

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

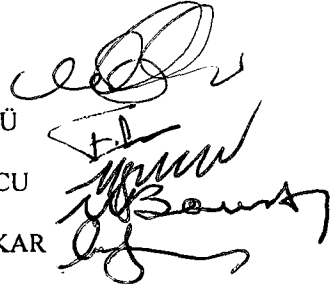
**EĞİTİM KURUMLARINDA AKUSTİK KONFOR  
PARAMETRELERİNİN ÖĞRENME ÜZERİNDEKİ  
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Çevre Yüksek Mühendisi Yaşar AVŞAR**

**F.B.E Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında  
Hazırlanan**

**DOKTORA TEZİ**

**Tez Savunma Tarihi** : 02.01.2002  
**Tez Danışmanı** : Doç.Dr. M. Talha GÖNÜLLÜ  
**Jüri Üyeleri** : Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK  
: Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU  
: Prof. Dr. Mehmet BORAT  
: Yrd. Doç. Dr. Süleyman ŞAKAR



**İSTANBUL, 2002**

128793

**Y.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTIMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1 GİRİŞ .....	1
2 GÜRÜLTÜ VE İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....	3
2.1 Gürültünün Tanımı .....	3
2.2 Gürültünün Olumsuz Etkileri.....	3
2.2.1 Gürültünün işitme duyusu dışında meydana getirdiği etkiler.....	5
2.2.1.1 Fizyolojik etkiler.....	5
2.2.1.2 Performans değişimleri .....	7
2.2.1.3 Gürültünün konuşmaya olan girişimi .....	9
2.2.1.4 Genel rahatsızlık .....	10
2.2.1.5 Gürültünün çalışma aktivitesi üzerindeki olumsuz etkisi .....	10
2.2.1.6 Gürültünün insan psikolojisi üzerindeki olumsuz etkisi.....	11
2.2.2 Gürültünün işitme duyusunda meydana getirdiği etkiler.....	11
2.3 Konuşmanın Anlaşılabilirliği Yönünden Gürültünün Değerlendirilmesi.....	12
3 YAPILARDA İÇ ve DIŞ ORTAM SES KALİTESİ ve ÖLÇÜTLERİ.....	13
3.1 Yapı Kabuğu Türleri .....	13
3.2 Yapı Kabuğuna Gelen Dış Gürültüler .....	13
3.3 Yapı Kabuğundan Sesin İletilmesi ve Absorplanması .....	15
3.4 Yapı İçi Gürültüleri.....	17
3.5 İç Ortam Gürültü Düzeyini Etkileyen Parametreler .....	18
3.6 İç Ortam Akustiğinde Kullanılan Ölçütler.....	18
3.6.1 Gürültü kriterleri eğrileri, (Noise Criteria, NC).....	19
3.6.2 Tercih edilen gürültü kriterleri eğrileri (Preferred Noise Criteria, PNC) .....	20
3.6.3 Gürültü derecelendirilmesi eğrileri (Noise Rating, NR).....	21
4 KONUŞMA VE ANLAMA AMAÇLI HACİMLER İÇİN AKUSTİK KONFOR KRİTERLERİ .....	24
4.1 Konuşma ve Anlama.....	24
4.1.1 Konuşma bileşenlerinin özellikleri .....	24
4.1.2 Konuşmanın Gücü (Erkesi) .....	24
4.1.3 Konuşmanın anlaşılabilirliğinde yüksek frekansların önemi.....	26
4.1.4 İç hacimlerde konuşma ve anlaşılabilirlik .....	27
4.2 Okullardan beklenen fonksiyonel özelliklere etki eden unsurlar.....	29

4.3	Hacim Akustiği Kriterleri .....	30
4.3.1	Yansıım süresi .....	30
4.3.2	İlk yansımalar .....	33
4.3.3	Konuşma ses düzeyi.....	35
4.3.3.1	Toplam ses düzeyi (TSD) .....	36
4.3.3.2	Yayımsık ses düzeyi (YSD)-Dolaysız ses düzeyi (DSD) ilişkisi.....	36
4.3.3.3	Dolaysız ses düzeyi (DSD)-Fon gürültüsü düzeyi (FGD) arasındaki ilişki.....	37
4.3.4	Varlık kriteri .....	38
4.3.5	Hacimlerde netlik değerdendirmeleri (Clarity, C <sub>50</sub> ).....	38
5	EĞİTİM YAPILARINDA AKUSTİK KONFOR PARAMETRELERİNİN ÖĞRENİM ÜZERİNE ETKİSİNİ BELİRLEMEK İÇİN YAPILMIŞ ARAŞTIRMALAR.....	40
5.1	Sınıflarda Reverberasyon Sürelerinin Araştırılmasına Yönelik Yapılmış Çalışmalar .....	40
5.2	Sınıf İçi ve Dışı Gürültülerinin Eğitim Üzerine Etkilerinin Araştırılmasına Yönelik Yapılmış Çalışmalar.....	41
5.3	Sınıflarda Gürültüden Kaynaklanan Olumsuzlukların Araştırılmasına Yönelik Yapılmış Anket Çalışmaları.....	47
5.4	Hacim Akustiği Kriterlerinin Belirlenmesine Yönelik Yapılmış Çalışmalar .....	49
5.5	Trafik Gürültüsündeki Değişimin Okul Dış Gürültü Seviyesine Etkisi .....	50
5.6	Milli Eğitim Bakanlığı'nın eğitim yapıları için konu ile ilgili tip proje kriterleri .....	52
5.7	Trafik Gürültüsünü Azaltıcı Tedbirlerin Etki Seviyelerini Belirlemek İçin Yapılmış Çalışmalar .....	54
5.7.1	Yol yüzey kaplamaları ve trafik gürültü düzeyinin azaltılmasındaki etkisi üzerine çalışmalar .....	54
5.7.2	Alıcı-yol arasına yerleştiren bariyerlerin etkisi üzerine çalışmalar .....	54
5.7.2.1	Doğal gürültü bariyerleri .....	54
5.7.2.2	Yapay gürültü bariyerleri.....	55
6	ARAŞTIRMA MATERYAL VE YÖNTEMLERİ .....	57
6.1	Araştırmanın Amaç ve Hedefi .....	57
6.2	Araştırılacak Akustik Konfor Parametreleri .....	58
6.3	Pilot Eğitim Yapıları Seçimi Ve Tanıtımı .....	58
6.4	Akustik Konfor Parametrelerinin Belirlenmesi Yöntemleri .....	63
6.4.1	Gürültü ölçümleri.....	63
6.4.2	Diğer akustik konfor parametreleri.....	63
6.4.3	Anket araştırması .....	63
6.5	Dış ve iç gürültü düzeylerini mukayese için mevzuat imkanı .....	63
7	ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ .....	65
7.1	Akustik Konfor Parametrelerinin Belirlenmesi İle İlgili Çalışma Sonuçları .....	65
7.1.1	Dersliklerde öğrenim yokken iç Ortam Gürültü Düzeylerini Belirleme Çalışma Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	65
7.1.1.1	Pertevniyal Lisesi'nde dersliklerde öğrenim yokken iç Ortam Gürültü Düzeylerini Belirlemek için gerçekleştirilen ölçümler ve değerdendirmesi .....	65
7.1.1.2	Şehremini Lisesi'nde dersliklerde öğrenim yokken iç Ortam Gürültü Düzeylerini Belirlemek için gerçekleştirilen ölçümler ve değerdendirmesi .....	66
7.1.1.3	İki lise ölçüm sonuçlarının mukayesesi .....	68
7.1.1.4	Ölçüm sonuçlarının yapı elemanlarına dayanan hesaplardan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak yapı analizinin yapılması .....	69
7.1.1.5	Pertevniyal Lisesi için yapılan hesaplar.....	69

7.1.1.6	Şehremini Lisesi için yapılan hesaplar .....	72
7.1.1.7	İki Lisede görülen hesap-ölçüm farkının yapı malzemeleri açısından tahkiki .....	74
7.1.2	Dersliklerde öğrenim varken belirlenen iç ortam gürültü düzeyleri .....	75
7.1.2.1	İki lisenin ders döneminde iç ortam gürültüleri açısından değerlendirmesi .....	81
7.2	Sınıfların Diğer Hacim Akustiği Konfor Parametreleri Yönünden Değerlendirilmesi.....	82
7.2.1	Pertevniyal Lisesi sınıf içi yeğlilik (gürültü şiddeti) değerleri .....	82
7.2.1.1	YSD-DSD ayrımları açısından Pertevniyal lisesinin değerlendirilmesi.....	84
7.2.1.2	DSD-FGD açısından Pertevniyal lisesinin değerlendirilmesi .....	85
7.2.2	Şehremini Lisesi sınıf içi yeğlilik düzeyi değerleri .....	87
7.2.2.1	YSD-DSD ayrımları açısından Şehremini Lisesi'nin değerlendirilmesi.....	89
7.2.2.2	Şehremini Lisesi'nde DSD-FGD düzeyi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi... 89	
7.2.3	Her iki okulun genel değerlendirmesi.....	93
7.2.4	Reverberasyon süreleri açısından sınıfların incelenmesi.....	93
7.2.4.1	Pertevniyal Lisesi için reverberasyon süresi değerlendirmesi.....	94
7.2.4.2	Şehremini Lisesi için reverberasyon süresi değerlendirmesi.....	99
7.2.5	Varlık kriteri açısından sınıfların değerlendirilmesi .....	107
7.2.6	Okullarda sınıf içi netlik (Clarity, C <sub>50</sub> ) değerlendirmeleri.....	108
7.2.7	İlk yansımaların yararlı etkileri.....	110
7.3	Ölçüme Dayalı Yapılan Araştırmaların Toplu Sonuçları .....	112
7.4	Anket Araştırması Sonuçları.....	113
7.5	Akustik Konfor Parametreleri Ölçüm Sonuçları İle Anket Çalışması Sonuçlarının Uyumluluk Analizi .....	118
7.6	Trafik Gürültüsünden Etkilenmeyecek Eğitim Kurumlarının Yerleştirilmesinde Aranacak Kriterlerin Tespiti .....	123
7.6.1	Gürültü önleyici bariyerlerin birlikte kullanılması hali .....	124
8	SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	126
	KAYNAKLAR .....	130
	ÖZGEÇMİŞ .....	134



## SİMGE LİSTESİ

- $\alpha$ : Sesin absorplanma katsayısı, %  
R: Ses geçiş kaybı, dB  
m: malzemenin kütle ağırlığı,  $\text{kg/m}^2$   
h: Camın kalınlığı, mm  
P: Ses basıncı,  $\text{N/m}^2$   
P<sub>0</sub>: Referans ses basıncı değeri,  $2.10^{-5} \text{ N/m}^2$   
W: Ses gücü, watt  
W<sub>0</sub>: Referans ses gücü,  $1.10^{-12}$  watt  
S: Cidar alanı,  $\text{m}^2$   
A: Toplam yutuculuk, Sabine  
L:Gürültü düzeyi, dB  
V: Hacim,  $\text{m}^3$   
T<sub>60</sub>: Reverberasyon süresi, sn  
A<sub>y</sub>: İç yüzeylerin toplam yutuculuğu, Sabine  
A<sub>h</sub>: Havanın toplam yutuculuğu, Sabine  
A<sub>b</sub>: Malzemelerin toplam yutuculuğu, Sabine  
C<sub>50</sub>: Netlik, dB  
D: Anlaşılabilirlik, %  
I<sub>T</sub>: Toplam yeğinlik,  $\text{w/cm}^2$   
I<sub>D</sub>: Dolaysız ses yeğnliği,  $\text{w/cm}^2$   
I<sub>y</sub>: Yayımlık ses yeğnliği,  $\text{w/cm}^2$

## **KISALTMA LİSTESİ**

<b>YSD</b>	<b>Yayımlık Ses Düzeyi</b>
<b>DSD</b>	<b>Dolaysız Ses Düzeyi</b>
<b>FGD</b>	<b>Fon Gürültüsü Düzeyi</b>
<b>TSD</b>	<b>Toplam Ses Düzeyi</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Gürültünün insan fizyolojisi üzerindeki etkileri .....	6
Şekil 2.2	Gürültüye karşı insanların genel tepkileri .....	8
Şekil 2.3	Ortamdaki ses basınç seviyesi ve mesafeye göre konuşma iletişimi .....	9
Şekil 3.1	Malzeme yüzeyine gelen ses enerjisinin dağılımının şematik gösterimi.....	15
Şekil 3.2	Değişik NC değerleri için ortamların tanımlanması .....	19
Şekil 3.3	Çeşitli merkez oktav bantları için PNC değerleri .....	21
Şekil 3.4	Farklı oktav bant aralıkları için NR değerleri .....	22
Şekil 3.5	Fon gürültüsü ve NR eğrilerinin frekanslara göre değişimi .....	23
Şekil 4.1	Belirli frekans filtreleri için konuşmadaki anlaşılabilirlik oranları .....	26
Şekil 4.2	İlk yansımalarından meydana gelen rahatsızlık eğrileri .....	34
Şekil 4.3	Anlaşılabilirlik–Konuşma düzeyi ilişkisi .....	35
Şekil 4.4	DSD ile FGD arasındaki ilişkinin anlaşılabilirlik rolünün tespiti .....	37
Şekil 5.1	Kaynak/Fon gürültüsü arasındaki fark ile anlaşılabilirlik ilişkisi .....	47
Şekil 5.2	Taşıt hızına göre bir aracın neden olduğu gürültü düzeyi değerleri.....	52
Şekil 6.1	Okulların maruz kaldığı dış ortam gürültü düzeyi değerleri, dBA .....	62
Şekil 7.1	Pertevniyal Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerleri (Sınıflar boşken) .....	66
Şekil 7.2	Şehremini Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerleri (Sınıflar boşken).....	68
Şekil 7.3	Pertevniyal Lisesi'nin Atatürk Bulvarı'na bakan hazırlık sınıflarının şematik gösterimi.....	69
Şekil 7.4	Şehremini Lisesi'nin Millet Caddesi'ne bakan hazırlık sınıflarının şematik gösterimi.....	72
Şekil 7.5	Pertevniyal Lisesi'nde pencerelerin kapalı olduğu durumda sınıflardaki gürültü düzeyi değişimleri, dBA.....	78
Şekil 7.6	Pertevniyal Lisesi'nde pencerelerin açık olduğu durumda sınıf içindeki gürültü düzeyi değerleri, dBA .....	79
Şekil 7.7	Pertevniyal Lisesi ders esnasında sınıflar içerisinde pencere kapalı ve açık olması hallerinde gürültü düzeyi değişimleri.....	79
Şekil 7.8	Şehremini Lisesi'nde pencereler kapalıyken sınıf içi gürültü düzeyleri, dBA .....	80
Şekil 7.9	Şehremini Lisesi'nde pencerelerin açık olduğu durumda sınıf içerisindeki gürültü düzeyi değerleri, dBA.....	81
Şekil 7.10	Şehremini Lisesi ders esnasında sınıflar içerisinde pencere kapalı ve açık olması hallerinde gürültü düzeyi değişimleri.....	81
Şekil 7.11	Pertevniyal Lisesi'nde öğrenci öğretmen arasındaki farklı mesafeler için DSD-NR35 dB Fon gürültüsünü ifade eden diyagram.....	87
Şekil 7.12	Şehremini Lisesi öğrenci öğretmen arasındaki değişik mesafeler için DSD-NR 35 Fon gürültüsü ilişkisi.....	92
Şekil 7.13	Pertevniyal Lisesi sınıflara göre sınıf içi reverberasyon süreleri.....	98
Şekil 7.14	Şehremini Lisesi sınıflara göre sınıf içi reverberasyon süreleri.....	105
Şekil 7.15	Zamana göre liselere ait C <sub>50</sub> netlik değerinin değişim aralığı.....	110
Şekil 7.16	Pertevniyal ve Şehremini Liseleri'nde anket soru cevaplarının dağılımı .....	117
Şekil 7.17	Uygunsuzluk katsayıları ile ölçüm parametreleri arasındaki ilişkiler.....	121
Şekil 7.18	Yol trafik yükü ve araç hızına göre okul-yol arası mesafedeki değişim.....	123

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Farklı konuşma türlerinin sahip oldukları gürültü düzeyleri .....	3
Çizelge 3.1	Yapı dışı gürültü düzeyi değerleri .....	15
Çizelge 3.2	Cam kalınlıklarına göre (R) değerleri .....	17
Çizelge 3.3	Kapalı mekanlardaki işleve bağlı gürültü düzeyi değerleri.....	17
Çizelge 3.4	Değişik hacimler için NC değerleri .....	20
Çizelge 3.5	Konutlar için fon gürültüsü NC değerleri .....	20
Çizelge 3.6	Değişik hacimler için NR değerleri, pencereler açıkken .....	22
Çizelge 3.7	Kent içi fon gürültüsü değerleri .....	22
Çizelge 4.1	Kadın ve erkeklerin normal konuşma güçleri .....	25
Çizelge 4.2	Değişik konuşma durumlarındaki ortalama konuşma düzeyi değerleri.....	25
Çizelge 4.3	Konuşmada, belirlenen frekanslar arasındaki erke oranları .....	25
Çizelge 4.4	Erkek ve kadın konuşmacıların ortalama konuşma güçleri ve 1m uzaklıktaki ses basınç düzeyleri.....	26
Çizelge 4.5	Filtreleme türüne göre anlaşılabilirlik oranı .....	27
Çizelge 4.6	Bazı akustik parametrelerin zamansal ses enerji yoğunluklarına ilişkin tanımlamaları.....	28
Çizelge 4.7	Bazı akustik parametrelerinin öncelikli önem fonksiyonları .....	28
Çizelge 4.8	Değişik S/N ve RT oranları için normal ve bozuk işitmeye sahip öğrencilerde algılama oranları.....	29
Çizelge 4.9	Farklı malzeme ve ortamlar için frekanslara göre yutma çarpanları.....	32
Çizelge 4.10	İlk ses düzeyi ile dolaysız ses düzeyi arasındaki farklar ve gecikme zamanı rahatsızlık sınır değerleri.....	34
Çizelge 5.1	Değişik yapılarda belirlenen reverberasyon süreleri.....	40
Çizelge 5.2	Değişik frekanslarda sınıflar boşken elde edilen reverberasyon süreleri.....	41
Çizelge 5.3	Dersin öğrenciler tarafından anlaşılma yüzdesinin gürültü ile değişimi.....	42
Çizelge 5.4	Pilot okulda dış ortam gürültü düzeyi değerleri (okuldan 4m mesafede).....	43
Çizelge 5.5	Sınıf faaliyetlerine göre gürültü düzeyi değerleri, $L_{Aeq}$ .....	44
Çizelge 5.6	Sınıflar ve koridorlar için ortalama $L_{Aeq}$ değeri .....	44
Çizelge 5.7	Sınıflarda ders esnasında sabah ve öğleden sonraki gürültü düzeyi dağılımı... 44	
Çizelge 5.8	Farklı kullanım durumlarında her bir okul için $L_{Aeq}$ düzeyleri.....	44
Çizelge 5.9	Okullara ait genel gürültü kaynakları (MacKENZIE, 2000). .....	45
Çizelge 5.10	70 adet ilköğretim okulu için fon gürültü düzeyi genel değerlendirmesi .....	45
Çizelge 5.11	500 Hz için sınıf içi düzenlenişine göre belirlenen reverberasyon süreleri .....	46
Çizelge 5.12	Üç farklı okulda yapılan anket çalışmasına yönelik bulgular.....	48
Çizelge 5.13	Değişik hacimlerdeki dersliklere ait genel değerlendirme sonuçları .....	50
Çizelge 5.14	Tek bir aracın değişik hızlarda neden olduğu gürültü düzeyleri.....	51
Çizelge 5.15	Bitkisel bariyerlerin gürültü azaltımındaki rolü.....	55
Çizelge 5.16	Değişik tür gürültü bariyerleri ve gürültü azaltım değerleri .....	56
Çizelge 5.17	Farklı gürültü bariyer türlerinin kaynak-alıcı arasındaki konumuna göre ses azaltma değerleri .....	56
Çizelge 6.1	Fatih İlçesindeki tüm okullara ait mevcut fiziki özellikler .....	58
Çizelge 6.2	Fatih bölgesindeki tüm liselere ait dış ortam gürültü düzeyi değerleri.....	62
Çizelge 6.3	Bazı Avrupa ülkeleri için iç ortam gürültü düzeyi sınır değerleri .....	64
Çizelge 7.1	Pertevniyal Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerleri dBA (Sınıflar boşken).....	65
Çizelge 7.2	Şehremini Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerleri dBA (Sınıflar boşken).....	67
Çizelge 7.3	Her iki okulda sınıf içi minimum, maksimum ve ortalama gürültü dağılımları, dBA (Ders yokken) .....	68
Çizelge 7.4	Pertevniyal Lisesi duvar için değişik frekanslardaki ses geçiş kayıpları .....	70
Çizelge 7.5	Cam için değişik frekanslardaki ses geçiş kayıpları (Pertevniyal Lisesi).....	70
Çizelge 7.6	Pertevniyal Lisesi'nde değişik frekanslar için toplam ses geçiş kayıpları.....	71

Çizelge 7.7	Pertevniyal Lisesi sınıflarda pencerelerin açık ve kapalı olması durumunda elde edilen gürültü düzeyleri (Ders yokken). ....	72
Çizelge 7.8	Şehremini Lisesi'nde duvar için değişik frekanslardaki ses geçiş kayıpları.....	73
Çizelge 7.9	Şehremini Lisesi'nde cam için değişik frekanslardaki ses geçiş kayıpları.....	73
Çizelge 7.10	Şehremini Lisesi değişik frekans aralıkları için toplam ses geçiş kayıpları.....	73
Çizelge 7.11	Şehremini Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerlerinin pencerelerin durumuna göre değerlendirilmesi (Dersler yokken). ....	75
Çizelge 7.12	Pertevniyal Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerleri (Ders esnasında).....	77
Çizelge 7.13	Şehremini Lisesi sınıf içi gürültü değerleri, Leq dBA (Ders esnasında).....	77
Çizelge 7.14	Pertevniyal Lisesi'nde ders esnasında ve ders yokken sınıf içi gürültü değerlerinin pencerelerin açık ve kapalı olması durumlarındaki değişimleri ...	78
Çizelge 7.15	Şehremini Lisesi için ders esnasında ve ders yokken sınıf içi gürültü değerlerinin pencerelerin açık ve kapalı olması durumlarındaki değişimleri ...	80
Çizelge 7.16	Pertevniyal ve Şehremini Liselerinin ders esnasında sınıflarda belirlenen gürültü düzeylerinin minimum, maksimum, ortalama değerleri ve bunların değişim aralığı farkları.....	82
Çizelge 7.17	Pertevniyal Lisesi için sınıflara göre Yayınık Ses Düzeyi (YSD) ve Dolaysız Ses Düzeyi (DSD) değerleri, dB.....	83
Çizelge 7.18	Pertevniyal Lisesi sınıflarda mesafelere göre Toplam Ses Düzeyi (TSD) değerleri, dB ( $I_T=I_D+I_y$ ).....	84
Çizelge 7.19	Pertevniyal Lisesi sınıflardaki kritik D mesafesi değeri.....	84
Çizelge 7.20	Pertevniyal Lisesi D kritik mesafesindeki YSD-DSD değerleri.....	85
Çizelge 7.21	Pertevniyal Lisesi Frekans-DSD-Uzaklık ilişkisi.....	86
Çizelge 7.22	Şehremini Lisesi, sınıflara göre Yayınık Ses-Dolaysız Ses Düzeyleri, dB.....	88
Çizelge 7.23	Şehremini Lisesi, sınıflarda mesafelere göre Toplam Ses Düzeyleri, dB.....	89
Çizelge 7.24	Şehremini Lisesi için sınıflardaki kritik D mesafesi değeri.....	90
Çizelge 7.25	Şehremini Lisesi için YSD-DSD ayrımlarının mesafeye göre değişimi.....	90
Çizelge 7.26	Şehremini Lisesi Frekans-DSD-Uzaklık ilişkisi.....	91
Çizelge 7.27	Havanın 20°C'de ve %40 bağıl nem de sahip olduğu yutuculuğu.....	93
Çizelge 7.28	Pertevniyal lisesi sınıflara ait fizik ortam özellikler.....	94
Çizelge 7.29	Pertevniyal Lisesi sınıf içi reverberasyon süreleri.....	96
Çizelge 7.30	Pertevniyal Lisesi için farklı oktav bantlarındaki reverberasyon süreleri.....	99
Çizelge 7.31	Şehremini Lisesi sınıflara ait fizik ortam özellikleri.....	100
Çizelge 7.32	Şehremini Lisesi sınıf içi Reverberasyon Süresi değerleri.....	102
Çizelge 7.33	Şehremini Lisesi, sınıflarda farklı oktav bantlarındaki reverberasyon süreleri .	106
Çizelge 7.34	Pertevniyal Lisesi sınıflara göre varlık kriteri sınır uzaklık değerleri.....	107
Çizelge 7.35	Şehremini Lisesi için sınıflara göre varlık kriterinin sağlandığı sınır mesafe	108
Çizelge 7.36	Pertevniyal Lisesi sınıf içi reverberasyon sürelerine göre C <sub>50</sub> değerleri, dB..	109
Çizelge 7.37	Şehremini Lisesi sınıf içi reverberasyon sürelerine göre C <sub>50</sub> değerleri, dB....	109
Çizelge 7.38	Pertevniyal Lisesi, YSD-DSD açısından ilk yansımaların sağladığı fayda....	110
Çizelge 7.39	Sınıflarda ilk yansımaların yetersiz kaldığı noktalar (Pertevniyal Lisesi).....	111
Çizelge 7.40	Pertevniyal Lisesi toplu sonuç değerlendirmesi.....	112
Çizelge 7.41	Şehremini Lisesi toplu sonuç değerlendirmesi.....	113
Çizelge 7.42	Her iki lise için değişik parametrelerin minimum, maksimum, ortalama ve uygunsuzluk değerleri.....	113
Çizelge 7.43	Seçilen sorular ve cevap "olumsuzluk" değerleri (10 üzerinden).....	119
Çizelge 7.44	Pertevniyal Lisesi sınıflara göre ortalama anket uygunsuzluk değerleri ve cevap yüzdeleri.....	119
Çizelge 7.45	Şehremini Lisesi sınıflara göre anket olumsuzluk katsayıları değerleri ve cevap yüzdeleri.....	120
Çizelge 7.46	İki lisede sınıf içi ortalama uygunsuzluk değerlerinin toplu gösterimi.....	120

Çizelge 7.47	Sınıflarda rahatsızlık ölçütünde öncelikli olarak belirlenen parametrelerin ortalamaları .....	120
Çizelge 7.48	n=10 derslikte ölçüm çalışmalarında belirlenen değerler ile anket çalışmalarından elde edilen “uygunsuzluk” derecelerinin uyumluluk analizi sonuçları .....	122



## **ÖNSÖZ**

Bu tez çalışmamda bana değerli bilgileri ile yol gösteren başta Sayın Doç. Dr. M. Talha GÖNÜLLÜ hocama ve tezimin oluşması ve izlenmesi esnasındaki katkılarını yadsıyamayacağım Sayın Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK, Sayın Prof.Dr.Halit PASTACI ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Süleyman ŞAKAR hocalarıma, ayrıca tezim esnasında fikirlerinden istifade ettiğim Sayın Doç.Dr.Zerhan KARABİBER hocama teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim. Bugüne kadar eğitimimde emeği olan tüm Hocalarıma bu vesileyle teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında Fatih İlçesindeki tüm okullarda araştırma yapmam için yardımcı olan Fatih İlçe Milli Eğitim Müdürü Sayın Atilla YAYIM beye teşekkürlerimi sunarım. Keza, Pertevniyal ve Şehremini Liseleri sayın idarecilerine, dersleri esnasında bana çalışma fırsatı veren öğretmenlerime de minnettarlığımı ifade etmek istiyorum.





## ÖZET

İnsanoğlunun hedeflediği kaliteli bir yaşam standardının yakalanması, hayatın tüm alanlarında insanlar arasında etkili bir iletişimin olması ile sağlanabilir. Konuşmanın kalitesi ve anlaşılabilirliği tüm alanlar için oldukça önemli bir konudur. Mekanların eğitim yapıları veya sınıflar gibi yerler olması bu önemi daha da arttırmaktadır.

Duyuma ve anlama üzerinde önemi rolü olan sınıf içi ve sınıf dışı fiziksel parametrelerin optimum düzeylere sahip olması gerekmektedir. Sınıf-konuşma-anlaşılabilirliğin bir fonksiyonu olan sınıf içi gürültü düzeyi bu fiziksel parametrelerin en önemlilerindedir. Sınıfların kullanım amacı herhangi bir çaba sarf etmeden konuşulmanın rahatlıkla duyulup anlaşılmasıdır. Bu açıdan gürültünün rahatsızlık unsuru göz önünde tutulacak olursa eğitim yapıları diğer yapı türlerine göre daha fazla bir hassasiyete sahip olduğu görülür.

Bu tez çalışmasında öncelikle İstanbul Fatih ilçesinde tüm liselerin dış ortam gürültüleri tespit edilerek ne kadarlık bir gürültüye maruz kaldıkları ve bu gürültünün kaynağının ne olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma tüm bu liselerin standartları aşan bir dış ortam gürültü düzeyine sahip olduklarını göstermiş ve bu gürültülerin de temel kaynağının trafik olduğu saptanmıştır. Pertevniyal ve Şehremini liseleri en yüksek dış ortam gürültüsüne maruz kalan okullar olarak belirlenmiş ve gürültünün dersi öğrenme ve anlama üzerinde etkisini belirlemek için pilot okullar olarak seçilmiştir.

Pertevniyal ve Şehremini liselerindeki sınıflarda dış ortam ve iç ortam gürültü düzeyleri pencerelerin kapalı ve açık olması gibi farklı durumlarda hem hesapla hemde ölçme yoluyla belirlenmiştir. Ayrıca bazı iç ortam akustik kriterlerinden olan reverberasyon süresi, netlik, dolaylı ses düzeyi, yansımış ses düzeyi gibi parametreler sınıfın fiziksel özellikleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda her iki okulda da sınıf içi gürültü düzeylerinin ders esnasında daha yüksek olduğu ve sınıfların fiziki ortam şartlarının uygun olmadığı belirlenmiştir.

Ayrıca gürültünün öğrenme ve anlamada nasıl bir etki yaptığını ortaya çıkarmak amacıyla her iki okulda toplam 10 adet sınıfta bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu anketle aynı zamanda iç ortam gürültü düzeyi ile öğrencilerin dersi anlayabilirliği arasında bir ilişki ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Anket çalışması sonucunda öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun mevcut iç ortam gürültü düzeyinden rahatsız oldukları ortaya çıkmıştır.

Ölçülen iç ortam konfor parametreleri ile anket sonuçları arasındaki ilişkilerin ortaya konulması için öncelikle sınıfların uygunsuzluğunu ortaya çıkaracak sorular değerlendirilmiş ve bu soruların cevaplarına 0 ile 10 arasında uygunsuzluk dereceleri verilmiştir. korelasyon analizi sonucunda iç ortam gürültü düzeyi ile anket çalışması sonuçları arasında yüksek bir korelasyon katsayısının ( $r=0,829$ ) varlığı belirlenmiştir.

Eğitim yapılarının sahip olduğu yüksek düzeyde dış ortam gürültü düzeyleri nedeni ile iç ortam gürültü düzeylerinin de arttığı ve bunun da öğrenme üzerine olumsuz etki yapan en önemli parametre olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada, okullar için kabul edilebilir dış ortam sınır gürültü düzeyi için çözümler de araştırılmıştır. Bunun için yol ile okul arasına konulabilecek farklı türden gürültü azaltıcı bariyerler araştırılarak, bariyer türü ve taşıt hızlarına göre okul-yol arası mesafeler için bir standart geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dış ortam gürültüsü, İç ortam gürültüsü, Trafik, Eğitim yapıları, Hacim akustiği,

## **ABSTRACT**

Effective communication between people for all fields of life should be obtained to reach a more qualified life standard that is aimed by human beings. Quality, intelligibility and understanding of speech are very important issues for all indoor areas. If these areas are education buildings, classrooms, the level of importance increases much more.

Optimum levels of physical parameters have substantial roles on hearing and understanding both inside and outside. One of the most important physical parameters in the classrooms is the noise level that is a function of Classroom-Speech-Intelligibility criteria. The aim of the classrooms is hearing and understanding the whole speech comfortably. Therefore, when compared with the other building, educational buildings are sensitive places if subjected to noise disturbance.

In this thesis study, first of all, outdoor noise levels of all high school buildings located in Fatih district of Istanbul was measured to evaluate the outside noise level and to determine from where noise originates. These efforts showed us that all high schools are under pressure of higher outside noise levels exceeding legislative standard values, and that these outside noise were originated from mainly traffic. Having the highest outdoor noise level, Pertevniyal and Şehremini high schools were selected as pilot schools to analyze the effect of the noise on learning and understanding the lessons.

Outdoor and indoor noise levels of classrooms in Pertevniyal and Şehremini high schools were determined both by theoretical and calculations while windows are opened and closed. Also indoor acoustic parameters which are reverberation time, clarity, reverberant sound level, direct sound level were calculated by determination of the physical ambient features classroom. It was found that, while the classrooms were occupied there were higher indoor noise levels in all classrooms. Therefore, there were unsuitable physical ambient conditions for all the classrooms.

To evaluate how noise affects learning, understanding and behaviors of the students, a questionnaire study was realized in totally 10 classrooms in both schools. The main purpose of the questionnaire study was to get a relationship between indoor noise and intelligibility of the students during the lessons. At the end of the questionnaire study, it was found out that most of the students were disturbed by the present indoor noise levels.

To determine the relationship between questionnaire results and the data determined for indoor comfort parameters, at first, a grading depending on the “unsuitability” of the classrooms for selected related questions from questionnaire was made, and later on averaged “unsuitability” degrees between 0 to 10 for each classroom was determined. Regression analyses showed that there is a high degree of correlation between the indoor noise levels and questionnaire results.

It was found that, the most important adverse affecting factor onto learning is outdoor noise level at educational buildings.

Solutions for the acceptable noise levels in the school was also investigated in this study. For this reason, some different noise barrier sorts which are located between school and highway were examined. According to the noise barrier sorts and vehicle speed, a standart was determined for minimum distance between school and highway.

**Key Words:** Outdoor noise, Indoor noise, Traffic, Educational buildings, Indoor acoustics

## 1 GİRİŞ

Kapalı mekanları kullanan insanlar arasında sağlıklı iletişimlerin kurulması, bu mekanlara ait ses, ışık, renk, vs. gibi fiziksel özelliklerin istenilen seviyelerde tutulması ile gerçekleştirilir. Ortamda bulunan ses, karşılıklı konuşmalarda anlaşılabilirliği çok önemli etkileyen parametre niteliğindedir. Konuşmaları anlamamanın önemli olduğu eğitim kurumlarında, ortamda bulunan ses yani ortam akustiği ile ilgili mevcut parametrelerin önem sıralaması bu tez çalışmasının amacını oluşturmaktadır.

İçinde yaşanan ortamların çekiciliği ve ortamdan en optimum faydanın sağlanması, hiç şüphesiz fiziksel şartların o ortamda bir birleri ile en uygun düzeylerde var olmasına bağlıdır. Fiziksel şartların düzeyleri, içerisinde yaşanan ortamın ne amaçla kullanıldığına bağlı olarak değişmektedir.

Eğitim yapıları gibi kapalı mekanlarda verilen eğitimin kaliteli olması için, bu yapılarda, gerek görsel ve gerekse de işitsel olarak algılanan bilgilerin, en verimli bir şekilde dinleyici durumunda olan öğrencilere aktarılması ve bu aktarılan olguların maksimum bir verimle algılanması hedeflenir. Özellikle, ilköğretim düzeyindeki okullarda bilgi aktarımının ne kadar önemli olduğu düşünülürse, bu yapılardaki eğitimin hassasiyeti anlaşılacaktır. İlköğretim kurumlarında eğitim ve öğretim gören öğrencilerin ilgilerinin, dikkatlerinin derse verilmesi, derse olan sıcak katılımların maksimum düzeyde olması, gerek öğretmen ve gerekse de öğrenciler açısından yüksek bir motivasyonun ders esnasında dersliklerde sağlanması, hem dersi idare eden hem de dersi dinleyenler için ders saatleri boyunca gerek fiziksel yorgunluğun ve gerekse de psikolojik yorgunluğun en az seviyede atlatılması, ancak dersliklerdeki fiziki ortam şartlarının uygun olması durumunda sağlanabilir. Eğitim gibi önemli bir uğraşının gerçekleştiği okullarda, optimum düzeyde sağlanması gerekli bu fiziki ortam şartlarının başında hiç şüphesiz en etkili olan parametrenin gürültü olduğu inkar edilemez bir gerçektir.

Okulların kullanım işlevselliği üzerinde en büyük iletişim engeli gürültüdür. Okullarda veya daha özel bir deyimle dersliklerde mevcut olan gürültünün çok çeşitli nedenleri vardır. Buralardaki mevcut gürültüler ya dışarıdan gelen ve içeride de yüksek düzey değerini koruyan dış gürültülerin veya iç gürültüler dediğimiz o ortamda bulunan ortam kullanıcıları tarafından meydana getirilen istemli veya istem dışı iç ortam gürültüleri olarak tarif edilmektedir.

İletişimde gürültü en büyük engelleyici faktör olarak tanımlanmakta ve ortamdaki mevcut bir gürültüden dolayı dinleyici ile dinlenen arasında iletişimsizliğe neden olan gürültü “fiziksel

gürültü” olarak tanımlanmaktadır. Kulağı ağır işittiği için karşısındakinin konuşmasını iyi bir şekilde algılayamayan kişinin iletişimde etkili olan gürültü türü ise tamamen mesajın ulaştırılması istenen hedef birimin alıcısından kaynaklanmakta ve bu tür gürültüye de “nörofizyolojik gürültü” denilmektedir. İletişimde bir üçüncü gürültü türü ise dinleyicinin tutumu (önyargı), inancı ve içerisinde bulunduğu duygusal durum (algısal hazır oluş) nedeniyle, dinleyen şahıs, karşısındakinin söylediğini, söyleyenin vermek istediği anlamdan bambaşka bir şekilde yorumlar ve farklı sonuçlar çıkarır ki bu tür gürültüye de “psikolojik gürültü” denilmektedir.

Bu tez çalışmasında, eğitim öğretim verilen dersliklerde derslik fiziksel koşullarını oluşturan, reverberasyon süreleri, varlık kriteri değerleri, netlik değerleri, yayınık ses-dolaysız ses düzeyleri gibi etkenlerin öğrenim için esas olan duyma-anlama üzerindeki etkileri araştırılmış ve önem seviyeleri araştırılmıştır. Bu amaçla önce İstanbul Fatih İlçesinde tüm ilk ve orta dereceli okulların dış cephe gürültüleri belirlenmiştir. Bu ölçüm sonuçlarına dayanarak, temsil edici özellikte olan iki lise pilot okul olarak seçilmiştir. Pilot okullara ait sınıflardaki fiziksel koşulların (akustik konfor parametreleri) öğrenme açısından duyma-anlama üzerine etkileri ölçüm ve hesaplar ile belirlenmiş ve değerlendirilmiştir.

Ayrıca okulların maruz kaldığı yüksek düzeydeki trafik gürültüsünün kabul edilebilir seviyelere çekilmesi için okul-yol arasına konulabilecek gürültü azaltıcı önlemlerin etkileri araştırılarak, gürültüyü azaltıcı materyallerin türü ve boyutu ile trafik akımındaki yoğunluğa göre okul-yol arası mesafeler için standartlar geliştirilmiştir.

## 2 GÜRÜLTÜ VE İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

### 2.1 Gürültünün Tanımı

Gürültü, yürürlükte olan Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde; "gelişigüzel bir yapısı olan ses spektrumu olup, subjektif olarak istenmeyen ses" olarak tanımlanmaktadır (1986). Sirel'e göre (1992) ise gürültü, zaman içerisinde bir sesin tayfsal yapısında (sesin frekans özelliğinde) gelişigüzel düzensizliklerin olması olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak ise beğenilmeyen, hoş gitmeyen veya dinlenilmesine tahammül edilemeyen kısaca herhangi bir değeri olmayan sese veya seslere gürültü denilmektedir (Magrab ve Jackson, 1972). Hoşa giden rahatlatıcı seslere insanların ihtiyacı vardır. Sesin uyumsuz, düzensiz, kabul edilebilir olmaması ve istenen düzeyden yüksek çıkması o sesin gürültü olarak tanımlanması için yeterlidir.

Değişik gürültü düzeylerinin duyulanmaları kulakta farklı şekilde hissedilmektedir. Örneğin 0 dB insan kulağı için duyma eşiği değerini oluştururken, 130 dB kulak için ağrı duyma eşiği olarak belirlenmiştir. Genelde, 85 dB'in üstü gürültü düzeylerinde, zamanla meydana gelen işitme rahatsızlıkları oluşmaktadır. Değişik konuşma türleri ve bunların sahip oldukları ses düzeyi değerleri ise Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Farklı konuşma türlerinin sahip oldukları gürültü düzeyleri (Milli Produktivite Merkezi, 1974)

Ses düzeyi (dB)	Konuşma türü ve konumu
45	10 m'den normal konuşma
65	3 m'de normal konuşma, 6 m'de yüksek ses, 10 m'de çok yüksek ses ve 15 m' de bağırma
75	1 m'den çok yüksek ses, 2 veya 3 m'den bağırma
85	1 m'den bağırma

### 2.2 Gürültünün Olumsuz Etkileri

Yüksek gürültü düzeyi; rahatı, emniyet hissini ve dolaylı olarak da çalışma verimliliğini etkiler. Gürültünün giderek artması kişiler üzerinde önce rahatsızlık duygusuna neden olmakta, arkasından konuşmayı zorlaştırmakta ve en sonunda da işitme gücünü azaltmaktadır.

Düzeyi yüksek gürültü içinde uzun süre çalışmanın, yada bulunmanın, işitme gücü üzerinde olumsuz ve onarılamayacak sonuçlar doğurduğu bilinmektedir. Güvenli gürültü düzeyinin ve ne kadar süre ile dayanılabileceğinin ortaya konulmasında ise çeşitli ve karmaşık etmenler rol oynamaktadır. Bu etmenler aşağıda belirtildiği gibidir:



- Aşırı gürültüye kısa süreli maruz kalma bile geçici sağırlığa yol açabilmektedir. Bu tür sağırlık birkaç dakika içinde ortadan kalkabilir ya da haftalarca, hatta aylarca sürebilir. Bu gibi geçici sağırlıklar, daha önceden varolan işitme duyusu eksilmelerinin de üzerine eklenik biçimde katılmaktadır.
- İleri yaşlarda, özellikle tiz seslere karşı olmak üzere işitme duyusunda bir eksilme söz konusudur. Yaşlılıktan ileri gelen sağırlıkla yüksek gürültü düzeylerinin yol açtığı sağırlık arasında bir ilişki yoktur. Ancak kritik gürültü düzeyinin saptanmasında birinci tür sağırlığın da göz önünde tutulması gerekir.
- Sürekli sağırlık doğuran gürültü düzeyleri bakımından kişiler arasında da önemli ayrılıklar bulunabilmektedir.

İşitme duyusunun korunabilmesi için Avustralya Standartlar Enstitüsü'nün geliştirdiği yönetmelikte 85 dBA'nın çoğunluğu etkileyeceği, belirli kişilerde ise bu etkinin 75 dBA'dan başlayabileceği belirtilmiştir (Milli Produktivite Merkezi, 1974). 85 dBA'nın üzerindeki gürültü düzeyleri içinde uzun süre bulunma, işitme duyusu üzerinde sürekli ve onarılamayacak bir azalmaya yol açar.

Kulak çınlaması, işitme duyusunun azalmasının önemli belirtilerinden biridir. Böyle bir durumla karşılaşıldığında, gecikmeden ele alınması gereken bir tehlikenin varlığını bildirir.

Gürültü, ilk bakışta önemsiz gibi görünse de, günlük hayatımızda en yoğun olarak karşı karşıya kaldığımız kirlilik türlerinden biridir. Gürültü etkisinde kalan insanların uyku saatleri bozulur, iş verimleri düşer. Konuşulanların anlaşılabilmesi, işitme duyarlılığında geçici olarak azalma, yorgunluk, bezginlik gibi psikolojik problemler ortaya çıkmaktadır. Ani gürültüye maruz kalan insan vücudunda ani bir kas gerilmesi oluşur ve böylesi bir refleksin önlenmesi mümkün değildir. Dolayısıyla gürültülü bir ortamda bulunan canlıların rahat etmesi ve gevşemesi böyle bir durumda mümkün değildir. Aynı zamanda fiziki dayanıklılığı da olumsuz yönde etkilediğinden vücut direncini de azaltır.

Kulak kısa süreli yüksek seviyeli bir gürültüye maruz kaldığında, geçici olarak işitme eşiğinde bir kayma oluşarak anlık bir işitme kaybı görülür. İşitme eşiği, belirli bir frekansta kulak tarafından hissedilebilen en düşük ses basınç düzeyi olarak tanımlanır. Bazı frekanslardaki çok kısa süreli gürültüye maruz kalmalarda bile, işitme eşiği 20 dB'e kadar yükselebilir. Ancak bu durum kalıcı değildir ve kısa bir süre sonra kulak önceki hassasiyetine ulaşır (Karaböce ve ark., 1996).

Gürültünün bir diğer zararı da insan kalbine verdiği rahatsızlıktır. Araştırmacılar gürültünün kalp atışlarını düzensizleştirdiğini, kanı koyulaştırdığını ve kan damarlarını genişlettiğini ispatlamışlardır (Rosen, 1978).

Gürültünün kronik baş ağrısı yaptığı, insanı alınganlaştırdığı ve öfkeli yaptığı tespit edilmiştir. Gürültünün insan üzerindeki olumsuz etkileri aşağıda belirtildiği gibidir:

- Fizyolojik etkiler,
- Performans değişimleri,
- Psikolojik rahatsızlıklar,
- İşitme kayıpları

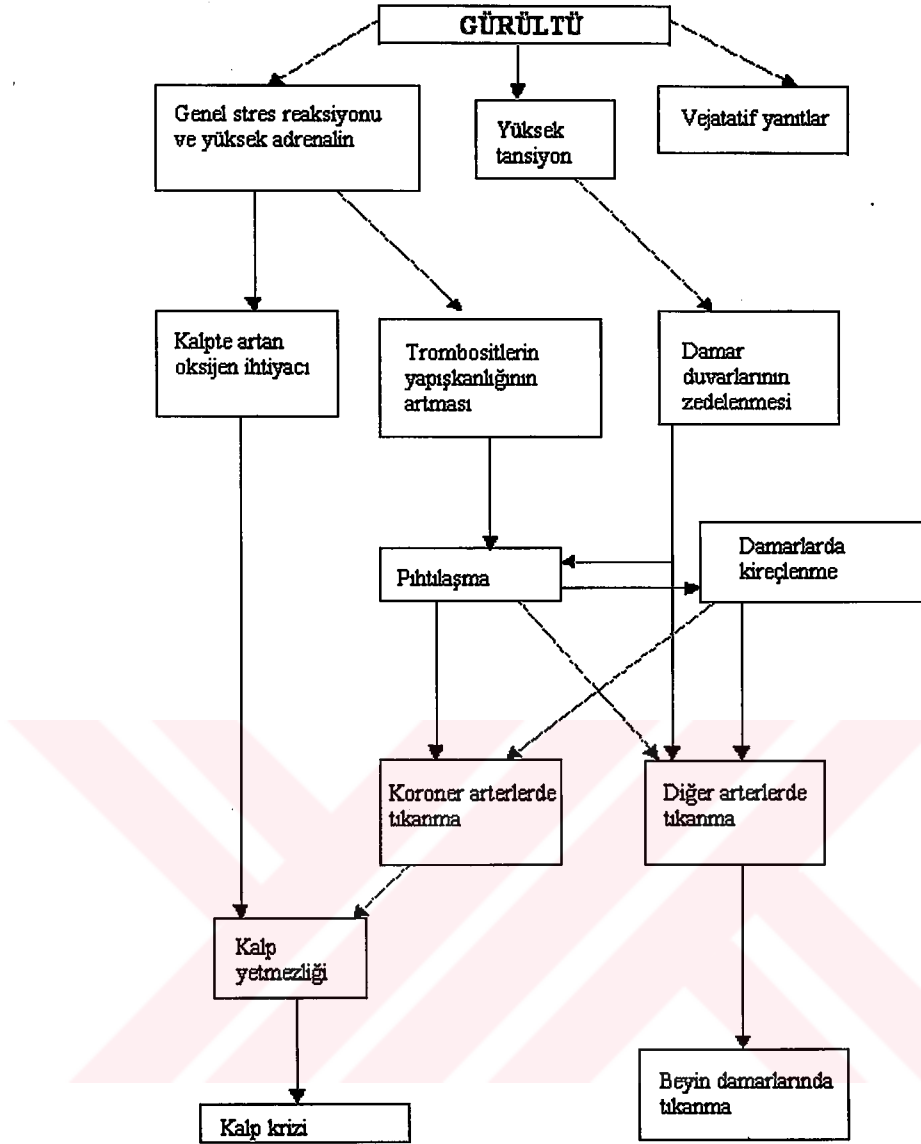
## 2.2.1 Gürültünün işitme duyusu dışında meydana getirdiği etkiler

### 2.2.1.1 Fizyolojik etkiler

Gürültünün fizyolojik etkileri, etkinin zaman içindeki sürekliliğine göre, kısa ve uzun süreli etkiler olarak geçici bir sınıflandırmaya tabii tutulmuştur. Kısa süreli etkiler, gürültü kesildikten hemen sonra kalkarken, uzun süreli etkiler ise saatler, günler hatta daha uzun süreler bile devam edebilir. Gürültünün belli başlı bilinen fizyolojik rahatsızlıkların meydana geldiği yerler aşağıda sıralanmıştır:

- Sinir sistemi
- Kalp damar sistemi
- Mide-bağırsak sistemi
- Solunum sistemi
- Kemik adale sistemi
- Kan yapısı
- Metabolik sistem (kan şekeri yüksekliği)
- Endokrin (cinsi faaliyet bozukluğu, adrenalin salgısında artış)
- Kısa süreli etkiler: Bu etkiler istemli kasları kapsayan refleksler (göz kırpmak gibi), kan basıncının artması, nefes alma refleksindeki değişiklikler, kalp atışlarının artması, göz bebeğinin büyümesi, gastrointestinal hareketin artması gibi etkilerdir.
- Uzun süreli etkiler: Gürültünün işitme organı dışında fizyolojik olarak yol açtığı öne sürülen pek çok etkisi vardır. Aynı zamanda gürültünün psikolojik etkileri ile fizyolojik etkileri arasında bir bağlantı olduğu öne sürülmektedir. Stres insan vücudundaki denge mekanizmasını harekete geçirir, böylece sinir sistemi ve hormonal denge yoluyla savunma yapması durumunda bazı hormonların ortaya çıkmasına sebep olur. Stresle ilgili olduğu kesinleşmiş gastrit, ülser, astım ve migren gibi pek çok rahatsızlık vardır. Ancak gürültünün bu anlamda bir stres etkisi yarattığı kanıtlanmamıştır.
- Ayrıca çalışmalar neticesinde gürültünün uyku bozukluklarına, renk algılama problemlerine, erken ve düşük kilolu bebek doğumlarına yol açabildiği saptanmıştır. Şekil 2.1'de, belirlenen fizyolojik olumsuzluklar şematik olarak gösterilmiştir.





Şekil 2.1 Gürültünün insan fiziyojisi üzerindeki etkileri (Brutka ve Yaremchuk, 1997).

Özellikle sesin somut olarak ölçülen birimi dB olarak bilinmektedir. Oldukça yüksek yoğunlukta gürültü düzeylerine maruz kalınması, kişilerde kalıcı veya geçici işitme kayıplarına neden olabilmektedir. Özellikle iç kulak bölgesinde meydana gelen işitme kayıplarında, kalıcı rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır. İşitme kayıplarında yaygın olarak bilinen nedenlerden biri, kulaktaki hassas ince kılcak hücrelerin aşırı gürültüden dolayı zarar görmesi ve bunun sonucunda ortaya çıkan kayıplardır. Bu bulgular laboratuvarlarda hayvanlar üzerinde yapılan testlerle ortaya konmuştur. Örneğin sincaba benzer bir deney hayvanı (Chinchilla) üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda, 18 gün boyunca 125 dB'lik bir gürültü düzeyine maruz tutulup ve daha sonra 30 günlük dinlenme periyodu sonunda yapılan

incelemelerde iç kulakta bulunan kemiğin hasar gördüğü tespit edilmiştir (Brutka ve Yaremchuk, 1997). Ve daha sonra Corti organında yapılan elektron mikroskobu incelemelerinde hem iç ve hemde dış kulaktaki ince kılcal hücrelerin zarar gördüğü bulguları elde edilmiştir.

Yüksek düzeyde gürültülerin cochlea'daki kan damarlarını sıkıştırdığı ve bunun sonunda cochlea da olması gereken kan dolaşımının gerçekleşmediği ve böylece kulakta geçici diye niteleyebileceğimiz anlık, saatlik, hatta günlerle ifade edilen işitme kayıplarına neden olduğu saptanan bulgular arasındadır

### 2.2.1.2 Performans değişimleri

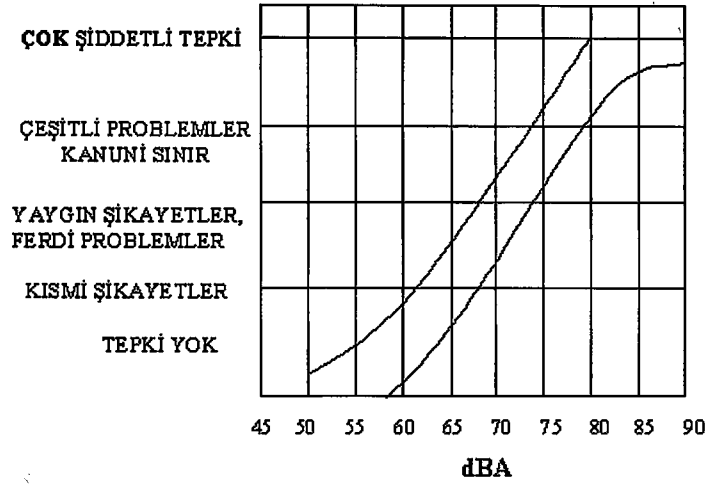
Gürültünün iş verimi, okuma, öğrenme gibi konularda yol açtığı performans değişimleri üzerinde 1930'lu yıllardan beri araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar performans düşüklüğüne yol açan gürültü tipleri ve kritik gürültü seviyelerinin belirlenmesinin mümkün olmadığını ortaya koymuştur. Ancak bazı genellemeler yapılabilmektedir.

- Tanınmayan (alışılmadık) sesler: Performans, bir gürültünün aniden kesilmesi ve başlaması ile orantılı olarak değişmektedir.
- Tanınan aralıklı gürültü: Düzenli aralıklı sesler, sürekli olanlara göre performansı daha az etkilemektedir.
- Düzeyli ve tayfsal yapı: 95 dB'in üzerindeki değerlerde performans düşüşü daha belirgindir. Ayrıca yüksek frekansların, performansı, alçak frekanslara göre daha olumsuz etkilediğini gösteren bulgular vardır.

