızları verilmiştir.

Tablo 2.2. Çeşitli Ortamda Sesin Yayılma Hızları (Demirkale, 2007)

Ortam	Yayılma hızları (m/s)
Hava	344
Su	1400
Sert Kauçuk	1400-2400
Beton	3000-3400
Tahta	3300-4300
Dökme Demir	3700
Cam	5200

Çizelgedeki değerlerden de anlaşılacağı gibi sesin katılar içerisindeki yayılma hızları, havadaki hızına göre çok daha yüksektir. Periyot ve frekans arasında ilişki Eşitlik 2.8’de verilmektedir. Sesin havadaki hızı; sıcaklık, basınç ve neme bağlı olarak az da olsa değişebilmektedir. Sesin 20⁰C’de oda sıcaklığındaki hızı 340 m/s’dir.

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.8)$$

Burada,

f: Frekans (Hz) ve T: Periyot (sn)’dir.

2.1.7. Ses Şiddeti (I)

Bir noktasal kaynaktan yayılan ses dalgası, serbest alanda başka bir ses kaynağı ya da yansıtıcı yüzeyler bulunmadığında giderek büyümekte ve küresel olarak yayılmaktadır. Ses alanı içinde verilen bir noktada belirli bir doğrultu içindeki birim alandan geçen akustik gücün ortalama miktarına "ses şiddeti" denir. Birimi Watt/cm^2 'dir. Bir dalganın ses kaynağına uzaklığı iki katı arttığında küresel alan dört katı artmaktadır. Ses şiddeti uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azalmaktadır. Mimari akustikte bu durum "Ters Kare Yasası" olarak bilinmektedir. Şiddet bağıntısı,

$$I = W / 4\pi d^2 \quad (2.9)$$

şeklinde verilmektedir. Burada,

I: ses şiddeti (watt/cm^2)

W: Ses Gücü (watt) ve d: Uzaklık (cm)'dir (Demirkale, 2007).

2.1.8. Ses Basıncı

Ses dalgalarından dolayı hava molekülleri titreşimi ile atmosferik basınçta oluşan değişime "ses basıncı" denir. Birimi N/m^2 veya dyn/cm^2 'dir. Ses basıncı, kulakta ses duyumunu oluşturmaktadır. İnsan kulağı tek bir sesin basıncını değerlendirememektedir. Ancak bir başka ses ile karşılaştırarak hangisinin daha yüksek olduğuna dair karar verebilmektedir. Kullanılan birime göre ölçülen ses basınçları çok geniş bir sayı aralığını kapsadığından ve kulağın bunları ayırt etmedeki duyarlılığı fazla olmadığından söz konusu değerlerin ifadesi için logaritmik bir ölçek kullanılmaktadır. Buna göre ses basınç düzeyinin birimi desibeldir (dB). Genel olarak herhangi bir sesin basınç düzeyi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Foreman,1992).

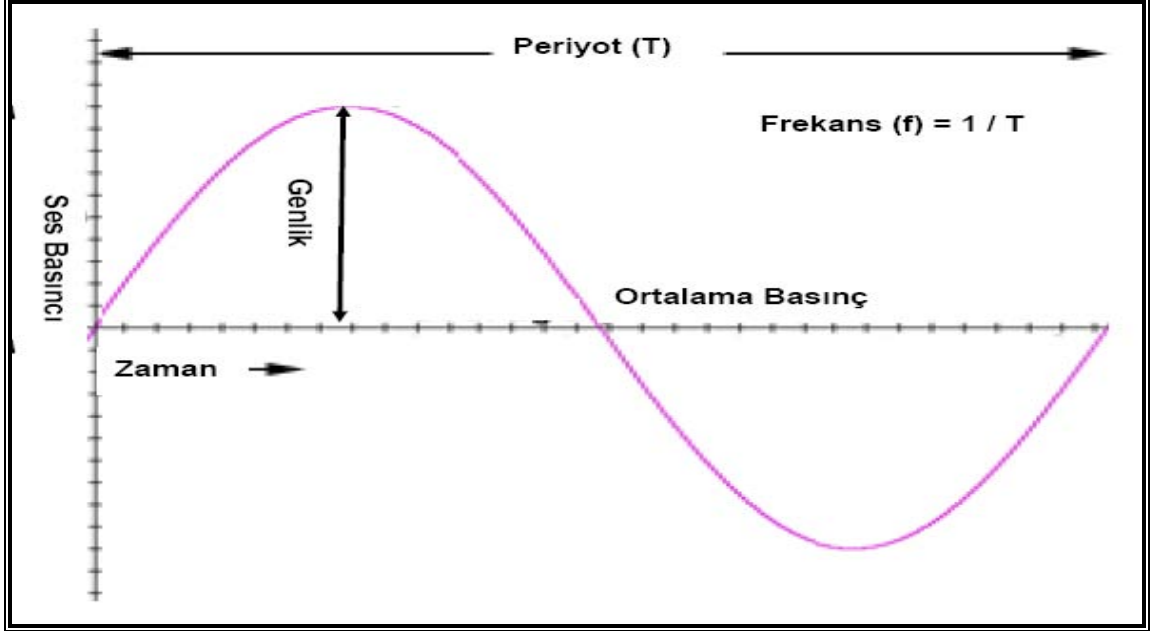
$$L_P = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} \quad (2.10)$$

Burada,

L_p : Ses basınç düzeyi,

P: Söz konusu olan sesin basıncı,

P_0 :Uluslar arası referans basıncı (20 mikropaskal)'dır.



Şekil 2.1. Ses Basıncının Zamanla Değişimi (Çalışkan, 2004)

2.1.9. Desibel

İlk kez elektrik mühendisliğinde kullanılan desibel, bir oranı veya bir değeri göstermektedir. Bir ses gücünün diğer bir ses gücünden ne kadar büyük veya ne kadar küçük olduğunu ifade etmektedir. Bu davranış, çok geniş bir güç aralığını içine almaktadır. Böyle bir güç aralığını belirtmek için uygun bir logaritmik cetvel kullanılması gerekmektedir. Bu cetvel on tabanına göre alınmış logaritma ile gösterilen ses gücü cetvelidir. Alexandre Graham Bell'in hatırasına Bell'in onda biri olan "Desibel" olarak tanımlanmakta ve "dB" ile gösterilmektedir. Desibel ile ölçtüğümüz büyüklüklere "düzey" adı verilmektedir. Örneğin; W değerindeki bir gücün W_0 referans değerine göre düzeyi,

$$Düzey(dB) = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad (2.11)$$

olarak tanımlanmaktadır. Böylece, referans olarak alınan W_0 'ın değerinin bilinmemesi durumunda tek başına W 'nın, dB cinsinden düzeyi hiçbir anlam taşımamaktadır.

2.1.10. Ses Gücü Düzeyi

Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüne ses gücü veya akustik güç, bu gücün düzeyine ise "ses gücü düzeyi" (L_w) adı verilmektedir. Referans güç değeri olarak uluslararası referans $W_0 = 10^{-12}$ W kullanılmaktadır (Çalışkan, 2004).

Yukarıdaki tanıma göre, ses gücü W olan bir kaynağın ses gücü düzeyi L_w ,

$$L_w = 10 \log \frac{W}{10^{-12}} \quad (2.12)$$

eşitliğinden hesaplanabilir. Örneğin; 1W ses gücü olan bir uçak motorunun ses gücü düzeyi,

$$L_w = 10 \log \frac{1}{10^{-12}} = 120dB \text{ 'dir.} \quad (2.13)$$

2.1.11. Yönelme ve Yönelme Katsayısı

Ses, noktasal ideal bir ses kaynağından küresel dalgalar şeklinde yayılmaktadır. Pratikte pek çok durumda sesin yayılması bu şekilde mümkün değildir. Genellikle ses kaynakları belli yönlerde öteki yönler göre daha çok enerji yaymaktadır. Dolayısıyla bir ses kaynağından çıkan ses dalgaları her yönde farklılık göstermektedir. Örneğin; bir hoparlörden çıkan sesin herhangi bir uzaklıkta yaratacağı ses basıncı, hoparlörün yüzüne dik yönde, öteki yönlerdekinden daha yüksek olmaktadır. Bir noktadaki yönelme katsayısı Q , o noktadaki ses şiddetinin, sesin düzgün yayılması durumunda aynı noktada oluşturacağı ses şiddetine oranı olarak tanımlanmaktadır. Matematiksel olarak;

$$Q = \frac{I}{I_t} \quad (2.14)$$

şeklinde yazılmaktadır. Burada I olarak ifade edilen belirtilen noktadaki ses şiddeti, I_t ise aynı noktada sesin küresel dalgalar halinde yayılması durumunda elde edilen teorik ses şiddetidir. Yönelme katsayısı,

$$Q = \frac{p^2}{p_t^2} \quad (2.15)$$

şeklinde de ifade edilmektedir. Burada p ses basıncının ortalama kare değerinin karekökü (rms değeri), p_0 ise uluslararası referans basıncı olarak kabul edilen 20 mikropascal ($20 \cdot 10^{-6}$ Pa ya da N/m^2)'dir (Eşitlik 2.15). 20 mikropascalın referans olarak seçilme nedeni, ortalama genç bir yetişkinin frekansı 1000 Hz olan bir ses dalgasını duyabilmesi için en az $20 \cdot 10^{-6}$ Pa değerinde bir basıncın gerekmesidir.

Çevresinde hiçbir yansıtıcı yüzey bulunmayan bir ses kaynağı, kendi özelliğinden dolayı değişik yönlerde değişik yönelme katsayısına sahip olacağı gibi her yönde düzgün ses yayan bir kaynak da bulunduğu konuma ve çevresindeki ses yansıtıcı yüzeylere bağlı olarak değişik yönelme katsayılarına sahip olabilmektedir. Çevresinde hiçbir yansıtıcı yüzey bulunmayan noktasal bir ses kaynağı için yönelme katsayısının her yönde aynı değerde olmaktadır. Buna karşılık çevresinde yansıtıcı yüzeylerin bulunuşu yönelme katsayısını yükseltmektedir. Bazı uygulamada yönelme katsayısı yerine yönelme katsayısının logaritmasınının 10 katı olarak tanımlanan yönelme indeksi kullanılmaktadır. Tablo 2.3'de noktasal bir ses kaynağının değişik konumlardaki yönelme katsayısını ve bu yönelme katsayılarına karşılık gelen yönelme indeksleri gösterilmektedir.

Tablo 2.3. Düzgün Ses Yayan Bir Ses Kaynağının Değişik Konumlarda Sahip Olacağı Yönelme Katsayısı ve Yönelme İndeksi (Özgüven, 2008)

Kaynağın Konumu	Yönelme Katsayısı (Q)	Yönelme İndeksi
Açıkta (örneğin, tavandan odanın ortasına asılmış)	1	0
Yansıtıcı bir düzlem üzerinde (örneğin, yerde ve duvardan uzak)	2	3
Yansıtıcı iki düzlemin kesim çizgisinde (örneğin, yerle duvar arasında)	4	6
Yansıtıcı üç düzlemin kesim noktasında (örneğin, bir odanın köşesinde)	8	9

2.2. Gürültü Birimleri ve İndeksleri

2.2.1. Ses Düzeyi

Ses basınç düzeyinin belli bir eğriye göre ağırlığı olarak ifade edilmektedir. Karmaşık seslerin ses yüksekliğini tek bir değerle ifade etmek mümkündür. Üç tip ağırlık eğrisi bulunmaktadır. A eğrisi düşük düzeyde, C eğrisi ise yüksek düzeyde sesler için kullanılmaktadır. Günümüzde A eğrisi her yükseklikte ses düzeyleri için kullanılmaktadır. Bunun nedeni A eğrisi kulak duyarlılık eğrisi ile doğrudan ilişkilidir. A, B ve C eğrileri kullanılarak gürültü ölçümleri yapılmaktadır. Bir sesin oktav band veya 1/3 oktav band ses basınç düzeyleri belli ise o sesin toplam ses düzeyinin bulunması mümkündür. A,B,C ağırlık eğrileri,

dBA; insan kulağının çok hassas olduğu orta ve yüksek frekansların özellikle vurgulandığı bir ses değerlendirilmesi birimidir. Bu, ses yüksekliğinin subjektif değerlendirmesi ile de ilişkilidir. İnsan kulağının frekansa bağlı olarak sese olan duyarlılığını en iyi A ağırlık eğrisi temsil etmektedir ve genelde A ağırlık eğrisi kullanılmaktadır.

dBB; Z olarak da bilinmektedir. Ani ses düzeylerinin ölçümünde kullanılan bir ses ağırlık eğrisidir. Jetlerin kalkış anlarında çıkardıkları ses “ani ses”dir.

dB; darbe gürültüsünün ölçümü olarak açıklanabilir (Özgüven, 2008).

2.2.2. Eşdeğer (Sürekli) Gürültü (Ses) Düzeyi

Ses alçalıp yükselmelerinin olduğu ya da düzeyinin zamanla gelişi güzel değiştiği gürültü türlerinin değerlendirilmesinde ses düzeyinin zamanla değişiminin incelenmesi yerine sesin eşdeğer sürekli ses düzeyi kullanılmaktadır. Genellikle “ L_{eq} ” ile ifade edilmektedir. Verilen bir zaman aralığında, söz konusu ses ile aynı toplam enerjiye sahip sabit düzeydeki sesin ses düzeyidir.

L_{eq} ' nun fonksiyonu belirlenmiş bir periyot için zaman değişkenine göre tek sayı ölçüler elde etmek için kullanılmaktadır. Topluluk içindeki sesler; kamyon, otomobil gürültüsü, hava alanı gürültüsü ve birçok sanayi gürültüsü L_{eq} değerini analiz edebilecek tipik örneklerdir.

Aşağıda verilen nedenlerden dolayı Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Bölümü L_{eq} değerini çevre gürültüsünü değerlendirmek konusunda tercih etmektedir.

- Gürültünün insan üzerindeki etkileri ile mükemmel uyuşmakta olması,
- Hem planlamada hem de uygulamada kullanılabilir olması,
- Gerekli olan ölçüm cihazları standart ve piyasada kolay bulunabilir olması,
- Halen kullanılan yöntemlerle çok benzerlik göstermekte olmasıdır.

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2}{P_0^2} dt \right] \quad (2.16)$$

Eşitlik 2.16'dan anlaşılacağı gibi L_{eq} , A ağırlıklı ses düzeyini vermektedir ve dBA ile ölçülmektedir. ISO 1996-1 standardında eşdeğer ses düzeyi L_{Aeq} , T şeklinde gösterilmektedir. Böylece, hem A ağırlıklı kullanıldığı açıkça belirtilmiş olup hem de eşdeğer ses düzeyinin hesaplandığı ya da ölçüldüğü süre belirtilmiştir. Burada T saat cinsinden yazılmaktadır. Eşdeğer ses düzeyinin, ses düzeyinin zamanla değişimini gösteren grafikten hesaplanması mümkün olsa da gelişmiş ses düzeyi ölçerler istenilen zaman aralığındaki eşdeğer ses düzeyini doğrudan hesaplayarak vermektedir. Zaman aralığı, ölçülecek sesin özelliğine bağlı olarak bir değer seçilmektedir. Kararlı gürültü

ölçümlerinde, süreyi uzatmanın sonucu fazla değiştirmeyeceğine emin oluncaya kadar ölçme süresini azaltmak gerekir.

Eşdeğer sürekli ses düzeyi, sürekli olarak zamanla değişim gösteren seslerin değerlendirilmesinde kullanılmakla birlikte, belli sürelerde sabit düzeyleri olan birçok sesin toplu olarak değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır. Örneğin; bir kişinin gürültüden zarar görmemesi için gürültülü ortamda en fazla ne kadar kalması gerektiği, değişik gürültü düzeyleri için istatistiksel olarak belirlenmiştir. Bir gün içerisinde değişik düzeylerdeki gürültünün etkisinde değişik sürelerde kalan bir kişinin gürültüden etkilenme durumunu belirlemek için söz konusu gürültülerden bir eşdeğer sürekli ses düzeyi belirlenmektedir. Bu tür uygulamalarda L_{eq} değerinin ses düzeyi ölçerler ile doğrudan ölçülmesi doğru değildir. Bunun nedeni zaman aralığının çok uzun olmasıdır. Eğer bu aralık 1 gün olarak alınırsa, toplam zaman aralığı sabit düzeylerin geçerli olduğu zaman aralıklarına bölünmektedir (Demirkale, 2007).

2.2.3. Ses Etkilenim Düzeyi (SEL, L_E)

Çok kısa süren ve birden yükseldikten sonra alçalan sesin değerlendirilmesinde eşdeğer sürekli ses düzeyi yeterli bilgi vermemektedir. Bu tür seslerin düzeylerini belirlemede en uygun yöntem, en yüksek ses düzeyi değerini ya da Ses Etkilenim Düzeyi (SEL) değerini kullanmaktır. Örneğin; bir uçağın havalanması sırasında çıkardığı ses saniyelerle belirtilebilecek bir süre içinde devam etmektedir. Böyle bir ses için L_{eq} ölçüldüğünde, alınan zaman aralığına bağlı olarak değişik değerler bulunmaktadır. Çünkü uçağın havalanması sırasında çıkardığı sesin toplam enerjisi sabit olmaktadır. Buna karşılık ölçüm süresi uzadıkça hesaplanan L_{eq} değeri düşmektedir. Bu tür seslerin ölçülüp değerlendirilmesinde en uygun yöntem, en yüksek ses düzeyi değerini ya da eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) değerini kullanmak yerine, ses etkilenim düzeyi (SEL) adı verilen bir ölçüyü kullanmaktır. Ses etkilenim düzeyi, zaman aralığı olarak 1 saniye olan L_{eq} olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle, kısa sürede önemli düzey değişimi gösteren bir sesin ölçülmesinde kullanılan SEL, ölçülen sesin enerjisine sahip 1 saniye süren sabit sesin ses düzeyidir. SEL' de L_{eq} gibi dBA ile ölçülmektedir. Bazı kaynaklarda SEL yerine L_E kullanılmaktadır. Şekil 2.3'de bir uçağın kalkışı sırasında ölçülebilecek tipik bir ses düzeyi değişimini ve bu sesin ses etkilenim düzeyini göstermektedir. Ölçüm süresinin 10 ya da 15 saniye olması ses etkilenim düzeyini

değiştirmezken, L_{eq} ölçüm süresinin 10 saniye olması durumunda 74 dBA, 15 saniye olması durumunda ise 72.2 dBA olmaktadır. Bu örnek, bazı durumlarda neden SEL kullanmamız gerektiğini çok açık göstermektedir.

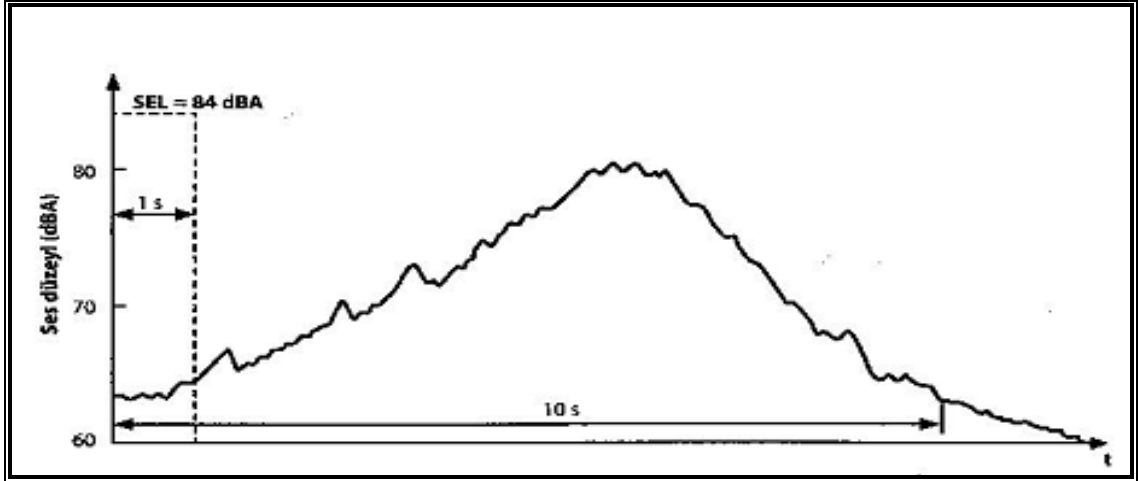
Ses etkilenim düzeyinin iki önemli uygulama alanı mevcuttur. Birincisi kısa süreli gürültülerin karşılaştırılmasıdır. Örneğin, önümüzden geçen bir otobüs ile daha yüksek ses çıkaran fakat daha kısa sürede önümüzden geçen bir motorsikletin gürültü düzeylerini kıyaslamada taşıtların gürültü düzeylerinin en yüksek değerlerini almak yanıltıcı olmaktadır. Çünkü gürültü düzeyi yüksek olan ses daha kısa sürmektedir. Kişiyeye zararı bakımından, seslerin etkili oldukları sürelerdeki toplam enerjileri önemlidir. Bunun da ölçüsü SEL' dir. İkinci uygulama alanı ise kısa süren birçok kesikli gürültünün SEL değerlerinden yararlanarak belirlenen bir etki alanında kalma süresindeki L_{eq} değerinin hesaplanmasıdır. T saniye süren bir olayın neden olduğu sesin SEL değeri ile L_{eq} değeri arasında,

$$L_{eq} = SEL - 10 \log T \quad (2.17)$$

bağıntısı vardır. Değişik SEL değerlerindeki n tane ayrı sesin, toplam T saniyedeki eşdeğer ses düzeyi,

$$L = 10 \log \sum_{n=1}^i 10^{(SEL/10)_i} - 10 \log T \quad (2.18)$$

eşitliğinden bulunmaktadır. Bu eşitlikle enerjileri bilinen ayrı seslerin toplam enerjileri bulunur ve aynı enerjiyi T saniyede verecek sabit ses düzeyi hesaplanmaktadır.



Şekil 2.2. Bir Uçağın Kalkışı Sırasında Çıkan Tipik Gürültünün Ses Düzeyi ve Ses Etkilenim Düzeyi (Özguven, 2008)

Gelişmiş ses düzeyi ölçerler, eşdeğer ses düzeyini ölçtükleri gibi ses etkilenim düzeyini de hiçbir hesaplama gerektirmeden doğrudan vermektedirler.

2.2.4. Gündüz – Gece Gürültü Düzeyi

Çevre gürültüsünün değerlendirilmesinde gürültünün insanlara verdiği rahatsızlık önemlidir. İnsanların aynı düzeydeki gürültüye gündüz ve gece farklı tepki gösterdiklerinden 24 saate karşı gelen eşdeğer gürültü düzeyinin çevre gürültüsünü değerlendirmede yeterli olmayacağı görülmektedir. Bu nedenle, gece (22:00-07:00 arası) süresindeki eşdeğer gürültü düzeyini (L_N), gündüz (07:00-22:00 arası) süresindeki eşdeğer gürültü düzeyi (L_D) ile ağırlıklı ortalamalarını alarak bulunan gündüz-gece gürültü düzeyi (L_{DN}) tanımlanmıştır. Gündüz-gece gürültü düzeyi, 24 saati kapsayan bir gürültü düzeyidir. Ancak AB ülkeleri ve ülkemiz mevzuatında ve standartlarında bu amaçla kullanılan gösterge, gündüz-akşam-gece gürültü düzeyi (L_{den}) ya da ilgili AB Direktifindeki ve dolayısıyla Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ndeki ifadesiyle gündüz-akşam-gece gürültü göstergesi (L_{gag})'dir.

Gündüz-gece gürültü düzeyi, 24 saat boyunca aralıklı olarak ölçülen ve istatistiksel olarak temsili sayılabilecek çok sayıdaki gürültü düzeyinden yararlanarak şu şekilde bulunmaktadır. Önce gündüz ölçümlerinin ortalaması alınarak gündüz süresindeki eşdeğer gürültü düzeyi L_D ve gece ölçümlerinin ortalaması alınarak gece

süresindeki eşdeğer gürültü düzeyi L_N hesaplanmaktadır. Ortalama alma işlemlerinin desibellerle ortalama alma kuralına göre yapılması gerekmektedir. Daha sonra L_N ve L_D ile zaman ağırlıklı ortalamaları alınarak L_{DN} bulunmaktadır. Bunun için Eşitlik (2.19) kullanılmaktadır. Bu eşitlikte 07:00-22:00 arası zaman dilimini, 22:00-07:00 arası zaman dilimini ifade etmektedir.

$$L_{DN} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(15 \times 10^{L_{DN}/10} + 9 \times 10^{L_N+10/10} \right) \right] \quad (2.19)$$

2.2.5. Gündüz, Akşam ve Gece Eşdeğer Gürültü Düzeyleri (L_{gag})

İnsanlar aynı düzeydeki gürültüye günün farklı zamanlarında farklı tepkiler göstermektedir. Bu nedenle, 24 saate karşılık gelen eşdeğer gürültü düzeyi yerine insanların gürültüye daha hassas oldukları saatlerde ölçülen eşdeğer gürültü düzeylerinin zaman ağırlıklı ortalaması alınarak oluşturulan gösterge tercih edilmektedir. AB ülkelerinde ve ülkemizde çevre gürültüsünün değerlendirilmesinde kullanılan gösterge, gündüz-akşam-gece gürültü düzeyi (L_{den}) ya da AB Direktiflerindeki ve ülkemizdeki ilgili yönetmelikteki ifadesiyle, gündüz-akşam-gece gürültü göstergesi (L_{gag})'dir. Gündüz – akşam - gece gürültü düzeyi (L_{den}), gece (23:00-07:00 arasındaki 8 saat) süresindeki eşdeğer gürültü düzeyinin (L_{gece}) 10 dB, akşam (19:00-23:00 arasındaki 4 saat) süresindeki eşdeğer gürültü düzeyinin ($L_{akşam}$) 5 dB artırılıp, gündüz (07:00-19:00 arasındaki 12 saat) süresindeki eşdeğer gürültü düzeyi ($L_{gündüz}$) ile ağırlıklı ortalamalarının alınmasıyla bulunmaktadır. Gündüz – akşam - gece gürültü düzeyi de L_{DN} gibi 24 saati kapsayan bir eşdeğer gürültü düzeyini ifade etmektedir. Ancak akşam ve gece ölçülen ya da bu sürelerdeki çeşitli ölçümler esas alınarak hesaplanan eşdeğer gürültü düzeyleri sırasıyla 5 ve 10 dB artırılarak hesaplamalarda kullanılmaktadır. L_{den} A ağırlıklı gürültü düzeyini verdiği için L_{DN} gibi dBA olarak ölçülmektedir.

Gündüz-akşam-gece gürültü düzeyi, 24 saat boyunca aralıklı olarak ölçülen ve istatistiksel olarak temsili sayılabilecek çok sayıdaki gürültü düzeyinden yararlanarak hesaplanmaktadır. Önce gündüz, akşam ve gece ölçümlerinin kendi aralarında ayrı ayrı ortalamaları alınmaktadır. Gündüz, akşam ve gece sürelerindeki eşdeğer gürültü düzeyleri ($L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ ve L_{gece}) hesaplanmaktadır. Daha sonra L_{gece} 'yi 10 dB, $L_{akşam}$ 'ı

5 dB artırıp, $L_{\text{gündüz}}$ ile ağırlıklı ortalamalarını alarak L_{den} bulunmaktadır. L_{den} değerinin hesaplanmasında Eşitlik 2.20 kullanılmaktadır.

$$L_{den} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(12 \times 10^{L_{\text{gündüz}}/10} + 4 \times 10^{L_{\text{akşam}}+5/10} + 8 \times 10^{L_{\text{gece}}+10/10} \right) \right] \quad (2.20)$$

Ağırlıklı ortalama hesaplanırken $L_{\text{gündüz}}$, $L_{\text{akşam}}$ ve L_{gece} değerleri kullanılmaktadır. Örneğin; sabah 07:00'den, akşam 19:00'a kadar olan gündüz süresince sabit gürültü düzeylerinin geçerli olduğu belli sayıda zaman aralıkları varsa her zaman aralığı için eşdeğer gürültü düzeyinin geçerli olduğu süreyi dikkate alarak ortalama alınmaktadır. Yani, ölçülen eşdeğer gürültü düzeylerinin zaman ağırlıklı ortalamalarını almak gerekmektedir.

A, ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalaması olup günlük toplam rahatsızlığı ifade etmekte kullanılan etkilenim seviyelerini ifade etmektedir. 24 saati kapsayan bir eşdeğer gürültü düzeyidir (Özgüven, 2008).

2.2.6. Gündüz Eşdeğer Gürültü Düzeyi ($L_{\text{gündüz}}$)

A, ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalaması olup yılın gündüz sürelerinin tamamına göre belirlenen ve gündüz süresindeki rahatsızlığı ifade etmekte kullanılan etkilenim seviyesidir. Gündüz gürültü göstergesi, saat 07:00 ile 19:00 arasındaki 12 saatlik bir zaman dilimini kapsamaktadır.

2.2.7. Akşam Eşdeğer Gürültü Düzeyi ($L_{\text{akşam}}$)

A ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalaması olup yılın akşam sürelerinin tamamına göre belirlenen ve akşam süresindeki rahatsızlığı ifade etmekte kullanılan etkilenim seviyesidir. Akşam gürültü göstergesi, saat 19:00 ile 23:00 arasındaki 4 saatlik bir zaman dilimini kapsamaktadır.

2.2.8. Gece Eşdeğer Gürültü Düzeyi ($L_{akşam}$)

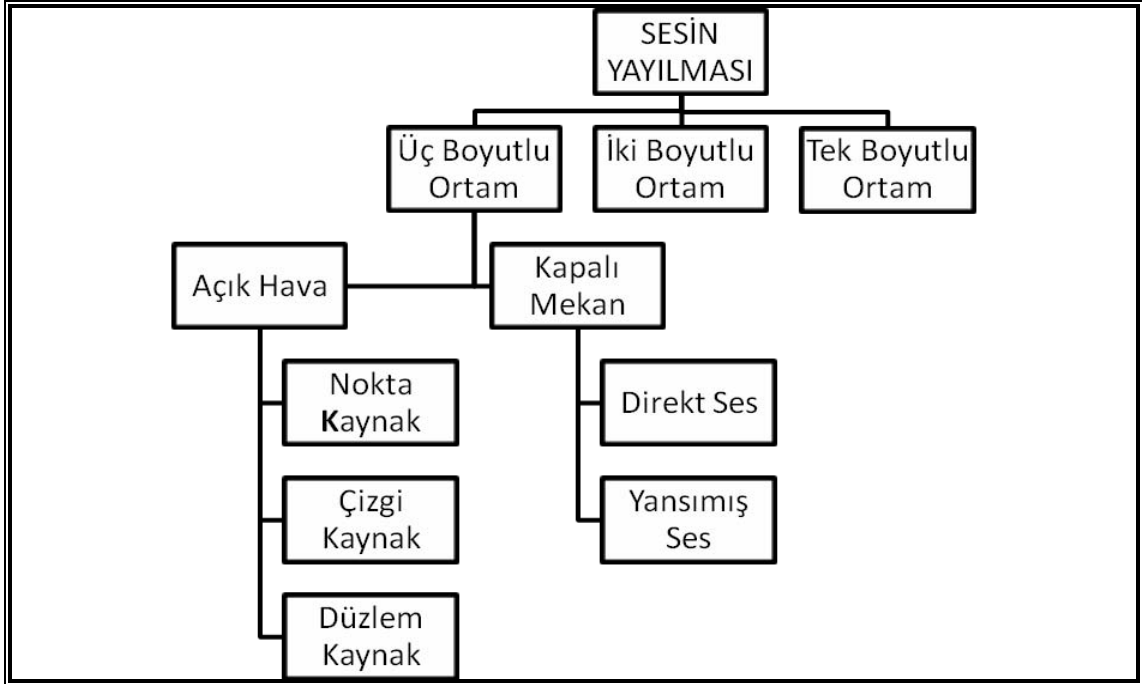
A ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalaması olup yılın gece sürelerinin tamamına göre belirlenen ve gece süresindeki uyku kaçırıcı rahatsızlığı ifade etmekte kullanılan etkilenim seviyesidir. Akşam gürültü göstergesi, saat 23:00 ile 19:00 arasındaki 8 saatlik bir zaman dilimini kapsamaktadır.

2.2.9. En Yüksek Ses Düzeyi-Tepe Düzeyi (L_{max})

Zamana göre değişen gürültünün herhangi bir anda sahip olduğu en yüksek değeri ifade etmektedir (Demirkale ve ark., 2008).

2.3. Serbest Alanda Sesin Yayılması

Sesin yayılması ortamın fiziksel özelliklerine göre değişim göstermektedir. Şekil 2.3'de sesin yayılmasındaki etkenler şematik olarak ve basite indirgenmiş biçimde gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Sesin Yansımaya Etki Eden Etkenler (Demirkale,1994)

Şekil 2.3’de boyutlarından biri ötekilerin onda birinden küçük olan ortamları ifade etmektedir. Tek boyutlu ortamlar; koridorlar, kanallar, borular ve asansör boşlukları, iki boyutlu ortamlar ise boyutlarından ikisi üçüncüsünün on katından büyük olan ortamlar olarak tanımlanmaktadır. Örneğin; asma tavan gösterilebilir. Üç boyutlu ortamlar açık hava yani serbest alan ve kapalı mekan olmak üzere gruplandırılmaktadır. Bu bölümde sesin serbest alanda yayılması ele alınmaktadır.

2.3.1. Sesin Açık Alanda (Serbest Alanda) Yayılması Koşullarında Kaynağın Özellikleri

Şekil 2.3’de görüldüğü gibi gürültü kaynakları nokta, çizgi ve düzlem kaynak olarak incelenmektedir.

2.3.1.1. Nokta Kaynak

Çapı ürettiği sesin dalga boyundan çok küçük olan ve her yöne eşit olarak dağıtım yapan (küresel) kaynaklar olarak tanımlanmaktadır. Nokta kaynak olarak tek bir taşıt incelenirken taşıtta gürültüyü oluşturan motor, lastik ve yol yüzeyi gibi faktörler etkili olmaktadır. Tek bir motorlu araçtan kaynaklanan gürültü, ayrı ve tanımlanabilir birçok kaynaktan oluşmaktadır. Araçtaki gürültü kaynakları, motor, frenler, fan, soğutma sistemi, yol fren etkileşimi ve ekzoz gürültü olarak sıralanmaktadır. Bu faktörlerin etkisi, aracın tipine ve büyüklüğüne, hızına, yüküne ve bakımına bağlı olarak değişmektedir.

2.3.1.2. Çizgi Kaynak

Ses dalgalarının çizgisel biçimde yayılmasına yol açan kaynaklar çizgi kaynak olarak adlandırılmaktadır. Çizgi kaynaklar genellikle nokta kaynakların bir dizi halinde birbirini izlemesi ile oluşmaktadır. Bitişik çizgisel kaynaklar ve ayırık çizgisel kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Bitişik kaynaklı çizgisel kaynaklar, taşıtların durması halinde bütün çalışan taşıtların ard arda sıralanmasıyla oluşmaktadır. Ayırık çizgisel kaynakları ise işleyen yoldaki taşıtlar oluşturmaktadır.

Çizgisel kaynak olarak yol, trafik, iklim parametreleri ve çevresel parametreler açısından gürültü incelenmektedir. Bütün bir karayolu trafiği söz konusu olduğunda farklı özelliklere sahip birçok aracın oluşturduğu gürültü devreye girmektedir.

Bu durumda gürültü kaynağı birçok aracı içeren çizgi kaynaktır. Aynı zamanda başka parametrelerde karayolu trafik gürültüsünü etkilemektedir. Trafik parametresi, yol parametresi, çevresel parametreler ve iklim parametresi koşullara bağlı olarak gürültü yayılımında önemli bir rol üstlenmektedir.

2.3.1.3. Düzlem Kaynak

Bir düzlem üzerindeki ses kaynakları bu duruma örnek teşkil etmektedir. Örneğin; fabrika içerisinde çalışan makinelerin oluşturduğu pozisyon düzlem kaynağa örnek olarak verilmektedir.

Serbest alanda sesin yayılmasında etkili olan faktörler;

- Uzaklık faktörü,
- Sınırlı yol görüşü,
- Meteorolojik faktörler (sıcaklık, rüzgar ve havanın yutuculuğu),
- Havanın yutuculuğu,
- Zemin faktörü ve
- Engel faktörü olarak belirtilmektedir (Demirkale,1994).

2.4. Kapalı Mekanlarda Sesin Yayılması

Sesin kapalı mekanlarda davranışı şu şekilde incelenmektedir;

- Sesin yutulması,
- Sesin yayılması,
- Sesin kırılması,
- Çınlama süresi,
- Oda modları,
- Eko ve tekrarlayan eko,
- Sesin odaklanması,
- Bozulma ve
- Ses gölgeleridir.

Çınlayan alanda uzaklıkla çok küçük düşme olmaktadır veya hiç olmamaktadır. Ortamdaki emilme miktarı önemlidir ve kaynağın çok yakınında bulunan serbest alan koşulları etkili olmaktadır.

Kaynaktan $d = \sqrt{a/4\pi}$ uzaklığı (genellikle 0.30-1.20) dışında ses şiddet düzeyi sabittir ve çoğunlukla toplam oda emmesine bağlıdır.

Eşitlik 2.21 ve 2.22'de serbest alanda ve çınlayan alanda ses şiddeti bağlantıları verilmektedir.

$$\text{Serbest alanda } I = W / 4 \pi d^2 \quad (2.21)$$

$$\text{Çınlayan alanda } I = W / a \quad (2.22)$$

Burada;

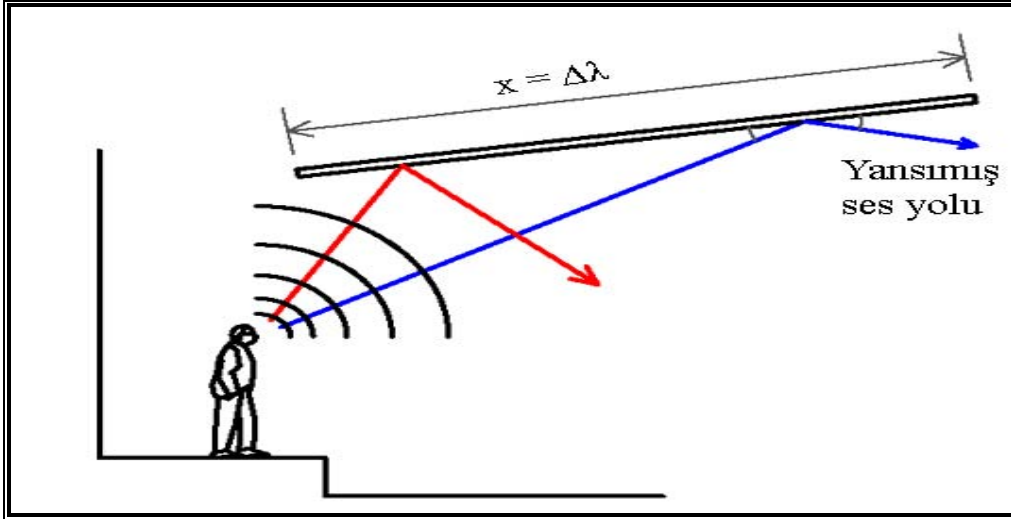
W: ses gücü (watt) ve A: Toplam emiciliktir.

2.4.1. Sesin Yansımaları

Duvarlarına çarpan ses dalgalarının bir kısmı yansımakta, bir kısmı yutulmakta ya da iletilmektedir. Gelen ses ışının dalga boyu yüzey boyutlarından küçük tutularak ses dalgalarının yansımaya açısının geliş açısına eşit olması sağlanmaktadır. Hacim içindeki bir dinleyici ilk önce ses kaynağından direkt sesi sonra da direkt ve yansımış ses yolları arasındaki uzunluk farkına dayanan bir zaman aralığından sonra yansımış sesi duymaktadır. Eğer bu zaman gecikmesi 50 ms'nin üzerinde ise (örneğin; yol farkı 17 m'den fazlaysa) yansımalar ekoları arttırmaktadır. Tasarım aşamasında konuşma ya da müzik için büyük oditoryumlarda, rahatsız edici ekolar ve titreşim etkilerinden kaçınmak için göz önüne tutulması gereken akustik kriterler bulunmaktadır.

Ses dalga ışınlarının yansımaları, geometrik optik yansımaya aynı prensiplere dayanmaktadır. Düzlem yüzeyde yansımaya olduğunda geliş açısıyla aynı değere sahip bir açıyla yansımaya gerçekleşmektedir. Ancak sesin dalga boyu yansıtıcı yüzey boyutundan büyük ise yansımaya açısı geliş açısından farklı olmakta ve ses dağılırarak saçılmaktadır.

Şekil 2.4'de ise yansımaya olabilmesi için sesin dalga boyu (λ) ile sesin ulaştığı yüzeyin boyutu (x) arasındaki ilişki verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi yüzeyin boyutu sesin dalga boyundan büyük ($x > \lambda$) olduğu zaman yansımaya olayı meydana gelmektedir. Şekil 2.4'de ses ışınlarının farklı yüzey biçimlerinden yansımaları verilmektedir.

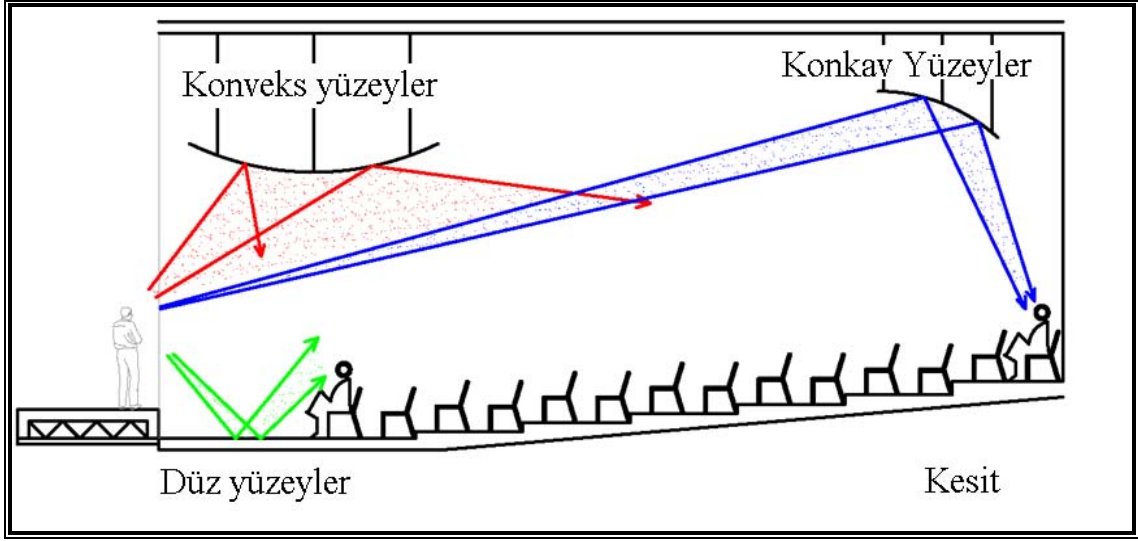


Şekil 2.4. Yansıma Olabilmesi İçin Dalga Boyu ve Yüzey İlişkisi (Sipahioğlu, 1995)

Ses dalgası, dış bükey bir yansıtıcı yüzeyden düzlem yüzeyde olduğu gibi normal aksına simetrik şekilde yansımaktadır. Ancak bu durumda, normal aksı her geliş açısı için farklılık göstermektedir. Normal aksının belirlenmesinde yansıtıcı yüzeyin merkezi esas alınmaktadır. Temas noktasından çizilen teğet ve kaynak noktası (S) ile zahiri kaynak noktası (S') bulunur.

Yansımış ışın, zahiri kaynak noktası ve temas noktası hizasında oluşmaktadır. Şekil 2.4'de görüldüğü gibi ses dalgaları dış bükey yüzeylerden dağılarak yansımaktadırlar.

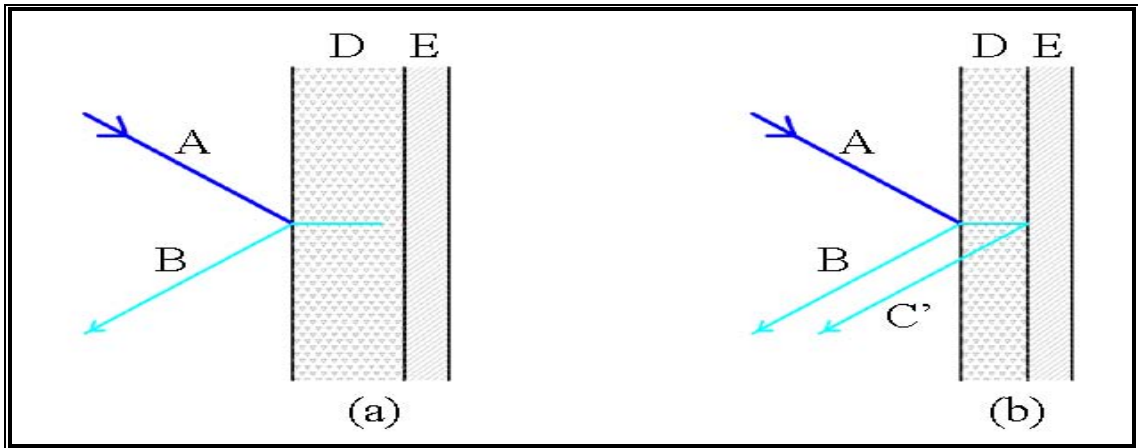
Ses dalgası, iç bükey bir yansıtıcı yüzeyden de aynı prensiple yansımaktadır. Dış bükey yansımadan farklı Şekil 2.5'de görüldüğü gibi ses dalgasının dairesel yansıtıcı yüzeyin merkezine doğru odaklanarak yansımaktadır. İç bükey formların mekan içinde kullanımı birçok akustik kusuru da beraberinde getirmektedir.



Şekil 2.5. Ses Işınlarnının Farklı Yüzey Biçimlerinden Yansıması (Sipahioğlu, 1995)

2.4.2. Sesin Yutulması

Ses dalgası, bir engele ya da bir hacmin yüzeylerinden birine çarptığında enerjisinin bir kısmı yutulmaktadır. Şekil 2.6'da yapı elemanından sesin emilme olayı görülmektedir.



Şekil 2.6. Gözenekli Bir Tabakadaki Yutuculuğun Şematik Gösterimi (Sipahioğlu, 1995)

Şekil 2.6'da A- Gelen ses, B- Yansımış ses, C- Tabaka tarafından yutulan ses, C'- Arka duvar tarafından yansıtılan ses, D- Gözenekli tabaka ve E- Rijit arka duvarı belirtmektedir.

Özellikle yumuşak ve gözenekli maddeler ve hatta insanlar, çevrelerini saran ve kendilerine çarpan ses dalgalarından önemli bir kısmının yutulmasına neden olmaktadır. Bir malzeme içinden geçerken ya da bir yüzeye çarptığı zaman ses enerjisinin bir başka forma girmesi (çoğunlukla ısı enerjisine dönüşmesi), sesin yutuculuğu olarak tanımlanmaktadır. Burada dönüştürülen ısı enerjisinin miktarı çok azdır ve ilerleyen ses dalgasının hızı, yutuculuk tarafından etkilenmemektedir.

Yaklaşık tüm yapı malzemeleri sesi belli ölçülerde yutmaktadır. Ancak hacimlerin başarılı akustik kontrolü için yüksek derecede ses yutuculuğa sahip malzemelerin uygulanması gerekmektedir. Hacim içinde belli başlı 3 elemanın yutuculuk üzerindeki etkisi,

- Duvarlar, tavan ve döşemenin yüzey uygulamaları,
- Hacim bileşenleri (izleyici, perdeler, kumaş kaplı koltuklar ve halı),
- Hacim içindeki havanın ses yutuculuğu olarak ifade edilmektedir.

Bir yüzeyin ses yutuculuk katsayısı o yüzeye gelen ses enerjisinin yutulan ya da yansıtılmayan oranı olarak tanımlanmaktadır ve α ile gösterilmektedir. Bu değer, 0 ile 1 arasında değişmektedir. Örneğin, akustik bir malzemenin 500 Hz'de üzerine gelen ses enerjisinin %65'ini yuttuğu %35'ini yansıttığı için o malzemenin 500 Hz'deki yutuculuk katsayısının 0.65 olduğunu göstermektedir. Tuğla, beton, taş gibi sert yüzeylere sahip malzemelerin ise ses enerjisinin ancak %5'ini yuttuğu ve 0.05'lik bir yutuculuk katsayısına sahip olduğunu belirtmektedir. Bu değer kalın yalıtım örtülerinde 0.80'i bulmaktadır. Ses yutuculuk katsayısı değeri, ses dalgasının geliş açısı ve frekansına göre değişmektedir. Ses yutucu malzemeler, başta çınlama sürelerinin kontrolü olmak üzere hacimlerde gürültü giderimi ve eko kontrolünde kullanılmaktadırlar.

2.4.3. Sesin Yayılması (Saçılması)

Yayıma, ses dalgalarının yüzeyden rastgele dağılımını veya saçılmasını ifade etmektedir. Yüzey boyutunun, sesin dalga boyuna eşit olması halinde meydana

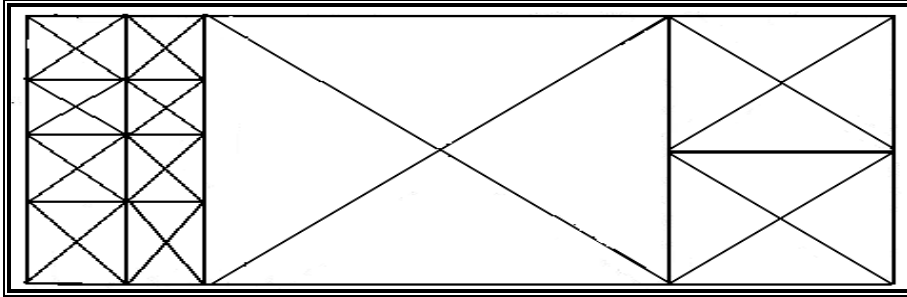
gelmektedir. Yayılma olayının gerçekleşmesi için ses ışınının dalga boyu ile ses ışınının geldiği yüzeyin boyutları arasındaki ilişki çok önemlidir.

Eğer bir oditoryumun her yerinde ses basıncı eşit ise ses dalgalarının tüm yönlere hareket ettiği ve ses alanının homojen olduğu yani hacimde sesin yayılmasının hakim olduğu anlaşılmaktadır. Konser salonu, kayıt stüdyoları ve müzik odaları gibi hacimlerde yeterli ses yayılımı gerekli bir akustik özelliktir. Çünkü bu durumlarda müziğin doğal özellikleri vurgulanırken istenmeyen akustik etkilerden kaçınılmaktadır.

Sesin çeşitli yüzeylerde yayılması yani saçılması için elemanın görünüşü Şekil 2.7' de verilmektedir.

Sesin hacim içinde yayılması, pek çok yolla sağlanmaktadır. Bunların en çok kullanılanları,

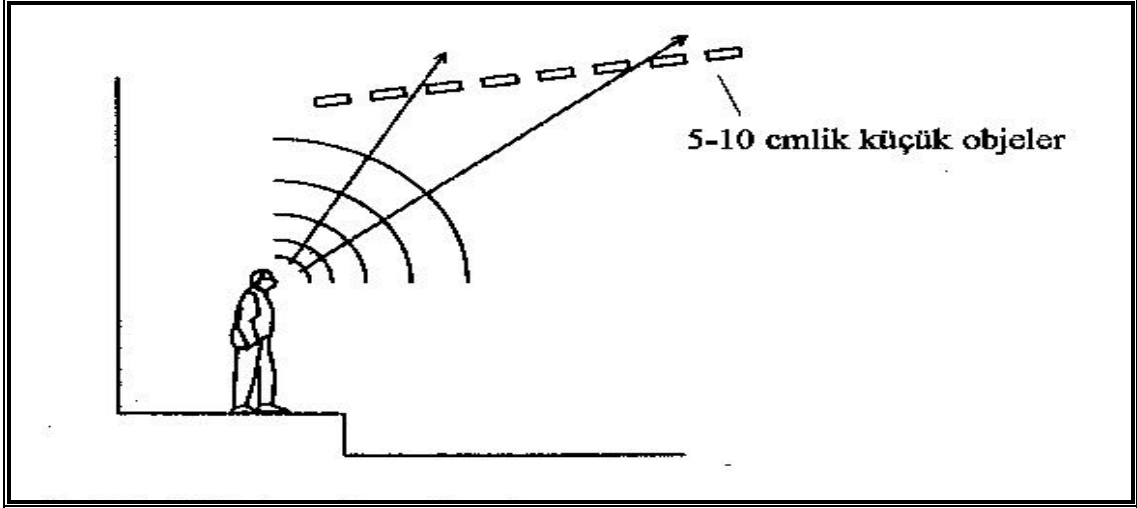
- Yüzeylerde, girinti ve çıkıntı, malzeme farklılıkları gibi düzensizlikler ve ses saçıcı elemanların yaygın olarak kullanılması,
- Ses yansıtıcı ve yutucu yüzeylerin ardışık düzenlenmeleri,
- Ses yutucu malzemelerin gelişigüzel ve düzensiz dağılımı olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2.7. Sesin Saçılmasını Sağlayan Yapı Elemanından Kuşbakışı Görünüş (Sipahioğlu, 1995)

2.4.4. Sesin Kırılması

Kırılma ses dalgalarının bir obje etrafında veya bir açıklık boyunca eğilmesi veya akmasıdır. Şekil 2.8'de kırılma olayı görülmektedir. Kırılma olayının gerçekleşmesi için sesin dalga boyunun her bir küçük elemanın boyutlarından büyük olması gerekmektedir.



Şekil 2.8. Kırılma Olma Koşulu (Sipahioğlu, 1995)

Kırılma, ses dalgalarının köşeler, kolonlar, duvarlar ve kirişler gibi engellerde bükülerek uzaklaşması ya da saçılmasıdır. Küçük, üniform ve düzgün hacime sahip yansıtıcı yüzeyler istenmeyen kırılma etkileri yaratmaktadır. Bu durumun en sık görüldüğü yerler; düzgün hacimli tavana asılan panelin 120cm x 25 cm'den küçük olanları ve düzgün sıralı set oturma yerleridir.

Kırılma, yüksek frekanstan çok düşük frekanslarda oluşmaktadır. Yapılan çalışmalarda, derin galeriler altındaki izleyici alanına akustik bir gölge oluşturmaktadır. Bu da balkon parapetinde kırılmayan yüksek frekanslı seslerde fark edilebilir bir kayba yol açmaktadır ve bu gibi yerlerde zayıf işitme koşulları ile kendini göstermektedir (Sipahioğlu, 1995).

2.5. Gürültünün Sınıflandırılması

2.5.1. Frekans Spektrumuna Göre Gürültü Türlerinin Sınıflandırılması

2.5.1.1. Sürekli Geniş Band Gürültüsü

Gürültüyü oluşturan arı seslerin frekansları geniş bir aralığı kapsamaktadır. Yani gürültünün frekans spektrumu hiçbir frekans bandında toplanmamaktadır.

2.5.1.2. Sürekli Dar Band Gürültüsü

Geniş band gürültüsünün tersine bu tür gürültünün frekans dağılımı belli bir frekans bandında toplanmaktadır. Diğer bir ifade ile gürültüyü oluşturan arı seslerden frekansı belli bir aralıkta olanlar baskın olmaktadır.

2.5.2. Zamana Bağlı Olarak Gürültü Türlerinin Sınıflandırılması

2.5.2.1. Kararlı Gürültü

Gürültünün seviyesinde zamanla önemli bir değişme gözlenmemektedir. Sabit bir hızda ve güçte çalışan herhangi bir motorun yaratacağı gürültü, klima gürültüsü ve fabrika gürültüsü kararlı gürültüye iyi bir örnek olarak verilmektedir.

2.5.2.2. Kararsız Gürültü

Gözlem süresinde gürültü seviyesinde zamanla önemli değişiklikler olan gürültüler olarak tanımlanmaktadır.

2.5.2.3. Dalgalı Gürültü

Gözlem süresince gürültü seviyesinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklikler olan gürültüler olarak tanımlanmaktadır. Yüzey taşlama gürültüsü örnek olarak verilmektedir.

2.5.2.4. Kesikli gürültü

Gözlem süresince seviyesi aniden ortam gürültü seviyesine düşen ve ortam gürültü seviyesi üzerindeki değeri bir saniye veya daha fazla sürede sabit olarak devam eden gürültü olarak ifade edilmektedir. Trafik gürültüsü, çalar saat gürültüsü ve durup yeniden çalışan vantilatörler örnek verilmektedir.

2.5.2.5. Darbe Gürültüsü

Her biri bir saniyeden daha az süren bir veya birden fazla vuruşun çıkardığı gürültüdür. Bu gürültüye çekiç, silah patlaması ve perçin makinesi örnek olarak verilmektedir (Özgüven, 2008).

2.6. Gürültü Kaynakları

Gürültü kaynakları, kaynak ve alıcı bir çevredeki konumlarına ve yayılma yollarına bağlıdır. Fiziksel gürültü kaynakları ve çevresel gürültü kaynakları olarak iki grupta incelenmektedir. Fiziksel gürültü kaynakları, gürültünün yayılım davranışlarına göre noktasal, çizgisel ve alan kaynak olarak sınıflandırılmaktadır.

2.6.1. Fiziksel Gürültü Kaynakları

2.6.1.1. Düzlem Kaynak

Güncel hayatta bu tür kaynağa fazla rastlanmamakta ve gürültü çalışmalarında karşılaşılmamaktadır.

2.6.1.2. Noktasal Kaynak

Gürültüye maruz kalanların kaynağa mesafeleri, kaynağın boyutlarına göre fazla ise bu kaynaklar, nokta kaynaklar olarak tanımlanmaktadır. Pratikte çok sık rastlanan bu kaynaklardan yayılan ses dalgaları, serbest küresel veya sadece küresel olarak yayılmaktadır. Bu tür dalgalar kaynaklarından radyal olarak yayılan dalgalardır.

2.6.1.3. Çizgi Kaynak

Çizgi kaynak ara mesafeleri yakın olan bir dizi nokta kaynak olarak tanımlanmaktadır. Örneğin; otoyolları, demiryolları ve bir seri makinenin yan yana bulunduğu fabrikalar dahil vb (Ener, 2006).

2.7. Gürültüden Teknik Korunma Yöntemleri

Gürültüden korunma yöntemleri, gürültü denetimi ya da gürültünün zararlı etkilerinden korunmak için alınabilecek tüm önlemleri içermektedir. Bu önlemler, teknik ve yönetsel içerikli olmaktadır. Bir taşıttan yayılan gürültüyü denetlemek için uygun susturucunun tasarımı ve imalatı, yönetsel önlemler bu türden önlemlere örnek olarak gösterilmektedirler.

2.7.1. Mekanların Akustik Özelliklerinin Değiştirilmesi

Kapalı mekanların akustik özelliklerinin değiştirilmesi ile mekanlara ses yutucu malzeme ve öğeler eklenerek ses yutma kapasitelerinin artırılması amaçlanmaktadır. Burada amaç, mekanı çevreleyen duvarlardan ve diğer yapı elemanlarından yansıyarak mekan içine dönen seslerin enerjisinin ses yutumu ya da soğurma diye adlandırılan bir sönümlenme mekanizması ile azaltılmasıdır. Bu süreçte ses enerjisinin azalma miktarına eşdeğer bir enerji ısı enerjisine dönüştürülmektedir. Ses yutucu olarak nitelendirilen malzemeler genellikle lifli yapı içerdiklerinden bu dönüşüm ses dalgaları ve liflerin birbirleriyle göreceli hareketi sonucunda oluşan sürtünme mekanizması yoluyla gerçekleşmektedir. Ses dalgaları çok düşük enerji içerdiklerinden dönüşüm sonucunda malzemede ve ortamda önemli ölçüde bir sıcaklık artışı olmamaktadır. Etkili ses yutucu malzemelere örnek olarak; cam yünü, taş yünü vb. lifli malzemeler ile açık gözenekli köpük türden malzemeler verilmektedir. Diğer bir ses yutma mekanizması ise ses dalgalarının havada yayılması sırasında oluşmaktadır. Havanın viskozitesi ile hava içindeki ısı iletimi bu oluşumunun başlıca nedenlerinden biridir. Yüksek frekanslarda etkili olan bu türden ses yutumu, sıcaklık ve havadaki neme bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca kapalı mekan içindeki kişiler, eşyalar vb. öğeler ses yutma özelliği de göstermektedir. Kişilerin ses yutumu; giyinme şekillerine, elbiselerinin kalınlığına, türüne ve kapladıkları alana göre değişim göstermektedir.

Malzemelerin ve yüzeylerin ses yutma özelliği, ses yutma katsayısı olarak bilinen ve α ile gösterilen bir parametre ile nicel olarak ifade edilmektedir. Yüzey ya da malzeme tarafından yutulan sesin enerjisinin yüzey üzerine düşen ya da çarpan ses enerjisine oranı, ses yutma katsayısı olarak tanımlanmaktadır. Yutulan ses enerjisi, yüzeye gelen ses enerjisinden daha küçük olacağı için ses yutma katsayısı değeri 0 ile 1

arasında değişmektedir. Malzemelerin ses yutma katsayısı aşağıda verilen parametrelere bağlı olarak değişim göstermektedir.

Frekans: Ses yutma katsayısı genellikle sesin frekansı ile artan bir değişim göstermektedir. Diğer bir deyişle ses yutma katsayısı frekansa bağlıdır ve düşük frekanslardaki değeri daha düşük değerlerdedir. Ses yutma katsayıları uluslararası standartlara göre ölçülmekte ve genellikle 125 Hz ile 4000 Hz arasındaki oktav bantlarda gösterilmektedir.

Malzeme Özellikleri: Ses yutma katsayısı genellikle malzemenin yoğunluğu ve kalınlığı arttıkça artmaktadır. Malzemenin gözenekli ve/veya lifli yapısı ses yutma katsayısını artırmaktadır. Malzemenin etkin porozitesi (hava ile bağlantılı gözeneklerin hacminin toplam malzeme hacmine göre büyüklüğü) ses yutma katsayısını baskın olarak etkilemektedir.

Malzemenin Montaj Şekli: Ses yutma katsayısı malzeme arkasındaki yüzeyden (rijit duvar ya da başka bir yapı elemanından) uzakta olacak şekilde bir hava boşluğu bırakılarak yerleştirildiğinde genellikle artmaktadır. Süpermarket, ofis vb. mekanlarda asma tavan uygulaması buna en belirgin örneklerdendir. Ancak ses yutucu malzemenin arkasındaki boşluğun derinliğine bağlı olarak bazı frekanslarda ses yutma katsayısında düşmeler gözlenmektedir. Bu durum ara hava boşluğunda oluşan durağan ses dalgaları ile ilişkili olduğundan kaynaklanmaktadır.

Kapalı mekanın geometrisi ve boyutları: Ses yutucu malzemeler, geometrisi ve boyutları farklı olan kapalı mekanlarda değişik ses yutma performansları göstermektedir. Geometri ve boyutlar arasındaki ilişki kapalı mekan içinde yansıyan seslerin ses yutucu malzeme üzerine gelme/düşme açılarını dolayısıyla malzemenin ses yutma performansını etkilemektedir.

Malzemenin kapalı mekan içinde konumu: Mekanın yalnızca bir yüzeyi üzerine yerleştirilen ses yutucu malzeme, birbirine komşu iki yüzeyin toplam yüzey alanı ile aynı olan yüzeylere yerleştirilmesine oranla daha düşük ses yutma performansı göstermektedir.

Tablo 2.4. Bazı Malzemelerin Ses Yutma Katsayısı (Çalışkan, 2004)

Malzeme	Oktav Band Merkez Frekansı					
	125	250	500	1000	2000	4000
Tuğla Duvar	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Boyalı Tuğla Duvar	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Beton blok-Pürüzlü	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
Beton blok-Boyalı	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08
Mozaik Döşeme	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02
Parke Döşeme	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
Pencere Camı	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
Mermer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Kontraplak Panel-9 Mm	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11
Çelik Plaka	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01
Kalın Cam-Geniş Yüzey	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Camyünü-5cm Kalınlık	0.17	0.55	0.80	0.90	0.85	0.80

Kapalı mekanlarda ses yutucu malzeme ekleyerek ses yutma kapasitesini arttırmak amacıyla uygulanan gürültü denetim önleminin değerlendirilmesi, gürültü kaybı (IL) değerlerine göre yapılmaktadır. Gürültü kaybı değerleri de frekansa bağlı olarak bir değişim göstermektedir. Gürültü kaybı Eşitlik 2.23'de verilen denklem yardımıyla dB cinsinden hesaplanmaktadır.

$$IL = 10 \cdot \log \left\{ \frac{\left[\frac{Q_0}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{R_0} \right]}{\left[\frac{Q_0}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{R_n} \right]} \right\} \quad (2.23)$$

Burada r, istenen gürültü kaybına konu olan alıcı konumunun gürültü kaynağından uzaklığını m cinsinden ifade etmektedir. R_0 ve R_n ise kapalı mekanda ses yutucu eklemesi yapılmadan önce ve yapıldıktan sonra oda sabiti değerlerini göstermektedir. Başlangıç durumunda oda sabiti her frekans bandında,

$$R_o = \frac{S \cdot \alpha_o}{1 - \alpha_o} \quad (2.24)$$

eşitlikten elde edilmektedir. Burada S, mekan iç yüzeylerinin toplam alanını, α_o ise mekanın başlangıçtaki ortalama ses yutma katsayısını ifade etmektedir. Ses yutucu malzeme eklemesi yapıldıktan sonra elde edilen mekanın yeni ortalama ses yutma katsayısı α_n , başlangıç değerinden daha yüksek olmaktadır. Yeni durumda mekanın yeni oda sabiti R_n ise,

$$R_n = \frac{S \cdot \alpha_n}{1 - \alpha_n} \quad (2.25)$$

eşitliğinden hesaplanmaktadır. Yeni oda sabiti, başlangıç değerinden daha yüksek olmaktadır. Kapalı mekanın ortalama ses yutma katsayısı,

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i S_i}{\sum_{i=1}^N S_i} \quad (2.26)$$

eşitliğinden hesaplanmaktadır. Yönelme faktörü Q_o ise ses (gürültü) kaynağı ile doğrudan ilgili olup kaynağın yönlere göre ses yayma özelliğini ya da tercihini ifade etmektedir. Boyutsuz bir büyüklük olan yönelme faktörü, " belli bir ses gücüne sahip bir ses kaynağından r uzaklıkta ve θ açısız konumda oluşan ses basıncının karesel ortalamasının, aynı ses gücüne sahip her yöne düzgün ve eşit şiddet olan ses basıncının karesel ortalamasının aynı r uzaklığında oluşturacağı ses basıncının karesel ortalamasına oranı" şeklinde tanımlanmaktadır. Frekansa bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, özetlenen tüm hesaplamaların her oktav bandı için ayrı ayrı yapılması gerekmektedir. Her yöne düzgün ses yayan küresel bir ses kaynağı, kapalı mekan içinde yerleştirildiği konuma göre farklı yönelme özelliği göstermektedir. Yönelme faktörü, kaynak havada asılı şekilde çalıştırıldığında 1, bir yüzey (tavan, döşeme, duvar vb.) üzerine yerleştirildiğinde 2, iki yüzeyin kesişme çizgisine konulduğunda 4 ve köşelere konulduğunda 8 değerini almaktadır.

Bu tür denetim yönetimi, mekan iç yüzeylerinden yansıyan seslerin enerjisini ses yutma yoluyla azaltmayı amaçladığından en büyük yararı mekan içindeki gürültü kaynaklarından uzakta bulunan ve işyeri duvarları ile tavanından yansıyan seslerin baskın olarak etkisinde kalan çalışma bölgelerinde uygulanmaktadır. Ortam akustiğinde yapılacak olan değişiklikler (duvarların ve tavanın ses yutucu malzeme ile kaplanması gibi), gürültülü makine başında çalışan ve makineden doğrudan gelen seslerin etkisinde kalan işçiye çok sınırlı ölçüde etki etmektedir.

Belli bir ses gücü düzeyine (L_w) sahip bir ses kaynağının, kapalı bir mekanda çalıştırılması ile mekan içinde oluşacak ses basıncı düzeylerinin kaynaktan uzaklığa ve oda sabiti değerlerine göre değişimi Şekil 2.9'da verilmektedir. Ses basıncı düzeyinin ve (L_p-L_w) değerlerinin sabit kaldığı ya da kaynaktan uzaklığa bağlı olarak değişmediği dağınık alan adını alan bölgeler, yansıyan ses dalgalarının kaynaktan doğrudan gelen ses dalgalarına baskın olduğu konumları simgelemektedir. Şekil 2.9'un incelemesi sonucunda yapılan gözlem ve irdellemeler aşağıda belirtilmektedir.

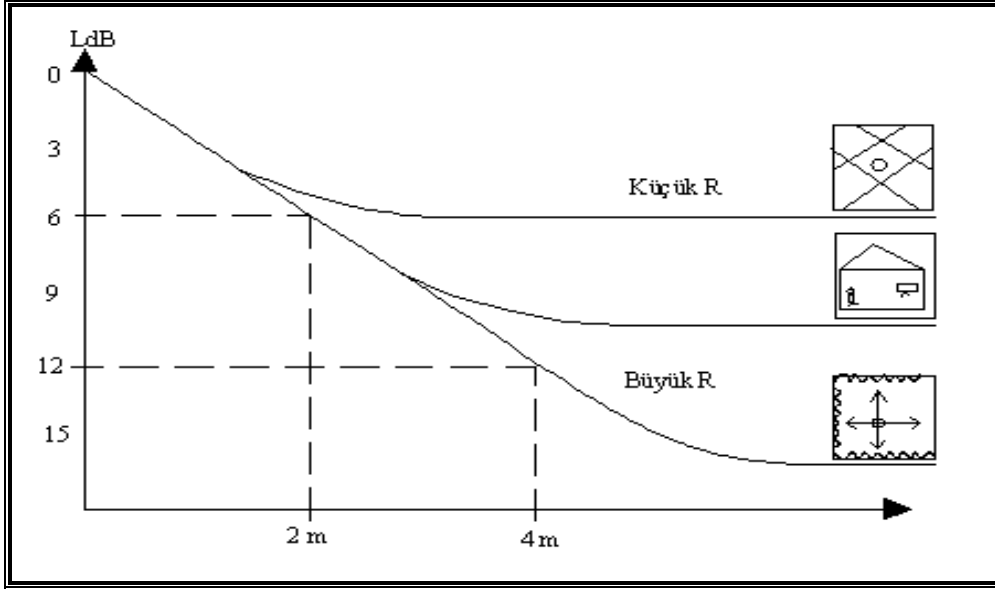
➤ Oda sabitinin çok büyük değerler alması durumunda mekan içinde ortalama ses yutma katsayısı çok yüksek değerler almaktadır ve serbest alan koşullarına yaklaşması söz konusudur (uzaklığın iki kat artması ile ses basıncı düzeylerinde 6 dB). Dolayısıyla düşme ve ses alanı, kaynaktan doğrudan gelen ses dalgalarının baskın olması ile özdeşleşmektedir.

➤ Kaynağa sabit uzaklıktaki bir konumda, oda sabiti artırıldıkça ses basıncı düzeyleri düşmektedir.

➤ Ses kaynağına yakın konumlarda oluşacak ses basıncı düzeyleri, oda sabitindeki değişimlerden daha az etkilenmektedir. Yani oda sabitinin artırılması gürültü kaynağı olan makinelere yakın çalışan insanlara hissedilir bir yarar sağlamayacaktır.

➤ Ses kaynağından uzaklaşıldığında (oda sabitinin çok büyük değerleri dışında), yansımaların baskın olduğu dağınık alan koşulları geçerlilik kazanmaktadır. Oda sabiti artırıldıkça dağınık alan kaynağın daha uzağında oluşmaktadır.

➤ Kaynağın uzağında dağınık alan koşullarının geçerli olduğu bölgelerde, oda sabitinin 2 kat artırılması ses basıncı düzeylerinde 3 dB azalmaya neden olmaktadır. Yani üretim hollerinde, gürültülü makinelerden uzakta çalışanların etkilenimi böyle bir uygulama sonucunda 3 dB'e düşmektedir.



Şekil 2.9. Ses Basıncı Düzeylerinin Oda Sabiti ve Uzaklığa Göre Değişimi (Çalışkan, 2004)

2.7.2. Ses Engelleyici Duvar (Bariyer) Uygulaması

Ses engelleyici duvar ya da bariyer, gürültü kaynağı ile etkilenen kişi ve bölge arasına yapılan duvar olarak nitelendirilmektedir. Duvarın arkasında oluşan akustik gölgede kalan bölgelerde etkili olmaktadır. Genellikle açık havada kullanıldıklarında 10 dB'nin üzerinde gürültü kaybı sağlamaktadır. Kapalı mekanlar içinde kullanıldıklarında etkili gürültü kaybı, bariyerin üzerindeki tavan yüzeylerinin ses yutucu malzeme ile kaplanması yoluyla sağlanmaktadır. Otoyol kenarları, açık plan ofisler ve endüstriyel işyerleri en yaygın kullanım alanlarıdır. Duvar yüksekliğine bağlı olarak özellikle yüksek frekanslarda etkili olmaktadır. Hava içinde yayılmaları sırasında sonlu büyüklükte bir engel ile karşılaşan ses dalgaları, eğer dalga boyları engelin karakteristik boyutundan daha uzun ise engelin etrafından dolaşarak yollarına devam etmektedirler. Kırınım olarak adlandırılan bu olay, özellikle uzun dalga boyu düşük frekanslara özgüdür. Dalga boyu engelin karakteristik boyutundan daha kısa olan ses dalgaları ise yansıyarak engelin arka tarafında akustik gölge oluşturmaktadır. Bu oluşum, engelin akustik gölgesinde kalan bölgelerde yüksek frekanslarda gürültü kaybına neden olmaktadır.

Bariyer uygulamalarından özen gösterilmesi gerekli konular aşağıda belirtilmektedir.

- Bariyer boyutları, gürültü kaynağının boyutlarından ve denetlenecek gürültünün enerjisinin yoğun olduğu frekansların en düşüğüne karşılık gelen dalga boyundan daha büyük seçilmelidir.
- Bariyer konumları, gürültü kaynağına veya etkilenen kişilere yakın yerleştirilmelidir.
- Bariyer üzerinde akustik sızıntı yaratacak açıklık bulunmamalıdır.
- Çevresinde olası yansıtıcı yüzeylerden uzağa konulmalı ve gürültü kaynağına bakan yüzü ses yutucu malzeme ile kaplanmalıdır.
- Mümkünse etkilenen kişileri ya da gürültü kaynağını çevirecek şekilde yerel ya da kısmi bir hücre gibi konumlandırılmalıdır.
- Kapalı mekanlarda bariyerin gürültü kaybı performansını arttırmak için öncelikle tavan yüzeylerine ses yutucu malzeme ekleyerek oda sabiti artırılmalıdır.

Ses, bir ortamda yayılırken bir engelle karşılaştığında diğer fiziksel olaylar gibi üç temel biçimde davranmaktadır. Sesin bir bölümü karşılaştığı engelden yansımakta, bir bölümü engel tarafından yutulmakta ve kalanı da engelin diğer tarafına geçmektedir. Dolayısıyla her malzemenin bir ses yutma katsayısı (α) bulunmaktadır (Çalışkan, 2004).

2.7.3. Ses İletimi

Ses veya gürültü; gazlar, katı maddeler ve sıvı ortamlarda titreşimler yaratarak yayılan bir enerji türüdür. Yapılarda ses iletimi temelde iki yolla meydana gelmektedir. Bunlar, hava doğuşumlu ses iletimi ve darbe kaynaklı ses iletimi olarak iki sınıfa ayrılmaktadır.

2.7.3.1. Hava Doğuşumlu Ses İletimi

Ses dalgaları hava içerisinde hareket ederek, ulaştıkları yapı elemanının titreşmesine neden olmaktadır. Titreşimler yapı elemanı içerisinde ilerleyerek veya yapı elemanında bulunan çeşitli boşluklardan geçerek ses kaynağına komşu olan hacime

iletilmektedir. Tipik hava doğuşumlu ses iletimine örnek olarak; konuşma, müzik dinleme gibi faaliyetler verilmektedir.

2.7.3.2. Darbe Kaynaklı Ses İletimi

Bir nesnenin yapı elemanına (duvar, tavan veya döşeme) çarpması sonucu yapı elemanının her iki yüzeyi de titreşerek ses dalgası üretmektedir. Darbenin olduğu hacmin dışındaki diğer hacimlere ses iletmektedir. Tipik darbe kaynaklı ses iletimine örnek olarak; ayak sesleri, zıplama, eşyaların düşürülmesi, sürüklenmesi gibi faaliyetler verilmektedir.

Hava doğuşumlu ve darbe kaynaklı ses iletiminin sınırlandırılmasında farklı yöntemler kullanılmaktadır. Eğer ses dalgaları, içinde yol aldıkları ortamdan farklı yoğunluk veya esneklikte bir engelle karşılaşırlarsa enerjinin bir kısmı yansımakta, bir kısmı soğurularak ısıya dönüşmekte, bir kısmı da yoluna devam etmektedir. Ses yalıtımı da temel olarak binaların tüm kısımlarından yansıyan ses dalgalarının geçişini engelleyecek uygulamalardan oluşmaktadır. Tek katmandan oluşan yapı elemanları, havada oluşan sesin komşu mekana geçişine kütleleri ile karşı koymaktadır. Buna "kütle kanunu" adı verilmektedir. Dolayısıyla bir duvarın ağırlığı arttıkça, ses geçiş kaybı da artmaktadır. Ancak bu yöntemle ses yalıtımını sağlamak taşıyıcı sisteme getireceği aşırı yük, ses köprüleri oluşumu ve o duvarın kalınlaşmasından dolayı ortaya çıkacak yer kaybı gibi nedenlerle ekonomik ve fonksiyonel olmamaktadır. Bu tür tek katmanlı bölme duvarlara alternatif olarak günümüzde, çift cidarlı hafif bölme duvarlar kullanılmaktadır. Bu duvarlar taşıyıcı bir konstrüksiyon arasına yerleştirilen ses yutucu malzemeler ve iki yüzüne yerleştirilen ince kaplamalardan oluşmaktadır. Mevcut binalarda içeriden yapılacak uygulamalarda, ses yalıtım malzemesi yapı elemanına profillerle veya yapıştırılarak monte edilmekte ve üzerine kaplama yapılmaktadır. Döşemelerde ayak sesi, eşya çekme sesi gibi darbe seslerinin de bitişik, alt ve üst mekanlara geçişinin önlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla uygun malzemelerle yüzer döşeme uygulamaları yapılmaktadır. Darbe seslerin önlenmesi ancak çift katmanlı döşeme uygulaması ile mümkün olmaktadır. Bu amaçla döşeme üzerinde ses yalıtım malzemeleri yerleştirilmektedir. Sonrasında üzerine konulacak şap ve döşeme kaplamasının betonarme döşeme ve duvar elemanlarıyla teması kesilecek şekilde ses yalıtım malzemesi süpürgelik hizasına kadar duvarlarda devam ettirilmektedir.

Böylelikle insanların üzerinde hareket edecekleri döşemenin duvarlar ile teması kesilmekte ve ses yalıtım malzemelerinden oluşan bir nevi havuzun içerisinde kalması sağlanmaktadır. Böylece doğrudan veya dolaylı yollardan ses iletimine neden olacak ses köprüleri ortadan kalkmaktadır. Bu sisteme "yüzer döşeme" adı verilmektedir. Gürültünün önlenmesi açısından, yapıların konumu ve tasarımı da önem taşımaktadır. Otoyol, havalimanları ve demiryollarından kaynaklanan gürültüden etkilenmemesi için, yerleşim alanlarının buralardan mümkün olduğunca uzakta kurulması gerekmektedir. Aynı zamanda, gürültü kaynağı ile yerleşim merkezleri arasında doğal veya yapay setler oluşturulmaktadır. Yansımaya neden olacak avlulu ve U tipi binalardan kaçınmak da gürültüye karşı alınacak önlemlerdendir. Duvar, pencere gibi yapı elemanları belirlenirken ses yalıtım özelliği yüksek olan malzemeler kullanılmaktadır. Aksi takdirde yapılacak işlemlerin uygulaması güçleşmekte, hatta çözümü imkansız sonuçlar doğurmaktadır. Bina camlamalarında gürültü kontrolü cam kalınlığının artırılması, laminasyonlu ve akustik laminasyonlu cam panoların kullanılması, ısı yalıtımını da gerektiren yerlerde tek cam yerine gürültü kontrolü için özel tasarlanmış yalıtım camı ünitelerinin ve çift doğramalı camlamaların kullanılması gerekmektedir. Kalın, ağır ve boşluksuz kapılar kullanarak ses sızıntılarını önlemek ses yalıtımı açısından önemli bir etkidir. Bunların dışında perde ve halı gibi dekorasyon elemanları, ses geçişini engellemek bakımından az da olsa etkili olmaktadır. Tesisatlarda akıştan kaynaklanan gürültü ve fan, pompa gibi elemanların çalışmasından kaynaklanan gürültü ve titreşimlerini önlemek amacıyla ses yalıtımı yapılmaktadır. İşletme halindeki makinelerin oluşturdukları titreşimleri ana konstrüksiyona aktarılmaması için yüzer kaide detayları ve titreşim izolatörleri kullanılmaktadır. Tesisat borularının duvar veya döşeme gibi yapı elemanlarını delip geçtiği detaylarda titreşim önlenmesi için özel önlemler alınmaktadır. Ayrıca bir yüzeye asılmış olan tesisat borularının titreşerek yapıya ses aktarmaması için özel yalıtımlı kelepçeler kullanılmaktadır.

Trafik gürültüsünü azaltan ses bariyeri kullanımı da gürültüye karşı kullanılan yöntemler arasındadır. Ses yalıtımı ile ilgili çalışmaların verimli ve ekonomik şekilde olması planlama aşamasında ele alınmalıdır. Gürültü düzeyi yüksek endüstriyel tesisler, eğlence yerleri, konut, yurt, hastane gibi yapıları belirli bölgelerde toplamak ve havaalanı, demiryolu, otoban gibi alanları belirli bölgelerde oluşturmak gibi önlemler planlama aşamasında alınmalıdır. Bu şekilde, yapıların inşa edileceği yerleri daha sağlıklı seçerek harcamaları azaltmak mümkün olmaktadır. Yapıyı planlarken kullanım

amacı ve ses düzeyi açısından yatak odaları ile oturma odaları gibi mekanları ayırmanın faydalı olacağı düşünülmektedir. Yapı elemanları vasıtasıyla iletilen seslerin miktarlarını azaltmak için yapılan işleme "Ses Yalıtımı", mevcut kapalı ortamda yansıma süresinin düzenlenmesine ise "Akustik Düzenleme" denir.

Genelde konut, okul, hastane gibi gürültüye duyarlı yapılar için yapı elemanlarının ses geçiş kaybı değerlerinin belli limitlerde olması gerekmektedir. Yapı akustiği açısından en doğrusu, mimari tasarım aşamasında gürültü kontrolünün yapılmasıdır. Mekanların işlevleri ve bu mekanları etkileyen gürültü kaynakları göz önüne alınarak alınabilecek bazı önlemler şu şekildedir;

➤ Yapının otoyollardaki trafik, demiryolu ve havayolu taşıtlarının gürültüsünden etkilenmemesi için yapıların mümkün olduğunca buralara uzak inşa edilmesi, gürültü kaynağı ile seçilen yerleşim merkezleri arasına doğal tepeler, ağaçlar veya yapay setler oluşturulması, yansımaya neden olacak bina şekillerden kaçınılması (U şeklinde, avlu tipi), mevcut rüzgar ve sıcaklık değişimlerinin dikkate alınması gerekmektedir.