Performansın bağlı olduğu genel kriterler belirlenemediğinden, performans düşmelerinin engellenmesi güçleşmektedir. Maxwell ve arkadaşları (1997) tarafından yapılan bir araştırmada; havaalanı veya yoğun trafik gürültüsüne maruz kalan sınıflarda eğitim gören öğrencilerin dersi anlamada zorlandıkları, bulmaca çözme gibi yoğun düşünce gerektiren durumlarda sessiz ortamlarda eğitim gören öğrencilere göre daha az başarılı oldukları ve genel motivasyonlarının daha düşük olduğu gibi bulgular ortaya çıkartılmıştır.

Gürültüye karşı son zamanlarda kitlesel bazda tepkilerin ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Yapılan istatistiki çalışmalarla gürültü düzeylerinde toplum bazında nasıl tepkilerin oluştuğu saptanmıştır. Bu tepkilerin gürültü düzeyinin alt ve üst seviyelerine göre değişimi Şekil 2.2'de verilmiştir. Bu şekle göre kısmi şikayetler 62 dBA'dan başlayıp 68 dBA'ya kadar çıkarken, çeşitli problemlerden sonra bu konuda kanuni sınırlamalar minimum 74 dBA'den başlayıp 80 dBA'ya kadar devam etmektedir. Toplumsal şiddetli tepkiler ise 80 dBA'dan sonra başlamaktadır.

Gürültünün, çevresindekilere verdiği zararı engellemek amacıyla; gürültünün üretildiği ortamın özelliğine, çevredeki kişilerin gürültülü ortamda bulunma sürelerine ve koşullarına bağlı olarak, değişik gürültü düzeyleri sınır değer olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.2 Gürültüye karşı insanların genel tepkileri (Miller, 1971).

Gürültünün, kişiler üzerinde hem psikolojik hem de fizyolojik problemler doğurduğu ve insanların sosyal hayatlarındaki konuşma, iletişim, çalışma, dinlenme ve uyku gibi faaliyetlerini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir.

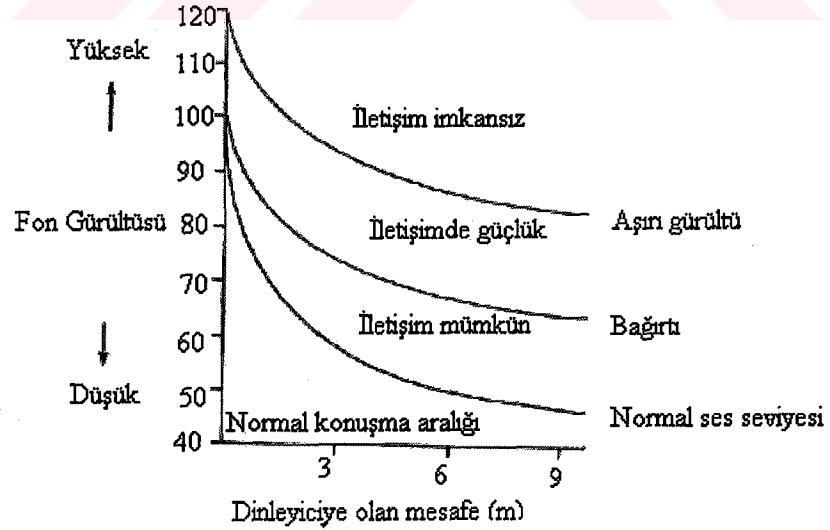
Gürültünün şiddeti, ortamda bulunma süresi, gürültüye maruz kalan kişilerin fiziksel ve psikolojik durumları gibi özellikler insanlarda geçici veya kalıcı sağırılıklara neden olabilmektedir. Gürültüye maruz kalma süresinin uzun olması, kısa süreli maruziyetlerle kıyaslandığında kişilerde kalıcı sağırılık riskini daha fazla arttırmaktadır. Eğer bu maruziyetin süresi belirli bir zaman dilimini aşacak olursa kişilerde kalıcı işitme sağırlığından söz etmek mümkün olmaktadır. Yapılan çalışmalarda kısa aralıklı fakat şiddetli gürültü kaynaklarının kişilerde oluşturduğu belli başlı rahatsızlık örnekleri, konuşmada güçlük çekme, algılamada zorlanma, diğer işitme olgularında olumsuz girişimler, uyku ve dinlenme bozuklukları, rahatsızlık ve hareket kabiliyetlerinde dengesizlik olduğu gözlemlenmiştir. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) tarafından A.B.D'de yapılan bir araştırmada fertlerdeki işitme sınır değişimine neden olan faktörler şu şekilde sıralanmıştır (WHO, 1980):

- Gürültünün seviyesi: ses seviyesinin 60 dBA ile 80 dBA arasında olması durumlarında
- Sesin frekans dağılımları
- Sesin ortamda kalma süresi: ortamda bulunan gürültü düzeyinin süresinin uzunluğu işitme eşiği yükselmesi ile doğrudan orantılıdır.

- Ortamda bulunan gürültü düzeylerinin periyodu: iki gürültü düzeyi arasındaki sessizlik süresinin kısa oluşu işitme eşiği seviyesini yükseltir.
- Fertlerin kişisel yapı özellikleri işitme eşiğinin değişmesinde diğer bir nedendir.
- Gürültü kaynağının türü gibi özellikler olarak belirlenmiştir.

### 2.2.1.3 Gürültünün konuşmaya olan girişimi

Gürültü üzerine yapılan çalışmalar göstermiştir ki, insanların iletişim kabiliyetlerine olumsuz yönde etki eden parametrelerden biri de gürültüdür. Her ne kadar bu gürültünün düzeyi işitmeyi olumsuz yönde etkileyecek düzeyde olsa da konuşma kabiliyetine de olumsuz yönde etki edebilmektedir. Yüksek gürültü düzeylerinin konuşma iletişimini bozucu olduğu, kesinlikle saptanmış ve konuşmacı ile dinleyici arasındaki aşılması gereken gürültü düzeyleri belirlenmiştir. Gürültünün neden olduğu olumsuz girişim veya maskeleye etkisi, konuşmacı ile dinleyici arasındaki uzaklık ile, konuşmacının kullandığı cümleler içerisinde bulunan kelimelerin sahip olduğu frekans özeliği gibi komplike bir yapının sonucu olarak gerçekleşmektedir. Dolayısıyla konuşma girişim seviyesi (Speech Interference Level, SIL) insanlar arasındaki iletişimde algılama açısından ortamda bulunan fon gürültü seviyesi ile birlikte bir zorluk ölçüsü olarak tanımlanmıştır. Konuşmanın anlaşılabilirliği veya anlaşılamazlığı ortamda bulunan arka plan gürültüsüne de bağlıdır. Şekil 2.3, ortamda bulunan A ağırlıklı arka plan gürültüsüne göre konuşma kalitesi arasında ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 2.3 Ortamdaki ses basınç seviyesi ve mesafeye göre konuşma iletişimi (Miller, 1971).

#### 2.2.1.4 Genel rahatsızlık

Gürültünün insan üzerindeki geçici ve kalıcı zararları olmasa da, sıkıntı, gerginlik, isteksizlik olumsuz bir etkidir.

Gürültüye karşı duyulan rahatsızlık, dinleyicilerin bir tepkisi olarak bilinmektedir. Bu tepki, bazı istenmeyen doğal seslerin temelinde varolup, düzeni bozulan insan hareketlerinde gürültüye karşı sergilenen bir fizyolojik eylemdir. Kişilerde daha fazla rahatsızlık hissi uyandıran bazı eylem türlerine örnekler aşağı sıralanmıştır. Gece saatlerinde duyulan bir ses, insanı gündüz saatlerinde duyulandan daha fazla rahatsız etmektedir veya düzensiz bir yapıya sahip ses, kişileri düzenli yapıya sahip olan sestten daha fazla rahatsız etmektedir. Ayrıca anlamsız olduğuna inanılan sesler de yine rahatsızlık unsuru olma özelliğine daha yatkındırlar. Bir diğer örnek ise kaynağını görebildiğimiz nitelikteki gürültüler, kaynağını göremediğimiz gürültülerden daha fazla rahatsızlık verici niteliktedir. Keza, her zaman duyulan bir ses kaynağı, alışık olmadığımız yeni bir ses kaynağına göre daha fazla rahatsızlık hissi doğurabilmektedir.

#### 2.2.1.5 Gürültünün çalışma aktivitesi üzerindeki olumsuz etkisi

Konuşmanın gerçekleştirildiği kapalı mekanlarda, eğer mevcut gürültü düzeyi, kullanım amacına göre o mekan için önerilen değerin üzerinde ise, bu durumda konuşma gürültü tarafından maskelenerek konuşulunun anlaşılabilmesi gibi bir problem meydana gelmektedir. Fertlerin hareketleri oldukça komplike bir yapıda olduğundan, hangi düzeyde gürültü seviyesinin hangi insanlarda ne kadar düzeyde bir olumsuz etki oluşturduğunu belirlemek oldukça güçtür. Buna rağmen yine birtakım genel sonuçları şu şekilde sıralayabiliriz. Ağırlıklı gürültü seviyesi 90 dBA'yı aşmadığı sürece sürekli olan ve hiçbir anlam ifade etmeyen gürültü düzeylerinin fertlerin aktivitelerine herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı saptanmıştır. Buna rağmen düzensiz ani patlamalar sonucunda oluşan gürültü düzeyleri sürekli olanlara göre daha rahatsız edici durumdadır. Çünkü bu tür ani oluşan gürültü düzeyleri 90 dBA'nın altında oldukları durumlarda bile insanların performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedirler. Yüksek frekanslı seslerden oluşan (1000-2000 Hz'in üzerinde) gürültüler daha düşük frekanslı seslerin oluşturduğu gürültülerden daha fazla olumsuz girişim yapmaktadırlar. yüksek düzeylerdeki gürültü seviyeleri iş miktarının azaltılmasından ziyade yapılan işlerde istenilen hedefe ulaşmada problem oluşturmakta ve yapılan işin doğruluk derecesi azalmaktadır. Buna ilaveten daha komplike işler daha basit işlere göre gürültüden daha fazla olumsuz yönde etkilenmektedir (WHO, 1980).

### 2.2.1.6 Gürültünün insan psikolojisi üzerindeki olumsuz etkisi

Gürültünün psikolojik etkisi, kişilerin duygusal yapısıyla yakından ilgilidir. Sürekli gerilim, sinirlilik, şüphecilik gibi durumlara neden olur. Morali etkiler ve verimi azaltır. Gürültünün verdiği bu rahatsızlıklar kişilere ve durumlara göre değişebilir.

Aniden meydana gelen gürültü insanların korkmasına ve kızgın olmasına neden olabilir. Gürültü bazı durumlarda iş basamaklarını etkilemektedir. Mesela doğru bir ritim varsa işçiler ritimlerini veya hızlarını bu gürültüye göre ister istemez değiştirebilirler.

Gürültü; sinirlilik, korku, dil dolanması gibi hastalıklara neden olur. Dinlenme ve uykuda aksaklık da bunlara dahildir. Gürültünün neden olduğu yorgunluk bazı çalışmalarda endüstriyel kazalara neden olmaktadır.

Belirli bir düzendeki seslerin yavaş hızda tekrarı, hızlı tekrarından daha rahatsız edici olmaktadır. Gürültünün şiddetine göre etkilerini sınıflandırdığımızda, istenmeyen gürültünün 30-60 dB arasında psikolojik, 60-90 dB arasında hem psikolojik hem de organizma işleyişi üzerine olumsuz etkileri, 90-120 dB arasında da öncekilere ek olarak kulakla ilgili etkileri olumsuz etkileri olmaktadır (Doğusan, 1996).

### 2.2.2 Gürültünün işitme duyusunda meydana getirdiği etkiler

Gürültünün en yaygın olarak bilinen etkilerinden biri işitme kayıplarıdır. Gürültünün neden olduğu olumsuz etkiler, gürültü düzeyi, etki süresi, frekansı, tayfsal yapısı başta olmak üzere, pek çok etkiye bağlı olarak değişik derecelerde kayıplar olarak ortaya çıkar

Önemli olan başka bir konu da sınır değerlerin altında gürültülerden uzun yıllar boyunca etkilenen kişilerde de işitme kayıpları olup olmadığıdır. Bunların tespitindeki en önemli problem yaşa bağlı işitme kayıplarının varlığıdır. Çünkü bu problem çevre tahribi olmaksızın da ortaya çıkmaktadır. Gürültüsüz ortamda yaşayan göçebe kabilelerde de yaşa bağlı işitme kayıpları söz konusudur. Öte yandan, bu kabilelerde ki ses kayıpları gelişmiş ortamdaki yaşa bağlı işitme kayıplarına oranla çok daha düşüktür. Bu noktadan yola çıkarak yaşa bağlı işitme kayıplarının bir bölümünün kökeninde gürültünün kümülatif etkisi olduğu söylenebilir.

Duyulan bir sesin insan kulağında gürültü olarak tanımlanması, sesin özellikleri ile alıcı diye nitelediğimiz şahısların bazı özelliklerine bağlı olarak gösterebilmektedir. Bu özellikler başlıca şu etmenlere bağlıdır; (Sabuncu, 1976).

- Gürültünün şiddetine
- Gürültünün frekans spektrumuna
- Gürültünün şekline
- Gürültünün mekanik vibrasyon ve ultrasonik dalgalarına
- Günlük maruziyet zamanına
- Total günlük maruziyet zamanına
- Maruziyet süresi zaman aralıklarına
- Gürültü kaynağından kişinin uzaklığına
- İş yeri ve çalışma ortamının özelliklerine
- Bünyesel hassasiyete
- Yaş ve cinse
- Her iki kulağın durumuna
- Mevcut kulak hastalıklarına bağlıdır

### **2.3 Konuşmanın Anlaşılabilirliği Yönünden Gürültünün Değerlendirilmesi**

Doğrudan iletişimde konuşmanın anlaşılabilirliği açısından seslerin değerlendirilmesinin pratik yöntemine odyoloji denilmektedir.

Bu konunun kapsamına, verilen en büyük uzaklığın gürültü özelliklerinin bir fonksiyonu olarak değerlendirilmesi girmektedir. Çınlama ve/veya yankıların ihmal edilebilir seviyede olduğu sürekli spektrumlu kararlı gürültülere sahip bir çevrede normal veya yüksek sesle yapılan konuşmaları kapsar. Bu kapsama telefon, telsiz konuşmaları ile ses ayırma ve birleştirme cihazları ile yapılan konuşmalar girmez.

Anlaşılabilirlik, normal bir konuşma sırasında anlaşılan kelime sayısının konuşulan toplam kelime sayısına oranıdır. Bu oran % olarak belirtilir. Yeterli anlaşılabilirlik ise, %95'den az olmayan anlaşılabilirliktir ki 0,4'lük bir söyleyiş indeksine eşittir (TSE 2726, 1977).



### 3 YAPILARDA İÇ ve DIŞ ORTAM SES KALİTESİ ve ÖLÇÜTLERİ

Yaşanılan veya çalışılan ortamların akustik değerlendirmeleri yapılırken, yapının sahip olduğu tüm bileşenlerinin hepsinin ayrı olarak ele alınarak incelenmesi gerekmektedir. Bunlardan en önemlisini kuşkusuz yapı kabuğu oluşturmaktadır.

#### 3.1 Yapı Kabuğu Türleri

Bir yapıda kabuk olarak tanımlanan duvarları, yapısal olarak üç sınıfa ayırmak mümkündür:

- Tamamen taş duvar, tuğla duvar vs. gibi malzemelerden oluşmuş dolu bir cidar
- Tamamen cam gibi, saydam-yarı saydam malzemelerden oluşmuş bir yapı cidarı ve
- Değişik oranlarda cam ve dolu cidarlardan oluşmuş bir kompozit cidar (Şerefhanoglu, 1981).

#### 3.2 Yapı Kabuğuna Gelen Dış Gürültüler

Yapıların içine dış gürültünün geçişi, ya doğrudan yapıdaki mevcut açıklıklarla (kapı, pencere, havalandırma kanalları vb gibi) veya dolaylı olarak yapı kabuğu aracılığı ile yada yapı kabuğunun titreşimi ile meydana gelmektedir. Yapı içerisine geçen gürültü, o ortamdaki kullanıcıların birbirleri ile olan iletişimlerinin netliğini önleyeceği gibi psikolojik yorgunluğun da temel kaynağını oluşturacaktır.

Yapı dışı gürültüleri, daha çok kent gürültüsü olarak tanımlanan, trafik (Karayolu, Denizyolu, Havayolu, Demiryolu), açık pazarlar, dinlenme yerleri (Parklar, açık hava eğlence yerleri vs.) gibi değişik etkinliklerin meydana getirdikleri gürültü türleri olarak tanımlanmaktadır.

Gürültü kaynağının, hacmin dışında olması durumunda, alıcı hacimdeki gürültü düzeyi belli başlı gürültüyü oluşturan sesin şu özelliklerine bağlı olacaktır. Bunlar: kaynağın gücü, sesin ya da gürültünün geldiği yapı cidarının ses geçirmezliği, sesin geldiği cidarın yüzey alanı ve hacmin toplam yutuculuğu biçimindedir. Dış ortamlarda meydana gelen gürültü düzeyinin ortam özelliklerine bağlı olarak değişimleri, ortamın aşağıda sıralanan özelliklerine bağlıdır: (Şerefhanoglu, 1988)

- Kaynağın alıcıya uzaklığı
- Kaynağın türü
- Havanın yutuculuğu
- Atmosfer ve iklim koşulları
- Bitki ve zemin örtüsü

- Topoğrafik durum
- Engeller

Ses kaynağının hacmin dışında açık havada (sınırsız ortamda) ya da başka bir sınırlı ortamda olması, doğal olarak alıcı hacimdeki ses düzeyinin etkilenmesine neden olacaktır. Ayrıca kaynağın niteliği, cidara olan uzaklığı ve geliş doğrultusu yine yapı kabuğuna gelen gürültü düzeyinin etkilenmesine neden olacaktır.

Ses ya da gürültü kaynağı açık havada ise, hacmin dış yüzüne (yapı kabuğuna) gelen gürültü düzeyinin ölçülmesi yada hesaplanması önemlidir. Bu gürültü düzeyinin hesaplanması durumunda dış etkenlerin de göz önünde tutulması gerekmektedir. Mevcut dış gürültülerin iç hacimdeki ses düzeyi hesaplamalarında, Denklem 3.1 kullanılmaktadır (Şerefhanoglu, 1987).

$$L_2=L_1-R+10\log\frac{S}{A} \quad (3.1)$$

Burada;

$L_1$ =Dış hacimdeki ses düzeyi (dB),

$L_2$ =İç hacimdeki ses düzeyi (dB),

$R$ =Yapı kabuğunun ses geçirmezliği (dB),

$S$ =Cidarın alanı ( $m^2$ ),

$A$ =Toplam yutuculuk (Sabine)

Gürültü kaynağının hacmin dışarısında olması durumunda, gürültünün geldiği cidarın ses geçirmezlik değeri çok önemlidir. Çünkü bu yöndeki ses geçirmezlik ne kadar yüksekse alıcı hacme geçen ses miktarında o nispette bir azalma olacaktır.

Yapı dışı gürültü düzeyini oluşturan birçok etmen vardır ve bunların başında hiç şüphesiz şehirlerde trafik kaynaklı gürültüler gelmektedir. Bununla birlikte yol, araç nitelikleri, araçların hızları, yol-yapı konumları, topoğrafik durum gibi nedenler karayolu trafik gürültüsü düzeyinin az yada çok olmasına neden olan başlıca unsurlardır. Yapı dışı gürültülerinin yaşanılan ortamın türüne göre hangi boyutta olacağı uluslararası standartlarda belirlenmiştir. Bu standart değerler doğal olarak bizim ülkemizde de gürültü kontrolü yönetmeliğinde aynen kabul görmüştür. Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nin 12. Maddesine göre karayolu trafiği gürültüsü için çeşitli gürültü düzeyi değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Yapı dışı gürültü düzeyi değerleri (Gürültü Kontrol Yönetmeliği, 1986).

Bölge kodu	Bölge tanımı	Gürültü düzeyi, $L_{Aeq}$
I. Bölge	Şehir dışı konut alanı	35-45
II. Bölge	Şehir kenarı konutları	40-50
	Şehir konut alanı (Trafik akımına 100 m uzakta)	45-55
	Şehir konut alanı, anayolları, işyerleri (Trafik akımına 60 m uzakta)	50-60
III. Bölge	Şehir konut alanı, anayolları, işyerleri (Trafik akımına 20 m uzakta)	55-65
IV. Bölge	Endüstri bölgesi ve ağır vasıta ve otobüslerin geçtiği ana yollar	60-70

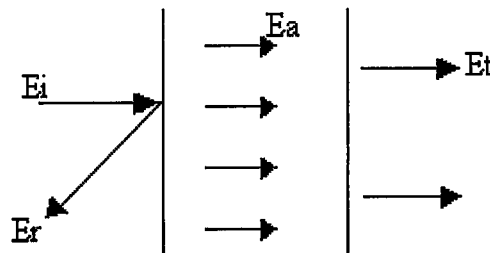
### 3.3 Yapı Kabuğundan Sesin İletilmesi ve Absorplanması

Oluşan ses, yayılma ortamı basıncında salınımlara, dalga oluşumuna neden olur. Noktasal kaynaklar için, bu basınç salınımları kaynaktan küresel olarak etrafa yayılmaktadır. Bu durumda ses basıncı, kaynaktan uzaklaşan mesafenin ikiye katlanmasıyla yaklaşık 6 dBA'lık bir azalma göstermektedir (Spon, 1991).

Genellikle ses bir ortamda yayılırken, bu ortamın bazı özelliklerine bağlı olarak absorplanır, yani tutulur. Buna göre herhangi bir E şiddetindeki ses dalgası gaz ortamında ilerlerken herhangi bir malzeme yüzeyine çarpması durumunda, bu sesin ( $\alpha$ ) kadar bir miktarı malzeme yüzeyince tutulur. Bu malzemedен veya engelden yansıyan sesin şiddeti  $(1-\alpha)*E'$  dir. Malzemede tutulan miktar ise,  $(\alpha*E)$  kadardır (Spon, 1991). Malzemenin diğer tarafından iletilen miktar ise,  $(1-\alpha)*E*k$  kadardır. Malzemenin sesi iletim oranı, k katsayısı ile ifade edilir. Bu durum, şematik olarak Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Malzemelerin sesi tutma katsayısı olan  $\alpha$  daima 1'den küçük değerdedir. Genelde dağıtıcı absorplayıcıların (Cam yünü vb. gibi malzemeler) yüksek frekanslarda dahi ses tutma kapasitesi yüksek olduğundan, bu tür malzemelerin absorplayıcı olarak kullanılması tercih edilmektedir.

Yalıtım malzemelerinin absorplama katsayısı ( $\alpha$ ), bu malzemeye gelen ses enerjisinden, yansıyan enerjinin farkı alınarak bu değerın gelen enerjiye bölünmesi ile Denklem 3.2'deki gibi elde edilmektedir



Şekil 3.1 Malzeme yüzeyine gelen ses enerjisinin dağılımının şematik gösterimi (Spon, 1991).

$$\alpha = \frac{E_i - E_r}{E_i} \quad (3.2)$$

$\alpha$ =malzemelerin sesi absorplama katsayısı

$E_i$ =Malzeme yüzeyine gelen ses enerjisi

$E_r$ =Malzeme yüzeyinden yansıyan ses enerjisi

Sesin belirli yüzeylerden geçerken, malzemenin absorplama katsayısı, kütlesi, sesin frekansı gibi etkenler ses seviyesinde meydana gelen kayıpların başlıca nedenlerini oluşturmaktadır. Ses seviyesinde meydana gelen bu değişimler, geliştirilen birçok ampirik formüllerle aşağıdaki denklemlerde verildiği gibi ifade edilmektedir (Şerefhanoglu, 1992).

$$R = 19 * \log m \quad (3.3)$$

$$R = 12 + 5.33 \sqrt[3]{m} \quad (3.4)$$

$$R = 15,4 * \log m + 10 \quad (3.5)$$

$$R = 15 * \log 4m \quad (3.6)$$

$$R = 18 * \sqrt[5]{m} \quad (3.7)$$

$$R = 20 * \log m + 12 * \log f - 27 \quad (3.8)$$

$$R = 18 * \log m + 12 * \log f - 25 \quad (3.9)$$

$$R = 10,5 * \log h + 19,3 \quad (3.10)$$

Bu denklemlerde;

$R$ =Ses geçirmezlik değeri, dB

$m$ =Kütle ağırlığı, kg/m<sup>2</sup>

$f$ =Frekans, Hz,

$h$ =Cam kalınlığı, mm

Denklem 3.10 kullanılarak değişik cam kalınlıklarına göre ses geçirmezlik değeri (R), dB olarak hesaplanmış ve Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Malzemelerin absorplama katsayısı, bir mekanda işitme şartlarının uygun olup olmadığını gösterir. Çünkü sesin kaynaktan kesildikten sonra, bu sesin iç yüzeylerce yutulup çabucak

sönümlenmesi gerekmektedir. Bu başarılmazsa sesin o mekanda yansımaya neden olarak işitme şartları için olması gereken ortamın niteliği ortadan kalkmış olur. Sesin tamamen yüzeyler tarafından emilmesi de sesin duyulmamasına neden olacağından, çalışılan ortama göre gerekli yapı akustiği inşaat mimarisinde sağlanmalıdır.

Çizelge 3.2 Cam kalınlıklarına göre (R) değerleri (Şerefhanoglu, 1992).

Cam kalınlığı (mm)	Ses geçirmezlik katsayısı, R (dB)
2	22,5
3	24,3
4	25,6
5	26,6
6	27,5
7	28,2
8	28,8
10	29,8
12	30,6

### 3.4 Yapı İçi Gürültüleri

İki tip yapı içi gürültü kaynağı mevcuttur:

- İnsan faaliyetlerinden doğan gürültüler
- Sektörel faaliyet gürültüleri

Hassas yapıların iç gürültüleri için Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde verilen sınır değerler, Çizelge 3.3'de sunulmuştur.

Çizelge 3.3 Kapalı mekanlardaki işleve bağlı gürültü düzeyi değerleri (Gürültü Kontrol Yönetmeliği, 1986).

Kullanım alanı	Kabul edilebilir ses basınç değeri ( $L_{Aeq}$ )
Eğitim yapıları, derslikler, laboratuvarlar	45
Spor salonu, yemekhane	60

Çizelge 3.3'de verilen bu değerler, pek çok durumda, özellikle anlaşılabilirlik gibi frekans boyutunun etken olduğu değerlendirmelerde, yeterli ve sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Her hacmin işlevine göre oluşan ve temelde öznel durumlara bağlı olan ölçütler dediğimiz fon gürültü düzeyi değerleri elde edilmiştir. Ülkemizde daha çok Avrupa ülkeleri tarafından kullanılan ve 31.5 Hz'ten başlayıp 8000 Hz'e kadar sürekli eğri niteliği gösteren ve gürültü derecelendirmeleri olarak bilinen NR (Noise Rating) eğrilerinden yararlanılmaktadır.

Her hacmin kullanım fonksiyonuna bağlı olarak içerisindeki işlevlerden dolayı, kabul edilebilir bir iç hacim gürültü düzeyi değeri vardır. Fon gürültüsü düzeylerinin belirlenmesi ve gürültü denetiminin buna göre yapılması gerekir.

Ayrıca kapalı hacimlerde bir diğer önemli etken de, hacimdeki yansımın süresidir. Toplam yutuculuğun az ya da çok olması, özellikle hacmin iç yüzeylerinin yutma çarpanına bağlı olarak hacimdeki yansımış ses düzeyini etkilediği için, bu durum hacimde ses düzeyinin koşullara göre olumlu ya da olumsuz yönde etkilenmesine neden olacaktır. Hacimde ses düzeyinin olumsuz yönde etkilenmesi, diğer bir deyişle, yansımış ses düzeyinin artmasından dolayı, konfor koşullarının bozularak gürültü sorununun ortaya çıkması, gürültü denetimi açısından özellikle ağırlık taşıyan bir konudur.

### 3.5 İç Ortam Gürültü Düzeyini Etkileyen Parametreler

Bir hacimde gürültü ya da ses düzeyi,

- Kaynaktan doğrudan gelen ses ile
- Yansımış sestten meydana gelmektedir.

Kaynaktan gelen ses, kaynağın hacim içerisinde veya hacmin dışarısında olması durumunda çeşitli farklılıklar arz eder. İç ortam hacim akustiğinde, gürültü düzeyi başlıca kaynak niteliğine ve hacmin toplam yutuculuğuna bağlıdır. Ayrıca ses kaynağının gücü, tayfsal yapısı ve ses dağılım karakteristiği gibi özellikleri, kaynağın niteliğini belirlediği için dolaysız gelen ses yönünden gürültü düzeyini etkileyen önemli etkenlerdendir. Tüm bunların yanında,

- Kaynakla ilgili titreşimlerin katı cisimlere geçmesi
- Kaynağın bulunduğu hacmin ufak ya da büyük olması
- Özellikle büyük hacimlerde kaynağın yeri gibi fiziksel büyüklükler de hacim içerisinde gürültü düzeyini etkileyen unsurlar arasında gelmektedir.

Çok büyük hacimlerde gürültülü çalışan makine ve diğer ekipmanların, hacmin bir bölümünde yer alması durumunda, bunlardan uzakta bir bölgeye dolaysız gelen sesin yeğnilliğinin azalması, kaynağa çok yakın yerlerde ise, doğrudan gelen sesin oluşturduğu ses düzeyinin fazla olması buna örnek olarak gösterilebilir.

Hacimde dolaysız ses düzeyinin doğrudan kaynakla ilgili ve kaynak niteliğinin değiştirilememesi durumunda hacimde ses yada gürültü düzeyi yalnızca yansımış ses düzeyine bağlı olarak değişecektir.

### 3.6 İç Ortam Akustiğinde Kullanılan Ölçütler

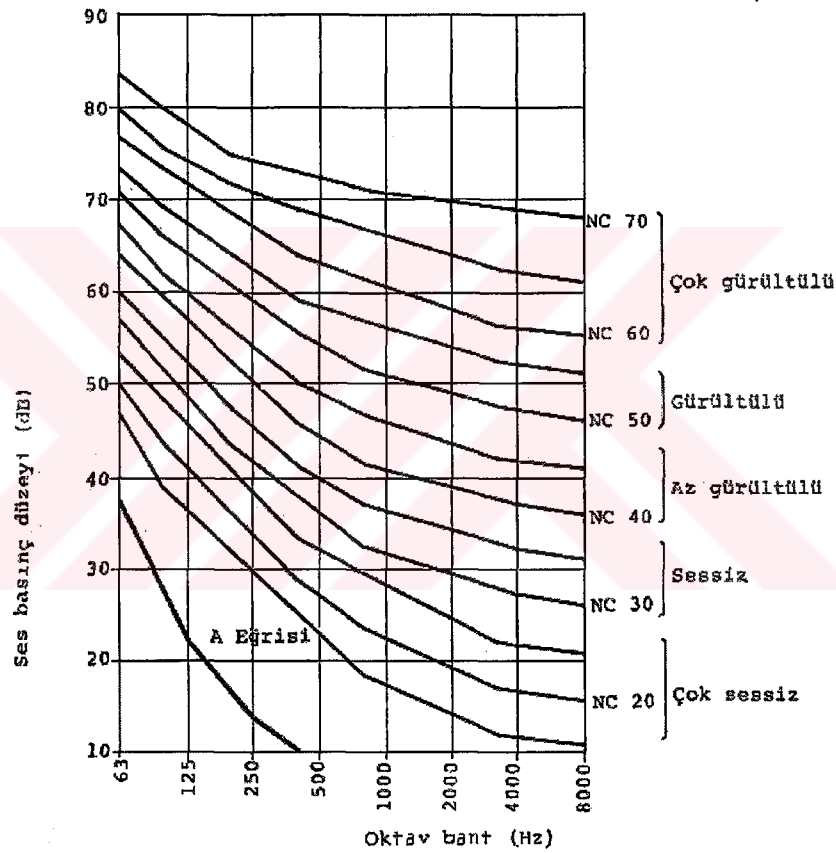
Hacim akustiği dendiği zaman akla ilk olarak hacmin kullanım amacına göre o birimde bulunmasına müsaade edilen fon gürültü seviyeleri veya diğer bir deyişle arka plan gürültüsü düzeylerinden söz etmek gerekmektedir. Hacimlerde fon gürültü düzeyinin belirlenmesinde;

- Kulağın zarar görmesinin önlenmesi
- Konuşma veya müzikte olumsuz girişimlerin önlenmesi ve
- Rahatsızlık sınırlarının değerlendirilmesi

gibi amaçlarla yapılan ve temeli öznel çalışmalara dayalı olan ölçütler (Kriterler) geliştirilmiştir. Bunlar, gürültü Kriterleri (Noise Criteria, NC), Tercih edilen gürültü kriterleri (Preferred Noise Criteria, PNC) ve Gürültü derecelendirmesi (Noise Rating, NR) eğrileridir.

### 3.6.1 Gürültü kriterleri eğrileri, (Noise Criteria, NC)

Noise Criteria (NC) eğrileri kırık çizgilerden oluşan, kullanılışı genelde A.B.D.'nde yaygın olan eğrileridir.



Şekil 3.2 Değişik NC değerleri için ortamların tanımlanması (Patty, 1998).

Şekil 3.2'de, sekiz oktav bantta kabul edilebilecek fon gürültü düzeyleri gösterilmiştir. Bu eğriler, hacimleri fon gürültüsü yönünden sessiz ile çok gürültülü hacim tanımlamasına kadar beş türde tanımlamaktadır. Şekil 3.2'de kalın çizgi ile gösterilen A eğrisi sürekli gürültüler için işitme alt eşiğini belirtmektedir. Fon gürültüsü olarak NC eğrilerinin kullanılması durumunda bazı iç ortam hacimleri için bu değerler Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5'te verilmiştir.



Sınıf içi fon gürültüsü düzeyleri değeri bu konuda çalışma yapan değişik birimlerce farklı değerlerde el alınmaktadır. Mimari akustikçiler sınıf içi fon gürültü düzeyinin NC20 dB değerini aşamayacağını bildirirken, işitme uzmanları bu değer NC30 dB'e kadar çıkabileceğini vurgulamakta, ASA ise (Acoustical Society of America) bu konuda minimum NC30 dB maksimum ise NC35 dB değerini öngörmekte ve HVAC'a (Heating, ventilating, and air conditioning) göre ise bu değer NC25 dB'i aşmaması gerektiği bildirilmektedir (ASA, 1998).

Çizelge 3.4 Değişik hacimler için NC değerleri (ASA, 1998).

Hacimler	NC değerleri (dB)
Konser salonu	15-20
Radyo-kayıt stüdyosu	15-20
Opera	20
Mahkeme salonu	20-25
Televizyon stüdyosu	20-25
Bürolar (İdareci)	20-30
Derslikler	25
Film stüdyosu	25
Konferans salonu	25-30
Tapınaklar	25-30
Toplantı salonu-okul oditoryumu	25-35
Otel, motel	25-35
Sinema salonu	30
Hastane	30
Bürolar (Özel)	30-35
Okuma salonu	30-35
Bürolar ( İş merkezi)	35-45
Lokantalar	35-50
Çizim atölyeleri	40-45
Spor salonu	45-50
Bürolar (Yazı, hesap makineleri)	45-60

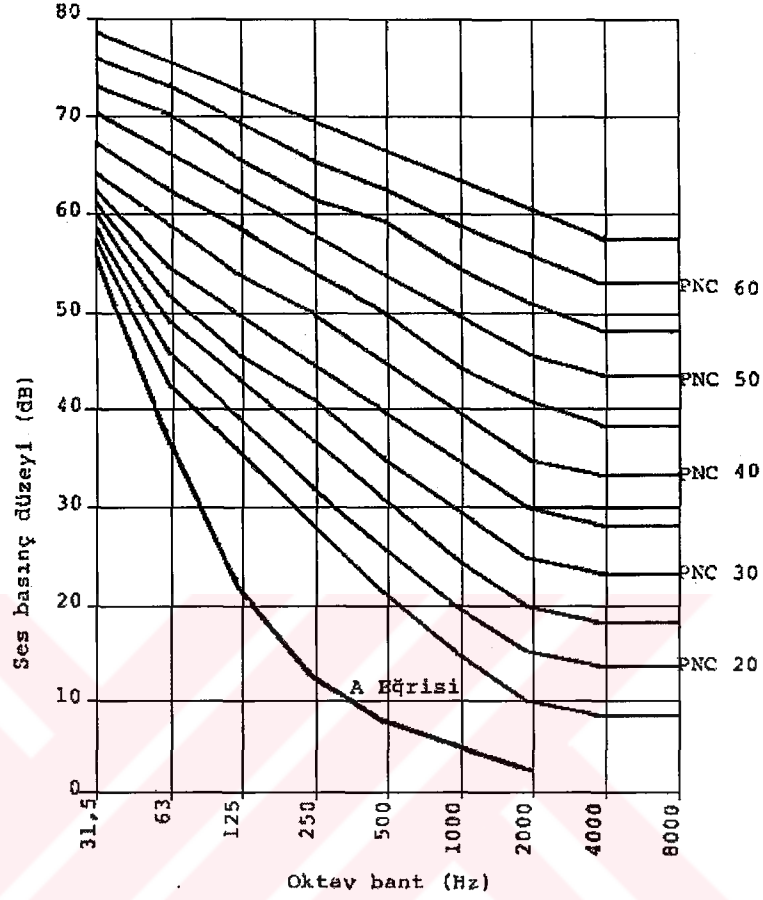
Çizelge 3.5 Konutlar için fon gürültüsü NC değerleri (ASA, 1998).

Yapı durumu	NC DEĞERİ, dB	
	Yatak	Yaşam
Kırsal	20	25
Kent dışı	25	30
Kent içi	30	35
Ağır trafik bölgesi	35	40
Ağır sanayi bölgesi	40	45

### 3.6.2 Tercih edilen gürültü kriterleri eğrileri (Preferred Noise Criteria, PNC)

PNC (Preferred Noise Criteria, PNC) eğrileri de NC eğrileri gibi kırık çizgilerden oluşmuş eğrilerdir. PNC eğrilerindeki ses basınç düzeyi değerleri, hem alçak hem de yüksek frekanslar için NC eğrilerindeki değerlerden daha düşüktür. Buna göre 1000 Hz. frekanstaki PNC

değerleri 55 dB'e kadar ses basınç düzeyi değerlerine eşittir ve Şekil 3.3'te gösterildiği gibidir. Burada da A eğrisi PNC eğrilerinde olduğu gibi, sürekli gürültüler için alt eşik değerleri.



Şekil 3.3 Çeşitli merkez oktav bantları için PNC değerleri (Şerefhanoglu, 1988).

### 3.6.3 Gürültü derecelendirilmesi eğrileri (Noise Rating, NR)

NR (Noise Rating) eğrileri fon gürültüsü düzeyi ve rahatsızlık eğrileri olarak tanımlanmaktadır. ISO tarafından oluşturulan (ISO/R 1956-1971 E) fakat daha çok Avrupa'da kullanılan ve 31.5 Hz' ten 8000 Hz' e kadar sürekli eğri niteliği gösteren NR eğrilerinde, 1000 frekansta eş duyulanma değerleri, NR değerleri ve ses basınç düzeyi değerleri bir birine eşittir (Şerefhanoglu, 1988). Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7'de bazı NR değerleri verilmiştir.

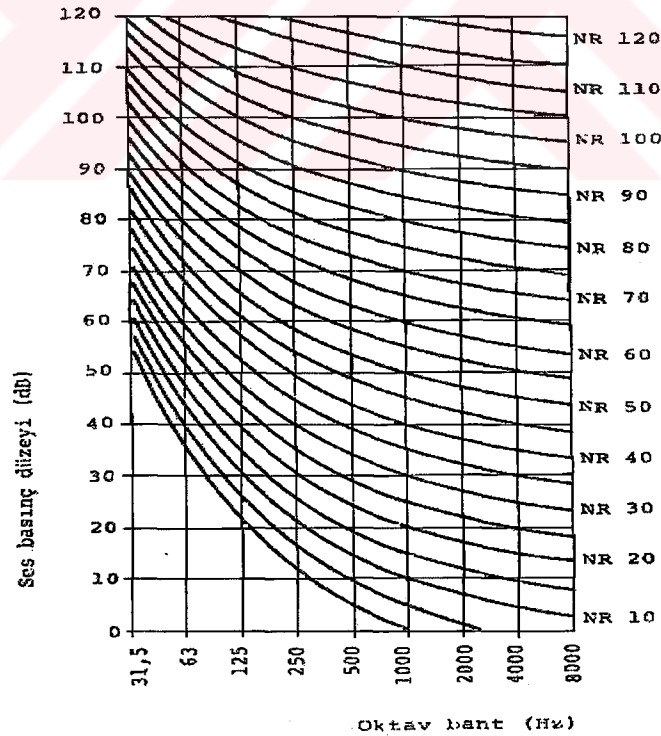
NR eğrilerinin merkez oktav bantlarındaki sahip olduğu farklı ses seviyelerinin grafiksel gösterimi aşağıda Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 Değişik hacimler için NR değerleri, pencereler açıkken (Şerefhanoglu, 1988).

Hacimler		NR Değerleri, dB	
Radyo, film, TV stüdyoları, tiyatro, sinema, konser, konferans, okuma salonları, derslikler		20	
Küçük bürolar, ibadethaneler		30	
Büyük bürolar, toplantı salonları, mağazalar		35	
Dikkatin dağılmaması gereken çalışmalar için sınır		40	
Büyük lokantalar, kapalı spor salonları, daktilo çalışmaları yapılan yerler		45	
Büyük bürolar		55	
Atölyeler		65	
Gürültülü yerler		75	
Konut, otel ve hastaneler için		Gündüz	Gece
Oturma bölgesi, kırsal bölge		25	15
Kent içi		35	25
Sanayii bölgesi		40	30
Kent akustiği için		Gündüz	Gece
Sakin oturma bölgesi		40	30
Karışık kentsel bölge		50	40
Sanayii bölgesi		55	45

Çizelge 3.7 Kent içi fon gürültüsü değerleri (Şerefhanoglu, 1988).

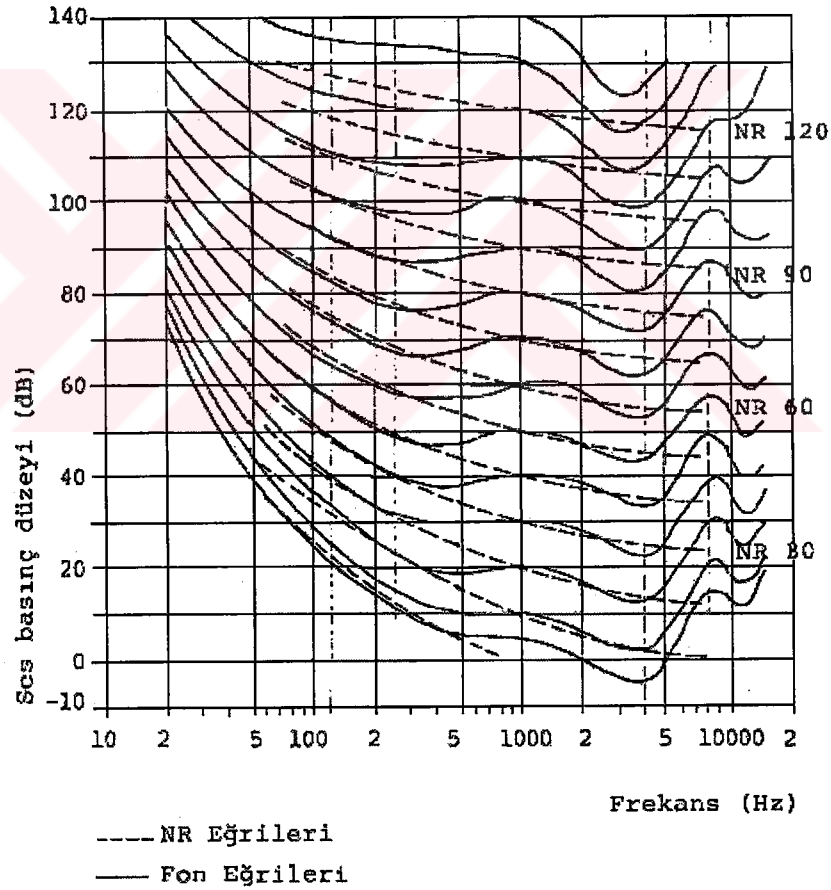
Yerleşim birimi	NR Değeri, dB	
	Gündüz	Gece
Sakin oturma bölgesi	40	30
Karışık kentsel bölge	50	40
Sanayi bölgesi	55	45



Şekil 3.4 Farklı oktav bant aralıkları için NR değerleri (Şerefhanoglu, 1988).

Yapılarda özellikle yapı içerisinde uluslararası standartlarda da belirtilen bir takım NR (Fon gürültü) seviyeleri, yapı içerisindeki mevcut gürültü düzeyinin hangi düzeyde olması gerektiği konusunda bizlere bildirmektedir. Bu değerler yapı içerisindeki işleve göre farklılık arz eder. Değişik hacimlerin işlevine göre kabul edilebilecek arka plan veya fon gürültü düzeyi değerlerinin üzerindeki durumlarda rahatsızlık baş gösterir.

Bir yapıda gürültü denetimi söz konusu olduğunda NR eğrileri yardımıyla gerekli ses geçirmezlik eğrileri saptanabilir. Yalnız bu durumda gürültü tayfının bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca yapının yerleşme bölgesine, gürültünün niteliğine, yinelenme durumuna, alışkanlıklara göre NR eğrileri için yukarıda verilen düzeltme değerlerinin kullanılması gerekmektedir. NR eğrileri ile eş duyulanma eğrileri (Fon-Fletcher eğrileri) arasında bir karşılaştırma yapıldığı zaman ise aşağıda Şekil 3.5'de görüldüğü gibi farklı frekanslar için farklı değerler söz konusu olmaktadır.



Şekil 3.5 Fon gürültüsü ve NR eğrilerinin frekanslara göre değişimi (Şerefhanoglu, 1988).

## 4 KONUŞMA VE ANLAMA AMAÇLI HACİMLER İÇİN AKUSTİK KONFOR KRİTERLERİ

### 4.1 Konuşma ve Anlama

#### 4.1.1 Konuşma bileşenlerinin özellikleri

Konuşma, düzenli ve düzensiz seslerin tam bir karışımı, daha doğrusu zaman içinde bir birini izlemesinden oluşan bir dalga hareketi biçimidir. İnsanın çevreyle iletişim kurmasında ve çevreyi algılamasında en önemli etkenlerden biri olarak tanımlanan konuşmanın kendine ait bazı fiziksel ve fizyolojik özellikleri bulunmaktadır.

Konuşma ünlü ve ünsüzlerden oluştuğundan, konuşmanın yapısı bu iki başlık altında ele alınabilir. Yapılan çalışmalarla ünlülere ait elde edilen bulgular şöylece sıralanabilir:

- Ünlü tayfları, 100 Hz ile 5000 Hz arasında değişir.
- Her ünlünün yapısı, ötekilerden belirgin biçimde farklıdır ve böylelikle iletimde değişik distorsiyonlara uğrasalar da ayırt edilebilirlikleri korunmaktadır. Yani ünlülerde anlaşılma yanlıgıları seyrekir. Ünlülerin bağıl yeğinlikleri fazladır. Örneğın “o” ünlüsünün yeğinliğı 50  $\mu$ w civarındadır. Ünsüzler ses tellerinin titreşimi sonucu oluşan bir harf içeriyorsa (Ötümlü) bunların tayfları genelde 10,000 Hz dolaylarındadır. Ve yeğinlikleri ünlülerden çok düşüktür. Örneğın bir “v” ünsüzünün yeğinliğı 0,03  $\mu$ w civarındadır. Eğer ünsüzler akciğerlerden gelen havanın, dudaklar, dişler ve dilin sürtünmesi sonucu oluşuyorsa (Ötümsüz) bu gibi ünsüzlerin tayfları çok geniş ve yüksek bir alana yayılmıştır ve yaklaşık tayfları 16,000 Hz’e kadar varabilmektedir. Kadın sesleri, erkek seslerinden yalnızca düzey farklarıyla değıl aynı zamanda tınları ile de farklılık gösterir (Yöğrük, 1994).

#### 4.1.2 Konuşmanın Gücü (Erkesi)

Ağız çıkışında üretilen akustik dalğanın ortalama gücüne, konuşmanın erkesi adı verilir. Bu erke, konuşmacıya ve konuşmacının hitap ettiğı dinleyici kitlesine göre değışiklik gösterir. Konuşmanın anlık gücünün, belli bir zaman aralığı içindeki maksimum gücüne ulaştığı noktaya konuşmanın uç gücü adı verilir. Oysa gerçekte konuşmanın ortalama gücü bu uç gücün çok altındadır. Normal bir konuşmada, konuşmacının harcadığı ortalama güç, 10  $\mu$ w’ tır (3-4 dakikalık bir konuşma süresinde).

Yapılan araştırmalar sonucunda kadın ve erkekler için normal bir sohbet sürecinde sahip oldukları konuşma güçleri aşağıda Çizelge 4.1’de yansıtıcı yüzeylerin olmadığı, sessiz mekanlar için verilmiştir. Bu değıerler belirlenirken, konuşma sürecindeki boşluklar hesaba katılmamış, yalnızca heceler ve cümleler arasındaki normal zaman aralıkları göz önünde tutulmuştur (Karabiber, 1987).

Çizelge 4.1 Kadın ve erkeklerin normal konuşma güçleri (Karabiber, 1987).

Konuşmacı	Sınır değerler, $\mu w$	Ortalama, $\mu w$
Erkek	10-91	34
Kadın	8-55	18

Konuşmacının içinde bulunduğu hacmin büyüklüğü, akustik koşulları, fon gürültüsü ve konuşmacının dinleyiciye olan uzaklığı konuşmacının ürettiği sesi etkiler. Gürültülü bir ortamda, büyük bir hacimde yada kalabalık bir dinleyici kitlesine hitap eden konuşmacılarda konuşma esnasında ses düzeylerini arttırdıkları bilinen bir gerçektir. Aşağıda, Çizelge 4.2’de değişik konuşma türlerinde ve mesafelerde saptanan konuşma düzeyi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.2 Değişik konuşma durumlarındaki ortalama konuşma düzeyi değerleri (Karabiber, 1987).

Konuşma türü	Uzaklık (m)	Konuşma düzeyi, dB
Konferansçı	2	65-70 (A)
Alçak sesle konuşma	1	50-60 (A)
Yüksek sesle konuşma	1	70-80 (A)
Bağırıtı (çığlık)	-	75-85 (A)
Yüksek sesle konuşma	1	70-80 (C)
Normal konuşma	1	68 (C)

Ortalama konuşma erkesinin, frekans tayfına göre dağılımı değişik araştırmacılar tarafından incelenerek ortaya konmuştur. Ayarlanabilir bir frekans filtresi kullanılarak, her filtre konumunda konuşma güçleri ölçülerek toplam erkeye oranları Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Konuşmada, belirlenen frekanslar arasındaki erke oranları (Yöğrük, 1994).

Filtre konumu	Erke oranı, %
0-16000	100
250-16000	60
500-16000	38
1000-16000	14
1500-16000	7
2000-16000	4
3000-16000	2
4000-16000	0

Çizelge 4.3’ten de görüldüğü üzere konuşmanın erkesinin büyük bir bölümünün kalın seslerden (frekansı yüksek olan sesler) oluşmaktadır.

Normal bir insan konuşmasında bu ses gücü 10 ila 20  $\mu w$  arasında değişir. Yüksek seslerde ise bu değer 100 $\mu w$  civarına kadar çıkabilmektedir. Ses gücü kadın ve erkek konuşmacılara göre değişiklik göstermektedir. Çeşitli türden konuşmalar için kadın ve erkeğe ait ses basınç düzeyleri Çizelge 4.4’de verilmiştir (Classroom Acoustics, 2000).



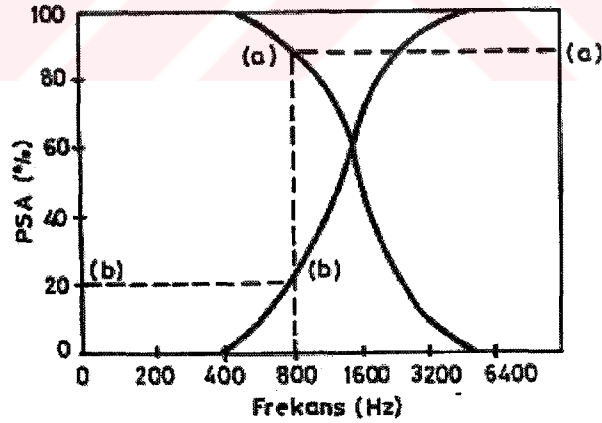
Çizelge 4.4 Erkek ve kadın konuşmacıların ortalama konuşma güçleri ve 1m uzaklıktaki ses basınç düzeyleri (Yöğrük, 1994).

Konuşmanın türü	Kadın		Erkek	
	Güç(w)	Ses basınç düzeyi (dB)	Güç(w)	Ses basınç düzeyi (dB)
Mırıltanma	$10^{-7}$	39	$2.10^{-7}$	42
Alçak sesle konuşma	$10^{-6}$	49	$2.10^{-6}$	52
Normal konuşma	$10^{-5}$	59	$2.10^{-5}$	62
Yüksek sesle konuşma	$10^{-4}$	69	$2.10^{-4}$	72
Bağırma	$10^{-3}$	73	$2.10^{-3}$	82

#### 4.1.3 Konuşmanın anlaşılabilirliğinde yüksek frekansların önemi

Bilindiği üzere konuşma, düzenli ve düzensiz seslerin tam bir karışımı, daha doğrusu zaman içerisinde bir birini izlemesinden oluşan bir ses biçimidir. Konuşmayı ünlü ve ünsüzler oluşturur. Herhangi bir konuşmada genelde ünsüzler düzensiz, ünlüler düzenli sesleri oluşturur. Ünsüzler daha önceden de değinildiği gibi yüksek frekanslardan oluşur ve bu özelliklerinden dolayı hacimlerdeki mevcut fon gürültüsü düzeyinden dolayı kolayca maskelenme özelliğine sahiptirler. Ünsüzler, konuşma içerisinde bulunma sürelerinin kısa oluşları nedeni ile, konuşmanın anlaşılabilirliğinde temel etken konumundadırlar.

Stephens ve Bate'in bu konuda yaptığı bir diğer araştırmaya göre, söylem testleri sonucunda, söylenen hecelerden doğru anlaşılacak hecelerin oranı (Percentage Syllable Articulation, PSA) tanımı ifade edilmiştir (Karabiber, 1987). Yöğrük (1994), değişik frekans filtreleri için konuşma esnasında elde edilen anlaşılabilirlik oranlarını (PSA) Şekil 4.1'deki gibi vermiştir.



Şekil 4.1 Belirli frekans filtreleri için konuşmadaki anlaşılabilirlik oranları (Yöğrük, 1994).

Şekil 4.1'e göre (a)-(a) doğru parçası ile ifade edilen, 0-800 Hz arasındaki frekansları geçirmeyen bir filtre kullanıldığında yapılan öznel değerlendirmeler sonucunda, konuşmanın anlaşılabilirliğinin oranı %90 gibi yüksek bir değerdedir. Diğer yandan, (b)-(b) doğru parçası ile ifade edilen, ve 800 Hz'i geçirmeyen bir filtre kullanılması durumunda anlaşılabilirlik

oranı bu sefer % 20'lere düşmektedir. Anlaşılabilirliğin tekrar % 90'a çıkması için 800 ile 2300 Hz arasındaki frekansların da, filtreden geçen ses tayfına eklenmesi gerekmektedir.

Konuşma esnasında değişik frekans filtreleri kullanılarak elimine edilen frekanslar dolayısıyla anlaşılabilirlikte meydana gelen farklılıklar, yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Buna göre elde edilen veriler aşağıdaki Çizelge 4.5'te verildiği gibidir.