➤ Yapı elemanlarının yoğunluğunu arttırmak, çift tabakalı duvar uygulaması yapmak, cam alanlarında çift cam ve lamine cam uygulaması yapmak, kalın, ağır ve boşluksuz kapılar kullanmak veya kullanılamıyorsa önlem almak, duvarları delerek geçen havalandırma kanallarından, borulardan ve etrafındaki boşluklarda ses sızıntısını önlemek, darbe sesine karşı yüzer döşeme uygulamaları yapmak (neopren, polietilen, taşıyıcı döşeme detayları) ve esnek tespitli asma tavan uygulamak gerekmektedir (Demirkale, 2007).

2.7.4. Ses Yalıtımı ve Malzemeleri

2.7.4.1. Ses Yalıtımı

Gelişen teknolojiye paralel olarak, yapı elemanlarının hafiflemesiyle gürültü sorunları ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle yapı elemanlarının ses ışınları karşısındaki davranışlarını iyi bilmek, sonradan meydana gelecek, masraflı ve telafisi zor durumlarda kalmayı önlemektedir. Yapı elemanları aracılığıyla iletilen bu seslerin miktarlarını azaltmak için alınan önlemlere "Ses Yalıtımı" denir. Ses yalıtımında temel prensip, dinamik sertliği düşük (yumuşak) malzemelerin sesin geçişinin engelleneceği

yapı kesitine yerleştirilmesi ve hava ile yayılan sesin mekanik (hareket) enerjisinin yalıtım malzemesi bünyesinde absorbe edilmesidir.

2.7.4.2. Yalıtım Malzemeleri

Ses yalıtım malzemeleri kapalı bir ortamda sesin yansıma süresini düzenleyen ve gösterdiği dirençle ses enerjisini mekanik enerjiye ve ısı enerjisine dönüştüren ürünlerdir.

Duvar, döşeme ve çatı uygulamalarında genel olarak; camyünü, taşyünü, ahşap yünü, yumuşak poliüretan esaslı köpükler, melamin köpüğü, keçeler, delikli metallere, delikli ahşaplar, delikli alçı panolar ve mantarlar kullanılmaktadır (Demirkale, 2002).

Cam yünü; ergitilmiş camdan elde edilen ısı ve ses izolasyonunda kullanılan, bükülebilir ve ateşe dayanıklı cam liflerdir. Camyünün yangın sınıfı (DIN 4102 standartlarına göre) A sınıfı yanmaz bir malzeme olarak tanımlanır. Cam yünleri yalıtım malzemesi olarak dış cephelerde, binalarda, giydirme cephe uygulamalarında kullanılabilir. İçerden yalıtım yapılacağı zaman cam yününün sıcak yüzeyi buhar kesici ile kaplanmalıdır. Cam yünün kapalı çatılarda mertek aralarında kullanımı, buhar kesici kullanılması şartı ile mümkündür. Cam yünü ekonomik yapısı ve yüksek ses yalıtım özelliği ile genel olarak ekonomik ısı yalıtım malzemeleri içinde yer alır. Malzemenin fiyatı, yoğunluğuyla doğrudan ilgili olduğu için az yoğunluklu rulo malzemeler oldukça ekonomik olurken, yoğunluğun artması ile fiyat da yükselir. Bu nedenle yoğunluğu yüksek levha tipi camyünleri ekonomik açıdan ayrıca irdelenmelidir. Cam yünü malzemesinin uygulanması işleminde duvar tabanında sağlıklı bir sızdırmazlık katmanı uygulanmalı ve bu katman hava giriş delikleri ile ilişkilendirilmelidir. Şekil 2.10'da gösterilmektedir.



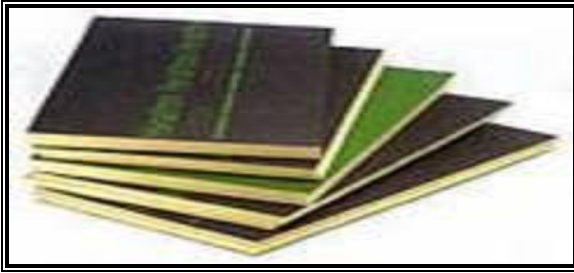
Şekil 2.10. Cam Yünü (<http://www.yalitim.net.tr>,01.07.2009)

Taş yünü; bazalt kayasının hamur haline getirilip, daha sonra istenilen kalınlığa göre preslenmesiyle elde edilen yalıtım malzemesidir.



Şekil 2.11. Taş Yünü (<http://www.yalitim.net.tr>,01.07.2009)

Ahşap yünü; ahşap kökenli bir yalıtım malzemesidir. Poliüretan, bir karbon bileşimidir. Buzdolabı gibi günlük hayatımızda kullandığımız araçların yalıtımında kullanılmaktadır.



Şekil 2.12. Poliüretan (<http://www.yalitim.net.tr>,01.07.2009)

Melamin köpüğü; bir plastik çeşidi olan melaminden üretilen yalıtım malzemesidir (<http://www.yalitim.net.tr>,01.07.2009).



Şekil 2.13. Melamin Köpüğü (<http://www.yalitim.net.tr>,01.07.2009)

Döşeme uygulamalarında (sadece darbe sesinin önlenmesi için) polietilen, kauçuk köpüğü ve tekstil atığından mamul malzemeler kullanılmaktadır. Kauçuk köpüğü, kauçuktan elde edilen yalıtım malzemesidir. Polietilen, boru yapımında kullanılan ve ayrıca gıda maddelerinin saklanması için üretilen maddelerin yapımında kullanılan petrol türevidir (Demirkale, 2002).

3. GÜRÜLTÜNÜN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

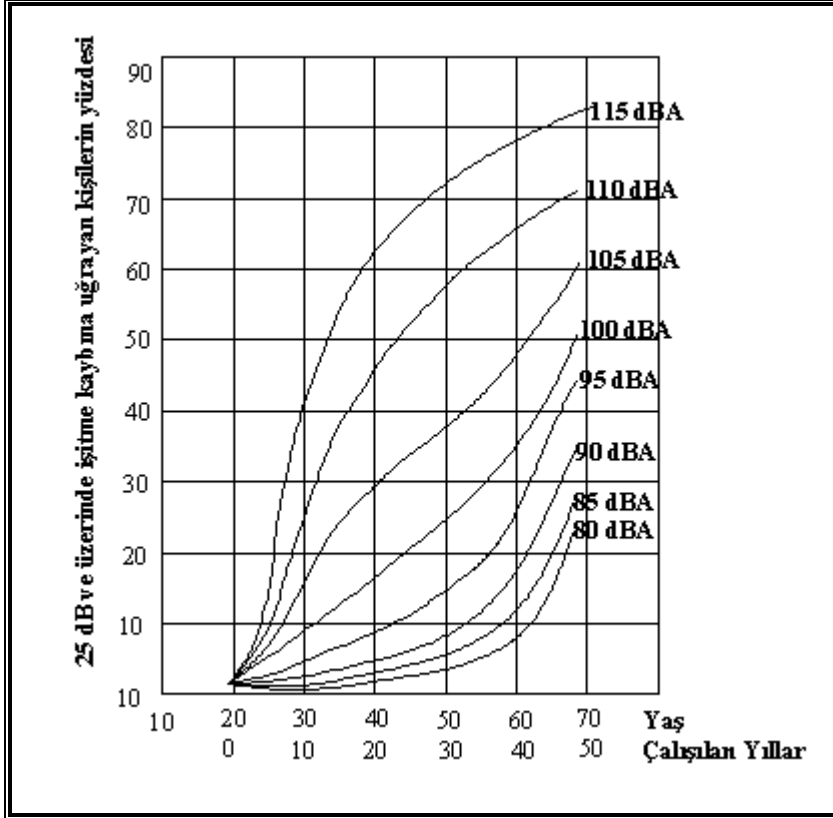
Gürültü; insanların işitme sağlığını ve algılamasını olumsuz yönde etkileyen, fizyolojik ve psikolojik dengeyi bozabilen, iş yapma gücünü yani verimliliği azaltan, çevrenin sakinliğini yok ederek niteliğini değiştiren çok önemli bir çevre kirliliği çeşididir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008).

İnsan kulağı; dış kulak, orta kulak ve iç kulak adı verilen üç bölümden oluşmakta ve dış kulak kanalından oluşan, kulak kepçesi ve kulak zarıyla son bulmaktadır. Görevi, sesi toplamak ve kulak zarına iletmektir. Kulak zarıyla başlayan orta kulakta; çekiç, örs ve üzengi kemikleri bulunmaktadır. Birbirlerine bağlı olan bu kemikler, kulak zarının titreşimlerini iç kulakta bulunan kokleanın oval pencere adı verilen kısmına iletirler.

Gürültünün işitme duyusunda oluşturduğu olumsuz etkiler ya ani etkiler şeklinde ya da zamanla ortaya çıkmaktadır. Ani ve yüksek bir sesin kulak zarını yırtması ya da hassas korti organının fizyolojik yapısını bozması ani oluşan etkilerdir. Bununla birlikte ani zarar oluşturmayacak düzeydeki gürültüye maruz kalan kişilerde sürekli işitme kayıpları görülebilmektedir. Yüksek ses tüy hücrelerini zedeleyerek korti organında çökme oluşmakta ya da işitme sinir hücrelerini zedeleyerek işitme duyusuna zarar vermektedir. İşitme duyusu zedelenen bir kişinin işitme duyusunda azalma görülmektedir. Bu olaya işitme kaybı ya da işitme eşiğinin kayması adı verilmektedir. İşitme eşiğinin kayması geçici olabileceği gibi sürekli de olabilmektedir. Örneğin, normal bir yetişkin 5000 Hz frekansında, ses basıncı düzeyi 0 dB olan bir sesi duyabilirken, uzun süre yüksek bir sesin etkisi altında kaldıktan hemen sonra, söz gelimi 20 dB'in altındaki 5000 Hz'lik sesi duyamıyorsa bu kişideki işitme kaybı 5000 Hz için 20 dB'dir.

Eşik kaymasının sürekli ya da geçici olması ve eşik kaymasının derecesi; gürültünün düzeyine, gürültünün frekans dağılımına, kişinin bu gürültünün etkisinde

kaldığı süreye ve kişisel duyarlılığa bağlıdır. Belli yükseklikte bir sesin etkisinde belli bir süre kalmak işitme kaybına yol açabileceği gibi, bu sürede zararlı olmayacak yükseklikteki sesin etkisinde belli aralıklarla yıllarca kalmakta işitme kaybına yol açabilmektedir.



Şekil 3.1. Etkisinde Kalınan Gürültü Düzeyine Bağlı Olarak 25 dB ya da Daha Fazla İşitme Kaybına Uğrayan Kişilerin Toplam Grup İçerisindeki Oranı (Özgülven, 2008)

3.1. Gürültünün İnsan Üzerindeki Etkileri ve Sınıflandırılması

Karayolu taşıtlarıyla ulaşımın sağlandığı günümüzde, birçok insan karayolu gürültüsünden olumsuz etkilenmektedir. 1971'de Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) çalışma grubu, gürültünün insan sağlığına karşı ana bir tehdit olarak görülmesi gerektiğini bildirmiştir. WHO'nun yaptığı araştırmalara göre; Avrupa nüfusunun yaklaşık %25'i 65 dBA'nın üzerinde ulaşım gürültüsüne maruz kalmaktadır. 65 dBA değerindeki bir ses basınç düzeyinde uyku bölünür ve çeşitli sağlık sorunları ortaya

çıkar. Avrupa ülkelerinden Fransa, Almanya, İngiltere ve Hollanda'da karayolu gürültüsü toplumun %20-25'ini olumsuz etkilemektedir.

Gürültünün insan sağlığına olan etkileri birkaç ana başlık altında toplanmaktadır.

Bunlar:

- Gürültüye bağlı işitme bozukluğu,
- Konuşmanın engellenmesi,
- Gürültünün uyku üzerindeki etkileri,
- Gürültünün kardiyovasküler ve fizyolojik etkileri,
- Gürültünün ruh sağlığı üzerindeki etkileri,
- Gürültünün iş performansı üzerindeki etkileri,
- Gürültünün konut alanlarındaki genel davranış ve rahatsızlık üzerindeki etkileri,
- Birleşik gürültü kaynaklarının etkileri ve
- Gürültüye karşı hassas olan toplum grupları olarak sınıflandırılmaktadır (Özgüven, 2008).

3.1.1. Gürültüye Bağlı İşitme Bozukluğu

İşitme bozukluğu, duyma eşiğindeki yükselme olarak tanımlanmaktadır. Duyma eşiği, özel bir işitme ölçen aletle belirlenmektedir. Bir kişinin işitmesinde bozukluk olması, o kişinin çalışma performansını ve günlük hayatını olumsuz yönde etkiler. Dünya çapında duruma bakıldığında, gürültüden kaynaklanan işitme kaybı, geri dönüşü mümkün olmayan iş kazalarından birisidir. Gelişmekte olan ülkelerde, iş yeri gürültüsü ve çevre gürültüleri de işitme bozukluğu için risk oluşturmaktadır. 1995'de düzenlenen Dünya Sağlık Kongresinde, dünyada 120 milyon insanın işitme bozukluğu taşıdığı belirtilmiştir.

Eğer kişi şiddetli gürültü seviyelerine maruz kalırsa iç kulakta bulunan salyangozun sinir hücreleri, geçici veya kalıcı olarak hasara uğrar. Geçici hasarlarda işitme eşiği gürültü nedeniyle geçici olarak değişir. Daha sessiz bir çevrede geçecek olan yeterli iyileşme sürecinden sonra işitme eşiği eski durumuna döner.

İşitme kaybının olduğu durumlarda kişi, tekrar eden bir şekilde gürültüye maruz kalır ve duyma eşiği derece derece kayar. Örneğin; fabrikada çalışan bir işçi, yüksek düzeydeki gürültü seviyelerine maruz kalırsa hasar kalıcı olur. Bu duruma

gürültüye bağlı iç kulak zedelenmesi denmektedir. Geçici olarak duyma eşiğinin kayması, gürültüye maruz kalma devam ederse kalıcı hale gelebilir.

ISO 1999 Standardı, gürültüye bağlı işitme bozukluğunu hesaplamak için ortak bir yöntem önermektedir. Bütün nüfuslarda, her çeşit gürültü tipine (devamlı, aralıklı, ani) bu yöntem önerilmektedir. Gürültüye maruz kalma derecesi, $LA_{eq}(8)$ ölçümüyle belirlenir. Standartta, işitme kaybı, $LA_{eq}(8)$ ve 500 - 6000 Hz frekans aralığına bağlı olarak 40 seneye kadar maruz kalma sınırları içinde verilir. Gürültüye bağlı işitme bozukluğu genellikle 3000 - 6000 Hz frekans aralığında yüksek derecelere ulaşır. 4000 Hz frekansta ise en yüksek değerdedir. $LA_{eq}(8)$ değerinde ya da gürültüye maruz kalma zamanında artış olursa, 2000 Hz frekansındaki işitme bozukluğu da artmaktadır.

3.1.2. Konuşmanın Engellenmesi

Gürültünün konuşarak iletişime olan olumsuz etkisi, kişisel yeteneksizlikle, elverişsiz durumların ortaya çıkmasıyla ve davranış bozukluğunun oluşmasıyla sonuçlanmaktadır.

Gürültünün ses basınç düzeyi arttıkça, insanlar anlaşılabilirlik amacıyla seslerini yükseltirler. Örneğin, sesiz ortamlarda 1 m mesafede konuşma düzeyi 45 - 50 dBA civarındadır. Ancak bağırırken bu değer 30 dBA daha yüksek olacaktır.

Konuşma düzeyleri kişilerin cinsiyetine ve ses gücüne bağlı olarak değişmektedir. Buna ek olarak bina dışı açık alandaki ses düzeyleri, mesafenin iki katına çıkmasıyla 6 dB düşer. Günlük koşullardaki konuşmanın anlaşılabilirliği; konuşma düzeyine, konuşma biçimine, konuşmacı-dinleyici mesafesine, ses basınç düzeylerine, araya giren görüntünün ve mesafenin özelliklerine bağlıdır. Dinleyicinin işitme kapasitesi ve konuya gösterdiği dikkat de en az konuşmanın anlaşılması kadar önemlidir.

3.1.3. Gürültünün Uyku Üzerindeki Etkileri

İnsanların iyi bir fizyolojik ve ruhsal yapıya sahip olması için kesintisiz bir uyku gerekmektedir. Uyku bölünmesi çevre gürültülerinin olumsuz etkilerinin başında gelmektedir. Gürültülü ortamlardaki uyku bölünmesi şikayetlerinin %80-90'ı dışarıdaki gürültülerden farklı nedenlere bağlıdır. Gürültüden kaynaklanan uyku bölünmesinin

araştırılması genellikle laboratuvar koşullarında sağlanan kontrollü çevrelerde yapılmaktadır.

Japonya'da bir anket düzenlenerek gece oluşan gürültülerin uyku kalitesine olan etkisi ölçülmüştür. Bu araştırma 20-80 yaşları arasında 3600 bayana uygulanmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki; alınan uykunun kalitesi, gece oluşan trafik hacmi ile ilişkilidir. Ankette uyku kalitesini belirleyen parametreler ise uykuya dalmadaki güçlük, uyku sırasında uyanma, çok erken kalkma, uykusuzluk hissetmedir.

İyi bir uyku için iç mekandaki ses basınç düzeyleri maksimum ses basınç düzeyi (LA_{max}) değeri olarak (gecede 10-15 kez) 45 dB'i geçmemelidir. Araştırmalar, ses etkileme düzeyi (SEL) değerlerinin 55-60 dBA'ı bulduğu gürültü değerlerinde uyku bölünmelerinin arttığını göstermektedir. Havaalanı gürültüsü gibi aralıklı gürültülerde 10-30 saniye gibi etkili süreye sahip 55-60 dBA değerinde bir SEL, LA_{max} değeri olarak yaklaşık 45 dB'dir. 8 saatlik gece periyodunda, 10-15 kez tekrar eden bu olayların LA_{eq} (8) değeri ise 20-25 dB'dir. Bu değer, sürekli gece gürültüsü $LA_{eq}(8)$ saat değeri olan 30 dB'in altında olmasına rağmen aralıklı gürültü olduğu için kritik değerdir. Bu açıdan, aralıklı gürültülerin söz konusu olduğu çevrelerde gece gürültüsünün limit değerleri iyi belirlenmelidir. Kritik çevrelerde inceleme iyi yapılmalıdır. Kritik çevreler;

- Düşük arka plan ses seviyelerine sahip çevreler,
- Gürültü ve titreşimin aynı anda olduğu çevreler,
- Düşük frekans içeriğine sahip gürültü kaynakları.

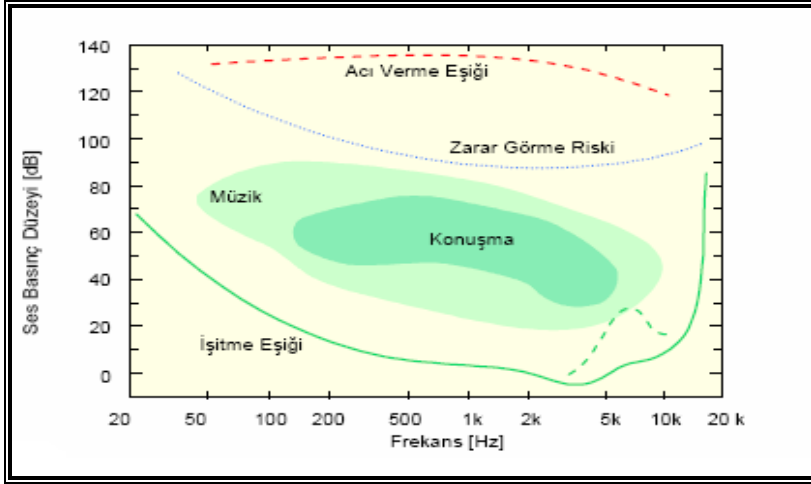
Sonuçta sürekli gürültüler için iç mekandaki eş zamanlı ses basınç düzeyi değeri 30 dBA'yı geçmemelidir.

Basit ses düzeyi ölçerler ile yapılan ölçümlerde, yalnız ses düzeyi ve onun değişik şekilleri belirlenebilir. Ölçülen sesi oluşturan harmoniklerin frekans dağılımları konusunda bir bilgi elde edilemez. Ölçüm sonucunda gürültünün fazla olduğuna karar verilir ise yalnız ses düzeyini bilmek yeterli olmaz. Aynı gürültü düzeyindeki iki ayrı ses, çok farklı frekans dağılımı gösterebilir. Gürültü kontrolünde kullanılan yöntemler genellikle frekansa bağlı olduğundan uygulanacak gürültü kontrolü yöntemine karar vermeden önce gürültünün frekans dağılımını bilmek gerekir. Bu da ancak frekans analizi (spektrum analizi) ile sağlanabilmektedir (Demirkale, 2007).

Tablo 3.1. Gürültünün İşitme Duyusunda Oluşturduğu Olumsuz Etkileri (Özgüven, 2008)

	Kısa Dönem	Uzun dönem
Fizyolojik	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Stress hormonu salgılama ➤ Savunma mekanizması 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ İşitme kaybı ➤ Kalp krizi
Psikolojik	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rahatsızlık ➤ Bilgi işlemede sorun 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planlanan aktivitelerde rahatsızlık
Sosyal	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Yardımcı davranışlarda azalma 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Toplumsal ayırım
Ekonomik	-	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sağlık masrafları ➤ Emlak fiyatlarında azalma

Aşağıda verilen eğri işitme eşiğini göstermektedir. İşitme sınırları Şekil 3.2’de görülmektedir. Şekil 3.2’de işitebildiğimiz sesler kapalı eğri içinde kalan kısımdır. Eğrinin üstündeki sınıra hissetme eşiği alttaki sınıra ise işitme eşiği adı verilmektedir.



Şekil 3.2. İşitme Eşiği (Özgüven, 2008)

3.2. İşitilebilir Frekanslar

İnsan kulağının işitebildiği frekanslar; 16 Hz – 16 kHz ve 20 Hz-20 kHz aralığında, yaşlanma ile görülen işitme kaybı 30 yaşında 1-2 dB arasında, 65 yaşında

500–1000 Hz frekans bandlarında 10-15 dB ve 2–4 Hz frekans bandlarında 20-40 dB olarak verilmektedir.

3.2.1. Çeşitli Seslerin Frekans İçerikleri

Çeşitli rahatsızlıkları bulunan insanlar gürültüye maruz kalmaları halinde tedavi süreçleri uzun sürmektedir. Bunun yanında hastalık oluşmadan gürültüye maruz kalan kişilerde lökosit sayısında ciddi bir düşüş meydana gelmekte ve bu kişiler genel vücut direncinin düşmesi nedeniyle daha kolay hastalanmaktadırlar.

Gürültü sorunları da diğer çevre sorunları gibi değişik boyutlara sahiptir. Bu nedenle gürültü sorunları farklı bilim alanlarının konusu olmaktadır. Gelişmekte olan Türkiye’de de bu sorun hızla büyümektedir. Rahatsızlıklar belirginleşmekte ve alınan önlemler de yetersiz kalmaktadır. Aslında gürültüden doğan çevre sorunları gürültünün nedeni ortadan kalkınca ani bir şekilde son bulmakta ve herhangi bir kalıntı bırakmamaktadır (Özgüven, 2008).

3.3. Gürültünün İnsan Üzerinde Yarattığı Olumsuz Etkiler

1.derece 30-65 dBA (A): Rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğu,

2.derece 65-90 dBA: Fizyolojik reaksiyonlar, kan basıncı artışı, kalp atışlarında ve solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler,

3.derece 90-120 dBA: Fizyolojik reaksiyonların artması, baş ağrıları,

4.derece 120 –140 dBA: İç kulakta devamlı hasar, dengenin bozulması ve

5.derece >140 dBA: Ciddi beyin tahribatına yol açmaktadır.

Yapılan bir araştırma, gürültülü yerlerde çalışanların 4 saatten sonra randımanlarının %33 azaldığını göstermiştir. Gürültünün randıman üzerine etkisi konusunda yapılmış bir başka araştırma da ise bir grup işçinin çok gürültülü bir kazan yapım atölyesinin yakınında bir yerde ısı regülatörü monte etmeleri sırasında monte ettikleri 80 regülatörün 60'ı hatalı çıkmıştır (Ener, 2006)

4. ÇEVRESEL GÜRÜLTÜ

Ses, birçok farklı kaynak tarafından üretilebilir ve birçok farklı koşulda insanlar tarafından ses olarak algılanabilmektedir. Çevresel gürültü, açık havada insan faaliyetleri (trafik, demiryolları, hava taşımacılığı, endüstri, eğlence ve inşaat) tarafından oluşan sestir ve iç ortamda (bir evin yakınında, kamuya açık parklarda, okullarda vs) algılanabilir. Evinin içinde ve çevresindeki gürültüden rahatsız olduğunu söyleyen kişilerden neredeyse tamamına yakını bu belirli etkilerden bir ya da daha fazlasını yaşamaktadırlar. Balkon ve bahçede zaman geçirmekten daha az zevk alma, evde camlar açıkken uyku, iletişim, okuma, televizyon seyretme, müzik dinleme sırasında engellenme gibi tepkiler verirler (Demirkale, 2007).

Ülkemizde gürültü konusu ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmış ve ilk olarak 11 Aralık 1986 tarih ve 19308 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren "Gürültü Kontrol Yönetmeliği" 9 Ağustos 1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu’nun 14. maddesi hükmüne dayanılarak hazırlanmıştır. Daha sonra bu yönetmelik Avrupa Birliğinin öngördüğü standartlara göre revize edilerek 7 Mart 2008 tarihinde ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

Yönetmeliğin birinci bölümünde, amaç, kapsam, dayanak ve tanımlar kısmı yer almaktadır; ikinci bölümde; Bakanlığın görev, yetki ve sorumlulukları, İl Çevre ve Orman Müdürlüklerinin görev, yetki ve sorumlulukları, mahalli idarelerce alınacak tedbirler, kurum, kuruluş ve işletmelerce alınacak tedbirler, üçüncü bölümde; kara, demir, hava ve su yolu ulaşım araçlarında uyulması gereken şartlar, açık alanda kullanılan ekipmanlarda uyulması gereken şartlar, ev aletlerinde ve sanayi tesislerinde kullanılan alet, ekipman ve makinelerde uyulması gereken şartlar, dördüncü bölümde; çevresel gürültü göstergeleri ve bu göstergelerin uygulanması, değerlendirme yöntemleri, çeşitli alanlarda gürültü kriterleri, beşinci bölümde; yapılarda çevresel titreşim kriterleri, altıncı bölümde; gürültüye hassas kullanımlar için gürültü kontrolü, yedinci bölümde; gürültüye maruz kalma kategorileri, planlama aşamasında uyulması zorunlu kriterler, sekizinci bölümde; stratejik gürültü haritalama esasları, dokuzuncu bölümde; eylem planları hazırlama esasları, onuncu bölümde; kamuoyunu bilgilendirme, verilerin Bakanlık tarafından toplanması ve yararlanılması, on birinci bölümde; izine tabi tesislerde gürültü kontrol izin belgesi talebinin değerlendirilmesi,

gürültü kontrol izin belgesine tabi işletmelerde yapılacak değişiklikler, işletmenin faaliyetinin sona ermesi veya el değiştirme, teyit zorunluluğu, açılma ve çalışma ruhsatı, planlanan işletmelerde çevresel gürültü seviyesi değerlendirme prosedürü, on ikinci bölümde; uzmanlık deneyimine yönelik esas ve kriterler, ölçüm ve hesaplamalara yönelik yeterlik şartları, rapor, harita ve eylem planı hazırlayacaklarda aranan esas ve kriterler, on üçüncü bölümde; şikayetlerin değerlendirilmesi veya denetim, uygulamaya yönelik açıklayıcı doküman hazırlanması, idari yaptırımlar, teşvik ve on dördüncü bölümde ise yürürlükten kaldırılan yönetmelik, yürürlük, yürütme yer almaktadır.