Çizelge 4.5 Filtreleme türüne göre anlaşılabilirlik oranı (PSA) (Yöğrük, 1994).

Filtre konumu	Anlaşılabilirlik oranı (%PSA)
0-16000	100
250-16000	98
500-16000	96
1000-16000	86
1500-16000	70
2000-16000	45
3000-16000	51
4000-16000	5
0-0	0
0-250	2
0-500	7
0-1000	40
0-1500	62
0-2000	75
0-3000	82
0-4000	87

Çizelge 4.5'ten de görüldüğü gibi, değişik frekanslardaki seslerin duyumunu engellemede kullanılan filtreleme sonucunda konuşmanın anlaşılabilirlik oranı değişik azalmalar göstermektedir. Örneğin konuşmanın yalnızca sadece 500 Hz gibi alçak frekans değerinin altındaki frekanslara konulan filtreleme sonucu anlaşılabilirlikte herhangi büyük bir azalma olmamaktadır zira böyle bir durumda anlaşılabilirlik yüzdesi %96 gibi yüksek bir değerdedir.

#### 4.1.4 İç hacimlerde konuşma ve anlaşılabilirlik

İç ortam akustiğinin (Hacim Akustiği) amacı, kapalı mekanlarda meydana gelen seslerin hedefe, yani o sesi algılayacak olan dinleyiciye uygun konfor koşulları altında ulaştırılmasıdır. Özellikle eğitim kurumlarında görsel algılamanın yanında, işitsel algılama da öğrenimin kalitesi açısından önemlidir. Konuşmanın anlaşılabilirliği, verilen eğitimin veriminin anlaşılması için tespit edilmesi gereken, en önemli ve en somut bir ölçütüdür. Konuşma olgusunun gerçekleştiği her yerde, konuşmanın anlaşılabilirliği ön plandadır. Bu nedenle, sınıflardaki konuşmanın öğrenciler tarafından en verimli bir şekilde algılanması son derece önemlidir.

Konuşma amaçlı hacimlerde sesin zamanla değişiminin ifadesi için birbirleri ile ilgisi olan bazı hacim akustiği kavramlarının tanımlanması gerekmektedir. Bu kavramlara ilişkin genel tanımlamalar Çizelge 4.6'da ve bunlara ait genel değerlendirme tanımlamaları Çizelge 4.7'de verildiği gibidir. Sesin sönme özelliği ile ilgili olan ve yaygın kullanım özelliği bulunan kısmı Yansıma Süresi (RT, Reverberation Time) ve Erken Sönüm Süresi olarak (Early Decay Time, EDT) parametrelerinin yanı sıra, sesin zamansal olarak gelişme bölümündeki erken ve geç enerji oranları ile ilgili tanımlamalarda yararlı olabilecek niteliklerden bazıları ise  $C_{50}$  olarak gösterilmektedir. Ayrıca anlaşılabilirlik (D) ve Merkez Zaman (Center Time, TS) parametreleri de akustik uygunluk ölçütlerinde dikkate alınması gerekli önemli parametrelerden bazıları olup, bu kavramlara ilişkin tanımlamalar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Bazı akustik parametrelerin zamansal ses enerji yoğunluklarına ilişkin tanımlamaları (Aknesil, 2000).

Parametre	Tanım
$T_{60}$ , Yansıma Süresi (sn)	Ses kaynağı kapatıldıktan sonra ses enerjisi yoğunluğunun milyonda bire inmesi için geçen süre
EDT, Erken Sönüm Süresi (sn)	Ses kaynağı kapatıldıktan sonra ilk 10-15 dB'lik düşüş için geçen süre
$C_{80}$ , Netlik (dB)	Kaynak açıldıktan sonraki, 0-80 msn ile 80-∞ msn zaman aralıklarında dinleyiciye ulaşan toplam ses enerjileri arasındaki oran
D, Anlaşılabilirlik (%)	Kaynak açıldıktan sonraki, 0-50 msn ile 80-∞ msn zaman aralıklarındaki dinleyiciye ulaşan toplam ses enerjileri arasındaki oran
TS, Merkez zamanı (sn)	Denge durumundaki ses enerji yoğunluğunun %62'sine ulaşmak için geçen süre
Konuşma/Gürültü (S/N, Speech/Noise), dB	Konuşmanın anlaşılabilirliğinde önemli parametrelerden biri

Çizelge 4.7 Bazı akustik parametrelerinin öncelikli önem fonksiyonları (Aknesil, 2000).

Parametre	Değerlendirme
$T_{60}$ , Yansıma Süresi (sn)	Genel olarak küçük düzeylerde konuşma açısından uygun, yüksek düzeylerde ise müzik ortamı açısından uygundur.
EDT, Erken Düşme Süresi (sn)	Genel olarak küçük düzeylerde konuşma açısından uygun, yüksek düzeylerde ise müzik ortamı açısından uygundur
$C_{80}$ , Netlik (dB)	Önerilen sınırlar içerisindeki büyük değerleri müziğin netliği ve berraklığı açısından olumludur.
$D_{50}$ , Anlaşılabilirlik (dB)	Önerilen sınırlar içerisindeki büyük değerleri konuşmanın anlaşılabilirliğinin belirlenmesi açısından olumludur.
TS, Merkez zamanı (sn)	Önerilen sınırlar içerisindeki büyük değerleri müzik açısından olumludur.
S/N, Speech/Noise (dB)	Konuşma amaçlı hacimlerde bu değer +15 dB olması istenmektedir

Sınıflarda, özellikle konuşmanın anlaşılabilirliği öğrenme açısından kritik bir olgudur. Çünkü normal fiziksel koşullarda sınıf içerisinde öğretmenin her verdiği bilgi öğrenci tarafından yeterli verimlilikte algılanmamaktadır. Böyle bir ortamda gürültünün varlığı bu verimi iyice düşürmektedir. Kapalı hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliği için çok değişik yöntemler geliştirilmiştir.

Konuşmanın anlaşılabilirliği, sınıf içerisindeki mevcut gürültü düzeyi, fon gürültüsü değeri ve sınıf içi yutuculuk özelliklerine bağlı olarak değişir. Fon gürültüsünün olduğu bir ortamda nispeten daha yüksek düzeye sahip konuşmalar, anlamada olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Literatürde (S/N, Signal-to-Noise) olarak tarif edilmektedir. Burada; S: Konuşma Düzeyi (Speech) ve N: Fon gürültüsü (Noise)'dir.

Ölçüm çalışmaları sonucunda, bu oran, genelde (S/N) +15 dB'e kadar olumlu sonuç vermekte ve bu değerde anlaşılabilirlik %100'e ulaşmaktadır. Bu değer altında veya üzerindeki durumlarda akustik koşulların kalitesinde bozulmalar belirmektedir.

Finitzo-Heiber tarafından yapılan çalışmalarda farklı S/N oranlarında ve farklı reverberasyon süreleri için işitme duyusu sağlıklı ve düzensiz olan öğrenciler üzerinde yaptığı araştırmalar sonucu çıkan bulgu Çizelge 4.8'de verilmiştir. Görüldüğü üzere yüksek fon gürültüsünün hakim olduğu sınıflarda ve uzun reverberasyon sürelerinin mevcudiyetinde konuşmanın anlaşılabilirliği normal bir işitme duyusuna sahip öğrenciler için %29,7 iken, nispeten daha düşük ve fon gürültüsü ses düzeyinin kaynaktan 12 dB gibi daha az olduğu bir durumda ve reverberasyon süresinin de yine aynı uzunlukta (1,2 sn) olduğu durumda anlaşılabilirlik aynı öğrenciler tarafından % 76,5'a kadar çıkmaktadır. Bu durum eğitim kurumlarında arka plan gürültüsü düzeyinin önemini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.8 Değişik S/N ve RT oranları için normal ve bozuk işitmeye sahip öğrencilerde algılama oranları (MacKENZIE ve Airey, 2000).

S/N oranı	RT=0,0 (sn)		RT=0,4 (sn)		RT=1,2 (sn)	
	Normal işitme	Bozuk işitme	Normal işitme	Bozuk işitme	Normal işitme	Bozuk işitme
Sessiz	94,5	83,0	92,5	74,0	76,5	45,0
+12	89,2	70,0	82,8	60,2	68,8	41,2
+6	79,7	59,5	71,3	47,7	54,2	27,0
0	60,2	39,0	47,7	27,8	29,7	11,2

#### 4.2 Okullardan beklenen fonksiyonel özelliklere etki eden unsurlar

Sınıflar, içlerinde yüksek kalitede iç ortam akustik koşullarının sağlanması gereken kapalı mekanların başında gelmektedir. Sınıflarla ilgili yapılan çalışmalarda, özellikle sınıf içi arka plan gürültüsünün aşırı olduğu durumlar ve reverberasyon süreleri gibi fiziksel akustik konfor koşullarının, sınıflardaki kullanıcılar (Öğretmen ve öğrenciler) açısından sadece konuşmanın anlaşılmasına olumsuz bir etki yapmadığı, aynı zamanda öğrenci ve öğretmenlerin davranışlarında da birtakım düzensizliklere neden olduğu tespit edilmiştir. Sınıf içi akustik değerlendirmelerde mutlak surette arka plan gürültüsünün hesaba katılması gerekmektedir.

Çünkü yapılan bir araştırmaya göre, sınıf içerisinde ders esnasında sınıf yakınından geçen tren gürültüleri nedeni ile öğrencilerde okuma ve anlamada, daha sessiz ortamlarda eğitim gören öğrencilere göre 3-4 aylık gibi bir gecikme periyodu oluşturduğunu ortaya koymuştur (Bronzaft, 1975).

### 4.3 Hacim Akustiği Kriterleri

#### 4.3.1 Yansıma süresi

Kapalı hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliği özelliğini etkileyen önemli parametrelerden biri de reverberasyon süresi dediğimiz yansıma süresidir ve hacmin her yerinde aynıdır (RT, Reverberation Time). Maksimum anlaşılabilirlik için çeşitli optimum reverberasyon süreleri tespit edilmiştir. Genelde hacimlerin büyümesi ile reverberasyon sürelerinde de bir artmanın gerekli olduğu bilinmektedir. Düşük reverberasyon süreleri, konuşmada engelleyici faktör olan fon gürültüsü düzeyi değerinin düşmesine neden olarak anlaşılabilirliğe olumlu etkiler katmaktadır (ASA, 1998).

Konuşma ve anlaşılabilirlik olgusunun her iki varlıkta da optimal bir biçimde gerçekleşmesi için, içinde bulunulan yapıların dizayn kriterleri haricinde, hem konuşmayı yapan (dersliklerde öğretmen) hem de konuşmayı dinleyenler (öğrenciler gibi) tarafından kaynak ve alıcı arasındaki bazı faktörlerin önemi büyüktür. Bunlar, konuşmayı yapan kaynak dediğimiz şahsın konuşma düzeyi, hızı, açık ve seçik konuşması, öğrencinin yani alıcının ise yeterli dikkatte dinlemesi, tüm motivasyonunun kaynağa yönlendirilmiş olması, hem psikolojik hem de fizyolojik açıdan bir probleminin olmaması gibi özellikleri sayabiliriz.

Kaynaktan çıkan konuşmanın alıcıya ulaşmaya kadar sağlıklı algılamının olması için ayrıca içinde bulunulan dersliklerin de fiziksel özellikleri bu olguda önem kazanmaktadır. Bu fiziksel özellikler; dersliklerin boyutları, dersliklerin biçimi ve dersliklerin iç ortam detaylandırılma özellikleri şeklinde sıralanabilir.

Hacimlerdeki bu yansıma süresi hacim içindeki malzemelerin yüzey alanına ve yutuculuklarına bağlıdır. Hacimlerin büyüklüklerine ve işlevlerine bağlı olarak optimal yansıma süreleri belirlenmiştir. Konuşma amaçlı hacimlerde, optimal yansıma süreleri hacmin büyüklüğüne bağlı olarak 0,5 ile 1,25 sn arasında değişir. Reverberasyon süreleri için Avrupa ülkelerinde kabul edilen farklı değerler mevcuttur. Örneğin Portekiz’de sınıflar için önerilen reverberasyon süresi frekansa göre sınıflandırılmış, 125-250 Hz frekanslar için bu değer 1 sn’den küçük olması öngörülmektedir. 500-4000 Hz için ise bu değer 0,6-0,8 sn arasında kalması gerektiği belirtilmiştir. Fransa’ da ise reverberasyon süresi, hacim ve

frekansların bir fonksiyonu olarak sınıflandırılmış nispeten küçük hacimli sınıflarda 500, 1000 ve 2000 Hz için bu değerin 0,4-0,6 sn arasında olması gerektiği bildirilmiştir (Classroom acoustics, 2000).

Derslikler konuşma amaçlı mekanlar olup, bunlar için belirlenen optimal yansım sürelerinin aşılması durumunda, konuşulan sesin yenginliği artar. Konuşmada seslerin birbirlerini sıklıkla takip etmesi yüzünden, yüksek frekanslı seslerin alçak frekanslı sesler tarafından maskelenmesi gibi sorunlar ortaya çıkarak sesin anlaşılabilirliği bozulmuş olur.

Reverberasyon süresi hesabı, hacim içerisindeki yutucu malzemelerin özelliği ile bire bir ilgili olduğundan malzemelerin yutuculuğunun hesaplanmasında iki formül geliştirilmiştir. Bunlardan biri Sabine formülü yardımı ile, diğeri ise Eyring formülü ile yapılmaktadır. Eğer iç ortam malzemelerinin ortalama toplam yutuculuk değeri 0,10'dan büyükse, bu durumda Eyring formülünün kullanılması daha doğru bir yaklaşım tarzı olacaktır

Kapalı hacimlerde yansım süresinin uzun yada kısa olması, hacmin toplam yutuculuğu (A) ile yakından ilgilidir. Sabine tarafından geliştirilen, bir hacimdeki yansım süresinin ifadesi, Denklem 4.1 ile ifade edilebilmektedir (Sirel, 1981).

$$T_{60}=0,16 \frac{V}{A} \quad (4.1)$$

Burada ;

$T_{60}$ =Reverberasyon Süresi (sn)

V=Kapalı alanın hacmi ( $m^3$ )

$A=a_1 * S$  (Sirel, 1981). (4.2)

$a_1$ =Yutma çarpanı (%)

S=Malzemenin yüzey alanı ( $m^2$ )

$A=A_y+A_b+A_h$  (Sirel, 1981). (4.3)

Burada;

$A_y$ =İç yüzeylerin toplam yutuculuğu

$A_b$ =İnsan, eşya gibi nesnelere toplam yutuculuğu

$A_h$ =Havanın toplam yutuculuğu



$$A_y = a_1 S_1 + a_2 S_2 + a_3 S_3 + \dots + a_n S_n \text{ (Sirel, 1981).} \quad (4.4)$$

Burada;

$a_1$  = Yutma çarpanı (%)

$S_1$  = Yüzey alan ( $m^2$ )

$$A_n = 4 * m * V \text{ (Sirel, 1981).} \quad (4.5)$$

Burada;

$m$  = Havanın yutma çarpanı (%)

$V$  = Hacim ( $m^3$ )

Hacmin yutuculuğu, yansım süresi ( $T_{60}$ ) ile ters orantılıdır. Bazı malzemelerin yutma katsayıları aşağıda Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Yukarıda sıralanan yapı fiziği özelliklerinin, yapının planlama aşamasında düşünülmesi gerekmektedir. Çünkü yapılardaki konuşmanın anlaşılabilirliğine direkt olarak etki eden parametrelerin; yansım süresi, yeğlilik, yansım süresi gibi akustik nedenlere bağlı olduğu bilinmekte ve bu kriterlerin de yapı dizayn özelliklerini ilgilendirmektedir. Doğal olarak uygun bir yapı tasarımında, iç mekanlarda akustik konforun en büyük ögesi olan konuşmanın anlaşılabilirliği, en başta halledilmesi gereken bir parametre olarak görülmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.9 Farklı malzeme ve ortamlar için frekanslara göre yutma çarpanları (Sirel 1981).

Malzeme	Değişik frekanslar için yutma çarpanları ( $\alpha$ )					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Beton yüzey, kaba yüzü	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
Boyasız badanasız düz beton	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Boyalı ve vernikli düz beton	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Boyasız tuğla duvar(sıvasız)	0,02	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
Mermer yüzey	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Kağır üzerine kireç sıva	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Kağır üzerine çimento+kireç sıva	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Kağır üzerine düz alçı sıva	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
Kağırda sıva üzerine duvar kağıdı	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
Ses yutucu özel sıvalar	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4
Duvar veya beton üzerine 15 mm kalınlıkta püskürtme asbest sıva	0,08	0,15	0,31	0,5	0,61	0,71
Latalar üzerine ahşap panolar	0,2	0,16	0,14	0,12	0,11	0,1
Delikli özel akustik levhalar	0,3	0,5	0,7	0,7	0,6	0,5
Latalar üzerine duvardan 5 cm uzaklıkta 3 mm kontrplak	0,2	0,28	0,26	0,09	0,12	0,11
Karo, mozaik veya karo seramik	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04

Normal ahşap döşeme	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Kadronlu kaba döşeme üzerine parke	,02	0,15	0,12	0,1	0,08	0,07
Yapıştırma parke döşeme	0,04	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07
Beton üzerine 5 mm kalınlıkta lastik plaka	0,02	0,02	0,04	0,08	0,05	0,08
Mantar parke	0,04	0,03	0,05	0,11	0,07	0,02
Yapıştırılmış mantar parke	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,1
Döşemeye yapıştırılmış ince bükümlü halı	0,03	0,03	0,04	0,1	0,19	0,35
Beton üzerinde serbest ince halı	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27	0,37
Döşeme üstüne tespit edilmiş 5mm kalınlıkta halı	0,04	0,04	0,15	0,29	0,52	0,59
Beton üzerine 3 mm keçe ile ince halı	0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,37
8 mm kalınlıkta halı, serbest konmuş	0,04	0,12	0,26	0,49	0,28	0,29
Beton üzerine kalın yerli halı	0,15	0,16	0,22	0,45	0,6	0,68
İnce kumaş perdeler	0,04	0,06	0,1	0,2	0,3	0,4
Orta kalınlıkta kumaş perdeler	0,06	0,1	0,15	0,25	0,4	0,6
Normal pencere perdesi açık durumda	0,1	0,15	0,3	0,4	0,5	0,6
2,5 cm kalınlıkta camyünü	0,11	0,19	0,41	0,54	0,6	0,75
Su yüzeyi	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
10 cm kalınlıkta nemli, dökme çakıl	0,25	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
30 cm kalınlıkta nemli, dökme çakıl	0,5	0,65	0,65	0,8	0,8	0,75
10 cm kalınlıkta kuru,ince kum	0,15	0,35	0,4	0,5	0,55	0,7
Masif ağaç kapı	0,12	0,11	0,1	0,09	0,09	0,08
Normal boyutlarda pencere camları	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Kalın camlar	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Kapalı çift pencere	0,1	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
Yetişkin dinleyici, ayakta	0,23	0,33	0,39	0,43	0,47	0,47
Orta öğretim öğrencisi, ayakta	0,2	0,3	0,35	0,39	0,42	0,45
İlk öğretim öğrencisi, ayakta	0,17	0,22	0,26	0,3	0,33	0,36
Karışık dinleyici, oturmuş	0,23	0,33	0,38	0,38	0,39	0,39
Karışık dinleyici, tahta sırada oturmuş	0,18	0,25	0,31	0,35	0,33	0,33
Her yanı ahşap ve kontrplak koltuk (boş)	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05
Kumaş kaplı yumuşak koltuk	0,25	0,32	,028	0,31	0,33	0,33
Hava, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0	0	0	0,03	0,07	0,21

#### 4.3.2 İlk yansımalar

Yansıdığı sesi oluşturan yansımalar, dinleyicinin kulağına gelen ilk ses yani ilk yansıma, kapalı mekanlar açısından akustik konfor için oldukça önemlidir. Genelde direkt kulağına gelen seslerden 50 milisaniye sonra gelen yansımalar (C<sub>50</sub>), algılamayı kolaylaştırmaktadır. Fakat bu süreden sonra daha geç oluşan yansımalar ise kulakta kelimelerin tekrarı olarak algılanmakta ve bir kelime diğeri ile girişim oluşturarak kelimenin anlaşılmasındaki netliği ortadan kaldırmaktadır. Anlaşılabilirlik açısından insan kulağı direkt ses ile ilk yansımaların enerjisini birleştirme yeteneğine sahiptir. Ancak bu yansımanın, ilk 50 ms içinde gerçekleşeni anlaşılabilirlik için faydalı bir etkiye sahiptir (Tamer, 1994).

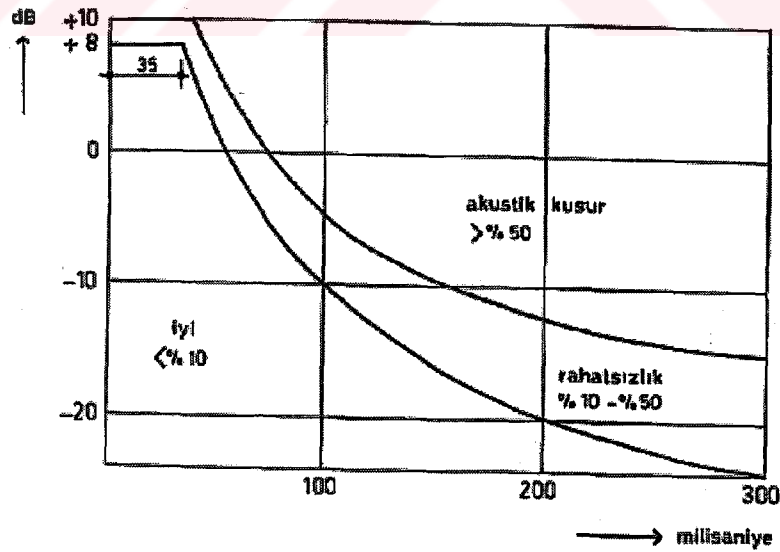
Kapalı mekanlarda ses kaynağına yakın olan yerlerde, dolaysız ses düzeyi yansıyan ses düzeyinden daha fazadır. Ses kaynağından uzaklaşma ile bu yansıdığı ses düzeyinde bir artma gözlenmektedir. Algılamada, alıcıya gelen sesle birinci yansıma ile gelen ses arasındaki zaman aralığı ve dolaysız sesle birinci yansıma arasındaki yeğlilik ayrımı, algılamada önemli

bir etkidir. Kapalı mekanlardaki ses yeğnliği ile zaman gecikmesi arasında belirli sınırlar içerisinde kalan değerler vardır. Bu sınırları aşan yeğnlik ve zaman gecikmesinden kaynaklanan yansımalar rahatsız edici yankı özelliği taşırlar.

İlk yansıyan sesin ne kadar süre sonra dinleyiciye ulaşacağı milisaniye gibi zaman birimleri ile ifade edilmektedir. Örneğin yansımış ses ile dolaysız ses arasındaki fark 0 dB ise 65 milisaniyelik bir gecikme süresinde insanlar rahatsız olmazlar. Yansımış ses ile dolaysız ses arasındaki fark 10 dB olduğu zaman ise insanlar 100 milisaniye'ye kadar rahatsız olmazlar, 100 milisaniye ile 155 milisaniye arasında ancak insanların %10 ile %50' si rahatsız olurlar. Bu durumu ifade eden kriterler Çizelge 4.10'da verilmiştir. Genel olarak hacimlerin ilk yansımalar nedeni ile rahatsızlık verici veya iyi durumda olduğunu gösteren sınır değerler Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 İlk ses düzeyi ile dolaysız ses düzeyi arasındaki farklar ve gecikme zamanı rahatsızlık sınır değerleri (Yılmaztürk,1994).

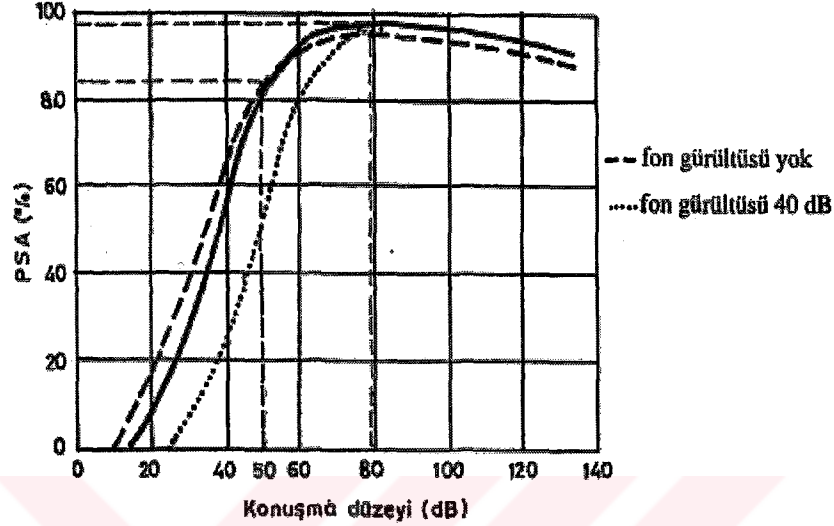
İlk yansıma ses düzeyi ile dolaysız ses arasındaki fark (dB)	Gecikme zamanı rahatsızlık sınırı (milisaniye)
+10	55
0	65
-3	95
-6	155
-10	-



Şekil 4.2 İlk yansımalarından meydana gelen rahatsızlık eğrileri (Karabiber,1987).

### 4.3.3 Konuşma ses düzeyi

Konuşmanın anlaşılabilirliğinde önemli parametrelerden bir diğeri de konuşma ses düzeyi değeridir. Konuşma düzeyi ile anlaşılabilirlik oranı (Percentage Syllable Articulation, PSA) arasındaki ilişki, Fletcher tarafından yapılan geniş kapsamlı araştırmalar sonunda grafiksel olarak ifade edilmiştir, ve geliştirilen grafik ise Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3 Anlaşılabilirlik-Konuşma düzeyi ilişkisi (Karabiber,1987).

Şekil 4.3'e göre,

- Konuşma düzeyi arttıkça, anlaşılabilirlik de artmaktadır. Bu anlaşılabilirlik, konuşma düzeyinin yaklaşık 80 dB olduğu durumlarda maksimum değer ulaşmaktadır. Fakat daha yüksek düzeylerde ise anlaşılabilirlikte azda olsa bir düşüşün olduğu gözlemlenmektedir. Dolayısıyla 80 dB'in üzerindeki konuşma düzeylerinin anlaşılabilirliğe herhangi bir olumluluk katmadığı saptanmıştır.
- İyi anlaşılabilirliğin sağlandığı % 85 PSA oranının elde edilmesi için fon gürültüsünün olmadığı durumlarda 50 dB seviyesinde bir konuşma düzeyi yeterli görülmekteyken, fon gürültüsü düzeyinin 40 dB olduğu bir ortamda, yine aynı yeterlilikte bir anlaşılabilirlik için (% 85 PSA) konuşma düzeyinin 65 dB düzeyinde olması gerekmektedir.
- Kapalı hacimler için fon gürültüsünün mevcudiyeti, elde edilmesi gereken yeterli anlaşılabilirliğin sağlanması için konuşma düzeyinin yaklaşık %20-30 civarında daha yüksek olmasını gerektirmektedir. Bu durum, fon gürültüsünün anlaşılabilirlik üzerindeki önemini göstermektedir.
- Özellikle kapalı hacimlerde yeterli bir anlaşılabilirlik için ses düzeyi açısından gerekli koşulların sağlanması şarttır.

Genelde anlaşılabilirlik ve ses düzeyi ilişkilerinde belirlenmesi gereken parametreler, Hacimdeki Toplam Ses Düzeyi (TSD) değeri, Yayıncı Ses Düzeyi (YSD) ve Dolaysız Ses, Düzeyi (DSD) arasındaki ilişki, Dolaysız Ses Düzeyi (DSD) ve Fon Gürültüsü Düzeyi (FGD) arasındaki ilişkiler olup aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

#### 4.3.3.1 Toplam ses düzeyi (TSD)

Kapalı mekanlar için hacmin bir noktasındaki Toplam Ses Düzeyi değeri, o noktadaki yayıncı ses düzeyi ile yine aynı noktada, kaynaktan direkt olarak gelen seslerin toplamı olarak tanımlanmaktadır. Kapalı mekanlarda bulunabilecek dinleyiciler için yeterli kişisel duyulanmanın sağlanması (konuşmanın anlaşılabilmesi) yeterli düzeydeki Toplam Ses Düzeyi değeri ile sağlanır.

#### 4.3.3.2 Yayıncı ses düzeyi (YSD)-Dolaysız ses düzeyi (DSD) ilişkisi

Kapalı hacimler göz önüne alındığında, özellikle konuşma amaçlı hacimler için, konuşmacı ile dinleyici arasında direkt bir iletişimin kurulması, anlaşılabilirlik için olumlu bir durumdur. Dolayısıyla konuşmacıdan dinleyiciye gelen direkt ses bu gibi hacimlerde daha büyük bir önem kazanır. Fakat diğer yandan yine kullanım türüne göre, hacimde olabildiğince düzgün yayılmış bir ses alanının oluşması ve toplam ses düzeyinin belli sınırlar içerisinde kalması amacıyla ortamda değişik düzeylerde yansımış seslere de ihtiyaç vardır.

Özellikle kaynak (konuşmacı) ile dinleyici arasındaki mesafenin artması sonucunda, anlaşılabilirlik azalmaktadır. Bunun en büyük nedenlerinden birisi, YSD ile DSD değeri arasındaki farkın düşmesi ile izah edilebilir. Bu durumda doğrultulu ses alanının, hacmin arka taraflarına doğru ortadan kalkması söz konusudur. Dolayısıyla konuşmacı ile kaynak arasında belirli bir D mesafesinin tanımlanması gerekmektedir. Bu D mesafesi Denklem 4.6’te verilen formül ile hesaplanır (Yöğrük, 1994)

$$D=0,20\sqrt{\frac{V}{T_{60}}} \text{ (m)} \quad (4.6)$$

V=Kapalı mekanın hacmi, m<sup>3</sup>

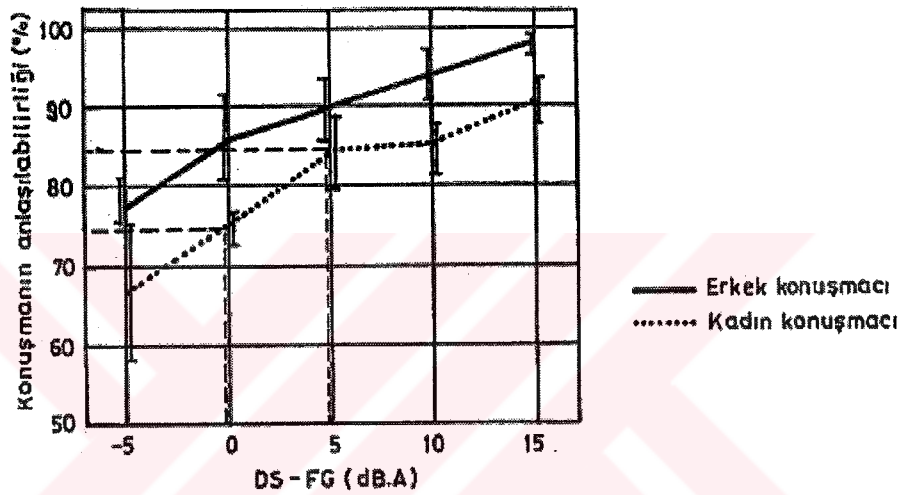
T<sub>60</sub>=Reverberasyon süresi, sn

Yapılan bazı araştırmalar sonucunda, D uzaklığındaki “YSD-DSD” değerinin, hacim ve kaynak ile ilgili değişkenlerden bağımsız, sabit bir değer olduğu saptanmıştır. Yöğrük’e göre (1994) YSD-DSD arasında müsaade edilebilecek düzey farkı en fazla +11 dBA olabilir. +11

dB.A değerinin üzerindeki YSD-DSD ayrımlarında anlaşılabilirlik iyice azalmaktadır. +11 dB.A'nın altında ise anlaşılabilirlik değeri artmaktadır. Karabiber (1985)'in yapmış olduğu çalışmada, YSD-DSD ayrımı değerinin +7 dB.A olduğu durumda anlaşılabilirliğin %80 olduğu belirtilmiştir.

#### 4.3.3.3 Dolaysız ses düzeyi (DSD)-Fon gürültüsü düzeyi (FGD) arasındaki ilişki

Ses düzeyi açısından yeterli anlaşılabilirliğin sağlanabilmesi için, hacimdeki FGD'nin, konuşma üzerinde oluşturması muhtemel maskeleye olaylarının bilinmesi gerekmektedir. Konuşmacının kadın ve erkek olması durumunda, DSD-FGD değerinin, işitmesi normal, genç dinleyiciler açısından anlaşılabilirliği nasıl etkilediği Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4 DSD ile FGD arasındaki ilişkinin anlaşılabilirlik rolünün tespiti (Yöğrük,1994).

Şekil 4.4'e göre tespit edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Aynı şartlarda, mevcut bir DSD-FGD değeri için erkek konuşmacılar kadın konuşmacılara göre anlaşılabilirlikte yaklaşık %10 gibi daha yüksek bir algılanma özelliğine sahip oldukları ortaya çıkmıştır.
- DSD-FGD arasındaki farkın 0 dB.A olduğu bir ortamda iyi anlaşılabilirlik oranı %85 iken, aynı anlaşılabilirlik oranı kadın konuşmacıda DSD-FGD değerinin + 5 dB.A olmasını gerektirmektedir. Kadın konuşmacıda DSD-FGD değerinin 0 dB.A olduğu durumda ise anlaşılabilirlik oranı % 75' e düşmektedir.
- Erkek konuşmacılarda +15 dB.A'lık DSD-FGD değerinde, %100'e yakın anlaşılabilirlik sağlanabildiği ortaya çıkmıştır. Aynı koşullar göz önünde tutulduğunda ise kadın konuşmacılarda anlaşılabilirlik oranı ise %90 mertebesindedir.



#### 4.3.4 Varlık kriteri

İnsan, duyduğu bir ses kaynağının yerini ve yönünü ayrı ayrı belirleyebilme özelliğine sahiptir. İşitsel algılamanın ve anlaşılabilirliğin önemli olduğu mekanlardan birisi olan sınıflarda, sesin meydana geldiği kaynağın yerinin alıcılar tarafından işitsel algılamalar sonucunda bilinmesi, ancak varlık kriterinin tanımlanması ile mümkündür. Sesi alan şahıs sesin geldiği yeri, mesafeyi ve doğrultusunu ister istemez saptamaya çalışır. Ses kaynağının alıcıya uzaklığı, ortamda bulunan direkt ses ve yansımış seslerin oranına bağlı olarak değişir.

Kapalı mekanlarda yön ve uzaklığın belirlenebilmesi, YSD-DSD değerinin, yeterli bir biçimde algılanabilmesine bağlıdır. Varlık kriterinin sağlanabilmesi, hacimde DSD ile YSD arasında bazı farkların olması ile sağlanır ve Denklem 4.7 vasıtası ile hesaplanır (Aknesil, 2000).

$$d = \sqrt{\frac{15 * V}{100 * T_{60}}} \quad (4.7)$$

$d$ =Kaynak ile dinleyici arasındaki mesafe, m

$V$ =Kapalı mekanın hacmi, m<sup>3</sup>

$T_{60}$ =Reverberasyon süresi, sn

YSD-DSD ayrımı,  $d$  uzaklığında varlık kriteri açısından sınır değerdedir. Diğer yandan, yapılan incelemeler neticesinde, bu değer, kaynak ile dinleyici arasındaki uzaklığa, kaynağın ses gücüne ve toplam yutuculuk gibi değerlerden bağımsız, her koşulda sabit bir değer olduğu tespit edilmiştir (Aknesil, 2000).

#### 4.3.5 Hacimlerde netlik değerlendirmeleri (Clarity, $C_{50}$ )

Anlaşılabilirlik limiti ile ilgili çalışmalarda, sesin yayılımı esnasında erken ve geç gelen enerji oranları ile ilgili tanımlamalarda bir diğer önemli parametre ise Netlik (Clarity,  $C_{50}$ ) değeridir. Netlik değeri, konuşma amaçlı hacimler için ilk 50 msn, müzikal seslerde ise 80 msn'lik değerler için hesaplanır. Netlik değerinin yüksek olması, ilk yansımalara ait ses enerjisinin daha fazla olduğunu, sübjektif olarak ise sesin net ve açık olarak anlaşılabilirliğini gösterir. Düşük netlik değeri ise, oluşan sesin net anlaşılamayan bulanık bir özelliğe sahip olduğunu ifade eder.

Netlik değeri hesaplamalarında değişik formüller kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanları ise, Denklem 4.8, Denklem 4.9 ve Denklem 4.10'da verilmiştir (Reich, 1998).

$$C_{50}=10 \log\left[\frac{D}{(1-D)}\right], \text{ dB} \quad (4.8)$$

D=Direkt sestem sonraki 50 msn içerisinde ulaşan yansımalar anlaşılabilirlik limitini belirler ve temel olarak faydalı sesleri oluşturur.

$$C_{50}(\text{RT})=10 \log[e^{(13.815*0.05/\text{RT})}-1], \text{ dB}, \quad (4.9)$$

RT=Reverberasyon süresi, sn

$$C_{50}(\text{EDT})=10 \log[e^{(13.815*0.05/\text{EDT})}-1], \text{ dB} \quad (4.10)$$

EDT=Erken sönme süresi, sn

Denklem 4.8, temel olarak faydalı seslerin ulaşılabilirlik limitlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.  $C_{50}$  değeri aynı zamanda reverberasyon süresinin ve erken sönme süresinin (EDT) bir fonksiyonu olarak Denklem 4.9 ve Denklem 4.10 ile de hesaplanmaktadır.



## 5 EĞİTİM YAPILARINDA AKUSTİK KONFOR PARAMETRELERİNİN ÖĞRENİM ÜZERİNE ETKİSİNİ BELİRLEMEK İÇİN YAPILMIŞ ARAŞTIRMALAR

Eğitim-gürültü ilişkisi üzerine günümüz bilim dünyasında giderek artan bir araştırma gayreti bulunmaktadır. Bunların yoğunlaştığı konu başlıkları aşağıda sıralanmıştır:

- Sınıflarda reverberasyon sürelerinin araştırılması
- Sınıf içi ve dışı gürültülerinin eğitim üzerine etkilerinin araştırılması
- Anket çalışmaları ile sınıflarda gürültüden kaynaklanan olumsuzlukların araştırılması
- Hacim akustiği kriterlerinin belirlenmesi araştırmaları.

Literatürde bu konu başlıkları altında yapılan araştırmaların tümünü birden ele alarak çok parametrelili bakış ile sonuç elde edilen bir araştırma belirlenmemiştir. Bu çalışmada, yukarıda sıralanan tüm konu başlıklarında, seçilen pilot sınıflarda araştırmalar yapılarak daha çok parametrelili sonuçlara erişilmesi amaçlanmıştır.

### 5.1 Sınıflarda Reverberasyon Sürelerinin Araştırılmasına Yönelik Yapılmış Çalışmalar

Ahmed'in (2000) yaptığı bir çalışmada, üç ayrı kapalı mekan çalışma konusu olarak belirlenmiş olup, bunlar sırası ile; askeriye ait kapalı bir mekan, dünya edebiyat merkezi salonu ve bir tiyatro salonu olarak belirlenmiştir. Bu çalışma sonunda, uzun reverberasyon sürelerine sahip bu hacimler için bazı uygun absorplayıcı malzemelerin seçiminin yapılması ile, yüksek düzeydeki reverberasyon sürelerinin makul sınırlara kısmen çekilebileceğini göstermiştir. Araştırma sonucunda elde edilen veriler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Değişik yapılarda belirlenen reverberasyon süreleri (Ahmed, 2000).

Konum	Sabine değeri		Reverberasyon süresi. sn	
	Eski	Yeni	Eski	Yeni
Kışla	1888,34	14887	8,71	0,90
Dünya Edebiyat merkezi	197	629	2,35	0,74
Tiyatro	495	2147	4,17	0,96

Diğer bir çalışma ise Finlandiya'da yapılmıştır. Bu çalışma, 7,6x10x3,3m boyutlarında ve içi boş sınıfların reverberasyon sürelerinin tespitine yöneliktir. Bu sınıfların aynı ülke mevzuatında öngörülen 0,6 ile 0,9 sn standart değerlerle kıyası yapılmıştır. 0,25 ila 2 kHz arasında, değişik frekanslarda yapılan ölçümlerde genelde reverberasyon sürelerinin 3 ila 3,5 sn arasında

değiştii gözlemlenmiştir. Değişik frekans aralıkları için elde edilen reverberasyon süresi değerleri toplu biçimde Çizelge 5.2’de verilmiştir (Sala ve ark. 1995).

Çizelge 5.2 Değişik frekanslarda sınıflar boşken elde edilen reverberasyon süreleri (Sala ve ark., 1995).

Sınıf	Reverberasyon süreleri, sn					Ortalama
	0,25 kHz	0,5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	
1	3,2	3,5	3,5	3	2	3,3
2	2,2	2,3	2,3	1,9	1,3	2,18
3	2,1	2,4	2,4	1,7	1,1	2,15
4	2,2	2,7	2,5	1,7	1	2,28
5	1,1	1,2	1,2	1,1	1	1,13
6	1	1	1	0,9	0,8	0,98
7	1,1	0,7	0,7	0,7	0,6	0,8
8	1	1,3	1,7	1,1	0,5	1,28
9	1,1	1,4	1,6	1	0,7	1,13
10	1	1,2	1,2	1,1	0,7	1,13
11	1	0,8	1	0,8	0,6	0,9
12	0,9	1,1	0,9	0,9	0,8	0,95
13	0,8	0,5	0,5	0,5	0,4	0,58
14	1,1	1,4	1,2	1,4	1,3	1,28
15	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,65
16	1	1,3	0,9	1	0,9	1,05
17	0,9	1	0,8	0,9	0,9	0,90
18	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,78
19	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,38
20	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,58

## 5.2 Sınıf İçi ve Dışı Gürültülerinin Eğitim Üzerine Etkilerinin Araştırılmasına Yönelik Yapılmış Çalışmalar

Literatürde, sınıfta öğretmenlerin ders anlatırken, dış ortam gürültülerinin sınıf içerisinde meydana getirdiği olumsuz girişimlerden dolayı yapılan çalışmalarda, öğretmenin ses tonunu yükselttiği veya sözlerini tekrarladığı sıkça belirtilmektedir. Özellikle havaalanlarına yakın yerlerdeki okullarda, uçakların havalanışı esnasında neden oldukları gürültülerden dolayı, sınıf içerisindeki gürültü düzeyinin 70 dBA’ya kadar yükseldiği ölçümlerle tespit edilmiştir (Crook ve ark., 1974). Bu durumda hem karşılıklı konuşmalara ara verilmekte ve hem de öğrencilerin derse olan motivasyonları zedelenmektedir. Gürültünün bu düzeylerde sınıf içerisinde arttığı durumlarda, gürültünün ilköğretim okullarında %83 ve liselerde ise %46 oranında olumsuz olarak algılandığı tespit edilmiştir. Havaalanından kaynaklanan bu gürültüden dolayı yapılan bir anket neticesinde rahatsızlığın türünün konuşmaya ait rahatsızlık (konuşmanın anlaşılmasının engellenmesi), konuşma dışındaki rahatsızlık oluşturma (motivasyon düşüklüğü vb.), konforun bozulması (sinirlilik hali vb.) ve diğer olumsuz etkiler olmak üzere dört ana kategoride toplandığı belirlenmiştir. Uçakların kalkışı esnasında oluşan gürültüden meydana gelen rahatsızlık türünün,

konuşmanın anlaşılmasının engellenmesi, ikinci sırada motivasyonun bozulduğu, üçüncü sırada diğer etkenler ve dördüncü sırada ise öğrencilerin kendilerinde sinirlilik hali oluşturduğu ortaya çıkmıştır (Crook ve ark. 1974).

Aynı çalışmada yer verilen bir diğer konu ise; sınıf içi fon gürültü seviyelerinin araştırılması olmuştur. Rasgele ele alınan 169 ilköğretim okulunun sınıfları içerisindeki dış kaynaklı fon gürültü düzeylerinin ortalama 62,8 dBA olduğu, ölçüm anının % 8'lik gibi bir bölümünde ise gürültü düzeyi değerinin 65 dBA'nın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Sınıflarda ders esnasında öğrencilerin konuşmamaları durumunda mevcut gürültü düzeyi değerlerinin ortalama 54-62 dBA olduğu, ancak öğrencilerin kendi aralarında konuşmaya başladığı durumda ise bu değer 60-72 dBA'ya eriştiği belirlenmiştir (Crook ve ark., 1974).

Crandell ve Smaldino tarafından yapılan başka bir çalışmada, sınıf içerisindeki gürültü düzeyi değerlerinin konuşmayı anlama oranı üzerinde, yarısı anadili İngilizce olan ve yarısı da İngilizce'yi ikinci bir dil olarak kullanan toplam 20 adet öğrencinin ders esnasında ortamdaki gürültünün, dersi anlamadaki etkisi oranı üzerinde durmuşlardır. Değişik S/N (konuşma düzeyinin kaynağa oranı, Speech/Noise) oranlarında en çok etkilenmenin İngilizce'yi ikinci dil olarak kullanan öğrencilerde olduğunu saptayarak Çizelge 5.3'de sonuçları elde etmişlerdir (Crandell ve ark. 1996).

Çizelge 5.3 Dersin öğrenciler tarafından anlaşılma yüzdesinin gürültü ile değişimi (Crandell ve Smaldino, 1996).

S/N değeri	Anadili İngilizce olan öğrencilerin dersi anlama yüzdeleri	Anadili İngilizce olmayan öğrencilerin dersi anlama yüzdeleri
Sessiz	99.9	96.9
+6	97.2	93.5
+3	94.4	89.1
0	93.2	81.1
-3	82.9	61.2
-6	66.9	42.1

İngiltere'de yapılan diğer bir çalışmada (Shield ve ark., 2000), Londra'nın merkezinde ve Londra'nın dışındaki bazı kasabalardaki ilköğretim okullarında, dış ve iç ortam gürültü düzeyi değerleri tespit edilerek, öğrenciler üzerinde aşırı gürültünün hem faaliyetler hemde bilgi gelişimi yönündeki etkileri araştırılmıştır. Özellikle Londra'nın merkezindeki okulların büyük bir çoğunluğunun 100-150 yıl gibi bir bina yaşına sahip oldukları ve yüksekliklerinin iki ila dört bina yüksekliği aralığında değiştiği ve kırsal alanlarda çoğunlukla yeni olan binaların ise ortalama yaşlarının 20 ile 40 yıllık olduğu vurgulanmış ve bunların yükseklikleri bir ila iki bina yüksekliği

olarak belirtilmiştir. Binaların büyük bir çoğunluğunda çift kat cam kullanıldığı ifade edilmiştir. Bu çalışmada, keza öğrencilerin gürültüyü algılayıp almadıkları, rahatsızlık seviyeleri anketler vasıtasıyla araştırılmıştır. Aynı anket soruları 400 öğretmene de sorulmuş ve ilave olarak herhangi bir sağlık problemlerinin (Ses ve boğaz rahatsızlığı) olup olmadığı araştırması da yapılmıştır.

Çalışma, seçilen tek bir pilot okulda, hem okul dışı ve hemde sınıfların içinde, ders yapılırken veya sınıf boşken gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Pilot okulda dış ortam gürültü düzeyi değerleri (okuldan 4m mesafede)  
(Shield ve ark., 2000).

Okul	Gürültü düzeyi, dBA					Gürültü kaynağı
	L <sub>Aeq</sub>	L <sub>A10</sub>	L <sub>A50</sub>	L <sub>A90</sub>	L <sub>Amax</sub>	
A	55	59,1	38,1	32,6	69	-
B	57,3	61,2	50	48,8	59,7	Havaalanı, hafif trafik, öğrenciler
C	57,4	57,8	49,8	48,8	61,2	-
D	65,3	61,5	50,5	49	86,8	Havaalanı, hafif trafik, insanlar
E	57,9	58,5	46,5	45,5	75,1	Havaalanı, hafif trafik, insanlar
F	59,8	61,5	52,5	51,5	74,2	-
G	58,8	63,5	36	33,5	72,6	Havaalanı, hafif trafik, insanlar
H	56,7	59	47,5	45,5	74,6	-
I	42,7	42,9	30,9	29,4	59,9	-
J	62,7	65	50,5	48	80,3	Havaalanı, hafif trafik, insanlar, öğrenciler, yapı faaliyetleri
K	50,8	51	42,5	41	67,1	Havaalanı, otobüsler, tren, insanlar
L	60,1	60,5	48,5	47,5	78,3	Havaalanı, hafif trafik, öğrenciler, yapı faaliyetleri
M	67,8	71,5	52	49	80,9	Karayolu trafiği
N	58,8	62	52	50,5	-	Karayolu trafiği, öğrenciler, diğer insanlar
O	72	75	58,5	55,5	-	Havaalanı, karayolu trafiği, tren yolu, insanlar ve öğrenciler
P	55,6	58,5	50,5	50	-	Havaalanı, öğrenciler, insanlar

Sınıf içi gürültüleri ölçülürken, sınıf içerisinde 6 değişik faaliyet göz önünde tutularak gürültü düzeyleri tespit edilmiştir. Bu faaliyetler sırasıyla:

- Öğrenciler sınıfta sıralarda oturup sessiz okuma yaparlarken
- Öğrenciler sıralarında otururken sadece öğretmen konuşurken
- Öğrenciler kendi aralarında konuşurken
- Öğrenciler kendi aralarında konuşurken, bir kısmı sınıfta hareket halindeyken
- Öğrenciler sıralarda gruplar oluşturarak konuşurken ve çalışma yaparken
- Öğrenciler sıralarda gruplar oluşturarak konuşurken ve çalışma yaparken, bazıları sınıfta hareketliken



Bu faaliyetlerin her birisi için sadece üçüncü sıradaki faaliyet hariç gürültü tespitleri yapılmış ve Çizelge 5.5’de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.5 Sınıf faaliyetlerine göre gürültü düzeyi değerleri,  $L_{Aeq}$  (Shield ve ark., 2000).

Aktivite	1	2	4	5	6
$L_{Aeq}$ , dBA	50,2	57,1	65,7	57,6	68,0

Sınıflarda ders varken ve boşken elde edilen  $L_{Aeq}$  değerlerinin ortalamaları Çizelge 5.6’da verildiği gibi elde edilmiştir.

Çizelge 5.6 Sınıflar ve koridorlar için ortalama  $L_{Aeq}$  değeri (Shield ve ark., 2000).

Konum	Ders varken	Sınıf boşken	Koridor
$L_{Aeq}$ , dBA	67,4	44,5	39,3

Londra merkezinde seçilen okullarda sınıf içi gürültü değerlendirmesi sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 5.7’de verilmiştir. Bu değerlendirmede okullara ait gürültü düzeyi tespitleri, sabah ve öğleden sonra olmak üzere iki periyot biçiminde gerçekleştirilmiş ve gürültü değerlerinde çok fazla farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.7 Sınıflarda ders esnasında sabah ve öğleden sonraki gürültü düzeyi dağılımı (Shield ve ark., 2000).

Okul	Sabah/Öğlen	Kümülatif gürültü düzeyleri, dBA		
		$L_{Aeq}$	$L_{A10}$	$L_{A90}$
A	Sabah	63,2	66	41
B	Sabah	66,2	68	-
	Öğleden sonra	70,5	74	61
C	Sabah	64,5	68	49
	Öğleden sonra	67,3	64	51
D	Sabah	69,3	73	38
	Öğleden sonra	71,8	76	50
E	Sabah	66,2	70	40
F	Sabah	67,5	71	46
Q	Öğleden sonra	62,5	66	44
Ortalama		66,9	64	46,7

Bu okullara ait iki dakikalık ölçüm çalışması sonucunda elde edilen  $L_{Aeq}$  değerleri sınıfların kullanım durumlarına göre sahip oldukları gürültü düzeyleri olarak Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8 Farklı kullanım durumlarında her bir okul için  $L_{Aeq}$  düzeyleri (Shield ve ark., 2000).

Konum	Okullar								Ortalama
	A	B	C	D	E	F	Q	R	
Ders esnasında	6,58	70,7	71,1	67,7	70,2	70,4	65,2	66,3	69
Ders yokken	50,2	54,1	-	37	-	61,7	44,7	37,8	55
Koridor	48,1	61,8	63,1	51	59,6	50,3	50,7	57,7	58,3
Tüm alanlar için ortalama değer	65,5	69,6	67	63	64,8	65	60,6	60,6	

Gerçekleştirilen bu araştırmalar sonucunda, özellikle Londra içindeki mevcut okulların yüz yüze kaldığı dış ortam gürültü türlerinin karakteristiğinin çok değişik yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca pilot okul çalışması sonucunda (Islington) elde edilen bir diğer önemli bulgu da, sınıf içi gürültü düzeyinin daha ziyade dış ortam gürültülerinden bağımsız olduğu ve bunun birincil kaynağının öğrenci faaliyetlerinden meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu tespit diğer ilköğretim okulları için yapılan ölçüm çalışmaları sonucunda da ortaya çıkmıştır (Shield ve ark., 2000).

İngiltere’de yapılan başka bir çalışmada (MacKENZIE, 2000), 70 ilköğretim okulunda gürültü düzeyi değerleri ve fon gürültü seviyeleri, bunların kaynakları ile sınıflardaki reverberasyon süreleri ve konuşmanın anlaşılabilirlik yüzdeleri konusunda bir dizi çalışmayı kapsayan bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu okullarda tespit edilen mevcut gürültüler öncelikle Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9 Okullara ait genel gürültü kaynakları (MacKENZIE, 2000).

İlköğretim okullarında tespit edilen tipik gürültü kaynakları		
Sınıf içi gürültüler	Okul içi gürültüler	Okul dışı gürültüler
Isıtma sistemleri	Koridorlardaki faaliyetler	Karayolu trafiği
Havalandırma sistemleri	Kapıların kapatılması	Hava ve demiryolu
Bilgisayar ve yazıcı ekipmanları	Sınıf tabanındaki hareketler	Çim biçme makineleri
Metal çatı üzerine yağan yağmur	Jimnastik salonları	Rüzgar
Bazı mekanik ekipmanlar	Müzik odaları	İnşaa faaliyetleri
Projektörler	Belirli periyotlarla çalan zil	İnsan faaliyetleri
Sıraların çekiliştirilmesi	Yapay bölmelerdeki bazı faaliyetler	Diğer

Ayrıca, şehir merkezi ve kırsal bölgelerdeki muhtelif okullarda ders esnasında ve dersin olmadığı zamanlarda ölçümler yapılmış ve fon gürültüsü seviyeleri Çizelge 5.10’da özetlenmiştir.

İlköğretim okullarına ait elde edilen reverberasyon sürelerinin tespitine yönelik çalışmalardan elde edilen değerlendirmeler dikkate alındığında, bu okulların sınıflarında mevcut reverberasyon süresi değerlerinin 500 Hz merkez oktav bandı için Çizelge 5.11’deki gibi bir değer aldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 5.10 70 adet ilköğretim okulu için fon gürültü düzeyi genel değerlendirmesi (MacKENZIE, 2000).

Sınıf konumu	Ortalama fon gürültüsü düzeyi değeri dBA	
	Sınıf yapısı düzensiz	Sınıf yapısı düzenli
Sınıf boşken	44,7	40,1
Öğrenciler sessiz iken	55,0	46,5
Öğrenciler faaliyette iken	77,3	70,1

Çizelge 5.11 500 Hz için sınıf içi düzenlenişine göre belirlenen reverberasyon süreleri (MacKENZIE, 2000).