Bu yönetmelikle, çeşitli sınırlama ve yasaklar getirilmektedir ve bunların denetimi ve gerekli izinlerin verilmesi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığının imar mevzuatları, "İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği" Tüzüğü, 1593 sayılı "Umumi Hıfzıssıhha Kanunu", 5442 sayılı "İl İdaresi Kanunu", 1580 sayılı "Belediyeler Kanunu" ve 3030 sayılı "Büyükşehir Yönetimi" hakkındaki kanun hükümlerine göre yapılacağı, bunlarla ilgili denetim ve izinlerin, mahallin en büyük mülki amiri ve onların yetkili kılacağı belediyeler ve köy tüzel kişilikleri tarafından uygulanacağı belirtilmektedir. Yönetmeliğin ihlal edilmesi durumunda, fabrika, atölye, işyeri ve eğlence yeri sahiplerine mahallin en büyük mülki amiri tarafından bir atlık düzeltme süresi verileceği, düzeltmenin olmaması durumunda müesseselerin kısmen veya tamamen süresiz olarak kapatılacağı da bu yönetmelikte yer almaktadır. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi'ne göre, gürültü kaynağı olarak belirlenen makine, araç, gereç ve ulaşım araçlarını ve benzeri imal edenler, satanlar, kullananlar ve işletenler, yönetmelikte belirlenen en yüksek ses düzeylerini aşıp aşmadıklarının denetlenebilmesi amacı ile düzenli gürültü ölçümlerini yaptırarak belgelendirmek zorundadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008).

Avrupa Birliği çevre konusunda politika üretmeye 1972 yılında eylem planlarıyla başlamıştır. Bu dönem içerisinde atıkların geri dönüşümü, su, hava ve gürültü kirliliği ile ilgili minimum standartların oluşturulması ve yasal zeminin oturtulması gerçekleştirilmiştir. Ancak, yasal zeminin oluşturulması kirliliğin önlenmesini sağlayamadığından çevre konusu özellikle Amsterdam Antlaşması'yla topluluk programları arasına alınmıştır. Bu amaçla 1 Ocak 1993 tarihinde yürürlüğe giren "Sürdürülebilir Çevre" için 5. Çerçeve Programı oluşturulmuştur. Sanayi, enerji, turizm, ulaştırma ve tarım gibi diğer sektörleri de kapsayan bu programla birlikte AB'de yürütülen tüm çalışma ve programlar çevre boyutunu da göz önüne almak

zorunluluğunda bırakılmıştır. 2001 yılından beri uygulanmakta olan çevre için 6. Çerçeve Programı ise 2010 yılına kadar çevre ile ilgili topluluk önceliklerini ortaya koymaktadır.

Avrupa Birliği Çevre Bakanları, Avrupa Komisyonu ve Avrupa Parlamentosu ile işbirliği yaparak çevre ile ilgili kanunları hazırlayıp, üye devlet kanunlarına entegre edebilirler. Kirlilik ve gürültü konusunda yönergeler halen uygulanmakta olup çevre politikası ve özellikle doğal kaynakların korunması ile ilgili yönetmelikler (atık yönetimi ve temiz teknolojiler) de uygulanmaktadır.

Avrupa Birliği 1996'da Green Paper'a dayalı olarak EU Directive 2002/49/EC'de gürültü haritalarının hazırlanması esaslarını ortaya koymuş ve üye ülkelerin mevcut durum haritalarına dayalı olarak gerekli planlama ve gürültü kontrol stratejilerin belirlenmesini zorunlu kılmıştır.

Avrupa Çevre Ajansı ise çevre ile ilgili karşılaştırılabilir verileri bir araya getirip dağıtma amacıyla kurulmuştur. Buna göre uygun ve etkili çevre politikaları oluşturmaları için topluluk ve üye ülkelere gerekli olan temel bilgileri sağlamaktadır. Ayrıca çevre hakkında güvenilir bilginin yayılmasını da temin etmektedir. Birlik üyesi olmayan ülkelerin de katılımına açık olan Ajans'a Türkiye'de dahildir.

AB stratejisi, çeşitli gürültü kaynağı makinelerde (motosiklet, uçak, bina dışında kullanılan makineler, çim biçme makinesi vs.) izin verilebilir en yüksek gürültü seviyesini belirlemek şeklindedir.

Avrupa Birliği ülkeleri, teknik düzenlemelerin, standartların ve uygunluk değerlendirme yöntemlerinin uyumlaştırılmasını, söz konusu teknik engellerin aşılmasında en önemli araç olarak görmektedir. Avrupa Birliği'nin ortak düzenlemeler getirmesidir. Amaç güvenli ürün ve ürünlerin serbest dolaşımı kavramlarının hayata geçirmesini hedeflenmektedir. İnşaat sektörü ile ilgili olarak yayımlanan 89/106/EEC "Yapı Malzemeleri Direktifi" kapsamında yapılan güvenli ürün tanımında yapı işlerinde kullanılacak ürünlerin sağlaması gereken temel gereklilikler ortaya konulmuştur. Bu temel gereklilikler ürünün, insan sağlığı, can ve mal güvenliği, hayvan ve bitki yaşamı, çevrenin korunması açısından sahip olması gereken asgari koşulları tanımlamaktadır. Yapı malzemesi ile ilgili olarak bu temel gereklilikler, "mekanik mukavemet ve denge", "yangın emniyeti", "hijyen-sağlık ve çevre", "kullanım emniyeti", "gürültüden korunma" ve "enerji tasarrufu-ısı tutma" olarak 6 başlıkta değerlendirilmektedir. Malzemeler

ancak, bu yönetmelik hükümlerini karşılaması durumunda "CE işareti" ile Avrupa Birliği sınırları içerisinde piyasaya arz edilebilir.

Hollanda'da gürültü seviyesi 50 dBA'dan yüksek olan yerlere inşaat yapılması yasaklanmıştır. İngiltere'de ise yerel yönetimlere, gürültü ekipmanlarına el koyma ve aşırı ses oluşturanlara para cezası verme yetkisi tanınmıştır.

Avrupa'da ses yalıtımı ile ilgili ölçüm ve hesaplama prosedürlerine yönelik standart hazırlıkları büyük ölçüde tamamlanmıştır. AB'de oluşturulan ölçüm standartlarının bir kısmı AB teknik mevzuatına uyum çalışmaları kapsamında birebir tercüme edilerek Türk standardı olarak yayımlanmıştır. Bu standartlardan bazıları aşağıda belirtilmektedir (Şahin, 2007).

➤ TS EN ISO 3744: Bu standart, gürültü kaynağı tarafından üretilmiş ses gücü seviyesini hesaplamak için bir veya daha fazla yansıtıcı düzlem yanında esas itibariyle serbest alan şartları altında örtülü bir gürültü kaynağı ölçme yüzeyinde ses basınç seviyelerini ölçmek için bir metodu belirtir. Bu standart, kaynağın ses basınç seviyesinin hesaplanmasından yüzey ses basınç seviyesini elde etmek için, tekniklere olduğu kadar, 2.derece bir doğruluğa sahip sonuçlara da önderlik eden çevre şartları ve enstrümantasyon için kuralları içermektedir (TSE, 1997).

➤ TS ISO 8297: Bu standart, çevredeki ses basınç seviyelerinin değerlendirilmesiyle ilgili olarak, çoklu gürültü kaynağına sahip büyük sanayi tesislerinin ses basınç seviyelerinin tayini için bir mühendislik metodunu kapsar. Bu ses basınç seviyeleri, uygun bir tahmin modelinde böyle bir değerlendirmede kullanılabilir. Bu metodun uygulanması, temel boyutları yatay bir düzlem üzerinde bulunan, bütün yatay yönlerde önemli ölçüde ses yayan çoklu gürültü kaynağı bulunan (belirtilmeyen sayıda münferit kaynakların bir kombinasyonu) büyük sanayi tesisleri ile sınırlıdır (TSE, 2006).

➤ TS 9798: Bu standart; belirli bir arazi parçasında meydana gelen tek düze bir çevre gürültüsünün tanımlanmasına, herhangi bir arazi kullanımında meydana gelen gürültü veya tasarlanan bir kullanımda meydana gelecek olan gürültü ile mevcut veya öngörülen bir gürültüyle uyum içinde olmasının tespitine yarayan metotlarla ilgili kuralları içermektedir (TSE, 1992).

➤ TS 9315 ISO 1996-1: Uygulamada kullanılmak üzere, çevre gürültüsünün tarifi, ölçülmesi ve değerlendirmesinin herhangi bir yönteminin, gürültüye insan tepkisi hakkında bilinenlerle bir şekilde ilişkisi kurulmalıdır. Çevre gürültüsünün zararlı

sonuçları gürültüdeki artışa paralel olarak artar, ancak kesin doz tepki ilişkilerinin kapsamı bilimsel tartışmanın konusu olmaya devam etmektedir. Ayrıca kullanılan bütün yöntemlerin kullanıldıkları sosyal, ekonomik ve politik iklim dahilinde uygulanabilir olması önemlidir. Bu nedenle, farklı gürültü tipleri için dünya çapında halen geçerli olan çok geniş aralıkta farklı yöntemler vardır ve bu durum uluslararası karşılaştırma ve uzlaşma bakımından önemli zorluklar oluşturur. Bu standart serisinin genel amacı, bütün kaynaklardan yayılan çevre gürültüsünün tarifi, ölçülmesi ve değerlendirme yöntemlerinin uluslararası uyumlaştırılmasına katkıda bulunmaktır. Bu standarda açıklanan yöntemler ve işlemlerin bir sahadaki toplam maruz kalmaya ayrı ayrı veya beraberce katkıda bulunan ve değişik kaynaklardan yayılan toplam gürültüye uygulanması amaçlanmıştır. Günümüz teknolojisinde uzun vadeli gürültü rahatsızlığı değerlendirmesinin, "derecelendirme seviyesi" olarak ifade edilen düzenlenmiş A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç seviyesinin uyarlanmasının en iyi yöntem olacağı görülmektedir (TSE, 2005).

➤ TS ISO 9613-2: ISO 1996 standart serisi, yerleşim yerlerinde, dış ortamdaki gürültünün tarifiyle ilgili yöntemleri belirler. Diğer standartlar ise makineler ve özel cihazlar (ISO 3740 serileri) veya sanayi tesisleri (ISO 8297) gibi değişik gürültü kaynaklarından yayılan ses güç seviyelerinin tayinine dair yöntemleri belirler. Bu Standard, yerleşim yerlerinde gürültü seviyelerinin bilinen ses kaynakları ile tahmin edilebilmesine imkan sağlamak için, bu iki standard tipi arasındaki boşluğu doldurmayı amaçlar. Bu standarda tarif edilen yöntem, gürültü kaynaklarının geniş bir çeşidine uygulanabildiğinden dolayı genel bir özelliğe sahiptir ve ses azalmasının başlıca mekanizmalarının büyük çoğunluğunu kapsar. Bununla beraber, bu standardın kullanımında, esasen ISO 1996 standart serisindeki çevresel gürültünün tarifinden kaynaklanan sınırlamalar bulunmaktadır (TSE, 2006).

➤ TS 8958 EN ISO 3746: Bu standart, kaynağı çevreleyen bir ölçme yüzeyi üzerinde, ses basınç seviyeleri ölçülmesi ve kaynak tarafından üretilmiş ses güç seviyesinin hesaplaması için bir metot belirtmektedir. Bu standart; gürültü kaynağı tarafından üretilen ses güç seviyesini hesaplamak için, çevreleyici kaynağın bir ölçme yüzeyinde ses güç seviyelerinin ölçülmesi için bir metodunu, hesaplanan kaynağın ses güç seviyesinde, yüzey ses basınç seviyesi elde etmede, teknikler kadar iyi kullanıma yardımcı donanım grubu ve deney ortamı için gerekli kuralları, kullanılan donanımın çeşitli tipleri için özel deney kotlarını ve mikrofon dizilişini, denenmekte olan donanıma

ait montajı, yükleme ve çalıştırma ile ilgili ayrıntılı kuralları kapsamaktadır (TSE, 1999).

07.03.2008 tarih ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" Madde-4 çerçevesinde şöyle tanımlanmaktadır:

Ulaşım araçları, karayolu trafiği, demir yolu, hava yolu, deniz yolu trafiği, açık alanda kullanılan teçhizat, şantiye alanları, sanayi tesisleri, atölye, imalathane, işyerleri ve benzeri ile rekreasyon ve eğlence yerlerinden çevreye yayılan gürültü dahil olmak üzere, insan faaliyetleri neticesinde oluşan zararlı veya istenmeyen açık hava sesleridir.

4.1. Ulaşım Gürültüsü

Gelişmekte olan ve özellikle gelişmiş ülkelerde çevre sorunlarından biri de ulaşım gürültüsüdür.

4.1.1. Karayolları Gürültüsü

Taşıtların hareketleri sonucu oluşan bu gürültü, motor gürültüsü, şasi ve kaportadan kaynaklanan gürültüler, frenlemeden doğan gürültü, tekerleklerin yol yüzeyi ile temasından doğan gürültü gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Karayolunda oluşan gürültü seviyesine etki eden faktörler ise yola olan uzaklık, trafik hacmi, yol seviyesi, yolun kaplama cinsi, yolun eğim derecesi, aracın boyu ve cinsi, yol kenarında yapılaşma ve bitki örtüsü şeklinde sıralanabilir. Çevresel karayolu ulaşım gürültüsünün üç ana unsuru vardır. Bunlar; taşıtın neden olduğu gürültü, aracın yol ve çevre ile etkileşimi sonucu oluşan gürültü ve araçların yanlış kullanımı sonucu oluşan gürültüdür. Trafikteki araçların türlerine göre de gürültü seviyesi değişiklik göstermektedir. Diğer taraftan trafikteki araçların seyir hızları da önemlidir. Düşük hızla seyreden araçlar, düşük gürültü yaratmaktadır. Eski araçların yenilere göre daha fazla gürültü çıkardığı belirlenmiştir. Diğer bir faktör de tekerleklerin etkisidir. Daha az kalınlık ve çaptaki tekerlekler daha az gürültüye neden olmaktadır.

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak yol yakınındaki noktalarda dalgalı, kesikli ya da kararlı gürültü, yoldan uzak noktalarda ise genellikle kararlı gürültü olarak kendini

göstermektedir. Değerlendirme ölçüsü olarak $L_{gündüz}$, L_{gece} ve $L_{akşam}$ kullanılmaktadır (Soydaş, 2007).

7 Mart 2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğe göre sınır değerler Tablo 4.1’de verilmektedir.

Tablo 4.1. Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

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

4.1.2. Demiryolu Gürültüsü

7 Mart 2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğe göre sınır değerler Tablo 4.2’de verilmektedir.

Kesikli gürültü olarak kendini göstermektedir. Değerlendirme ölçüsü olarak $L_{gündüz}$, L_{gece} ve $L_{akşam}$ kullanılmaktadır.

Tablo 4.2. Hafif Raylı Sistemler İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

Yer altı İstasyonları		Leq (dBA)	Yerüstü İstasyonları		Leq (dBA)
Gişeler, merdivenler, koridorlar		55	Platformlar (platform kenarından 1.8 m)	Duran ve kalkan trenler için	70
Platformlar (platform kenarından 1.8 m)	Duran ve kalkan trenler için	80		Geçen Trenler	75
	Geçen Trenler	85		Çalışır durumda bekleyen trenler için	65
	Çalışır durumda bekleyen trenler için	65			
İstasyon içinde Havalandırma sistemi		55			
Caddelerde havalandırma kanalları (9.0 m' de)		55			
İstasyon içinde kapalı hacimlerde bulunan acil havalandırma fanları (22.5 m.' de)		80			

4.1.3. Havaalanı Gürültüsü

Kesikli gürültü olarak kendini göstermektedir. Değerlendirme ölçüsü olarak $L_{gündüz}$, L_{gece} ve $L_{akşam}$ kullanılmaktadır.

Tablo 4.3. Hava Alanı Çevresel Gürültü Sınır Değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

Alanlar	Küçük hava alanları (yılda elli binin altında iniş/ kalkış) dBA			Büyük hava alanları (yılda elli bin ve üstü iniş/ kalkış) dBA		
	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	63	58	53	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	68	63	58
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	67	62	57	72	67	62
Endüstriyel alanlar	70	65	60	75	70	65

4.1.4. Denizyolu Gürültüsü

Bu gürültü tipine su yolları gürültüsü de denilmektedir. Değerlendirme ölçüsü olarak L_{gündüz}, L_{gece} ve L_{akşam} kullanılmaktadır. İskele, liman ve benzeri yerler ile deniz, göl, boğaz, nehir gibi su yollarında kullanılan ulaşım araçlarından çevreye yayılan gürültü seviyesi aşağıda belirtilmiştir;

➤ İskele, liman ve benzeri yerler ile deniz, koy, göl, boğaz, nehir gibi su yollarında kullanılan ulaşım araçlarından yayılan çevresel gürültü seviyesi L_{gündüz} 65 dBA, L_{akşam} 60 dBA ve L_{gece} 55 dBA sınır değerlerini aşamaz.

➤ İskele, liman ve benzeri yerler ile deniz, koy, göl, boğaz, nehir gibi su yollarında kullanılan araçlarda elektronik olarak yükseltilmiş müzik yayını yapılması sonucu yayılan çevresel gürültü seviyesi bu maddede verilen sınır değeri en fazla gündüz zaman dilimi için 5 dBA, akşam zaman dilimi için 3 dBA aşabilir.

4.2. Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Çevre Gürültüsü

Sanayileşme ile endüstri tesislerinden kaynaklanan çevre gürültüsü de gittikçe artmıştır. Bu artışla birlikte gerekli tedbirlerin alınması için, 7 Mart 2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğe göre sınır değerler Tablo 4.4’de verilmektedir.

Tablo 4.4. Endüstri Tesisleri İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

Alanlar	L _{gündüz} (dBA)	L _{ağşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin yoğunluklu olduğu alanlar	60	55	50
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	68	63	58
Organize Sanayi Bölgesi veya İhtisas Sanayi Bölgesi içindeki her bir tesis için	70	65	60

4.3. İnşaat (Şantiye) Gürültüsü

Günümüzde şantiye alanlarından çevreye yayılan gürültü seviyesi oldukça artmıştır. Bu nedenle gürültünün önlenmesi için yönetmelikte çalışma saati olarak konut (bölgeleri ve yakın çevresinde) 07:00-19:00 saatleri verilmektedir. Belirlenen bu saatler dışında gürültülü şantiye faaliyetlerinin sürdürülmesi yasaklanmıştır. Bu yönetmeliğe göre sınır değerler Tablo 4.5’de verilmektedir.

Tablo 4.5. Şantiye Alanı İçin Çevresel Gürültü Sınır Değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

Faaliyet türü (Yapım, Yıkım ve Onarım)	L_{gündüz} (dBA)
Bina	70
Yol	75
Diğer kaynaklar	70

4.4. Rekreasyon ve Eğlence Yerlerinin Çevresel Gürültüsü

Elektronik olarak müzik yayını yapan eğlence yerleri ve rekreasyon alanlarından kaynaklanan çevresel gürültü seviyesinin belirlenmesidir. Rekreasyon ve eğlence yerleri, gazino, dans salonları, lunaparklar, animasyon ve eğlence merkezleri, fuar, piknik yerleri, açık hava sinemaları, lokantalar, kahvehane ve dükkanlar gibi kamuya açık yerler ile diskotek, kulüpler, barlar, restoran ve düğün salonları gibi kapalı ve/veya yarı açık olan yerler olarak tanımlanmaktadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008).

5. YERLEŞİM ALANLARININ VE GÜRÜLTÜ KAYNAKLARININ BELİRLENME YÖNTEMLERİ

Nüfusu yüz binden fazla olan, şehirleşmiş alan olarak kabul edilen ve nüfus yoğunluğunun kilometre kare başına 1000 kişiden fazla olduğu alanlar yerleşim alanlarını göstermektedir. Yetkili idare tarafından gürültü kaynakları için belirlenen sınır değerlerin üstüne veya yetkili idare tarafından konulmuş belli bir değerden daha büyük bir gürültü gösterge değerine maruz kalmayacak şekilde ayrılan alanlar ise yerleşim alanı içindeki sessiz alanı ifade etmektedir.

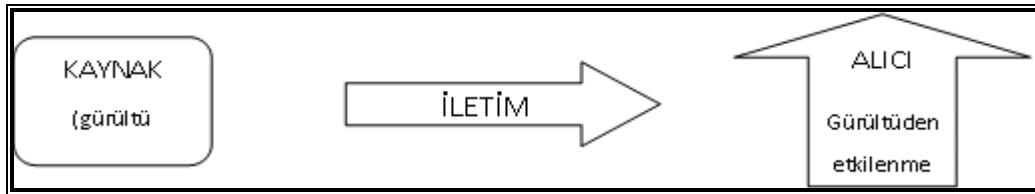
5.1. Yerleşim Alanlarının Belirlenmesi

Gürültü haritaları hazırlandıkları tarihten sonra en az beş yılda bir gözden geçirilip gerektiğinde revize edilmektedir. Gürültü haritası hazırlanacak yerleşim alanları, ilgili belediye, Bakanlık merkez ve taşra teşkilatı ile koordinasyon ve işbirliği

içinde belirlenmektedir. Yerleşim alanları belirlenirken, nüfusu yüz binden fazla olan, şehirleşmiş alan olarak kabul edilen ve nüfus yoğunluğunun kilometre kare başına 1000 kişiden fazla olduğu alanlar dikkate alınacaktır. Yerleşim alanları için hazırlanacak gürültü haritaları, kara yolu, demir yolu, hava yolu trafik gürültüsü ile limanlar, sanayi alanları, atölye-imalathane-eğlence yerleri ve benzeri işletmelerin bulunduğu alanlar için ayrı ayrı yapılacaktır.

5.2. Gürültü Kaynaklarının Belirlenmesi Yöntemleri

Gürültü probleminin genel kurgusu Şekil 5.1’de gösterilmektedir. Bu kurguda örnek olarak trafik gürültüsü tanımlanabilir.



Şekil 5.1. Gürültü Probleminin Genel Kurgusu (Bayazıt, 2008)

5.2.1. Kaynak İle İlgili Parametrelerin Tanımlanması

Trafik gürültüsü için, trafikten kaynaklanan gürültü yayılımı, trafik hacmi, kompozisyon, hız, akış tipi, yokuş aşağı/ yokuş yukarı bölümleri, A-ağırlık gürültüsü olarak tanımlanabilir (Bayazıt, 2008).

6. GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. Gürültü Ölçümünde Kullanılan Cihazlar

6.1.1. Ses Düzeyi Ölçer

Ses basıncı ve ağırlıklanmış ses düzeylerinin ölçümünü yapan cihazlara "ses düzeyi ölçer" denir. Sonometre veya desibelmetre gibi adlarla da anılan bu cihazlar,

temelde ses dalgalarını algılayarak elektrik sinyaline dönüştüren bir mikrofon, mikrofondan genel sinyalleri güçlendiren yükselteç (amfi) donanımı, elektronik olarak ağırlıklama işleminin yapılmasına olanak sağlayan devreler ve ölçülen değerlerin okunduğu gösterge ve ilgili donanımından oluşmaktadır. Pille çalışan, telsiz görünümlü bu cihazların ucunda bulunan mikrofon, ses düzeyi ölçerin tamlık derecesine bağlı olarak sığasal (kapasitif), dinamik, basyüklenimli (piezoelektrik) türlerinden biri olabilir. Ses düzeyi ölçerler, genelde ses basıncı düzeylerini ölçme olanaklarının yanında en az bir ağırlıklanmış ses düzeyini ölçme yeteneği ile donatılırlar. Uygulamada en çok A-ağırlıklı ses düzeyleri kullanıldığı için, ses düzeyi ölçerlerin hepsinde A-ağırlıklama ölçüm olanağı bulunmaktadır.



Şekil 6.1. Ses Düzeyi Ölçer (Çalışkan, 2008)

Kararsız gürültü düzeylerini ölçebilmek için gösterge biriminin, iki ayrı F (hızlı) ve S (yavaş) yanıt özelliklerini taşıması ilkesi göz önünde tutulmuştur. Cihaz üzerinde bulunan ilgili düğmenin konumunun F'ye getirilmesi ile kararsız gürültü düzeyleri hızlı olarak izlenebilmektedir. Eğer gürültü kararlı ise diğer bir deyişle düzeylerde büyük sapmalar yoksa bu düğme S konumuna alınarak gürültü ölçümleri yapılmaktadır. Bu düzeyler, ağırlıklama ile ilgili başka bir düğmeyi istenen konuma getirerek, ses basıncı düzeyi, A-ağırlıklı ya da C-ağırlıklı ses düzeyi olarak ölçülebilir. Bazı özel ses düzeyi ölçerler F ve S'nin yanı sıra, F'den daha hızlı ölçüm yapan I ile gösterilen üçüncü bir yanıt karakteristiğine sahip olarak tasarlanmışlardır. Darbe türü gürültüler ancak ilgili düğme I konumunda iken doğru olarak ölçülebilir.

Gelişmiş ses düzeyi ölçerler, ses düzeylerinin zamana göre integralini almaya olanak sağlayan elektronik devreler ile donatılmıştır. Bu tür ses düzeyi ölçerler

yardımıyla Eşdeğer Sürekli Ses düzeylerini (L_{eq}) ve Ses Etkilenim Düzeylerini (SEL) ölçme olanağı bulunmaktadır. Her iki ölçüm için gerekli integrasyon işlemi, cihaz üzerinde bulunan başlatma (RESET) düğmesine basılarak başlatılmaktadır. Ses etkilenim düzeyi ölçümü için ses düzeyleri, SEL ya da L_{eq} konumlarından birine getirilerek istenen ölçüm yapılmaktadır. Burada genel çizgileri ile özetlenen ses düzeyi ölçerlerin en iyi şekilde kullanımı için yapımcı firmanın hazırladığı kullanım kılavuzlarından yararlanılması gerekmektedir.

Bazı gelişmiş ses düzeyi ölçerlerde ölçülen ses basıncının manyetik teyp üzerine kaydedilmesine ya da bir yazıcıdan çıktı alınabilmesine olanak sağlayan kaydedici çıkış terminalleri ya da uçları bulunmaktadır. Yine gelişmiş ses düzeyi ölçerler dışarıdan kolayca takılabilen ya da üzerlerinde mevcut elektronik süzgeç (filtre) devreleri ile ölçülen gürültünün oktav band çözümlemesini yapma olanağına sahiptirler. Bu çözümleme ayrı ayrı her frekans bandı için yapılabildiği gibi sayısal cihazlarda tüm frekanslar için aynı anda da yapılabilmektedir. Sayısal cihazlar oktav band çözümlemesi vb. ölçüm sonuçlarının gösterilmesi amacıyla bir ekran ile donatılmışlardır.

6.1.2. Frekans Analizi Cihazı

En basit frekans analizi mikrofona elektrik sinyallerine çevrilen ses basıncı değişiminin filtre devreleri ile frekans bandlarındaki harmoniklere ayrılmasıyla yapılmaktadır. Yapılan analiz türüne göre filtre edilecek bandın band genişliği alt ve üst sınırları otomatik olarak ayarlanır ve incelenen sinyali oluşturan harmoniklerden yalnız istenen band sınırları içinde kalanların geçmesine izin verilir. Böylece yalnız bu harmoniklerin düzeyi ölçülmektedir. Aynı işlem değişik frekans bandları için yinelenirse, her banddaki ses basınç düzeyi (band basınç düzeyi) ölçülmüş olur. Daha öncede görüldüğü gibi genellikle 1/3 oktav ve 1/12 (ya da 1/ 10) oktav bandları kullanılmaktadır. Bu tür analizler sabit yüzdeli band genişliğine sahip analizlerdir. Bir de band genişliği alınarak yapılan frekans analizleri vardır. Bu analizlerde band genişliği, merkez frekansının değerine bağlı olmaksızın her band için aynıdır. Frekans analizinde kullanılan band genişliği azaldıkça analiz daha hassaslaşmakta buna karşılık analizin yapılacağı band sayısı çoğaldığı için analiz süresi artmaktadır.