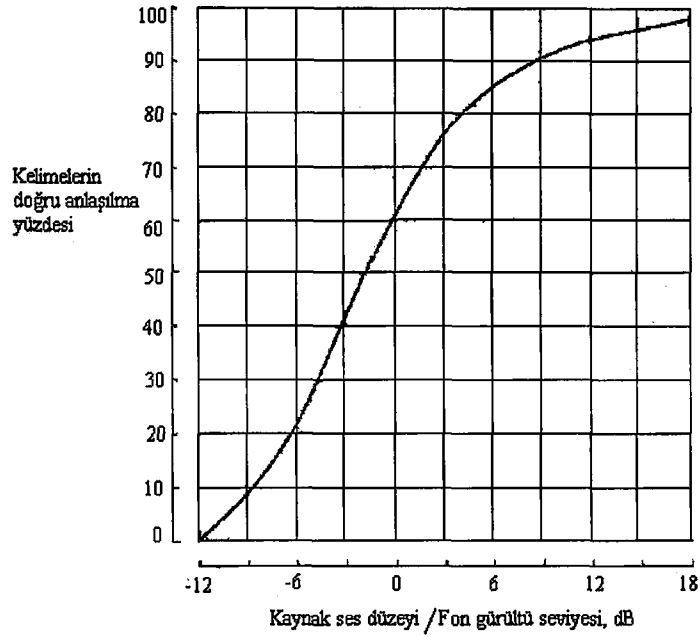
Sınıf konumu	Ortalama reverberasyon süreleri, sn	
	Sınıf yapısı düzensiz	Sınıf yapısı düzenli
Ders yokken	0,7	0,4
Ders esnasında	0,6	0,4

MacKENZIE tarafından elde edilen bulgulara göre, okulların büyük bir çoğunluğunun hem fon gürültüsü düzeyi açısından ve hemde reverberasyon süreleri açısından tavsiye edilen limit düzeylerin üzerinde değerlere sahip oldukları belirlenmiştir (MacKENZIE, 2000).

Yapılan bir diğer çalışmada ise sınıf içerisinde mevcut kaynağın ses düzeyine ilaveten sınıfta olması gereken fon gürültü düzeyi değeri arasında bazı ilişkiler araştırılmıştır (Lubman, 1997). Buna göre kaynak ses düzeyi ile fon gürültü seviyesi arasındaki düzey farkı (S/N oranı), konuşulunun anlaşılabilirliği ile yakından ilgili bir olay olup, Erdreich (1999) tarafından yapılan araştırmalarda, sınıf içi anlaşılabilirlik kriterlerinin başlıca iki nedeni olduğunu vurgulanmıştır. Bunlardan birisi konuşmanın düzeyi, diğeri ise ortamda bulunan farklı türdeki gürültülerdir. Erdreich yaptığı çalışmalar neticesinde sınıf içerisindeki farklı S/N oranlarında, kullanılan kelimelerin anlaşılabilirliğini ifade eden grafiksel bir ilişki geliştirilerek edilen sonuç, Şekil 5.1’de verilmiştir.

Şekil 5.1’e göre, S/N oranı değeri ne kadar yüksek olursa sınıf içerisinde konuşulunun anlaşılabilirliğinin de o oranda arttığı gözlemlenmektedir. Şekil 5.1’ e göre bir sınıfta olması gereken minimum S/N oranının 9 dB veya daha büyük olması gerektiği sonucunu ortaya çıkartmaktadır.

Sınıflar için genelde tavsiye edilen S/N değer oranının +15 dB olması gerektiğidir. Bu ifadeye göre sınıf içerisinde kullanım amacının dışında oluşması muhtemel bir fon gürültü düzeyi değeri söz konusu olduğunda, öğretmenin söylediklerinin öğrenciler tarafından rahatlıkla anlaşılması için öğretmenin ses düzeyi değerinin bu fon gürültüsü düzeyi değerinden en az +15 dB kadar fazla olması istenmektedir (Lubman, 1997).



Şekil 5.1 Kaynak/Fon gürültüsü arasındaki fark ile anlaşılabilirlik ilişkisi (Erdreich, 1999).

### 5.3 Sınıflarda Gürültüden Kaynaklanan Olumsuzlukların Araştırılmasına Yönelik Yapılmış Anket Çalışmaları

Ko (1979) tarafından, Hong Kong' da Kai Tak Havaalanına yakın yerleşim yerlerinde bulunan okullarda eğitim veren 2100 öğretmen üzerinde bir anket yapılmış ve öğretmenlerin % 48'i bu tür bir gürültü düzeyine alıştıkları, % 17,2' sinin oldukça rahatsız oldukları ve % 25' inin ise herhangi bir rahatsızlık duymadıkları belirlenmiştir.

Benzer bir çalışma Sargent (1980) tarafından İngiltere'de yapılmıştır. Araştırma 78 okulda 331 öğretmen üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin tamamı okullar tatildayken yapılmıştır. Bu suretle, öğrencilerden kaynaklanacak gürültüler göz ardı edilerek, sadece okulların maruz kaldığı trafik kaynaklı gürültüler üzerinde durulmuştur. Ölçümler, okulların ana caddeye bakan kısımlarında bulunan sınıflarda gerçekleştirilmiş. ve sınıf dış yüzeyinden 1 m ötede ve sınıfın içerisinde merkez noktada durularak aynı zamanda hem dış ortam hem de iç ortam gürültü düzeyi değerleri bir teybe kaydedilerek daha sonra da laboratuarda kaydedilen bu seslerin analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçta  $L_{Aeq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  ve  $L_{90}$  değerleri elde edilmiştir. Çalışmalar sonucunda, dış ortam gürültü düzeyi değerinin 50 ila 78 dBA ( $L_{10}$ ) arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Dış ortam gürültüsünün  $L_{10}=60$  dBA olduğu durumda okullardaki öğretmenlerin %9'u aşırı şekilde rahatsız olduklarını, %20'si kısmen rahatsız olduklarını ve %32'si de çok az rahatsız olduklarını belirtmişlerdir. Genelde, bayan ve erkek öğretmenler arasında rahatsızlık duyma konusunda önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir.

Bayan öğretmenlerin gürültüye karşı nispeten daha duyarlı oldukları belirlenmiştir. Özellikle 58-60 dBA (L<sub>10</sub>) gürültü düzeylerinde bu rahatsızlık ayırımının daha belirgin olduğu ortaya çıkmıştır (Sargent ve ark., 1980).

Anket çalışması araştırmasında bir diğer çalışma ise, Kurra (2000) tarafından yapılmıştır. Özellikle trafik kaynaklı dış ortam gürültüsünün fazla olduğu bir pilot bölge seçilmiş (yer belirtilmemiş) ve burada bulunan okullardaki sınıflarda öğretmenler üzerinde yapılmış bir çalışmadır. Bu çalışmada genel olarak sınıfların trafiğe bakan ön yüzeylerinde dış ortam gürültü düzeyi değerinin 74-79 dBA (Leq, saatlik) olduğu ölçülmüştür. Çalışmada ölçüm sonuçlarına ilaveten, bir anket çalışması değerlendirilmiştir. Anket çalışmasında;

- Deneklere ait genel bilgiler
- Pilot okul ortamını tanıtıcı bilgiler
- Gürültüden kaynaklanan rahatsızlık mertebesi

gibi konular araştırılmıştır. Burada konu ile ilgisi nedeniyle, gürültüden kaynaklanan rahatsızlık mertebeleriyle ilgili sorulara alınan cevapların dağılımı Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12 Üç farklı okulda yapılan anket çalışmasına yönelik bulgular (Kurra, 2000).

Genel tanımlama	1. Okul	2. Okul	3. Okul
En çok rahatsızlık duyulan çevre gürültüsü türü ve oranı (%)	Trafik:57.2 İnsan:28.5 Siren ve fren:14.3	Trafik:69.6 Öğrenci:18.8 Uçak:5.5 Gemi ve tekneler:6.1	Trafik:88 İnsan:12
En sıkıcı gürültü kaynağı (%)	Trafik:85.7 Sirenler:14.3	Trafik:43.3 Öğrenci:25 Uçak:10.9 Gemi ve tekneler:20.8	Trafik:91.6 İnsan:8.4
Pencere durumuna göre trafikten rahatsızlık oranı (%)	Pencere açık:71.4 Pencere kapalı:14.3	Pencere açık:69.3 Pencere kapalı: 30.7	Pencere açık:79.2 Pencere kapalı:20.8
Dış gürültülerin öğretmenler üzerindeki etki oranı (%)	Konsant bozma:42.8 Baş ağrısı:28.5 Diğerleri:28.7	Konsant. bozma:70.8 Stres:12.5 Diğerleri:16.7	Konsant. bozma:45.8 Baş ağrısı:20.5 Diğerleri:33.7
Bina içerisindeki gürültü kaynakları (%)	Öğrenciler: 85.7 Öğretmenler:14.3	Öğrenciler: 83.4 Öğretmenler:16.6	Öğrenciler: 96 Öğretmenler:4

Çizelge 5.12’den görüleceği üzere üç farklı eğitim kurumlarında yapılan anket araştırmasına göre, gürültü özellikle de trafik kaynaklı dış ortam gürültü türü, en çok rahatsızlık unsuru olarak fade edilmektedir. İç ortam gürültü oluşumunun nedenlerinin başında ise birinci sırada öğrenciler ikinci sırada ise öğretmenlerin geldiği belirlenmiştir. Dış ortam gürültü türü ne olursa olsun, pencereler açıkken bu tür gürültüden rahatsız olanların oranı tüm okullar ortalaması göz önünde tutulduğunda %73,3, pencereler kapalı iken ise bu ortalama rahatsızlık oranının %26,7’lere düştüğü gözlemlenmiştir. Her üç okulda da gürültüden kaynaklanan rahatsızlığın, derse konsantrasyonun yani ilginin bozulması, baş ağrısı ve stres gibi olumsuzluklar olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Kurra (1997)'nin bir diğerk çalışmasında, İstanbul'da bir karayoluna yakın yapı içi kullanıcılarına yönelik bir anket yapmıştır. Bu çalışmada, sınıftaki eğitim faaliyetleri üzerine dış gürültünün etkisi ortaya konulmuştur. Sınıfta okuma esnasında öğrencilerin %42'sinin pencereler açıkken gürültüden rahatsız oldukları belirlenmiştir. Zihinsel olarak meşgulken gürültüden rahatsızlık duyanların %50'ye çıktığı görölmüştür. Karşılıklı konuşma esnasında ise gürültü nedeniyle karşısındakine düşündüklerini aktarmada zorlananların oranı %39 olarak tespit edilmiştir.

#### 5.4 Hacim Akustiği Kriterlerinin Belirlenmesine Yönelik Yapılmış Çalışmalar

Sınıflarda hacim akustiği kriterlerinin belirlenmesine yönelik Karabiber (1987) tarafından ayrıntılı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma, anlaşılabilirliğin, tasarım aşamasında belirlenmesinde kullanılacak bir yöntem geliştirilerek, seslendirme döşemi yapılmayan dersliklerde, yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak iç mekan düzenleme kriterleri oluşturmak ve buna bağlı koşulları ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Çalışmaya konu olan sınıflar farklı hacimlerde seçilmiş ve bu amaçla sırasıyla 200, 300, 400, 500m<sup>3</sup> lük hacimler kullanılmıştır. Her bir hacim için yeğinlik düzeyleri, yansışım süreleri, varlık kriteri değerleri, ilk yansımalar gibi kapalı mekanlarda anlaşılabilirliğin önemli konularını oluşturan temel kriterler incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre saptanan farklı büyüklükteki derslikler, yukarıda sayılan hacim akustiği kriterleri, yeğinlik açısından değerlendirilmiş, ele alınan belli başlı aşağdaki veriler göz önünde tutulmuştur.

- Kaynak gücü
- Yansışım süresi
- Toplam yutuculuk
- Hacim içerisinde kaynak-alıcı konumları ve birbirleri ile olan uzaklıkları
- Fon gürültüsü

Çalışma sonucunda farklı hacimler için elde edilen verilerin değerlendirmesi Çizelge 5.13'de verilmiştir.

Çizelge 5.13'den de anlaşıldığı üzere 300m<sup>3</sup> ve daha düşük hacimlere sahip dersliklerde, gerekli akustik koşullar göz önünde tutulduğunda, anlaşılabilirliğin ek önlemlere gerek duyulmadan sağlanacağı, 300m<sup>3</sup>'ten daha büyük hacimlere sahip sınıflar için ise, yeterli anlaşılabilirlik düzeylerinin, ses güçlendirme yapılması gibi ek önlemlerle sağlanabileceği belirlenmiştir.



Çizelge 5.13 Değişik hacimlerdeki dersliklere ait genel değerlendirme sonuçları  
(Karabiber, 1987).

Kriter	Derslik, 200 m <sup>3</sup>	Derslik, 300 m <sup>3</sup>	Derslik, 400 m <sup>3</sup> (İlk durum)	Derslik, 500 m <sup>3</sup> (İlk durum)
Kaynak gücü, $\mu$ w	39,69	39,69	79,38	79,38
Toplam yegünlik, dB (en az)	58	56,4	58,3	57,5
Fon gürültüsü, dB (en çok)	NR 40	NR 40	NR 40	NR 40
Toplam yutuculuk, Sabine	64	87	110	131
Yansıma süresi, sn	0,5	0,55	0,58	0,61
Kaynak-dinleyici uzaklığı, m	7	8	-	-
Maskelemeye yol açmayan yansıma süresi, sn	125 Hz' te 0,4, diğerleri 0,5	125 Hz' te 0,4, 250 Hz'te 0,5, diğerleri 0,55	125 Hz' te 0,4, 250 Hz'te 0,5, diğerleri 0,58	125 Hz' te 0,4, 250 Hz'te 0,5, diğerleri 0,61
Önlem alınmadan önceki varlık kriterinin sağlandığı dinleyici oranı, %	45	50	44	45
Önlem alındıktan sonra varlık kriteri oranı, %	92	87	76	70
İlk yansımaların YSD-DSD açısından yararlı etkileri	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte
İlk yansımaların FGD-DSD açısından yararlı etkileri	Yeterli artış sağlanabilmekte	Yeterli artış sağlanabilmekte	Yeterli artış sağlanamamakta	Yeterli artış sağlanamamakta
İlk yansımaların varlık kriteri için yararlı etkileri	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanamamakta	Gereken artış sağlanamamakta

Gürültü ve eğitim kalitesi arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla incelenen bu çalışmalar, genelde hacim akustiği kriterlerinin bir kısmı göz önünde tutularak yapılmış çalışmalardır. Bu çalışmaların bir kısmı, sadece bir anket araştırması neticesinde gürültü ve rahatsızlık ilişkilerini ortaya çıkarmayı hedeflemiştir. Bazı çalışmalar ise, sadece ölçümler neticesinde elde edilen verileri standartlarla karşılaştırma yöntemine giderek, bu olayın sadece bir boyutunu ifade eden araştırmalar olarak gerçekleşmiştir. Gürültü-Eğitim ilişkilendirilmesinde bazı somut sonuçların çıkarımı açısından, Avrupa ülkelerinin bir çoğunda bu konu ile ilgili komisyonlar kurulmakta, ve ortak bir sınıf akustiği standardına doğru gidilmektedir. Dolayısıyla konu itibari ile kendi içerisinde çok amaçlı ve farklı türden araştırmaları gerektiren bir çalışma alanı olduğu için, ortaya konulan somut sonuçlar da o oranda değişiklik arz etmektedir. Bu konuda incelenen mevcut parametreler arası ilişkileri veya önem düzeylerini birlikte değerlendirecek bir çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

### 5.5 Trafik Gürültüsündeki Değişimin Okul Dış Gürültü Seviyesine Etkisi

Eğitim kurumlarının dış ortam gürültü değerinin, okul içi, özellikle derslik içi gürültü üzerindeki etkisi aşikardır. Okulların dış ortam gürültü düzeylerinin, ülkemiz ve birçok ülke mevzuatında önerilen 55 dBA değerinin altında olması gerekmektedir. Yerleşim alanlarının en önemli gürültü üretici kaynağı trafiktir. Trafiğin doğurduğu gürültülerin, okulların dış gürültü sınırını sağlayacak kadar uzaklıkta bulunması gerekmektedir. Bu mesafe Denklem 5.1

vasıtası ile hesaplanabilir (Cheremisinoff ve Young, 1975). Bu denklem geliştirilirken, trafik gürültüsünün bir çizgisel kaynak türü olduğu dikkate alınmaktadır (Demirel ve ark. 1997).

$$dB = dB_0 - 10 \log \left( \frac{d}{d_0} \right) \text{ Bu denklemde;} \quad (5.1)$$

$dB$ =Alıcıdaki ses düzeyi (dB)

$dB_0$ =Kaynaktaki ses düzeyi (dB)

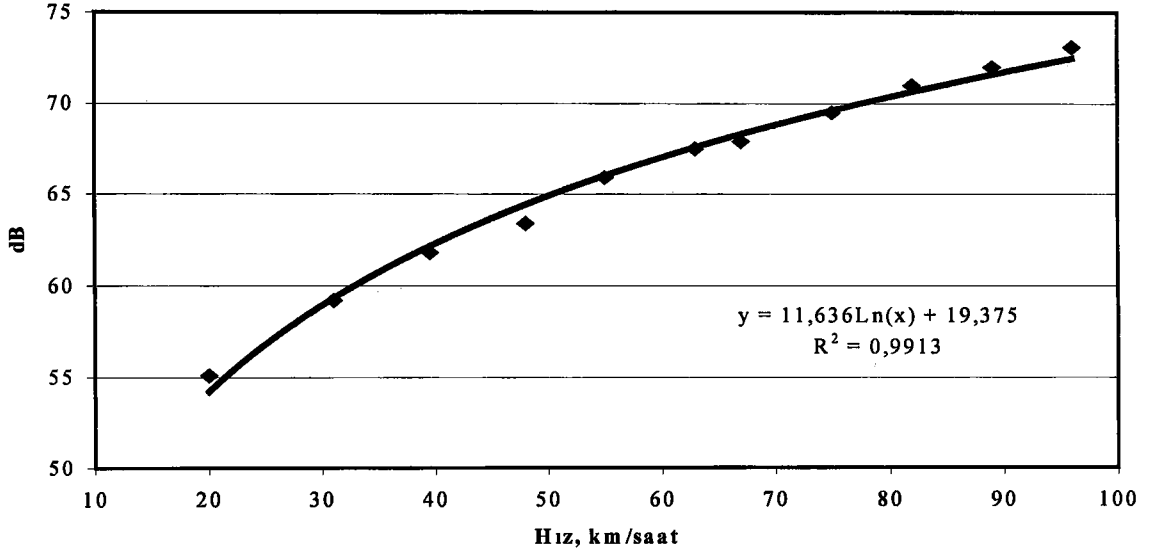
$d$ =Kaynakla alıcı arasındaki mesafe (m)

$d_0$ = $dB_0$ 'in ölçüldüğü noktanın kaynaktan uzaklığı (m)

Trafikten kaynaklanan gürültü, seyir halindeki araçların hızları ile yakından ilgilidir. Araç hızı ile oluşan gürültü arasında doğru orantılı bir ilişki mevcuttur. Türk Standartları Enstitüsü (1993) 10713, Kurallar Bölümü Genel Kurallar'a göre trafik gürültüsünün belirlenmesinde izlenecek yöntem tarifinde; yolun kenarından 3,5 m içeride ve yerden 1,2-1,5 m yükseklikte gürültü ölçümünün yapılacağı belirtilmektedir. Bu standart yöntemine göre, bu tez çalışması için, tek araç için eğimsiz, düz, normal beton-asfalt bir yolda, yağışsız-güneşli bir havada, arka plan gürültülerinin bulunmadığı esnada, Clio-Symbol marka 2000 model bir araçla yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerler Çizelge 5.14'de verilmiştir. Bu verilerin grafik olarak ifadesi Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.14 Tek bir aracın değişik hızlarda neden olduğu gürültü düzeyleri

Hız km/saat	Gürültü düzeyi, dB
20	55,1
31	59,2
40	61,8
48	63,4
55	65,9
63	67,5
67	67,9
75	69,5
82	71
89	72
96	73,1



Şekil 5.2 Taşıt hızına göre bir aracın neden olduğu gürültü düzeyi değerleri

### 5.6 Milli Eğitim Bakanlığı'nın eğitim yapıları için konu ile ilgili tip proje kriterleri

Resmi Gazete'nin 28.7.1995 ve 56828 sayılı nüshasında yayınlanan Milli Eğitim Bakanlığı'nın yeni inşa edilecek eğitim yapıları için öngördüğü tip proje anlayışında, bu tez araştırması ile ilgili olan ana başlıklar aşağıda sıralanmıştır:

- Okul yeri ve seçimi
- Okul bahçesi planı
- Derslik sayısı
- Dersliklerin boyutu ve dersliklerde bulunması gereken azami öğrenci sayıları
- Dersliklerde bulunması gerekli malzemeler
- Derslik içi yerleşim planı

Okul yeri seçimi yapılırken; suyu ve havası elverişli ve öğrencilerin kolaylıkla gidip gelebileceği bir yer olmasına dikkat edilmesi öngörülmüştür. Ayrıca okul arsalarının; hapishane, meyhane, kahvehane, kiraathane ve bar gibi umuma açık yerlerden en az 100 m uzaklıkta olması koşulu getirilmiştir. Okul arsaları; şehirlerarası yol, şehir ve kasabaların ana yolları ile ticari yollara bitişik olmaması istenmektedir.

Okul bahçelerinin toplam öğrenci sayısı ile orantılı olması ve öğrencilerin topluca tören yapabileceği ve nizami ölçülerde basketbol sahası kurabilecek büyüklükte olması istenmektedir. Bahçe alanının belirlenmesinde başlıca şu hesap esas alınmaktadır.

- İlk 36 öğrenci için:  $5m^2$  x öğrenci sayısı
- İkinci 36 öğrenci için:  $3m^2$  x öğrenci sayısı
- Üçüncü 36 öğrenci için:  $2,5m^2$  x öğrenci sayısı
- 109'dan 1000 öğrenciye kadar öğrenci başına  $2m^2$ , 1001'den 2000 öğrenciye kadar öğrenci başına  $1,5m^2$  ve 2001'den sonraki öğrenci başına ise  $1,2m^2$  alan esas alınmaktadır.

Bu hesaplar, her okulun yeterince bahçesi olması gerektiğini göstermektedir. Yola doğrudan cepheli ve ön bahçesi olmadan kurulu okullar ise yukarda da izah edildiği gibi istenmemektedir.

Okullarda derslik sayısı azami 40 öğrenciye 1 derslik olarak hesap edilmektedir. Hazırlık sınıflarında ise azami 36 öğrenciye 1 derslik ön görülmektedir.

Ayrıca derslik alanlarının  $20m^2$ 'den daha az olamayacağı belirtilmektedir. Derslik pencere alanlarının ise, derslik taban alanının %18'inden aşağı olamayacağı ifade edilmektedir. Ve öğrenci başına düşen kullanım alanının  $1,2m^2$ 'den az olamayacağı belirtilmektedir. Ayrıca dersliklerin tavan yüksekliklerinin giriş altına kadar 2,5m, tavana kadar ise 3m'den az olmaması gerektiği bildirilmektedir.

Dersliklerde bulunması gereken malzemeler açısından öngörülen ekipmanlar ise; çerçevesiz Atatürk resmi, çerçevesiz İstiklal Marşı, çerçevesiz Atatürk'ün Gençliğe Hitabesi, yazı tahtası, öğretmen masası, öğretmen sandalyesi, öğrenci masa ve sıraları, yazı ve afiş panoları, çöp kutusu ve dolap şeklinde sıralanmıştır.

Öğrenci sıralarının yerleşiminde ise ön sıra ile yazı tahtası arasındaki mesafenin 1,70m, sıra dizileri arasında 0,50m, sıra dizileri ile pencere arasında 0,40m, sıra dizileri ile duvar arasında 0,60m ve arka sıra ile duvar arasındaki mesafenin 0,30m olması gereken uzaklıklar ön görülmektedir.

Örneğin, derslik taban alanının en az %18'i oranında pencere alanı öngörülür iken, dersliğe ışığın girme imkanı düşünülmüştür. Velicangil (1980) bu konuda taban alanının en az %20'sinin ve tercihen da %33'ünün pencere olmasını önermiş, iç duvarların sesi geçirmeyecek derecede kalın olmasını, veya sesi önleyecek materyali ve değişiklikleri içermesi gerektiğini ifade etmiştir. Yukarda incelemesi yapılan tip proje kriterleri içinde gürültünün derslik içi eğitime etkisini azaltmak için doğrudan öngörülen bir kriter bulunmamıştır. Söz konusu tip projelerde, dış gürültü açısından da gerekli kriterlerin getirilmesinde yarar vardır.

## **5.7 Trafik Gürültüsünü Azaltıcı Tedbirlerin Etki Seviyelerini Belirlemek İçin Yapılmış Çalışmalar**

### **5.7.1 Yol yüzey kaplamaları ve trafik gürültü düzeyinin azaltılmasındaki etkisi üzerine çalışmalar**

Trafik kaynaklı gürültülerin azaltılması için günümüzde yeni olarak yol yüzey kaplamaları üzerinde durulmaya başlanmıştır. Yol yüzeyi ile taşıt arasındaki temastan doğan ve özellikle yüksek hızlarda hakim olan yuvarlanma gürültüsü, kullanılacak farklı yol yüzey malzemesi ile düşürülebilmektedir (İyınam ve ark., 1998). Araştırmalar, yol yüzeyinde kullanılan malzemenin poroz yapısının artırılması ile daha az gürültü oluştuğunu ortaya koymuştur (Descornet, 1987). Şehir içinde kullanılan normal asfalt betonu ile poroz asfalt betonu arasında 80 km/saat olan bir araç için OECD (1995) raporuna göre 4 dBA fark doğmaktadır. (İyınam ve ark., 1999), (Ergün, 2001) tarafından poroz asfalt uygulamalarının trafik gürültüsünü azaltmada klasik yüzeylere göre 3 ila 7 dBA düzeyinde bir gürültü azaltımı sağladığı belirtilmiştir. Dolayısıyla genel trafik hızları ve trafik yükü için yol malzemesinin poroz asfalt türünde yapılması ile ortalama olarak 5 dBA gürültü azaltılması elde edileceği kabul edilebilir.

### **5.7.2 Alıcı-yol arasına yerleştirilen bariyerlerin etkisi üzerine çalışmalar**

Alıcı ile kaynak arasına yerleştirilecek bariyerlerin; kaynağa veya alıcıya yakın olması, yüksekliği ve uzunluğu, geçirgenliği ve yansıtıcılık gibi özellikleri, gürültünün azaltılmasında önemli rol oynayan kriterler arasındadır. Gürültü bariyerleri özelliklerinden dolayı; doğal, yapay ve kompozit bariyerler olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Araştırmalar yapay gürültü bariyerlerinin doğal bariyerlere göre daha fazla gürültü azaltımı sağladığını ortaya koymuştur. Doğal bariyerlerle ortalama 3-7 dBA civarında gürültü azaltımı sağlanırken, yapay bariyerlerin azaltması 10-15 dBA'ya kadar çıkabilmektedir (OECD, 1995).

#### **5.7.2.1 Doğal gürültü bariyerleri**

Doğal gürültü bariyerleri alıcı ile kaynak arasına yerleştirilecek değişik tür, ebat ve mesafedeki bitki kuşağını içine almaktadır. Bitki kuşağının yoğun olarak yerleştirilmesi, geniş yapraklı ve uzun boylu bitkilerden seçilmiş olması, gürültüyü azaltmada etkin rol oynayan parametrelerdendir.

Literatürde, yola paralel 30m genişliğinde sık dikilmiş geniş ve yüksek sayılabilecek ağaç dizisinden ibaret bariyerin 5 dB azaltma sağlayabildiği belirlenmiştir (DTFHA, 2000). Aynı kaynakta 60m genişliğindeki aynı şekildeki ağaç topluluğunun 10 dB azaltma yaptığı da belirtilmektedir. 3-10m gibi dizilişi kısa ağaç topluluklarının ancak 0-3 dB azaltma yapabildiği de belirtilmektedir. OECD (1995) raporuna göre; 50-100m uzunluğunda kısa boylu (1-1,5m yüksekliğinde) çalı türü bitki kuşağının 3 dBA azaltma sağladığı belirlenmiştir. Bitkisel bariyerlerin, ağaç ve çalı gibi materyallerin birlikte kullanıldığı kompozit dizayn türleri önerilmektedir.

Bitkisel bariyerlerin gürültü azaltımı her ne kadar sınırlı düzeyde olsa da, bu bariyerlerin sıra adedinin artırılması ve yapay bariyerlerle birlikte kullanılması ile gerekli gürültü azaltması artırılabilir. Bitkisel bariyerlerin tercih edilmesindeki nedenler; ekonomik olması, göze hitap etmesi, doğal olması ve trafikten kaynaklanan gürültünün yanında araçlardan kaynaklanan hava kirleticilerin artılmasını sağlaması sayılabilir. OECD (1995) çalışmasında belirlenen gürültü azaltımı/bitkisel bariyer ilişkileri Çizelge 5.15’de verilmiştir.

Çizelge 5.15 Bitkisel bariyerlerin gürültü azaltımındaki rolü (OECD, 1995).

Tür	Boyutlar, m	Akustik fonksiyonu	Gürültü azaltımı, dBA	(+): Avantaj (-): Dezavantajı
Ağaç ve çalılıklar	L: En az 10 H: 8-9	Absorbif	3-4	(+): Göze hoş gözükmede ve egzost gazlarını da absorbe edebilmektedir. (-): Sınırlı düzeyde akustik iyileştirme sağlamaktadır
Toprak set üzerine çalılık	L: 15-18 H: 3-4	Absorbif ve yansıtıcı	15-16	(+): Göze hoş gözükmede ve akustik azaltım açısından etkin (-): Geniş alanlara ihtiyaç vardır
L: Uzunluk, m H: Yükseklik, m				

Yukarıdaki araştırmalara göre belirlenen genel sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

- Yola paralel olarak 30 m uzunluğunda sık ve yüksek dikilmiş ağaçlardan ibaret bariyerler, 5 dBA gürültü azaltımı sağlamaktadır
- Yola paralel olarak 60 m uzunluğunda sık ve yüksek dikilmiş ağaçlardan ibaret bariyerler, 10 dBA gürültü azaltımı sağlamaktadır
- Yolun kenarına enaz 50m uzunluğunda sık ve 1-1,5m yüksekliğinde dikilmiş çalı topluluğundan oluşan bariyerler, 3 dBA düzeyinde bir gürültü azaltımı sağlamaktadır

### 5.7.2.2 Yapay gürültü bariyerleri

Bilinen ve yaygın olarak kullanılan yapay gürültü bariyerlerinin başında sırası ile beton, ahşap ve metal malzemeli duvarlar gelmektedir. Son yıllarda, yabancı ülkelerde, estetik açıdan göze daha hoş gelen şeffaf cam türü malzemeler ile boyanmış beton veya metal malzemeler de yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır.



OECD'nin kriterlerine göre; bir yapay gürültü bariyerinin birim metre karesinin ağırlığı minimum 20 kg/m<sup>2</sup> olmalı, her bir metre bariyer yüksekliği gürültü düzeyinde 1,5 dBA bir azalma sağlamalı ve gürültü bariyerinin boyu en az bariyer ile alıcı arasındaki mesafenin 4 katı uzunluğunda olmalıdır. İtalya'da yapılan bir çalışmada değişik türden yapay bariyerlerin neden oldukları gürültü azaltım değerleri Çizelge 5.16'da verilmiştir.

Finlandiya'da yapılan bir diğer çalışmada ise, farklı boyuttaki bariyerlerin farklı uzaklıklarda neden olduğu gürültü düzeyindeki azalmalar Çizelge 5.17'de verilmiştir.

Çizelge 5.16 Değişik tür gürültü bariyerleri ve gürültü azaltım değerleri (OECD, 1995).

Tür	Boyutlar, m	Akustik fonksiyonu	Gürültü azaltımı, dBA	(+): Avantaj (-): Dezavantajı
Boşluklu briket	L:0,5 H:2,5	Yansıtıcı, absorplayıcı	15-16	(+): İyi akustik verim özelliği ve yangına dayanıklılık (-): Estetik açıdan uygunsuz
Güçlendirilmiş beton panel	L:0,35 H:3-4	Yansıtıcı, absorplayıcı	17-19	(+): İyi akustik verim özelliği ve yangına dayanıklılık (-): Yüksek maliyetli ve bol alan ihtiyacı var
Ahşap panel	L:0,30 H:2-3	Absorplayıcı	18-19	(+): İyi akustik verim özelliği (-): Yüksek maliyetli ve bol alan ihtiyacı var
Alüminyum veya çelik panel	L:0,3 H:4-5	Yansıtıcı, absorplayıcı	20-22	(+): İyi akustik verim özelliği ve yangına dayanıklılık (-): Yüksek maliyetli
Polikarbonlu malzeme	L:0,5 H:3-4	Yansıtıcı	16-17	(+): İyi akustik verim özelliği ve yangına dayanıklılık (-): Yüksek maliyetli

Çizelge 5.17 Farklı gürültü bariyer türlerinin kaynak-alıcı arasındaki konumuna göre ses azaltma değerleri (Öztürk, 1998)

Bariyer türü	Bariyer yüksekliği, m	Alıcı uzaklığı, m	Bariyerin azalttığı değer, dB (alıcı yüksekliği 2 m/4 m)
Toprak set	5	25	17/14
		43	18/13
Toprak set üzerine ahşap eleman	3+1	13	13/10
		37	12/11
Toprak set üzerine ahşap eleman	2+1	18	15/11
		50	14/12
Betonarme yapı	2	40	14/11
		70	12/10
Ahşap yapı	2,7	17	13/10
		50	11/9
Ahşap yapı	2,7	20	11/8
		33	14/11

Çizelge 5.16 ve Çizelge 5.17'nin incelenmesi ile elde edilen genel sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

- Değişik türden gürültü bariyerleri ile 8-22 dBA arasında bir gürültü azalımı sağlanmaktadır.
- Ülkemizde yaygın olarak kullanılan bahçe duvarı yapı tarzı 2 m yüksekliğinde betonarme türden olup, Çizelge 5.17'ye göre bu türden bir yapı ortalama 10 dBA gürültü azaltımı sağlayabilmektedir.

## 6 ARAŞTIRMA MATERYAL VE YÖNTEMLERİ

### 6.1 Araştırmanın Amaç ve Hedefi

Konuşmanın kalitesi ve anlaşılabilirliği, mekanın kullanım amacı ne olursa olsun tüm mekanlar için öncelikli bir konudur. Anlatmanın ve öğrenmenin temel amaç olarak hedeflendiği ve insanların gelişimi için en önemli ortamların başında gelen eğitim yapılarının en küçük birimleri olan sınıflarda, eğitim kalitesinin korunması veya daha da iyileştirilmesi için bilinen dış ve iç olumsuz etkenlerin giderilmesi gerekir.

Konuşmanın anlaşılmasını onu maskeleyerek örten, dinleyicilerin dikkatini dağıtan ve zamanla amacının dışında istenmeyen durumların meydana gelmesine neden olan olumsuz etkenlerin başında gelen gürültü etkeninin eğitim üzerine etkisi ile ilgili araştırmalar, henüz yeni ve sınırlı sayıdadır. Literatürde mevcut olan çalışmalar;

- Gürültü düzeyi değerlerinin ve iç ortam hacim akustiği ve bunlar ile ilgili kriterlerin
- Reverberasyon süreleri, varlık kriteri, YSD-DSD gibi kriterlerin belirlenmesi ve anket çalışmaları ile mevcut durumun değerlendirilmesi

şeklinde tasnif edilebilir. Bu tasniften görüldüğü üzere, bilinen akustik konfor parametrelerinin her biri için ayrı tespitlerle, sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Ölçüm veya hesaplamalara dayanarak elde edilen sonuçlar, mukayese edilebilen tüm parametrelerin etki derecelerini mukayese etme imkanını vermemiştir. Literatürdeki anket çalışmaları da, ortam ile ilgili akustik konfor parametreleri ile ilişkilendirilemediği için eğitim üzerine olumsuz etkiyi genel olarak ifade eder olmamış, her çalışmaya ait sadece okulun ismine ve araştırılan zamana bağlı bir sonuç olmuştur.

Bu tez çalışmasında, öğrenme için esas olan dersin anlaşılabilirliğini olumsuz yönde etkileyebilecek bilinen akustik konfor parametreleri birlikte ölçülerek belirlenecektir. Akustik konfor kaliteleri belirlenmiş sınıflarda, öğrencilerin dersi anlama ve öğrenmede ne derece etki altında kaldıkları belirlenecek ve mevcut akustik konfor parametre değerleri ile öğrencilerin öğrenme/anlama durumları arasında olumsuz etkilenme ilişkileri ve bu ilişki düzeylerinin parametreler açısından kıyaslanması yapılacaktır. Bu maksatla, ölçüm yapılan sınıflarda öğrencilerin tepkilerini ölçen anket çalışmaları da gerçekleştirilecektir.

Akustik konfor parametrelerinin eğitim/öğretim üzerindeki etki düzeylerinin belirlendiği bu çalışmada, ayrıca eğitim kurumlarının trafik kaynaklı dış gürültülerden olumsuz biçimde etkilenmemeleri için standart okul yerleşim imkanları, okul-yol arası bulunması gereken minimum mesafeler ve kullanılacak gürültü azaltıcı bariyerlerin tür ve konumları araştırılacaktır.

## 6.2 Araştırılacak Akustik Konfor Parametreleri

Araştırmada tüm akustik parametreleri için sınıflara ait sayısal veriler elde edilecektir. Bunlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Dış gürültü düzeyleri (dB)
- İç gürültü düzeyleri(dB)
- Yayıncık Ses Düzeyi (YSD)-Dolaysız Ses Düzeyi (DSD) (dB)
- Reverberasyon süresi ( $T_{60}$ , sn)
- Varlık kriteri (%)
- Netlik değeri ( $C_{50}$ , dB)

## 6.3 Pilot Eğitim Yapıları Seçimi Ve Tanıtımı

Tez çalışması için pilot okullar, İstanbul'un kültürel, tarihi, ticari vb. birçok etkinliğinin mozağini oluşturan ve nüfus ve araç trafiği yoğunluğu açısından en önde gelen Fatih ilçesi içinden seçilmiştir. Çizelge 6.1'de İlçedeki tüm orta öğretim okullarına ait fiziki koşullar da mevcut okulların durumunu değerlendirme açısından verilmiştir.

Çizelge 6.1 Fatih İlçesindeki tüm okullara ait mevcut fiziki özellikler

Okul Adı	Yapı türü	Caddeye uzaklığı, m	Pencere/Duvar m <sup>2</sup>	Kaynak ile alıcı arasındaki engel
29 Mayıs İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, Pimapen çiftcam, 2 Katlı	5	8,4/13,5	1,5 m yeşil alan
Ahmet Rasim L.	Eski yapı 30 cm taş duvar, PVC çift cam, 2 kat	10	12,6/19,5	2,5 m duvar
Akasya İ.Ö	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, ahşap tek cam, 5 Katlı	0	9,6/15	yok
Akasya L.	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, ahşap tek cam, 5 Katlı	0	9,6/15	yok
Aksaray Mahmudiye İ.Ö	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	20	8,4/13,5	1 m duvar
Akşemsettin İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	6	7,2/18	0,5 m duvar
Ali Suavi İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	15	9,6/15	1,5 m duvar ve 1 m yeşil alan
Alparslan İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	5	8,4/12	yok
Atatürk Çağd. Yaş. Çok Prog. L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	30	8,4/13,5	2 m duvar
Atatürk İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	10	9,6/13,5	1,5m duvar
Atikali İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	20	7,2/12	1,5 m duvar
Azınlık Anarat Hıgutyanyan Ermeni İ.Ö	Eski yapı 25 cm lahit duvar, PVC çift cam, 3 kat	2	5,6/13,5	1,5 m duvar
Azınlık Maraşlı Rum İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	15	4,8/9	3 m duvar
Azınlık Sahakyan Nunyan	Eski yapı 25 cm taş duvar, metal	0	4,2/10,5	yok

Ermeni L.	tek cam, 2 kat			
Cıbalı İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	20	7,2/12	0,5 m duvar
Çağ. Yaş. Çok Prog. L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	30	8,4/13,5	2m duvar
Çapa Akşam L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, Pimapen tek cam, 4 Katlı	0	4,8/7	yok
Çapa And. Öğretmen L.	Eski yapı 35 cm tuğla duvar, metalden tek cam, 2 Katlı	20	9,8/15,75	10 m yeşil alan
Çapa İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	3	8,4/13,5	2 m duvar
Çıracılık Eğitim Merkezi	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	5	9,6/13,5	2 m duvar
Davutpaşa L.	Eski yapı 30 cm taş duvar, PVC çift cam, 2 kat	0	4,2/12,25	yok
Edirnekapı İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, tek kat	trafiğe açık yüzey yok	7,2/12	10m lik yeşil alan
Emin Ali Yaşın İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	3	10,8/15	0,5 m duvar
Eram Anaokulu Eğ. Uyg. Okulu ve Mes. Eğ. Merkezi	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	0	4,8/9	yok
Eresin Otelcilik Turizm Meslek L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, Pimapen tek cam	70	7,2/12	1 m. yüksekliğinde yeşil bitki
Fatih İ.Ö	Eski yapı 30 cm taş duvar, Ahşap tek cam, 2 kat	15	4,2/10,5	1,5 m duvar ve 10 m duvar
Fatih Kız L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	30	9,6/13,5	0,5 m duvar
Fatih Ticaret Meslek L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	5	8,4/12	2,5m duvar
Fener Rum Erkek L.	Eski yapı 30 cm taş duvar, Pimapen çift cam, 2 kat	trafiğe açık yüzeyi yok	10,8/16,5	3,5m duvar
Fethiye İ.Ö	Eski yapı 30 cm taş duvar, Ahşap tek cam, tek kat	5	5,6/14	1 m
Fındıkzade İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, ahşap tek cam, 4 kat	0	9,6/13,5	yok
Gazi İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, Pimapen çift cam, 2 kat	10	9,6/13,5	1 m yeşil alan ve 1,5 m duvar
Gelenbevi L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	25	7,2/13,5	3 m duvar
Genç Osman İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	0	7,2/10,5	yok
Gökşen Akşam L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	30	3,6/7	20 m yeşil alan
Hacı Süleymanbey İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	Trafiğe açık yüzeyi yok	9,6/15	20 yeşil alan
Hattat Rakım İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	3	8,4/13,5	1,5 m duvar
Hekimoğlu Ali Paşa İ.Ö	Eski yapı 25 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	15	5,6/14	0,5m duvar, 8 m yeşil alan
Hırkai Şerif İ.Ö	Eski yapı 25 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	3,5	12,6/17,5	yok
Hobyarlı Ahmet Paşa İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC cam, 2 kat	10	8,4/13,5	1 m yeşil alan ve 1,5m duvar
İ. Alaattin Gövsa İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, metal cam, 2 kat	20	10,8/15	2 m duvar
İskenderpaşa İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, metal tek cam, 3 kat	0	9,6/13,5	yok

İstanbul İmam Hatip L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	0	3,6/10,5	yok
Karagümrük İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	5	8,4/13,5	2,5 m duvar
Katip Çelebi İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, Ahşap tek cam, 2 kat	100	7,2/15	35m' lik yeşil alan ve 1 m duvar
Kızılay Hemşirelik L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, Pimapen tek cam, 3 kat	5	8,4/13,5	5 m yeşil alan
Kocamustafapaşa İ.Ö	Eski yapı 30 cm lahit duvar, ahşap tek cam, 2 kat	15	4,2/8,75	1 m duvar
Kocamustafapaşa L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	20	43435,0	2,5 m duvar
Levon Vartuhyan İ.Ö	Yeni yapı 30 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 1 Katlı	4	4,8/18	1,5 m duvar
Mehmet Akif Ersoy İ.Ö	Eski yapı 25 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	Caddeye bakmıyor	8,4/13,5	yok
Melekhatun İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	25	8,4/13,5	0,5 m duvar, 1 m saç levha
Mevlanakapı Anaokulu Eğ. Uyg. Okulu ve Mes. Eğ. Merkezi	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, ahşap tek cam, 2 kat	4	4,8/9	1 m duvar
Mihrimah Sultan Meslek Okulu ve Mes. Eğ. Merkezi	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	5	8,4/13,5	2 m duvar
Muallim Naci İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, ahşap tek cam, 3 kat	5	3,6/9	3 m duvar
Muhittin Akdik İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	20	10,8/15	0,5 m duvar
Mustafa Enver İ.Ö	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	30	4,8/10,5	2 m duvar ve yeşil bitki
Neslişah İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	15	7,2/15	2 m duvar
Nişancı Mehmetpaşa İ.Ö	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, PVC çift cam, tek kat	0	7,2/12	yok
Oğuzhan L.	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, Pimapen tek cam, 3 Katlı	20	7,2/12	yapılar var
Oğuzkaan İ.Ö	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, Pimapen tek cam, 3 Katlı	20	7,2/12	yapılar var
Oruçgazi İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	6	7,2/12	yok
Riyaziyece Salih Zeki İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, Pimapen çift cam, 2 kat	5	8,4/12	1m duvar ve 1 m yeşil alan
Sahakyan Nunyan Ermeni İ.Ö	Eski yapı 25 cm tuğla duvar, metal tek cam, 2 kat	0	3,6/15,75	yok
Sancaktar Hayrettin İ.Ö	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, metal tek cam, 2 kat	20	5,6/10,5	1,5 m duvar
Selçuk Kız Meslek L.	Eski yapı 25 cm tuğla duvar, Ahşap tek cam, 2 kat	25	5,6/15	15 m yeşil alan
Silivrekapı İ.Ö	Eski yapı 25 cm tuğla duvar, PVC çift cam, tek kat	0	4,2/10,5	yok
Sultan Fatih İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	Trafiğe açık yüzey yok	4,8/12	2 m duvar
Sultan Fatih L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, Ahşap tek cam, 3 kat	trafiğe açık yüzey yok	9,6/13,5	2 m duvar
Sultan Selim Kız Mes. L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, Pimapen çift cam, 2 kat	10	8,4/13,5	2 m duvar
Şeyhülislam Hayri Efendi İ.Ö	Eski yapı 30 cm taş, PVC çift cam, tek kat	0 m	4,2/10,5	yok



Tarık Us İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	15 m	6/10,	1 m duvar
Topkapılı Mehmetbey İ.Ö	Yeni yapı 30 cm tuğla duvar, Pimapen tek cam, 3 Katlı	Caddeye bakmıyor	14,4/19,5	yok
Ulubatlıhasan İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	10 m	3,6/10,5	1 m duvar
Uzunyusuf İ.Ö	Eski yapı 30 cm tuğla duvar, metal tek cam, 2 kat	15 m	8,4/18	2,5 m duvar
Vasif Çınar İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, ahşap tek cam, 2 kat	5 m	7,2/12	1 m duvar
Vatan Anadolu L.	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, Pimapen tek cam, 3 Katlı	30 m	9,6/13,5	2 m duvar
Vatan L.	Yeni yapı 25 cm tuğla duvar, Pimapen tek cam, 3 Katlı	45 m	9,6/14	2 m duvar
Vedide Baha Pars İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 3 kat	3 m	43435,0	0,5 m duvar, yeşil bitki
Yavuz Selim İ.Ö	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, PVC çift cam, 2 kat	35 m	9,6/14	1 m duvar 1 m yeşil alan
Yedikule L.	Yeni yapı 23 cm tuğla duvar, metal tek cam, 3 kat	50 m	4,8/9	2,5 m duvar
Yunus Emre İ.Ö	Eski yapı 30 cm lahit duvar, PVC çift cam, 2 kat	5 m	5,6/10,5	0,5 m duvar, 1m yeşil alan

Çalışmada uygun pilot okul seçimi maksadıyla, Fatih İlçesinde bulunan tüm orta öğretim binalarına ait dış gürültü düzeyleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Çizelge 6.2 ve Şekil 6.1’de verilmiştir. Bu ölçüm sonuçlarına göre, bilgi alma, gürültü, ve değerlendirme anlamlılığı açısından, en çok dış gürültüye (en çok olumsuzluğa) sahip olan Pertevniyal ve Şehremini Liseleri pilot okul olarak seçilmiştir.

Seçilen okullardan ilki tarihi ve diğeri ise yeni yapı özelliğine sahiptir. Pertevniyal Lisesi ana caddeye bitişiktir. Şehremini Lisesi’nin en yakın duvarı caddeye 10 m mesafede ve yaklaşık 2m yüksekliğinde bahçe duvarı ile çevrilidir. Ayrıca, ana caddeyle yüz yüze olan en alt kattaki sınıfların cadde ile arasında 4 m’lik bir kot farkı da mevcuttur.

Çalışmalar her iki lise için 2000 yılı Ocak-Haziran ayları arasında gerçekleştirilmiştir.

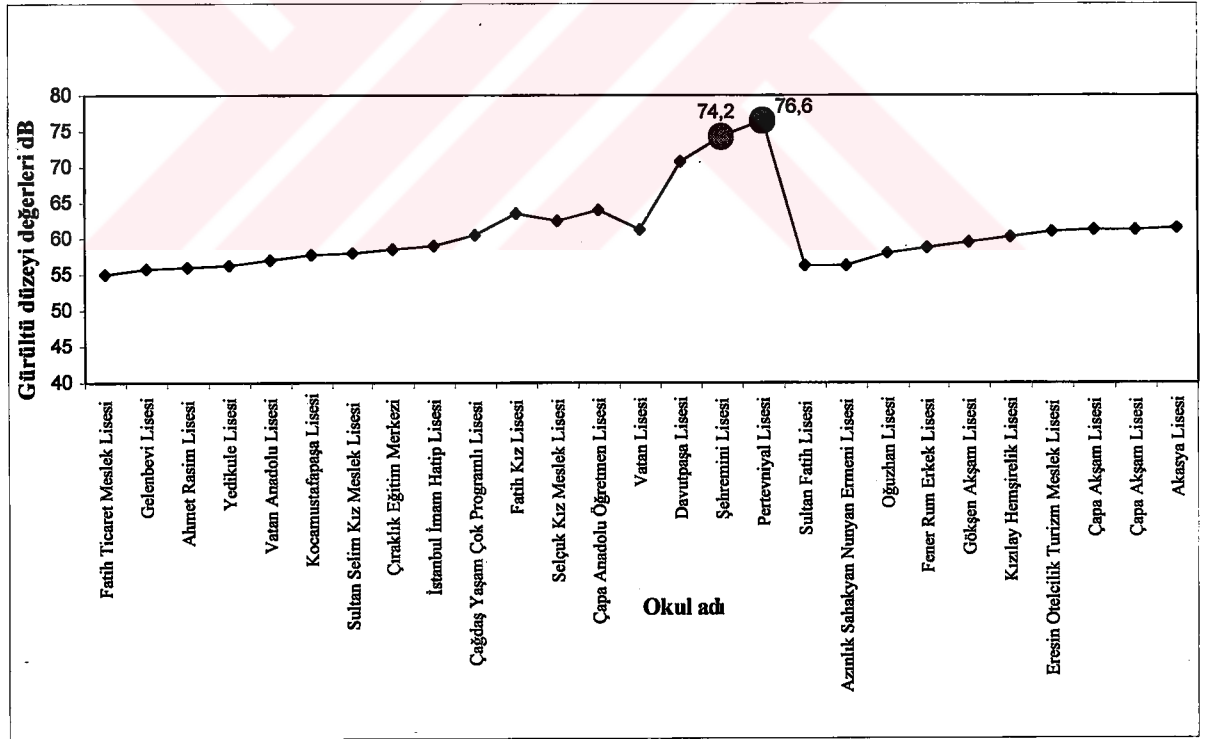
Gürültü ve diğer ortam akustiği tespitleri için Pertevniyal Lisesi’nde 16 ve Şehremini Lisesi’nde 21 adet derslik ve bağlı buldukları koridorlar ele alınmıştır. Her iki lisede dersliklerde 36 ila 42 öğrenci bulunduğu belirlenmiştir. Ortam akustik konfor parametrelerin sayısal tespitleri için, derslik içi mevcut yerleşim düzenleri metrik olarak ölçülmek suretiyle değerlendirilmiştir.



Çizelge 6.2 Fatih bölgesindeki tüm liselere ait dış ortam gürültü düzeyi değerleri

Okul adı	Gürültü düzeyi $L_{Aeq}$	Okul adı	Gürültü düzeyi $L_{Aeq}$
Fatih Ticaret Meslek L.	55,1	Kızılay Hemşirelik L.	60,3
Gelenbevi L.	55,7	Çağd. Yaşam Çok Prog. L.	60,5
Ahmet Rasim L.	56	Eresin Otel. Tur. Mes. L.	61,1
Yedikule L.	56,2	Çapa Akşam L.	61,2
Sultan Fatih L.	56,2	Çapa Akşam L.	61,2
Az. Sahakyan Nunyan Ermeni L.	56,2	Vatan L.	61,3
Vatan Anadolu L.	57,1	Akasya L.	61,4
Kocamustafapaşa L.	57,8	Selçuk Kız Meslek L.	62,5
Sultan Selim Kız Meslek L.	57,9	Fatih Kız L.	63,6
Oğuzhan L.	58	Çapa Anad. Öğr. L.	64,1
Çıraklık Eğitim Merkezi	58,5	Davutpaşa L.	70,8
Fener Rum Erkek L.	58,7	Şehremini L.	74,2
İstanbul İmam Hatip L.	59,1	Pertevniyal L.	76,6
Gökşen Akşam L.	59,5		

Çizelge 6.2'ye göre okulların ana caddeye yakınlığı, caddedeki trafik yükünün yoğunluğu, caddenin ana cadde veya düşük yoğunlukta sokak aralarında olmaları ve cadde ile okul duvarı arasında gürültü yayılımını önleyici engellerin olup olmamasına göre okulların maruz kaldığı dış ortam gürültü düzeyleri değişiklik göstermektedir. Çizelge 6.2'ye göre Pertevniyal ve Şehremini Liseleri en çok dış ortam gürültüsüne maruz kalan okullar olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.1 Okulların maruz kaldığı dış ortam gürültü düzeyi değerleri, dBA

## 6.4 Akustik Konfor Parametrelerinin Belirlenmesi Yöntemleri

### 6.4.1 Gürültü ölçümleri

Gürültü düzeyleri ölçümleri, data biriktirip işleyen özelliğe sahip HD 9018 Sound Level Meter marka cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin süresi, gürültü düzeyi zamanla değişmeyen ve aynı seviyede kalan ortamlar için 5 dakika olarak belirlenmiştir. Fakat gürültü düzeyi değerleri ölçüm süresi boyunca zamanla farklılıklar gösteren (Trafik gürültüsüne kalan ortamlar) ortamlar için ise 30 dakikalık bir ölçüm periyodu belirlenmiştir. Ve bu ölçüm süreleri sonucunda değerlendirmeye alınan gürültü türü değeri ise eşdeğer gürültü ( $L_{Aeq}$ ) seviyesidir. Gürültü ölçüm çalışmalarında;

- dış gürültü
- öğrencisiz iç gürültü (sömestr ara tatilinde)
- öğrencili iç gürültü ve
- pencere açık durumdayken iç gürültü (öğrencili/öğrencisiz durumlar için) belirlenmiştir.

Gürültü ölçümleri; dersin doğallığını bozmayacak tedbirler alınarak ve olası yapay gürültülerin önüne geçilerek gerçekleştirilmiştir.