Gürültü kontrolü amacıyla yapılan frekans analizleri genellikle sabit yüzdeli band genişlikli analizlerdir. Bu tür analizlerin kullanılması analiz zamanını çok büyük

ölçüde azaltır. Öte yandan gürültü ölçümünde sabit yüzdeli band genişliğinin kullanılmasının önemli bir nedeni de kulağın sabit yüzdeli band genişlikli analiz cihazları gibi çalışmasıdır. Bunun anlamı; kulak düşük frekanslarda, küçük frekans farklarına gösterdiği duyarlılığı yüksek frekanslarda ancak daha büyük frekans farklarına gösterir. Bununla birlikte gürültü kontrolü araştırmalarında belirgin frekansların belirlenmesi için ayrıntılı analizlerin gerekli olduğu durumlarda sabit band genişlikli frekans analizi yapılmalıdır. Örneğin; dişli kutuları, jet ve elektrik motorları gibi belirli ve birbirine yakın frekanslarda gürültü yaratan kaynaklarda, gürültünün temel nedenin bulunması ile ilgili araştırmalarda sabit band genişlikli frekans analizi kullanılmaktadır.

Frekans analizi yapan cihazlar ya ölçüm yapılan bandın merkez frekansını belli aralıklarla değiştirerek istenilen frekans bandlarında ayrı ayrı ölçüm yapma özelliğine sahiptirler ya da ölçümün yapıldığı merkez frekansını istenilen bir frekans aralığında düzgün bir şekilde kaydırabilirler. Merkez frekansının otomatik olarak kaydırılabildiği analiz cihazlarında frekans dağılımı kesikli değil sürekli bir eğri olarak elde edilebilir. Bu çeşit cihazlarla yapılan analizlerde önemli olan her frekans bandındaki ölçümün alındığı zamanın yeterince uzun olmasıdır.

Frekans analizi cihazlarının temel prensibi, ölçülen zaman sinyalinin bir filtreden geçirilerek istenilen frekans aralığındaki değerinin bulunması olmakla birlikte benzer sonucu değişik yöntemlerle elde eden cihazlar bulunmaktadır. Şimdiye kadar tartıştığımız frekans analizi cihazları ölçülen sinyalin filtre edilebilmesi temeline dayanmaktadır ve frekans analizi kavramının daha iyi anlaşılması için burada incelenmiştir. Günümüzde bu tür cihazlar yerlerini gerçek zaman analiz cihazları (real time analyzers) adı verilen ve tamamen değişik bir esasa dayanarak benzeri analizi yapan cihazlara bırakmıştır. Bu tür gelişmiş cihazların en önemli farkı, analizin bütün frekanslar için ölçüm süresinde alınan aynı sinyal için yapmasıdır. Bu durum, yapılan tek bir ölçümden elde edilen sinyalin aynı anda bütün filtrelerden ayrı ayrı geçirilmesi şeklinde düşünülebilmektedir. Aslında analiz yöntemi tamamen farklıdır ve sinyalin filtre edilmesi esasına değil, sayısal sinyal işleme yöntemleriyle sinyalin işlenmesi esasına dayanmaktadır. Bu cihazlarla her frekans bandında ölçülen değer aynı sinyal için olduğundan, ölçülen sesin özellikleri zaman içerisinde değişiklik gösterse de bulunan frekans dağılımı anlık olarak hep aynı ses sinyali için olacaktır. Halbuki analog filtre kullanıldığında her frekans bandında analiz için ayrı bir ölçüm yapılması

gerekmekte ve ölçülen sesin özellikleri zaman içerisinde değişiyorsa her frekans bandı için bulunan değer farklı bir ses sinyaline ait olmaktadır. Sayısal sinyal işleme yöntemlerinin kullanılmasıyla hem analiz daha hızlı yapılır, hem de ölçülen bütün frekans bandı değerleri aynı ses sinyaline ait olacağından daha sağlıklı sonuçlar bulunur. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bu cihazlarda, ses belirli bir süre içerisinde sürekli ölçülür ve ardı ardına alınan ses sinyalleri için sinyal analizi yapılarak bunların ortalaması bulunur. Aynı işlem değişik zaman aralıklarıyla tekrarlanarak ölçülen sesin frekans dağılımı özelliklerinin zaman içerisinde nasıl değiştiği incelenebilir. Başlangıçta daha çok laboratuarlarda kullanılan bu tür frekans analizi cihazları, elektronikteki gelişmelerle birlikte, önce portatif hale gelmiş daha sonra gelişmiş ses düzeyi ölçerlerde kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca günümüzde, PC'lere yüklenen bir program ve sinyali PC'ye aktaracak veri toplama kartıyla bir PC'yi frekans analizi cihazı gibi kullanmakta mümkün olmuştur. Tek kanaldan ölçüm yapabilen cihazların yanında aynı anda birden çok kanaldan ölçüm ve dolayısıyla analiz yapabilen frekans analizi cihazları da bulunmaktadır. Tek kanallı cihazlar daha çok ses ölçümlerinde frekans analizi için kullanılırken çok kanallı cihazlar laboratuvar çalışmalarında ve titreşim ölçüm ve analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Frekans analizi için uygun cihazın seçimi önemli bir konudur. Bilinçsiz olarak alınan karmaşık bir cihaz hem gereksiz bir yatırımdır, hem de karmaşıklığı nedeniyle gereksiz yere kullanım zorluğu yaratır. Gerçek zaman analizi yapabilen dar band frekans analizi cihazları, gürültü ölçümünden daha çok laboratuvar cihazı ya da ayrıntılı analiz için gerekli cihazlar olarak düşünülebilir. Endüstriyel gürültü kontrolü amaçlı gürültü ölçümü ve analizi için, oktav ve 1/3 oktav frekans band analizi yapabilen ses düzeyi ölçerler genellikle yeterli olmaktadır. Çevre gürültüsü ölçüm ve analizi için de frekans analizi gerekli olduğunda bu tür portatif cihazlar kullanılmaktadır. Bilgisayarları üzerlerine yüklenen bir yazılım ve ölçülen sinyali toplayıp bilgisayara aktaracak veri toplama cihazı ile birlikte, gelişmiş frekans analizi cihazı olarak kullanılan sistemler son yıllarda yaygınlaşmıştır. Bilgisayarla bütünleşik olanlar ise portatif frekans analizi cihazı olmalarının yanında pek çok fonksiyona da sahiptirler.

Frekans analizinde kullanacağımız cihazların seçiminde, önce analizlerde ne tür band genişliği kullanılması gerektiğine karar vermek gerekir. Genellikle sabit yüzdeli band genişliği tercih edilmektedir. Daha sonra, band genişliğinin en düşük hangi değerde olmasını istediğimizi belirlemek gerekmektedir. Oktav ve 1/3 oktav band

analizleri yeterli olacaksa daha dar bandlarda analiz yapabilen bir cihaza gerek yoktur. Endüstriyel gürültü ve ölçüm analizleri için, çoğunlukla oktav ve 1/3 oktav band analizi yapabilen bir ses düzeyi ölçer yeterli olacaktır. Çevre gürültüsünün değerlendirilmesinde de benzeri bir cihaz gerekebilir. Bununla birlikte, sadece denetim amaçlı kullanımlar için T1 hassasiyetinde bir cihaz yeterlidir ve frekans analizi yapma özelliğinin olmasına da gerek yoktur.

6.1.3.Mikrofonlar

Sesin fiziksel özellikleri çeşitli parametreler cinsinden ölçülebilse de gürültü değerlendirilmesi amacıyla genellikle ses basıncı ölçülmektedir. Ses basıncı ölçüleceği zaman da ölçüm cihazının önemli bir parçasını mikrofon oluşturmaktadır. Mikrofon seçiminde mikrofonun kullanılacağı cihaz için yapımçı firmanın önerileri göz önünde bulundurulmalıdır. Yapımçı firmalar genellikle kullanıcıya yol gösterecek bilgileri de sağlarlar. Mikrofon seçiminde bilinmesi gereken iki önemli konu vardır:

➤ Mikrofon, kullanılacağı çevre koşullarına uygun olmalıdır. Yani, mikrofonun kullanılacağı ortamın nem, sıcaklık, toz ve rüzgar durumunun bilinmesi ve mikrofonun bu ortama uygun olacak şekilde seçilmesi gerekir.

➤ Mikrofonun kullanılacağı amaca uygun teknik özellikleri taşıması gerekir. Bu teknik özelliklerin başında, o mikrofonla ölçülebilecek en düşük ve en yüksek frekanslar gelmektedir. Ayrıca, mikrofonun ölçebileceği en yüksek basınç ile en düşük basınç arasındaki fark olarak tanımlanan dinamik aralık önemli parametredir.

Dinamik aralığı ve ölçüm frekans aralığı geniş olan ve gürültü ölçümleri için gerekli koşulları en iyi şekilde karşılayan mikrofonlar kondensör mikrofonlardır. Çalışma prensibi, elektrik yüklü iki plakanın kapasitansının, plakalar arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişmesine dayanmaktadır. Bu plakalardan biri son derece hafif olan mikrofon diyaframıdır. Ses basıncının değişimine bağlı olarak titreşen diyafram, titreşim genliğiyle orantılı kapasitans değişimine neden olmaktadır. Kapasitans değişimi bir elektrik devresiyle ölçülerek ses basıncının değişimi belirlenir. Mikrofon boyutlarının büyümesi mikrofonun ölçüm hassasiyetini arttırması bakımından iyi olsa da mikrofonun daha geniş frekans bandlarında çalışabilmesi için istenmeyen bir özelliktir. Diyaframın, ölçülecek sesin dalga boyuna göre küçük olması gerekmektedir.

Bu nedenle, çok yüksek frekanslardaki veya yüksek düzeydeki sesler ancak küçük mikrofonlarla ölçülebilir.

Piezoelektrik malzemelerin özelliklerinden yararlanılarak yapılan piezoelektrik mikrofonlar ekonomik ve dayanıklıdır. Genel amaçlı ses düzeyi ölçerlerde kullanılırlar. Mikrofon seçiminde ve kullanımında sesin ölçüleceği ses alanının türü de göz önünde bulundurulmalıdır. Ölçüm yapılacak ortamlar birbirinden çok farklı olabilmektedir. Birinci tür ses alanlarında ses sadece gürültü kaynağından gelip yansımada yoluna devam etmektedir. Bunun tam tersi olan durumda ise sesi yansıtan yüzeyler vardır ve gürültü tek bir kaynaktan bile çıksa birçok yüzeyde yansıtacağı için ölçüm yapılan noktaya değişik yönlerden ses dalgaları gelmektedir. Sesin yansımada alanlarda yapılan ölçümler için serbest alan mikrofonları kullanılması gerekir. Bu durumda sesin yönünün de bilinmesi ve ölçüm sırasında mikrofonun sesin geldiği yöne doğru tutulması gerekir. Yani, mikrofonun diyagramı ses dalgalarının ilerleme yönüne dik olmalıdır. Sesin birçok kez yansıtılarak geldiği durumlarda ses ölçümünde her yönden gelen sese aynı duyarlılığı gösteren mikrofonlar kullanılmalıdır.

6.2. Gürültü Ölçümü

Gürültü ölçümünde izlenecek işlem sırası burada iki ayrı başlık altında verilecektir. İlk kısımda ses düzeyi ölçer üzerinde yapılacak işlemler özetlenecektir. Ses düzeyi ölçerin ölçüm ortamında kullanım şekli ile ilgili işlemler ikinci kısımda anlatılacaktır.

Her gürültü ölçümünden önce ve sonra ses düzeyi ölçer üzerinde yapılması gereken işlem sırası aşağıda verilmiştir;

➤ Ölçüme başlamadan önce ses düzeyi ölçerin içindeki pillerin durumu kontrol edilmelidir. Bu işlem piller takılı durumdayken ses düzeyi ölçerin göstergesi üzerinde imalatçı tarafından verilen kullanım kılavuzu izlenerek yapılmalıdır.

➤ Çoğu ses düzeyi ölçer, içindeki elektronik devreleri aracılığıyla bir elektriksel kalibrasyon sinyali üretir. Bu sinyal mikrofon-yükselteç devresine beslenir. Bunun sonucunda, göstergede ibre sapmakta ya da sayısal değerler gözükmemektedir. Bu sapma göstergede belirtilen sınırlar arasında ise ya da beliren değer imalatçının verdiği değerle aynı ise cihazın elektriksel kalibrasyonu tamamlanmıştır. Eğer farklılıklar varsa kullanım kılavuzunda belirtilen kısımdan kalibrasyonu yapılmaktadır.

➤ Ölçülecek gürültünün özelliklerine bağlı olarak ses düzeyi ölçerin ayar düğmeleri doğru konumlarda tutulmalıdır. Bu işlem için imalatçı firmanın kullanım kılavuzu yakından izlenmelidir.

Ölçüme hazır duruma getirilen ses düzeyi ölçer ile gürültü ölçümleri yapmadan önce aşağıdaki konulara dikkat edilmesi gerekmektedir:

➤ Ölçüm yapmadan önce ölçüm yapılan ortamdaki gürültü kaynakları, yansıtıcı yüzeyler ve ölçüm konumu bir kroki üzerine işlenmelidir.

➤ Ölçüm donanımı öğelerinin marka, tip ve seri numaraları kaydedilmelidir. Ayrıca kullanılan mikrofonun ölçüm özellikleri ya da karakteristiği bilinmelidir.

➤ Ses düzeyi ölçer, ölçüm yapan kişiden kol boyu uzaklıkta kımıldatmadan tutulmalıdır. Böylelikle; ölçülen ses alanına vücudun etkisi, en az düzeyde tutulmuş olacaktır. Mikrofonun yerden yüksekliği, kulak hizasına karşılık gelen 1.2 m ile 1.5 m arasında seçilmelidir.

➤ Ses düzeyi ölçer, sehpa üzerine monte edilerek ölçümler yapılacaksa zeminin titreşimsiz olmasına dikkat edilmelidir. Titreşim etkisinde kalan mikrofonlar, ölçülecek gürültü ile ilgisiz sinyaller üreterek hatalı ölçüme neden olabilmektedir. Ses düzeyi ölçerin yüksek düzeyde gürültü etkisinde kalması durumunda kalibrasyonunda değişiklikler oluşabilmektedir. Bu durumda kalibrasyonun sürekli yinelenmesi zorunlu olmaktadır.

➤ Ölçüm konumu belirlenirken ses düzeyi ölçerin manyetik alanlardan uzak tutulmasına özen gösterilmelidir.

➤ Ölçüm yapılan ortam hafif rüzgarlı bile olsa ölçümleri etkileyebilmektedir. Açık havada ve hava akışı içinde ölçüm alınırken, mikrofon üzerinde özel muhafazasının ya da koruganının takılı olması gerekmektedir. Özellikle kaynaktan 50 m ve daha uzakta ölçüm yapıldığı durumlarda rüzgarın kaynak tarafından esmesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Rüzgar hızının 5 m/sn değerinden düşük olmasına özen gösterilmelidir.

➤ Mikrofonların çok hassas olması nedeniyle tozlu ve nemli ortamlarda ölçüm alınırken kullanım kılavuzunun izlenmesi gerekmektedir. Aynı özen, yüksek sıcaklıktaki ortamlarda ölçüm alınırken de gösterilmelidir.

➤ Ölçüm konumu, yansıtıcı yüzeylerden uzakta seçilmelidir. Konum belirlenirken ilgili standartlara ve yönetmeliklere uyulmalıdır. Örneğin; bir şantiyeden kaynaklanan gürültünün en yakın duvarının 1 m dışında ölçülmesi gereği yönetmelikte belirtilmiştir.

➤ Gürültü ölçümünden önce ve ölçümler tamamlandıktan sonra ortamdaki arka plan gürültüsü ölçülerek kontrol edilmelidir. Eğer ölçülen düzeyler ile arka plan gürültüsü arasındaki fark 10 dB 'den fazla ise herhangi bir işlem yapmaya gerek bulunmamaktadır. Bu fark 10 dB'den az ise desibel çıkarma işlemi ile ölçülen düzeyleri arka plan gürültüsünden arındırmak gerekmektedir. Sözü edilen farkın 3 dB'den az olduğu durumlarda ise güvenilir ölçüm yapma olanağı yoktur.

➤ Ses düzeyi ölçer üzerindeki ayar düğmelerinin konumları seçilirken ölçülecek gürültünün türü göz önünde bulundurulmalıdır. Gürültü düzeyleri çoğunlukla A-ağırlıklı olarak ölçüldüğünden ağırlıklamayı belirleyen düğme dBA konumunda tutulacaktır. Kararlı gürültünün ölçümü söz konusu ise gösterge karakteristiğinin S olarak alınması ve anlık A-ağırlıklı ses düzeylerinin ölçülmesi yeterlidir. Dalgalı, kesikli ve sık aralıklı darbe gürültülerinde F gösterge karakteristiğinde L_{eq} dBA olarak ölçülmelidir. Geçiş gürültüsü tek bir olay ise (örneğin, bir uçak geçişi) SEL konumuyla dBA olarak, trafik gürültüsünde olduğu gibi dalgalı olma özelliğine yaklaşıyorsa L_{eq} ölçümü yapılmalıdır. Tek darbe ve patlama gürültüsü I gösterge konumu ile dBC olarak ölçülmelidir.

➤ Ölçüm tutanağına, yukarıda sözü edilen kroki ile birlikte ölçüm koşulları (sıcaklık, rüzgar, nem vb.), ölçülen gürültü düzeyleri ve frekans çözümlemesi sonuçları (özellikle kararlı gürültünün çözümlenmesinde kullanılmak üzere) kaydedilmelidir (Çalışkan, 2008).

6.3. Gürültü Haritalanması

Gürültü haritaları, gürültü düzeylerinin mekansal dağılımını gösterir. Gürültü haritaları özellikle büyük kentlerde şehir planlama açısından önemli bir parametreyi oluşturur. Gürültü kent ortamının bir parçasıdır ve birçok kaynaktan beslenir. Kentsel gürültü, aşırı düzeylere ulaşip insan eylemlerini ve algılamasını etkilememesi için kontrol altında tutulmalıdır.

Yürürlükte bulunan her türlü sınır değerinin aşılmadığını göstermek amacıyla belirli bir alanda etkilenen kişi ve konut sayısı da dahil olmak üzere mevcut veya gelecekte ortaya çıkabilecek bir gürültü durumu hakkındaki verilerin, gürültü göstergesi kullanılarak söz konusu alanın fiziksel haritası üzerinde standartlara uygun olarak belirtilmesini ifade etmektedir.

Gürültü haritaları, ölçüm ile veya hesap yapılarak çizilebilir. Ölçümlerde farklı kaynakların oluşan gürültüye katkıları bilinmemektedir. Oysa hesap ile çizilen haritalarda farklı kaynakların gürültüye katkısız kolayca anlaşılabilir. Fakat bu hesapları özellikle büyük şehirlerde yapmak için önemli ölçüde bilgisayar gücü ve hafızası gereklidir. Değerlendirilen alanın 3 boyutlu coğrafi modeli çizilmektedir. Toprak, tüm objeler (bina, duvar, köprü.) ve gürültü kaynakları (karayolları, demiryolları, havaalanları, sanayi yapıları) yükseklikleri ile birlikte işlenmektedir. Genellikle GIS (coğrafi bilgi sistemi) kullanılır. Gürültü haritası, coğrafi haritanın üzerine koyulan bir bilgi tabakasıdır. Gürültü kaynaklarının (karayolları, demiryolları, havaalanları, sanayi yapıları, şantiye vb.) her noktadaki yayılım hesaplarını gösterir. Şehirlerde haritanın amacına, alanın ve nüfusun yoğunluğuna göre bu hesaplar, 5–30 m arasındaki grid boşluklarında yapılmaktadır.

6.3.1. Çevresel Gürültü Direktifi (ÇDG)'nin Amaçları

- Çevresel gürültü tahmini için gürültü haritaları hazırlamak,
- Gürültüye maruz kalma ve etkileri hakkındaki bilgilerin topluma ulaşmasını sağlamak,
- Gerekli olan yerlerde gürültünün azaltılması,
- Gürültü düzeyi iyi olan yerlerde çevresel gürültü kalitesinin korunması için eylem planları hazırlamak ve
- Çevresel gürültünün üstesinden gelebilmek için gelecekteki AB çalışmalarına temel oluşturmaktır.

Kaynak bilgileri (trafik yoğunluğu, araçlar ya da uçaklar, sanayi planı, gürültü düzeyleri, oktav band spektrumu vb.), yayılım bilgileri (yol yüzeyi, ray, toprak yüzeyi, bina cephelerinin akustik özellikleri vb.), meteorolojik bilgi ve diğer bilgiler, her konumun gürültü seviyesinin belirlenmesinde etkilidir.

Grafik gürültü haritaları 5 dB'lik aralıklarla gürültü alanlarını ya da gürültü eğrilerini gösterebilir. Buna uygun renk kodları kullanılmalıdır. ISO 1996 Akustik-Çevresel gürültünün tanımı ve ölçümü, uygun bir renk kodu önermektedir. Yönetmelik 2002/49/EC, gürültü haritalarının gündüz (07:00–19:00), akşam (19:00–22:00) ve gece (22:00–07:00) olarak 3 ayrı dönem için hazırlanmasını öngörmektedir.

6.3.2. Avrupa Birliği'nde Gürültü Haritalarının Hazırlanma Nedenleri

Gürültü göstergeleri ve değerlendirme yöntemleri uyumunun sağlanması için gürültü haritaları hazırlanmaktadır. Gürültü göstergeleri ve değerlendirme yöntemlerini temel olarak toplama, önemli yollar, önemli tren yolları ve önemli havaalanları için gürültü haritalarının ve eylem planlarının hazırlanması gerekmektedir. ye lkeler tarafından genel gürültü göstergeleri için hedef konulması amaçlanmıştır. Kamuoyuna gürültü haritaları ve eylem planları hakkında bilgi verilmesi için gürültü haritalarının hazırlanması gerekmektedir.

6.3.3. Gürültü Haritalarının Amacı

İlk olarak gürültü göstergeleri ve değerlendirme yöntemlerinin uyumunun sağlanması için araştırma yapılır, çünkü çevresel gürültüyü tanımlamak ve değerlendirmek için birçok yöntem vardır. İkinci olarak gürültü göstergeleri ve değerlendirme yöntemlerini kullanarak gürültü haritaları hakkında bilgi toplanır. nc olarak yönetim tarafından oluşturulan bilgilerin kamu tarafından elde edilmesini amaçlanır. Bu bilgiler, yerel düzeyde eylem planlarının temelini oluşturur. Eşit olarak, bu ve bunun birleştirilmiş etkileri Avrupa Birliği düzeylerinin geliştirilmesi ve amaçlara ulaşmak için Avrupa Birliği strateji ve ölçümlerinin planlanması ana amaçların temelini oluşturur. Maliyet-kazanç ve maliyet-etkinlik çalışmaları, bu strateji ve ölçümlerin optimize edilmesi için kullanılmaktadır. Ses kaynakları ile ilgili bir strateji çevresel gürültünün azaltılması için etkililik göz önünde bulundurulacak geliştirilecektir.

6.3.4. Gürültü Haritalamasında alışma Aşamaları

Veri toplanması; veri düzenlemesi, hesaplama ve gürültü haritalarının hazırlanması olarak üç aşamada incelenmektedir.

Veri toplanması iki Şekilde yapılmaktadır. Kaynak verileri karayolları, demiryolları ve havaalanları için Ulaştırma Bakanlığı, belediye sınırları içinde belediyenin sorumluluğunda olan karayolları için ilgili belediye tarafından temin edilmektedir. Endüstri tesisi, liman, atölye imalathane ve eğlence yeri için veriler

işletmecileri tarafından temin edilmektedir. Diğer bir veri toplanması ise alan verilerinin (gürültü kaynakları dışındaki tüm veriler) toplanmasıdır. Belediye sınırları içinde ilgili belediyesi, belediye sınırları dışında İl Özel İdareleri verileri temin etmektedir.

6.3.5. Yararlar ve Zararlar

Çevresel gürültüye bağlı AB'deki yıllık finansal zarar tahmini 10-40 milyar Euro'luk bir aralığı kapsamaktadır. Ekonomik zarara katkıda bulunan örnekler; ev fiyatlarında azalma, sağlık masrafları, toprak kullanımındaki azalmış imkanların masrafları ve kayıp iş günlerinin masrafıdır. Bütün bunlar direktifteki önerilen tüm etki ve sesleri kapsamaz. Sonuç olarak; çevresel gürültünün vermiş olduğu gerçek zarar yayınlanmış çalışmalarda belirtildiğinden daha büyük bile olabilir. Gidişat gürültü probleminin çok daha fazla artacağını, nüfus ve trafik artımından dolayı gelecek ölçümlerinin çok daha pahalı hale geleceğini göstermektedir. Ayrıca gidişat 100 milyon civarındaki halkın düşük sağlık kalitesinin gelişmeyeceğini ve yıllık 10-40 milyar Euro'luk ekonomik zararın azalmayacağını göstermektedir. Bu aşamada önerenin yürütülmesi ile ilgili olan masraflar ve kazançlar konusunda tam bir tahmin yapabilmek mümkün değildir. Bu lokal, ulusal ve tüm Avrupa düzeyinde geliştirilmiş plan ve stratejilerin tümüne bağlıdır. Diğer bir masraf da gürültü haritasının çıkarılması ve aglomerasyonlardaki eylem planlarının oluşturulmasıdır. Birçok farklı duruma bağlı olmak kaydıyla gürültü haritasının çıkarılması konut başına 0.15-2 Euro'ya mal olmaktadır. İlk gürültü haritalarının maliyeti, 50-75 milyon Euro olarak tahmin edilmiştir. Yıllık bazda 10-15 milyon Euro'dur. Eylem planında kesin bir bilgi sunulmamıştır, fakat bunların büyüklük sıralamalarının aynı olduğunu varsaymak mümkündür. Ayrıca birkaç üye ülke ve şehir zaten gürültü haritaları ve eylem planları yapmış durumdadır. Buna bağlı olarak gürültü haritaları ve eylem planlarının tekrar yapımı ilk maliyetten daha ucuz ve maliyetlerin önergedeki artışı 10-20 milyar Euro kadar olacaktır. Yukarıda bahsedilenleri hesaba katarsak haritalandırma ve eylem planı masrafındaki yıllık yükseliş önerilen direktif doğrultusunda 30-40 milyon Euro olarak tahmin edilmektedir. Bu, yıllık çevresel gürültü zararının %0.1'ine denk gelmektedir. Bilgilere göre maliyetin ve kazançların en büyük kısmı değişik düzeylerdeki eylem planları ile ilgilidir ve bugünden bunlar tahmin edilememektedir.

6.4. Stratejik Gürültü Haritası

Belirli bir alan dahilinde, farklı kaynaklardan yayılan gürültü etkilerini bir bütün olarak değerlendirmek veya bu tür bir alanın tüm kaynaklar ve fiziksel çevre faktörleri hesaba katılarak değerlendirilmesi için hazırlanan ve tasarımılanan bir haritayı ifade etmektedir.

Stratejik gürültü haritalandırması amacı öncelikle üç aşamalıdır;

- Gürültü politikasının ilerideki gelişimine yardım etmek için maruz kalınan gürültünün stratejik tahmini ile birlikte verilmesi,
- Maruz kalınan gürültü hakkında yerel, ulusal ve uluslar arası düzeyde kamuya ve karar veren mercilere bilgi verilmesi,
- Eylem planlarının geliştirilmesidir.

Stratejik gürültü haritalarının hazırlanmasında aşağıdaki esaslara uyulur:

➤ En geç 30.06.2013 tarihine kadar iki yüz elli binden fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanları, yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yolları, yılda altmış binden fazla trenin geçtiği ana demir yolları, yılda elli binden fazla hareketin gerçekleştiği ana hava alanları için bir önceki takvim yılındaki durumu gösteren stratejik gürültü haritaları hazırlanır.

➤ En geç 30.06.2011 tarihine kadar ve daha sonra her beş yılda bir stratejik gürültü haritası hazırlanması zorunlu olan, yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yolları yılda altmış binden fazla sayıda trenin geçtiği ana demir yolları, ana hava alanları ve iki yüz elli binden fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanları Bakanlığa bildirilir.