### 6.4.2 Diğer akustik konfor parametreleri

Konuşma amaçlı ortamlar için yayınlık ses, dolaysız ses, reverberasyon süresi, varlık kriteri ve netlik gibi hacim akustiği kriterleri, Bölüm 5'te verilen hesap yöntemleri yardımıyla bulunmuştur.

### 6.4.3 Anket araştırması

Öğrencilerin sınıftaki akustik konfor parametrelerine olan duyarlılıklarını ve bunların öğrenme üzerindeki olumsuz etkilerini tespit için gerçekleştirilen anket çalışması, Pertevniyal Lisesi'nde 5 ve Şehremini Lisesi'nde yine 5 sınıfta yapılmıştır. Anket formları öğrencilere dağıtılmış ve doldurmalarını müteakip toplanmıştır.

## 6.5 Dış ve iç gürültü düzeylerini mukayese için mevzuat imkanı

Her iki pilot eğitim kurumunda dış gürültülerin tümü trafik kaynaklıdır. Dış gürültüler için ülkemiz Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde verilen sınır değeri, 55 dBA'dır. Ramsey ve Sleeper' e (1970) göre ise okullar için dış ortam gürültü düzeyi için sınır değeri 50 dB'dir.

Sınıf içi gürültüleri kıyaslamak için ülkemiz ve diğer ülkeler mevzuatlarında bulunan sınır değerler Çizelge 6.3'de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 6.3 Bazı Avrupa ülkeleri için iç ortam gürültü düzeyi sınır değerleri, (Vallet, 2000)

Ülke	Türkiye	Belçika	Fransa	Almanya	İtalya	Portekiz	İngiltere	İsveç
Gürültü türü	Leq	LeqA	LeqA				Leq (1 saat)	Leq
Standardın yılı	1986	1977/87	1995	1989	1975		1997	1995
Sınıflar	45	30-45	38	30	36	35	40	30
Kütüphaneler			33				40	35
Koridorlar					40		50	
Müzik odaları		30-40					30	

## 7 ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

### 7.1 Akustik Konfor Parametrelerinin Belirlenmesi İle İlgili Çalışma Sonuçları

Bölüm 6.2.1’de ölçümü planlanan akustik konfor parametrelerine ait ölçümler yapılmış ve elde edilen ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesi aşağıdaki parametreler esasında sırasıyla sunulmuştur. Dış gürültü düzeyleri ölçüm sonuçları ise daha önceden Çizelge 6.1’de verilmiştir.

#### 7.1.1 Dersliklerde öğrenim yokken iç Ortam Gürültü Düzeylerini Belirleme Çalışma Sonuçları ve Değerlendirilmesi

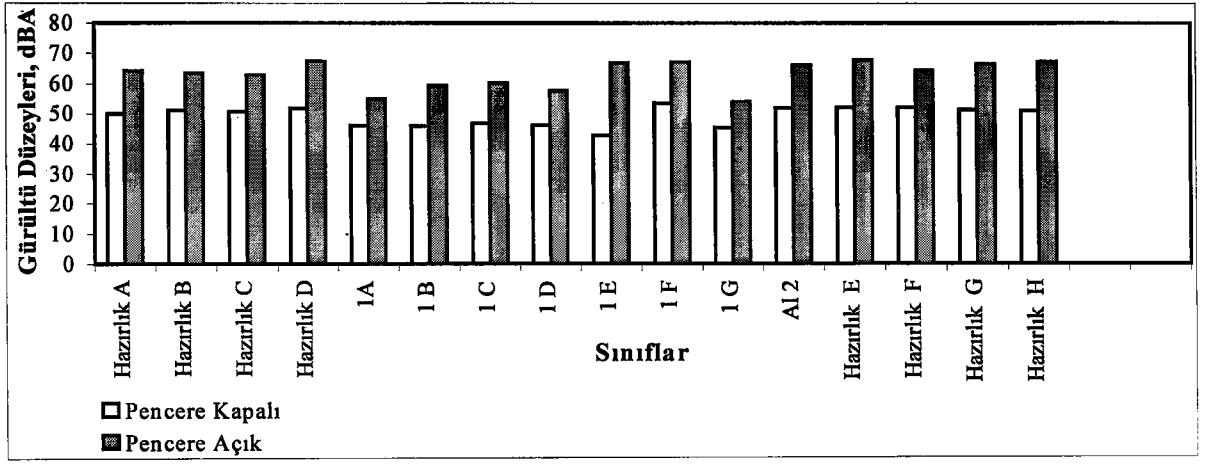
Her iki lise için belirlenen iç ortam gürültü düzeyleri ve değerlendirmesi aşağıda sıralanmıştır.

##### 7.1.1.1 Pertevniyal Lisesi’nde dersliklerde öğrenim yokken iç Ortam Gürültü Düzeylerini Belirlemek için gerçekleştirilen ölçümler ve değerlendirilmesi

Okullarda sınıf içi gürültü çalışma sonuçları, sırasıyla Pertevniyal ve Şehremini Lisesi için Çizelge 7.1 ile Çizelge 7.2, grafiksel gösterimler ise Şekil 7.1 ve Şekil 7.2’de verilmiştir.

Çizelge 7.1 Pertevniyal Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerleri dBA (Sınıflar boşken)

Sınıflar	Gürültü düzeyi değeri Leq, dBA		Fark Leq, dBA
	Pencere Kapalı	Pencere Açık	
<b>Giriş Kat</b>			
Hazırlık A	50,0	64,1	14,1
Hazırlık B	51,1	63,4	12,3
Hazırlık C	50,6	62,8	12,2
Hazırlık D	51,8	67,5	15,7
1 A(Ana yola bakmıyor)	46,1	54,8	8,7
1 B(Ana yola bakmıyor)	45,9	59,3	13,4
<b>I. Kat</b>			
1 C(Ana yola bakmıyor)	46,8	60,1	13,3
1 D(Ana yola bakmıyor)	46,2	57,6	11,4
1 E	42,6	66,8	24,2
1 F	53,5	67,0	13,5
1 G(Ana yola bakmıyor)	45,3	53,9	8,6
A1 2	51,8	66,0	14,2
Hazırlık E	52,0	67,8	15,8
Hazırlık F	52,0	64,2	12,2
Hazırlık G	51,3	66,3	15
Hazırlık H	50,9	67,3	16,4
Minimum	42,6	53,9	8,6
Maksimum	53,5	67,8	24,2
Ortalama	48,0	60,9	16,4
$\Delta$ (Maksimum-Minimum)	10,6	13,9	15,6



Şekil 7.1 Pertevniyal Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerleri (Sınıflar boşken)

Pertevniyal Lisesinde derslerin olmadığı dönemde pencerelerin kapalı olduğu durumda sınıf içi gürültü ölçümleri sonucu, en düşük gürültü düzeyi değerinin pencerelerin kapalı olduğu durumda  $L_{Aeq}=42,6$  dBA ile 1E sınıfında, en yüksek gürültü düzeyi değerinin ise,  $L_{Aeq}=53,5$  dBA ile 1F sınıfında, pencerelerin açık olduğu durumda ise en düşük gürültü düzeyi değerinin  $L_{Aeq}=53,9$  dBA ile 1G sınıfında, en yüksek gürültü düzeyi değerinin ise  $L_{Aeq}=67,8$  dBA ile Hazırlık E sınıfında tespit edilmiştir. Pertevniyal Lisesi, pencerelerin kapalı olduğu durumda sınıflardaki gürültü düzeyi değeri ortalaması 48,0 dBA, pencerelerin açık olduğu durumda ise bu değer 60,9 dBA çıktığı tespit edilmiştir. Özellikle pencerelerin kapalı ve açık olması gibi her iki durumda ölçülen, minimum ve maksimum gürültü değerleri arasındaki farkın büyük olduğu sınıfların ana caddeye bakan sınıflar olduğu görülmektedir. Gürültü fark değerinin maksimum olduğu düzey ise +24,2 dBA ile ana caddeye bakan 1E sınıfında gerçekleşmiştir. Aynı şekilde pencerelerin açık ve kapalı olması halinde ana caddeye bakmayan sınıflarda gürültü düzey farkının daha küçük değerlerde gözlemlenmiş olup, en küçük farkın +8,6 dBA ile 1G sınıfında ölçülmüştür. Maksimum-minimum gürültü düzey fark değerine, caddeye olan yakınlıktan kaynaklanan trafik gürültüsünün neden olduğu tespit edilmiştir. Trafikten kaynaklanan gürültü değeri +15,6 dBA gibi oldukça yüksek bir değerdedir.

#### 7.1.1.2 Şehremini Lisesi'nde dersliklerde öğrenim yokken iç Ortam Gürültü Düzeylerini Belirlemek için gerçekleştirilen ölçümler ve değerlendirmesi

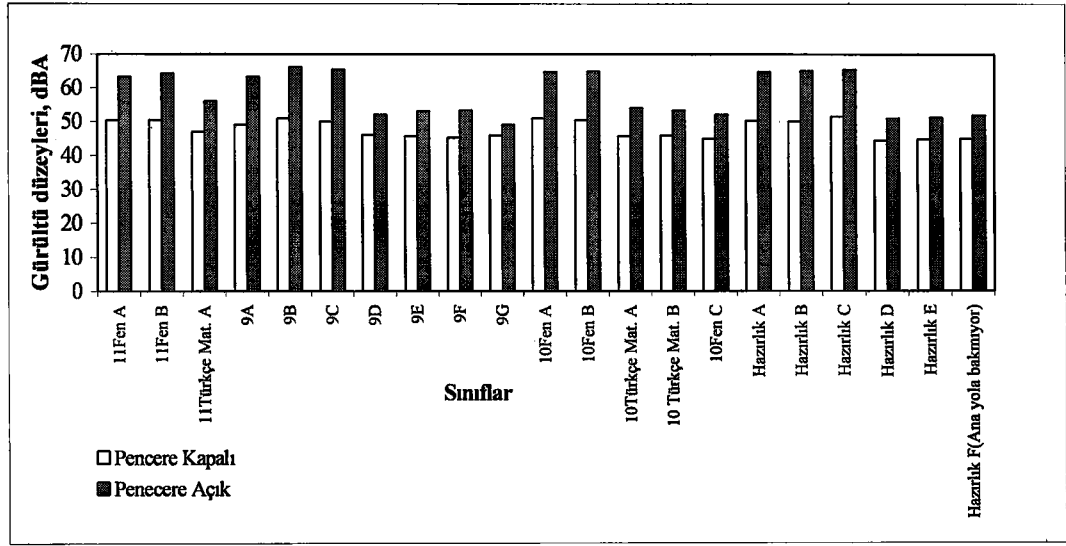
Şehremini Lisesi'nde dersliklerde öğrenim yokken iç ortam gürültü düzeylerini belirlemek için yapılan gürültü ölçüm çalışması sonuçları Çizelge 7.2 ve Şekil 7.2'de verilmiş ve ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Şehremini Lisesi'nde derslerin olmadığı dönemde sınıfların içerisinde en düşük gürültü düzeyi değerinin pencerelerin kapalı olduğu durum dikkate alındığında;  $L_{Aeq}=44,5$  dBA ile Hazırlık D sınıfında, en yüksek gürültü düzeyi değerinin ise  $L_{Aeq}=51,5$  dBA ile Hazırlık C sınıfında elde edildiği, pencerelerin açık olduğu durumda ise en düşük gürültü düzeyi değerinin  $L_{Aeq}=49,1$  dBA ile 9G sınıfında, en yüksek gürültü düzeyi değerinin ise  $L_{Aeq}=66,2$  dBA ile 9B sınıfında elde edildiği tespit edilmiştir. Pencerelerin kapalı olduğu durumda, sınıflardaki gürültü düzeyi değerinin Şehremini Lisesi'nde ortalama 48,0 dBA, pencerelerin açık olduğu durumda ise sınıflardaki bu değer 57,7 dBA değerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu okulda pencerelerin kapalı ve açık olması gibi her iki durum dikkate alındığında, minimum maksimum değerler arasındaki farkın en yüksek ve en düşük olduğu sınıfların ana caddeye bakan 9C (+15,5 dBA) ile ana caddeye bakmayan 9G (+3,1 dBA) sınıfları olduğu görülmüştür. Bu lisedeki çalışmada ise trafik gürültüsünün yaklaşık +12,4 dBA düzeyinde katkısının olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 7.2 Şehremini Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerleri dBA (Sınıflar boşken)

Sınıflar	Gürültü düzeyi değeri Leq, dBA		Fark, Leq, dBA
	Pencere Kapalı	Pencere Açık	
<b>II. Kat</b>			
11Fen A	50,4	63,3	12,9
11Fen B	50,5	64,3	13,8
11Türkçe Mat. A(Ana yola bakmıyor)	47	56	9
<b>III. Kat</b>			
9A	49,1	63,3	14,2
9B	50,9	66,2	15,3
9C	50	65,5	15,5
9D(Ana yola bakmıyor)	46,1	52,1	6
9E(Ana yola bakmıyor)	45,8	53,1	7,3
9F(Ana yola bakmıyor)	45,3	53,3	8
9G(Ana yola bakmıyor)	46	49,1	3,1
<b>IV. Kat</b>			
10Fen A	50,9	64,8	13,9
10Fen B	50,5	64,9	14,4
10Türkçe Mat. A(Ana yola bakmıyor)	45,8	54,1	8,3
10 Türkçe Mat. B(Ana yola bakmıyor)	46	53,3	7,3
<b>V. Kat</b>			
10Fen C	45	52,1	7,1
Hazırlık A	50,3	64,8	14,5
Hazırlık B	50,1	65,1	15
Hazırlık C	51,5	65,5	14
Hazırlık D(Ana yola bakmıyor)	44,5	51	6,5
Hazırlık E(Ana yola bakmıyor)	44,8	51,2	6,4
Hazırlık F(Ana yola bakmıyor)	45	51,9	6,9
Minimum	44,5	49,1	3,1
Maksimum	51,5	66,2	15,5
Ortalama	48,0	57,7	9,3
$\Delta$ (Maksimum-Minimum)	7,0	17,1	12,4





Şekil 7.2 Şehremini Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerleri (Sınıflar boşken)

### 7.1.1.3 İki lise ölçüm sonuçlarının mukayesesi

Her iki okul kıyaslandığında, sınıflara göre minimum, maksimum ve ortalama değerlerin genel dağılımı Çizelge 7.3'te topluca verilmiştir. Çizelge 7.3'ten görüleceği üzere pencereler kapalı iken Şehremini Lisesi sınıflarında minimum gürültü düzeyi değeri Pertevniyal Lisesine göre 1,9 dBA daha fazla, pencereler açıkken ise Pertevniyal lisesi ana caddeye daha yakın olmasından dolayı yine Şehremini Lisesi'nden 4,8 dBA daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, Pertevniyal Lisesi'nin trafikten daha fazla etkilendiğini açık bir şekilde göstermektedir. Pertevniyal Lisesi'nde pencereler kapalıyken dahi trafik etkisinin bulunduğu görülmektedir. Her iki okuldaki mevcut ortalama gürültü düzeyleri, okulda derslerin olmadığı ve pencerelerin kapalı olduğu durumlarda bile 45 dBA'dan yüksektir. Bu durum, söz konusu liselerin eğitim açısından olumsuz koşullarda bulunduğunu göstermektedir.

Çizelge 7.3 Her iki okulda sınıf içi minimum, maksimum ve ortalama gürültü dağılımları, dBA (Ders yokken)

Okullar	Pertevniyal Lisesi		Şehremini Lisesi		İki Lise Farkı	
	Pencere kapalı	Pencere açık	Pencere kapalı	Pencere açık	Pencere kapalı	Pencere açık
Minimum, dBA	42,6	53,9	44,5	49,1	1,9	4,8
Maksimum, dBA	53,5	67,8	51,5	66,2	2,0	1,6
Ortalama dBA	48,0	60,9	48,0	57,7	0,0	3,2

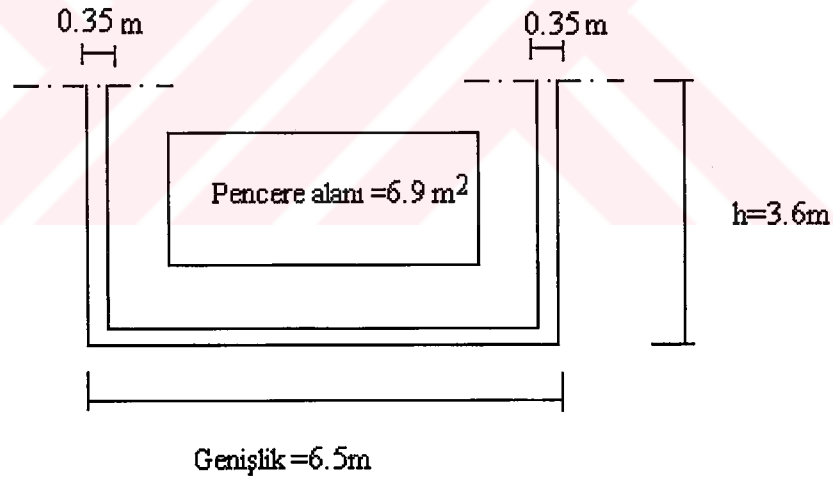
#### 7.1.1.4 Ölçüm sonuçlarının yapı elemanlarına dayanan hesaplardan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak yapı analizinin yapılması

Pertevniyal Lisesi 70 yıllık bir yaşa sahip olup, duvar yapı örgüsü olarak, okulun ana caddeye bakan kısmının bir bölümü 35 cm kalınlıkta tuğla duvar ile inşaa edilmiş olup, diğer kısmı ise yeni yapı olup 25 yıllık bir yaşa sahip ve duvar yapı örgüsü 23 cm kalınlıkta tuğla ve üzeri 3 cm kalınlıkta ince sıva ve boyalı bir strüktüre sahiptir.

Şehremini Lisesi ise yeni yapı olup, 30 yıllık bir yaşa sahiptir. Bu lisede herhangi bir eski yapı özelliği bulunmamaktadır. Sınıfların yapım olarak mimari tarzı aynı durumda olup, kullanılan yapı bileşimi 23 cm kalınlıkta tuğla ve üzeri 3 cm kalınlıkta ince sıva ve boyalı bir özelliğe sahiptir. Şehremini Lisesi için çalışma yapılan sınıfların tümünün bina bileşim yapısı aynıdır.

#### 7.1.1.5 Pertevniyal Lisesi için yapılan hesaplar

Hesaplara esas olmak üzere, Lisenin önündeki dış gürültü düzeyi, giriş kat seviyesinde 77,0 dBA ve I. kat seviyesinde ise 74,8 dBA olarak ölçülmüştür. Genelde hazırlık sınıflarının ana caddeye bakan tarafları boyut olarak bir birine yakın değerlerdedir. Pertevniyal Lisesi hazırlık sınıfının şematik gösterimi Şekil 7.3'te verilmiştir.



Şekil 7.3 Pertevniyal Lisesi'nin Atatürk Bulvarı'na bakan hazırlık sınıflarının şematik gösterimi

Pertevniyal Lisesi'nin dış duvarının ses geçirmezlik hesapları Denklem 3.8'e göre yapılabilir. Yukarıdaki boyut ve malzeme türüne göre elde edilen gerekli veriler Denklem 3.8'de yerine konularak, değişik oktav bant frekansları için duvarın neden olabileceği ses geçiş kayıpları hesaplanmış ve Çizelge 7.4'de verilmiştir.

Çizelge 7.4 Pertevniyal Lisesi duvar için değişik frekanslardaki ses geçiş kayıpları

Frekans, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
R <sub>duvar</sub> , dB	53,9	57,5	61,1	64,7	68,3	71,9

Pertevniyal Lisesi'nde pencerelerdeki camlar için değişik merkez oktav bant frekanslarına ait Denklem 2.9'a göre hesaplanmış olan ses geçiş kayıpları ise Çizelge 7.5'te verilmiştir.

Çizelge 7.5 Cam için değişik frekanslardaki ses geçiş kayıpları (Pertevniyal Lisesi)

Frekans	125	250	500	1000	2000	4000
R <sub>cam</sub> , dB	24,2	27,8	31,4	35,0	38,6	42,2

Pertevniyal Lisesi'ndeki tüm gürültü düzeyi tespiti 1000 Hz. Merkez oktav bandında yapıldığından, hesaplamalar bu frekans esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla;

- İki tarafı 3 cm kalınlığında sıva ile kaplı, 35 cm kalınlığında tuğla duvarın birim ağırlığı;

$$m_{\text{duvar}} = 1400 \text{ kg/m}^3 * 0,35 \text{ m} = 490 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{\text{sıva}} = 2000 * 0,03 * 2 = 120 \text{ kg/m}^2$$

$$\Sigma \text{ Birim ağırlık} = 490 + 120 = 610 \text{ kg/m}^2$$

$$R_{\text{duvar}} = 20 \log(610) + 12 \log(1000) - 27$$

$$R_{\text{duvar}} = 64,7 \text{ dB}$$

Olarak bulunmuştur. Hesaplarda tuğla duvarın yoğunluğu  $1400 \text{ kg/m}^3$ , sıvanın yoğunluğu  $2000 \text{ kg/m}^3$  ve camın yoğunluğu da  $2500 \text{ kg/m}^3$  olarak alınmıştır (Işık, 1997).

- Pencerelerde kullanılan camlar çift tabakalı cam olup her biri 4 mm kalınlığındadır. Dolayısıyla pencereler için toplam kitle ağırlığı;

$$m_{\text{pencere}} = 2500 \text{ kg/m}^3 * 0,004 \text{ m} * 2 = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$R_{\text{cam}} = 20 \log(20) + 12 \log(1000) - 27$$

$$R_{\text{cam}} = 35 \text{ dB}$$

olarak bulunmuştur.

Sistem bileşik cidar olarak çalıştığından, toplam sistemin ses geçiş kaybı ise aşağıdaki Denklem 7.1 vasıtasıyla hesaplanabilir (Şerefhanoglu, 1987). Bileşik cidarın ses geçirmezlik değeri;

$$R=R_2+10\log\frac{S}{S_2} \quad (7.1)$$

olarak ifade edilmektedir.

Burada;

R=Ses geçirmezlik, dB

R<sub>2</sub>=En küçük ses geçirmezlik değeri, dB

S=Bileşik cidarın toplam alanı, m<sup>2</sup>

S<sub>2</sub>=Ses geçirmezliği az olan cidarın alanı, m<sup>2</sup>

R<sub>cam</sub><R<sub>duvar</sub> olduğundan R<sub>2</sub> değeri hesaplarda R<sub>cam</sub> olarak kullanılmıştır. Dolayısıyla her bir frekans aralığı için toplam ses geçiş kaybı hesapları Çizelge 7.6'da verildiği gibidir.

Çizelge 7.6 Pertevniyal Lisesi'nde değişik frekanslar için toplam ses geçiş kayıpları

Frekans, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
R <sub>cam</sub> , dB	24,2	27,8	31,4	35,0	38,6	42,2
ΣR, dB	29,5	33,1	36,7	40,3	43,9	47,5

Ölçümler 1000 Hz merkez oktav bandında yapıldığından, bu frekans spektrumuna göre elde edilen ses geçiş kaybı çalışmada değerlendirilmiştir. Dolayısıyla Pertevniyal Lisesi hazırlık sınıfları için toplam ses geçirmezlik kayıpları;

$$R=35+10\log\left(\frac{23.4}{6.9}\right)$$

$$R=40,3 \text{ dB}$$

Olarak bulunmuştur. Dolayısıyla, Giriş kat için sınıf içerisinde hesap yöntemine göre olması gereken gürültü düzeyi değeri;

$$77,0-40,3=36,7 \text{ dBA, ve I. kat için ise sınıf içerisinde olması gereken gürültü düzeyi değeri;}$$

$$74,8-40,3=34,5 \text{ dBA'dır.}$$

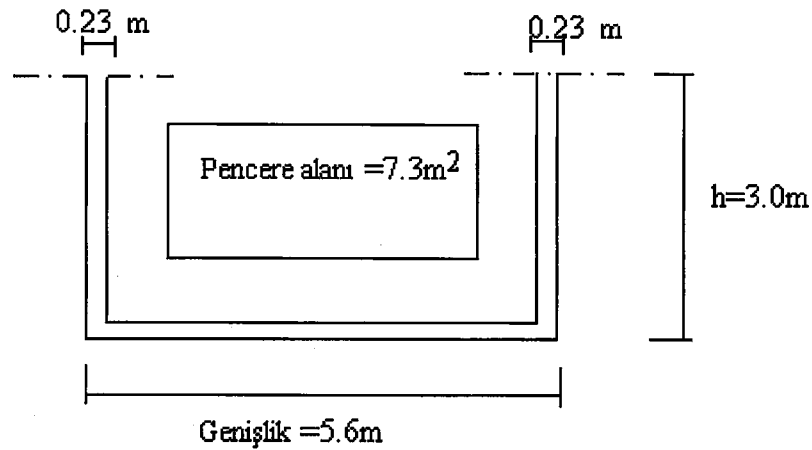
Bu sonuçlara göre, Pertevniyal Lisesi hazırlık sınıfları için sınıf içerisinde olması gereken gürültü düzeyi değerleri, giriş kat ve I. kat için aşağıdaki Çizelge 7.7'de verilmiştir.

Çizelge 7.7 Pertevniyal Lisesi sınıflarda pencerelerin açık ve kapalı olması durumunda elde edilen gürültü düzeyleri (Ders yokken).

Sınıflar	Gürültü düzeyi değeri Leq, dBA		
	Ölçülen değer	Hesapla bulunan değer	Fark
	Pencere Kapalı	Pencere Kapalı	
<b>Giriş Kat</b>			
Hazırlık A	50,0	36,7	+13,3
Hazırlık B	51,1	36,7	+14,4
Hazırlık C	50,6	36,7	+13,9
Hazırlık D	51,8	36,7	+15,1
1 A*	46,1	36,7	-
1 B*	45,9	36,7	-
<b>I.Kat</b>			
1 C*	46,8	34,5	-
1 D*	46,2	34,5	-
1 E	52,6	34,5	+18,1
1 F	53,5	34,5	+19,0
1 G*	45,3	34,5	-
A1 2	51,8	34,5	+17,3
Hazırlık F	52,0	34,5	+17,5
Hazırlık G	51,3	34,5	+16,8
Hazırlık H	50,9	34,5	+16,4

#### 7.1.1.6 Şehremini Lisesi için yapılan hesaplar

Şehremini Lisesi'ndeki sınıfların özellikle caddeye bakan taraflarında, dış gürültü düzeyi değeri 74,2 dBA olarak ölçülmüştür. Aynı lisede III. katta dış ortam gürültü düzeyi değeri 71,8 dBA, IV. katta dış ortam gürültü düzeyi 68,8 dBA ve V. Katta ise 67,2 dBA olarak ölçülmüştür. Hazırlık sınıflarının ana caddeye bakan tarafları boyut olarak bir birine yakın değerlerdedir. Şehremini Lisesi Hazırlık sınıfı şematik gösterimi Şekil 7.4'de verilmiştir.



Şekil 7.4 Şehremini Lisesi'nin Millet Caddesi'ne bakan hazırlık sınıflarının şematik gösterimi

Şehremini Lisesi'nin dış duvarının ses geçirmezlik hesabı Denklem 3.8'e göre yapılmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- İki tarafı 3'er cm kalınlıklarda sıvalı 35 cm kalınlığında bir duvarın birim ağırlığı;

$$m_{\text{duvar}}=1400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,23 \text{ m}=322 \text{ kg/m}^2$$

$$m_{\text{sıva}}=2000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,03 \cdot 2 \text{ m}=120 \text{ kg/m}^2$$

$$\Sigma \text{ Birim ağırlık}=322+120=442 \text{ kg/m}^2$$

$$R_{\text{duvar}}=20\log(442)+12\log(1000)-27=61,9 \text{ dB olarak bulunmuştur.}$$

- Pencereelerde kullanılan camlar çift tabakalı cam olup her biri 4 mm kalınlığındadır. Dolayısıyla pencereler için toplam kitle ağırlığı;

$$m_{\text{pencere}}=2500 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,004 \text{ m} \cdot 2=20 \text{ kg/m}^2$$

$$R_{\text{cam}}=20\log(20)+12\log(1000)-27$$

$$R_{\text{cam}}=35 \text{ dB.}$$

Olarak bulunmuştur. Farklı oktav bandlardaki hesapla elde edilen ses geçiş kayıpları Çizelge 7.8 ve Çizelge 7.9'da verilmiştir.

Çizelge 7.8 Şehremini Lisesi'nde duvar için değişik frekanslardaki ses geçiş kayıpları

Frekans, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
$R_{\text{duvar}}$ , dB	61,9	54,7	58,3	61,9	65,5	69,1

Çizelge 7.9 Şehremini Lisesi'nde cam için değişik frekanslardaki ses geçiş kayıpları

Frekans, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
$R_{\text{cam}}$ , dB	24,2	27,8	31,4	35,0	38,6	42,2

Şehremini Lisesi'ndeki yapı klasik bir bileşik cidar olarak çalıştığından, toplam ses geçiş kaybı hesabı Denklem 7.1 vasıtası ile yapılmıştır. Şehremini Lisesi için  $R_{\text{cam}} < R_{\text{duvar}}$  olduğundan  $R_2$  değeri hesaplarda  $R_{\text{cam}}$  olarak dikkate alınmıştır. Dolayısıyla her bir frekans aralığı için toplam ses geçiş kaybı Çizelge 7.10'da verilmiştir.

Çizelge 7.10 Şehremini Lisesi değişik frekans aralıkları için toplam ses geçiş kayıpları

Frekans, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
$R_{\text{cam}}$ , dB	24,2	27,8	31,4	35,0	38,6	42,2
$\Sigma R$ , dB	27,8	31,4	35	38,6	42,2	45,8



1000 Hz oktav bant ölçümlerinde Şehremini Lisesi sınıfları için toplam ses geçiş kayıpları;

$$R=35+10\log\left(\frac{16.8}{7.3}\right)$$

R=38,6 dB olarak bulunmuştur.

Dolayısıyla II. kat için sınıf içerisinde hesap yöntemine göre olması gereken gürültü düzeyi değeri;

$$74,2-38,6=35,6 \text{ dBA olacaktır.}$$

III. kat için ise sınıf içerisinde olması gereken gürültü düzeyi değeri;

$$71,8-38,6=33,2 \text{ dBA olmalıdır.}$$

IV. kat için ise sınıf içerisinde olması gereken gürültü düzeyi değeri;

$$68,8-38,6=30,2 \text{ dBA olmalıdır.}$$

V. kat için ise sınıf içerisinde olması gereken gürültü düzeyi değeri;

$$67,2-38,6=28,6 \text{ dBA olmalıdır.}$$

Bu azaltımlara göre Şehremini Lisesi'nde sınıf içerisinde olması gereken gürültü düzeyi değerleri 1000 Hz. Merkez oktav bant frekansı için katlara göre Çizelge 7.11'de verilmiştir.

#### 7.1.1.7 İki Lisede görülen hesap-ölçüm farkının yapı malzemeleri açısından tahkiki

Her iki okul için elde edilen ölçüm çalışmaları esnasında, sınıflarda ders varken, koridorlarda herhangi bir gürültü oluşumuna neden olabilecek faaliyetlerin olmadığına rastlanılmış ve dolayısıyla ses geçirmezlik hesapları yapılırken sadece ana caddeden gelen gürültü düzeyinin sınıf içerisine nasıl bir boyutta etki ettiği üzerinde durulmuştur.

Yapılan hesaplamalar sonucu bulunan ses geçirmezlik gürültü düzeyleri ile ölçme sonucu elde edilen sınıf içi gürültü düzeyi değerleri arasında oldukça değişik seviyelerde farklılıklar bulunmaktadır. Bu gürültü düzeyi farklılığının üç önemli nedeni tespit edilmiştir. Bunlar;

- Camın öz frekansına bağlı olarak ortaya çıkan rezonans olayı,
- Cama eğik gelen seslerle camın öz dalgalanma frekansında oluşan frekans rastlaşması,
- Pencereerde camların oturduğu platformların tam yerleşmemiş olması,
- Formüllerle hesaplanan ses geçirmezlik değerlerinde yalnızca camın kitle ağırlığı hesaba katılması,

- Pencereleerin değişik bölgelerinde bulunan istenmeyen açıklıklar,
- hesap ile ölçme çalışması sonuçlarının farklı çıkmasının temel nedenleri arasında sayılabilir.

Bu tür gürültü düzey farklılıklarının önüne geçilmesi amacıyla, çift cam pencere uygulamaları yapılacağı zaman camların blok halinde değil, ayrı tabakalar halinde ve çerçevelere tam bir şekilde oturtulması, mümkün mertebe herhangi bir açıklığın bırakılmaması dışarıdan gelen gürültülerin daha fazla elimine edilmelerini sağlayarak gürültü azaltımında daha iyi sonuçlar verecektir. Bu açıdan, ağır trafik gürültüsünün söz konusu olduğu bu liselerin yapı elemanları açısından uygun durumda olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 7.11 Şehremini Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerlerinin pencerelerin durumuna göre değerlendirilmesi (Dersler yokken).

Sınıflar	Gürültü düzeyi değeri Leq, dBA		
	Ölçümle elde edilen değerler	Hesapla bulunan değerler	Fark
	Pencere Kapalı	Pencere Kapalı	
<b>II. Kat</b>			
11Fen A	50,4	35,6	+14,8
11Fen B	50,5	35,6	+14,9
11Türkçe Mat. A*	-	-	-
<b>III. Kat</b>			
9A	49,1	33,2	+13,5
9B	50,9	33,2	+15,3
9C	50,0	33,2	+16,8
9D*	-	-	-
9E*	-	-	-
9F*	-	-	-
9G*	-	-	-
<b>IV. Kat</b>			
10Fen A	50,9	30,2	+20,7
10Fen B	50,5	30,2	+20,3
10Türkçe Mat. A*	-	-	-
10Türkçe Mat. B*	-	-	-
<b>V. Kat</b>			
10Fen C	45,0	28,6	+16,4
Hazırlık A	50,3	28,6	+21,7
Hazırlık B	50,1	28,6	+21,5
Hazırlık C	51,5	28,6	+22,9
Hazırlık D*	-	-	-
Hazırlık E*	-	-	-
Hazırlık F*	-	-	-

### 7.1.2 Dersliklerde öğrenim varken belirlenen iç ortam gürültü düzeyleri

Derslerin olduğu dönemlerdeki ölçüm çalışmalarında, ortamın kararsızlığı, sınıfların boş olduğu duruma göre daha fazla olacağından, üç ayrı zamanda gürültü ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerin ilk ikisinde pencereler kapalı, sonuncusunda ise pencereler açık vaziyette tutulmuştur.

Pertevniyal Lisesi'nde pencerelerin kapalı ve açık olması durumları için yapılmış gürültü ölçüm sonuçları, Çizelge 7.12'de verilmiştir.

Şehremini Lisesi'nde, sınıflarda ders esnasında, pencerelerin açık ve kapalı olması gibi iki farklı durumda sınıf içi gürültü düzeyi değerleri tespit edilmiştir. Pertevniyal Lisesinde, sınıflarda ders yokken ve ders olduğu zamanlarda pencerelerin kapalı ve açık olması hallerinde tespit edilen gürültü ölçüm değerleri Çizelge 7.13'de verilmiştir. Şekil 7.5'de, Pertevniyal Lisesi'nde pencerelerin kapalı olduğu durumda sınıf içerisinde ders yokken ve derslerin olduğu dönemlerdeki gürültü düzeyi değerinin değişimi gösterilmiştir. Şekil 7.6'da pencerelerin açık olduğu durumda, sınıfta ders olduğu ve olmadığı dönemlerin gürültü düzey dağılımları grafiksel olarak verilmiştir. Şekil 7.7'de ise, derslikte ders yapılırken, pencerelerin açık ve kapalı olması durumundaki gürültü düzey değişimleri sunulmuştur. Şehremini Lisesi için yapılan çalışma sonuçları ise, Çizelge 7.15'de pencerelerin kapalı ve açık olması gibi farklı durumlar için verilmiştir. Ders yapılan ve yapılmayan hallerin mukayesesi, sırasıyla Şekil 7.8 ve Şekil 7.9'da gösterilmiştir. Ayrıca ders yapılırken pencerenin kapalı/açık olmasının mukayesesi ise Şekil 7.10'da gösterilmiştir.

Pertevniyal Lisesi'nde sınıflarda ders yokken ve ders olduğu zamanlarda pencerelerin kapalı ve açık olması hallerinde tespit edilen gürültü ölçüm değerleri Çizelge 7.14'de verilmiştir. Şekil 7.5'de Pertevniyal Lisesi'nde pencerelerin kapalı olduğu durumda sınıf içerisinde ders yokken ve derslerin olduğu dönemlerdeki gürültü düzeyi değerinin değişimi gösterilmiştir. Şekil 7.6'da pencerenin açık olduğu durumda, sınıfta ders olduğu ve olmadığı dönemlerin gürültü düzey dağılımları grafiksel olarak verilmiştir. Şekil 7.7'de ise, derslikte ders yapılırken, pencere kapalı/açık düzey değişimleri sunulmuştur.

Şehremini Lisesi için yapılan çalışma sonuçları ise Çizelge 7.15, pencerelerin kapalı ve açık olması gibi farklı durumlar için verilmiştir. Ders yapılan ve yapılmayan hallerin mukayesesi, sırasıyla Şekil 7.8 ve Şekil 7.9'da gösterilmiştir. Ayrıca ders yapılırken pencerenin kapalı/açık olmasının mukayesesi ise Şekil 7.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.12 Pertevniyal Lisesi sınıf içi gürültü düzeyi değerleri (Ders esnasında)

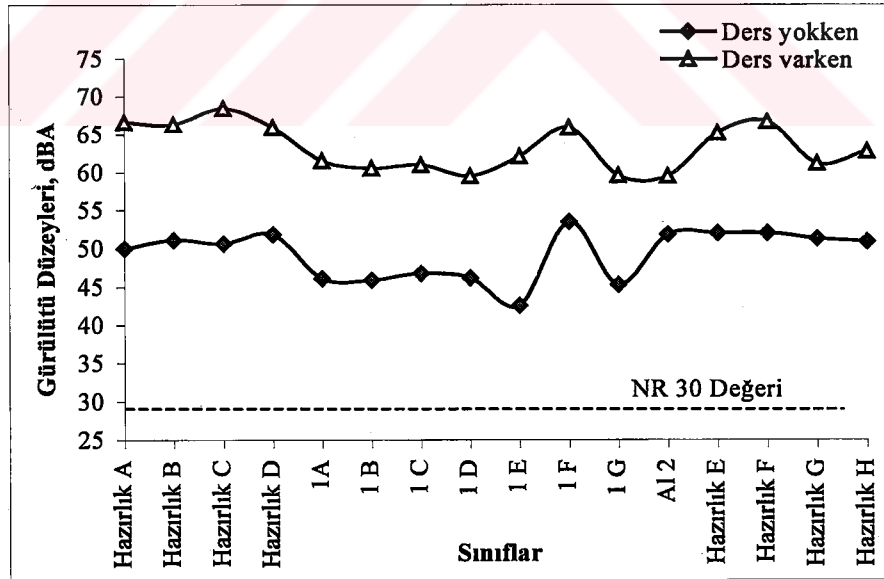
Sınıf	Konum	Sınıf içi gürültü düzeyi değeri, Leq dBA			
		Pencere Kapalı			Pencere Açık
		24 Mart 2000	5 Mayıs 2000	I ve II. Ölçüm ortalamaları	26 Mayıs 2000
		I. Ölçüm	II. Ölçüm		III. Ölçüm
Hazırlık A	Giriş Kat	68,2	65,0	66,6	71,3
Hazırlık B	Giriş Kat	67,8	64,7	66,3	69,5
Hazırlık C	Giriş Kat	68,4	68,0	68,4	72,3
Hazırlık D	Giriş Kat	65,3	66,4	65,9	72,0
Hazırlık E	I. Kat	70,1	60,3	65,2	71,5
Hazırlık F	I. Kat	67,3	66,0	66,7	70,4
Hazırlık G	I. Kat	63,5	58,8	61,2	71,7
Hazırlık H	I. Kat	62,0	63,5	62,8	68,5
I.A <sup>#</sup>	Giriş Kat	60,8	62,1	61,5	60,0
I.B <sup>#</sup>	Giriş Kat	57,9	63,0	60,5	62,5
I.C <sup>#</sup>	I. Kat	61,1	60,8	61,0	66,2
I.D <sup>#</sup>	I. Kat	62,3	56,7	59,5	63,1
I.E	I. Kat	64,5	59,7	62,1	68,2
I.F	I. Kat	67,8	63,9	65,9	68,2
I.G <sup>#</sup>	I. Kat	59,2	59,9	59,6	56,2
Al 2	I. Kat	56,2	62,7	59,5	69,5
Koridor	Giriş Kat	77,9	77,1	77,5	74,4
Koridor	I. Kat	79,4	74,3	76,9	73,2
Arka Bahçe	-	70,3	71,3	70,8	69,8

Çizelge 7.13 Şehremini Lisesi sınıf içi gürültü değerleri, Leq dBA (Ders esnasında)

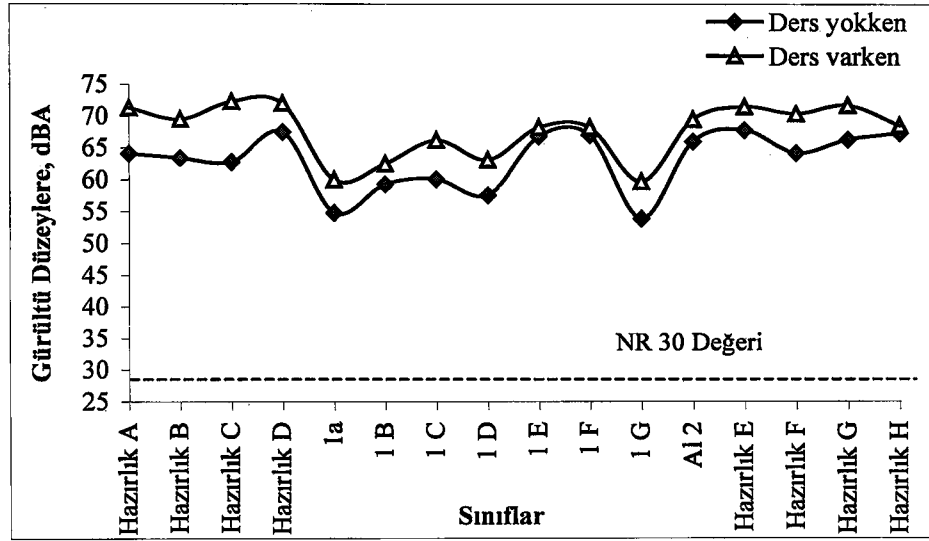
Sınıf Adı	Konum	Sınıf içi gürültü düzeyi değeri, Leq dBA			
		Pencere Kapalı			Pencere açık
		30 Mart 2000	12 Mayıs 2000	I ve II. Ölçüm ortalamaları	29 Mayıs 2000
		I. Ölçüm	II. Ölçüm		III. Ölçüm
11 Fen A	II. Kat	67,8	63,6	65,7	70,9
11 Fen B	II. Kat	65,1	67,9	66,5	72,0
11 Türkçe-Mat. A	II. Kat	58,1	57,9	58,0	60,3
9 A	III. Kat	67,9	65,2	66,6	68,9
9 B	III. Kat	67,2	61,1	64,2	71,5
9 C	III. Kat	66,3	65,0	65,7	72,3
9 D*	III. Kat	55,7	59,2	57,5	58,9
9 E*	III. Kat	65,6	57,6	61,6	62,5
9 F*	III. Kat	59,7	62,1	60,9	57,2
9 G / 9 I*	III. Kat	57,9	56,8	57,4	56,6
10 Fen A*	IV. Kat	56,4	62,1	59,3	66,4
10 Fen B*	IV. Kat	54,4	60,3	57,4	65,1
10 Fen C*	V. Kat	55,5	75,2	65,4	53,2
10 Türkçe-Mat. A*	IV. Kat	58,3	58,8	58,6	55,1
10 Türkçe-Mat. B*	IV. Kat	63,9	38,5	51,2	60,1
Hazırlık A	V. Kat	65,1	66,6	65,9	69,3
Hazırlık B	V. Kat	62,6	64,5	63,6	71,1
Hazırlık C	V. Kat	63,8	66,1	65,0	70,0
Hazırlık D*	V. Kat	57,3	59,2	58,3	56,2
Hazırlık E*	V. Kat	61,6	60,2	60,9	52,3
Hazırlık F*	V. Kat	56,0	56,8	56,4	61,7
Koridor	I. Kat	74,1	73,3	73,7	72,8
Koridor	II. Kat	77,2	73,6	75,4	70,7
Koridor	III. Kat	82,2	80,2	81,2	74,6
Koridor	IV. Kat	79,6	72,9	76,3	76,0
Koridor	V. Kat	81,2	79,3	80,3	70,3

Çizelge 7.14 Pertevniyal Lisesi'nde ders esnasında ve ders yokken sınıf içi gürültü değerlerinin pencerelerin açık ve kapalı olması durumlarındaki değişimleri

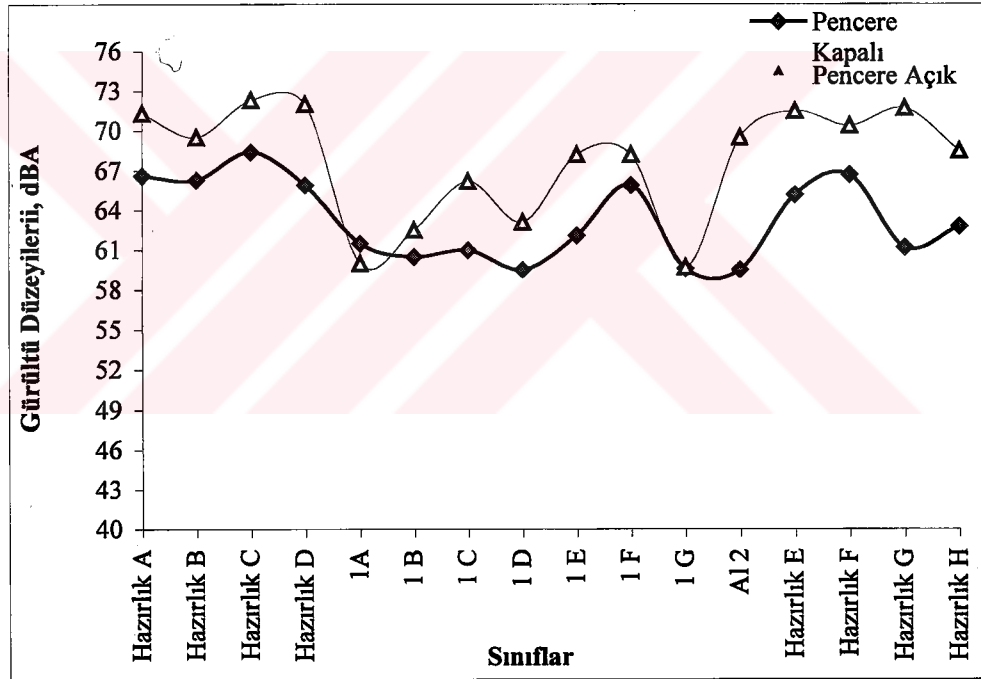
Sınıflar	Gürültü düzeyi Leq, dBA (Ders yokken)		Gürültü düzeyi, Leq dBA (Ders varken)		Ders var-yok farkı	
	Pencere Kapalı I	Pencere Açık II	Pencere Kapalı III	Pencere Açık IV	Pencere Kapalı (III-I)	Pencere Açık (IV-II)
Hazırlık A	50,0	64,1	66,6	71,3	16,6	7,2
Hazırlık B	51,1	63,4	66,3	69,5	15,2	6,1
Hazırlık C	50,6	62,8	68,4	72,3	17,8	9,5
Hazırlık D	51,8	67,5	65,9	72,0	14,1	4,5
1 A	46,1	54,8	61,5	60,0	15,4	5,2
1 B	45,9	59,3	60,5	62,5	14,6	3,2
1 C	46,8	60,1	61,0	66,2	14,2	6,1
1 D	46,2	57,6	59,5	63,1	13,3	5,5
1 E	42,6	66,8	62,1	68,2	19,5	1,4
1 F	53,5	67,0	65,9	68,2	12,4	1,2
1 G	45,3	53,9	59,6	59,7	14,3	2,3
Al 2	51,8	66,0	59,5	69,5	7,7	3,5
Hazırlık E	52,0	67,8	65,2	71,5	13,2	3,7
Hazırlık F	52,0	64,2	66,7	70,4	14,7	6,2
Hazırlık G	51,3	66,3	61,2	71,7	9,9	5,4
Hazırlık H	50,9	67,3	62,8	68,5	11,9	1,2
Minimum	42,6	53,9	59,5	59,7	19,5	1,2
Maksimum	53,5	67,8	68,4	72,3	7,7	9,5
Ortalama	48,5	60,8	63,9	66,0	13,6	5,3
$\Delta$ (Maks.-Min.)	10,9	13,9	8,9	12,6	11,8	8,3



Şekil 7.5 Pertevniyal Lisesi'nde pencerelerin kapalı olduğu durumda sınıflardaki gürültü düzeyi değişimleri, dBA



Şekil 7.6 Pertevniyal Lisesi'nde pencerelerin açık olduğu durumda sınıf içindeki gürültü düzeyi değerleri, dBA

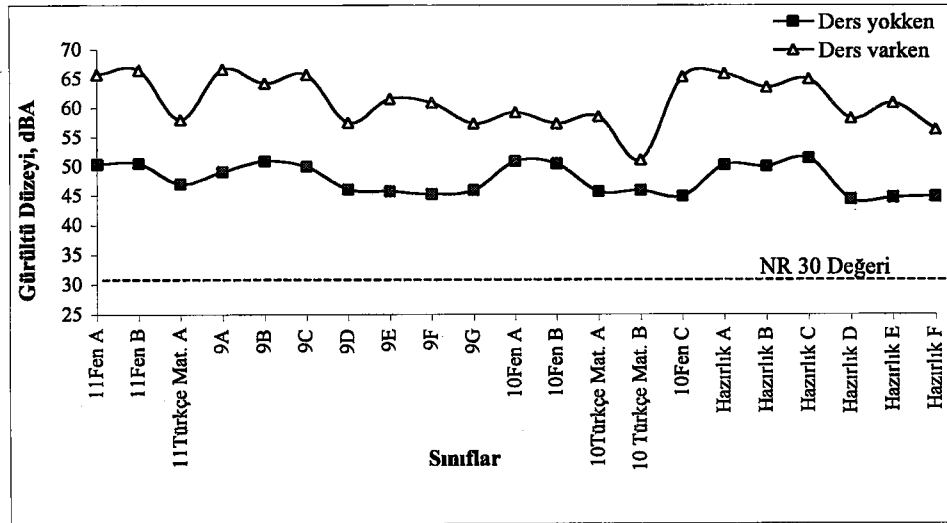


Şekil 7.7 Pertevniyal Lisesi ders esnasında sınıflar içerisinde pencere kapalı ve açık olması hallerinde gürültü düzeyi değişimleri

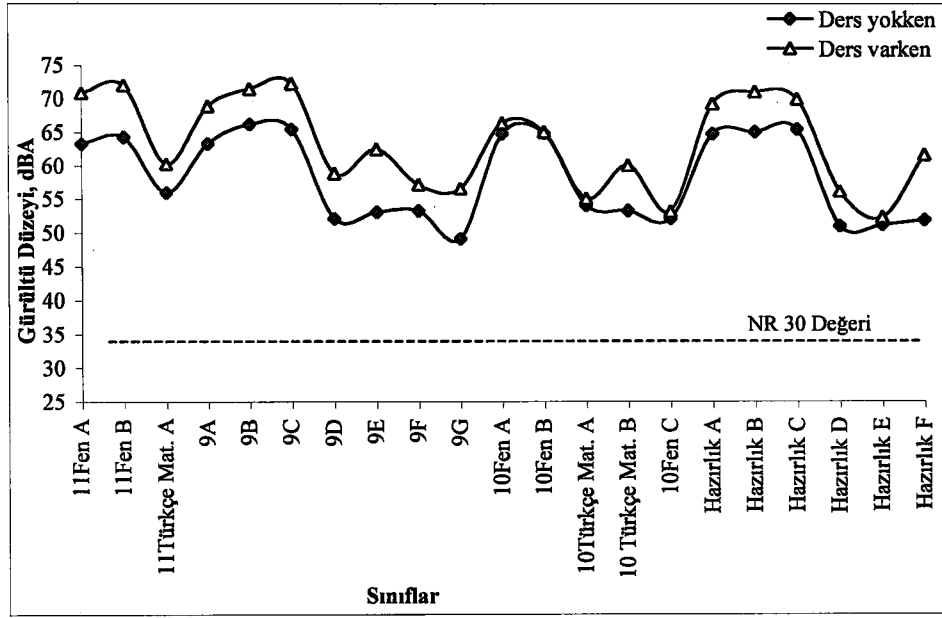


Çizelge 7.15 Şehremini Lisesi için ders esnasında ve ders yokken sınıf içi gürültü değerlerinin pencerelerin açık ve kapalı olması durumlarındaki değişimleri

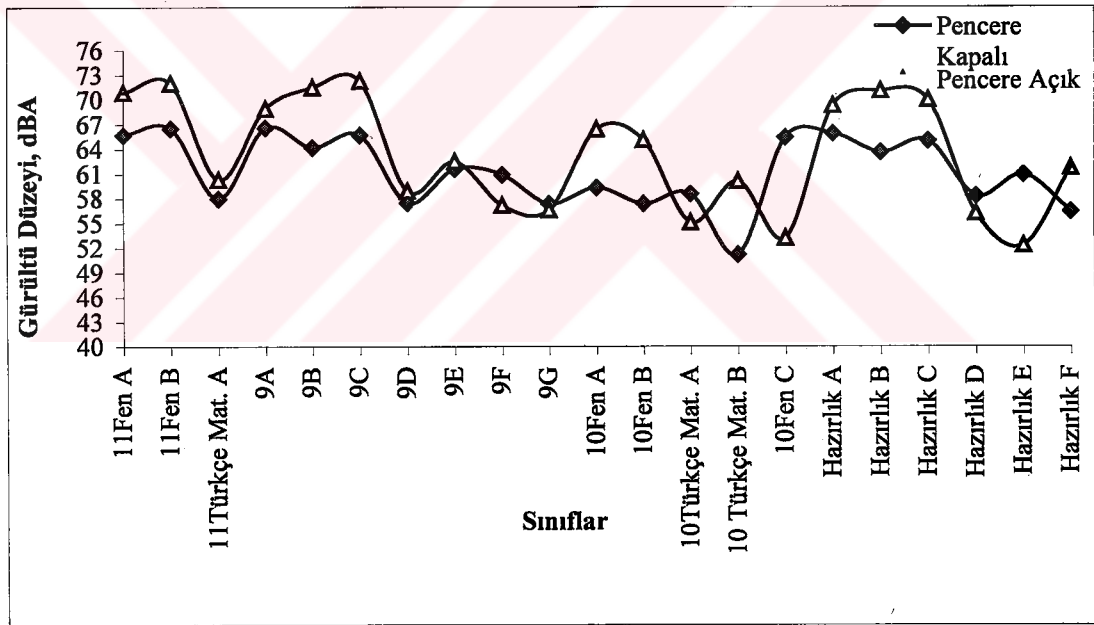
SINIFLAR	Gürültü düzeyi, Leq, dBA (Ders yokken)		Gürültü Düzeyi, Leq dBA (Ders varken)		Ders var-yok farkı	
	Pencere kapalı I	Pencere açık II	Pencere kapalı III	Pencere Açık VI	Pencere kapalı (III-I)	Pencere açık (IV-II)
11Fen A	50,4	63,3	65,7	70,9	15,3	7,6
11Fen B	50,5	64,3	66,5	72,0	16,0	7,7
11Türkçe Mat. A	47,0	56,0	58,0	60,3	11,0	4,3
9A	49,1	63,3	66,6	68,9	17,5	5,6
9B	50,9	66,2	64,2	71,5	13,3	5,3
9C	50,0	65,5	65,7	72,3	15,7	6,8
9D	46,1	52,1	57,5	58,9	11,4	6,8
9E	45,8	53,1	61,6	62,5	15,8	9,4
9F	45,3	53,3	60,9	57,2	15,6	3,9
9G	46,0	49,1	57,4	56,6	11,4	7,5
10Fen A	50,9	64,8	59,3	66,4	8,4	1,6
10Fen B	50,5	64,9	57,4	65,1	6,9	0,2
10Türkçe Mat. A	45,8	54,1	58,6	55,1	12,8	1,0
10 Türkçe Mat. B	46,0	53,3	51,2	60,1	5,2	6,8
10Fen C	45,0	52,1	65,4	53,2	20,4	1,1
Hazırlık A	50,3	64,8	65,9	69,3	15,6	4,5
Hazırlık B	50,1	65,1	63,6	71,1	13,5	6,0
Hazırlık C	51,5	65,5	65,0	70,0	13,5	4,5
Hazırlık D	44,5	51,0	58,3	56,2	13,8	5,2
Hazırlık E	44,8	51,2	60,9	52,3	16,1	1,1
Hazırlık F	45,0	51,9	56,4	61,7	11,4	9,8
Minimum	44,5	49,1	51,2	52,3	5,2	0,2
Maksimum	51,5	66,2	66,2	72,3	20,4	9,8
Ortalama	48,0	57,6	58,7	62,3	12,8	5,0
Δ (Maks.-Min.)	7,0	17,1	15,0	20,0	15,2	9,6



Şekil 7.8 Şehremini Lisesi'nde pencereler kapalıyken sınıf içi gürültü düzeyleri, dBA



Şekil 7.9 Şehremini Lisesi'nde pencerelerin açık olduğu durumda sınıf içerisindeki gürültü düzeyi değerleri, dBA



Şekil 7.10 Şehremini Lisesi ders esnasında sınıflar içerisinde pencere kapalı ve açık olması hallerinde gürültü düzeyi değişimleri

### 7.1.2.1 İki lisenin ders döneminde iç ortam gürültüleri açısından değerlendirmesi

Yapılan gürültü ölçüm sonuçlarından da görüldüğü üzere, sınıf içerisinde özellikle ders esnasında, pencerelerin kapalı olduğu durumlarda, dışarıdan gelebilecek gürültü düzeyi sınıf içerisindeki faaliyetleri olumsuz etkileyebilecek düzeydedir.

Derslerin olduğu dönemde sınıf içerisinde yapılan ölçme sonuçlarına göre, mevcut gürültü düzeyi, Pertevniyal Lisesi'nde 68,4 dBA, Şehremini Lisesi'nde ise 66,6 dBA olarak ölçülmüştür. Ders olduğu ve olmadığı zamanlar arasındaki farklar; Pertevniyal Lisesinde +15,0 dBA, Şehremini Lisesinde +16,0 dBA olarak tespit edilmiştir.

Her iki okulun ders esnasında sınıflarda belirlenen gürültü düzeylerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri ile bunların değişim aralıkları farkları Çizelge 7.16'da verilmiştir. Çizelge 7.16'dan da görüleceği üzere sınıflarda derslerin olduğu dönemlerde pencereler kapalıyken gürültü düzeyleri her iki okulda da pencerenin açık olduğu duruma göre düşük seviyededir. Pencereler kapalı durumdayken, Pertevniyal Lisesi'nde tüm sınıflardaki ortalama gürültü düzeyi değeri, Şehremini Lisesi'ne göre 5,2 dBA daha fazla olduğu görülmüştür. Pencereler açık olduğu zamanlarda ise bu fark yine aynı sıralama ile iki lise arasında 3,7 dBA değerine düşmektedir. Dolayısıyla, pencereler kapalı ve açık olması durumlarının her ikisinde de Pertevniyal Lisesi, Şehremini Lisesi'ne göre sınıf içi ders esnasında daha fazla gürültüye maruz kalmaktadır.

Çizelge 7.16 Pertevniyal ve Şehremini Liselerinin ders esnasında sınıflarda belirlenen gürültü düzeylerinin minimum, maksimum, ortalama değerleri ve bunların değişim aralığı farkları

Değerler	Tüm sınıflardaki iç gürültü düzeyi değişimleri, dBA					
	Pertevniyal Lisesi		Şehremini Lisesi		Farklar	
	Pencere kapalı	Pencere açık	Pencere kapalı	Pencere açık	Pencere kapalı farkı	Pencere açık farkı
Minimum	59,5	59,7	51,2	52,3	8,3	7,4
Maksimum	68,4	72,3	66,2	72,3	2,2	0
Ortalama	63,9	66,0	58,7	62,3	5,2	3,7

## 7.2 Sınıfların Diğer Hacim Akustiği Konfor Parametreleri Yönünden Değerlendirilmesi

Seçilen eğitim yapılarındaki sınıfların hacim akustiği konfor kriterleri için değerlendirmesi ile ilgili parametrelere ait değerleri bulmak için, sınıflardaki fiziki koşulların tespitine müteakip hesaplamalar yapılmıştır. Aşağıda akustik konfor parametreleri için yapılan tespitler, liselere göre aşağıda sırasıyla verilmiştir.

### 7.2.1 Pertevniyal Lisesi sınıf içi yeğinlik (gürültü şiddeti) değerleri

Pertevniyal Lisesi'nde sınıfların boyutları incelendiğinde; hazırlık sınıflarının hemen tümünün bir birinin aynısı olup, plan ölçeğinde boyu ortalama 6,5 m'dir. Bu sınıflarda, öğretmen genelde sınıfın en ön tarafında ayakta durduğu, yerden ağız hizası yüksekliğinin yaklaşık 160

cm, öğrencilerin ise oturur vaziyette kulak hizası yüksekliğinin yerden 110 cm olduğu kabulü yapılmıştır. Öğretmene en yakın öğrenci mesafesi 200 cm'den başlamakta ve arka sıralar, sırasıyla 250, 300, 350, 400, 450, 500 cm mesafede bulunmaktadır. Hazırlık sınıfları dışında kalan 1A, 1B, 1C,1D, 1E, 1F, 1G ve A12' de ise alıcının kaynaktan ilk uzaklığı 250cm' den başlamakta ve sırasıyla 300, 350, 400, 450, 500, 550 cm olarak değişmektedir. Pertevniyal Lisesi için hesaplanan sınıf içi Yayıncık ve Dolaysız ses düzeyleri değerleri Çizelge 7.17'de verilmiştir. Her ne kadar Çizelge 7.17'de verilen uzaklıklar yatay doğrultudaki mesafeler olarak gözükse de, ilgili hesaplamaların yapılması, öğretmenin ağız hizası ile öğrencinin kulak hizası arasında oluşan eğik uzaklıklar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Çizelge 7.17'de belirlenen dolaysız ses yeğinliği, yansımış ses yeğinliği ve toplam ses yeğinliği düzeyleri dB olarak verilmiştir. Çizelge 7.17'ye göre her bir sınıf için Yayıncık Ses ve Dolaysız Seslerin toplamı olan Toplam Ses Yeğinliği ( $I_T$ ) değerleri Çizelge 7.18'de'de verilmiştir. İki ses düzeyinin toplamı aritmetik olmayıp, logaritmik olarak verilmiştir.

Çizelge 7.17 Pertevniyal Lisesi için sınıflara göre Yayıncık Ses Düzeyi (YSD) ve Dolaysız Ses Düzeyi (DSD) değerleri, dB

Sınıf	r (Kaynaktan uzaklık, cm)															
	200		250		300		350		400		450		500		550	
	$I_D$	$I_y$	$I_D$	$I_y$	$I_D$	$I_y$	$I_D$	$I_y$	$I_D$	$I_y$	$I_D$	$I_y$	$I_D$	$I_y$	$I_D$	$I_y$
Haz A	61,2	69,4	59,3	69,4	57,8	69,4	56,5	69,4	55,4	69,4	54,3	69,4	53,4	69,4	52,6	69,4
Haz B	61,2	69,3	59,3	69,3	57,8	69,3	56,5	69,3	55,4	69,3	54,3	69,3	53,4	69,3	52,6	69,3
Haz C	61,2	69,3	59,3	69,3	57,8	69,3	56,5	69,3	55,4	69,3	54,3	69,3	53,4	69,3	52,6	69,3
Haz D	61,2	69,3	59,3	69,3	57,8	69,3	56,5	69,3	55,4	69,3	54,3	69,3	53,4	69,3	52,6	69,3
Haz E	61,2	69,2	59,3	69,2	57,8	69,2	56,5	69,2	55,4	69,2	54,3	69,2	53,4	69,2	52,6	69,2
Haz F	61,2	69,3	59,3	69,3	57,8	69,3	56,5	69,3	55,4	69,3	54,3	69,3	53,4	69,3	52,6	69,3
Haz G	61,2	69,4	59,3	69,4	57,8	69,4	56,5	69,4	55,4	69,4	54,3	69,4	53,4	69,4	52,6	69,4
Haz H	61,2	69,2	59,3	69,2	57,8	69,2	56,5	69,2	55,4	69,2	54,3	69,2	53,4	69,2	52,6	69,2
1A	61,2	69,0	59,3	69,0	57,8	69,0	56,5	69,0	55,4	69,0	54,3	69,0	53,4	69,0	52,6	69,0
1B	61,2	68,8	59,3	68,8	57,8	68,8	56,5	68,8	55,4	68,8	54,3	68,8	53,4	68,8	52,6	68,8
1C	61,2	68,8	59,3	68,8	57,8	68,8	56,5	68,8	55,4	68,8	54,3	68,8	53,4	68,8	52,6	68,8
1D	61,2	69,1	59,3	69,1	57,8	69,1	56,5	69,1	55,4	69,1	54,3	69,1	53,4	69,1	52,6	69,1
1E	61,2	67,3	59,3	67,3	57,8	67,3	56,5	67,3	55,4	67,3	54,3	67,3	53,4	67,3	52,6	67,3
1F	61,2	67,3	59,3	67,3	57,8	67,3	56,5	67,3	55,4	67,3	54,3	67,3	53,4	67,3	52,6	67,3
1G	61,2	67,3	59,3	67,3	57,8	67,3	56,5	67,3	55,4	67,3	54,3	67,3	53,4	67,3	52,6	67,3
A12	61,2	67,6	59,3	67,6	57,8	67,6	56,5	67,6	55,4	67,6	54,3	67,6	53,4	67,6	52,6	67,6



Çizelge 7.18 Pertevniyal Lisesi sınıflarda mesafelere göre Toplam Ses Düzeyi (TSD) değerleri, dB ( $I_T=I_D+I_y$ )

Sınıf	Kaynaktan belirli uzaklıklardaki toplam yeğinlikler ( $I_T$ ), dB							
	200 cm	250 cm	300 cm	350 cm	400 cm	450 cm	500 cm	550 cm
Haz A	70,0	69,4	69,4	69,4	69,4	69,4	69,4	69,4
Haz B	69,9	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3
Haz C	69,9	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3
Haz D	69,9	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3
Haz E	69,8	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2
Haz F	69,9	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3
Haz G	70,0	69,4	69,4	69,4	69,4	69,4	69,4	69,4
Haz H	69,8	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2
1A	69,6	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0
1B	69,4	68,8	68,8	68,8	68,8	68,8	68,8	68,8
1C	69,4	68,8	68,8	68,8	68,8	68,8	68,8	68,8
1D	69,7	69,1	69,1	69,1	69,1	69,1	69,1	69,1
1E	68,3	67,3	67,3	67,3	67,3	67,3	67,3	67,3
1F	68,3	67,3	67,3	67,3	67,3	67,3	67,3	67,3
1G	68,3	67,3	67,3	67,3	67,3	67,3	67,3	67,3
Al 2	68,6	67,6	67,6	67,6	67,6	67,6	67,6	67,6

### 7.2.1.1 YSD-DSD ayrımları açısından Pertevniyal lisesinin değerlendirilmesi

YSD-DSD farkının, anlaşılabilirlik için olması gereken değerlerinin gerçekleştiği kritik D mesafesi değerleri tespit edilmiş ve Pertevniyal Lisesi için Çizelge 7.19'da verilmiştir. Çizelge 7.19'daki değerlere göre, Pertevniyal Lisesi'ndeki kritik D mesafe değerleri tüm sınıflar için 200-300 cm arasında bulunmuştur. Elde edilen D kritik mesafesinde YSD-DSD ayrımlarının sonucunda elde edilen farkların düzey değerleri ise Çizelge 7.20'de verilmiştir. YSD-DSD ayrımları bu mesafelere yakın 200 cm, 250 cm ve 300 cm için hesaplanmıştır.

Çizelge 7.19 Pertevniyal Lisesi sınıflardaki kritik D mesafesi değeri

Sınıf	Hacim (m <sup>3</sup> )	D (m)
Haz A	123	2,4
Haz B	126	2,4
Haz C	123	2,4
Haz D	126	2,4
Haz E	130	2,4
Haz F	130	2,4
Haz G	135	2,3
Haz H	130	2,4
1A	144	2,5
1B	152	2,5
1C	152	2,5
1D	144	2,4
1E	306	2,7
1F	306	2,7
1G	306	2,7
Al 2	306	2,5

Çizelge 7.20 Pertevniyal Lisesi D kritik mesafesindeki YSD-DSD değerleri

Sınıf	YSD-DSD Değeri, dB							
	200 cm	250 cm	300 cm	350 cm	400 cm	450 cm	500 cm	550 cm
Haz A	8,2	10,1	11,6	12,9	14,0	15,1	16,0	16,8
Haz B	8,1	10,0	11,5	12,8	13,9	15,0	15,9	16,7
Haz C	8,1	10,0	11,5	12,8	13,9	15,0	15,9	16,7
Haz D	8,1	10,0	11,5	12,8	13,9	15,0	15,9	16,7
Haz E	8,0	9,9	11,4	12,7	13,8	14,9	15,8	16,6
Haz F	8,1	10,0	11,5	12,8	13,9	15,0	15,9	16,7
Haz G	8,2	10,1	11,6	12,9	14,0	15,1	16,0	16,8
Haz H	8,0	9,9	11,4	12,7	13,8	14,9	15,8	16,6
1A	7,8	9,7	11,2	12,5	13,6	14,7	15,6	16,4
1B	7,6	9,5	11,0	12,3	13,4	14,5	15,4	16,2
1C	7,6	9,5	11,0	12,3	13,4	14,5	15,4	16,2
1D	7,9	9,8	11,3	12,6	13,7	14,8	15,7	16,5
1E	6,1	8,0	9,5	10,8	11,9	13,0	13,9	14,7
1F	6,1	8,0	9,5	10,8	11,9	13,0	13,9	14,7
1G	6,1	8,0	9,5	10,8	11,9	13,0	13,9	14,7
A1 2	6,4	8,3	9,8	11,1	12,2	13,3	14,2	15,0

Pertevniyal Lisesi'nde, elde edilen sınıf içi yeğlilik düzeylerinde, YSD-DSD ayırımının kritik D mesafesi, her ne kadar sınıflara göre küçük farklarla değişim gösterse de, ortalama 250 cm civarındadır. Pertevniyal Lisesi'ndeki sınıflarda, bu kritik mesafe için YSD-DSD ayırımı açısından anlaşılabilirlikte herhangi bir olumsuzluk olmayacaktır. Fakat bu mesafenin üzerindeki tüm uzaklıklarda Çizelge 7.20'de görüldüğü gibi, +11 dBA değeri aşarak konuşmanın anlaşılabilirliği açısından olumsuz durumlar meydana geldiği tespit edilmiştir.

#### 7.2.1.2 DSD-FGD açısından Pertevniyal lisesinin değerlendirilmesi

Fon gürültüsü değerinin dolaysız ses yeğliliği ile kıyaslanması, toplam ses yeğliliği ile kıyaslanmasından daha gerçekçi bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, değerlendirmeler fon gürültüsü ile dolaysız ses düzeyi arasında yapılmıştır. Çünkü her halükârda sınıf içerisinde toplam ses yeğliliği değerinin minimum olduğu durumlarda bile, sınıf içerisindeki mevcut fon gürültüsü düzeyi değeri, herhangi bir olumsuz etki oluşturmamaktadır. Fakat gerçekte fon gürültüsü, hacim içerisinde bazı seslerin maskelenmesine neden olduğundan, kelimelerin sağlıklı bir şekilde algılanmasını engellemektedir.

DSD-FGD arasındaki ilişkinin ortaya konulması için, konuşmada belli frekanslar arasındaki sesin erke oranlarından yararlanılmıştır. Sınıflarda konuşmacı için kabul edilen ses gücü değerinin 70  $\mu$ w olduğundan, öğrencilerin öğretmene göre değişik uzaklıklardaki DSD yeğlilikleri hesaplanarak, Frekans-Uzaklık-DSD ilişkisi Çizelge 7.21'de verilmiştir.



Çizelge 7.21 Pertevniyal Lisesi Frekans-DSD-Uzaklık ilişkisi

Frekans (Hz)	Dolaysız ses yeğinliği, dB							
	200 cm	250 cm	300 cm	350 cm	400 cm	450 cm	500 cm	550 cm
125	61,4	59,5	57,9	56,6	55,4	54,4	53,5	52,7
250	59,2	57,3	55,7	54,4	53,2	52,2	51,3	50,4
500	57,2	55,3	53,7	52,4	51,2	50,2	49,3	48,4
1000	52,9	51,0	49,4	48,0	46,9	45,9	44,9	44,1
1500	49,9	48,0	46,4	45,0	43,9	42,8	41,9	41,1
2000	47,5	45,5	43,9	42,6	41,4	40,4	39,5	38,7

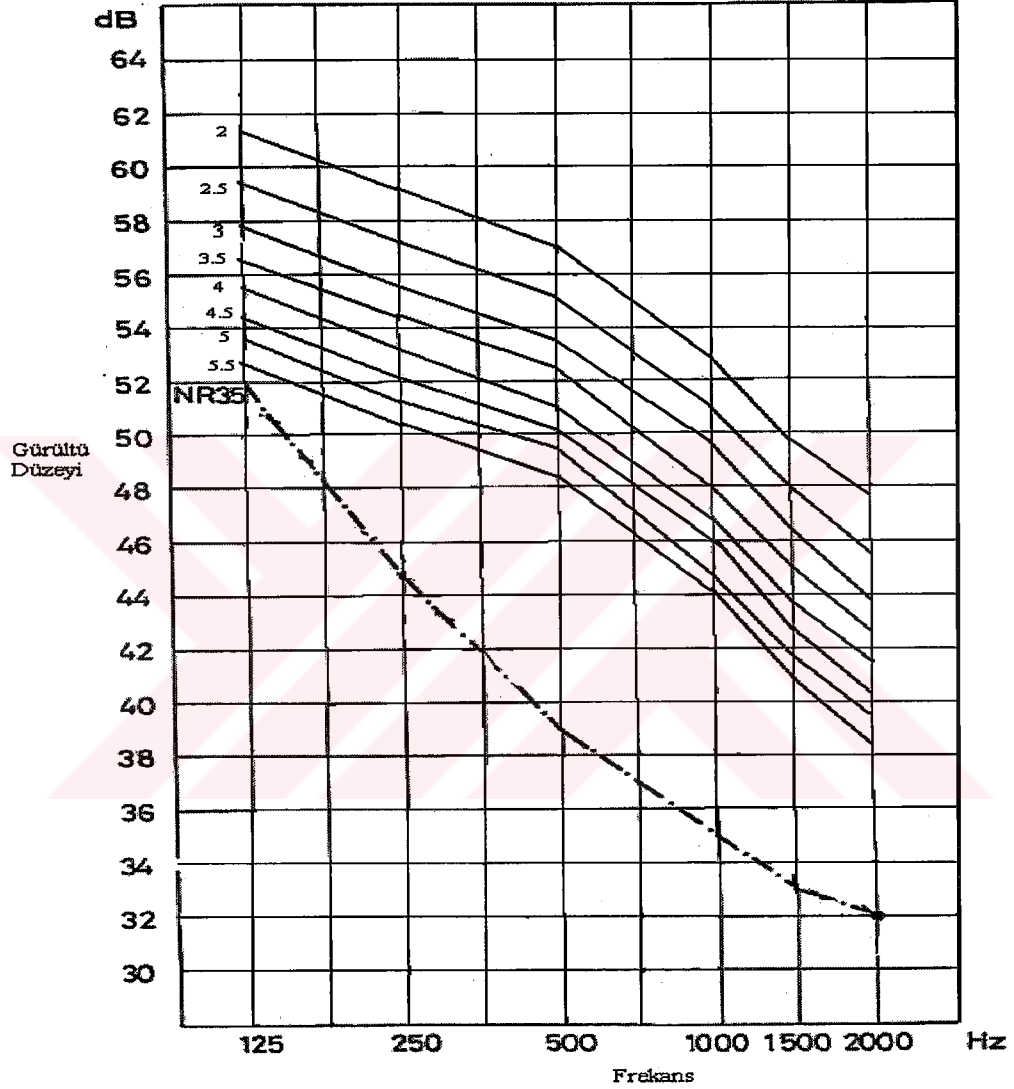
Çizelge 7.21'deki değerlere göre, DSD değeri sınıflar için öngörülen NR30 dB (Fon gürültüsü düzeyi, Noise Rating) fon gürültüsü sınır değerinin çok üzerindedir.

Konuşmanın anlaşılabilirliğinin önemli olduğu mekanlarda bir diğer sınır değer ise NR40 dB değeridir. NR40 dB değeri özellikle dikkatin dağılmaması için tavsiye edilen önemli bir sınır değerdir. Dolayısıyla yapılacak değerlendirmelerde NR30 dB ve NR40 dB değerlerinin ortalaması olan NR35 dB değeri, sınır değer kabul edilmiştir. Bu durum, Çizelge 7.21'de elde edilen veriler kullanılarak NR35 dB eğrisine karşılık gelen grafik üzerinde işaretlenmiş olup, değişik mesafeler için DSD değerleri değişik frekanslar için Şekil 7.11'de gösterilmiştir. Şekil 7.11'den de görüldüğü üzere, eğer sınıflarda gerçekten önerilen düzeyde bir fon gürültüsü değeri mevcut olmuş olsaydı (NR35 dB gibi), normal bir konuşma düzeyine sahip öğretmen için, çalışma yapılan sınıflarda (her biri 0.5m aralıklarla arka arkaya oturmuş vaziyette ve öğretmenden uzaklıkları 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 metrede konuşlanmış bulunan öğrenciler açısından) herhangi bir fon gürültüsü olma özelliği ile maskelenme etkisi olmayacaktı. Bu durumdan, anlaşılabilirlik açısından ortam gayet uygun olacaktır.

Çalışma yapılan sınıflarda, sınıf içerisindeki fon gürültüsü düzeyi, sınıflar için kabul edilen ortalama NR35 dB değerinin çok üzerindedir. Pertevniyal Lisesi'nde, özellikle caddeye bakan sınıflar için ana cadde ile sınıf duvarı arasında herhangi bir engelin olmaması, caddeden 4m gibi kısa bir yatay uzunluk mesafesinde konuşlandırılmış olması, sınıf içerisinde trafikten kaynaklanan dış orijinli fon gürültüsü değerini arttırmıştır. Pertevniyal Lisesi'nde, çalışma esnasında genelde pencerelerin kapalı olduğu durumlarda, sınıf içi fon gürültü seviyesi 64,0 dBA (5 dakikalık eşdeğer gürültü seviyesi) olarak saptanmıştır. Bu değer, sınıflar için kabul edilen Fon Gürültü düzeyi değeri olan NR30 dB, ortalama NR35 dB ve hatta NR 40 dB değerlerini bir hayli aşmaktadır. Dolayısıyla tüm sınıfların FGD değerleri açısından, sahip olduğu gerçek düzey ile anlaşılabilirlik açısından olumsuz durumda oldukları tespit edilmiştir.

Genel olarak sınıf içerisinde öğretmen ders anlatırken, konuşmada kelimelerin bir birlerini maskelememesi ve yeterli anlaşılabilirlik için, sınıf içinde olması gereken DSD'nin (Dolaysız

ses düzeyi,  $I_D$ ) en az +15 dBA fon gürültüsü düzeyi değerinden fazla olması gerekli görülmektedir. Buna göre sınıf içerisinde ( $I_D$ ) değerinin en az 79,0 dBA gibi bir ses düzeyi değerinde olması gerekmektedir. Çizelge 7.21'den görüleceği üzere, hiç bir sınıfta DSD değerinin 79,0 dBA olmadığını, en yüksek  $I_D$  değerinin ise sadece 61,2 dBA ile sınıfın ön taraflarında olduğu saptanmıştır.



Şekil 7.11 Pertevniyal Lisesi'nde öğrenci öğretmen arasındaki farklı mesafeler için DSD-NR35 dB Fon gürültüsünü ifade eden diyagram

### 7.2.2 Şehremini Lisesi sınıf içi yeğinlik düzeyi değerleri

Şehremini Lisesi için yapılan alan çalışmasında, genelde tüm sınıfların aynı hacim boyutlarına sahip olduğu gözlenmiştir. Sınıflardaki yerleşim planı olarak genelde tüm sınıfların boyu 5,6 m. uzunluğunda olup, öğrencilerin öğretmenden mesafeleri genel olarak 150, 200, 250, 300,

350, 400, 450 cm mesafelerde değişim göstermektedir. Kaynak ile alıcı arasındaki eğik mesafeler, Pertevniyal Lisesinde olduğu gibi hesaplamalarda dikkate alınmış olup, aşağıda verilen Çizelge 7.22'de ise sadece yatay mesafeler verilmiştir. Kaynakla öğrencilerin aralarında bulunduğu bu mesafe değerlerine göre, sınıfın önünde oturan öğrenci grubu ile en arkada oturan öğrenci gruplarına gelen, gerek yansıymış ses yeğinliği, gerekse dolaysız ses yeğinliğindeki değişim Çizelge 7.22'de verilmiştir. Çizelge 7.22'de verilen değerler, ses kaynağının 1m. uzağındaki ses gücünün  $70 \mu w$  olduğu kabulü ile yapılmıştır.

Çizelge 7.22 Şehremini Lisesi, sınıflara göre Yayınık Ses-Dolaysız Ses Düzeyleri, dB

Sınıflar	r (Kaynaktan uzaklık, cm)													
	150		200		250		300		350		400		450	
	I <sub>D</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>D</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>D</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>D</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>D</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>D</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>D</sub>	I <sub>y</sub>
11F/ A	63,5	64,8	61,2	64,8	59,3	64,8	57,8	64,8	56,5	64,8	55,4	64,8	54,3	64,8
11F/ B	63,5	65,2	61,2	65,2	59,3	65,2	57,8	65,2	56,5	65,2	55,4	65,2	54,3	65,2
11TM, A	63,5	65,1	61,2	65,1	59,3	65,1	57,8	65,1	56,5	65,1	55,4	65,1	54,3	65,1
9A	63,5	64,8	61,2	64,8	59,3	64,8	57,8	64,8	56,5	64,8	55,4	64,8	54,3	64,8
9B	63,5	64,9	61,2	64,9	59,3	64,9	57,8	64,9	56,5	64,9	55,4	64,9	54,3	64,9
9C	63,5	65,1	61,2	65,1	59,3	65,1	57,8	65,1	56,5	65,1	55,4	65,1	54,3	65,1
9D	63,5	64,8	61,2	64,8	59,3	64,8	57,8	64,8	56,5	64,8	55,4	64,8	54,3	64,8
9E	63,5	65,3	61,2	65,3	59,3	65,3	57,8	65,3	56,5	65,3	55,4	65,3	54,3	65,3
9F	63,5	65,0	61,2	65,0	59,3	65,0	57,8	65,0	56,5	65,0	55,4	65,0	54,3	65,0
9G	63,5	65,2	61,2	65,2	59,3	65,2	57,8	65,2	56,5	65,2	55,4	65,2	54,3	65,2
10F/ A	63,5	64,8	61,2	64,8	59,3	64,8	57,8	64,8	56,5	64,8	55,4	64,8	54,3	64,8
10F/ B	63,5	65,1	61,2	65,1	59,3	65,1	57,8	65,1	56,5	65,1	55,4	65,1	54,3	65,1
10TM. A	63,5	65,0	61,2	65,0	59,3	65,0	57,8	65,0	56,5	65,0	55,4	65,0	54,3	65,0
10 TM B	63,5	64,8	61,2	64,8	59,3	64,8	57,8	64,8	56,5	64,8	55,4	64,8	54,3	64,8
10F/ C	63,5	65,1	61,2	65,1	59,3	65,1	57,8	65,1	56,5	65,1	55,4	65,1	54,3	65,1
Haz. A	63,5	64,9	61,2	64,9	59,3	64,9	57,8	64,9	56,5	64,9	55,4	64,9	54,3	64,9
Haz, B	63,5	65,1	61,2	65,1	59,3	65,1	57,8	65,1	56,5	65,1	55,4	65,1	54,3	65,1
Haz. C	63,5	65,4	61,2	65,4	59,3	65,4	57,8	65,4	56,5	65,4	55,4	65,4	54,3	65,4
Haz. D	63,5	65,2	61,2	65,2	59,3	65,2	57,8	65,2	56,5	65,2	55,4	65,2	54,3	65,2
Haz. E	63,5	65,1	61,2	65,1	59,3	65,1	57,8	65,1	56,5	65,1	55,4	65,1	54,3	65,1
Haz. F	63,5	65,0	61,2	65,0	59,3	65,0	57,8	65,0	56,5	65,0	55,4	65,0	54,3	65,0

Çizelge 7.22'de hesaplanan değerlere göre her bir sınıf için YSD ve DSD'nin toplamı olan Toplam Ses Düzeyi (I<sub>T</sub>) düzeyi değerleri, Şehremini Lisesi için hesaplanmış ve elde edilen değerler Çizelge 7.23'de verilmiştir.

Çizelge 7.23 Şehremini Lisesi, sınıflarda mesafelere göre Toplam Ses Düzeyleri, dB

Sınıf	Mesafelere göre toplam ses düzeyi yeğlilikleri ( $I_T$ ), dBA						
	150 cm	200 cm	250 cm	300 cm	350 cm	400 cm	450 cm
11F/ A	67,3	66,5	66,0	65,6	65,4	65,3	64,8
11F/ B	67,7	66,7	66,4	66,0	65,8	65,7	65,2
11TM. A	67,6	66,6	66,3	65,9	65,7	65,6	65,1
9A	67,3	66,5	66,0	65,6	65,4	65,3	64,8
9B	67,0	66,5	66,1	65,7	65,5	65,4	64,9
9C	67,6	66,6	66,3	65,9	65,7	65,6	65,1
9D	67,3	66,5	66,0	65,6	65,4	65,3	64,8
9E	67,8	66,8	66,5	66,1	65,9	65,8	65,3
9F	67,5	66,6	66,2	65,8	65,6	65,5	65,0
9G	67,7	66,7	66,4	66,0	65,8	65,7	65,2
10F/ A	67,3	66,5	66,0	65,6	65,4	65,3	64,8
10F/ B	67,6	66,6	66,3	65,9	65,7	65,6	65,1
10TM. A	67,5	66,5	66,2	65,8	65,6	65,5	65,0
10 TM B	67,3	66,5	66,0	65,6	65,4	65,3	64,8
10F/ C	67,6	66,7	66,3	65,9	65,7	65,6	65,1
Haz. A	67,4	66,5	66,1	65,7	65,5	65,4	64,9
Haz. B	67,6	66,6	66,3	65,9	65,7	65,6	65,1
Haz. C	67,7	66,9	66,6	66,2	66,0	65,9	65,4
Haz. D	67,7	66,7	66,4	66,0	65,8	65,7	65,2
Haz. E	67,6	66,6	66,3	65,9	65,7	65,6	65,1
Haz. F	67,5	66,5	66,2	65,8	65,6	65,5	65,0

#### 7.2.2.1 YSD-DSD ayrımları açısından Şehremini Lisesi'nin değerlendirilmesi

Şehremini Lisesi için YSD-DSD ayrımında kritik D mesafesi değerleri, çalışma yapılan sınıflar için hesaplanarak Çizelge 7.24'de verilmiştir. Sınıflara göre elde edilen YSD-DSD değerleri ise Çizelge 7.25'de verilmiştir. YSD-DSD değerleri (Hazırlık C sınıfında 11,1 dBA değerinde olmak üzere), genelde sınıfların tüm noktasında sınır değer olan +11 dBA'yı aşmamaktadır. Bundan dolayı sınıfın en arka kısmında bile elde edilebilecek en olumsuz düzey farkını görmek için, YSD-DSD değerleri sınıflarda öğrenci öğretmen konumu itibari ile tüm noktalar için verilmiştir.

#### 7.2.2.2 Şehremini Lisesi'nde DSD-FGD düzeyi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi

Şehremini Lisesi için yapılan sınıf çalışmalarında, konuşma ses erkesinin frekanslara göre oranı dikkate alınarak, değişik frekans aralıkları için mesafeye göre elde edilen DSD değerleri Çizelge 7.26'da verilmiştir.

Çizelge 7.24 Şehremini Lisesi için sınıflardaki kritik D mesafesi değeri

Sınıf	Hacim (m <sup>3</sup> )	D (m)
11F/ A	90	2,4
11F/ B	90	2,3
11TM. A	90	2,3
9A	90	2,4
9B	90	2,4
9C	90	2,3
9D	90	2,4
9E	90	2,3
9F	90	2,4
9G	90	2,3
10F/ A	90	2,4
10F/ B	90	2,3
10TM. A	90	2,4
10 TM B	90	2,4
10F/ C	90	2,3
Haz. A	90	2,4
Haz. B	90	2,3
Haz. C	90	2,2
Haz. D	90	2,3
Haz. E	90	2,3
Haz. F	90	2,4

Çizelge 7.25 Şehremini Lisesi için YSD-DSD ayrımlarının mesafeye göre değişimi

Sınıf	YSD-DSD Değeri, dB						
	150 cm	200 cm	250 cm	300 cm	350 cm	400 cm	450 cm
11 F/A	1,3	3,6	5,5	7,0	8,3	9,4	10,5
11 F/B	1,7	4,0	5,9	7,4	8,7	9,8	10,9
11 TM. A	1,6	3,9	5,8	7,3	8,6	9,7	10,8
9A	1,3	3,6	5,5	7,0	8,3	9,4	10,5
9B	1,4	3,7	5,6	7,1	8,4	9,5	10,6
9C	1,6	3,9	5,8	7,3	8,6	9,7	10,8
9D	1,3	3,6	5,5	7,0	8,3	9,4	10,5
9E	1,8	4,1	6,0	7,5	8,8	9,9	11,0
9F	1,5	3,8	5,7	7,2	8,5	9,6	10,7
9G	1,7	4,0	5,9	7,4	8,7	9,8	10,9
10 F/A	1,3	3,6	5,5	7,0	8,3	9,4	10,5
10 F/B	1,6	3,9	5,8	7,3	8,6	9,7	10,8
10 TM. A	1,5	3,8	5,7	7,2	8,5	9,6	10,7
10 TM B	1,3	3,6	5,5	7,0	8,3	9,4	10,5
10 F/C	1,6	3,9	5,8	7,3	8,6	9,7	10,8
Haz. A	1,4	3,7	5,6	7,1	8,4	9,5	10,6
Haz. B	1,6	3,9	5,8	7,3	8,6	9,7	10,8
Haz. C	1,9	4,2	6,1	7,6	8,9	10	11,1
Haz. D	1,7	4,0	5,9	7,4	8,7	9,8	10,9
Haz. E	1,6	3,9	5,8	7,3	8,6	9,7	10,8
Haz. F	1,5	3,8	5,7	7,2	8,5	9,6	10,7

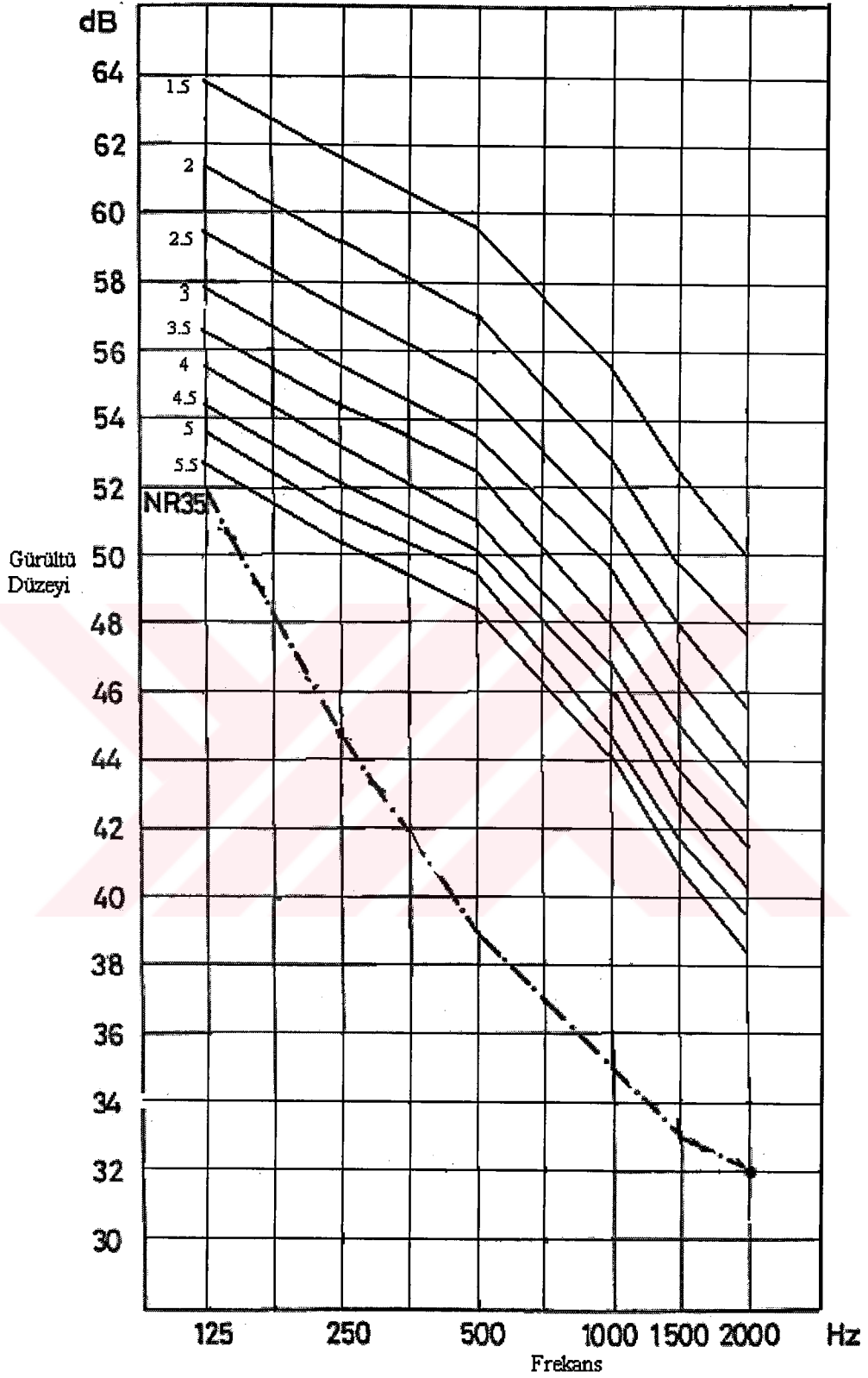
Çizelge 7.26'dan elde edilen değerler, NR35 dB eğrisine karşılık gelen grafik üzerinde mesafelere göre elde edilen dolaysız ses düzeyleri işaretlenerek Şekil 7.12'de gösterilmiştir. Şekil 7.12'den görüleceği üzere ideal bir sınıf ortamında olması gereken NR35 dB'lik FGD için, sınıfın tüm noktalarıda 70  $\mu$ w konuşma erkesi göz önünde tutulduğunda, konuşmacının anlaşılabilirliğinde herhangi bir problemin oluşmaması gerekmektedir.

Çizelge 7.26 Şehremini Lisesi Frekans-DSD-Uzaklık ilişkisi

Frekans (Hz)	Dolaysız ses düzeyi, dB							
	150 cm	200 cm	250 cm	300 cm	350 cm	400 cm	450 cm	500 cm
125	63,9	61,4	59,5	57,9	56,6	55,4	54,4	53,5
250	61,7	59,2	57,3	55,7	54,4	53,2	52,2	51,3
500	59,7	57,2	55,3	53,7	52,4	51,2	50,2	49,3
1000	55,4	52,9	51,0	49,4	48,0	46,9	45,9	44,9
1500	52,4	49,9	48,0	46,4	45,0	43,9	42,8	41,9
2000	50,0	47,5	45,5	43,9	42,6	41,4	40,4	39,5

Çalışma yapılan sınıflarda, FGD sınır değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Şehremini Lisesi'nde caddeye bakan sınıflarda FGD değerleri, ortalama 62,0 dBA, caddeye bakmayan sınıflarda ise 60,8 dBA olarak ölçülmüştür. Kaynak ile FGD (S/N) arasında yeterli anlaşılabilirliğin sağlanması için, kaynağın sahip olması gereken ses düzeyinin (DSD,  $I_D$ ) en az +15 dBA FGD değerinden fazla olması gerekmektedir. Dolayısıyla, caddeye bakan sınıflarda olması gereken  $I_D$  değeri en az 77,0 dBA, caddeye bakmayan sınıflarda ise 75,8 dBA düzeyinde olması gerekir. Çalışma yapılan sınıflara göre elde edilen DSD değerleri, Çizelge 7.22'den de görüleceği üzere, sınıfın en arka kısmında ( $I_D$ ) 54,3 dBA, ve Dinleyici-DSD yeğinliğine göre en olumlu konum olan sınıfın ön taraflarında ise, 63,5 dBA olarak hesaplanmıştır. Dolayısı ile Şehremini Lisesi'nin çalışma yapılan tüm sınıflarında gerekli olan DSD değerinin yeterli düzeyde sağlanamadığı tespit edilmiştir.





Şekil 7.12 Şehremini Lisesi öğrenci öğretmen arasındaki değişik mesafeler için DSD-NR 35 Fon gürültüsü ilişkisi

### 7.2.3 Her iki okulun genel değerlendirmesi

Derslerin olduğu dönemde yapılan gürültü düzeyi çalışmalarını, öğrenci faaliyetlerinin de eklenmesi neticesinde fon gürültü seviyesinde önemli miktarlarda bir artışın olduğunu ortaya koymuştur.

Sınıflar için öngörülen fon gürültüsü düzeyi değeri olan NR35 dB için bir kıyaslama yapılması gerektiğinde, gerek her iki lisede de, tüm sınıflarda pencerelerin kapalı ve açık olması durumları da göz önünde tutulduğunda, sınıf içi fon gürültüsü düzeyi değeri tüm şartlar için önerilen sınır değeri NR35 dB’i aşmıştır. Her iki lisede, DSD-FGD ayırım düzeyleri değerlendirmeleri, sınıflar için standartlarda önerilen NR35 dB değeri baz alınarak yapılmamıştır. Çünkü çalışma yapılan her iki okulun hiç bir sınıfında belirlenen fon gürültü seviyesi NR35 olan sınır değerin altına düşmemiştir. Çalışma yapılan tüm sınıflar ders işleyiş faaliyeti açısından, sınır fon gürültü seviyesini aşmış durumdadırlar. Dolayısıyla değerlendirmeler yapılırken, sınıflardaki mevcut fon gürültü seviyesi değeri dikkate alınarak yapılmıştır.

### 7.2.4 Reverberasyon süreleri açısından sınıfların incelenmesi

Sınıflarda kız öğrencilerle erkek öğrenci sayılarının hemen tüm sınıflarda birbirine yakın sayıda oldukları gözlemlenmiştir. Genelde sınıflarda öğrenci sayıları ortalama 30 ile 40 kişi arasında değişmektedir.

Çalışma yapılan her iki okul için de, sınıf içerisindeki Reverberasyon sürelerinin hesaplanması Sabine formülü yardımı ile yapılmıştır. Sınıf içerisinde bulunan malzemelerin ortalama toplam yutuculuğu 0,10’un altında kalmaktadır. Dolayısıyla hesaplamalarda Eyring formülünün kullanılması tercih edilmemiştir.

Reverberasyon süresi hesaplarında kullanılan havanın sesi yutma değeri, ortamın sıcaklık ve nem muhtevasına bağlı olarak değişmektedir. Frekanslara göre havanın 20°C’deki %40 bağlı nemdeki yutma değerleri Çizelge 7.27’de verilmiş ve hesaplarda 1000 Hz’deki yutma değeri dikkate alınmıştır (Sirel, 1992).

Çizelge 7.27 Havanın 20°C’de ve %40 bağlı nem de sahip olduğu yutuculuğu (Sirel, 1992)

Havanın yutma çarpanı ( $\alpha$ )	Frekans Hz.					
	125	250	500	1000	2000	4000
	0	0	0	0,0008	0,003	0,088

### 7.2.4.1 Pertevniyal Lisesi için reverberasyon süresi değerlendirmesi

Pertevniyal Lisesi'ndeki sınıflarda malzemelerin boyut analizi ile öğrenci sayıları Çizelge 7.28'de verilmiştir. Gürültü ölçüm çalışmaları 1000 Hz merkez frekans bandında yapıldığından, sınıflarda mevcut yutucu malzemelerin sahip olduğu bu aralıktaki değerlerinden yola çıkarak, kullanılan Sabine formülü yardımı ile gerekli reverberasyon süresi değerleri hesaplanmış ve elde edilen değerler Çizelge 7.29'da verilmiştir. Pertevniyal Lisesi'nde yapılan çalışmalarda sınıf hacimlerinin ortalama  $120 \text{ m}^3$  ile  $300 \text{ m}^3$  arasında değiştiği görülmüştür. Dolayısıyla reverberasyon süresi aralıklarının 0,4 ile 0,6 sn kalması gerekirken, çok üstünde olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen reverberasyon sürelerinin değişimi, sınıflara göre grafiksel dağılım olarak Şekil 7.13'de verilmiştir.

Çizelge 7.28 Pertevniyal lisesi sınıflara ait fizik ortam özellikler

Sınıf	Yüzey Alan ( $\text{m}^2$ )	Yükseklik (m)	Hacim ( $\text{m}^3$ )	Kullanılan malzemeler ve yüzey alanları ( $\text{m}^2$ )	Öğrenci Sayısı
Hazırlık A	34	3,6	123	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Masanın alanı; $F=2,52 \text{ m}^2$ Tavan= $34 \text{ m}^2$ Döşeme= $34 \text{ m}^2$ Pencere alanı; $F=6,9 \text{ m}^2$ Duvarların alanı; $F=70 \text{ m}^2$ Kapı alanı; $F=2,42 \text{ m}^2$ Platform için; $F=4,7 \text{ m}^2$ Yazı Tahtası alanı; $F=3,6 \text{ m}^2$ Pano= $1,5 \text{ m}^2$	40
Hazırlık B	35	3,6	126	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $35 \text{ m}^2$ Döşeme= $35 \text{ m}^2$ Pencere alanı; $F=6,9 \text{ m}^2$ Duvarların alanı; $F=70 \text{ m}^2$ Masif ahşap yapı: $10,7 \text{ m}^2$ Pano: $1,5 \text{ m}^2$	40
Hazırlık C	34	3,6	123	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $34 \text{ m}^2$ Döşeme= $34 \text{ m}^2$ Pencere alanı; $F=6,9 \text{ m}^2$ Duvarların alanı; $F=70 \text{ m}^2$ Masif ahşap yapı: $10,7 \text{ m}^2$ Pano: $1,5 \text{ m}^2$	40
Hazırlık D	35	3,6	126	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $35 \text{ m}^2$ Döşeme= $35 \text{ m}^2$ Pencere alanı; $F=6,9 \text{ m}^2$ Duvarların alanı; $F=70 \text{ m}^2$ Masif ahşap yapı: $10,7 \text{ m}^2$ Pano: $1,5 \text{ m}^2$	40
Hazırlık E	36	3,6	130	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $36 \text{ m}^2$ Döşeme= $36 \text{ m}^2$ Pencere alanı; $F=6,9 \text{ m}^2$ Duvarların alanı; $F=70 \text{ m}^2$	40

				Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	
Hazırlık F	36	3,6	130	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=36 m <sup>2</sup> Döşeme=36 m <sup>2</sup> Pencere alanı; F=6,9 m <sup>2</sup> Duvarların alanı;F=70m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	38
Hazırlık G	38	3,6	135	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=38 m <sup>2</sup> Döşeme=38 m <sup>2</sup> Pencere alanı; F=6,9 m <sup>2</sup> Duvarların alanı;F=70m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	35
Hazırlık H	36	3,6	130	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=36 m <sup>2</sup> Döşeme=36 m <sup>2</sup> Pencere alanı;F=6,9 m <sup>2</sup> Duvarların alanı;F=70m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	40
1.A*	40	3,6	144	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=40 m <sup>2</sup> Döşeme=40 m <sup>2</sup> Pencere alanı;F=11,6 m <sup>2</sup> Duvar alanı;F=80 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	40
1.B*	42,3	3,6	152	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=42,3 m <sup>2</sup> Döşeme=42,3 m <sup>2</sup> Pencere alanı;F=11,6 m <sup>2</sup> Duvarların alanı;F=82m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	42
1.C*	42,3	3,6	152	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=42,3 m <sup>2</sup> Döşeme=42,3 m <sup>2</sup> Pencere alanı;F=11,6 m <sup>2</sup> Duvarların alanı;F=82m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	42
1.D*	40	3,6	144	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=40 m <sup>2</sup> Döşeme=40 m <sup>2</sup> Pencere alanı;F=11,6 m <sup>2</sup> Duvar alanı;F=80m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	38
1.E	68	4,5	306	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=68 m <sup>2</sup> Döşeme=68 m <sup>2</sup> Duvar alanı;F=150m <sup>2</sup> Pencere: F=11,2 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	40
1.F	68	4,5	306	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=68 m <sup>2</sup>	38

				Döşeme=68 m <sup>2</sup> Duvar alanı;F=150m <sup>2</sup> Pencere: F=11,2 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	
1.G*	68	4,5	306	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=68 m <sup>2</sup> Döşeme=68 m <sup>2</sup> Duvar alanı;F=150m <sup>2</sup> Pencere: F=11,2 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	40
A1 2	68	4,5	306	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=68 m <sup>2</sup> Döşeme=68 m <sup>2</sup> Duvar alanı;F=150m <sup>2</sup> Pencere: F=11,2 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı: 10,7 m <sup>2</sup> Pano: 1,5 m <sup>2</sup>	30

\* : Ana caddeye bakmayan sınıflar

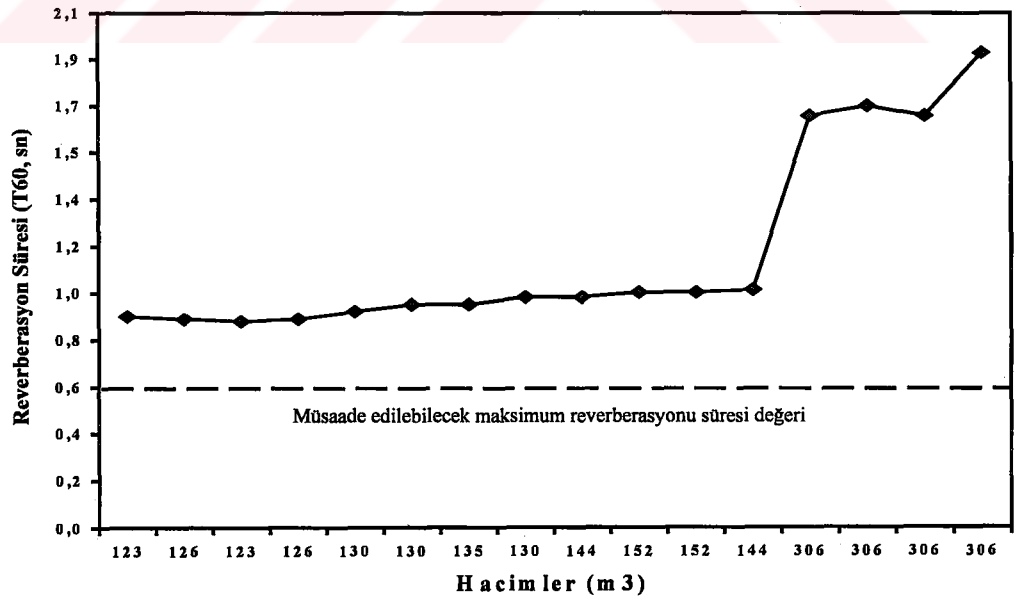
Çizelge 7.29 Pertevniyal Lisesi sınıf içi reverberasyon süreleri

Sınıf	Hacim (m <sup>3</sup> )	Kullanılan malzemeler ve yüzey alanları (m <sup>2</sup> )	Yutma katsayısı ( $\alpha$ )	Toplam Sabine değeri	Reverberasyon süreleri (T <sub>60</sub> , sn)
Hazırlık A	123	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Masanın alanı=2,52 m <sup>2</sup> Tavan=34 m <sup>2</sup> Döşeme=34 m <sup>2</sup> Pencere alanı=6,9 m <sup>2</sup> Duvarların alanı=70 m <sup>2</sup> Kapı alanı=2,42 m <sup>2</sup> Platform için=4,7 m <sup>2</sup> Yazı Tahtası alanı=3,6 m <sup>2</sup> Pano=1,5 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=40	0,04 0,04 0,02 0,03 0,03 0,03 0,09 0,09 0,09 0,40 0,39	22,67	0,87
Hazırlık B	126	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=35 m <sup>2</sup> Döşeme=35 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=6,9 m <sup>2</sup> Duvarların alanı=70 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı=10,7 m <sup>2</sup> Pano=1,5 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=40	0,04 0,02 0,03 0,03 0,04 0,09 0,40 0,39	23,32	0,86
Hazırlık C	123	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=34 m <sup>2</sup> Döşeme=34 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=6,9 m <sup>2</sup> Duvarların alanı=70 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı=10,7 m <sup>2</sup> Pano=1,5 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=40	0,04 0,02 0,03 0,03 0,04 0,09 0,40 0,39	23,26	0,85
Hazırlık D	126	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=35 m <sup>2</sup> Döşeme=35 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=6,9 m <sup>2</sup> Duvarların alanı=70 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı=10,7 m <sup>2</sup> Pano=1,5 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=40	0,04 0,02 0,03 0,03 0,04 0,09 0,40 0,39	23,32	0,86

Hazırlık E	130	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $36 \text{ m}^2$ Döşeme= $36 \text{ m}^2$ Toplam pencere alanı= $6,9 \text{ m}^2$ Duvarların alanı= $70 \text{ m}^2$ Masif ahşap yapı= $10,7 \text{ m}^2$ Pano= $1,5 \text{ m}^2$ Öğrenci sayısı= $40$	0,04 0,02 0,03 0,03 0,04 0,09 0,40 0,39	23,39	0,89
Hazırlık F	130	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $36 \text{ m}^2$ Döşeme= $36 \text{ m}^2$ Toplam pencere alanı= $6,9 \text{ m}^2$ Duvarların alanı= $70 \text{ m}^2$ Masif ahşap yapı= $10,7 \text{ m}^2$ Pano= $1,5 \text{ m}^2$ Öğrenci sayısı= $38$	0,04 0,02 0,03 0,03 0,04 0,09 0,40 0,39	22,61	0,92
Hazırlık G	135	Sıra ve masaların alanı $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $38 \text{ m}^2$ Döşeme= $38 \text{ m}^2$ Toplam pencere alanı= $6,9 \text{ m}^2$ Duvarların alanı= $70 \text{ m}^2$ Masif ahşap yapı= $10,7 \text{ m}^2$ Pano= $1,5 \text{ m}^2$ Öğrenci sayısı= $40$	0,04 0,02 0,03 0,03 0,04 0,09 0,40 0,39	23,50	0,92
Hazırlık H	130	Sıra ve masaların alanı $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $36 \text{ m}^2$ Döşeme= $36 \text{ m}^2$ Toplam pencere alanı= $6,9 \text{ m}^2$ Duvarların alanı= $70 \text{ m}^2$ Masif ahşap yapı= $10,7 \text{ m}^2$ Pano= $1,5 \text{ m}^2$ Öğrenci sayısı= $40$	0,04 0,02 0,03 0,03 0,04 0,09 0,40 0,39	23,39	0,89
1A#	144	Sıra ve masaların alan $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $40 \text{ m}^2$ Döşeme= $40 \text{ m}^2$ Topl. pencere alanı= $11,6 \text{ m}^2$ Duvar alanı= $80 \text{ m}^2$ Masif ahşap yapı= $10,7 \text{ m}^2$ Pano= $1,5 \text{ m}^2$ Öğrenci sayısı= $40$	0,04 0,02 0,03 0,03 0,04 0,09 0,40 0,39	24,17	0,95
1B*	152	Sıra ve masaların alanı $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $42,3 \text{ m}^2$ Döşeme= $42,3 \text{ m}^2$ Topl. pencere alanı= $11,6 \text{ m}^2$ Duvarların alanı= $82 \text{ m}^2$ Masif ahşap yapı= $10,7 \text{ m}^2$ Pano= $1,5 \text{ m}^2$ Öğrenci sayısı= $42$	0,04 0,02 0,03 0,03 0,04 0,09 0,40 0,39	25,17	0,97
1C*	152	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $42,3 \text{ m}^2$ Döşeme= $42,3 \text{ m}^2$ Topl. pencere alanı= $11,6 \text{ m}^2$ Duvarların alanı= $82 \text{ m}^2$ Masif ahşap yapı= $10,7 \text{ m}^2$ Pano= $1,5 \text{ m}^2$ Öğrenci sayısı= $42$	0,04 0,02 0,03 0,03 0,04 0,09 0,40 0,39	25,17	0,97
1D*	144	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25 \text{ m}^2$ Tavan= $40 \text{ m}^2$ Döşeme= $40 \text{ m}^2$ Topl. pencere alanı= $11,6 \text{ m}^2$	0,04 0,02 0,03 0,03 0,04	23,39	0,98



		Duvar alanı=80m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı=10,7 m <sup>2</sup> Pano=1,5 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=38	0,09 0,40 0,39		
1E	306	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=68 m <sup>2</sup> Döşeme=68 m <sup>2</sup> Duvar alanı;F=150m <sup>2</sup> Pencere: F=11,2 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı= 10,7 m <sup>2</sup> Pano=1,5 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı= 40	0,04 0,02 0,03 0,04 0,03 0,09 0,40 0,39	28,88	1,70
1F	306	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=68 m <sup>2</sup> Döşeme=68 m <sup>2</sup> Duvar alanı=150m <sup>2</sup> Pencere=11,2 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı=10,7 m <sup>2</sup> Pano=1,5 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=38	0,04 0,02 0,03 0,04 0,03 0,09 0,40 0,39	28,10	1,74
1G*	306	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=68 m <sup>2</sup> Döşeme=68 m <sup>2</sup> Duvar alanı=150m <sup>2</sup> Pencere=11,2 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı= 10,7 m <sup>2</sup> Pano=1,5 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=40	0,04 0,02 0,03 0,04 0,03 0,09 0,40 0,39	28,88	1,70
Al 2	306	Sıra ve masaların alanı; $\Sigma F=25$ m <sup>2</sup> Tavan=68 m <sup>2</sup> Döşeme=68 m <sup>2</sup> Duvar alanı=150m <sup>2</sup> Pencere=11,2 m <sup>2</sup> Masif ahşap yapı=10,7 m <sup>2</sup> Pano=1,5 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=30	0,04 0,02 0,03 0,04 0,03 0,09 0,40 0,39	24,98	1,96



Şekil 7.13 Pertevniyal Lisesi sınıflara göre sınıf içi reverberasyon süreleri

Aynı malzemelerin bulunduğu sınıflarda farklı frekans aralıkları göz önünde tutulduğunda, aynı sınıfların sahip olacakları yeni reverberasyon süreleri ise, Çizelge 7.30'da verilmiştir.