Stratejik gürültü haritası verilen alanda farklı gürültü kaynaklarına göre maruz kalınan gürültünün evrensel değerlendirmesini veya verilen alanda ayrıntılı tahminler yapmak için tasarlanan harita anlamına gelmektedir. Stratejik gürültü haritalandırması amaçları için gereken girdi verileri edinimi (özellikle kaynakla ilişkili ve coğrafik) ve gürültü etkisi verilerinin üretimi üye ülkeler için ana görev olmalıdır. Bazı hallerde üye ülkeler tarafından gerçek veriler (doğrudan ölçülerek veya modelleme teknikleri kullanılarak tahmin edilen veriler) elde edilemeyebilir.

6.4.1. Stratejik Gürültü Haritasında GIS Sistemi Kullanmanın Özellikleri ve Avantajları

Büyük ölçüdeki akustik benzer veriler farklı yönetimlerden alınarak merkezileştirilmekte ve karar vermede bu farklı düzeyler tek coğrafik tabanlı veritabanı haline gelmektedir.

Gelişen kontrol ve daha iyi anlayışla verilerin kalitesi, doğruluğu ve tamamlılığı artmaktadır. GIS sistemindeki verilerin yönetimi tek standart kaynak verisi sağlar. Eğer veri ve bilgi akışı iyi organize edilirse veri yönetimi merkezileşerek yönetiminde gelişme olacaktır. GIS verilerinin coğrafik tabanlı olmasından dolayı verilerin kullanılabilirliği artacaktır. GIS ile gürültü haritası yazılımının bağlantılı olması çevresel darbe gürültüsünde hızlı ve doğru ulaşımı sağlamaktadır. GIS ile gürültü haritası yazılımının birleşmesiyle planlamada ve gürültü tetikleyici karar verme bilgi sisteminde gelişim sağlamaktadır. GIS'deki veri sunumu en etkin şekilde halk için bilgi hazırlanmasında etkili olmaktadır.

6.4.2. Stratejik Gürültü Haritalama İçin Asgari İhtiyaçlar

Stratejik Gürültü Haritası aşağıda belirtilen konulardan herhangi birine yönelik verilerin sunuşunu içermektedir. Bunlar:

- Bir gürültü göstergesi cinsinden mevcut, önceki veya öngörülen bir gürültü durumu,
- Bir sınır değerinin aşılması,
- Bir gürültü göstergesinin belirli değerlerine maruz kalan belli bir alandaki konut, okul ve hastanelerin tahmini sayısı ve

- Gürültüye maruz kalan bir alanda ikamet eden tahmini insan sayısıdır.

Stratejik Gürültü Haritaları kamuoyuna:

- Coğrafi paftalar,
- Çizelgeler halindeki rakamsal veriler ve
- Elektronik form halindeki rakamsal veriler şeklinde sunulmaktadır.

Yerleşim alanlarının Stratejik Gürültü Haritalarında:

- Kara yolu trafiği,
- Demir yolu trafiği,

- Hava alanları ve
- Limanlar dahil, endüstri, eğlence ve rekreasyon, imalathane vb. gibi faaliyetlerin yapıldığı alanlardan yayılan gürültüler için ayrı ayrı hazırlanacaktır.

Stratejik Gürültü Haritaları aşağıda belirtilen amaçlar için kullanılacaktır. Bu amaçlar,

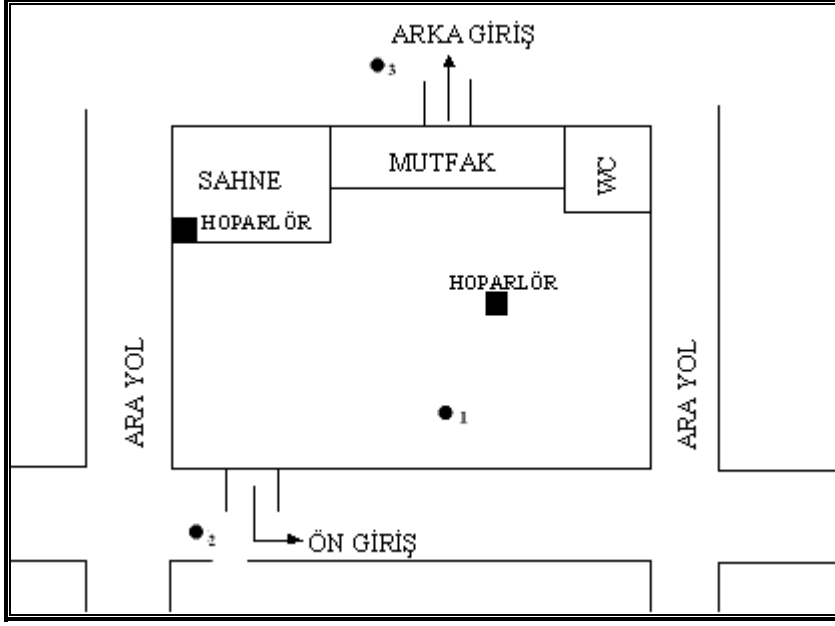
- Stratejik Gürültü Haritalarının yukarıda sıralanan her bir amaca uygun olarak hazırlanması ve
- Kamuoyu için bir bilgi kaynağı olarak kullanılması şeklindedir (Demirkale ve ark., 2008).

7. MATERYAL VE YÖNTEM

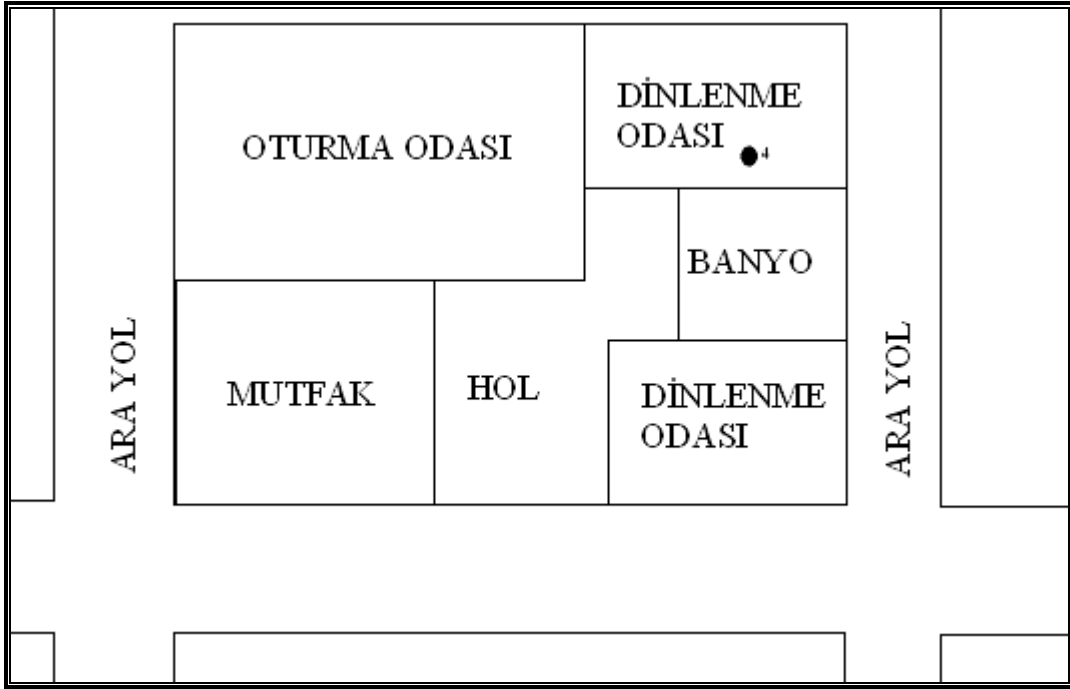
7.1. Tesis Özellikleri

Bu çalışmada Samsun İli Merkezinde bulunan işletmede gürültü ölçümleri ve buna bağlı olarak frekans analizi yapılmıştır. İşletmenin bulunduğu 5 katlı bina 1998 yılında inşa edilmiştir. Bu binanın zemin katı işletmeye aittir ve üzerinde bulunan 4 kat konut olarak kullanılmaktadır. Bina içerisinde her katta tek daire bulunmaktadır. Binanın tamamı betonarme yapıdan oluşmaktadır ve bina üzerinde herhangi bir yalıtım malzemesi kullanılmamaktadır. İşletme 140 m²'lik kapalı alana sahiptir ve işletmede açık alan bulunmamaktadır. 140 m²'lik kapalı alanı bulunan işletme 40 kişilik oturma kapasitesine sahiptir. İşletme içerisinde 1 adet mutfak, 2 adet lavabo ve 20 m² alanı olan sahne bulunmaktadır ve Şekil 7.1'de gösterilmiştir.

Samsun ili Merkezinde bulunan işletme eğlence amaçlı çalışmakta olup işletmede canlı müzik yapılmaktadır. İşletme "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"nde Madde-4'de belirtilen çok hassas kullanımların bulunduğu ortamda yer almaktadır. Yönetmeliğe göre; çok hassas kullanımlar konutlar, eğitim, kültür alanı ve yapıları, sağlık tesisleri, otel ve dinlenme tesisleri, parklar gibi kullanım alanlarıdır. İşletme beton blok yapı olup üst katında konut yan tarafında ise ticari faaliyet gösteren işletmeler bulunmaktadır. İşletme içerisinde gürültüye neden olan 600 Watt gücünde 2 adet hoparlör bulunmaktadır ve bu hoparlörlerin konumları Şekil 7.2'de gösterilmiştir. İşletme elektronik ses sistemlerini devreye aldığı anda kapı ve pencerelerini kapalı tutmaktadır. Bu nedenle işletme içerisinde ses iletimine duvarlar neden olmaktadır.



Şekil 7.1. İşletme Alanının Krokisi



Şekil 7.2. İşletme Alanı Üzerinde Bulunan Konut Krokisi

7.2. Ölçüm Düzenegi

Bu çalışmada Şekil 7.3’de görüldüğü üzere, **SVAN-957** tip 1 doğruluğuna sahip olan ve (IEC 651, IEC 804 ve IEC 61672-1 standartlarına göre) bir ses derece sayacı (SLM) dijital geçirim bandı filtreleri ile paralel işleyen 1/1 oktav ve 1/3 oktav gerçek zaman analizörünün (real time analyser) kombinasyonundan oluşan bir cihaz kullanılmıştır.



Şekil 7.3. SVAN-957 Tip Ses Ölçer Cihazı

İşletmede TS 9798 (ISO 1996-2) ve TS 9315 (ISO 1996-1) standartlarına göre ölçümler yapılmıştır. Mikrofon konumu olarak işletme içerisinde Şekil 7.3’de gösterilen noktalar ve işletmenin üst katında bulunan konuta ait olan dinlenme odaları seçilmiştir. Ölçüm noktalarında 1/3 oktav bandı kullanılarak ölçüm yapılmıştır.

Ölçümler işletmenin içerisinde ön ve arka girişinde ve üst kattaki konutun dinlenme odasında olmak üzere dört farklı noktada, işletme çalışırken ve çalışmazken olmak üzere iki farklı zamanda yapılmıştır. İşletmede canlı müzik 20.00 ve 00.30 saatleri arasında yapıldığından işletme çalışırken yapılan ölçümler bu saatler arasında gerçekleştirilmiştir.

İşletmenin içerisinde yapılan ölçümlerde, ölçüm noktası standartlara uygun olarak duvarlardan 3.5 m uzaklıkta ve zeminden 1.5 m yükseklikte seçilmiştir.

İşletmenin ön ve arka girişlerinde yapılan ölçümlerde, ölçüm noktaları standartlara uygun olarak binanın dış cephesinden 1.5 m uzaklıkta ve zeminden 1.3 m yukarıda seçilmiştir. Yansıma yüzeylerinin etkisini minimuma indirmek için mikrofonun TS 9798 standardına uygun olarak açık bir pencerenin 0.5 m önüne yerleştirilmiştir. Ön ve arka girişlerde ölçümler açık havada yapıldığı için mikrofon üzerine özel muhafazası yerleştirilmiştir. Rüzgar hızının 5 m/sn değerinden düşük olduğu şartlarda ölçüm yapılmasına özen gösterilmiştir.

İşletmenin üst katında bulunan konutun dinlenme odasında yapılan ölçümlerde, ölçüm noktası standartlara uygun olarak duvarlardan 1.5 m uzaklıkta ve zeminden 4 m yükseklikte seçilmiştir.

7.3. Hesaplamalar ve Kullanılan Eşitlikler

İşletme Gürültüsü (L_S) Hesabı

$$L_S = L_{N+S} - L_N = 10 \log(10^{L_{N+S}/10} - 10^{L_N/10}) \quad (7.1)$$

Burada;

L_S = İşletme gürültüsü (dB),

L_N = İşletme arka plan gürültüsü (dB) ve

L_{N+S} = İşletme gürültüsü + İşletme arka plan gürültüsüdür.

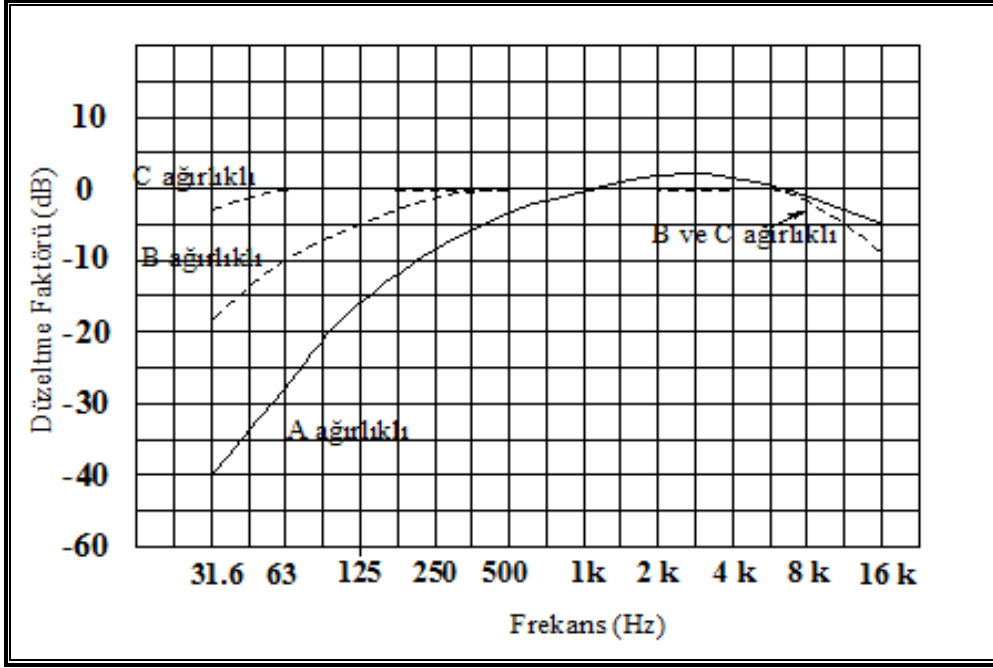
Kütle Kanunu (TL) Hesabı

$$TL = 20 \log f - 20 \log W - 47 \quad (7.2)$$

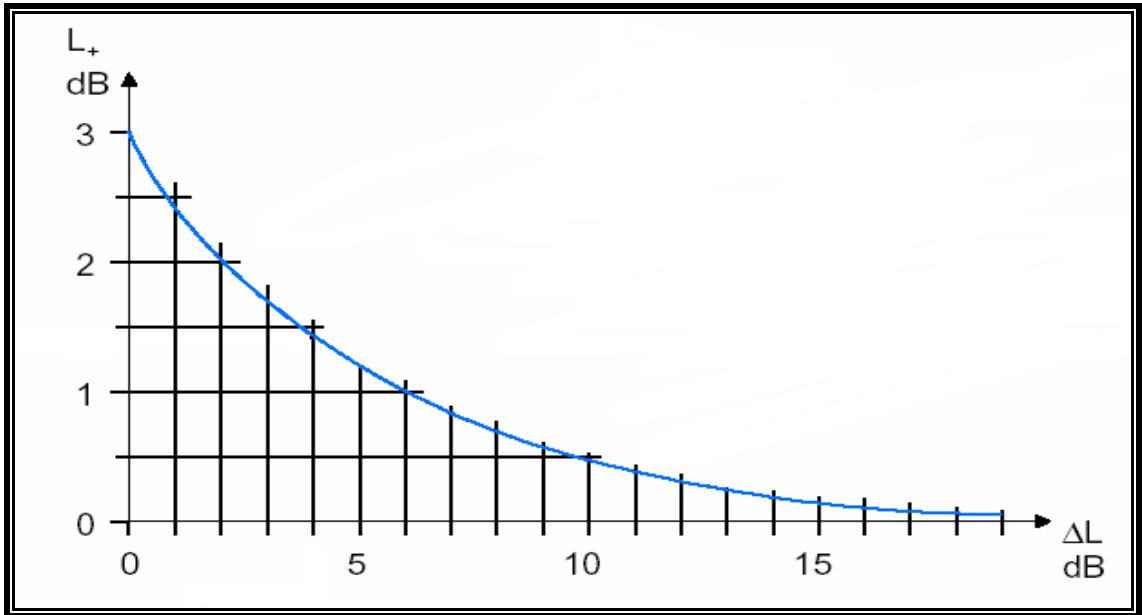
Burada;

f = Frekans

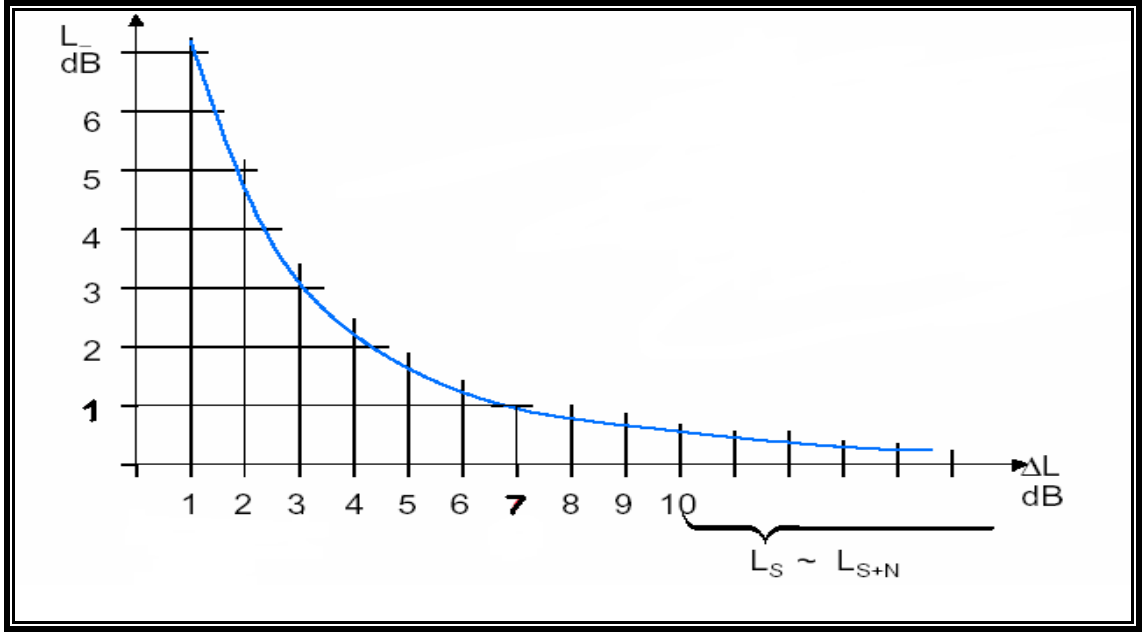
W = Malzemenin yoğunluğudur.



Şekil 7.4. A, B ve C Ağırlıklı Ses Düzeyleri İçin Çevirim Eğrileri (Özgüven,2008)



Şekil 7.5. Desibellerle Toplama Eğrisi (Özgüven,2008)



Şekil 7.6. Desibellerle Çıkarma Eğrisi (Özgüven,2008)

8. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Samsun İli Merkezinde eğlence amaçlı çalışmakta olan bir işletmenin çevresel gürültü seviyesi değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin sonucu "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"nde belirtilen sınır değerlerle karşılaştırılmış ve işletmenin gürültü seviyesinin bu değerlerin üstünde olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerin ilgili yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin altına indirilmesi amacıyla frekans analizi yapılmış ve işletmede kullanılacak yalıtım malzemesinin özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen yalıtım malzemesinin işletmeye montajından sonra tekrar çevresel gürültü seviyesi ölçümü yapılmıştır. Bu ölçüm sonuçları ve değerlendirmeler aşağıda detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

8.1. İşletmenin Çevresel Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi

Ses yalıtımı malzemesi kullanılmadan yapılan ölçümler işletmenin içerisinde, ön ve arka girişinde ve üst kattaki konutun dinlenme odasında (yatak odası) olmak üzere dört farklı noktada, işletme çalışırken ve çalışmazken olmak üzere iki farklı zamanda yapılmıştır. İşletmede canlı müzik 20.00 ve 00.30 saatleri arasında yapıldığından işletme çalışırken yapılan ölçümler bu saatler arasında gerçekleştirilmiştir.

8.1.1. İşletme İçerisinde Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi

İşletmenin içerisinde yapılan ölçümlerde, ölçüm noktası standartlara uygun olarak duvarlardan 3.5 m uzaklıkta ve zeminden 1.2 m yükseklikte seçilmiştir. 20.00 ve 00.30 saatleri arasında işletme içerisinde, maksimum gürültü düzeyi 101.3 dBA ve 112.5 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 84.5 dBA ve 92.3 dBC olarak ölçülmüştür. İşletme içerisinde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 95.4 dBA ve 103.2 dBC'dir. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.1'de verilmiştir.

Tablo 8.1. İşletme İçerisinde 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		İşletme içi	Yansıma Yüzeyle rine Olan Uzaklık (m)
1	95.4	101.3	84.5	103.2	112.5	92.3		3.5	1.2

İşletme içerisinde arka plan gürültüsü (canlı müziğin yapılmadığı saatler) ölçümlerinde, maksimum gürültü düzeyi 73.2 dBA ve 76.2 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 42.6 dBA ve 53.6 dBC olarak ölçülmüştür. İşletme içerisinde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 49.8 dBA ve 56.9 dBC'dir. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.2' de verilmiştir.

Tablo 8.2. İşletme İçerisinde Arka Plan Gürültüsü dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		İşletme içi	Yansıma Yüzeylerine Olan Uzaklık (m)
1	49.8	73.2	42.6	56.9	76.2	53.6		3.5	1.2

Tablo 8.3. İşletme İçerisindeki Gürültü Değerleri

Ölçüm Noktası	Gürültü Parametreleri	Gürültü Değerleri	
		(dBA)	(dBC)
1	İşletme gürültüsü +Arka plan gürültüsü (L_{N+S})	95.4	103.2
	Arka plan gürültüsü (L_N)	49.8	56.9
	İşletme gürültüsü (L_S)	95.3	103.1

İşletme içerisinde yapılan ölçümlerde L_{N+S} , Tablo 8.1’de gösterilen L_{eq} değeridir. L_N ise Tablo 8.2’de gösterilen L_{eq} değeridir. L_S değeri 95.3 dBA ve 103.1 dBC olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 8.1). 07.03.2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" kapsamında işletme içerisinde yapılacak olan ölçümler için bir sınır değeri belirtilmemiştir.

8.1.2. İşletme Ön Girişindeki Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi

İşletmenin ön giriş kapısının önünde yapılan ölçümlerde, ölçüm noktası standartlara uygun olarak duvarlardan 3.5 m uzaklıkta ve zeminden 1.2 m yükseklikte seçilmiştir. 20.00 ve 00.30 saatleri arasında işletmenin ön giriş kapısı önünde, maksimum gürültü düzeyi 89.3 dBA ve 108.6 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 59.7 dBA ve 76.3 dBC olarak ölçülmüştür. İşletme ön giriş kapısı önünde yapılan ölçümde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 78.6 dBA ve 90.3 dBC’dir. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.4’ de verilmiştir.

Tablo 8.4. İşletme Ön Girişi 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		İşletme Ön Girişi	Yansıma Yüzeylerine Olan Uzaklık (m)
2	78.6	89.3	59.7	90.3	108.6	76.3		3.5	1.2

İşletme giriş kapısı önünde yapılan arka plan gürültüsü (canlı müziğin yapılmadığı saatler) ölçümlerinde, maksimum gürültü düzeyi 79.6 dBA ve 81.6 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 49.7 dBA ve 51.4 dBC olarak ölçülmüştür. İşletme ön giriş kapısı önünde yapılan ölçümde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 56.7 dBA ve 61.7 dBC'dır. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.5' de verilmiştir.

Tablo 8.5. İşletme Ön Girişi Arka Plan Gürültüsü dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		İşletme Girişi	Yansıma Yüzeylerine Olan Uzaklık (m)
2	56.7	79.6	49.7	61.7	81.6	51.4	Arka Plan	3.5	1.2

İşletme ön girişinde yapılan ölçümlerde L_{N+S} , Tablo 8.4’de gösterilen L_{eq} değeridir. L_N ise Tablo 8.5’de gösterilen L_{eq} değeridir. L_S değeri 78.5 dBA ve 90.2 dBC olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 8.1). Gürültü değerleri Tablo 8.6’da verilmiştir.

Tablo 8.6. İşletme Ön Girişindeki Gürültü Değerleri

Ölçüm Noktası	Gürültü Parametreleri	Gürültü Değerleri	
		(dBA)	(dBC)
2	İşletme gürültüsü +Arka plan gürültüsü (L_{N+S})	78.6	90.3
	Arka plan gürültüsü (L_N)	56.7	61.7
	İşletme gürültüsü (L_S)	78.5	90.2

İşletme içerisinde 20.00 ve 00.30 saatleri arasında yapılan ölçümler ve arka plan gürültüsü ölçümleri arasındaki fark (L_S-L_N) 21.8 dBA ve 28.5 dBC olarak hesaplanmıştır. Bu değerler 07.03.2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"nde Madde-24 (a) bendinde belirtilen sınır değerlerin üstündedir.

8.1.3. İşletme Arka Girişindeki Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi

İşletmenin arka giriş kapısının önünde yapılan ölçümlerde, ölçüm noktası standartlara uygun olarak duvarlardan 3.5 m uzaklıkta ve zeminden 1.2 m yükseklikte seçilmiştir. 20.00 ve 00.30 saatleri arasında işletme içerisinde, maksimum gürültü düzeyi 99.7 dBA ve 98.6 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 61.8 dBA ve 64.8 dBC olarak ölçülmüştür. İşletme arka giriş kapısı önünde yapılan ölçümde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 79.8 dBA ve 84.1 dBC’dir. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.7’ de verilmiştir.

Tablo 8.7. İşletme Arka Girişindeki 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		İşletme Arka Girişi	Yansıma Yüzeylerine Olan Uzaklık (m)
3	79.8	99.7	61.8	84.1	98.6	64.8		3.5	1.2

İşletme arka giriş kapısı önünde yapılan arka plan gürültüsü (canlı müziğin yapılmadığı saatler) ölçümlerinde, maksimum gürültü düzeyi 68.8 dBA ve 78.9 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 46.7 dBA ve 57.4 dBC olarak ölçülmüştür. İşletme arka giriş kapısı önünde yapılan ölçümde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 57.3 dBA ve 65.4 dBC'dir. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.8' de verilmiştir.

Tablo 8.8. İşletme Arka Girişindeki Arka Plan Gürültüsü dBA Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		İşletme Arka Girişi	Yansıma Yüzeylerine Olan Uzaklık (m)
3	57.3	68.8	46.7	65.4	78.9	57.4	Arka Plan	3.5	1.2

İşletme arka giriş kapısı önünde yapılan ölçümlerde L_{N+S} , Tablo 8.7'de gösterilen L_{eq} değeridir. L_N ise Tablo 8.8'de gösterilen L_{eq} değeridir. L_S değeri 79.7

dBA ve 84.1 dBC olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 8.1). Gürültü değerleri Tablo 8.9'da verilmiştir.

Tablo 8.9. İşletme Arka Girişindeki Gürültü Değerleri

Ölçüm Noktası	Gürültü Parametreleri	Gürültü Değerleri	
		(dBA)	(dBC)
3	İşletme gürültüsü +Arka plan gürültüsü (L_{N+S})	79.8	84.1
	Arka plan gürültüsü (L_N)	57.3	65.4
	İşletme gürültüsü (L_S)	79.7	84.1

İşletme içerisinde 20.00 ve 00.30 saatleri arasında yapılan ölçümler ve arka plan gürültüsü ölçümleri arasındaki fark (L_S-L_N) 22.4 dBA ve 18.6 dBC olarak hesaplanmıştır. Bu değerler 07.03.2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"nde Madde-24 (a) bendinde belirtilen sınır değerlerin üstündedir.

8.1.4. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisindeki Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi

İşletmenin üst katındaki konutta yapılan ölçümlerde, ölçüm noktası standartlara uygun olarak duvarlardan 3.5 m uzaklıkta ve zeminden 1.2 m yükseklikte seçilmiştir. 20.00 ve 00.30 saatleri arasında işletmenin üst katındaki konut içerisinde, maksimum gürültü düzeyi 68.1 dBA ve 78.1 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 40.3 dBA ve 48.6 dBC olarak ölçülmüştür. İşletmenin üst katında bulunan konut içerisinde yapılan ölçümde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 57.6 dBA ve 63.8 dBC'dir. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.10' da verilmiştir.

Tablo 8.10. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisinde 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		İşletmenin Üst Katındaki Konut	Yansıma Yüzeylerine Olan Uzaklık (m)
4	57.6	68.1	40.3	63.8	78.1	48.6		3.5	1.2

İşletmenin üst katında bulunan konut içerisinde yapılan arka plan gürültüsü (canlı müziğin yapılmadığı saatler) ölçümlerinde, maksimum gürültü düzeyi 52.6 dBA ve 62.5 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 28.7 dBA ve 36.7 dBC olarak ölçülmüştür. İşletmenin üst katında bulunan konut içerisinde yapılan ölçümde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 39.4 dBA ve 42.6 dBC'dir. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.11' de verilmiştir.

Tablo 8.11. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisinde Arka Plan Gürültüsü dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		İşletmenin Üst Katındaki Konut Arka Plan	Yansıma Yüzeylerine Olan Uzaklık (m)
4	39.4	52.6	28.7	42.6	62.5	36.7		3.5	1.2

İşletmenin üst katında bulunan konut içerisinde yapılan ölçümlerde L_{N+S} , Tablo 8.10'da gösterilen L_{eq} değeridir. L_N ise Tablo 8.11'de gösterilen L_{eq} değeridir. L_S değeri 57.5 dBA ve 63.7 dBC olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 8.1). Gürültü değerleri Tablo 8.12'de verilmiştir.

Tablo 8.12. İşletme Üst Katındaki Konut İçerisindeki Gürültü Değerleri

Ölçüm Noktası	Gürültü Parametreleri	Gürültü Değerleri	
		(dBA)	(dBC)
4	İşletme gürültüsü +Arka plan gürültüsü (L_{N+S})	57.6	63.8
	Arka plan gürültüsü (L_N)	39.4	42.6
	İşletme gürültüsü (L_S)	57.5	63.7

İşletme üst katında bulunan konut içerisinde 20.00 ve 00.30 saatleri arasında yapılan ölçümler ve arka plan gürültüsü ölçümleri arasındaki fark (L_S-L_N) 21.1 dBA ve 18.1 dBC olarak hesaplanmıştır. Bu değerler 07.03.2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"nde Madde-24 (a) bendinde belirtilen sınır değerlerin üstündedir.

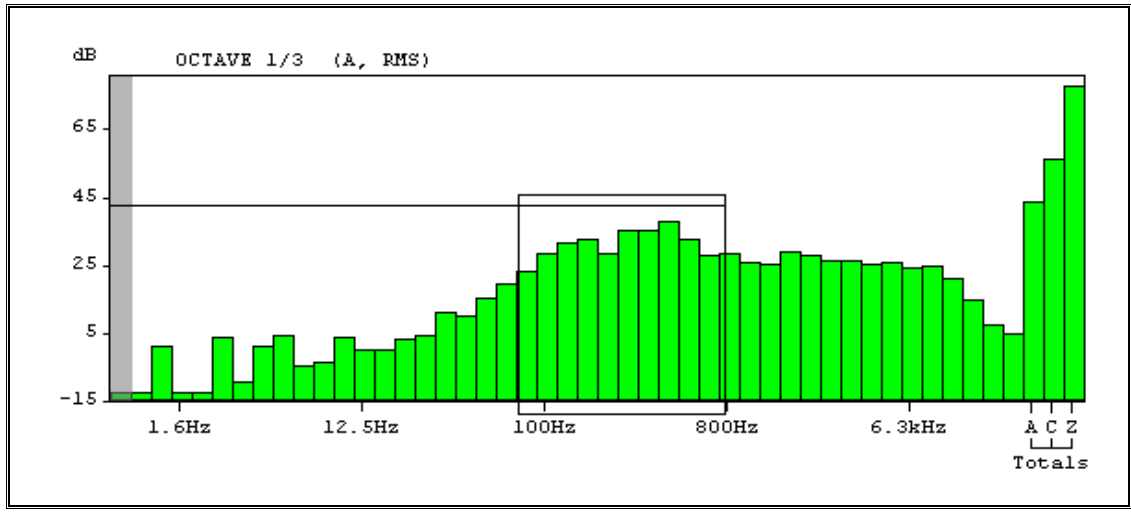
07.03.2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi Yönetmeliği"nin Madde-24 (a) bendine göre yapılan ölçüm sonuçları sınır değerleri aşmaktadır. Gürültü seviyesinin yönetmelikte belirtilen sınır değerlere uygun hale getirilmesi için işletme içerisinde ses yalıtımı yapılması gerekmektedir. Ses yalıtımında kullanılması gereken yalıtım malzemesinin uygun şekilde seçilebilmesi için işletmede frekans analizi yapılmıştır.

8.2.İşletmede Yapılan Frekans Analizi

Bu çalışmada yapılan frekans analizi işletme içerisinde tek bir noktada ve işletme çalışır durumdayken yapılmıştır. Frekans analizi ölçümü akşam 2 saat'lik zaman

diliminde ve 1/3 oktav bandında ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümler SVAN-957 cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

İşletme içerisinde yapılan frekans analizi ölçümünde standartlara uygun olarak ölçüm noktası duvardan 3.5 m uzaklıkta ve zeminden 1.2 m yükseklikte tek bir noktada ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonucu SVAN-957 cihazından alınan veri Şekil 9.1’de verilmiştir.



Şekil 8.1. Frekans Analizi Grafiği

Yapılan bu ölçümde Şekil 9.1’de gösterildiği gibi 100 Hz ile 800Hz arasındaki frekans değerleri oldukça fazladır. Bu nedenle işletme içerisinde yapılan ses yalıtımında 100 Hz ile 800 Hz frekans değerlerini gidermek için ses yutucu özelliği olan ses yalıtım malzemeleri kullanılması gerekmektedir. Ses yalıtım malzemesi olarak 5 cm kalınlığında ve 22 kg/m^3 yoğunluğunda olan cam yünü malzemesi kullanılmıştır. Frekans analizinde belirtilen frekans değerlerinin giderilmesi için insan kulağının duyarlılığı olduğu 1000 Hz frekans esas alınarak kütle kanunu hesabı yapılmıştır. Kütle kanunu ile 5 cm kalınlığında ve 22 kg/m^3 yoğunluğunda kullanılan cam yünü malzemesinin gürültü yutuculuk değeri dBA cinsinden teorik olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler Tablo 8.13’de verilmiştir.

Tablo 8.13. KütLe Kanunu

Frekans	Cam Yünü		KütLe Kanunu (TL) (dBA)
	ρ (kg/m ³)	Kalınlığı (m)	
1000	22	0.05	33.82

İnsan kulağının duyarlı olduğu 1000 Hz frekans için işletme içerisine 5 cm kalınlığında uygulanan cam yünü malzemesinin TL değeri 33.82 dBA olarak bulunmuştur.

Elde edilen TL değeri işletmede yapılan yalıtımın yeterli olacağını göstermektedir. 5 cm kalınlığında cam yünü malzemesi ile yalıtım yapılan işletme içerisinde yalıtımın yeterli olduğunu belirlemek için işletme içerisinde ve işletmenin üst katında bulunan konutun dinlenme odasında ölçümler tekrar yapılmıştır.

8.2.1. İşletme İçerisinde Ses Yalıtımı Sonrası Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi

İşletmenin içerisinde ses yalıtımı sonrası yapılan ölçümlerde, ölçüm noktası standartlara uygun olarak duvarlardan 3.5 m uzaklıkta ve zeminden 1.2 m yükseklikte seçilmiştir. 20.00 ve 00.30 saatleri arasında işletme içerisinde, maksimum gürültü düzeyi 72.5 dBA ve 91.9 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 45.3 dBA ve 69.6 dBC olarak ölçülmüştür. İşletme içerisinde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 56.6 dBA ve 78.6 dBC 'dir. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.14' de verilmiştir.

Tablo 8.14. İşletme İçerisinde Ses yalıtımı Sonrası 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		İşletme içi	Yansıma Yüzeylerine Olan Uzaklık (m)
1	56.6	72.5	45.3	78.6	91.9	69.6		3.5	1.2

İşletme içerisinde ses yalıtımı sonrası arka plan gürültüsü (canlı müziğin yapılmadığı saatler) ölçümlerinde, maksimum gürültü düzeyi 58.8 dBA ve 65.2 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 38.2 dBA ve 49.7 dBC olarak ölçülmüştür. İşletme içerisinde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 47.2 dBA ve 56.6 dBC'dir. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.15' de verilmiştir.

Tablo 8.15. İşletme İçerisinde Ses yalıtımı Sonrası Arka Plan Gürültüsü dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		İşletme içi Arka Plan	Yansıma Yüzeylerine Olan Uzaklık (m)
1	47.2	58.8	38.2	56.6	65.2	49.7		3.5	1.2

İşletme içerisinde yapılan ölçümlerde L_{N+S} , Tablo 8.14’de gösterilen L_{eq} değeridir. L_N ise Tablo 8.15’de gösterilen L_{eq} değeridir. L_S değeri 56.0 dBA ve 78.5 dBC olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 8.1). Gürültü değerleri Tablo 8.16’da verilmiştir.

Tablo 8.16. İşletme İçerisindeki Ses Yalıtımı Sonrası Gürültü Değerleri

Ölçüm Noktası	Gürültü Parametreleri	Gürültü Değerleri	
		(dBA)	(dBC)
1	İşletme gürültüsü +Arka plan gürültüsü (L_{N+S})	56.6	78.6
	Arka plan gürültüsü (L_N)	47.2	56.6
	İşletme gürültüsü (L_S)	56.0	78.5

İşletme içerisinde 20.00 ve 00.30 saatleri arasında yapılan ölçümler ve arka plan gürültüsü ölçümleri arasındaki fark 8.8 dBA ve 21.9 dBC olarak hesaplanmıştır. Bu değerler 07.03.2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" kapsamında işletme içerisinde yapılacak olan ölçümler için bir sınır değeri belirtilmemiştir.

8.2.2. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisindeki Ses Yalıtımı Sonrası Gürültü Seviyesinin Belirlenmesi

İşletmenin üst katındaki konutta ses yalıtımı sonrası yapılan ölçümlerde, ölçüm noktası standartlara uygun olarak duvarlardan 3.5 m uzaklıkta ve zeminden 1.2 m yükseklikte seçilmiştir. 20.00 ve 00.30 saatleri arasında işletmenin üst katındaki konut içerisinde, maksimum gürültü düzeyi 52.8 dBA ve 57.9 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 29.3 dBA ve 32.2 dBC olarak ölçülmüştür. İşletmenin üst katında bulunan konut içerisinde yapılan ölçümde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 39.9 dBA ve 46.8 dBC’dir. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.17’ de verilmiştir.

Tablo 8.17. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisinde Ses Yalıtımı Sonrası 20.00 ve 00.30 Saatleri Arasında Yapılan dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		Yansıma Yüzeyleri Olan Uzaklık (m)	Yerden Yüksekliği (m)
4	39.9	52.8	29.3	46.8	57.9	32.2	İşletmenin Üst Katındaki Konut	3.5	1.2

İşletmenin üst katında bulunan konut içerisinde ses yalıtımı sonrası yapılan arka plan gürültüsü (canlı müziğin yapılmadığı saatler) ölçümlerinde, maksimum gürültü düzeyi 45.6 dBA ve 56.9 dBC olarak ölçülürken minimum ses düzeyi 22.5 dBA ve 32.7 dBC olarak ölçülmüştür. İşletmenin üst katında bulunan konut içerisinde yapılan ölçümde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 36.9 dBA ve 43.8 dBC'dir. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 8.18' de verilmiştir.

Tablo 8.18. İşletmenin Üst Katındaki Konut İçerisinde Ses Yalıtımı Sonrası Arka Plan Gürültüsü dBA ve dBC Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Parametreleri (dBA)			Ölçüm Parametreleri (dBC)			Ölçüm Noktası	Mikrofon Konumu	
	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{eq}	L_{max}	L_{min}		Yansıma Yüzeylerine Olan Uzaklık (m)	Yerden Yüksekliği (m)
4	36.9	45.6	22.5	43.8	56.9	32.7	İşletmenin Üst Katındaki Konut Arka Plan	3.5	1.2

İşletmenin üst katında bulunan konut içerisinde ses yalıtımı sonrası yapılan ölçümlerde L_{N+S} , Tablo 8.17’de gösterilen L_{eq} değeridir. L_N ise Tablo 8.18’de gösterilen L_{eq} değeridir. L_S değeri 36.9 dBA ve 43.8 dBC olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 8.1). gürültü değerleri Tablo 8.19’da verilmiştir.

Tablo 8.19. İşletme Üst Katındaki Konut İçerisindeki Ses Yalıtımı Sonrası Gürültü Değerleri

Ölçüm Noktası	Gürültü Parametreleri	Gürültü Değerleri	
		(dBA)	(dBC)
4	İşletme gürültüsü +Arka plan gürültüsü (L_{N+S})	39.9	46.8
	Arka plan gürültüsü (L_N)	36.9	43.8
	İşletme gürültüsü (L_S)	36.9	43.8

İşletmenin üst katında bulunan konut içerisinde ses yalıtımı sonrası 20.00 ve 00.30 saatleri arasında yapılan ölçümler ve arka plan gürültüsü ölçümleri arasındaki fark 0 dBA ve 0 dBC olarak hesaplanmıştır. Bu değerler 07.03.2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"nde Madde-24 (a) bendinde belirtilen "çok ve orta derecede hassas kullanımların içinde ise arka plan gürültü seviyesinin sağlanması gerekir" şartını sağlamaktadır.

Yapılan ölçümler sonucu işletmenin gürültü seviyesi belirlenmiştir ve gürültü seviyesi değerleri yönetmelik sınır değerlerini sağlamadığından dolayı frekans analizi yapılarak uygun ses yalıtımı malzemesi seçilmiştir. Yalıtım malzemesinin işletmeye uygulanması sonrasında işletmedeki gürültü seviyesi ilgili yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aşmamaktadır.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bireylerin içinde buldukları mekânlarda işlevlerini işitsel açıdan konforlu ortamlarda gürültüden etkilenmeden sürdürebilmeleri, gürültü kontrolü konusuna planlı bir biçimde yaklaşmayı gerektirir. Günümüzde ses kulağa hoş gelmeyen bir şekle dönüşmüş ve adeta kirlenmiştir. Müzik sesleriyle gürültü arasındaki fark gürültünün genellikle sönümlü ve birbiriyle uyumsuz çeşitli titreşimlerin üst üste gelmesinden doğmasıdır. Yüksek seste müziğe maruz kalan bir kişi fiziksel ve psikolojik tehlikelerle karşı karşıyadır.

Akustik konforu sağlamaya yönelik koşullar değişik ulusal ve uluslararası standart ve yönetmeliklerde ayrıntılı olarak yer almaktadır. Söz konusu standart ve yönetmelikler, kent ölçeğinde değişik işlevli yapıların yer alabileceği bölgeleri, dış gürültü düzeyi sınırları ile sınıflandırırken, yapı içinde aşılmaması gereken gürültü düzeylerini de belirler. Ayrıca, gelişmiş ülkelerin çoğunun ulusal standartlarında ya da yapı yönetmeliklerinde, yapı elemanlarında sağlanması gereken ses yalıtım değerleri de yer almaktadır.

Gürültü birçok toplumsal ve ekonomik gelişme sorunu arasında olduğu kadar çevre sorunları içerisinde de önemli bir yer tutmamıştır. Fakat son yıllarda gürültünün insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkileri önem kazandıkça, bu konudaki araştırmaların sayısında da bir artış görülmüştür.

Bu çalışmada Samsun İli Merkezinde eğlence amaçlı çalışmakta olan bir işletmenin çevresel gürültü seviyesi değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümler, çevresel gürültü kontrolü yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlerle karşılaştırılmış ve işletmenin gürültü seviyesinin bu değerlerin üstünde olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerin ilgili yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin altına indirilmesi amacıyla frekans analizi yapılmıştır. Yapılan frekans analizinde işletme içerisinde yüksek frekans değerleri bulunmuştur. Elde edilen frekans değerlerini absorbe edebilecek olan ses yalıtım malzemesinin özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen ses yalıtım malzemesinin işleme montajından sonra tekrar çevresel gürültü seviyesi ölçümü yapılmıştır.

İşletmenin içerisinde yapılan ölçümlerde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) 95.4 dBA ve 103.2 dBC iken işletme içerisinde arka plan gürültüsü ölçümlerinde bu değer 49.8 dBA ve 56.9 dBC olarak ölçülmüştür. İşletmenin ön giriş kapısında yapılan ölçümlerde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 78.6 dBA ve 90.3 dBC iken işletme giriş kapısı önünde

yapılan arka plan gürültüsü 56.7 dBA ve 61.7 dBC olarak ölçülmüştür. İşletme arka giriş kapısı önünde yapılan ölçümde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ise 79.8 dBA ve 84.1 dBC olarak ölçülmüştür. İşletme arka giriş kapısı önünde yapılan arka plan gürültüsü ise 57.3 dBA ve 65.4 dBC olarak ölçülmüştür. İşletmenin üst katında bulunan konut içerisinde yapılan ölçümde eşdeğer ses düzeyi (L_{eq}) ve 57.6 dBA ve 63.8 dBC olarak ölçülmüştür. Üst kattaki konut içerisinde yapılan arka plan gürültüsü 39.4 dBA ve 42.6 dBC olarak ölçülmüştür.

İşletmenin gürültü seviyesinin yönetmelikte belirtilen standartlara uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle işletme içerisinde ses yutucu malzeme kullanılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir. Ses yutucu olarak nitelendirilen malzemeler genellikle lifli yapı içerdiklerinden bu dönüşüm ses dalgaları ve lif elyaf ile liflerin birbirleriyle göreceli hareketi sonucunda oluşan sürtünme mekanizması yoluyla gerçekleşmektedir. Etkili ses yutucu malzemelere örnek olarak cam yünü, taş yünü vb. lifli malzemeler ile açık gözenekli köpük türden malzemeler verilmektedir. Cam yünü ergitilmiş camdan elde edilen ısı ve ses izolasyonunda kullanılan, bükülebilir, ateşe dayanıklı cam liftir.

Bu çalışmada yoğunluğunun 22 kg/m^3 olması ve gözenekli yapısı ile sesi tutma kapasitesinin yüksek olması gibi nedenlerden dolayı ses yutucu malzeme olarak kalınlığı 5 cm olan cam yünü malzemesi seçilmiştir.

Ölçümler sonucu işletme içerisinde frekans analizi yapılması uygun görülmüştür. Yapılan frekans analizinde 100 Hz ile 800 Hz olan frekans değerleri oldukça fazladır. Bu nedenle insan kulağının duyarlı olduğu 1000 Hz frekans değeri kullanılmıştır. Kullanılan 5 cm kalınlığındaki cam yünü malzemesi için kütle kanunu (TL) değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar teorik olarak işletme içerisinde kullanılan 5 cm kalınlığındaki cam yünü malzemesinin ses yalıtımında etkili bir tutuculuk sağladığı belirlenmiştir.

Ses yutucu malzemenin kullanılmasından sonra işletmenin içerisindeki eşdeğer ses düzeyi işletme içerisinde (L_{eq}) 56.6 dBA ve 78.6 dBC olarak, işletme içerisinde arka plan gürültüsü ise 47.2dBA ve 56.6 dBC olarak belirlenmiştir. İşletmenin üst katındaki konutta ses yalıtımı sonrası yapılan ölçümlerde ise bu değerler (L_{eq}) 39.9 dBA ve 46.8 dBC olarak, işletmenin üst katındaki konutta arka plan gürültüsü ise 36.9 dBA ve 43.8 dBC olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre işletmede uygulanan 5 cm

kalınlığında ve yoğunluğu 22 kg/m^3 olan cam yünü malzemesi ile gürültü seviyesi düşürülmüştür.

Özellikle eğlence tesislerine yakın konutlar gibi gürültüye duyarlı yapılar için yapı elemanlarının ses geçiş kaybı değerlerinin belli limitlerde olması gerekmektedir. Yapı akustiği açısından en doğrusu mimari tasarım aşamasında gürültü kontrolünün yapılmasıdır. Eğlence tesislerinin işlevleri ve etkiledikleri mekanlar göz önüne alınarak alınabilecek bazı önlemler şu şekildedir :

- Yapı elemanlarının yoğunluğunu arttırmak.
- Çift tabakalı duvar uygulaması yapmak.
- Cam alanlarında çift cam, lamine cam uygulaması yapmak.
- Kalın, ağır ve boşluksuz kapılar kullanmak, kullanılmıyorsa önlem almak.
- Duvarları delerek geçen havalandırma kanallarından, borulardan ve etrafındaki boşluklarda ses sızıntısını önlemek.

Samsun İli Merkezinde eğlence amaçlı çalışmakta olan bir işletmenin çevresel gürültü seviyesi değerlendirilmiş ve yönetmelikte belirtilen değerlere uygun olmadığı için ses yalıtımını yapılması gerekli bulunmuştur. Amaçları belirlenmiş yapılarda doğru malzemelerin doğru detaylarda kullanılmasıyla etkili bir ses yalıtımı gerçekleştirilmiştir.

Şehir bölge planlama konusunda gürültü parametresinin önemi yapılan bu çalışmada da ortaya çıkmıştır. Şehir bölge planlama aşamasında gürültü parametresi dikkate alındığında konut alanları, hastaneler, sanayi ve eğlence yerleri için farklı bölgeler oluşturulmalı ve birbirlerine olan etkisi azaltılmalıdır. Günümüzde şehirleşme planı yapılmadan oluşan bölgeler için ise gerekli yalıtım tedbirleri alınmalıdır. Konut alanları içerisinde gürültü düzeyi yüksek olan yerler için yalıtım yeterli olmadığı takdirde uygun bölge seçimi yapılarak şehir planlanması yapılmalıdır.

Samsun ili gürültü düzeyi bakımından şehir planlama konusunda yetersiz olmaktadır. Samsun ili Merkezinde konut alanları, hastane ve eğlence yerleri aynı bölge içerisinde bulunmaktadır. Dolayısıyla gürültü düzeyi açısından incelendiğinde Samsun ilinde gürültü kirliliği oldukça yüksektir. 07.03.2008 tarihli ve 26809 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" kapsamında Samsun İli gürültü haritası oluşturulmalıdır. Gürültü düzeyi yüksek olan bölgeler için maliyet göz önünde bulundurularak gerekli tedbirler yerel yönetimlerin katkılarıyla alınmalıdır. Şehirleşmekte olan yeni bölgeler için ise ilgili yönetmelik dikkate alınarak, şehir bölge planlaması yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akıncı, H., 2007. Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri, Uygulama Teknikleri ve Fiyat Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 218s.
- Bakırcı, E., 2008. Ankara GOP Uğur Mumcu Caddesi Civarı Stratejik Gürültü Haritası Örnek Çalışması, Akusdes Ltd. Şti., Ankara.
- Bayazıt, T. N., 2008. *Yerleşim Alanlarının ve Gürültü Kaynaklarının Belirlenme Yöntemleri*, İTÜSEM Yayını, İstanbul, 80s.
- Çalışkan, M., 2004. *Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşitmenin Korunması*, Türk Tabipler Birliği Yayınları, Ankara.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, Ankara.
- Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Referans Laboratuvarı, 2008. Çevresel Gürültünün Ölçümü Semineri, Ankara.
- Demirkale, Y.S., 1994. Uçakların Yerden Kalkış Zamanları Sırasında Gürültü Konturlarının Saptanması İçin Atatürk Havaalanı Çevresinde Bir Uygulama Çalışması, İTÜ, Araştırma Fonu, Proje No.204, İstanbul.
- Demirkale, Y.S., 2002. Ses Yalıtımında ve Hacim Akustiğinde Ses Yutucu Malzemelerin Yeri, Tesisat Dergisi, No. 84, İstanbul.
- Demirkale, Y. S., 2007. *Çevre ve Yapı Akustiği*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 511 s.
- Demirkale, Y.S., Bayazıt, N.T., Aşçıgil, M., 2008. *Çevresel Gürültü Düzeyinin Hesaplanması Doz-Etki Analizleri İle Etkilenme Düzeyinin Tespiti Ve Gürültü*

Haritalarının Hazırlanması "B" Tipi Sertifika Programı , İTÜSEM Yayını, 297 s.

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

Foreman, J.E., 1992. *Sound Analysis and Noise Control*, Van Nostrand Reinhold, NewYork.

<http://www.yalitim.net.tr> (01.07.2009).

Mehta, M., Johnson., J., Rocafort, J., 1999. *Architectural Acoustic Principals and Design*, Prentice Hall Inc.

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

Sipahioğlu, D., 1995. Anadolu Üniversitesi İletişim Fakültesi Televizyon Stüdyosu Akustik Performansının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Soydaş, H.İ., 2007. Taşıtlarda Gürültü Sebeplerinin Tespiti ve Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya.

Şahin, G.Y., 2007. Trabzon Havalimanı Gürültüsü ve İnsan Üzerindeki Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 69 s, Trabzon.

TSE, 1992. Akustik- Çevre Gürültüsünün Tanımlanması ve Ölçülmesi Kısım 2-Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi, TS 9798, Ankara.

- TSE, 1997. Akustik-Gürültü Kaynaklarının Ses Gücü Seviyelerinin Ses Basıncı Kullanılarak Tayini Bir Yansıtma Düzlemi Boyunca, Esas Olarak Serbest Bir Alan İçinde Uygulanan Mühendislik Metodu, TS EN ISO 3744, Ankara.
- TSE, 1999. Akustik Ses Basıncı Kullanılarak, Gürültü Kaynaklarının Ses Gücü Seviyelerinin Tayini-Bir Yansıtma Düzlemi Boyunca Çevreleyici Ölçme Yüzeyi Kullanılarak Yapılan Gözlem Metodu, TS 8958 EN ISO 3746, Ankara.
- TSE, 2005. Akustik-Çevre Gürültüsünün Tarifi, Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi- Bölüm1:Temel Büyüklükler ve Değerlendirme İşlemleri, TS 9315 ISO 1996-1, Ankara.
- TSE, 2006. Akustik-Sesin Dışarıda Yayılırken Azalması-Bölüm2: Genel Hesaplama Yöntemi, TS ISO 9613-2, Ankara
- TSE, 2006. Akustik-Çoklu Gürültü Kaynağına Sahip Sanayi Tesislerinde Çevredeki Ses Basınç Seviyelerinin Değerlendirilmesi İçin Ses Güç Seviyelerinin Tayini-Mühendislik Metodu, TS ISO 8297, Ankara.

EKLER**EK. I****KULLANILAN MALZEMELER VE CİHAZLAR****MARKA**

Ses Ölçer Cihazı

SVAN-957

Cam Yünü

İzocam

ÖZGEÇMİŞ**Kişisel Bilgiler**

Adı Soyadı : Çiğdem ASLAN

Doğum Yeri : TRABZON

Doğum Tarihi : 01.11.1984

Medeni Hali : Bekar

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Trabzon Fatih Lisesi (1998-2001)

Lisans: Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü (2002-2006)

Yüksek Lisans: Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı (2006-2009)