Çizelge 7.30 Pertevniyal Lisesi için farklı oktav bantlarındaki reverberasyon süreleri

Sınıf	Değişik oktav bant frekansları için reverberasyon süreleri, $T_{60}$ (sn)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Hazırlık A	1,37	1,08	0,96	0,87	0,74	0,63
Hazırlık B	1,41	1,10	0,97	0,86	0,76	0,65
Hazırlık C	1,38	1,08	0,95	0,85	0,74	0,63
Hazırlık D	1,41	1,10	0,97	0,86	0,76	0,65
Hazırlık E	1,45	1,14	1,00	0,89	0,78	0,66
Hazırlık F	1,49	1,18	1,03	0,92	0,81	0,68
Hazırlık G	1,61	1,29	1,12	1,00	0,87	0,73
Hazırlık H	1,45	1,14	1,00	0,89	0,78	0,66
1A*	1,49	1,22	1,07	0,95	0,83	0,70
1B*	1,52	1,24	1,08	0,97	0,84	0,71
1C*	1,52	1,24	1,08	0,97	0,84	0,71
1D*	1,53	1,26	1,10	0,98	0,86	0,72
1E	1,24	1,90	1,85	1,70	1,60	1,23
1F	1,25	1,95	1,90	1,74	1,65	1,26
1G*	1,24	1,90	1,85	1,70	1,60	1,23
A1 2	1,30	2,15	2,13	1,96	1,86	1,39
Koridor						

#### 7.2.4.2 Şehremini Lisesi için reverberasyon süresi değerlendirmesi

Fatih bölgesinde en çok gürültüye maruz kalan ikinci okul olarak Şehremini Lisesi için yapılan gürültü ölçüm çalışmaları esnasında, sınıf içerisine girilmiş ve sınıflarda mevcut bulunan fiziksel yapı şartlarına göre malzemelerin boyutları tespit edilmiş, kullanıcı olarak bulunan öğrencilerin de bir tür yutucu eleman görevi göreceğinden, aynı zamanda öğrencilerin de sayıları dikkate alınarak fiziki ortam özellikleri Çizelge 7.31'de verilmiştir.

Sınıf içerisindeki mevcut malzemelerden yola çıkarak, bunların Sabine cinsinden yutma çarpanları hesaplanmış ve sınıflardaki reverberasyon süresi hesap yöntemi ile bulunmuştur. Sınıf içi hacim akustiğinin belirlenmesinde, reverberasyon süresi değerinin önemi oldukça büyük olup, anlaşılabilirlik ile doğrudan orantılı bir kavramdır. Buna göre hesaplanan reverberasyon süresi değerleri Çizelge 7.32'de verilmiştir. Hesapla elde edilen reverberasyon süreleri değerleri yaklaşık olarak eşit hacimlere sahip sınıflarda, sadece kullanılan farklı malzeme türü ve boyutundan dolayı, az da olsa farklılıklar göstermektedir. Dolayısıyla sınıf hacimleri eşit ve her biri  $90 \text{ m}^3$  olan Şehremini Lisesi için çalışmanın yapıldığı sınıflara ait reverberasyon süreleri Şekil 7.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.31 Şehremini Lisesi sınıflara ait fizik ortam özellikleri

Sınıf	Yüzey Alan (m <sup>2</sup> )	Yükseklik (m)	Sınıf hacmi (m <sup>3</sup> )	Kullanılan malzeme ve yüzey alanları (m <sup>2</sup> )	Öğrenci sayısı
11 Fen A	30	3	90	Sıra ve sandalyeler=30 m <sup>2</sup> Öğretmen Masası=1,56 m <sup>2</sup> Öğretmen dolabı=1,2 m <sup>2</sup> Sınıf Tahtası=4,54 m <sup>2</sup> Sınıf kapısı=1,6 m <sup>2</sup> Platform=2,75 m <sup>2</sup> Sınıf Duvarının ahşap kısmı=9,6m <sup>2</sup> Pencereler=7,3 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	40
11 Fen B	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	35
11 Türk-Mat. A	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	36
9 A	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	40
9 B	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	39
9 C	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	36
9 D*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	40
9 E*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup>	34

				Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	
9 F*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	38
9 G/9 İ*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	35
10 Fen A*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	40
10 Fen B*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	36
10 Fen C*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	38
10 Türk-Mat.A*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	40
10 Türk-Mat.B*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2v</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	36
Hazırlık A	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	39
Hazırlık B	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup>	36

				Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	
Hazırlık C	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	33
Hazırlık D*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	35
Hazırlık E*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	36
Hazırlık F*	30	3	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 m <sup>2</sup> Masif ahşap yüzeyler=18,5 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup>	38

Çizelge 7.32 Şehremini Lisesi sınıf içi Reverberasyon Süresi değerleri

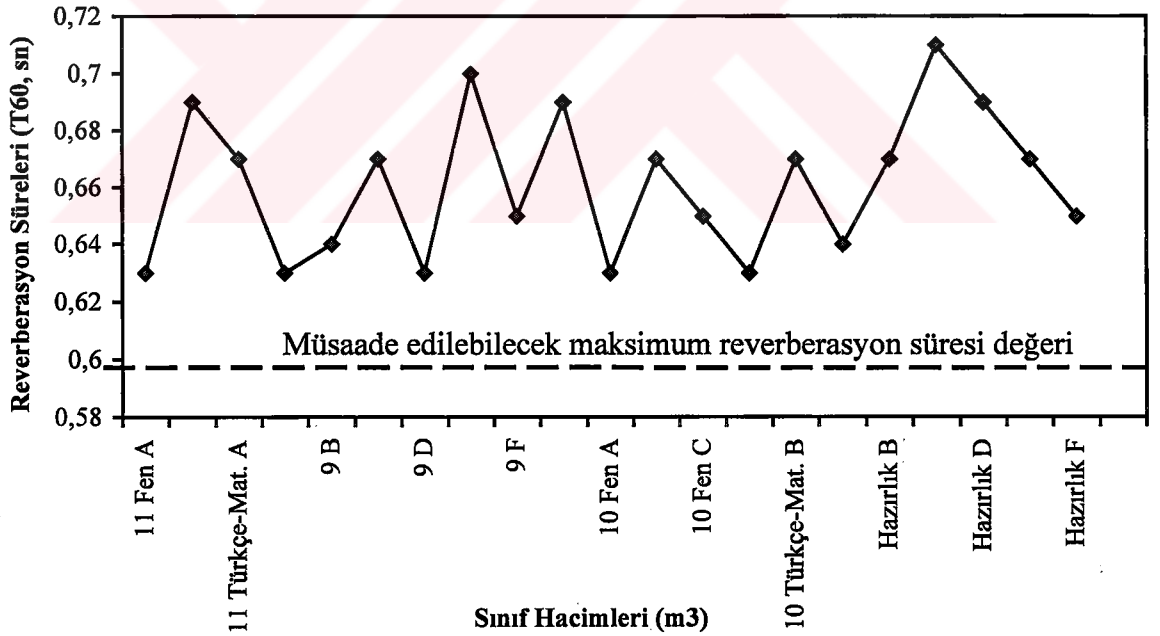
Sınıf	Sınıf hacmi (m <sup>3</sup> )	Kullanılan malzemeler ve yüzey alanları (m <sup>2</sup> )	Yutma katsayısı ( $\alpha$ )	Toplam Sabine (A)	Reverberasyon süresi (T <sub>60</sub> , sn)
11 Fen A	90	Sıra ve sandalyeler=30 m <sup>2</sup> Öğretmen Masası=1,56 m <sup>2</sup> Öğretmen dolabı=1,2 m <sup>2</sup> Sınıf Tahtası=4,54 m <sup>2</sup> Sınıf kapısı=1,6 m <sup>2</sup> Platform=2,75 m <sup>2</sup> Sınıf Duvarının ahşap kısmı=9,6 m <sup>2</sup> Pencereler=7,3 m <sup>2</sup> Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=40	0,04 0,04 0,04 0,09 0,09 0,09 0,09 0,09 0,03 0,04 0,02 0,03 0,40 0,39	29,87	0,63
11 Fen B	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=35	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	27,92	0,69

11 Türk-Mat. A	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=36	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	28,31	0,67
9 A	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=40	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	29,87	0,63
9 B	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=39	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	29,48	0,64
9 C	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=36	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	28,31	0,67
9 D*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=40	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	29,87	0,63
9 E*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=34	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	27,53	0,70
9 F*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=38	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	29,09	0,65
9 G/9 İ*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup>	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03	27,92	0,69



		Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=35	0,03 0,40 0,39		
10 Fen A*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=40	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	29,87	0,63
10 Fen B*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=36	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	28,31	0,67
10 Fen C*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=38	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	29,09	0,65
10Türk-Mat.A*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=40	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	29,87	0,63
10Türk-Mat. B*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=36	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	28,31	0,67
Hazırlık A	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=39	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	29,48	0,64
Hazırlık B	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=36	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	28,31	0,67
Hazırlık C	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5	0,04 0,09	27,14	0,71

		Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=33	0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39		
Hazırlık D*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=35	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	27,92	0,69
Hazırlık E*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=36	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	28,31	0,67
Hazırlık F*	90	Sıra ve masaların alanı=32,76 Masif ahşap yüzeyler=18,5 Duvarlar=42 m <sup>2</sup> Tavan=30 m <sup>2</sup> Döşeme=30 m <sup>2</sup> Toplam pencere alanı=7,3 m <sup>2</sup> Pano=1,75 m <sup>2</sup> Öğrenci sayısı=38	0,04 0,09 0,04 0,02 0,03 0,03 0,40 0,39	29,09	0,65



Şekil 7.14 Şehremini Lisesi sınıflara göre sınıf içi reverberasyon süreleri

Şehremini Lisesi'nde de sınıf içi malzeme dağılımının sabit kaldığı göz önünde tutulduğunda, Reverberasyon Sürelerinin frekans analizindeki değişimi ise Çizelge 7.33'te verilmiştir.

Her iki lise için elde edilen reverberasyon sürelerine bakarak çıkarılacak sonuç şöyle değerlendirilebilir. Reverberasyon hesabı, 1000 Hz. Merkez oktav bant frekansı için elde edilmiş değerlerdir. Bu değerlerden yola çıkarak Şehremini Lisesi için yapılan Reverberasyon süresi ile Pertevniyal lisesi için elde edilen reverberasyon sürelerinin, sınıflar için tavsiye edilen 0,4-0,6 sn aralıklarının dışında kaldığı gözlenmiştir. Her iki lisede de tüm sınıflar, üst sınır değeri olan 0,6 sn'yi aşan reverberasyon sürelerine sahiptir.

Çizelge 7.33 Şehremini Lisesi, sınıflarda farklı oktav bantlardaki reverberasyon süreleri

Sınıf	Değişik oktav bant frekansları için reverberasyon süreleri ( $T_{60,sn}$ )					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
11 Fen A	0,91	0,69	0,69	0,63	0,56	0,49
11 Fen B	0,97	0,75	0,75	0,69	0,62	0,53
11 Türkçe-Mat. A	0,96	0,73	0,73	0,67	0,60	0,52
9 A	0,91	0,69	0,69	0,63	0,56	0,49
9 B	0,92	0,70	0,70	0,64	0,57	0,50
9 C	0,96	0,73	0,73	0,67	0,60	0,52
9 D*	0,91	0,69	0,69	0,63	0,56	0,49
9 E*	0,99	0,76	0,76	0,70	0,63	0,54
9 F*	0,94	0,71	0,71	0,65	0,58	0,51
9 G/9 İ*	0,97	0,75	0,75	0,69	0,62	0,53
10 Fen A*	0,91	0,69	0,69	0,63	0,56	0,49
10 Fen B*	0,96	0,73	0,73	0,67	0,60	0,52
10 Fen C*	0,94	0,71	0,71	0,65	0,58	0,51
10 Türkçe-Mat.A*	0,91	0,69	0,69	0,63	0,56	0,49
10 Türkçe-Mat.B*	0,96	0,73	0,73	0,67	0,60	0,52
Hazırlık A	0,92	0,73	0,70	0,64	0,57	0,50
Hazırlık B	0,96	0,78	0,73	0,67	0,60	0,52
Hazırlık C	1,00	0,75	0,78	0,71	0,64	0,55
Hazırlık D*	0,97	0,73	0,75	0,69	0,62	0,53
Hazırlık E*	0,96	0,71	0,73	0,67	0,60	0,52
Hazırlık F*	0,94	0,70	0,71	0,65	0,58	0,51
Koridor	-	-	-	-	-	-
Koridor	-	-	-	-	-	-
Koridor	-	-	-	-	-	-
Koridor	-	-	-	-	-	-
Arka Bahçe	-	-	-	-	-	-

Reverberasyon süresinin, konuşma amaçlı hacimlerde, sınırların üzerinde olması durumunda hacim içerisinde konuşma esnasında üretilen ve ardarda gelen kelimelerin birbirlerini maskeleyeceği, bunun sonucunda da konuşmanın anlaşılabilirliğinin azalması söz konusu olacaktır. Konuşmanın büyük bir kısmını tutan sessiz harfler, yüksek frekanslı bir spektruma sahip olduklarından, elverişsiz reverberasyon süresinin mevcut olduğu durumlarda maskelenme olayı nedeni ile özellikle düşük frekanslarda kalın seslerin ince sesleri maskeleyerek, hedeflenen anlaşılabilirlik kriterinin sağlanması gerçekleşmeyecektir ve hacim işlevini kaybetmiş olacaktır.

### 7.2.5 Varlık kriteri açısından sınıfların değerlendirilmesi

Her bir lise için varlık kriterinin sağlandığı sınır değerın hacimlere göre değişimi, Denklem 5.6'da verilen varlık kriteri formülü yardımı ile hesaplanarak, Çizelge 7.34'de verilmiştir.

Çizelge 7.34 Pertevniyal Lisesi sınıflara göre varlık kriteri sınır uzaklık değerleri

Sınıf	Hacim (m <sup>3</sup> )	Reverberasyon süresi, (T <sub>60</sub> , sn)	Varlık kriteri için sınır uzaklık (m)	Ortalama YSD-DSD
Hazırlık A	123	0,87	2,6	12,2
Hazırlık B	126	0,86	2,6	12,1
Hazırlık C	123	0,85	2,6	12,1
Hazırlık D	126	0,86	2,6	12,1
Hazırlık E	130	0,89	2,6	12,1
Hazırlık F	130	0,92	2,6	12,2
Hazırlık G	135	1,00	2,5	12,4
Hazırlık H	130	0,89	2,6	12,1
1A	144	0,95	2,7	11,9
1B	152	0,97	2,7	11,8
1C	152	0,97	2,7	11,8
1D	144	0,98	2,6	12,1
1E	306	1,70	2,9	11,2
1F	306	1,74	2,9	11,3
1G	306	1,70	2,9	11,2
Al 2	306	1,96	2,7	11,8

Çizelge 7.34'den göreceği üzere, Pertevniyal Lisesi için, sınıflara göre varlık kriteri değeri az da olsa değişiklik göstermektedir. Öğrencilerin kaynaktan (Öğretmenden)  $d \approx 2,7$  m'ye kadar olan uzaklık içerisinde bulunanları yalnızca varlık kriteri açısından uygun durumdadır. 2,7 m'lik uzaklıkta YSD-DSD değeri genelde bu okula ait sınıflarda, her bir sınıf için varlık kriteri açısından sınır değerler, Çizelge 7.34'de verilmiştir. Bu mesafeden itibaren YSD-DSD değerinde meydana gelebilecek artış nedeni ile konuşmanın sınıflar içerisindeki anlaşılabilirliği azalacaktır. Böyle bir olumsuz durumun önüne geçmek için, bu mesafenin uzağında konuşlanmış öğrenciler için, DSD (Dolaysız ses düzeyi) değerinin artırılması çalışmalarına gidilmelidir. Varlık kriteri değeri açısından olumlu mesafe sınırları içerisinde kalan öğrencilerin yüzdesi, ortalama 40 kişilik sınıf geneli göz önünde tutulduğunda, hazırlık sınıfları için bu değer % 50, diğer sınıflar için ise %35-40 gibi düşük bir değere tekabül etmektedir ki bu da sınıfın % 60-70' sinin varlık kriteri açısından olumsuz bir yerleşim düzeniyle konuşlandığı gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Şehremini Lisesi için varlık kriteri hesap değerleri ise Çizelge 7.35'de verilmiştir.

Çizelge 7.35'de verilen Şehremini Lisesi'ndeki sınıflar için varlık kriteri değerlerine göre, varlık kriteri sınır uzaklığı ortalama 2,5 m'dir. Öğretmenden 2,5 m uzaklıkta ise ortalama 40 kişilik sınıflar göz önünde tutulduğunda, sınıf mevcudiyetinin yaklaşık % 50' si sınırlar

dahilinde kaldığı, geriye kalan % 50' si ise varlık kriteri açısından elverişsiz mesafelerde konuşlandırıldığı görülmektedir. Öğretmenden 2,5 m uzaklıkta, her bir sınıf için elde edilen YSD-DSD değerleri, anlaşılabilirlikte sınır değer olarak algılanmalı ve bu değer üzerindeki uzaklıklar için, DSD değerinin artırılması ile anlaşılabilirlikteki olumsuzluklar ortadan kaldırılmaldır.

Çizelge 7.35 Şehremini Lisesi için sınıflara göre varlık kriterinin sağlandığı sınır mesafe

Sınıf	Hacim (m <sup>3</sup> )	Reverberasyon süresi (T <sub>60</sub> , sn)	Varlık kriteri açısından sınır uzaklıklar (m)	YSD-DSD, dB
11 Fen A	90	0,63	2,6	5,3
11 Fen B	90	0,69	2,5	5,7
11 Türkçe-Mat. A	90	0,67	2,5	5,6
9 A	90	0,63	2,6	5,3
9 B	90	0,64	2,6	5,4
9 C	90	0,67	2,5	5,6
9 D	90	0,63	2,6	5,3
9 E	90	0,70	2,5	5,8
9 F	90	0,65	2,6	5,5
9 G/9 İ	90	0,69	2,5	5,7
10 Fen A	90	0,63	2,6	5,3
10 Fen B	90	0,67	2,5	5,6
10 Fen C	90	0,65	2,6	5,5
10 Türkçe-Mat. A	90	0,63	2,6	5,3
10 Türkçe-Mat. B	90	0,67	2,5	5,6
Hazırlık A	90	0,64	2,6	5,4
Hazırlık B	90	0,67	2,5	5,6
Hazırlık C	90	0,71	2,5	5,9
Hazırlık D	90	0,69	2,5	5,7
Hazırlık E	90	0,67	2,5	5,6
Hazırlık F	90	0,65	2,6	5,5

### 7.2.6 Okullarda sınıf içi netlik (Clarity, C<sub>50</sub>) değerlendirmeleri

Çalışma yapılan okulların tüm sınıflarında Netlik (C<sub>50</sub>) değerlerinin hesaplanması, Denklem 5.6 ifadesi dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen C<sub>50</sub> değerleri, dolaysız ses ile alıcıya ulaşan ilk yansımalar arasındaki düzey farkını vermektedir. Denklem 5.6 ile hesaplanan C<sub>50</sub> değerleri, her iki okul için sınıflardaki Sabine formülü yardımı ile daha önceden tespit edilen reverberasyon sürelerine göre hesaplanarak, elde edilen veriler sırası ile Çizelge 7.36 ve Çizelge 7.37'de verilmiştir.

Her iki lise için elde edilen C<sub>50</sub> değerlerinin, konuşma amaçlı hacimlerde öngörülen 50 msn'lik zaman aralığı süresi içerisinde kaldığı, Şekil 7.15'de görülmektedir. Şekil 7.15'ten görüldüğü üzere (işaretle bölge), her iki lise, %10'un altı olan ve "iyi" olarak değerlendirilen sınırların arasında kaldığı görülmektedir. Buna göre çalışma yapılan dersliklerde ilk yansımalarından oluşan herhangi bir olumsuz etki söz konusu değildir.

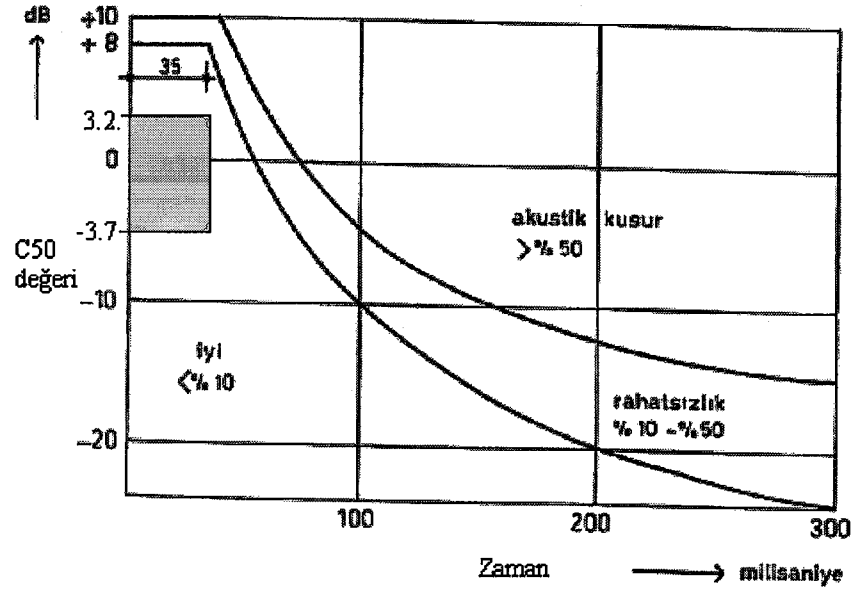
Çizelge 7.36 Pertevniyal Lisesi sınıf içi reverberasyon sürelerine göre  $C_{50}$  değerleri, dB

Sınıflar	Reverberasyon süresi ( $T_{60}$ , sn)	$C_{50}$ değerleri, dB	Yeşinlik artışı, dB
Haz A	0,87	0,8	+3
Haz B	0,86	0,9	+3
Haz C	0,85	1,0	+2,5
Haz D	0,86	0,9	+3
Haz E	0,89	0,7	+3
Haz F	0,92	0,5	+3
Haz G	0,92	0,5	+3
Haz H	0,89	0,7	+3
1A	0,95	0,3	+3
1B	0,97	0,2	+3
1C	0,97	0,2	+3
1D	0,98	0,1	+3
1E	1,7	-3,0	+1,8
1F	1,74	-3,1	+1,8
1G	1,7	-3,0	+1,8
A1 2	1,96	-3,7	+1,5

Çizelge 7.37 Şehremini Lisesi sınıf içi reverberasyon sürelerine göre  $C_{50}$  değerleri, dB

Sınıflar	Reverberasyon süresi ( $T_{60}$ , sn)	$C_{50}$ değerleri, dB	Yeşinlik artışı, dB
11 Fen A	0,63	3,0	+1,8
11 Fen B	0,69	2,4	+2,0
11 Türkçe-Mat. A	0,67	2,6	+2,0
9 A	0,63	3,0	+1,8
9 B	0,64	2,9	+2,0
9 C	0,67	2,6	+2,0
9 D	0,63	3,0	+1,8
9 E	0,7	2,3	+2,0
9 F	0,65	2,8	+2,0
9 G/9 İ	0,69	2,4	+2,0
10 Fen A	0,63	3,0	+1,8
10 Fen B	0,67	2,6	+2,0
10 Fen C	0,65	2,8	+2,0
10 Türkçe-Mat. A	0,63	3,0	+1,8
10 Türkçe-Mat. B	0,67	2,6	+2,0
Hazırlık A	0,64	2,9	+2,0
Hazırlık B	0,67	2,6	+2,0
Hazırlık C	0,71	2,2	+2,0
Hazırlık D	0,69	2,4	+2,0
Hazırlık E	0,67	2,6	+2,0
Hazırlık F	0,65	2,8	+2,0





Şekil 7.15 Zamana göre liselere ait  $C_{50}$  netlik değerinin değişim aralığı

### 7.2.7 İlk yansımaların yararlı etkileri

Hesaplamalar sonucu, sınıflar için  $C_{50}$  değerlerinin hiç bir zararlı etkisinin olmadığı belirlenmiştir. İlk yansımaların yararlı etkilerinin araştırılması sonucunda, özellikle liselerde sınıflara göre elde edilen ve daha önceki değerlendirmelerde ele alınan YSD-DSD ayrımı için, sınır değer olan +11 dBA'nın aşıldığı uzaklıklar dikkate alınmıştır. Sınır değer olan 11 dBA ile bu değer aşıldığı düzey farkları (DSD değerindeki artış miktarları), mesafelere göre değişik noktalarda (Öğrenci oturma planına göre), Çizelge 7.38'de verilmiştir.

Çizelge 7.38 Pertevniyal Lisesi, YSD-DSD açısından ilk yansımaların sağladığı fayda

Sınıflar	Kaynak-Alıcı mesafesine göre YSD-DSD değerleri, dB						Yeğnlik artışı, dB
	300 cm	350 cm	400 cm	450 cm	500 cm	550 cm	
Haz A	0,6	1,9	3,0	4,1	5,0	5,8	+3,0
Haz B	0,5	1,8	2,9	4,0	4,9	5,7	+3,0
Haz C	0,5	1,8	2,9	4,0	4,9	5,7	+2,5
Haz D	0,5	1,8	2,9	4,0	4,9	5,7	+3,0
Haz E	0,4	1,7	2,8	3,9	4,8	5,6	+3,0
Haz F	0,5	1,8	2,9	4,0	4,9	5,7	+3,0
Haz G	0,6	1,9	3,0	4,1	5,0	5,8	+3,0
Haz H	0,4	1,7	2,8	3,9	4,8	5,6	+3,0
1A	0,2	1,5	2,6	3,7	4,6	5,4	+3,0
1B	0,0	1,3	2,4	3,5	4,4	5,2	+3,0
1C	0,0	1,3	2,4	3,5	4,4	5,2	+3,0
1D	0,3	1,6	2,7	3,8	4,7	5,5	+3,0
1E	-1,5	-0,2	0,9	2,0	2,9	3,7	+1,8
1F	-1,5	-0,2	0,9	2,0	2,9	3,7	+1,8
1G	-1,5	-0,2	0,9	2,0	2,9	3,7	+1,8
Aİ 2	-1,2	0,1	1,2	2,3	3,2	4,0	+1,5

İlk yansımalarından kaynaklanabilecek seslerin DSD değerleri için faydalı olabileceği değerler Çizelge 7.38’de verilmiştir. Buna rağmen ilk yansımaların katkıda bulunabileceği faydalı ses düzeyindeki artışlarla bile konuşmanın anlaşılabilirliği açısından YSD-DSD ayrımları için öngörülen 11 dBA’lık azami düzey farkının sağlanamadığı noktalar tespit edilmiştir. Buna göre ilk yansımaların faydasının göz önünde bulundurulduğu halde, yine olumsuz konumda olan noktalar Çizelge 7.39’da “-“, olumlu noktalar ise “+” değer olarak verilmiştir.

Çizelge 7.39 Sınıflarda ilk yansımaların yetersiz kaldığı noktalar (Pertevniyal Lisesi)

Sınıflar	Mesafelere göre YSD-DSD’deki düzeltilmeler, dB					
	300 cm	350 cm	400 cm	450 cm	500 cm	550 cm
Haz A	+2,4	+1,1	0,0	-1,1	-2,0	-2,8
Haz B	+2,5	+1,2	+0,1	-1,0	-1,9	-2,7
Haz C	+2,0	+0,7	-0,4	-1,5	-2,4	-3,2
Haz D	+2,5	+1,2	+0,1	-1,0	-1,9	-2,7
Haz E	+2,6	+1,3	+0,2	-0,9	-1,8	-2,6
Haz F	+2,5	+1,2	+0,1	-1,0	-1,9	-2,7
Haz G	+2,4	+1,1	0,0	-1,1	-2,0	-2,8
Haz H	+2,6	+1,3	+0,2	-0,9	-1,8	-2,6
1A	+2,8	+1,5	+0,4	-0,7	-1,6	-2,4
1B	-	+1,7	+0,6	-0,5	-1,4	-2,2
1C	-	+1,7	+0,6	-0,5	-1,4	-2,2
1D	+2,7	+1,4	+0,3	-0,8	-1,7	-2,5
1E	-	-	+0,9	-0,2	-1,1	-1,9
1F	-	-	+0,9	-0,2	-1,1	-1,9
1G	-	-	+0,9	-0,2	-1,1	-1,9
A1 2	-	+1,4	+0,3	-0,8	-1,7	-2,5

Çizelge 7.39’den görüldüğü üzere ilk yansımaların, sınıflar için her noktada yeterli anlaşılabilirliği sağlayacak düzeyde olmadığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda da Pertevniyal Lisesi için hemen hemen tüm sınıflarda YSD-DSD değerlendirmelerine göre, öğretmenden ortalama 4,5 m öteden itibaren anlaşılabilirlik düzeyleri ilk yansımaların DSD üzerinde neden olduğu düzey artışı yetersiz kaldığı, ve bu mesafeden itibaren konuşlanmış öğrenciler açısından olumsuz durumun başladığı tespit edilmiştir.

Şehremini Lisesi’nde elde edilen sonuçlara göre, tüm sınıflarda YSD-DSD değerleri, sınır değer olan +11 dB’in altında kalmaktadır. Sadece Hazırlık C sınıfında bu değer +11,1 olarak bulunmuştur. Bu değer de, genel değerlendirme mantığına göre herhangi bir olumsuz durum oluşturacak seviyede değildir. Dolayısıyla seslerin bir birini maskeleyerek, YSD-DSD ayrımı açısından herhangi bir olumsuzluk söz konusu değildir. Buna göre sınıflar olumlu olarak değerlendirilebilir.

### 7.3 Ölçüme Dayalı Yapılan Araştırmaların Toplu Sonuçları

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği Pertevniyal ve Şehremini Liseleri'nde, hem ölçüme dayalı hem de hesaplama saptanan gürültü-egitim ilişkilendirilmesine yönelik parametrelerin toplu sonuçlarının gösterimi; her iki okul için ayrı olarak sınıf içi gürültü düzeyleri, sınıf içerisinde anlaşılabilirliği etkileyen bazı akustik parametreler, sınıflara ait fizik ortam değişkenler olarak Çizelge 7.40 ve Çizelge 7.41'de verilmiştir. Elde edilen ölçüm ve hesap neticelerine ait değerler, sınıflarda derslerin olduğu dönemler göz önünde tutularak sunulmuştur. Çizelge 7.40 ve Çizelge 7.41'in incelenmesi ile, Pertevniyal Lisesi'nde dış gürültü etkisinden önce sınıfların yapısal fiziki durumlarındaki uygunsuzluğunun öne çıktığı, Şehremini Lisesi'nde ise dış gürültü uygunsuzluğunun önde geldiği, yapı fiziki durum uygunsuzluğunun ise sonra geldiği belirlenmiştir.

Her iki okul için tüm sınıflar genelinde elde edilen sonuçlardan değişik parametreler açısından toplu değerlendirme verileri aşağıda Çizelge 7.42'de verilmiştir.

Çizelge 7.40 Pertevniyal Lisesi toplu sonuç değerlendirmesi

Sınıflar	Akustik kriterler						
	Sınıf içi gürültü düzeyleri, dBA		Toplam yutuculuk, Sabine	Reverberasyon süresi, sn	Varlık kriteri, %	YSD-DSD değeri, dB	Netlik C <sub>50</sub> dB
	Pencere kapalı	Pencere açık					
Hazırlık A	66,6	71,3	22,67	0,87	50	12,2	0,8
Hazırlık B	66,3	69,5	23,32	0,86	50	12,1	0,9
Hazırlık C	68,4	72,3	23,26	0,85	50	12,1	1,0
Hazırlık D	65,9	72,0	23,32	0,86	50	12,1	0,9
Hazırlık E	65,2	71,5	23,39	0,89	50	12,1	0,7
Hazırlık F	66,7	70,4	22,61	0,92	50	12,2	0,5
Hazırlık G	61,2	71,7	23,50	1,00	50	12,4	0,5
Hazırlık H	62,8	68,5	23,39	0,89	50	12,1	0,7
1A	61,5	60,0	24,17	0,95	35	11,9	0,3
1B	60,5	62,5	25,17	0,97	35	11,8	0,2
1C	61,0	66,2	25,17	0,97	40	11,8	0,2
1D	59,5	63,1	23,39	0,98	40	12,1	0,1
1E	62,1	68,2	28,88	1,70	40	11,2	-3,0
1F	65,9	68,2	28,10	1,74	40	11,3	-3,1
1G	59,6	59,7	28,88	1,70	35	11,2	-3,0
Al 2	59,5	69,5	24,98	1,96	40	11,8	-3,7
Ortalama	63,9	66,0	-	1,4	41,6	11,8	-
Standart değer	45	45	-	0,6	100	11	-
Uygunsuzluk, %	42	46	-	133	58,4	7,2	-

Çizelge 7.41 Şehremini Lisesi toplu sonuç değerlendirmesi

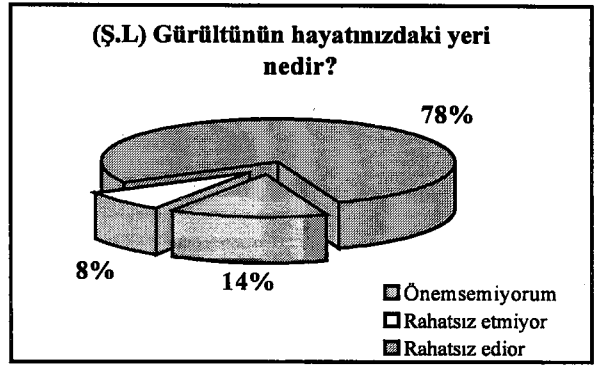
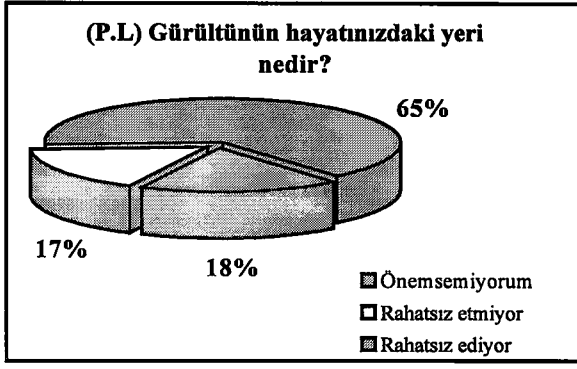
Sınıflar	Akustik kriterler						Netlik C <sub>50</sub> dB
	Sınıf içi gürültü düzeyleri, dBA		Toplam yutuculuk	Reverberasyon süresi, sn	Varlık kriteri oranı, %	YSD-DSD değeri, dB	
	Pencere kapalı	Pencere açık					
11 Fen A	65,7	70,9	29,87	0,63	50	5,3	3,0
11 Fen B	66,5	72,0	27,92	0,69	50	5,7	2,4
11 Türkçe-Mat. A	58,0	60,3	28,31	0,67	50	5,6	2,6
9 A	66,6	68,9	29,87	0,63	50	5,3	3,0
9 B	64,2	71,5	29,48	0,64	50	5,4	2,9
9 C	65,7	72,3	28,31	0,67	50	5,6	2,6
9 D	57,5	58,9	29,87	0,63	50	5,3	3,0
9 E	61,6	62,5	27,53	0,70	50	5,8	2,3
9 F	60,9	57,2	29,09	0,65	50	5,5	2,8
9 G/9 I	57,4	56,6	27,92	0,69	50	5,7	2,4
10 Fen A	59,3	66,4	29,87	0,63	50	5,3	3,0
10 Fen B	57,4	65,1	28,31	0,67	50	5,6	2,6
10 Fen C	65,4	53,2	29,09	0,65	50	5,5	2,8
10 Türkçe-Mat.A	58,6	55,1	29,87	0,63	50	5,3	3,0
10 Türkçe-Mat.B	51,2	60,1	28,31	0,67	50	5,6	2,6
Hazırlık A	65,9	69,3	29,48	0,64	50	5,4	2,9
Hazırlık B	63,6	71,1	28,31	0,67	50	5,6	2,6
Hazırlık C	65,0	70,0	27,14	0,71	50	5,9	2,2
Hazırlık D	58,3	56,2	27,92	0,69	50	5,7	2,4
Hazırlık E	60,9	52,3	28,31	0,67	50	5,6	2,6
Hazırlık F	56,4	61,7	29,09	0,65	50	5,5	2,8
Ortalama	58,7	62,3	-	0,67	50	5,6	-
Standart değer	45	45	-	0,6	100	11	-
% Uygunsuzluk	30	38,4	-	11,7	50	Uygun	-

Çizelge 7.42 Her iki lise için değişik parametrelerin minimum, maksimum, ortalama ve uygunsuzluk değerleri

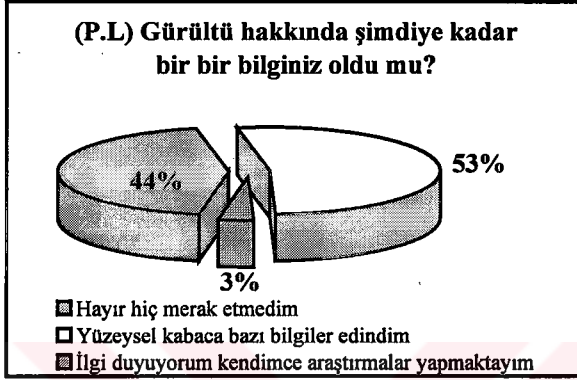
Okul	Akustik kriterler					
	Veriler	Pencere kapalı, dBA	Pencere açık, dBA	Reverberasyon süresi, sn	Varlık kriterinin sağlandığı oran, %	YSD-DSD dB
Pertevniyal Lisesi	Ortalama	63,9	66,0	1,4	41,6	11,8
	% Uygunsuzluk	42	46	133	58,4	7,2
Şehremini Lisesi	Ortalama	58,7	62,3	0,67	50	5,6
	% Uygunsuzluk	30	38,4	11,7	50	Uygun
Standart değer		45	45	0,6	% 100	11

#### 7.4 Anket Araştırması Sonuçları

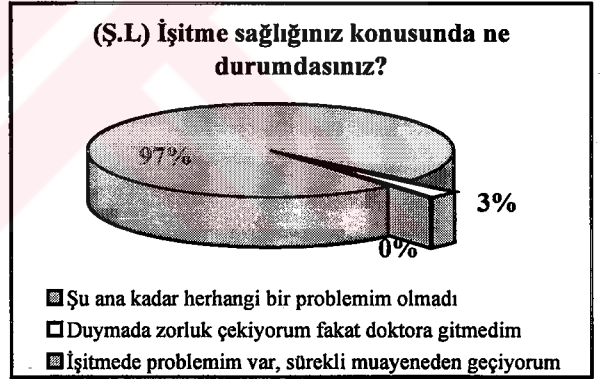
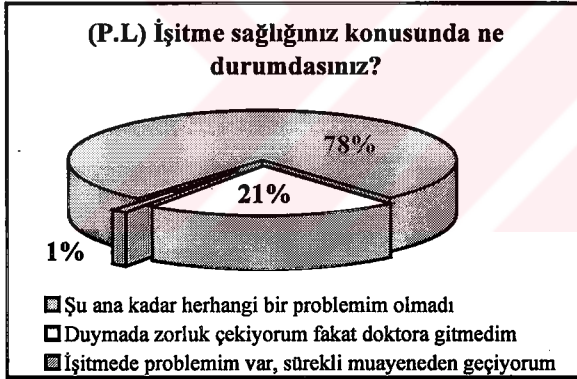
Anket çalışması, her iki lisede de temsil özelliği olan 5'er sınıfta gerçekleştirilmiştir. Anket çalışmasına göre öğrencilerin toplam 15 soruya vermiş oldukları cevapların dağılımı, aşağıda Şekil 7.16 (1a) ile Şekil 7.16 (1o)'da sunulmuştur. Şekillerde Pertevniyal Lisesi kısaca P.L ve Şehremini Lisesi de kısaca Ş.L olarak gösterilmiştir.



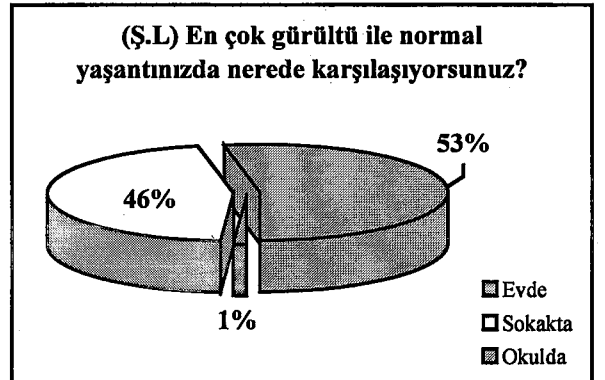
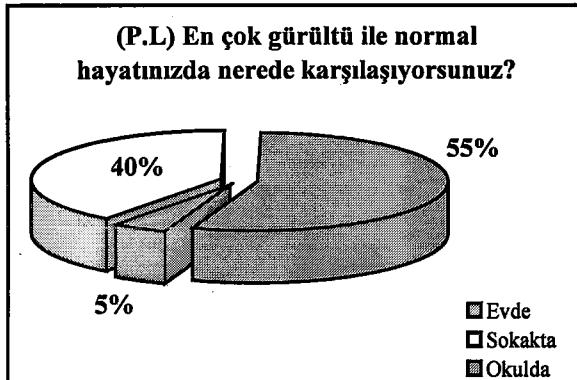
(1a)



(1b)

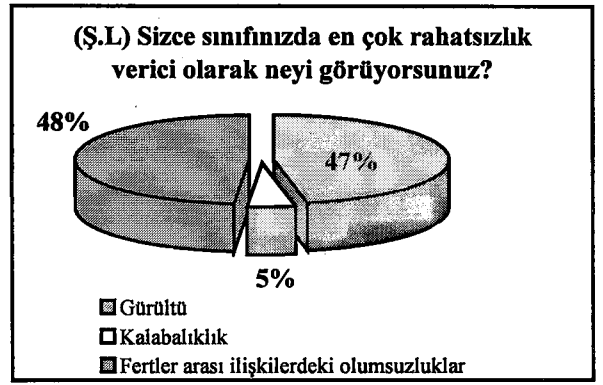
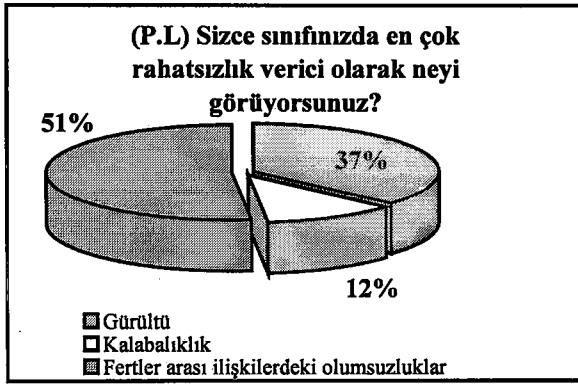


(1c)

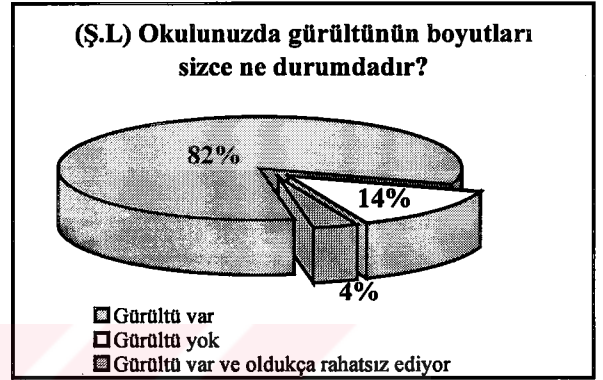
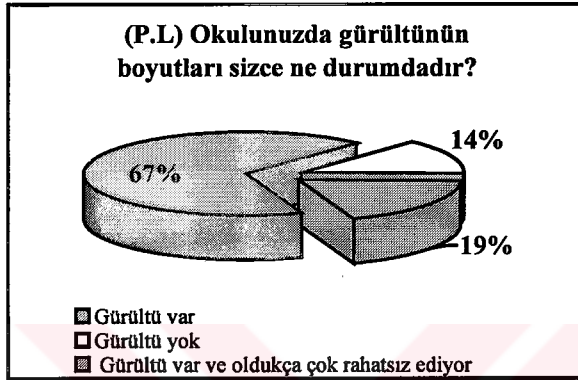


(1d)

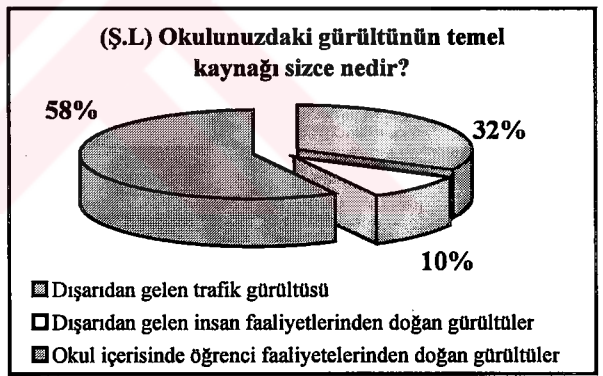
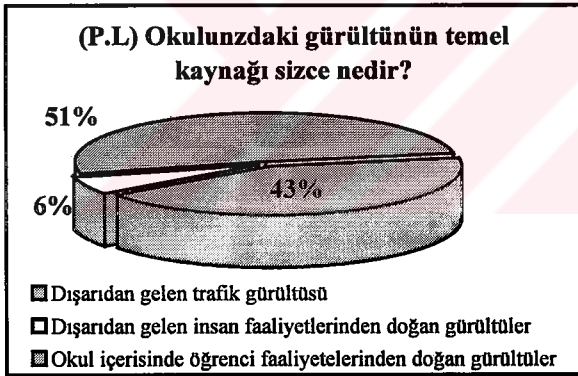




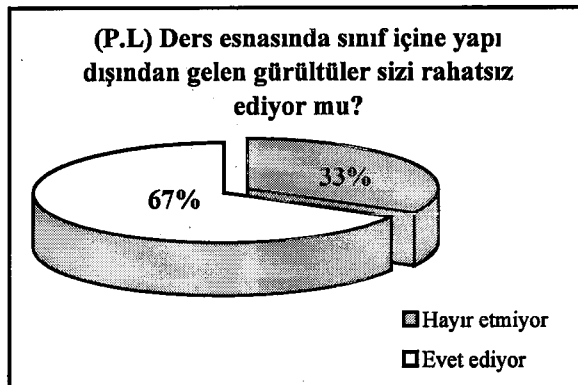
(1e)



(1f)

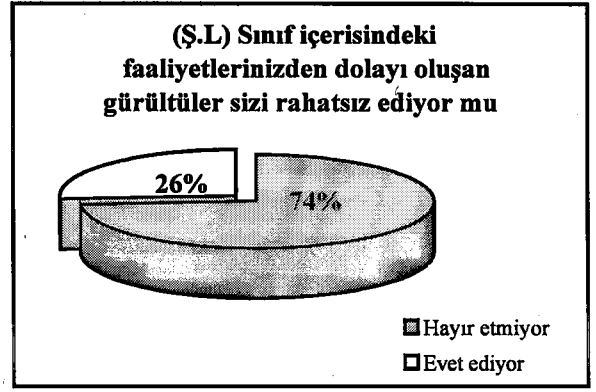
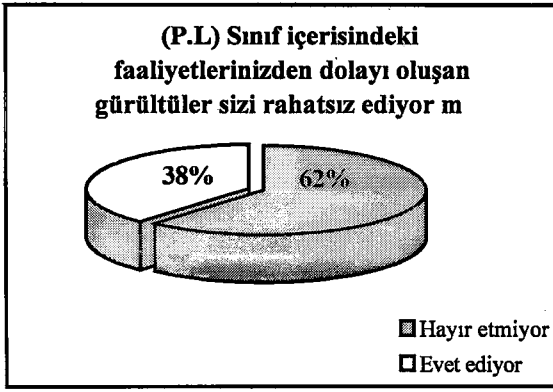


(1g)

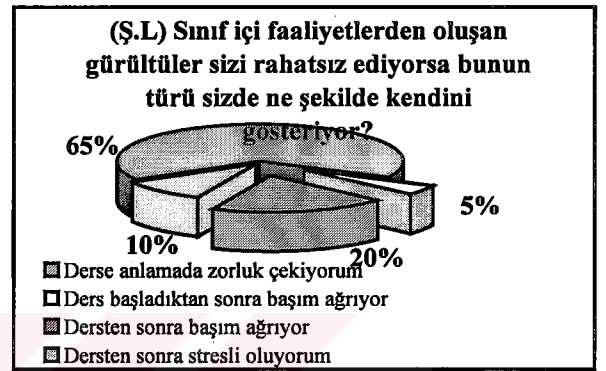
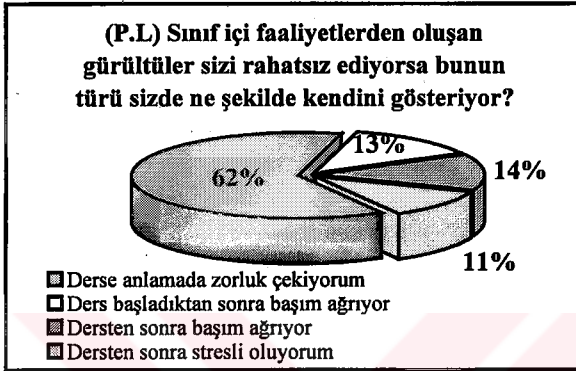


(1h)

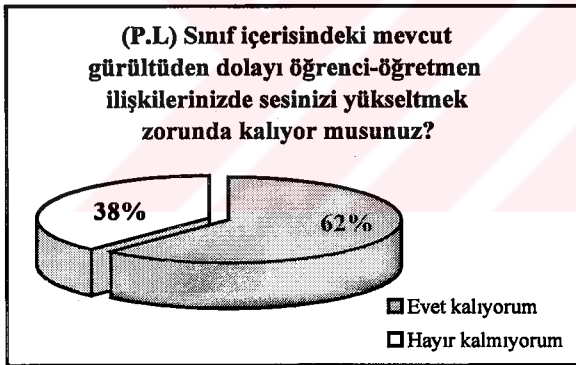




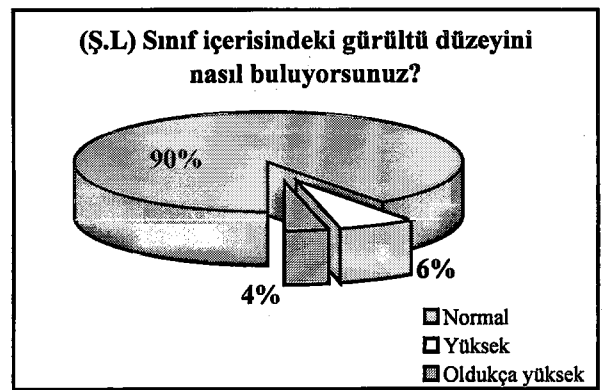
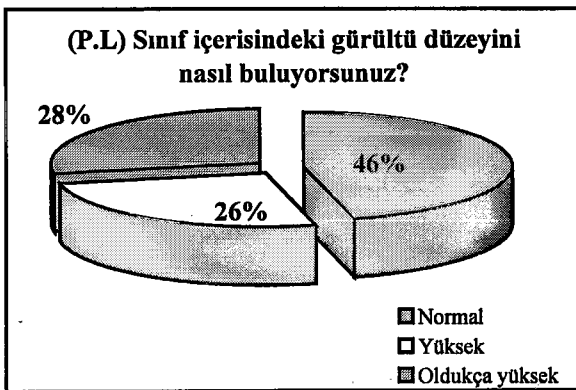
(1i)



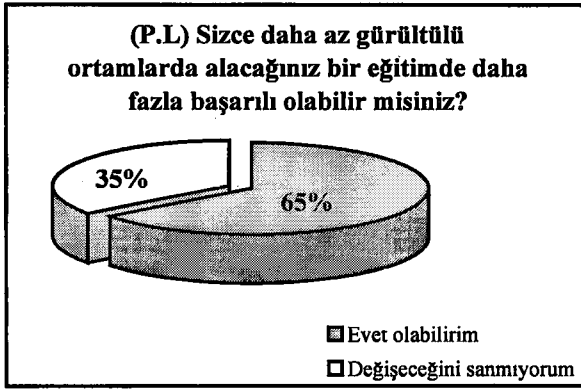
(1j)



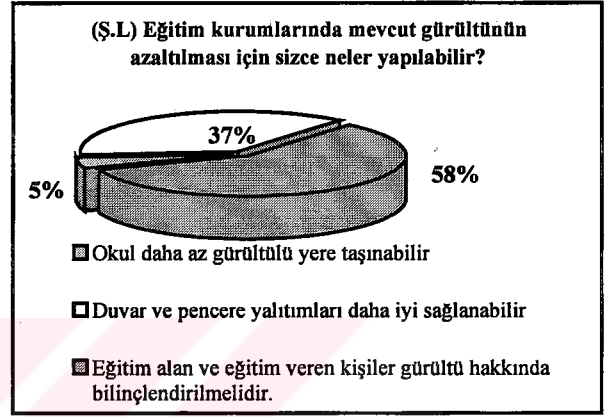
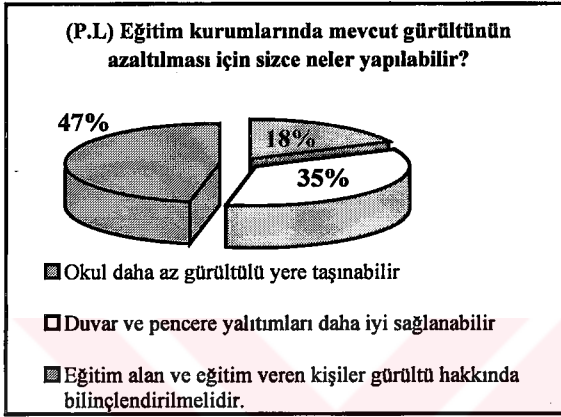
(1k)



(1l)



(1m)



(1n)



(1o)

Şekil 7.16 Pertevniyal ve Şehremini Liseleri'nde anket soru cevaplarının dağılımı

Şekil 7.16'daki sonuçlar, gürültüden dolayı her iki lisede öğrencilerin olumsuz bir şekilde etkilendiklerini ortaya çıkarmaktadır.

## 7.5 Akustik Konfor Parametreleri Ölçüm Sonuçları İle Anket Çalışması Sonuçlarının Uyumluluk Analizi

Bölüm 7’de belirlenen gürültü düzeyleri, iç ortam akustik koşulları ve anket ölçümleri, gürültünün eğitim esnasında öğrencilerin anlamasına etkisini ölçmek için yapılmıştır. Her iki çalışmada da belirlenmek istenen etki “olumsuz” olup, belirlenen ise “olumsuzluk” derecesidir. Bu kısımda, bu her iki yönden araştırılan “olumsuzluk derecelerinin”, uyumluluk gösterip, göstermediği analiz edilecektir.

Yukarda belirtilen anket çalışması, her iki lisede farklı konumlarda seçilmiş toplam 10 sınıfta yapılmıştır. Bu sınıflar için elde edilen;

- Gürültü düzeyleri (pencere kapalı ve açık),
- Varlık kriteri
- YSD-DSD değeri
- Reverberasyon süresi

ile uyumluluk, anketlerde belirlenen “dersi anlamayı zorlaştıran olumsuzluk” düzeylerine veya kısaca “uygunsuzluk” düzeylerine karşılık lineer regresyon analiz tekniği ile belirlenmiştir.

Analiz çalışmasını yapabilmek için, anket çalışmasındaki “dersi anlamayı zorlaştıran olumsuzluk” veya diğer deyişle “uygunsuzluk” durumunu doğrudan ifade edecek sorular; 1., 3., 5., 6. ve 11. sorulardır. Olumsuzluk düzeylerinin belirlenmesinde, bu sorulara verilen cevapların en olumsuzuna 10 ve en olumlusuna da 0 değeri verilmiş, arada kalan cevaplara 0 ile 10 arasında değerler verilmiştir. Çizelge 7.43’de bu seçilen sorular ve cevaplarına verilen “uygunsuzluk” değerleri 10 üzerinden verilmiştir. Çizelge 7.43’deki bu değerler, ankette elde edilen cevap yüzdeleri ile çarpılarak, sınıflar için “ortalama uygunsuzluk” düzeyi değerleri Çizelge 7.43, Çizelge 7.44, Çizelge 7.45 ve Çizelge 7.46’da gösterilmiştir. Çizelge 7.47’de verilen bu değerlerle sınıflarda belirlenmiş ölçüm parametrelerinin korelasyonu sonucu değerleri, her bir parametre için Şekil 7.17’de gösterilmiş olup, bu istatistiksel katsayıların toplu sonuçları ise Çizelge 7.48’de verilmiştir.

Çizelge 7.43 Seçilen sorular ve cevap "olumsuzluk" değerleri (10 üzerinden)

Soru	Şıklara göre cevap yüzdeleri	"Olumsuzluk" değeri
1. Soru	Gürültünün hayatınızdaki yeri nedir? A) Önemsemiyorum B) Rahatsız etmiyor C) Rahatsız ediyor	3 0 10
3. Soru	İşitme sağlığınız konusunda ne durumdasınız? A) Şu ana kadar herhangi bir problemim olmadı B) Duymada zorluk çekiyorum fakat doktora gitmedim C) İşitmede problemim var, sürekli muayeneden geçiyorum	0 8 10
5. Soru	Sizce sınıfınızda en çok rahatsızlık verici olarak neyi görüyorsunuz? A) Gürültü B) Kalabalıklık C) Fertler arası ilişkilerdeki olumsuzluklar	10 0 0
6. Soru	Okulunuzda gürültünün boyutları sizce ne durumdadır? A) Gürültü var B) Gürültü yor C) Gürültü var ve oldukça rahatsız ediyor	6 0 10
11. Soru	Sınıf içerisindeki gürültüden dolayı öğretmen-öğrenci ilişkilerinizde sesinizi yükseltmek zorunda kalıyor musunuz? A) Evet kalıyorum B) Hayır kalmıyorum	10 0

Çizelge 7.44 Pertevniyal Lisesi sınıflara göre ortalama anket uygunsuzluk değerleri ve cevap yüzdeleri

Sorular	Sınıflara göre ortalama uygunsuzluk değerleri				
	Hazırlık A	Hazırlık B	Hazırlık D	1A	1G
1. Soru	A )%14,3*3 B )%10,7*0 C )%75*10 7,93	A )%9,7*3 B )%29*0 C )%61,3*10 6,42	A )%20,7*3 B )%6,9*0 C )%72,4*10 7,86	A )%28,1*3 B )%18,6*0 C )%53,3*10 6,17	A )%23,2*3 B )%10,1*0 C )%66,7*10 7,37
3. Soru	A )%96*0 B )%0*8 C )%4*10 0,40	A )%96,7*0 B )%0*8 C )%3,3*10 0,33	A )%100*0 B )%0*8 C )%0*10 0,00	A )%96,8*0 B )%0*8 C )%3,2*10 0,32	A )100*0 B )0*8 C )0*10 0,00
5. Soru	A )%50*10 B )%10,7*0 C )%39,3*0 5,00	A )%74,1*10 B )%0*0 C )%25*0 7,41	A )%41,4*10 B )%17,2*0 C )%41,4*0 4,14	A )%25*10 B )%15,6*0 C )%59,4*0 2,50	A )%22,2*10 B )514,8*0 C )%63*0 2,22
6. Soru	A )%75*6 B )%14,2*0 C )%10,8*10 5,58	A )%67,7*6 B )%19,4*0 C )%12,9*10 5,35	A )%55,1*6 B )%3,5*0 C )%41,4*10 7,45	A )%59,5*6 B )%21,9*0 C )%18,6*10 5,43	A )%89*6 B )%7,4*0 C )%3,6*10 5,70
11. Soru	A )%50*10 B )%50*0 5,00	A )%77,4*10 B )%22,6*0 7,74	A )%62*10 B )%11*0 6,20	A )%56,3*10 B )%45,7*0 5,63	A )%67*10 B )%33*0 6,70

Çizelge 7.45 Şehremini Lisesi sınıflara göre anket olumsuzluk katsayıları değerleri ve cevap yüzdeleri

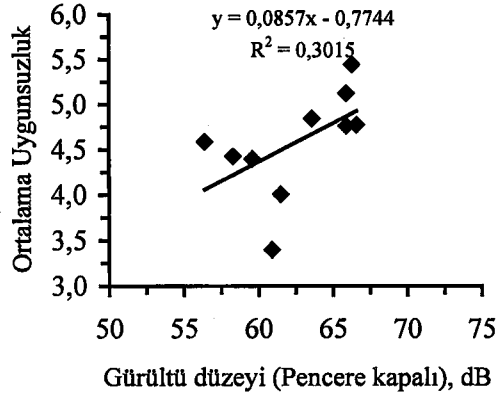
Sorular	Sınıflara göre ortalama uygunsuzluk değerleri				
	Hazırlık A	Hazırlık B	Hazırlık D	Hazırlık E	Hazırlık F
1. Soru	A )%25*3 B )%25*0 C )%50*10	A )%17,1*3 B )%12,2*0 C )%70,7*10	A )%26,3*3 B )%0*0 C )%73,7*10	A )%20*3 B )%20*0 C )%60*10	A )%16*3 B )%8*0 C )%76*10
	5,75	7,583	8,159	6,6	8,08
3. Soru	A )%100*0 B )%0*8 C )%0*10	A )%100*0 B )%0*8 C )%0*10	A )%100*0 B )%0*8 C )%0*10	A )%100*0 B )%0*8 C )%0*10	A )%84*0 B )%12*8 C )%4*10
	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36
5. Soru	A )%43,7*10 B )%6,3*0 C )%50*0	A )%48,8*10 B )%2,4*0 C )%48,8*0	A )%31,5*10 B )%5,3*0 C )%63,1*0	A )%40*10 B )%20*0 C )%40*0	A )%68*10 B )%8*0 C )%24*0
	4,37	4,88	3,15	4,00	6,80
6. Soru	A )%93,8*6 B )%0*0 C )%6,2*10	A )%82,9*6 B )%12,2*0 C )%4,9*10	A )%84,2*6 B )%10,5*0 C )%5,3*10	A )%90*6 B )%10*0 C )%0*10	A )%72*6 B )%28*0 C )%0*10
	6,25	5,46	5,58	5,40	4,32
11. Soru	A )%75*10 B )%25*0	A )%63,4*10 B )%36,6*0	A )%52,7*10 B )%47,3*0	A )%10*10 B )%90*0	A )%24*10 B )%76*0
	7,50	6,34	5,27	1,00	2,40

Çizelge 7.46 İki lisede sınıf içi ortalama uygunsuzluk değerlerinin toplu gösterimi

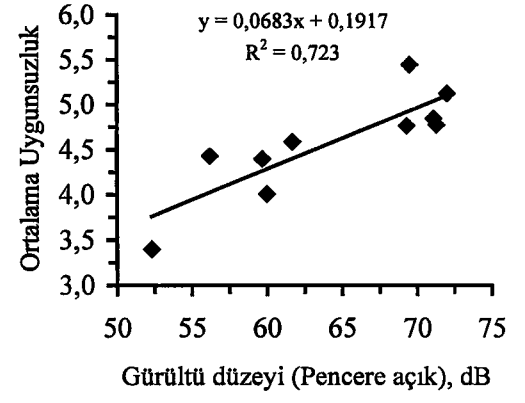
	Sınıflara göre belirlenen uygunsuzluk değerleri									
	Pertevniyal Lisesi					Şehremini Lisesi				
	Haz. A	Haz. B	Haz. D	1A	1G	Haz. A	Haz. B	Haz. D	Haz. E	Haz. F
1. Soru	7,92	6,42	7,86	6,17	7,36	5,75	7,58	8,15	6,60	8,08
3. Soru	0,40	0,33	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36
5. Soru	5,00	7,41	4,14	2,50	2,22	4,37	4,88	3,15	4,00	6,80
6. Soru	5,58	5,35	7,44	5,43	5,70	6,24	5,46	5,58	5,40	4,32
11. Soru	5,00	7,74	6,20	5,63	6,70	7,50	6,34	5,27	1,00	2,40
Ort.uygunsuzluk değerleri	4,78	5,45	5,13	4,01	4,40	4,77	4,85	4,43	3,40	4,59

Çizelge 7.47 Sınıflarda rahatsızlık ölçütünde öncelikli olarak belirlenen parametrelerin ortalamaları

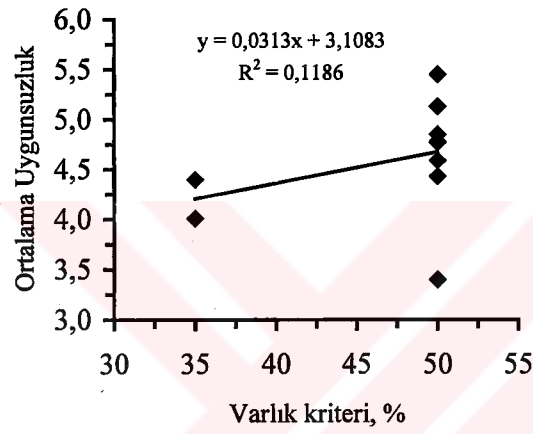
Parametre	Parametreler için sınıflarda ölçülen/belirlenen değerler									
	Pertevniyal Lisesi					Şehremini Lisesi				
	Haz. A	Haz. B	Haz. D	1A	1G	Haz. A	Haz. B	Haz. D	Haz. E	Haz. F
Pencere kapalı, dB	66,6	66,3	65,9	61,5	59,6	65,9	63,6	58,3	60,9	56,4
Pencere açık, dB	71,3	69,5	72,0	60,0	59,7	69,3	71,1	56,2	52,3	61,7
Varlık kriteri, %	50	50	50	35	35	50	50	50	50	50
YDS-DSD dB	12,2	12,1	12,1	11,9	11,2	5,4	5,6	5,7	5,6	5,5
Reverberasyon süresi, sn	0,87	0,86	0,86	0,95	1,70	0,64	0,67	0,69	0,67	0,65



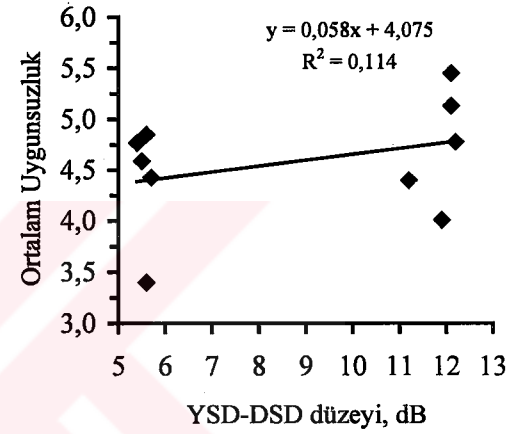
(a)



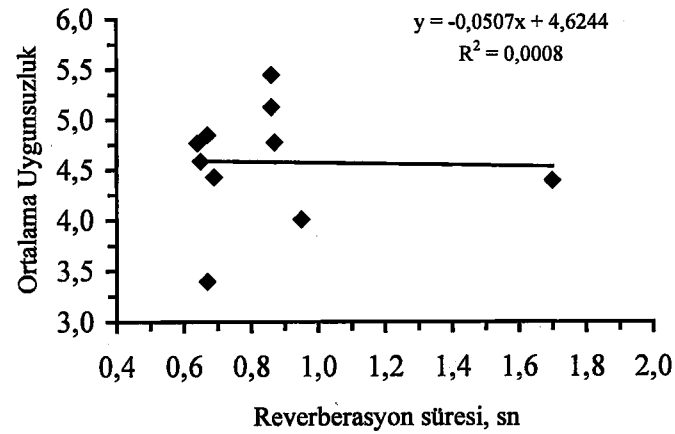
(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 7.17 Uygunsuzluk katsayıları ile ölçüm parametreleri arasındaki ilişkiler



Çizelge 7.48 n=10 derslikte ölçüm çalışmalarında belirlenen değerler ile anket çalışmalarından elde edilen “uygunsuzluk” derecelerinin uyumluluk analizi sonuçları

Sınıflar için elde edilen uygunsuzluk değerleri ile ilişkisi araştırılan Ölçülen Parametre	r	a	b	$x_{\text{ort-1}}$	$y_{\text{ort-1}}$
Sınıf içi gürültü düzeyi (pencere kapalı), dB	0,549	0,0856	-0,774	3,687	0,575
Sınıf içi gürültü düzeyi (pencere açık), dB	0,850	0,0682	0,191	7,169	
Varlık kriterinin gerçekleştiği oran, %	0,346	0,0313	3,108	6,325	
YSD-DSD, dB	0,338	0,0578	4,076	3,365	
Reverberasyon Süreleri	-0,027	-0,0506	4,624	0,317	

Çizelge 7.48’de verilen uyumluluk analizi sonuçlarının denklem takımları biçiminde ifadesi aşağıdaki gibi olacaktır:

$$\text{Sınıfların uygunsuzluğu} = 0,0856 - 0,774 * [\text{Sınıf iç gürültüsü (penc. kap.)}, \text{dB}], (r=0,549) \quad (7.1)$$

$$\text{Sınıfların uygunsuzluğu} = 0,0682 - 0,191 * [\text{Sınıf iç gürültüsü (penc. açık)}, \text{dB}], (r=0,850) \quad (7.2)$$

$$\text{Sınıfların uygunsuzluğu} = 0,0313 + 3,108 * [\text{Varlık Kriteri oran,1 \%}], (r=0,346) \quad (7.3)$$

$$\text{Sınıfların uygunsuzluğu} = 0,0578 + 4,076 * [\text{YSD-DSD}, \text{dB}], (r=0,338) \quad (7.4)$$

$$\text{Sınıfların uygunsuzluğu} = -0,0506 - 4,624 * [\text{Reverberasyon süresi, sn}], (r= -0,027) \quad (7.5)$$

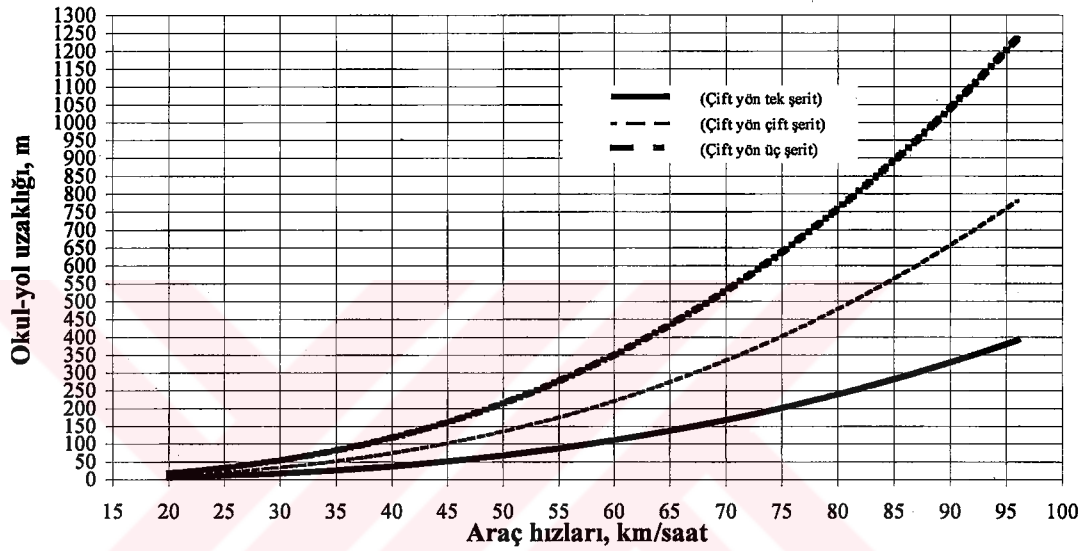
olarak bulunmuştur.

Çizelge 7.48’de belirlenen korelasyon katsayılarının genel değerlendirmesi ile de aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Sınıflardaki gürültü düzeyleri ile anketlerde belirlenen “uygunsuzluk” derecesi arasında daha anlamlı ( $r=0,549$  ve  $0,850$ ) bir ilişki mevcuttur
- Sınıfın fiziki yapısındaki tespitlerin, anketlerde belirlenen “uygunsuzluk” dereceleri ile çok daha az anlamlı ( $r=0,338$  ve  $0,346$ ) bir ilişkiye sahiptir.
- Özellikle pencereler açıkken sınıfta mevcut olan gürültü düzeyi ile ankette belirlenen “uygunsuzluk” derecesi arasında oldukça yüksek bir ilişki vardır ( $r = 0,850$ ).
- Anket sonucunda belirlenen “uygunsuzluk” dereceleri ile sınıfların herbirindeki fiziksel boyutlara göre elde edilen reverberasyon süreleri arasında herhangi bir anlamlılığın söz konusu olmadığı ortaya çıkmıştır ( $r = -0,027$ ).
- Akustik konfor parametreleri, ölçüm çalışmaları ve anket araştırmalarının uyumluluk analizi neticesinde; sınıflarda mevcut olan öğrenimi engelleyici uygunsuzluğun üzerine etki eden parametrelerin, etki düzeylerine göre sıralanması halinde; gürültü düzeyinin özellikle pencereler açıkken etkili olarak başta geldiği, bunu müteakiben yine pencereler kapalı iken dış gürültü düzeyinin önemli bir etkiye sahip olduğu, diğer akustik kalite konfor parametrelerinin ise bunlara göre çok daha az düzeyde etkili olduğu ve özellikle çok küçük mekanları oluşturan sınıflar için reverberasyon süresinin hiçbir olumlu/olumsuz etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

## 7.6 Trafik Gürültüsünden Etkilenmeyecek Eğitim Kurumlarının Yerleştirilmesinde Aranacak Kriterlerin Tespiti

Bu çalışmada trafiğin nadir olduğu bir yolda yapılan ölçümlerle belirlenen Şekil 5.2'deki değerlerin, Denklem 5.1 yardımı ile değişik trafik yükü ve araç hızlarına göre, bir okul binasının ön cephesinin trafikten olması gereken uzaklıkları hesaplanmış ve elde edilen değerler, sırası ile Şekil 7.18'de gösterilmiştir. Bu hesaplar, yol ile okul binası arasında gürültü yayılmasını önleyecek herhangi bir engelin bulunmadığı kabulü ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7.18 Yol trafik yükü ve araç hızına göre okul-yol arası mesafedeki değişim

Şekil 7.18'e göre, okullar için dış ortam gürültü sınır değeri olan 55 dBA, yol kenarına bitişik eğitim yapılarının hiç birinde sağlanamamaktadır. Çizelge 5.14'e göre, sadece tek yönlü ve tek şeritli bir yolda (tek aracın bulunduğu hal) dahi araç hızı 20 km/saat olduğu durumda dış gürültü düzeyi 55,1 dBA ile standart değeri aşmaktadır. Dolayısıyla hiçbir eğitim yapısının yol kenarına inşasının, akustik konfor açısından uygun olmayacağı önemli sonucu elde edilmiştir.

Modern kentleşme anlayışına göre; kent içerisinde en azından gidiş/dönüş birer şerit bulunması söz konusudur. Şehirlerin içinde çift yönlü iki şeritli yolların çok yaygın olduğu, bu şerit sayılarının ana arterlerde şehrin büyüklüğüne göre 3 veya daha fazla da olabildiği bilinmektedir. Çift yönlü 1, 2 ve 3 şeritli yollar bulunması hallerinde, okul binasının ön

cephesine gelen gürültü düzeylerinin, en düşük hız olan 20 km/saat'te dahi sırasıyla 58, 61 ve 63 dBA değerlerinde olacaktır. Karayolları Trafik Kanunu(1983) gereği şehir içinde uyulması gerekli hız tahdidi olan 50 km/saat halinde ise, iki yönlü 1, 2 ve 3 şeritli yollardaki trafik gürültülerinin Şekil 5.2 dikkate alınarak, sırası ile 68, 71 ve 73 dBA'ya çıktığı görülmektedir. Trafik yasasına göre okul önünden yavaş geçilmesi (50 km/saat'in altında) de bu durumda çözüm olmamaktadır. Şehir içi yollardaki taşıt hızının 50 km/saat olduğu dikkate alınır, bir okulun hiçbir gürültü önleyici engelin olmadığı iki yönlü çift şerit ve iki yönlü üç şeritli bir yoldan sırasıyla azami 139 m ile 220 m uzakta olması gerektiği Şekil 7.18'in incelenmesi ile ortaya çıkacaktır. Bu mesafeleri sağlayacak arazi parçasını sadece bir ilköğretim veya lise gibi bir okula tahsis etmek oldukça pahalı olacaktır. Bu nedenle, okullar ile yollar arasında mutlaka gürültüyü azaltıcı engellere sahip, tampon bir alanın bulunması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Böylece okul-yol arası mesafe azaltılarak, pratikteki uygulamalar da kolaylaştırılmış olacaktır. Trafik kaynaklı gürültünün okul binası önüne gelen kısmını azaltmak için, yol ile kaynak arasına gürültü önleyici bariyerler (doğal/yapay) konulmalı ve/veya yol inşası gürültü azaltıcı özelliği olan malzemelerle yapılmalıdır.

#### 7.6.1 Gürültü önleyici bariyerlerin birlikte kullanılması hali

Şehirlerde, okulların trafikten etkilenmeyecek yerlerde bulunması oldukça zordur. Bu durumda, yukarıda daha önce sıralanan gürültü azaltıcı bariyerlerin birinin veya birkaçının birlikte kullanılması zaruri olmaktadır. Buna ilave olarak yol yüzey kaplamasındaki değişiklik de eğitim kurumlarına gelecek gürültünün azaltılmasında ilave bir tedbir olarak kullanılabilir.

Değişik alternatiflerin birkaçının birlikte kullanılması ile okul binası dış gürültü seviyesi istenen seviyelere çekilebilir. Buna göre, sırası ile uygulanacak gürültü azaltım tedbirleri mukayeseli olarak aşağıda özetlenmiştir:

- Şehir içi yollardaki taşıt hızının 50 km/saat olduğu dikkate alındığında ve Denklem 5.1 kullanılarak, bir okulun hiçbir gürültü önleyici engelin olmadığı iki yönlü 1, 2 ve 3 şeritli yollarda sırası ile 70, 139 ve 220 m arasında değişen uzaklıklarda olması gerektiği ortaya çıkmaktadır.
- Yol yüzeyinin poroz asfalt olması ile, gürültü düzeyinde 5 dBA bir azalma olacağından, 50 km/saat hız baz alınarak iki yönlü 1, 2 ve 3 şeritli yollarda okul-yol arası uzaklıklar, Denklem 5.1 kullanılarak sırasıyla 22, 44 ve 55 m'ye düşürülmüş olacaktır.
- Yol kenarına, yola paralel dikilecek tek sıra 30 m uzunluğunda sık dokulu ve geniş yapraklı ağaçlandırma ile ve taşıt hızlarının 50 km/saat olması durumunda, iki yönlü 1, 2 ve 3 şeritli yollar için okul-yol arası mesafeler sırasıyla 22, 44 ile 55 m olacaktır.

- Bitkisel bariyerlerin iki sıra 30 m uzunluğunda ağaçlardan oluşması halinde, iki yönlü 1, 2 ve 3 şeritli yollar için okul-yol arası olması gereken mesafeler bu durumda 7, 14 ila 18 m'ye düşecektir. Bu durum şehir içinde birçok okul yerleri için uygulanabilecek bir durumdur.
- 2 m yüksekliğinde betonarme bariyerin yol boyunca inşaa edilmesi durumunda ve araç hızlarının 50 km/saat olması halinde, çift yönlü 1, 2 ve 3 şeritli yollar dikkate alınacak olursa, okul-yol arası mesafeler sırası ile 7, 14 ila 18 m'ye düşmüş olacaktır. Bu alternatif de tek başına çoğu yerde uygulanabilecek bir tedbirdir.
- Ortalama hızı 50 km/saat olan bir trafik akımında yolun iki yönlü 1, 2 ve 3 şeritli olması halinde ve yol kenarına 2 m yüksekliğinde betonarme yapı ile birlikte 30 m uzunluğunda yola paralel sık dikilmiş geniş yapraklı ağaçların dikilmesi durumunda, iki yönlü tek şeritli yol için okul binasına gelen dış gürültü düzeyi 53 dBA olacaktır. Bu düzey yönetmelikte önerilen değer in altında kalarak olumsuz bir etki oluşturmayacaktır. İki yönlü 2 ve 3 şeritli bir yol için ise sırası ile okul-yol arası mesafeler en az 5 m ile 6 m olacaktır. Bu durumda bir sıra ağaç dizilmesi için okul ile duvar arasına ancak yeter mesafe bırakmış olmakla, yola 5-6 m gibi yakın inşa edilmiş okullar için tatbik edilebilir.
- Okul ile yol arasına gürültü önleyici bariyer olarak 2 m yüksekliğinde betonarme yapı, 30 m uzunluğunda yola paralel sık dikilmiş geniş yapraklı ağaçlar ile okul önü yol yüzey kaplamasında poroz asfalt betonunun kullanılması durumlarında, okul dış binasına gelecek gürültü düzeyi, çift yönlü üç şerit için dahi (en olumsuz durum) 52 dBA'ya düşecektir. Bu önlemler sonrasında okul için gürültü açısından herhangi bir olumsuzluk söz konusu olmayacaktır.

Yukarda yapılan değerlendirmeler sonucunda elde edilen bulgular, ülkemizde eğitim kurumlarının trafikten olumsuz etkilenmesini azaltmak için bir standart bir yaklaşım olarak kabul edilebilir.

## 8 SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında; eğitim kurumlarında eğitim/öğretimin gerçekleştirildiği dersliklerde mevcut akustik konfor parametrelerinin öğrenme üzerindeki etkisinin önem düzeylerini araştırılmıştır. Bu maksatla, İstanbul Fatih İlçesi'nde tüm orta öğretim okullarının dış gürültüleri ölçülmüş ve tüm okulların trafik gürültüleri nedeniyle mevzuatta istenen sınırdan yüksek düzeyde gürültüye maruz kaldığı belirlenmiştir. Dış gürültüsü en yüksek olan iki lise, öğrenme üzerine akustik konfor parametrelerinin etki, mertebe ve önem seviyelerini belirlemek için pilot öğretim kurumu olarak seçilmiştir. Bu seçimde; öğrenme üzerine olan etkileri mukayese edebilmede anlamlı bir sonuç çıkarma temel esas olmuştur. Araştırmada, her iki okul dersliklerinde mevcut akustik konfor parametreleri değerleri, ölçme ve hesaplar ile belirlenmiş ve bu parametrelerin öğrenme üzerindeki etkilerini kıyaslamak için öğrenci anket araştırması gerçekleştirilmiştir.

Akustik konfor parametreleri için pilot okullarda yapılan ölçümlerin kıyaslaması, birçok ülke mevzuatında genel kabul gören sınıflarla ilgili sınır değerler göz önüne alınarak yapılmış ve bu sınır değerlere olan % uygunsuzluk değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- İç gürültü düzeyi: pencerelerin açık olması durumunda, Pertevniyal Lisesi'nde ve Şehremini Lisesi'nde uygunsuzluk değerleri sırası ile %46 ve %38,4
- İç Gürültü düzeyi: pencerelerin kapalı olduğu durumda, Pertevniyal Lisesi ve Şehremini Lisesi'nde uygunsuzluk değerleri sırası ile %42 ve %30
- Reverberasyon süreleri: Pertevniyal ve Şehremini Liseleri'nde uygunsuzluk değerleri sırası ile %133 ve %11,7
- Varlık kriteri: Pertevniyal ve Şehremini Liseleri'nde uygunsuzluk değerleri sırası ile %58,4 ve %50
- YSD-DSD düzeyi: sınır değer olan 11 dB'in Şehremini Lisesi'nin sınıflarının hiçbirinde aşılmamıştır (ortalama 5,2 dB). Buna karşılık Pertevniyal Lisesi'nde ise uygunsuzluk değeri %7,2 (ortalama 11,8 dB)

şeklinde belirlenmiştir.

Hemen her akustik konfor parametresi açısından öğrenim için “uygunsuz” durumda belirlenen dersliklerin anket araştırması sonucunda da öğrenciler tarafından uygun bulunmadığı belirlenmiştir.

Dersliklerde konfor parametreleri için yapılan ölçüm sonuçları ile, sayısal değerlere dönüştürülmüş anket çalışması sonuçları arasında uyumluluk analizi yapılmış ve aşağıdaki

sonuçlar elde edilmiştir:

- Sınıflarda pencere kapalı ve açık durumlar için elde edilen gürültü düzeyleri ile, anketlerde belirlenen ‐uygunsuzluk‐ derecesi arasında en anlamlı ( $r=0,549$  ve  $0,850$ ) bir ilişkinin mevcut olduğu, özellikle pencerenin açık olması halinde dış gürültünün etkisinin daha fazla olduğu,
- Buna karşılık, sınıfın fiziki yapısındaki varlık kriteri, YSD-DSD farkı ve reverberasyon süresi gibi parametrelere ait tespitlerin, anketlerde belirlenen ‐uygunsuzluk‐ dereceleri ile çok daha az anlamlı (sırasıyla;  $r=0,338$ ,  $0,346$  ve  $-0,027$ ) bir ilişkiye sahip olduğu,
- Özellikle pencereler açıkken sınıfta mevcut olan gürültü düzeyi ile ankette belirlenen ‐uygunsuzluk‐ derecesi arasında en yüksek ilişkinin ( $r=0,850$ ) bulunduğu,
- Reverberasyon süresinin ise  $r= -0,027$  gibi ters bir ilişki ile, genelde çok küçük hacme sahip olan sınıflarda rahatsızlık unsuru olarak bir belirleyici özelliğinin bulunmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Araştırma, eğitim/öğretim kurumlarında öğrenme ve anlama için, dış gürültü kaynaklı i gürültü düzeyi yüksekken öğrencilerin daha fazla rahatsız olduklarını ortaya koymuştur. Buna karşılık, dersliklerin geometrik biçimi ve öğrencilerin ve öğretmenin sınıftaki yerleşim durumları ile öğrenmedeki zorlanmaları arasında doğrudan bir ilişkinin fazla olmadığı, öğrencilerin bunları daha az hissettikleri tespit edilmiştir.

Bu araştırma sonucunda, trafik kaynaklı gürültü ve eğitim yapıları arasında belirli bir standart elde edilerek, okul binası dış gürültü düzeyinin belirli yönetmelikteki değerin (55 dBA)'nın altında kalması için değişik yol durumlarında ve araç hızlarının 50 km/saat olduğu kabulü ile okul ile trafik akımı arasında olması gereken minimum mesafeler;

*1. Yolun iki yönlü tek şeritli olması halinde;*

- Okul ile yol arasında hiçbir gürültü engelinin olmaması durumunda okul-yol arası mesafe 70 m olmalıdır.
- Yol yüzey malzemesinin poroz asfalt yapılması durumunda okul-yol arası mesafe 22 m olmalıdır.
- Yol kenarına ve yola paralel olarak tek sıra halinde 30 m uzunluğunda sık dokulu ve geniş yapraklı ağaçlandırma ile okul-yol arası mesafe 22 m olmalıdır.
- Yol kenarına ve yola paralel olarak iki sıra halinde 30 m uzunluğunda sık dokulu ve geniş yapraklı ağaçlandırma ile okul-yol arası mesafe 7 m olmalıdır.
- 2 m yüksekliğinde betonarme bariyerin yol boyunca inşaa edilmesi durumunda okul-yol arası mesafe 7 m olmalıdır.
- 2 m yüksekliğinde betonarme duvar ve 30 m uzunluğunda yola paralel sık dikilmiş geniş yapraklı ağaçların birlikte kullanılması durumunda okul binası için dış gürültü seviyesi 53 dBA'ya inecektir. Bu değer mevzuat açısından kabul edilir değerdedir.



- 2 m yüksekliğinde betonarme duvar, 30 m uzunluğunda yola paralel sık dikilmiş geniş yapraklı ağaç ve okul önündeki yol yüzey malzemesinin poroz asfalt betonu olması durumunda okul binası dış duvarına gelecek gürültü düzeyi 48 dBA olacaktır. Bu değer de yine mevzuat açısından okul dış gürültü seviyesi olarak kabul edilebilir seviyededir.

2. *Yolun iki yönlü çift şeritli olması halinde;*

- Okul ile yol arasında hiçbir gürültü engelinin olmaması durumunda okul-yol arası mesafe 139 m olmalıdır.
- Yol yüzey malzemesinin poroz asfalt yapılması durumunda okul-yol arası mesafe 44 m olmalıdır.
- Yol kenarına ve yola paralel olarak tek sıra halinde 30 m uzunluğunda sık dokulu ve geniş yapraklı ağaçlandırma ile okul-yol arası mesafe 44 m olmalıdır.
- Yol kenarına ve yola paralel olarak iki sıra halinde 30 m uzunluğunda sık dokulu ve geniş yapraklı ağaçlandırma ile okul-yol arası mesafe 14 m olmalıdır.
- 2 m yüksekliğinde betonarme bariyerin yol boyunca inşaa edilmesi durumunda okul-yol arası mesafe 14 m olmalıdır.
- 2 m yüksekliğinde betonarme duvar ve 30 m uzunluğunda yola paralel sık dikilmiş geniş yapraklı ağaçların birlikte kullanılması durumunda okul-yol arası mesafe 5 m olmalıdır.
- 2 m yüksekliğinde betonarme duvar, 30 m uzunluğunda yola paralel sık dikilmiş geniş yapraklı ağaç ve okul önündeki yol yüzey malzemesinin poroz asfalt betonu olması durumunda okul binası dış duvarına gelecek gürültü düzeyi 51 dBA olacaktır. Bu düzey, yine mevzuat açısından okul dış gürültü düzeyi olarak kabul edilebilir seviyededir.

3. *Yolun iki yönlü çift şeritli olması halinde;*

- Okul ile yol arasında hiçbir gürültü engelinin olmaması durumunda okul-yol arası mesafe 220 m olmalıdır.
- Yol yüzey malzemesinin poroz asfalt yapılması durumunda okul-yol arası mesafe 55 m olmalıdır.
- Yol kenarına ve yola paralel olarak tek sıra halinde 30 m uzunluğunda sık dokulu ve geniş yapraklı ağaçlandırma ile okul-yol arası mesafe 55 m olmalıdır.
- Yol kenarına ve yola paralel olarak iki sıra halinde 30 m uzunluğunda sık dokulu ve geniş yapraklı ağaçlandırma ile okul-yol arası mesafe 18 m olmalıdır.
- 2 m yüksekliğinde betonarme bariyerin yol boyunca inşaa edilmesi durumunda okul-yol arası mesafe 18 m olmalıdır.
- 2 m yüksekliğinde betonarme duvar ve 30 m uzunluğunda yola paralel sık dikilmiş geniş yapraklı ağaçların birlikte kullanılması durumunda okul-yol arası mesafe 6 m olmalıdır.
- Okul ile yol arasına gürültü önleyici bariyer olarak 2 m yüksekliğinde betonarme yapı, 30 m uzunluğunda yola paralel sık dikilmiş geniş yapraklı ağaçlar ile okul önü yol yüzey kaplamasında poroz asfalt betonunun kullanılması durumlarında, okul dış binasına gelecek gürültü düzeyi, 52 dBA'ya düşecektir. Bu önlemler sonrasında okul için gürültü açısından herhangi bir olumsuzluk söz konusu olmayacaktır.
- Sonuç olarak, yapılan araştırmada öğretim/öğrenme üzerinde akustik parametrelerden özellikle gürültü düzeyi parametresinin (bu araştırmada trafik kaynaklı gürültü) oldukça

yüksek değerde etkili olduğu, diğer hacim akustiği parametrelerinin ise (reverberasyon süresi, varlık kriteri, YSD-DSD değerleri) daha az seviyelerde etkin olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Gürültü düzeyi-trafik yoğunluğu-araç hızı-gürültü azaltıcı bariyer türüne göre gerek ülkemizde ve gereksede diğer ülkelerde okul-yol arası konumu belirleyen herhangi bir standardizasyon çalışması mevcut olmayıp, bu çalışma ile, ilgili standart geliştirilmeye gidilmiştir.

- Bu standardizasyona göre öncelikle hiçbir eğitim yapısının cadde üzerinde olmaması gerektiği, eğer yapılması kaçınılmaz ise bu durumda araç geçiş hızlarının azami 50 km/saat olması şartıyla, gürültü azaltıcı önlemler trafik yoğunluğuna göre aşağıdaki gibi minimize edilebilir;
- İki yönlü tek şeritli bir yol için yolun kenarına tek sıra 30 m uzunluğunda geniş yapraklı ve sık dikilmiş ağaç kümesi veya yine yol kenarına 2 m yüksekliğinde yol boyunca inşa edilmiş duvar yeterli olacaktır.
- Yolun iki yönlü çift şeritli olması durumunda; yolun kenarına tek sıra 30 m uzunluğunda geniş yapraklı ve sık dikilmiş ağaç kümesi ile birlikte yine yol kenarına 2 m yüksekliğinde yol boyunca inşa edilmiş duvar yeterli olacaktır.
- Yolun iki yönlü üç şeritli olması durumunda; yolun kenarına tek sıra 30 m uzunluğunda geniş yapraklı ve sık dikilmiş ağaç kümesi ile birlikte yine yol kenarına 2 m yüksekliğinde yol boyunca inşa edilmiş duvar yeterli olacaktır.

İncelenen iki lisenin dış gürültü düzeylerinin sınır değer olan 55 dBA'nın üzerinde olduğu, buna karşılık Pertevniyal Lisesi'nde bu gürültü düzeyini indirmek için tedbirleri bulunduracak tampon bir alanın bulunmaması nedeniyle eğitim açısından uygun olmayan bir konumda olduğu belirlenmiştir.

**KAYNAKLAR**

Ahmed, N., (2000), "Acoustic Design to Correct Poor Listening Conditions of Some Buildings in Dhaka With Locally Available Materials", International Symposium on Noise Control and Acoustics for Educational Buildings, p:59-67, 24-25 May, Istanbul/Turkey

Aknesil, A. E., (2000), "Hacim Akustiği Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Ortaya Konulması", 5. Ulusal Akustik Kongresi, 25-26 Mayıs, İstanbul/Türkiye

Acoustical Society of America's Response to Federal Access Board's Request for Information on Classroom Acoustics, (1998), "A Request for Information about Acoustics and Educational Facilities from the Architectural and Transportation Barriers Compliance Board", Published in the Federal Register, June 1, USA

Acoustical Society of America's Response to Federal Access Board's Request for Information on Classroom Acoustics, (1998), "Architectural and Transportation Barriers Compliance Board", June 1 USA

Bronzaft, I., (1975), "The Effect of Elevated Train Noise on Reading Ability", Environmental Behaviour, 7(4), 517-527

Brutka, M. Jo., and Yaremchuk K L., (1997), "Variations and Pitfalls of Noise-Induced Hearing Loss", Hearing Loss Publication May/June

Cheremisinoff, P.N and Young, R.A., (1975), "Pollution Engineering Practice Handbook"

Classroom Acoustics, (2000) "A Resource for Creating Learning Environments with Desirable Listening Conditions" Acoustical Society of America, USA

Crandell, C.C., Smaldino, J.J., (1996), "Speech Perception in Noise by Children for Whom English is a Second Language", American Journal of Audiology, Volume 5, No 3, pg: 47-51, November USA.

Crook, M.A., and Langdon, F. J., (1974), "The Effect of Aircraft Noise in Schools Around London Airport", Journal of Sound and Vibration, 34(2), p:221-232, UK

Demirel, G., Selimoğlu B., Kırıcı M., (1997), "Karayolundan Kaynaklanan Gürültü", III. Ulusal Akustik Kongresi, sh:88-97, 16-17 Ekim İstanbul/Türkiye

Descornet, G., (1987), "PIARC Report of the Technical Committee on Surface Characteristics", XVIII. World Road Congress, Brussels/Belgium

Doğusan, F., (1996), "Gürültünün Fizik, Fizyolojik ve Psikolojik Etkileri", K.B.B Uzmanı Süreyyapaşa SSK Meslek Hastalıkları Hastanesi, İstanbul/Türkiye

Department of Transportation Federal Highway Administration, (2000), "Highway Traffic Noise in the United States Problem and Response", April, USA.

Erdreich, J., (1999), "Classroom Acoustics", A CEFPI Brief on Educational Facilities Issues, June, USA

Ergün, M., (2001), "Turistik Bölgelerde Şehirçi Ulaşımından Kaynaklanan Gürültü Sorununa Yeni Bir Çözüm, Geçirimli Yol Kaplamaları", Ulaşım Sempozyumu, İstanbul/Türkiye

Gürültü Kontrol Yönetmeliği, (1986), sh: 4-5, 11.12.1986 tarihli Resmi Gazete, Ankara/Türkiye

- Işikel, K., (1997), “Yapılarda ve Endüstride Gürültü Kontrolünde Yalıtım Uygulamaları”, 3.Ulusal akustik kongresi 16-17 Ekim, İstanbul/Türkiye
- İyınam, Ş., Ergün, M., İyınam, A.F., (1998), “Kentiçi Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Gürültünün Olumsuz Etkileri ve Çözüm Önerileri” ASFALT 98, 2.Ulusal Asfalt Sempozyumu, Aralık/Türkiye
- İyınam, Ş., Ergün, M., İyınam, A.F., (1999), “Yol Yüzey Kaplamalarının Trafik Gürültüsüne Etkisi ve Sessiz Yol Kaplamaları” X. Mühendislik Sempozyumu İnşaat Mühendisliği’99, Süleyman Demirel Üniversitesi, 2-3 Haziran, İsparta/Türkiye
- Karabibier, Z., (1987), “Konuşmanın Anlaşılabilirliğinin Hesap ve Ölçme Yolu ile Belirlenmesinin Tarihsel Gelişimi ve RASTI Ölçme Yönteminin Tanıtılması”, Yapı Fiziki Anabilim Dalı Yayınları, Y.T.Ü, İstanbul/Türkiye
- Karabibier, Z., (1991), “Mimari Akustikle İlgili Başlıca Tanım, Terim, Formül ve Büyüklükler”, YTÜ Yayın No: 210, İstanbul/Türkiye
- Karabiber, Z., (1987), “Seslendirme Döşemi Yapılmayacak Dersliklerde Yeterli Anlaşılabilirlik Sağlayacak İç Mekan Düzenleme Kriterleri ve Bunlara Bağlı Koşullar”, Y.T.Ü Doktora Tezi
- Karabiber, Z., (1996), “Ses-Gürültü-Konuşma-Müzik”, Y.T.Ü Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul/Türkiye
- Karaböce, B., Sadıkhov E., Bilgiç E., (1996), “Odyometrik Cihazların Test ve Kalibrasyonu”, II. Ulusal Akustik ve Gürültü Kongresi, sh:41-47, 23-24-25 Ekim, Antalya/Turkey
- Karayolları Trafik Kanunu, (1983), “Yaya ve Okul Geçitleri”, Bölüm 5, Çeşitli Kurallar, 18.10.1983 tarih ve 18195 sayılı 2918 nolu Kanun, Ankara/Türkiye
- Kurra, S., (2000), “Results of Pilot Study About Teacher’s Annoyance Relative to Noise Exposure in Three High Schools in Istanbul”, International Symposium on Noise Control and Acoustics for Educational Buildings, p: 47-55, 24-25 May Istanbul/Turkey
- Kurra, S., (1997), “TEM Gürültüsünden Etkilenme Analizleri ve Bulgular”, III. Ulusal Akustik Kongresi, sh:71-86, 16-17 Ekim İstanbul/Türkiye
- Ko, N.W.M., (1979), “Responses of Teachers to Aircraft Noise”, Journal of Sound and Vibration, 62(2), 277-292
- Lubman, D., (1997), “America’s Need for Standards and Guidelines to Ensure Satisfactory Classroom Acoustics”, Acoustical Society of America 133<sup>rd</sup> Meeting Lay Language Papers, 17 April, USA
- MacKENZIE, D. J., (2000), “Noise Level And Sources in UK Schools”, International Symposium on Noise Control and Acoustics for Educational Buildings, pg: 971-108, 24-25 May Istanbul/Turkey
- MacKENZIE, D. J. and Airey, S., (1999), “Classroom Acoustics A Research Project, summary report”, Heriot-Watt University, Edinburgh, UK
- Magrab, E.B., Jackson F.J., (1972), “Noise Control”, CRC Critical Reviews in Environmental Control, pg: 61-81, August, USA
- Maxwell, L. E. & Evans G. W., (1997), “Design Of Child Care Centres And Effects Of Noise On Young Children”, Environment and Behavior, 29(5), pg:638-656, USA

- Milli Eğitim Bakanlığı, (1995), "Özel Eğitim Kurumlarına Ait Standartlar Yönergesi", Temmuz, Ankara
- Milli Produktive Merkezi Yayınları EN-Ç(2) 152, (1974), "TÜBİTAK Marmara Araştırma Enstitüsü Kütüphanası, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, Türkiye
- Miller, J. D., (1971), "Effects of Noise on People", EPA Publication No:NTID 300.7 Washington DC, USA
- Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD), (1995), "Roadside Noise Abatement", Report Prepared by An OECD Scientific Expert Group, Road Transport Research, pg:79, Paris/France
- Öztürk, Z., (1996), "Karayolu ve Demiryolunda Taşıt Gürültüsünü Etkileyen Önemli Faktörlerin İncelenmesi", 2. Ulusal Akustik ve Gürültü Kongresi, 23-24-25 Ekim, Antalya/Türkiye
- Öztürk, Z., (1998), "Karayolu ve Demiryolunda Yol Yakınında Alınabilecek Gürültü Önlemlerinin İncelenmesi", 4. Ulusal Akustik Kongresi, 29-31 Ekim, Antalya/Türkiye
- Patty, F. A., (1998), "Industrial Hygiene and Toxicology", Volume 1., USA
- Reich, R. and Bradley J., (1998), "Optimizing Classroom Acoustics,. Using Computer Model Studies", Canadian Acoustics, 26(4) 15-21
- Rosen, S., (1978), "Noise: A Health Proplem", Environmental Protection Agency, Office of Noise Abatement and Control, Washington, DC, August, USA.
- Sabuncu, H., (1976), "Türkiye'de Değişik Endüstri Kollarında Gürültü Problemleri", Doktora Tezi, İ.T.F Basımevi, İstanbul/Türkiye
- Sala, E., and Viljanen,V., (1995), "Improvement of Acoustic Conditions for Speech Communication in Classrooms", Applied Acoustics 45, p:81-91
- Sargent, J.W., Gidman, M.I., Humphreys, M.A., Utlely, W.A., (1980), "The Disturbance Caused to School Teachers by Noise", Journal of Sound and Vibration 70(4), p:557-572, UK
- School Facilities and Transportation Division California State Department of Education, (1986) "School Sound Level",Sacramento, California USA
- Seep, B., Glosemeyer, R., Hulce, E., Linn, M., and Aytar, P., (2000), "Classroom Acoustics a Resource for Creating Learning Enviroments with Desirable Listening Conditions", a Publications of Acoustical Society of America, August, USA
- Shield, B., Jeffery R., Dockrell J., Tachmatzidis I., (2000), "A Noise Survey of Primary Schools in London", International Symposium on Noise Control and Acoustics for Educational Buildings, p: 109-118, 24-25 May Istanbul/Turkey
- Sirel, Ş., (1992), "Yapı Akustiği I Ders Notları I", Y.T.Ü Yayınları, İstanbul/Türkiye
- Spon, F.N and E., (1991), "Noise Control in Industry", Sound Research Laboratories Ltd.An Imprint of Chapman and Hall, London SE1 8HN, UK
- Şerefhanoglu, M., (1981), "Yapılarda Dış Gürültü Açısından Tek ve Çift Cam Yüzeyler", Yapı fiziği Kürsüsü Yayınları, İstanbul/Türkiye



- Şerefhanoglu, M., (1987), "Hacimde Gürültü (Ses) Düzeyi", Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, Y.Ü Basımevi, İstanbul/Türkiye
- Şerefhanoglu, M., (1988), "Gürültünün Açık Havada Yayılmasında Dış etkenler ve Gürültü Denetimi", Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, Y.T.Ü, İstanbul/Türkiye
- Şerefhanoglu, M., (1988), "Gürültü Denetiminde Kabul Edilebilecek Gürültü Düzeylerinin Belirlenmesi", Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, Y.T.Ü, İstanbul/Türkiye
- Tamer, Nurgün., (1994), "Bilgisayar yardımı ile hacim akustiği tasarımı"Çevre, Yapı ve Endüstri' de Akustik Sorunlar ve Gürültü Kontrolü", 31 Mayıs-3 Haziran İTÜ Mimarlık Fakültesi Fiziksel Çevre Kontrolü Bilim Dalı, İstanbul/Türkiye
- Tosun, M., (1997), "Titreşim ve Gürültü Kontrolü", sh: 2, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye
- Türk Standartları, (1977), "Akustik-Konuşmanın Anlaşılabilirliği Yöntünden Gürültünün Değerlendirilmesi", Türk Standartları Enstitüsü 2726, Nisan, Türkiye
- Türk Standartları, (1993), "Şehiriçi Yollar-Trafik Gürültüsü Tespit ve Önlemleri", Türk Standartları Enstitüsü 10713, Şubat, Türkiye
- Vallet, M., (2000), "An Overview of the Classroom Acoustics Guidelines in the United States", International Symposium on Noise Control and Acoustics for Educational Buildings, 24-25 May, Istanbul/Turkey
- Velicangil, Sıtkı., (1980), "Hekimler, Sanayii Hekimleri, Dış Hekimleri, Eczacılar ve Sağlık Mühendisleri için Koruyucu Tıp", Filiz Kitapevi, İstanbul/Türkiye
- Yılmaztürk, F., (1994), "Tip Okulların Akustik Konfor Koşullarının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi", Y.T.Ü Master Tezi, İstanbul/Türkiye
- Yöğrük, Neşe., (1994), "Konuşma Amaçlı Hacimlerde İşitsel Duyarlılık Ayrımlarının Anlaşılabilirlik Üzerindeki Olumsuz Etkilerini Ortadan Kaldıracak Hacim Akustiği Koşullarının Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım", Y.T.Ü Doktora Tezi, İstanbul/Türkiye
- Willims, C.R, (1996), "The Measurement and Suppression of Noise" pg: 94, USA.
- World Health Organization, (1980), "Environmental Health Criteria", Geneva/Switzerland



**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	01.01.1972	
Doğum yeri	Şanlıurfa	
Lise	1987-1990	Şanlıurfa Lisesi
Lisans	1990-1995	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1995-1996	Hazırlık
Yüksek Lisans	1996-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Doktora	1998-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

**Çalıştığı kurum**

1997-Devam ediyor

Araştırma Görevlisi,  
YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü