

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SES KAYIT STÜDYOSU TASARIMI
VE MİMARİ AKUSTİK**

Mimar Arda YAVUZ

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zerhan YÜKSEL CAN (YTÜ)

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. MÜZİK ENDÜSTRİSİ.....	3
2.1. Ses Kayıt Endüstrisinin Tarihsel Gelişimi.....	3
2.2. Müzik Prodüksiyonu.....	8
3. SES KAYIT STÜDYOLARI	10
3.1. Ses Kayıt Stüdyolarının Tanımı ve İşlevi.....	10
3.2. Ses Kayıt Stüdyolarının Tarihsel Gelişimi	11
3.3. Ses Kayıt Stüdyosu Tipleri	12
3.3.1. Amatör Ses Kayıt Stüdyoları	13
3.3.1.1. Ev Stüdyoları	13
3.3.1.2. Proje Stüdyoları	13
3.3.2. Profesyonel Ses kayıt Stüdyoları	14
3.3.2.1. Basit Ses Kayıt Stüdyoları	14
3.3.2.2. Çok Amaçlı Ses Kayıt Stüdyoları.....	14
3.3.2.3. Çoklu Ses Kayıt Stüdyoları	14
3.3.2.4. Büyük Stüdyo Kompleksleri.....	14
3.4. Ses Kayıt Stüdyolarının İşleyişi	15
3.4.1 Stüdyolarda Görev Dağılımı.....	15
3.4.1.1. İcracı (Müzisyen).....	15
3.4.1.2. Prodüktör (Yapımcı).....	15
3.4.1.3. Ses Kayıt Mühendisi.....	16
3.5. Ses Kayıt Stüdyolarının Mimari Özellikleri.....	16
3.5.1. Performans Odası.....	17
3.5.2. Kontrol Odası.....	17
3.5.3. İzolasyon Kabinleri.....	17
3.5.4. Makine Odası.....	18
3.5.5. Bekleme ve Dinlenme Odası	18
4. SES KAYIT STÜDYOLARINDA AKUSTİK PERFORMANS DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ.....	19
4.1. Gürültünün Akustik Performans Kriteri Olarak Değerlendirilmesi	19
4.1.1. Gürültü Kaynakları	20
4.1.1.1. Yapı Dışı Gürültü Kaynakları.....	23

4.1.1.2.	Yapı İçi Gürültü Kaynakları	26
4.1.2.	Yapı İçi Kabul Edilebilir Gürültü Düzeyleri	28
4.1.3.	Sağlanması Gereken Ses Geçiş Kaybı Değerleri.....	31
4.2.	Hacim Akustiğinin Akustik Performans Kriteri Olarak Değerlendirilmesi	32
4.2.1	Hacim Akustiği Parametreleri	34
4.2.1.1.	Yansıma Süresi (Reverberation Time - T_{60})	34
4.2.1.2.	Yanıt Eğrisi.....	36
4.2.1.3.	Varlık Etkisi.....	41
4.2.1.4.	İlk Ulaşım Gecikmesi (Initial Time Delay Gap – ITDG).....	43
4.2.1.5.	Kritik Uzaklık (Critical Distance – D_c).....	43
4.2.1.6.	Akustik Kusurlar.....	44
4.2.2.	Hacim Akustiği Parametrelerinin Nesnel Değerlendirme Yöntemleri.....	50
4.3.	Stüdyo Ekipmanlarının Akustik Performansa Katkılarının Değerlendirilmesi.....	52
4.3.1.	İnsan Sesi/Enstrüman Sesi.....	53
4.3.2.	Mikrofonlama veya Sisteme Doğrudan Giriş (Mic/line).....	53
4.3.3.	Preamp/DI Box	58
4.3.4.	Mikser (Konsol).....	58
4.3.5	Dinamik İşleme (Dynamic Processing).....	59
4.3.6.	Efekt İşleme (Effects Processing).....	61
4.3.7.	Çoklu Kanal Kaydedici Cihazlar (Multitrack Recorders)	62
4.3.8.	Kulaklıklar	66
4.3.9.	Mixdown Kaydedici Cihazlar.....	67
4.3.10.	Güç Amfisi (Power Amp).....	68
4.3.11.	Monitör Hoparlörler (Referans Monitörleri)	68
5.	SES KAYIT STÜDYOLARINDA AKUSTİK TASARIM KRİTERLERİ VE GEREKSİNİMLER	72
5.1.	Gürültü Denetimi Açısından Gereksinimler.....	72
5.1.1.	Yapı Elemanları İçin Gerekli Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Hesaplanması.....	73
5.1.1.1.	Ses Geçiş Kaybı (Sound Transmission Loss – TL).....	75
5.1.1.2.	Ses Azaltım İndisi (Sound Reduction Index – R).....	75
5.1.1.3.	Ses Geçiş Sınıfı (Sound Transmission Class - STC).....	76
5.1.1.4.	Darbe Azaltım Sınıfı (IIC).....	77
5.1.1.5.	Ağırlıklı, Normalize Edilmiş Darbe Ses Basınç Düzeyi ($L_{n,w}$)	77
5.1.1.6.	Alan Ölçmeleri.....	78
5.1.2.	Planlama Aşaması İçin Akustik Tasarım Prensipleri	80
5.1.3.	Duvarlar İçin Akustik Tasarım Kriterleri	86
5.1.3.1.	Sessizlik Koridoru (Sound Lock)	91
5.1.3.2.	Pencereler İçin Akustik Tasarım Kriterleri.....	92
5.1.3.3.	Kapılar İçin Akustik Tasarım Kriterleri	96
5.1.4.	Döşemeler İçin Akustik Tasarım Kriterleri	100
5.1.5.	Tavanlar İçin Akustik Tasarım Kriterleri	105
5.1.6.	Isıtma, Havalandırma ve Hava Koşullama Sistemleri (HVAC) İçin Akustik Tasarım Kriterleri	109
5.2.	Hacim Akustiği Açısından Gereksinimler.....	113
5.2.1.	Hacim Biçimlenişi ve Boyutlandırılması	113
5.2.1.1.	Kritik Frekans (Critical Frequency).....	114
5.2.1.2.	Hacim Boyutlarının ve Boyut Oranlarının Seçimi	115
5.2.2.	Akustik Düzenleme Evresi ve Akustik Düzenekler	117
5.2.2.1.	Ses Yutucu Düzenekler.....	118
5.2.2.2.	Ses Dağıtıcı Düzenekler	126

5.2.2.3.	Alçak Frekans Kontrol Düzenekleri (Bas Tuzakları)	131
5.2.3.	Performans Odası.....	132
5.2.3.1.	Performans Odası Akustik Konfor Gereksinimleri	134
5.2.4.	Kontrol Odası.....	139
5.2.4.1.	ITU – EBU Önerileri	148
5.2.5.	İzolasyon Kabinlerinin Akustik Konfor Gereksinimleri	153
6.	SONUÇ.....	155
6.1.	Gürültü Denetimi Evreleri	155
6.1.1.	Projelendirme Evresi	155
6.1.2.	Tasarım Evresi	159
6.1.3.	Uygulama Evresi	160
6.2.	Hacim Akustiği Evreleri	161
6.2.1.	Projelendirme Evresi	161
6.2.2.	Tasarım Evresi	165
6.2.3.	Uygulama Evresi	166
	KAYNAKLAR.....	168
	ÖZGEÇMİŞ.....	172

SİMGE LİSTESİ

dB	Desibel (Decibel)
Dc	Kritik Uzaklık (Critical Distance)
DnT,w	Ağırlıklı Standartlaştırılmış Ses Düzeyi Farkı (Weighted Standardised Sound Level Difference)
f_0	Rezonans Frekansı (Resonant Frequency)
f_c	Kritik Frekans (Critical Frequency)
FIIC	Uygulamanın Net Darbe Azaltım Sınıfı (Field Impact Insulation Class)
FSTC	Uygulamanın Net Ses Geçiş Sınıfı (Field Sound Transmission Class)
Hz	Hertz
IIC	Darbe Azaltım Sınıfı (Impact Insulation Class)
ITDG	İlk Ulaşım Gecikmesi (Initial Time - Delay Gap)
LeqA	A Ağırlıklı Eşdeğer Gürültü Düzeyi (A Weighted Sound Pressure Level)
Ln,w	Ağırlıklı Normalize edilmiş Darbe Ses Basınç Düzeyi (Weighted Normalised Impact Sound Pressure Level)
L'nT,w	Ağırlıklı Standartlaştırılmış Darbe Ses Basınç Düzeyi (Weighted Standardised Impact Sound Pressure Level)
NC	Gürültü Ölçütü (Noise Criteria)
NCB	Dengeli Gürültü Ölçütü (Balanced Noise Criteria)
NR	Gürültü Derecesi (Noise Rating)
PNC	Tercihli Gürültü Ölçütü (Preferred Noise Criterion)
R	Ses Azaltım İndisi (Sound Reduction Index)
Rw	Ağırlıklı Ses Azaltım İndisi (Weighted Sound Reduction Index)
R'w	Ağırlıklı Net Ses Azaltım İndeksi (Weighted Apparent Sound Reduction Index)
RC	Hacim Ölçütü (Room Criteria)
SPL	Sound Pressure Level
STC	Ses Geçiş Sınıfı (Sound Transmission Class)
T ₆₀	Yansıma Süresi (Yansıma Süresi)
TL	Ses Geçiş Kaybı (Sound Transmission Loss)

KISALTIMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADAT	Alesis Dijital Teyp Kaydedici (Alesis Digital Audio Tape)
ADC	Analog Ortamı Digital Ortama Dönüştürücü (Analog to Digital Converter)
AEG	Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft
ASTM	American Society for Testing and Materials
ATRAC	Adaptive Transform Acoustic Coding
BBC	İngiliz Yayım Şirketi (British Broadcasting Corporation)
CD	Kompakt Disk (Compact Disc)
CID	Denetimli Ses İmgesi Tasarım Yaklaşımı (Controlled Image Design Appr.)
ÇYDYY	Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
DAC	Dijital Ortamı Analog Ortama Dönüştürücü (Digital to Analog Converter)
DAT	Dijital Teyp Kaydedici (Digital Audio Tape)
DAW	Dijital Ses Çalışma Birimi (Digital Audio Workstation)
DI Box	Direct Injection Box
DSP	Dijital Sinyal İşlemcisi (Digital Signal Processor)
EBU	Avrupa Yayım Birliği (European Broadcasting Union)
ESS	Erken Yansımaların Dağıtımını Tasarım Yaklaşımı (Early Sound Scattering Design Approach)
HVAC	Isıtma, Havalandırma ve Hava Koşullama Sistemleri (Heating, Ventilating, and Air Conditioning)
ITU	Uluslar arası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union)
LEDE	Canlı Bölge – Ölü Bölge Tasarım Yaklaşımı (Live End – Dead End Design Appr.)
LP	Long Play
MD	Minidisk Kaydedici (Minidisc Recorder)
MDF	Orta Yoğunluklu Lif Levha (Medium Density Fibreboard)
MDM	Modüler Dijital Çoklu Kanal Kaydedici (Modular Digital Multitrack Recorder)
MIDI	Müzikal Enstrümanların Dijital Arabirimi (Musical Instrument Digital Interface)
PCI	Çevre Birimleri Bağlantı Kartı (Peripheral Component Interconnect)
RFZ	Yansımatsız Alan Tasarım Yaklaşımı (Reflection Free Zone Design Appr.)

SBIR	Sınır Etkisi (Speaker Boundary Interference Response)
TDS	Zaman - Gecikme Tayföölçeri (Time Delay Spectrometry)
TEF	Zaman – Enerji – Frekans Sistemi (Time – Energy - Frequency)
WAV	Waveform Audio

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Fonograf.....	4
Şekil 2.2 Gramofon.....	4
Şekil 2.3 Manyetik teyp kayıt cihazı.....	6
Şekil 3.1 Ses kayıt stüdyosu tipleri.....	13
Şekil 4.1 Yapı dışı gürültü kaynakları.....	21
Şekil 4.2 Yapı içi gürültü kaynakları.....	22
Şekil 4.3 Bazı yapı elemanları ve bileşenlerinin ses geçiş kayıpları.....	25
Şekil 4.4 Gürültünün yapı elemanlarından dolaysız ve dolaylı geçiş yolları (kesit).....	27
Şekil 4.5 Gürültünün yapı elemanlarından dolaysız ve dolaylı geçiş yolları (persp.).....	27
Şekil 4.6 NC (Noise Criteria) Eğrileri.....	30
Şekil 4.7 Farklı işlevli hacimler için, hacim büyüklüğüne göre optimum ortalama yansıma süreleri.....	35
Şekil 4.8 0 - 200 Hz aralığında bozuk ve optimum mod dağılımları.....	37
Şekil 4.9 Bolt Grafiği.....	38
Şekil 4.10 Bonello Kriteri' ni sağlayan 4.7x3.9x3.0m boyutlarındaki hacim.....	40
Şekil 4.11 Bonello'ya göre optimum hacim oranları.....	40
Şekil 4.12 Roomsizer yazılımına ait karşılaştırma grafiği.....	41
Şekil 4.13 Varlık Etkisi.....	42
Şekil 4.14 Kritik uzaklık.....	44
Şekil 4.15 Comb filter etkisi.....	46
Şekil 4.16 Modsal Eklenti grafiği.....	47
Şekil 4.17 Mevcut hoparlörler ve sanal hoparlörler.....	48
Şekil 4.18 Sınır Etkisi.....	48
Şekil 4.19 1 ms eşit aralıklı vurgusal yankılara bağlı olarak oluşan comb filter etkisi.....	49
Şekil 4.20 Hoparlörlerin atım yanıtı.....	51
Şekil 4.21 Hoparlörlerin frekans yanıtı.....	51
Şekil 4.22 Ses kayıt stüdyolarında ses kayıt zincirinin temel yapılandırması.....	53
Şekil 4.23 Shure SM 58 vokal mikrofonunun frekans yanıtı.....	56
Şekil 4.24 Doğrultululuk örüntülerine göre mikrofonlar.....	56

Şekil 4.25	Audio Technica ATM 450 kardioid kondansatörlü enstrüman mikrofonu	58
Şekil 4.26	Shure SM58 kardioid dinamik vokal mikrofonu	58
Şekil 4.27	SSL (Sound State Logic) C200 dijital mikser	59
Şekil 4.28	Fostex D-5 DAT kaydedici.....	63
Şekil 4.29	Alesis ADAT-HD24XR sabit diskli çoklu kanal kaydedici	64
Şekil 4.30	Yamaha MD8 minidisk kaydedici	65
Şekil 4.31	Protools HD3 Accel DAW sistemi	66
Şekil 4.32	Orban Audicy DAW	66
Şekil 4.33	Analog teyp cihazı.	68
Şekil 4.34	Bir CD-R kaydedici cihaz.....	68
Şekil 4.35	Güç Amfisi.....	68
Şekil 4.36	KRK Rokit RP-5 iki yollu yakın dinleme monitörü.....	71
Şekil 4.37	Genelec 1034B üç yollu ana monitör hoparlör.....	71
Şekil 5.1	STC, TL eğrileri ve belirlenen STC 32 değeri	76
Şekil 5.2	Ahşap kirişli bir döşemeye ait R_w ve $L_{n,w}$ değerleri	78
Şekil 5.3	Ses kayıt stüdyosu kompleksi olarak tasarlanmış bir yapıda koridor planlaması.....	80
Şekil 5.4	Kutu içinde kutu yapım yöntemi	82
Şekil 5.5	Kutu içinde kutu uygulaması yapılmış basit bir stüdyo.....	82
Şekil 5.6	QuietRock QR-545 panel ve bu panellerle oluşturulmuş detay örneği (STC80)	85
Şekil 5.7	Tipik iç duvar ile Şekil 5.6' daki detayın TL değerlerinin karşılaştırması.....	85
Şekil 5.8	İki ses kayıt stüdyosundan oluşan bir stüdyo kompleksi planı.....	89
Şekil 5.9	Performans odasında STC 80 değerini sağlayan duvar kesiti-1	90
Şekil 5.10	Performans odasında STC 80 değerini sağlayan duvar kesiti-2	90
Şekil 5.11	Sessizlik Koridoru	92
Şekil 5.12	Ahşap doğramalı, çift camlı pencere uygulama prensibi.....	94
Şekil 5.13	STC 56 değerinde metal doğramalı çift camlı pencere detayı.....	94
Şekil 5.14	Kontrol odası ile izolasyon kabini arasındaki gözlem penceresi.....	95
Şekil 5.15	Çift lamine camlı çift kapı uygulaması.....	95
Şekil 5.16	Çeşitli conta örnekleri.....	97

Şekil 5.17 Örnek bir kapıda farklı tip eşik ve contalar kullanılarak elde edilmiş R değerleri	97
Şekil 5.18 Değişik tip kapıların Rw değerleri	98
Şekil 5.19 Rw 48 değerinde boşluk esaslı ve çelik kaplamalı kontrplak kapı	99
Şekil 5.20 Rw 53 değerinde boşluk esaslı çelik kapı	99
Şekil 5.21 İ.T.Ü MİAM ses kayıt stüdyosu performans odası kapısı	100
Şekil 5.22 150 mm betonarme döşemenin hava doğuşumlu ses geçiş kaybı değerleri	101
Şekil 5.23 150 mm betonarme döşemenin katı doğuşumlu ses geçiş kaybı değerleri	101
Şekil 5.24 İki ayrı tip yüzer döşeme uygulaması	103
Şekil 5.25 Betonarme yüzer döşeme uygulaması	104
Şekil 5.26 STC 73 ve IIC 70 değerinde yüzer döşeme detayı	104
Şekil 5.27 Yüzer döşeme duvar birleşim detayı	105
Şekil 5.28 Bir kat içerisinde kutu içinde kutu uygulaması	105
Şekil 5.29 Titreşim sönümleyici askılar	106
Şekil 5.30 30 Titreşim sönümleyici askılarla yapılmış asma tavan uygulaması	107
Şekil 5.31 STC 84 ve IIC 70 değerinde bir döşeme-asma tavan örneği	107
Şekil 5.32 Yüzer döşeme/ asma tavan bileşeni	108
Şekil 5.33 STC 94 ve IIC 82 değerinde döşeme/tavan bileşeni	108
Şekil 5.34 Plenumun fan ve havalandırma kanalıyla birleşim detayı	110
Şekil 5.35 Yalıtılmış kanal kesitleri ve özel yutucu öğeler	111
Şekil 5.36 Havalandırma kanalı yoluyla duvarın 'bypass' olması	112
Şekil 5.37 Örnek bir ses kayıt stüdyosunda HVAC kapsamında alınacak önlemler	113
Şekil 5.38 Kritik frekans ve ikiye ayırdığı ses alanları	114
Şekil 5.39 Akustik düzenekler	118
Şekil 5.40 Gözenekli gereçlerin duvara doğrudan ve hava boşluğu bırakılarak uygulanması	120
Şekil 5.41 Poliüretan piramit köpük, kumaş kaplı camyünü levha, melamin kaplı akustik köpük	121
Şekil 5.42 Helmholtz rezonatörleri	122
Şekil 5.43 Helmholtz rezonatörü şematizasyonu	122
Şekil 5.44 Delikli panellerin çalışma prensibi	123

Şekil 5.45	Örnek bir delikli panel sistemin farklı kombinasyonlardaki yutuculuk değerleri	124
Şekil 5.46	Bazı delikli panel örnekleri.....	125
Şekil 5.47	Tipik bir yutucu panel sistem kesiti.....	125
Şekil 5.48	Bir ses yutucu panel uygulaması örneği	126
Şekil 5.49	Akustik nitelikleri olan yüzeylerin zamansal ve grafiksel dağılım yanıtları	127
Şekil 5.50	1'e 4 oranında tasarlanan bir ses dağıtıcı.....	128
Şekil 5.51	Bir boyutlu ses dağıtıcılar	129
Şekil 5.52	İki boyutlu ses dağıtıcılar.....	130
Şekil 5.53	Bir boyutlu ve iki boyutlu ses dağıtıcılara ait dağılım grafikleri.....	130
Şekil 5.54	The Diffractal ses dağıtıcısı	131
Şekil 5.55	The Diffractal tasarım prensibi.....	131
Şekil 5.56	Örnek bir kontrol odasında alçak frekans kontrol düzeneklerinin farklı noktalarda hacmin yanıtına etkisi	132
Şekil 5.57	Performans odaları için önerilen optimum yansım süreleri.....	135
Şekil 5.58	Bir hareketli pano örneği	137
Şekil 5.59	Örnek bir kontrol odasında yansımalar ve ITDG aralığı	138
Şekil 5.60	LEDE tasarım yaklaşımı prensibi.....	143
Şekil 5.61	RFZ tasarım yaklaşımı prensibi.....	144
Şekil 5.62	CID tasarım yaklaşımına ait bir plan örneği.....	146
Şekil 5.63	Yansım süresi tolerans sınırları.....	150
Şekil 5.64	Dinleyici noktası ile monitör hoparlörler arasında dinleme üçgeni.....	151
Şekil 5.65	ITU' nun önerdiği çok kanallı monitör hoparlör yerleşimleri ve açıları	152
Şekil 5.66	Davul kabini ve vokal kabini olan bir ses kayıt stüdyosu planı	154
Şekil 6.1	Akustik Düzenekler	168

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Ç.G.D.Y.Y kapsamında iç mekan gürültü düzeyi sınır değerleri.....	29
Çizelge 4.2 NR, NC, RC eğrilerinin ve LeqA değerlendirmesinin karşılaştırılması.....	31
Çizelge 4.3 Sepmeyer' e göre optimum hacim oranları	39
Çizelge 4.4 Louden' e göre optimum hacim oranları.....	39
Çizelge 5.1 13mm kalınlığında örnek bir alçı levha için TL ve STC değerleri	76
Çizelge 5.2 STC ve FSTC değerleri ve bu değerlere ait öznel etkinlik tanımları.....	79
Çizelge 5.3 Örnek bir konutta yapı elemanları için yapılan ses azaltım ölçümleri sonuçları.....	79
Çizelge 5.4 NC-15 ve NC-20 eğrilerinin frekanslardaki kabul edilebilir gürültü düzeyleri	81
Çizelge 5.5 Örnek bir detay için ölçülen STC 80 ve frekanslara göre TL değerleri.....	84
Çizelge 5.6 Gürültü tayfına karşı sağlanması gereken min. STC değerlerinin hesaplanması.....	87
Çizelge 5.7 150 mm betonarme döşeme için kompozit uygulamalar ve IIC değerleri	102
Çizelge 5.8 Farklı akustikçiler tarafından ortaya konan bazı ideal hacim oranları.....	116
Çizelge 5.9 Boyutları 5.90 x 4.30 x 2.70 m olan bir hacimde oluşan aksenal modlar	117
Çizelge 5.10 Bazı malzemelerin 125Hz - 4kHz aralığındaki yutma çarpanları	119
Çizelge 6.1 Gürültü denetimi, projelendirme evresinde stüdyo hacimlerinin yapı elemanları ve bileşenlerinde sağlanması gereken optimum değerler	157
Çizelge 6.2 Ses kayıt stüdyosu hacimleri için, hacim akustiği parametreleri bağlamında sağlanması gereken optimum değerler	163

ÖNSÖZ

Dünyanın gelişmiş ülkelerinde kabul gören müzik prodüksiyonları (yapımları), başarılarının büyük bölümünü, hazırlandıkları ses kayıt stüdyolarının niteliklerine ve bu stüdyolarda çalışan ekibin bilgi, beceri ve deneyimlerine borçludurlar. Çünkü müzisyen veya müzisyen topluluğunun kayıt sürecindeki performansları ne kadar önemli olursa olsun, niteliksiz ses kayıt stüdyoları ve yetersiz ekiplerle çalışmaları durumunda, gerçekleştirdikleri performansların, prodüksiyon süreci sonunda başarısız birer ‘sonuç ürün’ olması kaçınılmazdır.

Bu çalışmada, başarılı bir müzik prodüksiyonunda önemli pay sahibi olan ses kayıt stüdyolarının mimari akustik niteliklerinin kapsamlı biçimde incelenmesi ve konuyla ilgili somut çözüm önerilerinin sunulması hedeflenmiştir. Bu zorlu süreçte, öncelikle değerli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan tez danışmanım sayın Prof. Dr. Zerhan Yüksel Can’ a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, katkıları dolayısıyla sayın Dr. Duyal Karagözoğlu’ na, fikir alışverişinde bulunduğum değerli arkadaşlarım Barış Acar ve Özge Şahin’ e, yardımlarından dolayı değerli dostum Cem Şencan’ a, emekleri ve destekleri için aileme teşekkür ederim.

İstanbul, 2007

ÖZET

Ses kayıt stüdyoları; mimari akustik, psikoakustik, elektroakustik ve teknolojinin etkileşimini bünyesinde bulunduran ses prodüksiyonu mekanlarıdır. Gelişmiş ülkelerde, sözü geçen etkileşimi oluşturan her adım, ses kayıt stüdyosunun niteliğini hemen hemen aynı oranda etkiler. Örneğin, kayıt esnasında kullanılacak olan ekipmanların teknolojik ve teknik özellikleri, kaydedilen sesin dinlendiği elektroakustik stüdyo monitörleri ve stüdyo ana hacimlerinin (kontrol odası, performans odası, izolasyon kabinleri) akustik nitelikleri kadar önemlidir ve ses kayıt stüdyolarının ‘başarılı’ olarak nitelendirilebilmesi için bu adımların her birinin zincirin kuvvetli halkaları olmaları gerekir.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde ses kayıt stüdyosu tasarımında özellikle stüdyo ekipmanlarının oldukça çoğalması ve dolayısıyla fiyatlarının da kısmen hafiflemesi nedeniyle, gelişmiş ülkelerdeki stüdyo teknolojileri elde edilebiliyorsa da özellikle mimari akustik konusunda, gelişmiş ülkelerin sağladığı akustik konfor koşulları çoğunlukla sağlanamamaktadır. Bunun başlıca nedenleri, stüdyo sahibinin mimari akustiğin sonuç ürün kalitesi üzerindeki önemi konusunda yeterli bilgisinin olmaması, ülkemizde mimari akustik projelerini gerçekleştirebilecek tasarımcı ve uygulamacıların azlığı ile mimari akustik ile ilgili konuların projelendirme ve uygulama giderlerinin getirdiği maddi yük olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada, ses kayıt stüdyosu tasarımında mimari akustiğin rolü irdelenerek ülkemizde tasarımcılar, ses kayıt stüdyosu sahipleri, prodüksiyon şirketleri ve kullanıcılara (teknik ekip ve müzisyenler) mimari akustik projelendirmenin, stüdyo ile ilgili diğer etmenler kadar dikkate alınması gereğinin daha somut olarak benimsenmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın temelini, mimari akustiğin ana konuları olan gürültü denetimi ve hacim akustiği oluşturmuş, bunun yanında ses kayıt stüdyolarının tarihsel ve teknolojik gelişmelerinin de çalışmaya dahil edilerek mimari akustiğin rolünün daha iyi özümsemesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, giriş bölümünden hemen sonra Bölüm 2’ de, müzik endüstrisi ana başlığı altında ses kayıt endüstrisinin tarihsel gelişimi ile müzik prodüksiyonu konularına değinilmiştir. Bölüm 3’ de, ses kayıt stüdyolarının tanımı, işlevi, tarihsel gelişimi ile birlikte ses kayıt stüdyosu tipleri, stüdyoların işleyişi ve mimari özellikleri ayrıntılı biçimde anlatılmıştır. Mimari akustik konusuna Bölüm 4’ de değinilmeye başlanmış ve akustik performans değerlendirme kriterleri; gürültü denetimi ve hacim akustiği alt başlıkları içinde sunulmuştur. Ayrıca yine Bölüm 4’ de, ses kayıt stüdyosu ekipmanlarının akustik performansa katkılarına da değinilmiştir. Bölüm 5’ de ise bir önceki bölümde değinilen akustik performans değerlendirme kriterleri temel alınarak, ses kayıt stüdyosu hacimleri için sağlanması gereken değerler ve bu hacimlerde yapılması gereken uygulamalar, ses kayıt stüdyolarında akustik tasarım kriterleri ve gereksinimler ana başlığı içinde, yine gürültü denetimi ve hacim akustiği alt başlıkları altında ayrıntılı biçimde irdelenmiştir. Sonuç kısmında ise, tüm bölümlerle ilgili genel bir değerlendirme yapılmış ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Prodüksiyon, ses kayıt stüdyosu, mimari akustik, psikoakustik, elektroakustik, performans odası, kontrol odası, izolasyon kabinleri.

ABSTRACT

Sound recording studios are the music production places that consist of an interaction between architectural acoustics, psychoacoustics, electroacoustics and technology. In the developed countries, these aspects which constitute the interaction have the equal considerations regarding the evaluation of the studio's qualification. For instance, the technical specifications of the recording equipments have the equal consideration with the studio monitors' technical specifications and with the room acoustical qualities of the studio rooms (performance area, control room and isolation booth). Therefore, in order to qualify for a 'good' sound recording studio, all the aspects have to be the strong links of the chain.

In the developing countries like Türkiye, although it is possible to have the same studio technology of developed countries due to the decrease of the equipment prices around the world, only a few sound recording studios have 'top level' acoustic conditions. The high prices of the acoustical projects, lacking the number of the qualified designers and the unprofessional manner of the studio owners regarding the studio acoustics are the main reasons of this problem.

The main goal of this thesis is to examine the role of the architectural acoustics on the sound recording studio design and to divert the attention of the designers, studio owners, the music production companies and the users (technical team and musicians) to architectural acoustic aspects of interaction as much as others. The basis of the thesis is classified under the two main subjects of the architectural acoustics; noise control and the room acoustics. Nonetheless, the historical and technological developments of the sound recording studios are also mentioned so that the role of the architectural acoustics could be well assimilated. In this context, just after the introduction part in chapter 2, the historical development of the sound recording industry and music production are explained under the main heading of music industry. Sound recording studio definition, function, historical development in conjunction with its types, mechanism and architectural characteristics are examined in chapter 3. In the thesis, architectural acoustics are started to be discussed from the beginning of chapter 4 and the acoustical performance evaluation criteria are presented under noise control and room acoustics sub headers. Furthermore, the contribution of the studio equipments to the acoustical performance is also emphasized in this chapter. In chapter 5, under the light of the acoustical performance evaluation criteria, the acoustical values that have to be maintained and the must have applications regarding the sound recording studio rooms are examined under the main heading of acoustical design criteria and requirements, in detail. Finally in the conclusion part, a common evaluation is made concerning all of the chapters and recommendations are submitted.

Key Words: Production, sound recording studio, architectural acoustics, psychoacoustics, electroacoustics, performance room, control room, isolation booth.

1. GİRİŞ

Akustik biliminin temel uğraş konusu olmasına karşın ses; öznel olarak da algılanabilen, fiziksel fakat aynı zamanda bu fiziksellekle çelişen ölçüde de psikolojik bir olgudur. Sesin algılanmasında sorunun tipi, sese olan yaklaşımı belirler. Eğer, sorun sesin 'gürültü' olarak algılanıp rahatsız edici etkisini değerlendirmekse bu, psikoakustik kapsamına girer, çünkü sesi gürültü olarak algılayan insandır. Ancak sesin insan algılaması dışındaki özelliklerinin incelendiği durumda ise sorun fizikseldir. Bu iki bakış açısı müzik ve müzik teknolojileri ile ilgilenenlerin karşısına sıklıkla çıkmaktadır. Bu bağlamda, ses kayıt stüdyoları sesin hem psikoakustik hem de fiziksel olarak değerlendirildiği, kaydedildiği ve işlendiği mekanlardır.

Stüdyoda yapılan herhangi bir kayıt sürecinin hedefi; o günün mevcut teknolojiyle müzikal anlatımın sunumunun en doğru ve titiz biçimde yapılması, prodüksiyonun hedefi ise teknolojinin ses kaydına en etkin biçimde uygulanması, kayıt işlemi sürecinde yakalanan performansların optimumu sağlayacak biçimde kolaylaştırılması ve stüdyo ortamında üretilebilecek canlı performansların arşivlenip, sonuç ürün olarak çoğaltılmasıdır. Ses kayıt stüdyoları her ne kadar ekipman olarak çağın en son teknolojisini kullansalar da, sesin kaydedileceği ve kayıt edildikten sonra işlenip değerlendirileceği ortamlar, sonuç prodüksiyonun oluşumunda birincil önem arz eder. Bu bakımdan prodüksiyonun başarısı; stüdyonun mimarisinin, akustik konfor koşullarının, stüdyo ekipmanlarının, stüdyoyu kullanan ekibin (prodüktör, ses mühendisi, vb.) ve müzisyenlerin performansı ile bir bütündür.

Ses kayıt stüdyolarında kullanılan teknoloji, ekipmanlar, yapım teknikleri, malzemeler değişiklik gösterse de, kalıcı temel ilke stüdyoda gerçekleşecek sesle ilgili her adım için, gereken akustik konfor koşullarının sağlanmasıdır. Bu süreç stüdyonun planlama aşamasından başlar. İşte bu noktada ise sesin 'gürültü' olarak değerlendirilmesi bir çelişki olarak yapım aşamasında ortaya çıkar. Çünkü ses kaydı yapılacak stüdyoda standartlarca belirlenen fon gürültüsü düzeylerinin sağlanması, kayıt ortamının gürültüye ve titreşimlere karşı yalıtılması, yani stüdyonun gürültü denetiminin sağlanması gerekir. Stüdyonun başarılı olarak nitelendirilmesi için işlevsellik, estetik, akustik ve teknolojik gereksinimlerin bir arada düşünülmesi şarttır. Bazen kullanıcıları tarafından stüdyoların estetik görüntüsü, konfor ve rahatlığı, akustik kalitesinin önüne geçebilir. Çünkü dokunulabilir estetik kalitenin anlaşılması dokunulmaz akustik kaliteden daha kolay anlaşılabilir. Bu bakımdan akustik konfor koşulları yanında estetik de tasarımın göz ardı edilemeyecek bir parçasıdır.

Bu tezin amacı, ses kayıt stüdyolarının mimari akustik bakımından incelenmesi, işitsel konfor koşullarının oluşmasında gürültü denetimi ve hacim akustiği konularının irdelenerek değerlendirilmesi ve prodüksiyon sürecine katkılarının belirlenmesidir. Çalışmada, ses kayıt stüdyosu ekipmanları ile ses kayıt stüdyosunun tarihsel gelişimi konularına da değinilmiştir.

2. MÜZİK ENDÜSTRİSİ

Müzik Endüstrisi; müzik üreten, müziği geliştirip ilerleten ve koruyup devamlılığını sağlayan sektördür. Müzik endüstrisi;

- Müzisyenler
- Besteciler ve şarkı yazarları
- Müzik toplulukları
- Müzik sendikaları
- Müzik yayımcı şirketleri
- Telif hakları şirketleri
- Kayıt endüstrisi (prodüktörler, kayıt şirketleri, dağıtım şirketleri vb.)
- Menajerler
- Organizasyon şirketleri
- Gösteri dünyası (reklam ve sinema müzikleri vb.)
- Müzik marketler
- Dinleyiciler ve tüketiciler

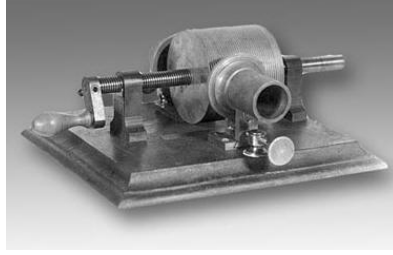
gibi değişik dallardan oluşur. Müzik endüstrisinin temelleri 18.yy' ın sonlarında Wolfgang Amadeus Mozart gibi bestecilerin ve yorumcuların müziklerini ve performanslarını kilise ve aristokratların himayesinden çıkarıp halka da sunma ve pazarlama yollarını aramalarıyla atılmıştır. Mozart'ın ölümünden sonra, eşi soprano Constanze Weber, ünlü bestecinin müziğinin ticarileştirilmesi işleminin tamamlanması için daha önce benzeri görülmemiş bir şekilde Mozart'ı anma konserleri düzenlemiş, el yazması eserlerini satışa sunmuş ve biyografisinin hazırlanmasını sağlamıştır.

19. yy da müzik endüstrisi, bestecilerin eserlerini elle yazıp veya baskısını yapıp çoğaltıp satan yayımcı şirketlerin himayesindeyken, 20.yy' ın başlarında, fonograf ve gramofon endüstrisinin gelişimiyle bu şirketlerin yerini kayıt endüstrisi almaya başlamıştır. [1]

2.1. Ses Kayıt Endüstrisinin Tarihsel Gelişimi

Ses kayıt endüstrisinin gelişimi aslında; Thomas Edison'un, 1877 de fonografı bulmasıyla başlamıştır. Fonograf, silindirik bir plakaya monte edilmiş yine ağzı açık ince silindirik bir kalay yaprağından oluşan, sesi bu yolla içeride hapsedebilen basit bir cihazdır ve 1950' lerde yeni teknolojilerin belirmesine kadarki süreçte müzik eğlence dünyasında uzun süre kullanılmıştır.

Fonograf üreten şirketlerin ilk hedef kitlesi; iş adamları, avukatlar ve muhabirler gibi o ana kadar önemli bilgileri kaydetmek için stenografi kullanan kesimdi. Fonograflar iş dünyası için önemli bir buluş olarak değerlendirilseler de ses kaydı işleminin müzik eğlence dünyasında kullanımı bu aletlerin popüleritelerinde ve gelişimlerinde asıl önemli sıçramayı getirmiştir. Fonografa ait bir örnek Şekil 2.1' de gösterilmiştir. [2]



Şekil 2.1 Fonograf [3]

İş dünyası tarafından kullanılan fonograflar ilk zamanlar çok az sayıda satılıyordu ve fonograf sektörü iflasın eşiğine gelmişti. Ancak bir tasarımcının jetonla çalışan fonografi tasarlamasıyla sektör yeni bir boyut kazandı. Bu cihazlar zamanın eğlence yerlerine ve pasajlarına konuldu ve halk tarafından benimsendi. Bu benimseyiş, firmaları tüketicileri evlerine fonograf almaları için daha ekonomik ve kullanımı kolay cihazlar tasarlamaya itti. Kayıt yapmayan ancak kayıtlı parçaları çalabilen ucuz bir cihaz fikri, daha ileri ve başarılı bir teknolojik gelişmeye de ilham kaynağı oldu ve bu sayede 'Gramofon' üretildi. İlk gramofonlara ait bir örnek Şekil 2.2' de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Gramofon [3]

Edison bu konuda çeşitli fikirler geliştirmiş olsa da gramofon devrini asıl başlatan isim Emille Berliner olmuştur. Silindir yerine plak kullanma fikri, plakların daha fazla sayıda çoğaltılıp daha kolay piyasaya sürüleceği fikrinden doğmuştu. Berliner 1893' te fiyatı makul ilk gramofonları ve sert kauçuktan yapılan yedi inçlik plakları piyasaya sürmeye başlamıştı. Bazı Amerikalı büyük plak şirketlerinin (Columbia, Edison, Victor, vb.) hem ABD'de hem de

Avrupa'da şubeler açmaya başlamaları plak endüstrisi ve kayıt sektörüne büyük katkı sağladı ve bu büyük şirketler 1900' lerde sadece ABD' de üç milyona yakın satış yapıyorlardı. Sonraki yirmi yıl içerisinde plak endüstrisindeki başarı ve satış grafiği inanılmaz bir yükseliş gösterdi. Artık plak ve ses kayıt endüstrisi, dünyanın önde gelen sektörlerindendi.[2]

1925' lere gelindiğinde ise, 1940' lara kadar sürecek bir gerileme dönemi belirdi. Bu dönemde, gramofon satışındaki patlama sona ermeye başlamış, kayıt sektörü de artan ivmeyle düşüşe geçmişti. Önceleri buna sebep olarak ölçsüz ve aşırı rekabet ortamı gösterildi. Çünkü 1925' e gelindiğinde 150' den fazla şirket gramofon ve plak üretiyordu. Ayrıca bu şirketlerin her biri, fiyatını diğerine göre düşük tutmaya uğraşıyordu. Ancak aynı dönemde radyo sektörü de bu çetin rekabet ortamına dahil olmuştu. 1922' de ABD' nin çeşitli eyaletlerinde radyo yayınları yapılmaya başlamıştı. 1920' lerin sonlarında ise radyo ağı hem ABD hem de Avrupa' da hızla yayılıyordu. Ayrıca radyo ağları etkili reklam gelirleri de elde etmeye başlamıştı. Yayıncı şirketler bir taraftan da radyo programları için oldukça savurganca para harcıyorlardı. Ses kalitesinin düşük olmasına rağmen insanlar radyo fikrinden hoşlanıp evlerine almaya başlamışlardı. 1920' lerin ortalarında plak endüstrisindeki düşüş %50' ye varmış, daha sonraki on yıl içerisinde de dengeye oturmuştu. [3]

1930' ların başlarında yapımcı şirketler tarafından, tüketiciyi tetiklemek için elektrikli kayıt (electrical recording) adı altında mevcut plağın gelişmiş bir şekli piyasaya sürüldü. Bu plaklar; stüdyolarda mikrofonlar ve elektronik amfiler kullanılarak kaydediliyor ve aynı zamanda eski tip cihazlarda da çalınabiliyordu. Hatta bazı firmalar radyolu fonograflar üreterek kendilerini bu çöküş döneminde batmaktan kurtarabilmişti. 1930' lar boyunca plaklar az da olsa satılmaya devam etti. Her ne kadar klasik müzik dinleyicileri istikrarlı tüketiciler olsalar da büyük bir piyasa oluşturmuyorlardı. Ayrıca radyo yayını yapan şirketler de plak alımına katkıda bulunan kuruluşlardı. Sonraki birkaç yılda sesli sinemanın da sektöre girmesiyle ses kanalını (soundtrack) doğrudan filme dahil eden sistemler çıkmadan önceki yıllarda plaklar kullanılmıştı. 1930' larda, sektöre hareketi film şirketlerine satılan ses kayıt cihazları ve film müzikleri getirdi. Hatta ilk stereo* kayıtlar sinema sektörü için yapılmıştı. 1940' ların başlarında gelişen ekonomiler ve otomatik plakçalarının (jukebox) kullanımının yaygınlaşması, müzik sektörüne hareket getirdi ve plak satışları artmaya başladı. Ancak sektör

* Stereofonik ses, yaygın adıyla stereo, insan işitme duyusunun doğasına uygun, hoş bir izlenim vermek amacıyla sesin, farklı yönlerde ve simetrik olarak yerleştirilerek iki veya daha fazla bağımsız ses kanalına bağlanmış monitörler yardımıyla tekrar üretilmesidir. Stereo, genellikle monofonik (monaural) sesin karşılığı olarak anılır; monofonik seste, ses alanı içinde merkezlenmiş tek bir kanal bulunur.

hala problemliydi. [2]

İkinci Dünya Savaşı, her ne kadar insanlık tarihi için bir trajedi olsa da plak ve kayıt endüstrisine bir avantaj getirdi. Bir anda hükümetler ve silahlı kuvvetler ses kayıt aletleri sipariş etmeye başladılar. Ayrıca müzik eğlence sektörüne bölükleri eğlendirmeleri ve rahatlatmalarını sağlamları için kayıtlar ve plaklar sipariş verdiler. Amerikan ordusu bu dönemde gazeteciler için kullanılmak üzere manyetik kayıtlar (magnetic recording) yapmayı denedi. Bu deneme, plak endüstrisine doğrudan katkı sağlamasa da, olabilecek yeni gelişmelerin habercisiydi. [2]

Savaşın bitmesiyle birlikte, sektördeki piyasada bir canlılık olmasını arzuluyorlar ve insanların evde müzik dinlemelerini teşvik edecek çözümler arıyorlardı. 1940' ların başlarında Alman şirketleri AEG ve I.G. Farben, manyetik teyp kayıt cihazlarını (magnetic tape) geliştirdi. Bu cihazlar kısa zamanda ses kayıt stüdyolarının standartı haline gelen ve kayıt endüstrisinde devrim niteliği taşıyan ses kaydedici teyplere (studio tape recorders) temel oluşturdu. Manyetik teyplere bir örnek Şekil 2.3' te gösterilmiştir. [4]



Şekil 2.3 Manyetik teyp kayıt cihazı [4]

1940'ların başlarında bazı şirketler, Hi-Fi* (yüksek sadakat) adını verdikleri elektronik cihazlar üretmeye başlamışlardı ve bununla birlikte hi-fi disk üretimi de hız kazanmıştı. Hi-Fi cihazlar temelde; stüdyo performansı sırasında duyulan sesin niteliğini ve kalitesini, kayıtlı başka bir yerde dinleyenlere aynen aktarabilmeyi hedeflemekteydi.

Daha sonraları Columbia ve Victor şirketleri, single** 'lar için 45' lik, albümler için ise LP (Long play) adını verdikleri Hi-Fi plakları dünyaya tanıttılar ve bu hareket, evde müzik dinlemede yeni bir çağ başlattı. 1950'lere gelindiğinde ise Hi-Fi özelliği herkesçe aranır olmuştu. Ayrıca LP' nin bu denli tutacağı da beklenmiyordu. Hi-Fi dönemi, şov dünyası ve

* İngilizce' deki 'High Fidelity' kelimelerinin kısaltılmışıdır. Bazi teknik açılardan hata payı belirli oranların altında olan (yani Hi-Fi normlarına uygun) ve evde kullanılmaya yönelik müzik sistemleridir.

** Tek veya en fazla birkaç müzik eserinden oluşan, genellikle 'albüm öncesi', tanıtım amaçlı yapılan çalışma.

film müziği albümlerinin büyük pazar bulmasıyla daha da ilerlemeye başladı. Hi-Fi ses kalitesi elde etmek artık müziğin odak noktası haline gelmişti. Bu amaç için geliştirilen ses kayıt stüdyolarında kullanılan ses kaydedici teyplerden önce ses, müzisyenler grupça canlı olarak çalarken kaydedilmek zorunda idi. Ses kaydedici teyplerin devreye girmesiyle ise artık kayıttan sonra da sese eklemeler ve çıkarımlar (editing) uygulanabiliyordu. Eğer müzisyen kayıt esnasında yanlış bir notaya bastıysa, kayıt mühendisi o parçayı kesip müzisyenin aynı yeri yeniden ve doğru biçimde çalarak doldurmasını sağlayabiliyordu. Ayrıca artık grupların aynı anda çalması zorunluluğu ortadan kalktığı gibi mevcut kayıtlar üzerine yenileri de çalınabiliyordu. Artık değişik enstrümanların değişik zamanlarda kaydedilip daha sonra birleştirilip ayarlanabilmeleri devri (mixing) başlamıştı. Popüler müziğin yaygınlaşması ve deneyelliğe açık olması yeni teknolojilerin bu sektörde denenmesine olanak sağlıyordu. Artık echo, reverb gibi stüdyo efektleri (bkz. Bölüm 4.3), ses kayıt stüdyolarında standart haline gelmişti. [2] [4]

II. Dünya Savaşı sonrası dönemin sektöre getirdiği yeni trend, ‘taşınabilir müzik’ idi. Daha fonografların ilk döneminde taşınabilir fonograflar, 1940’lara gelindiğinde ise taşınabilir radyolar mevcut olmasına karşın bahsedilen taşınabilirlik aslında ‘daha küçük’ e endeksliydi. Daha küçük boyutlarda günümüz cihazlarının temelleri, transistörün yaygınlaşp vakumlu tüplerin (vacuum tube) yerini almalarıyla başladı. Üstelik transistörler daha az elektrik harcıyordu. 1955’ lerde küçük ama etkili transistörlü radyolar ortaya çıktı. Zamanla fiyatları kabul edilebilir seviyelere geldiğinde ise bunlar, en çok alınan cihazlar oldular. Kayıt sektöründe artık transistörlü fonograflar da üretiliyor olmasına karşın bunlar transistörlü ses kaydedici teypler kadar popüler değildi. Transistörlü teypler özellikle gençler tarafından ABD ve Avrupa’ da bir numara olmuştu. Bu teypleri radyodan veya mevcut plaklardaki şarkıları kendilerine kopyalamak için kullanıyorlardı.

1962’ de Philips firması transistörlü teypler için yeni formatı olan ‘kompakt kaset’ i piyasaya sürdü. 1960’ ların sonlarında ise artık pille çalışan teypler piyasada en çok satılanlardı. Kaset teknolojisinin gelişmesi kaseti ve teypleri evlere sokmayı başardı. 1978’ de Hi-Fi ve taşınabilir nitelikte olan Walkman ve benzeri cihazların piyasaya sürülmesiyle, kasetler artık LP’ lerin yerini almaya başlamıştı. 1990’da ise kaset artık ev müzik sistemlerinin standardıydı. Kompakt kaset’i piyasaya süren Philips şirketi, 1970’ lerin sonlarında video kayıt endüstrisi için lazerli bir disk (laser disk) geliştirdi. Daha sonra aynı sıralarda dijital bir teyp üreten Sony şirketiyle takım halinde bugün CD olarak bildiğimiz Kompakt Disk’ i

ürettirler ve 1982' de piyasaya sürdüler. [2]

Dijital çağın kayıt endüstrisine etkisi ise dijital kayıt devrimi ile oldu. 1990' larda, DAT (Dijital Audio Tape) cihazların piyasada yaygınlaşması (bkz. Bölüm 4.3), dijital kayıt piyasasını hareketlendirdi. Dijital teknolojinin gelişiminin çok hızlı olması da ses kayıt stüdyolarının her geçen gün daha nitelikli prodüksiyonlar yapmalarına olanak sağlıyordu. Ayrıca 1990' ların sonunda kaydedilebilir CD' lerin devreye girmesiyle, kasetin popülerliği iyice azaldı.

2000' lere girildiğinde dijital teknolojinin ve internet çağının hızlı ilerlemesiyle birlikte artık kayıtların yüklenip saklanabileceği diğer formatlar ve ortamlar oluşturulmak isteniyordu. MP3 formatı ve taşınabilir MP3 çalarlar bu arayışın sonucu doğdu. Artık günümüzde müzik dinleyicisi internet ortamında müziği paylaşabiliyor ve hatta farklı ülkelerde farklı stüdyolarda kaydedilmiş parçalar bir araya getirilip 'mix' lenip, 'edit' lenerek prodüksiyonlar oluşturuluyor. Ve insanlar bu hızlı gelişime dur diyemeden olanları ve olacakları biraz da hayretle izliyor.

2.2. Müzik Prodüksiyonu

Müzik prodüksiyonu; kopya etme sanatıdır ve amacı teknolojik açıdan zengin stüdyo ortamında üretilen canlı müzikal performansları ve tüm ses ortamını arşivleyip tekrarını ve devamlılığını sağlamaktır. Müzik prodüksiyonunun hedefinde, icra etme veya bir müzik eseri yaratmanın dışında, spesifik olarak müziğin kaydının yapılması ve yapılan kaydın işlenmesi işlemi vardır. Herhangi bir müzik prodüksiyonunda kayıt sürecinin hedefi; kayıt işlemi için gerekli görülen teknoloji, prodüksiyon kabiliyeti ve performans becerilerini kullanarak bir müzikal anlatımın en titiz ve doğru 'sessel' sunumunu yapmak ve kayıt işlemi sırasında yakalanacak optimum edimlerin elde edilmesini kolaylaştırmaktır. Her ne kadar estetik ve sezgi bu iki dünya arasındaki ortak köprü olsa da, müzik prodüksiyonu işlemine ve kaydedilen sesin ortamına has teknik ve artistik daha birçok soru vardır (Lefford, 2000).

İlk prodüksiyon teknikleri, somut müzik (concrete music)* döneminde doğmuştur. 1950' lerin başlarında Messiaen, Boulez, and Stockhausen gibi bazı besteciler audio teknolojisini müzik yapımında bir enstrüman olarak kullanmaya başladılar. Bu teknolojinin ilk örneklerini

* Endüstriyel ve doğal seslerin belirli parçalarının, editing işlemiyle elde edilmesiyle oluşturulan ilk dönem elektronik müzik sınıfına verilen isim.

ise Fransız bir radyo teknisyeni olan Pierre Schaffer, birbiriyle bağlantısız ses bölümlerini orijinal ortamlarından koparıp bu parçaları yan yana sıralayarak farklı hızlarda veya tersten çalarak vermiştir. Daha sonra bu teknikler gelişen teknolojiyle daha alışlageldik hallerini almışlardır.

Herhangi bir müzik prodüksiyonunda kayıt sürecinin hedefi; kayıt işlemi için gerekli görülen teknoloji, prodüksiyon kabiliyeti ve performans becerilerini kullanarak bir müzikal anlatımın en titiz ve doğru 'sesSEL' sunumunu yapmak ve kayıt işlemi sırasında yakalanacak optimum performansların elde edilmesini kolaylaştırmaktır (Lefford, 2000).

Müzik prodüksiyonu ve ses mühendisliği, kendileriyle ilgili son zamanlarda hızla gelişip çoğalan akademik programlar oluşmasına rağmen işin hüneri halen bir yandan da çıraklığın devamıyla sağlanmakta ve sağlanmalıdır. Ancak süreç içinde buna bağlı olarak sezginin rolü de gereğinden fazla abartılmamalıdır. Müzik prodüksiyonunu ve ses mühendisliğini öğrenme süreci, müzik enstrümanı çalmaya oldukça benzer. İkisinde de deneyim ve artistik sezgi oldukça önem taşır. Bu bakımdan prodüksiyon işleminin herhangi bir analizi yapılırken yeni teknolojilerin geliştirilip bu çok yönlü maddesel ortama katılımının değerlendirmesi, direkt olarak önceden kestirilemez ve ölçülemez bu artistik sezgiyle de yüzleşmelidir (Lefford, 2000).

Prodüksiyonun repertuarını oluşturan yöntemler dizisi ve teknikler, popüler müziğin gelişmesiyle birlikte daha geniş alanlara yayılırlar da, prodüksiyon modeli yeni teknolojilerin ve müzik tarzlarının değişimi sebebiyle sürekli evrimleşmektedir ve sınırlandırılmaz. Ayrıca modern ses kayıt stüdyolarının sektörde yaygınlaşması müzik prodüksiyonunun konseptinde, sunumunda ve dinleyicinin sonuç ürünü algısında önemli roller üstlenmiştir.

Ses kayıt stüdyolarının performans odaları ile kontrol odaları gibi kritik dinleme hacimleri de sonuç prodüksiyonun oluşturulmasında birincil önem taşıyan mekanlar oldukları için teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin ve teknolojiyi kullanan eller ne kadar deneyimli olursa olsun bu mekanların niteliği, önemini yitirmez görünmektedir.

3. SES KAYIT STÜDYOLARI

3.1. Ses Kayıt Stüdyolarının Tanımı ve İşlevi

Ses kayıt stüdyoları; sesin psikoakustik ve fiziksel olarak değerlendirildiği, kaydedildiği ve işlendiği, günün son teknolojisini kullanan, mimarisiyle estetiği ve ergonomiyi örtüştüren, akustik niteliğiyle de tüm kayıt ortamının kontrolünün sağlandığı müzik prodüksiyonu yapılan mekanlardır. Ses kayıt stüdyoları genellikle en az iki ana hacimden oluşur. Bunlardan birincisi stüdyonun kendisi yani kayıt için sesin sentezlendiği bölüm olan performans odası (performance area / live room), diğeri de stüdyoda oluşturulan sesin kaydının yapıldığı, bu kaydın kritik dinleme evresinin gerçekleştirilmesiyle birlikte işlendiği bölüm olan kontrol odasıdır (control room).

Ses kayıt stüdyoları sesin doğru, kaliteli ve arzulanan nitelikte kaydedilebilmesi için gerekli olan mimari akustik ölçütler temel alınarak tasarlanmalıdır. Bu stüdyolarda ana hacimlerden başka, özellikle son dönemlerde birçok farklı tür müziğin kaydının yapıldığı ses kayıt stüdyolarında sıklıkla görülen vokal kabini, davul kabini gibi izolasyon kabinleri ve bazı stüdyolarda birden fazla kontrol odası da (örn: mastering odası) bulunabilir. Bu kabinlerin her birinin kendine özgü işlevi ve akustik niteliği vardır. Öte yandan her bir kabinin birbirleriyle ve ana hacimlerle sessel, fiziksel hiçbir bağları kalmayacak şekilde gürültü denetimlerinin sağlanmış olması gerekir. Stüdyonun mimarisi kullanıcıların ve teknik ekibin psikolojik olarak konforlu hissetmelerini, daha yüksek müzikal performans elde edebilmelerini ve zamanı en iyi şekilde kullanabilmelerini sağlayacak biçimde tasarlanır. Unutulmamalıdır ki stüdyoda zaman, para demektir.

Ses kayıt stüdyolarında ana hacimlerin birbirleriyle ve kabinlerle görsel bağlantıları, birbirlerini görebilecekleri pencerelerle, sessel bağlantıları ise kontrol odası tarafından kontrol edilen ve 'talkbox' adı verilen, dahili bir iletişim sistemiyle sağlanır. Söz konusu sistemde sessel iletişim, mikrofon ve kulaklıklar yardımıyla gerçekleşir. Genellikle performans odasında ve kabinlerde bulunan mikrofonlar, kontrol odasındaki mikser (konsol) (bkz. Bölüm 4.3) tarafından kontrol edilir. Genellikle bu mikrofonlar ayrı kanallarda ve her an iletişimi sağlayacak biçimde açık tutulur. Kontrol odasında da genellikle hem stüdyo hem de kabinlerle kayıt mühendisi ve prodüktörün iletişimini sağlayan ve bunu da her bir mekanda sesi, müzisyenlerin kendilerini duymalarını sağlayan monitör hoparlörlere vererek yapan bir mikrofon sistemi bulunur. Monitör hoparlörler, müzisyenlerin kayıt sırasında duymak

istedikleri enstrümanları tek tek veya bir bütün halinde duyabilmelerine olanak tanır. Bu da kayıt sürecini müzisyen için daha verimli kılar (Lefford, 2000).

3.2. Ses Kayıt Stüdyolarının Tarihsel Gelişimi

Ses kayıt stüdyolarının ilk dönemlerinden çoklu kanal kayıt sisteminin keşfine kadar bu hacimlerde; vokal kabini, davul kabini ve izolasyon kabinleri yoktu ve sadece kontrol odası ile performans odası bölümlerinden oluşuyordu. Ayrıca grupların bir bütün olarak ve de canlı kayıtları söz konusuydu. Çoklu kanal kayıt sisteminin devreye girmesiyle vokalleri ve enstrümanları farklı kanallara farklı zamanlarda ve farklı hacimlerde kayıt edebilme imkanı doğdu.

1960' larda kayıtlar, ¼-inç veya ½-inç sekiz kanal manyetik teyp kayıt cihazı kullanılarak yapılmaktaydı. 1970'lerde ise daha gelişmiş ve daha çok kanala sahip manyetik teyp kayıt cihazları kullanılmaya başlandı. Bunlardan en sık kullanılanı ayrı ayrı yirmi dört tek kanalı kapsayan 2- inç analog teyplerdi. Genellikle mikserler, bu yirmi dört kanal teyplerde gerçekleştirildiğinde, sinyal tekrardan çalınıp, birleştirilmiş sinyalleri kaydeden ve 'master' adı verilen başka bir cihaza gönderilmekteydi. Bu sebeple dijital teknolojinin gelişmesiyle birlikte ilk kez kullanılan teyplerin çoklu kanal sayısı, yirmi dördün katları şeklinde belirleniyordu. Manyetik teyplerden sonra daha fazla kanala ek olarak çoklu equalizer (eşitleyici)* ve efekt seçenekleri içeren çok kapsamlı analog mikserler ve dijital devrimle birlikte bunların dijital versiyonları kullanılsa da, genel amaçlı bilgisayarlar, teknolojinin gittikçe gelişmesiyle de kayıt işinde oldukça önemli roller almaya başladı. Hızlı gelişen teknolojik süreç bu bilgisayarların zamanla konsolların, örnekleyicilerin ve ses efekt aletlerinin yerlerini alacaklarını göstermektedir. Genel amaçla kullanılan bu bilgisayarlar, sektörde Digital Audio Workstation (DAW) olarak nitelendirilmektedir (bkz. Bölüm 4.3). [5]

Vokalleri ve enstrümanları farklı kanallara farklı zamanlarda ve farklı hacimlerde kayıt edebilme imkanın doğması, akustik biliminin gelişmesi, stüdyo ekipmanlarının teknik hassasiyetlerinin ve mimari akustiğin işitsel konfora olan gereksiniminin artmasıyla birlikte, söz konusu kabinler ile stüdyoların ana hacimlerinde gün geçtikçe akustik ve gürültü denetiminin önemi de iyice artmaya başlamıştır. İşitsel konfor gereksinimlerinin zaman içinde optimumu sağlayacak değerlerinin saptanıp bunların standartlaşmalarıyla birlikte de ses kayıt

* Temelde, belirli frekans bölgelerinin düzeylerini yükseltip alçaltan, böylece daha rahat ve kullanışlı ton kontrolü seçenekleri sağlayan cihazlardır.

stüdyolarında alınan akustik önlemler bu standartları sağlayacak malzeme, detay ve uygulamalar kullanılarak ve çözümlere her geçen gün yenileri katılarak günümüzün ‘profesyonel’ ses kayıt stüdyolarını şu an buldukları noktalara taşımışlardır.

1990’ların başından günümüze kadarki süreçte ise profesyonel stüdyolara ek olarak proje stüdyosu (project studio) ve ev stüdyosu (home studio) kavramları ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu stüdyolar daha çok ticari olmayan ve sanatçıların bireysel gereksinimleri ve hobilerine hitap ve yardım eden stüdyolardır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte ucuzlayan ve kabul edilebilir fiyatlarda ve kalitelerde üretilen konsol, ses kartı, mikrofon, sentezleyiciler ve MIDI* aygıtlarının üretilmesi de söz konusu stüdyolara olan ilgiyi arttırmıştır. [5]

Her ne kadar profesyonel ses kayıt stüdyolarında alınacak akustik ve gürültü denetimi önlemleri ev stüdyoları ve proje stüdyolarına göre daha önemli ve pahalı olsalar da bu stüdyolar için de yine işitsel konfora katkıda bulunacak önlemlerin alınması gerekmektedir. Piyasada da bu tip kullanıcılara hitap eden, kolay ulaşılabilir uygulanabilir detaylar ve ürünler gittikçe artmaktadır.

3.3. Ses Kayıt Stüdyosu Tipleri

Günümüzde ses kayıt stüdyoları, teknolojinin kolay erişilebilir olması ve herkesin ulaşabileceği fiyatlarda yeni ürün sınıflarının da oluşmasıyla birlikte geniş bir alanda değerlendirilir hale gelmişlerdir. Tüm stüdyolarda çoklu kanal kayıt sistemi kullanılmaktadır. Ancak stüdyonun kapsamına, niteliğine ve boyutlarına göre aynı anda canlı kayıtlar da bu sistemlerle yapılabilmektedir. (örn: film müzikleri). Çoklu kanal kayıt sistemleri, yine stüdyonun kapsamına göre büyük değişiklikler gösterebilir. Basit bir prova ve kayıt stüdyosunda kanal sayısı sekiz olabilir iken çok daha profesyonel ve geniş kapsamlı büyük bir stüdyoda kanal sayısı yüz yirmi sekiz ve üzeri olabilir. [5] Bu bakımdan ön prodüksiyon** sürecinde mevcut proje için hangi stüdyonun seçileceği de yine önemli bir ayrıntıdır. Ses kayıt stüdyoları Şekil 3.1’ deki gibi sınıflandırılabilir.

* Müzikal Enstrümanların Dijital Arabirimi (Musical Instrument Digital Interface)

** Prodüksiyon sürecine kadarki, prodüksiyona hazırlık adımlarının gerçekleştirildiği süreçtir.



Şekil 3.1 Ses kayıt stüdyosu tipleri

3.3.1. Amatör Ses Kayıt Stüdyoları

Ev ve proje stüdyoları, ticari olmayan ve sanatçıların bireysel gereksinimleri ve hobilerine hitap ve yardım eden stüdyolar olarak değişik maliyetlerde ve hacimlerde oluşturulabilen, bestecinin kendi müziğini oluşturması, arşivlemesi, prodüksiyon öncesi yeni fikirler elde etmesi ve promosyon amaçlı demolar* yapması için ideal stüdyo tipleridir.

3.3.1.1. Ev Stüdyoları

Ev stüdyosu proje stüdyosuna göre daha dar kapsamlı, daha az maliyetli ve daha bireysel düşünülebileceği gibi daha geniş kapsamlı proje stüdyosu amacıyla kullanılan tipleri de vardır. Genellikle yaşanan apartman dairesi veya müstakil evin herhangi bir odası, ev stüdyosu olarak kullanılır.

3.3.1.2. Proje Stüdyoları

Proje stüdyoları bireysel ve grup bazlı olabilir. Rock ve çeşitli tarz müzik yapan grupların kendi amaçları doğrultusunda oluşturdukları, hatta buldukları muhite göre diğer gruplara prova ve demo kayıt imkanı vererek maddi yönden de gelir elde ettikleri stüdyolardır. ABD’de sıklıkla görülen, stüdyo haline getirilmiş bireysel garajlar, proje stüdyolarına iyi bir

* İngilizce, ‘demonstration’ kelimesinin kısaltılmışıdır. Bir şarkı veya albümün deneme kayıtlarından oluşur.

örnek olabilir. [6]

3.3.2. Profesyonel Ses kayıt Stüdyoları

Profesyonel ses kayıt stüdyoları, prodüksiyon amaçlı stüdyolardır ve bireysel sanatçıların, grupların, orkestraların, film, belgesel, reklam müziklerinin kayıtlarının yapıldığı, son prodüksiyonlarının* hazırlandığı, aynı anda birden çok prodüksiyonun hazırlanabildiği çok çeşitli profesyonel stüdyo vardır.

3.3.2.1. Basit Ses Kayıt Stüdyoları

Basit ses kayıt stüdyoları, genellikle bir kontrol odası ve bir performans odasından oluşur. İçerisinde hacmin büyüklüğüne göre izolasyon kabinleri de bulunabilir. Bireysel sanatçıların, rock ve benzeri grupların kayıtlarının ve mikslerinin yapıldığı stüdyolardır. Genellikle bu stüdyolarda yapılan kayıtlar, editing ve mastering işlemleri için başka stüdyolara gönderilir ve son prodüksiyon için kullanılmazlar. Ancak daha dar bütçeli ve her işlemin stüdyo bünyesinde yapıldığı prodüksiyon stüdyoları da vardır. [6]

3.3.2.2. Çok Amaçlı Ses Kayıt Stüdyoları

Çok amaçlı ses kayıt stüdyoları, birden fazla kontrol odası ve bazen de birden fazla kontrol odasıyla birlikte birden fazla performans odası bulunan stüdyolardır. Kontrol odalarından biri kayıt ve miks amaçlı, diğerleri ise editing ve mastering son prodüksiyon odaları olarak kullanılan stüdyolardır. Ayrıca bu stüdyolarda film müzikleri, belgesel müzikleri, reklam ve jenerik müzikleri, film mikseleme ve remastering gibi işlemler de yapılabilir. [7]

3.3.2.3. Çoklu Ses Kayıt Stüdyoları

Çoklu ses kayıt stüdyoları, çok amaçlı stüdyoları da kapsar. Birden fazla ses kayıt stüdyosundan oluşan bu hacimlerde stüdyolardan biri veya daha fazlası çok amaçlı stüdyo, bazıları ise sadece kayıta veya son prodüksiyona yönelik stüdyolar olarak kullanılabilir. [7]

3.3.2.4. Büyük Stüdyo Kompleksleri

Büyük stüdyo kompleksleri, bünyesinde çok sayıda ve farklı amaçlı stüdyolar barındıran komplekslerdir. Televizyon, film, radyo stüdyoları gibi stüdyolarla birlikte aynı komplekste bulunan ses kayıt stüdyolarının niteliği değişiklik gösterebilir. Çok amaçlı veya basit

* Yapılan kayıtların, kayıt aşamasından sonra geçtiği her türlü işlemin tümüdür.

stüdyodan oluşabileceği gibi çok daha maliyetli ve profesyonel komplekslerde birden fazla çok amaçlı stüdyo da bulunabilir.

3.4. Ses Kayıt Stüdyolarının İşleyişi

Gelişmekte olan ülkelerde ses kayıt stüdyosundaki görev dağılımları, görevlilerin nitelikleri, tecrübe ve deneyimleri, teknolojiyi kullanma biçimleri gelişmiş ülkelerinkine göre daha yetersiz ve belirsiz olabilmesine, stüdyo kurulumu için harcanan bütçeler arasında da büyük farklar bulunabilmesine karşın yine de tüm dünyada ‘profesyonel ses kayıt stüdyoları’ dendiğinde ön prodüksiyon, prodüksiyon süreci ve son prodüksiyonda ses kayıt stüdyolarının işleyişi ve tüm bu süreçte geçirdikleri evreler birbirleriyle aynıdır.

3.4.1 Stüdyolarda Görev Dağılımı

Hemen hemen tüm profesyonel ses kayıt stüdyolarının çalışma ortamında birincil önem taşıyan ve temel rolleri üstlenen üç tip görevli bulunur. Bunlar; icracı (müzisyen, vokal, vb.), prodüktör (yapımcı) ve ses kayıt mühendisidir. Bu görevlilerin her biri başlı başına kendi alanlarının ‘sanatçı’ larıdır ve prodüksiyon sürecinin çekirdeğini bu üç isim oluşturur. Ancak bu üçlüyü ayrı ayrı değerlendirmek yerine ayrılmaz bir bütünün parçaları olarak görmek daha doğru olur. Söz konusu ‘takım’, mevcut bir eseri doğal ortamından kayıt ortamına en etkin ve sanatsal yönden en tatmin edici biçimde aktarmak için işbirliği halindedir ve kayıt sürecinin her adımında kendilerine verilen görevi en iyi biçimde yapmak durumundadır (Austin, 1993).

3.4.1.1. İcracı (Müzisyen)

İcracı prodüksiyon sürecinin baş aktörüdür. Kayıt ortamına aktarılacak olan onun performansdır ve rolünü ses mühendisi ve prodüktör gözetiminde fakat ‘özgür’ olarak oynar. İcracı tek veya birden çok kişiden oluşabilir ve prodüksiyon sürecinde birincil ses kaynağı durumundadır. İcracı sayısı arttıkça bunlar arasındaki hiyerarşi daha karmaşık bir hal alır. İcracının yeteneği, deneyimi, çalış stili ve enstrümanı ile oluşturduğu sound^{*}, kayıt sürecinin odak noktasını oluşturur (Austin, 1993).

3.4.1.2. Prodüktör (Yapımcı)

Ses kayıt stüdyoları için prodüktör dendiğinde söz konusu olan; ‘kayıt prodüktörü’ dür. Çünkü çeşitli sanat dalları için farklı prodüktör sınıfları vardır. (Örn: idari prodüktör, film

* Bu çalışmada bir enstrümanın, ‘müzikal tonu’ anlamında kullanılmıştır. Ayrıca, müzik piyasasında herkes tarafından ‘sound’ olarak yaygınlaşıp kullanıldığı için müzikal ton yazmak yerine sound tercih edilmiştir.

prodüktörü, radyo prodüktörü, vb.). Kayıt prodüktörü; prodüksiyon sürecinde görev alanlara uygun çalışma ortamını sağlamaktan sorumlu olan, bestecinin ve/veya icracının yaratıcı fikirlerini kendi deneyimi ve becerisiyle kayıt ortamına aktaran kişidir. Aynı zamanda gerekli gördüğünde kendi öznel ve nesnel fikirlerini de sanatçıya önerir ve bunları uygulamaya da sokabilir. Prodüktör müzik, kayıt teknolojileri dünyası ve ticari dünya arasında bağlayıcı rol üstlenir ve bu rolü iyi oynayamazsa, gemisini batıran bir kaptana dönüşebilir (Lefford, 2000).

3.4.1.3. Ses Kayıt Mühendisi

Ses kayıt mühendisi, zamanın son teknolojisini bilen ve sürekli olarak yeni teknolojileri takip etmek durumunda olan, stüdyodaki teknik lojistikten sorumlu, her çeşit enstrümanı kaydedebilmek için gerekli özgül ekipman bilgisine ve bunları etkin kullanabilme bilgi, beceri ve deneyimine sahip kişidir. Her ne kadar adı mühendis olsa da, aynı zamanda öznel yeteneklerini de kullanarak mucizeler ve kalıcı soundlar yaratabilen bir sanatçı olarak da kendini gösterebilir. Ses kayıt mühendisi prodüktörün yönlendirmesi altında çalışır ancak ekipmanların uygun ve verimli kullanımından, bakımından, sonuç ürünün ise ses kalitesinden direkt olarak sorumludur (Lefford, 2000).

3.5. Ses Kayıt Stüdyolarının Mimari Özellikleri

Ses kayıt stüdyolarının tasarım ve uygulama sürecindeki ana yöntemler dizisi, diğer yapılarınkiyle paralellik gösterebilir de tasarım aşamasında alınan kararlar ile uygulamada izlenecek yollar birçok yapının kine göre daha karmaşık ve 'kendine özgü' olup, her mimarın yapamayacağı, uzmanlık gerektiren bir olgudur. Mekan boyutlarının seçimi, mekanların birbirleriyle irtibatı, uygulamada kullanılacak detaylar, malzeme seçimi ve çalışacak teknik ekibin deneyimi de hep bu kendine özgü olgu içerisinde değerlendirilmelidir. Bunun yanında stüdyoların mimarisi kullanıcıların psikolojik olarak konforlu hissetmelerini, daha yüksek müzikal performans elde edebilmelerini ve zamanı en iyi şekilde kullanabilmelerini sağlayacak biçimde tasarlanmalıdır. Stüdyoların mimarisi her profesyonel stüdyoda endüstri standardı haline gelmiş bir kontrol mekanizmasını işler hale getirebilecek nitelikte olmalıdır. Zaman, para, performans ve süreç en etkin biçimde kontrol edilebilmelidir.

Ses kayıt stüdyoları, sıfırdan bir bütün olarak tasarlanabileceği gibi, temel nitelikleri sağlaması durumunda ve gerekli düzeltme ve dönüştürme işlemlerinin yapılması kaydıyla mevcut bir yapıda da oluşturulabilir. Stüdyoların işlevini ve mimari biçimlenişini anlayıp bunlarla ilgili uygun bir değerlendirme yapabilmek için ana hacimler ile diğer hacimlerin

özelliklerinin bilinmesi gerekir. Ses kayıt stüdyolarında kontrol odası, performans odası ve izolasyon kabinleri birincil (ana) hacimler, makine odası, bekleme ve dinlenme odası, wc, mutfak gibi hacimler ise ikincil hacimler olarak değerlendirilir.

3.5.1. Performans Odası

Performans odası, icracı veya icracıların müzikal performanslarını canlı olarak gerçekleştirdikleri, bu performansların ve enstrümanların kayıt süreci için hazırlıklarının (mikrofonlama, ton ayarları, vb.) ve sessel sentezlerinin yapıldığı hacimlerdir. Boyutları işlevlerine göre biçimlendirilir. Küçük bir stüdyonun performans odası ile orkestra kayıtlarının yapıldığı performans odalarının boyutları birbirlerinden oldukça farklı olsa da, her ikisi için de amaç yine kendi içlerinde optimum işitsel konfor koşullarının sağlanmasıdır. Performans odası tek başına bir bütün halinde veya çevresinde izolasyon kabinleri bulunan bir hacmin ortasında konumlanabilir. Ayrıca kontrol odası ve varsa izolasyon kabinleriyle görsel bağlantıları pencerelerle, sessel bağlantıları ise talkbox sistemiyle sağlanır.

3.5.2. Kontrol Odası

Kontrol odası, performans odası ve izolasyon kabinlerindeki icracıların kayıt öncesi tüm ayarlarının yönlendirildiği, ses düzeylerinin ayarlandığı, kayıt edilecek enstrüman veya vokallerin seslerinin kayıta hazır hale getirildiği, kayıt sonrasında bu seslere çeşitli efektler uygulanarak işlendiği, kayıt sonrası post prodüksiyona hazır hale getirildiği, kritik dinleme (critical listening) mekanlarıdır. Kayıt ekipmanları ve efekt aletleri kontrol odasında bulunur. Ayrıca bu hacimler prodüktör, ses kayıt mühendisi ve teknisyenlerin kayıt esnasında ve sonrasında buldukları ve prodüksiyon sürecini izledikleri mekanlardır. Kontrol odası ile performans odasının görsel iletişimi bir pencere sistemiyle sağlanır. Bu pencereden izolasyon kabinleri de görülebilmelidir. Kontrol odalarının boyutları işlevine göre belirlenir. Çoklu kanal sayısı, kaydedilecek icracıların sayıları ve nitelikleri, kontrol odasının boyutlarını değiştirir. Çok amaçlı stüdyolarda birden fazla kontrol odası bulunabilir.

3.5.3. İzolasyon Kabinleri

İzolasyon kabinleri, özellikle çok kanallı ses kayıt sistemlerinin yaygınlaşması, farklı icracıları ve enstrümanları farklı kanallara aynı anda veya değişik zamanlarda kaydedebilme teknolojisinin bulunup yaygınlaşmasından sonra gündeme gelen ve son dönemlerde kullanımları artan kabinlerdir. Bu kabinler; vokal kabini, davul kabini gibi isimler alırlar. Her bir kabinin boyutu ile akustik niteliği işlevine göre belirlenir. Aynı zamanda kabinlerin

birbirleriyle ve performans odasıyla gürültü denetimlerinin sağlanması gerekir. Kabinlerin birbirleriyle, performans odası ve kontrol odasıyla görsel iletişimleri yine pencere veya camlı kapılarla sağlanır. Ses kayıt stüdyolarında söz konusu kabinlerden hiçbiri bulunmayabileceği gibi, yalnızca vokal kabini ya da davul kabini veya her ikisi birden bulunabilir. İki'den fazla kabinin bulunduğu stüdyolar da vardır. Vokal kabinlerinde insan sesi, davul kabinlerinde ise davul sesi, çeşitli mikrofonlama teknikleriyle kaydedilir.

3.5.4. Makine Odası

Makine odası, kontrol odasının işitsel konfor koşullarını ve kabul edilebilir ortam gürültüsü düzeyini artırabilecek her türlü makine gürültüsünü izole etmek için yapılmış, akustik niteliği olmayan, gürültü denetimi sağlanmış ve genellikle kontrol odasından ulaşılan bir tür izolasyon kabinidir. Bilgisayar sabit diskleri, çeşitli elektronik cihazlar, enerji sağlayıcılar ve fanlar içeride bulunanlara örnektir. Makine odalarının boyutlarını stüdyonun niteliği ve büyüklüğü belirler. Bazı stüdyolarda birden fazla makine odası da olabilir.

3.5.5. Bekleme ve Dinlenme Odası

Bekleme ve dinlenme odası, müşterilerin kayıta hazırlık sırasında, kayıtlar arasında veya kayıtlar bittikten sonra miksaj aşamasında bekledikleri, çeşitli oyunlarla vakit geçirip bir şeyler içebildikleri yerlerdir. Teknik ekip ise bu mekanı boş zamanlarında kullanır. Odaların büyüklükleri, konforu ve içerikleri stüdyodan stüdyoya değişiklik gösterir. Kimi odalarda bilgisayar oyunları ve büyük ekran televizyonlar da stüdyonun çekiciliğini artırmak için kullanılmaktadır.

4. SES KAYIT STÜDYOLARINDA AKUSTİK PERFORMANS DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

Ses kayıt stüdyolarının ve stüdyo komplekslerinin tasarımında birçok etmen göz önüne alınıyor olsa da, temel felsefe stüdyoyu kullanacak insanların ihtiyaçlarına cevap verecek ergonomik, işlevsel ve estetik gereksinimleri, kritik dinleme mekanları için standartlarca belirlenmiş akustik niteliklerle harmanlayabilmektir. Stüdyo hacimlerinin dekorasyonunda mimar tarafından seçilecek malzemeler ve bunların uygulanması aşaması mimarın sorumluluğunu oldukça artırır, çünkü boyutları ve geometrisi ne olursa olsun stüdyoların akustik performansını belirleyecek temel unsurların başında kullanılacak malzemeler ve bunların birbirleriyle entegrasyonu bulunmaktadır. Herhangi bir profesyonel ses kayıt stüdyosunun akustik performansı her ne kadar zaman içerisinde belirli standartlar göz önüne alınarak oluşturuluyor olsa da bu standartları sağlamanın - temel prensiplere bağlı kalmak koşuluyla - birçok farklı yöntemi vardır. Örneğin; yapı kabuğunda sağlanması gereken ses geçiş kaybı değeri aynı stüdyo için farklı detay çözümleri kullanılarak gerçekleştirilebilir veya optimum yansım süresi değerini sağlamak için gerekli toplam yutuculuklar farklı malzemeler kullanılarak elde edilebilir. Burada önemli olan optimum akustik konfor koşullarına hangi yollarla ulaşılabileceğini bilmek ve ona göre çözüm üretmektir.

Akustik performans, profesyonel ses kayıt stüdyolarının prodüksiyon sürecinde gerek kayıt gerek kritik dinleme evrelerine stüdyo hacimlerinin kattığı verimi tanımlar. Akustik performans değerlendirme kriterleri ise söz konusu stüdyonun verimini optimum değerlerle karşılaştırma görevini üstlenir ve stüdyo hacimlerinin işlevine bağlı olarak belirlenir. Bu bakımdan kontrol odası, performans odası ve izolasyon kabinlerinin her biri akustik açıdan kendi içlerinde değerlendirilir.

Bu bölümde, ses kayıt stüdyolarının akustik performansının belirlenmesinde, mimari akustiği oluşturan gürültü denetimi ve hacim akustiği konuları ile stüdyo ekipmanlarının niteliklerinin stüdyonun akustik performansından elde edilecek olan verime etkileri ele alınacaktır.

4.1. Gürültünün Akustik Performans Kriteri Olarak Değerlendirilmesi

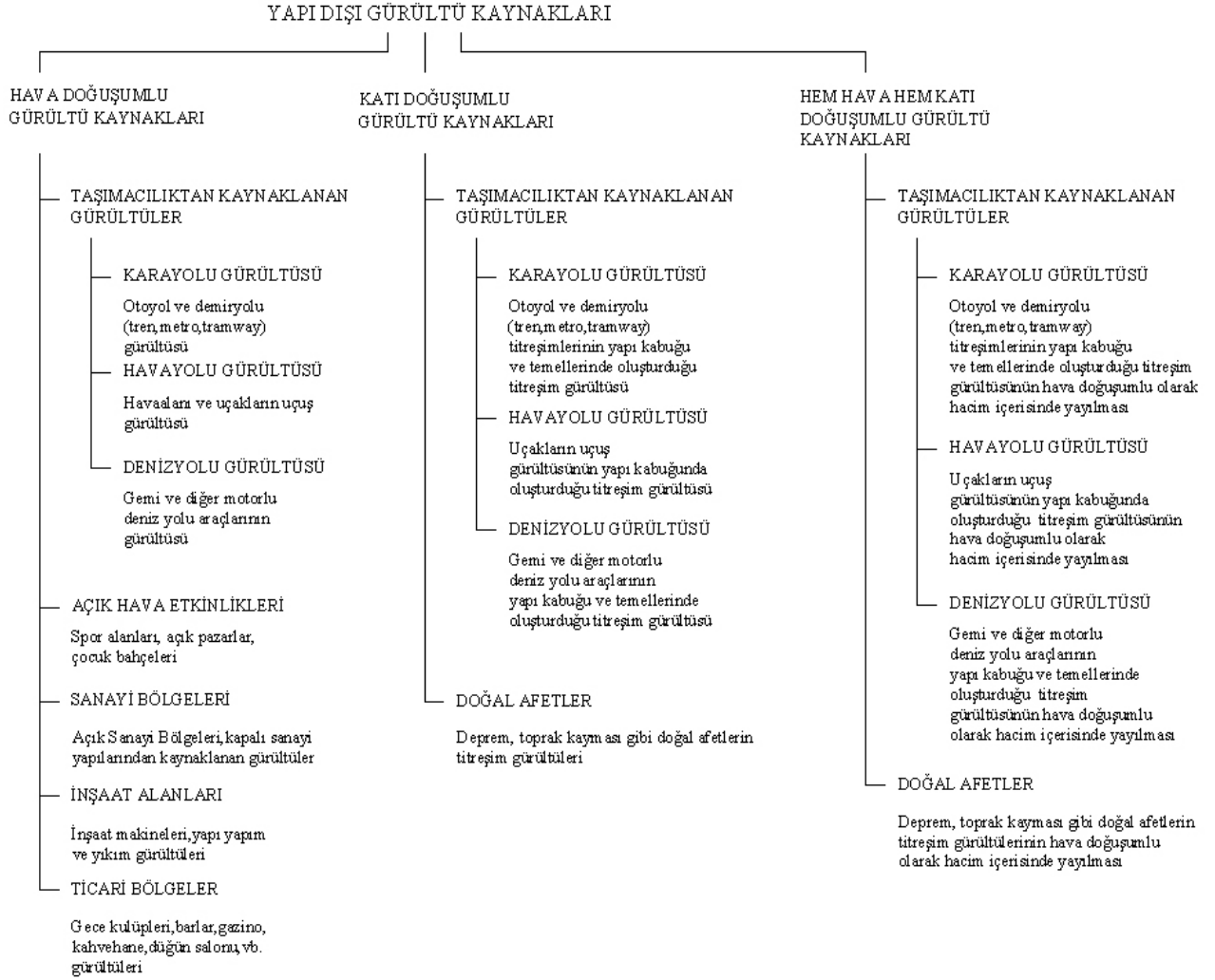
Doğadaki sesler çeşitli frekans ve frekans bantlarından oluşur ve eğer bu frekanslar belli bir uyum içerisindeyse bu seslere ‘müzikal sesler’ denir. Sesi oluşturan frekanslar arasında herhangi bir uyum ve bağlantı yok ise bu tip seslerin tanımı da ‘gürültü’ olarak yapılır. Gürültü aynı zamanda ‘kişide rahatsızlık uyandıran sesler’ olarak da tanımlansa da, sesin

öznel niteliğe sahip olması bazı düzensiz seslerin kişiden kişiye farklı algılanmasına sebep olur. Örneğin su sesi, tayfı düzensiz olmasına rağmen rahatlatıcı bir ses olarak algılanabilir veya yüksek düzeyli bir rock parçası müzikal ses olmasına karşın, bu müzik türünü sevmeyen kişilerde gürültü hissi uyandırabilmektedir. Ses kayıt stüdyoları için gürültü dendiğinde sesin öznel yanı ortadan kalkar. Çünkü stüdyolar ses kayıt ve kritik dinleme mekanlarıdır. Bu yönüyle kayıta karışan herhangi bir müzikal ses veya gürültü stüdyonun işlevine ters düşer ve prodüksiyon sürecinde geri dönüşü çok zor ve imkansız hatalara sebep olabilir. Ayrıca stüdyodan bitişik hacimlere veya çevreye yayılacak sesler de yine sorun oluşturacaktır. Profesyonel stüdyoların gece geç saatlere kadar çalışır durumda olmaları da yapı kabuğunda ve bölme elemanlarında önemli önlemler almayı gerektirir. Bu bakımdan öznellik sadece gürültü denetimi sağlanmış stüdyonun içerisinde prova, kayıt ve prodüksiyon sürecinde kendini gösterebilir.

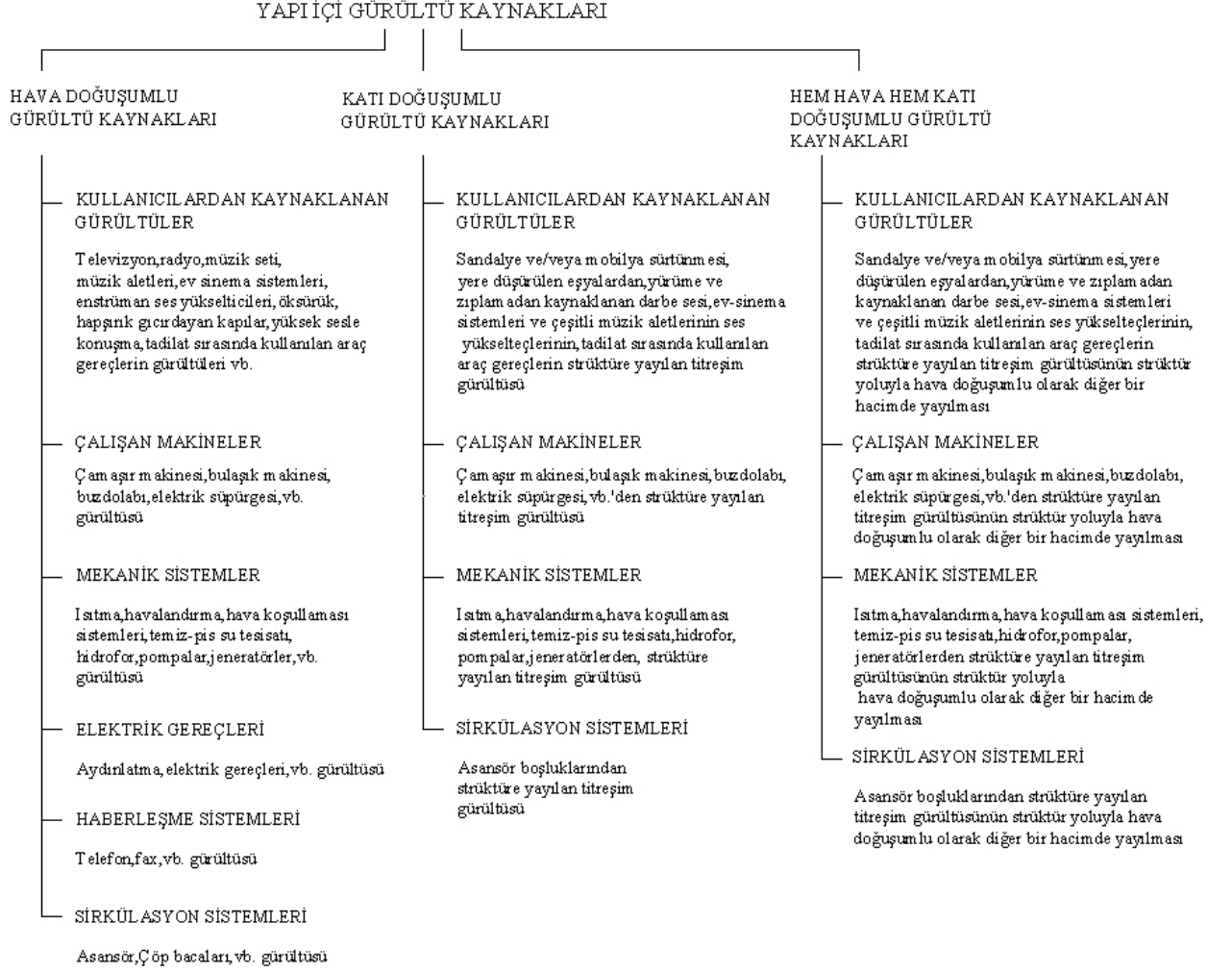
Gürültünün profesyonel ses kayıt stüdyolarının akustik performans kriteri olarak değerlendirilmesinin temelinde gürültü denetimi konusu yatar. Gürültü denetimi; insanda rahatsızlık yaratan, insan sağlığını ve yaşamsal konforunu tehdit eden veya bozan her tip gürültünün teşhis edilip alınacak önlemlerle azaltılması işlemlerinin bütünüdür (Karabiber, 2000). Ses kayıt stüdyolarının gürültü denetimlerinin sağlanmasının önemi; performans odası, kontrol odası ve izolasyon kabinleri için uluslararası standartlarca belirlenmiş geri plan gürültü düzeylerinin sağlanması, kayıt ve kritik dinleme evrelerine herhangi bir tip gürültünün müdahil olmasının engellenmesidir. Gürültü denetiminin stüdyonun akustik performansını sağlamada üzerine düşen görevi yerine getirebilmesi için stüdyo hacmini etkileyen iç ve dış ortam gürültü kaynakları, gürültü tipleri, gürültü düzeyleri, gürültü frekans analizleri ve gürültünün gün içindeki dağılımları tespit edilip soruna yönelik çözüm bulunması gerekir. Ses kayıt stüdyoları için gürültü kaynakları ve gürültü karakteristikleri ile bunların oluşturduğu etkiler, sonraki bölümlerde ayrıntılı bir biçimde irdelenmiştir.

4.1.1. Gürültü Kaynakları

Toplumsal ve kişisel konfor ile davranış biçimi üzerindeki etkileri saptanmış olan gürültü, yaygın ve sinsi bir çevre kirliliği olduğu kadar, farklı işlevli hacimlerde de birçok sorun oluşturabilmektedir (Karabiber, 2000). Gürültüyü oluşturan gürültü kaynaklarının bilinmesi ve/veya belirlenmesi sorunu çözmeye atılacak ilk adımdır. Yapıları etkileyen başlıca gürültü kaynakları Şekil 4.1 ve Şekil 4.2' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Yapı dışı gürültü kaynakları



Şekil 4.2 Yapı içi gürültü kaynakları

Elbette ki ses kayıt stüdyoları için söz konusu gürültü kaynaklarının her biri etken değildir. Etken olanların belirlenmesi için;

- stüdyonun konumu,
- çevre yapılarla ilişkisi,
- yapının stüdyo binası olarak tasarlanıp tasarlanmadığı,
- mevcut bir yapının tamamının veya yapı içerisinde herhangi bir katın işlevinin stüdyoya çevrilmiş olması ve bunun sonucu olarak diğer katların işlevlerinin belirlenmesi,
- stüdyo içerisindeki kullanıcı gereksinimleri

gibi durumlar göz önüne alınmalıdır. Ses kayıt stüdyolarının işlev olarak diğer hacimlerden daha büyük oranda ‘sessizlik’ içermesinin gerekliliği, çevre kirliliği olduğu kadar ergonomiyi de bozan bu soruna yaklaşımda daha hassas davranılmasını ve diğer yapılara göre, nicelik ve nitelik bakımından farklı önlemler alınmasını gerektirir.

Ses kayıt stüdyolarının gürültü denetimi kapsamında değerlendirilmesinde aşağıdaki yöntemler izlenmelidir :

Çevre (yapı dışı ortamlar) ile ilgili değerler ve değerlendirmeler;

Stüdyonun yapılacağı ya da işlevi stüdyo olarak değiştirilecek yapının içerisinde bulunduğu çevresel alan kullanımı ile ilgili gürültü düzeylerinin değerlendirmesi

İç ortam ile ilgili değerler ve değerlendirmeler;

Yapı içerisinde işleve bağlı kabul edilebilir gürültü düzeylerinin değerlendirilmesi

Sağlanması gerekli ses geçiş kaybı değerleri ve değerlendirmeleri;

Tipik bir gürültü ortamında yer alan tipik işlevli mekanlar için düşey ve yatay yapı elemanlarında (duvar, tavan ve döşemelerde) sağlanması gerekli ses geçiş kaybı değerlerinin belirlenmesi (Karabiber, 2000).

4.1.1.1. Yapı Dışı Gürültü Kaynakları

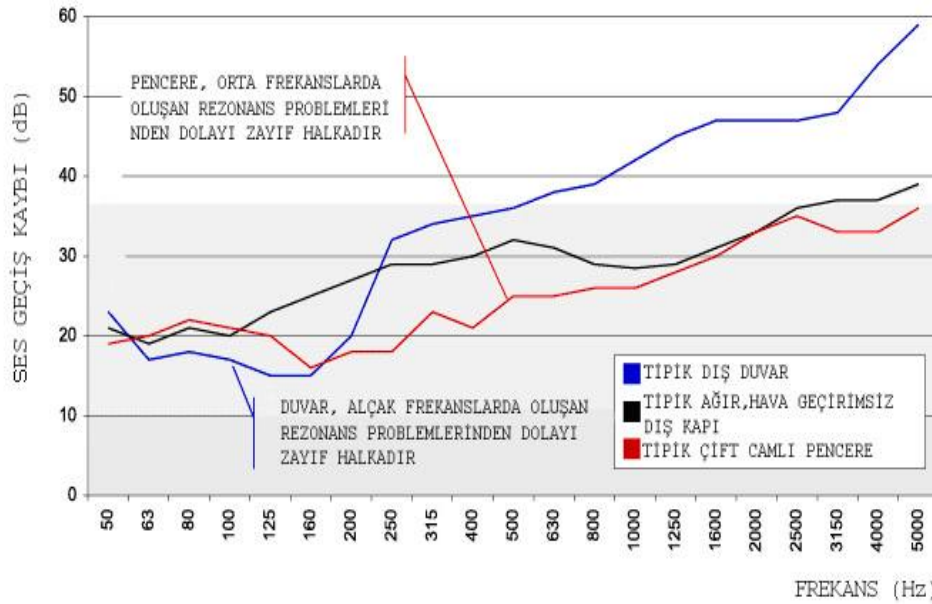
Gürültü denetimi yapılacak olan hacmin yapı dışı ve yapı içi çevresel ilişkilerine bağlı olarak hacmi etkileyen yapı dışı ve yapı içi gürültüler dikkate alınmalıdır. Yapı dışı gürültü kaynakları, yapıları çevresel gürültülerden arındırılmış bir ortamda konumlandırma lüksü nadiren gerçekleşebileceği için genellikle inşa edilecek stüdyo kompleksinin, stüdyo yapısının

veya ses kayıt stüdyosu olarak işlev değiştirecek hacmin bulunduğu yapı kabuğunu, gerek hava doğuşumlu gerek katı doğuşumlu gerek hem katı hem hava doğuşumlu olarak etkileyecektir. Ses kayıt stüdyoları ve/veya stüdyo kompleksleri için Şekil 4.1' de belirtilen yapı dışı gürültü kaynaklarından en genel olanları kara, hava yolu trafik gürültüleri ile söz konusu stüdyo mekanına bitişik bir başka mekandaki gürültüler olabilmektedir. Dış gürültü, konunun özelliğine göre ölçme, hesap ya da benzetme yolu ile saptanır. Bu saptamada önemli olan stüdyo yapısının ilgilenilen yapı elemanının dış yüzüne ulaşan gürültü düzeyinin belirlenmesidir. Ses kayıt stüdyoları için gürültü denetimi söz konusu olduğunda, söz konusu yapı dışı gürültü düzeyi, hacimde kabul edilebilir gürültü düzeyi ve hacmin ses yutuculuk özelliklerine bağlı olarak yapı elemanında sağlanması gereken ses geçiş kaybının saptanması, söz konusu yapı dışı gürültülerin stüdyo yapısında oluşturduğu gürültü tipi belirlenerek, detaylandırmanın buna uygun olarak yapılması gerekir. Hava yolu ve karayolu trafik gürültüleri tarzı gürültüler, gürültü tayfı bakımından genellikle alçak frekanslarda yoğunlukları fazla olan gürültülerdir. [8] Bu bakımdan yapı dışı gürültüler söz konusu olduğunda, alçak frekanslar özellikle göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapılarda gürültü denetiminin sağlanmasında kaynaktan denetim, kaynak ile alıcı arasındaki ortamda denetim ve alıcıda denetim adımlarından oluşur. Ses kayıt stüdyolarının yapı dışı gürültülere karşı denetimlerinin sağlanmasında, 'kaynak ile alıcı arasındaki denetim' adımı kapsamlı olarak ele alınmalıdır. Zaten ses yalıtımı da yapı kabuğunda; kapı, pencere, duvar, döşeme gibi yapı elemanlarında gerekli ses geçiş kaybının sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Yapı içi gürültülere gelindiğinde ise yine stüdyo hacimleri için kaynaktan ve alıcıda denetim adımları söz konusu olacaktır. (örn: makine odası)

Ses ya da gürültü çeşitli yollardan bir mekandan öteki mekana geçer. Sesin geçme yolları içinde en önemlisi sesin kitle titreşimi ile geçmesidir. Kitle titreşimi yolu ile geçme temelde yapı elemanının (duvar, döşeme, kapı, pencere) kg/m^2 cinsinden ağırlığı ile ilgilidir. Bir yapı elemanının kitle ağırlığı ne kadar fazla ise sağladığı ses geçiş kaybı da o kadar yüksek olacaktır. Öte yandan, ses düzeyi (dB), logaritmasal bir büyüklük olduğundan, birbirinden farklı kitle ağırlıkları olan yapı elemanlarının bir arada bulunması durumunda (örn: üzerinde kapı veya pencere olan bir duvar), yapı elemanının ses geçiş kaybı değeri, neredeyse camın ya da kapının duvarın alanına oranından bağımsız olarak, ses geçiş kaybı düşük olanın yani camın ya da kapının ses geçiş kaybına yakın olacaktır (Yüksel, 2006).

Kapı ve pencerelerin bulunduğu yapı elemanlarında yapı dışı gürültüye karşı önlemler alınırken daha tasarım, detaylandırma aşamasında veya iyileştirme yapılırken kapıların, pencerelerin ve duvarların ayrı ayrı gürültüye karşı davranışları göz önünde bulundurulmalıdır. Genellikle kapı ve pencereler yapı bileşenlerinin en hafifleridir (Yüksel, 2006). Ayrıca açılır kapanır olmaları ve hava ve sese karşı sızdırmazlıklarının sağlanmalarının gerekliliği bunlara ses yalıtımında özel önem verilmesini gerektirir. Ancak çeşitli sebepler ve özellikle rezonans etkisinden dolayı zincirin güçlü halkaları da bazen zayıf halka durumuna düşebilmektedir. [9] Şekil 4.3’ de, tipik bir dış duvarın, ağır ve sızdırmazlığı sağlanmış tip bir dış kapının ve tipik çift camlı bir pencerenin ses geçiş kaybı değerleri grafik olarak verilmiştir. Buna göre; duvarın rezonans etkisinden dolayı düşük frekans bantlarında, pencerenin ise yine rezonans problemlerinin de etkisiyle orta frekanslarda zincirin zayıf halkaları oldukları görülmektedir.



Şekil 4.3 Bazı yapı elemanları ve bileşenlerinin ses geçiş kayıpları [9]

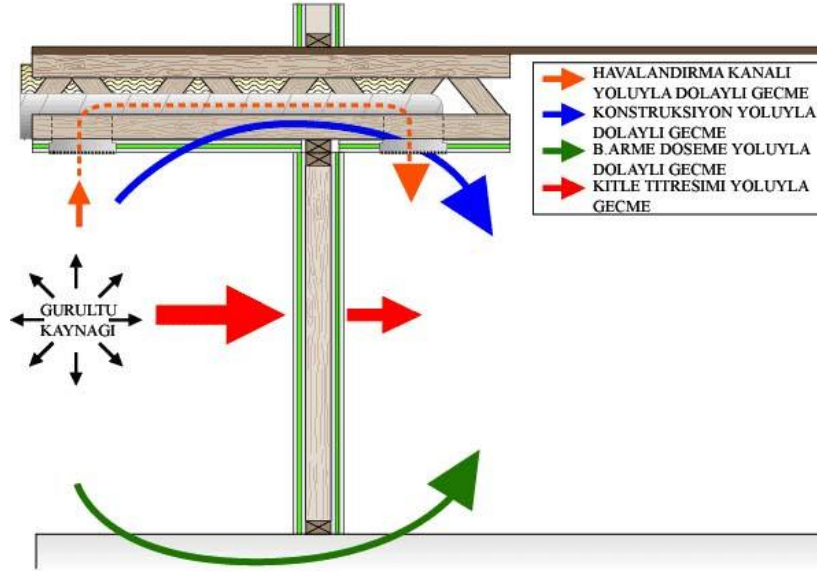
Yapı dışı gürültü kaynaklarının yapı elemanlarında oluşturduğu katı doğuşumlu gürültü ve titreşimler hava doğuşumlu gürültülerden farklı değerlendirilmelidir. Örneğin stüdyonun herhangi bir yapı elemanının hava doğuşumlu yapı dışı gürültüye karşı geçirimsizliğinin yüksek olması, önlem alınmadığı takdirde katı doğuşumlu titreşimleri kesmekte ve yapı elemanı boyunca ilerlemesini önlemede yeterli olmayacaktır. Darbe gürültüsü de (adım sesi, eşyaların itilip çekilmesi veya yere düşmesi sonucu oluşan sesler, çeşitli inşaat aletlerinin gürültüsü vb.) katı doğuşumlu sese dahildir ve özellikle yapı içi gürültüler olarak ses kayıt

stüdyolarının akustik performansını sağlamada dikkatle ele alınmaları gerekmektedir.

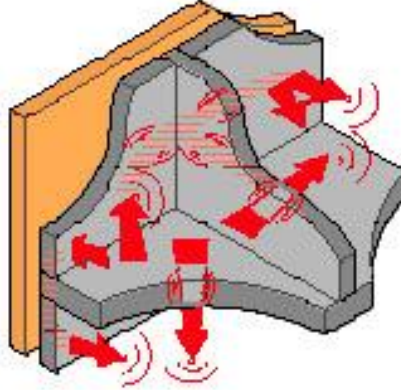
4.1.1.2. Yapı İçi Gürültü Kaynakları

Şekil 4.2' de belirtilen yapı içi gürültü kaynakları, gerek stüdyo kompleksi veya stüdyo binası için özel olarak tasarlanmış yapılarda, gerek işlevi stüdyo olarak değiştirilmiş diğer hacimler için problem oluşturabilecek kaynaklardır ve bu hacimler için kabul edilebilir geri plan gürültü seviyelerinin oldukça düşük olması, yapılan kayıt ve prodüksiyonlarda geri dönüşümü olmayan ya da çok zor olan sorunlara sebep olabilme riski nedeniyle, stüdyolarda gürültü denetimi kapsamında diğer yapılara göre daha ayrıntılı biçimde değerlendirilmelidir. Ses kayıt stüdyoları için yapı içi gürültü kaynakları stüdyo hacimleri olan performans odası, kontrol odası, izolasyon kabinleri, makine odası ve bekleme-dinlenme odaları için ayrı ayrı düşünülmelidir. Çünkü söz konusu hacimlerin her biri için akustik konfor sağlanmaya çalışıldığında bunların hem gürültüyü yaratan hava ve/veya katı doğuşumlu kaynak hacim, hem de gürültüden etkilenen alıcı hacim oldukları görülecektir. Gürültü denetimi kapsamında stüdyo mekanlarının birbirleriyle bitişik olmaları ve işlev bakımından bu hacimlerdeki sesin tayfının oldukça geniş ve özellikle de alçak frekanslarda da zengin olması nedeniyle, alınacak önlemlerin ve yapılacak detaylandırmaların oldukça kapsamlı, maliyetli ve uygulanmada kusursuzluk gerektirdiği bilinmelidir.

Ses kayıt stüdyolarının gürültü denetimi, yalnızca bitişik hacimler arasındaki yapı elemanlarında denetim olarak ele alınamaz çünkü gürültü ve titreşimler ister hava doğuşumlu ister katı doğuşumlu olsun, gerek yapı elemanında, gerek söz konusu yapı elemanı ile temas halindeki diğer yapı elemanlarından kitle titreşimi yoluyla, dolaylı olarak ve/veya buldukları açıklıklar yoluyla geçebilir ve diğer hacimlerde yayılabilirler. [10] Ses kayıt stüdyolarında her tip ses geçişine karşı, tüm yapı elemanları ve sistemleri kontrol altında tutulmalıdır. Özellikle ısısal konforu sağlayan ısıtma, soğutma, hava koşullaması mekanik sistemleri ile elektrik ve aydınlatma gereçleri, kayıt ve dinleme esnasında da çalışmaya devam etmesi zorunlu sistemler oldukları için bunların gürültü denetimlerinin sağlanması, gerekli topraklama tesisatlarının yapılması ve gürültü düzeylerinin kabul edilebilir sınırlara çekilmesi zorunludur. Diğer bir önemli nokta da tüm mekanik sistemlerin planlanması ve bu yolla gürültülerin bir hacimden diğerine kanallar veya borular yoluyla dolaylı geçişlerinin önlenmesidir. Şekil 4.4 ve Şekil 4.5' te, gürültünün yapı içerisinde bir hacimden diğerine çeşitli geçiş yolları sırasıyla kesit ve perspektif olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Gürültünün yapı elemanlarından dolaysız ve dolaylı geçiş yolları (kesit) [10]



Şekil 4.5 Gürültünün yapı elemanlarından dolaysız ve dolaylı geçiş yolları (persp.) [10]

Yapı içi gürültüler söz konusu olduğunda; kaynak ile alıcı arasındaki denetim yanında stüdyo hacimleri için kaynakta ve alıcıda denetim adımları da ele alınmalıdır. Örneğin bu nedenle, makine odaları kaynak hacim olarak görülüp kontrol odasından aralarında belli miktar hava boşluğu bulunan kapılar yardımıyla izole edilirler (kaynakta denetim). Ayrıca daha önce yapılmış kayıtlar üzerine yapılacak diğer enstrüman kayıtları için önce yapılan kayıtlar müzisyenin kulağına kulaklıkla verilir. Böylece yeni kayıtlara eski kayıtların sesi karışmamış olur (alıcıda denetim). Kaynak ile alıcı arasındaki denetimde ise duvar, döşeme, kapı ve pencerelerin hava doğuşumlu ve katı doğuşumlu seslere karşı ses geçiş kaybı değerleri göz önüne alınmalıdır.

4.1.2. Yapı İçi Kabul Edilebilir Gürültü Düzeyleri

Yapılarda işleve bağlı kabul edilebilir gürültü düzeyleri; bir yandan bireysel, toplumsal, psikolojik, vb. gibi öznel, öte yandan da, gürültünün süresi, oluşum zamanı, yinelenme durumu, tayfsal yapısı, vb. gibi nesnel etkenlere bağlıdır ve gerek ses kayıt stüdyolarının yapı kabuğu tasarımında, gerek stüdyo hacimlerini birbirinden ayıran yapı elemanlarının detaylandırılmasında önemli bir kriter olarak hesaba katılır. Stüdyolar için kabul edilebilir düzeyler, stüdyonun konumuna bağlı olarak küçük esneklikler gösterebilirler de, ister sessiz bir ortamda konumlanmış, ister büyük bir metropolün en işlek caddesinde yapılmış olsun, her iki durum için de sağlanmalıdır. Elbette ki yapı dışı gürültü kaynaklarından uzak, sessiz sakin bir yerde tasarlanacak ses kayıt stüdyosunun yapı kabuğunda sağlanması gereken ses geçiş kaybının elde edilmesinin maliyeti daha düşük olacaktır. Ancak yine de gürültüye karşı alınacak önlemlerin temel prensiplerinde bir değişiklik olmamalıdır. Uluslararası standartlarda kabul edilebilir gürültü düzeylerini tanımlamak için geliştirilmiş olan pek çok ölçüt vardır. Bunlardan en yaygın kullanımı olanlar;

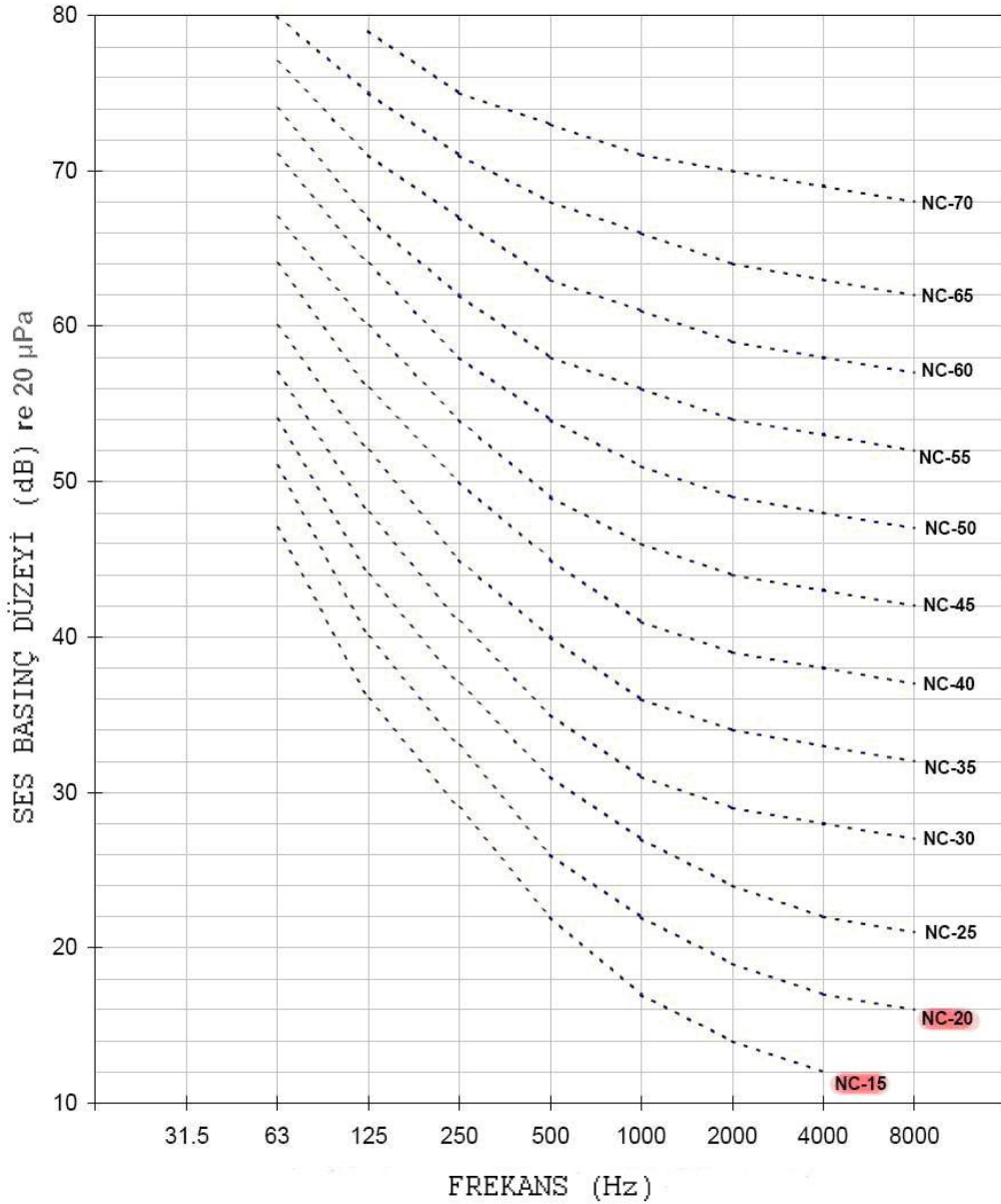
- LeqA değerlendirmesi
- NC Eğrileri (Noise Criteria)
- RC Eğrileri (Room Criteria Curves)
- NCB Eğrileri (Balanced Noise Criteria)
- NR Eğrileri (Noise Rating Number)
- PNC Eğrileri (Preferred Noise Criterion)

dir. Yönetmeliklerde kabul edilebilir gürültü düzeylerini belirtmek için her ne kadar tek sayılı bir değerlendirme biçimi olan LeqA değerlendirmesi kullanılıyor da olsa, ses kayıt stüdyoları ve bunun gibi ayrıntılı çalışma gerektiren diğer hacimlerde tek sayılı değerlendirme yeterli olmaz ve frekanslara göre ayrı ayrı çalışma yapılarak, söz konusu değerler her bir frekans bandı için 1 veya 1/3 oktav bantlarda ayrı ayrı verilmelidir. (Ülkemizde Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanmış olan ‘Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ içerisinde bulunan söz konusu tek değerden oluşan iç mekan gürültü düzeyi sınır değerleri Çizelge 4.1’ de örnek olarak verilmiştir). Bu nedenle uluslararası ve standartlarca belirlenmiş söz konusu eğriler oluşturulmuştur. Bu eğriler çoğunlukla mekanik sistem gürültülerinden kaynaklanan geri plan (fon) gürültülerine ilişkin olarak geliştirilmişlerdir ve başta konuşma ve müzik olmak üzere işitsel aktivitelerin anlaşılabilirliğinin sağlanmasına yönelik arka plan gürültü değerlerini vermektedirler.

Çizelge 4.1 Ç.G.D.Y.Y kapsamında iç mekan gürültü düzeyi sınır değerleri

Kullanım Alanı		L dBA)	Zaman Dilimi (h)	Lamax
Kültürel Alanları	Tiyatro salonları	25	Sürekli	
	Sinema salonları		Sürekli	
	Konser salonları	100	Sürekli	
	Konferans salonları	30	Sürekli	
Sağlık Tesis Alanları	Yataklı tedavi kurum ve kurumları, dispanser, poliklinik, bakım ve huzur evleri vb.	35	Sürekli	
	Dinlenme ve tedavi odaları	Olabildiğince düşük seviye (25-30)	Sürekli	-
Eğitim Alanları	Okullarda derslikler, okul öncesi binaların içi, laboratuvarlar, özel eğitim tesisleri, özürtiler tesisler vb.	35	Ders sırasında	-
	Spor salonu, yemekhane	55		-
	Okul öncesi yatak odaları	30	Uyku sırasında	45
Turizm Alanları	Otel, motel, tatil köyü, pansiyon vb. yatak odası	30	Uyku sırasında	
	Konaklama tesislerindeki restoran	35	Yemek süresince	
	Termal turizm tesisi			
	Kumsal, plaj			
Kentsel Yeşil Alanlar	Milli park			
	Çocuk bahçesi, lunapark, fuar, animasyon ve eğlence merkezi vb.		Oyun süresince	
Sit Alanları	Dinlenme alanı		Sürekli	
	Arkeolojik, doğal, kentsel, tarihi vb.			
Ticari Yapılar	Büyük ofis	35	Çalışma sırasında	
	Toplantı salonları	35	Çalışma sırasında	
	Büyük daktilo veya bilgisayar odaları	60	Çalışma sırasında	
	Oyun odaları	60	Oyun süresince	
	Özel büro (uygulamalı)	50	Çalışma sırasında	
	Genel büro (hesap, yazı bölmeleri)	60	Çalışma sırasında	
	İş merkezleri, dükkanlar vb.	60	Çalışma sırasında	
	Açık pazarlar			
	Ticari depolama			
	Lokantalar (kapasiteye bağlı olarak)	35-45	Çalışma sırasında	
Kamu Kuruluşları	ofisler		Çalışma sırasında	
	laboratuvarlar		Çalışma sırasında	
	Toplantı salonları		Çalışma sırasında	
	Bilgisayar odaları		Çalışma sırasında	
Dini Tesis alanları		-		
Spor alanları	Spor salonları ve yüzme havuzları	45	Faaliyet süresince	
Atölyeler veya imalathane	(işe bağlı olarak)	45-75	Faaliyet süresince	
Endüstri yapıları	Fabrikalar (küçük işletmeler Liste B'de yer alan)	80		
	Fabrikalar (Liste A yer alan)	85		
Konut Alanları	Yatak odaları (şehir içinde)	35	Uyku süresince	
	Yatak odaları (şehir dışında)			
	Oturma odaları (şehir içinde)	55	Sürekli	
	Oturma odaları (şehir dışı)	40	Sürekli	
	Oturma odaları (şehir kenarı)	45	Sürekli	
	Servis bölümleri (mutfak) (şehir içi, dışı ve şehir kenarı)	60	Sürekli	

Ses kayıt stüdyoları için de yine söz konusu eğriler, kayıt ve prodüksiyon sürecinde kaydedilecek ve kaydedilen enstrüman ve seslerin anlaşılabilirliğinin sağlanmasında, yapı içi ve yapı dışı gürültü kaynakları tarafından maskelenmelerinin önüne geçilmesi bağlamında, akustik performans kriteri olarak değerlendirilmektedir. Ses kayıt stüdyoları için kabul edilebilir gürültü düzeylerini belirlemede kullanılan NC-15 ve NC-20 eğrileri, diğer NC eğrileriyle birlikte Şekil 4.6’ da gösterilmiştir. NC-15 eğrisi, en üst düzey profesyonel ses kayıt stüdyoları için hedeflenirken, NC-20 eğrisi ise biraz daha tolerans kabul edebilen profesyonel ses kayıt stüdyoları ve proje stüdyoları için seçilmektedir (Everest ve Shea, 1988).



Şekil 4.6 NC (Noise Criteria) Eğrileri [11]

Söz konusu eğrilerden örneğin NR eğrileri Avrupa ülkelerinde, NC eğrileri ise ABD' de yaygın olarak kullanılıyor olsalar da aslında her biri temelde birbirlerine yakın değerleri gösterir. Önemli olan bu eğrileri doğru değerlendirip, yapılacak çalışmalarda bu değerleri sağlamak için her frekansta gerekli akustik konfor koşullarını yerine getirebilecek önlemleri almaktır. Çizelge 4.2' de NR, NC, RC eğrileri hem birbirleriyle hem de tek değerli LeqA değerlendirmesiyle karşılaştırmalı olarak, işleve göre sağlanması gereken değerlerle birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.2 NR, NC, RC eğrilerinin ve LeqA değerlendirmesinin karşılaştırılması [12]

Hacmin İşlevi	dB(A)-5 ^a	NR ^b	NC ^c	RC ^d
Konser salonları, operalar, ses kayıt stüdyoları, >500 kişi kapasiteli tiyatrolar	20-25	20	10-20	15-20
Konut yatak odaları, tiyatrolar, tv stüdyoları, >50 kişi kapasiteli konferans salonları	20-25	25	20-25	20-30
Konut salonları, toplantı odaları, 20-25 kişi kapasiteli konferans salonları, çok amaçlı salonlar, kütüphaneler, otel yatak odaları, vb.	25-30	30	30-40	25-30
Balo salonları, ortak kullanılan hastane odaları, küçük ve orta büyüklükte ofisler, okul sınıfları, küçük ölçekli mahkeme salonları	30-35	35	30-40	30-40
Duş ve tuvaletler, atölyeler, resepsiyon, koridor, lobi bölümleri	40-50	40	35-45	35-40
Otel, hastane, vb. mutfakları, kuru temizleme hacimleri, kantinler, süpermarketler, açık bürolar	40-50	45	40-50	40-45

^a AS2107-1977 Office Buildings- Not: NC, NR ve RC değerleri birbirleriyle direkt olarak karşılaştırılabilirlerse de, dB(A) değerleri bunlardan yaklaşık olarak 5dB(A) daha yüksektir. Bu bakımdan yanına 5 rakamı eklenmiştir.

^b CIBSE Guide.

^c Noise and Vibration Control (Leo Beranek)- McGraw-Hill, 1971.

^d ASHRAE Handbook, 1991.

4.1.3. Sağlanması Gereken Ses Geçiş Kaybı Değerleri

Bir yapı elemanının bir ortamdan diğer bir ortama geçirdiği sesteki azalmaya ses geçiş kaybı denir. Ses geçiş kaybı; hem yapı dışı hem de yapı içi gürültülere karşı hacim içerisinde kabul edilebilir gürültü seviyelerini elde etmede yapı elemanlarının detaylandırılması ve uygulamasında önemli bir kriter olarak değerlendirilir. Hava doğuşumlu ve katı doğuşumlu gürültülerin geçişlerinin farklı nitelikleri olması her iki tip ses için de yapı elemanlarının ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Örneğin hava doğuşumlu gürültüler için TL, STC, Rw, R'w, DnT,w değerlendirmeleri, katı doğuşumlu sesler için ise IIC, Ln,w,

L'nT,w gibi bazı değerlendirmeler oluşturulmuştur. Ses kayıt stüdyosu hacimlerinin yapı elemanları ve bileşenlerinde (duvar, döşeme, kapı, pencere) sağlanması gerekli ses geçiş kayıplarını elde etmede kullanılacak malzemelerin seğiminde ve detaylandırmaların oluşturulmasında mimar veya akustik mühendisinin söz konusu kavramları, bu kavramların nerelerde hangi amaçlarla kullanılması ve kullanılmaması gerektiğini bilmesi gerekir. Çünkü çeşitli işlevli hacimler için örneğin darbe gürültüleri hava doğuşumlu gürültüler kadar dikkate alınmayabilir veya bunların yalnızca çeşitli malzemeler yardımıyla azaltılmaları söz konusu olabilirse de ses kayıt stüdyoları için her tip gürültünün aynı oranda dikkate alınıp, önlemlerin kesin sonuçlar verecek şekilde oluşturulması gerekir.

Yapı elemanlarının sesin geçişine karşı gösterdiği direnç, sesin frekansı ile da ilgilidir. Sesin frekansı arttıka sağlanan ses geçiş kaybı da artmaktadır. Ancak frekans rastlaşması etkisine dikkat edilmelidir. Uygulamada bazı frekanslarda hesaplanandan daha düşük ses geçiş kaybı değerleri elde edilebilmektedir. Bu durumun temel nedenleri; rezonans ve frekans rastlaşması nedeniyle, kesitin bazı frekanslarda ses enerjisine karşı koyma gücünün azalmasıdır. Özellikle homojen gereçlerde önem taşıyan bu olaylar, pek çok kesit için alçak frekans bölgesinde daha yoğun biçimde oluşmaktadır. Bu frekansların saptanıp gereken önlemlerin alınmasının yanı sıra, hesaplarla belirlenen gerekli ses geçiş kaybı değerinden yaklaşık 5dB daha fazla ses geçiş kaybı değerine sahip kesitin uygulanması ya da güvenilir akustik laboratuarlardan elde edilmiş, gerece özgü ses geçiş kaybı belirlenmiş olan gereçlerin kullanılması uygun olur. [13] Ses geçiş kayıpları konusu, Bölüm 5.1' de daha ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

4.2. Hacim Akustiğinin Akustik Performans Kriteri Olarak Değerlendirilmesi

Herhangi bir kapalı hacimde duyulan ses; ses kaynağından çıkıp doğrudan duyulan dolaysız ses ile yüzey ve hacim içindeki nesnelere yansıyarak kulağa gelen yansıımış sesten oluşur. Hacim akustiğindeki en temel kavramlardan biri bu yansımaların algılanan ses üzerindeki etkilerinin etkin biçimde değerlendirilip, kontrol edilmesidir. Anekoik hacimler dışındaki hiçbir kapalı hacim 'nötr' değildir. Yani anekoik olmayan hacimler dışındaki hacimlerin sesin algısına mutlaka etkisi vardır. Hacmin geometrisi, boyutları ve içerideki sesin yansıması, yutulması, dağılımı akustiği etkileyen başlıca etkenlerdir. Algıladığımız ses üzerindeki bu etki kimi hacimlerde aranan bir özellik olabilir. Örneğin konser, opera ve tiyatro salonları gibi hacimlerde sesin, yüzeylerden yansıma ve dağılmalarla derinliği ve düzeyi artırılmak istenir. Oysa ses kayıt stüdyolarında sesin nötr bir ortamda, aslına uygun kaydedilmesi ve duyulması şart olduğu için, yansımaların sesin karakterini, algılanışını değiştirmeyecek biçimde

yönlendirilip kontrol edilebilmeleri hedeflenir.

Bir ses kayıt stüdyosundaki ana hacimlerin (bkz. Bölüm 3.5) akustik niteliklerinin gerek kaydedilecek sesin kalitesine, gerek kaydedilen sesin değerlendirilmesi ve kritik dinleme evresine etkisi büyüktür. Her ne kadar her stüdyonun akustik konfor koşulları belirli temel prensipler ve kriterler baz alınarak oluşturuluyor olsa da, bu hacimlerin her birinin kendine has öznel nitelikleri de vardır (Munster, 2003). Örneğin yansıma süreleri aynı olan performans odalarının kullanılan malzemeler ve uygulama farklılıkları sonucunda müzisyene verdiği 'his' bambaşka olabilir veya temel bazı akustik parametrelerin optimum aralıklarda olmasına rağmen, diğer bazı parametrelerdeki farklılıklar veya tasarım yaklaşımları tercihi de (örn: Kontrol odası tasarımında, 'Early Sound Scattering' veya 'Live End - Dead End' yaklaşımının seçimi), stüdyolara farklı akustik nitelikler katacaktır.

Ses kayıt stüdyolarının akustik tasarımında temel olarak;

- Stüdyonun işlevi
- Stüdyo hacimlerinin (kontrol odası, performans odası, izolasyon kabinleri) boyutları ve boyut oranları
- Stüdyo hacimlerinin geometrisi
- Akustik tasarım parametreleri ile bunların söz konusu hacimler için sağlanması gerekli optimum değerleri

göz önüne alınmalıdır. Ancak unutulmaması gereken en önemli noktalardan biri, akustik mühendisinin veya mimarın ses kayıt stüdyosu akustik tasarımına yaklaşımının diğer dinleme hacimlerinden farklı olması gerekliliğidir. Çünkü bazı durumlarda akustik mühendisi ve mimarların ses kayıt stüdyosunu oditoryum, konser salonu gibi diğer akustik ortamlarla özdeşleştirmesi ve yapılandırmayı stüdyoya has düşünmemesi stüdyo hacimleri için oldukça kötü sonuçlara sebep olabilmektedir.

Stüdyoların akustik performansı göz önüne alındığında, sağlanması gerekli en önemli fonksiyonlardan biri de mikrofonlar arasında yeterli akustik izolasyon elde etmek ve müzisyenlere kendilerini ve birbirlerini duyabilecek akustik konforu sağlamaktır. Bu çok yönlü dinlenebilirliği (multidirectional listenability) sağlamak, hacmin genel karakteristiğinin dolaysız sonucu olmadığı için nesnel yöntemlerin yanı sıra öznel akustik deneyim ve denemeleri de kullanmak iyi sonuçlar vermektedir. Enstrümanlar ve mikrofonlar arasında yeterli akustik izolasyon ile anlatılmak istenen; enstrümanlardan birinin sesinin, prova veya kayıt anında diğer enstrümanın mikrofonuna karışmasının engellenmesidir. Verilen bir

enstrüman için sağlanabilir düzey azatılımı, hacmin akustik ortamıyla doğrudan ilgilidir. [14] Söz konusu kavram, izleyen bölümde kritik uzaklık başlığı altında ayrıntılı biçimde açıklanmaktadır.

4.2.1 Hacim Akustiği Parametreleri

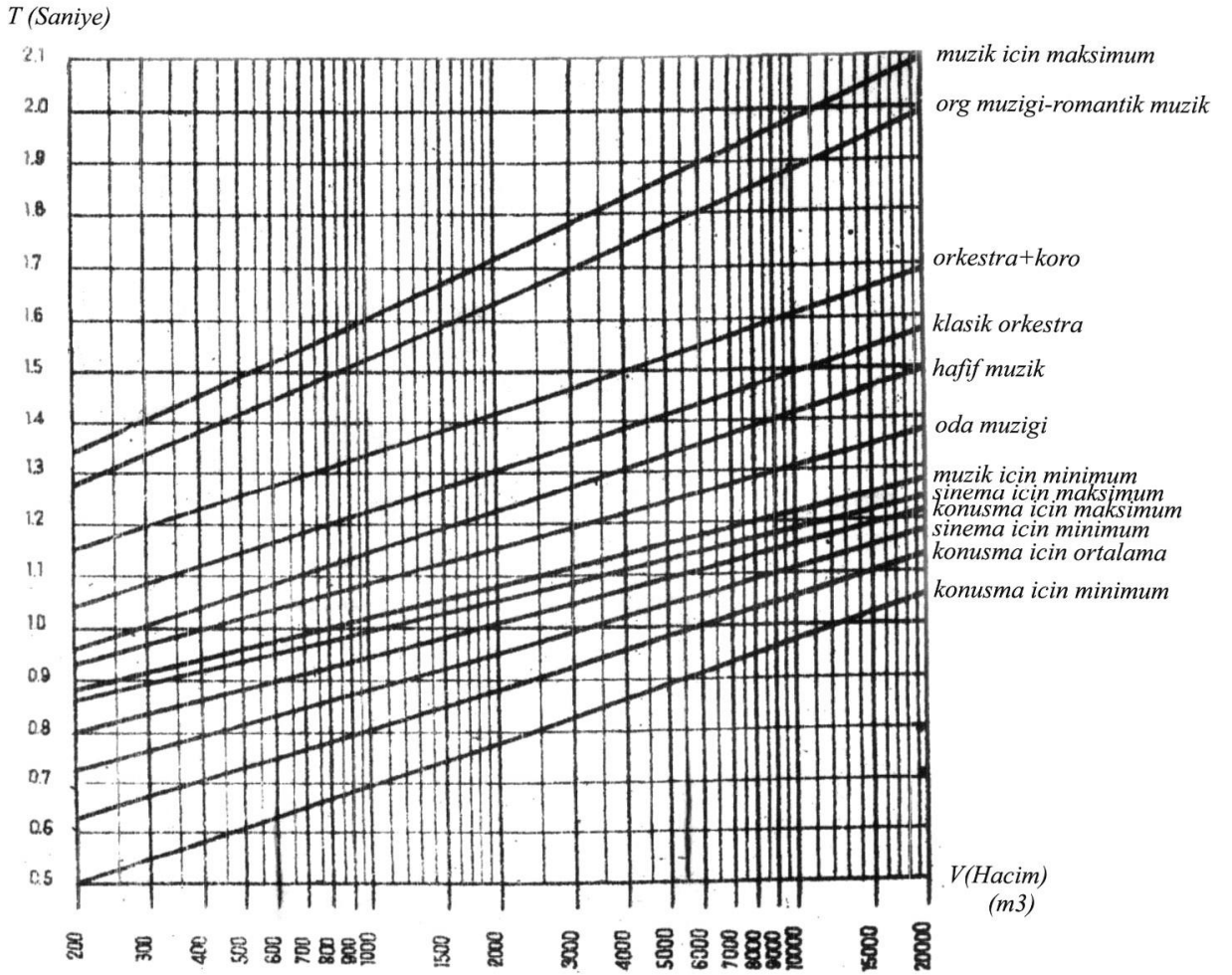
Belli başlı akustik tasarım parametrelerinin ses kayıt stüdyoları açısından irdelenmesi, stüdyo hacimleri için kullanılan parametreleri anlamada önemli rol oynar. Bunlar;

- Yansıım Süresi (Reverberation Time - T_{60})
- Yanıt Eğrisi
- Varlık Etkisi (Haas Etkisi)
- İlk Ulaşım Gecikmesi (Initial Time Delay Gap - ITDG)
- Kritik Uzaklık (Critical Distance - D_C)
- Akustik Kusurlar

parametreleridir. Hacimlerin hacim akustiği bakımından incelenmesinde kullanılan birçok ayrı parametre daha olsa da bunların hepsi ses kayıt stüdyoları için kullanılmaz veya değerlendirmede öncelik sırasına göre daha gerilerde bulunurlar.

4.2.1.1. Yansıım Süresi (Reverberation Time - T_{60})

Kapalı bir hacimde yansıyan ve yutulan ses enerjileri dengedeysen ses kaynağı kapatıldıktan sonra ses düzeyinin bulunduğu noktadan 60dB azalması için geçen süreye yansıım süresi denir ve T_{60} simgesiyle gösterilir. Ancak, ölçüm sırasında ses düzeyinin 60 dB azalmasını beklemek, fon gürültüsü vb. etkenler nedeniyle yanıltıcı sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle, bazı ölçüm cihazlarında, klasik olarak T_{60} olarak gösterilen yansıım süresi, ölçümde esas alınan ses düzeyi düşüş değerlerine uygun olarak T_{30} , T_{20} , T_{10} şeklinde adlandırılır ve hacimdeki kaynak kapatıldıktan sonra ses düzeyindeki sırasıyla 30, 20 ve 10 dB' lik düşüşler için gereken sürenin ölçümünden yola çıkarak hesaplanır (Dilmen, 2004). Yansıım süresi, mekanın hacmine ve toplam yutuculuğuna bağlıdır. Yansıım süreleri uzadıkça, konuşmanın anlaşılabilirliği azalmaya başlarken, oditoryumlar, konser salonları gibi müzik dinlenen yerlerde ise müziğin doluluk ve zenginlik hissini arttırması açısından bu sürenin daha uzun tutulması hedeflenir. Müziğin temposuna göre müzik içerisinde farklı tarzlara göre de farklı süreler belirlenmiştir. Şekil 4.7' de farklı işlevli hacimler için, hacim büyüklüğüne göre optimum ortalama yansıım süreleri verilmiştir.



Şekil 4.7 Farklı işlevli hacimler için, hacim büyüklüğüne göre optimum ortalama yansıma süreleri (Sirel, 1981)

Yansıma süresinin kritik dinleme işlevi olmayan hacimlerde frekanslara göre dağılımı değil de ortalama değeri alınabilir. Ancak oditoryumlar, konser salonları, ses kayıt stüdyoları gibi kritik dinleme hacimlerinde akustik düzenleme veya değerlendirme yapılırken yansıma süresinin frekanslara göre değişimi mutlaka hesaba katılmalıdır. Çünkü bu hacimlerde optimum konfor koşullarını sağlamak için her frekansta yansıma süresi optimum aralıkta olmalı ve birbirlerinden büyük farklılık göstermemelidir. Bu sayede hacmin yanıt eğrisi düzgün yani optimum olacaktır. Aksi takdirde, yani yansıma sürelerinin frekanslara göre büyük değişiklikler göstermesi, akustik kusur olan distorsiyona yol açacaktır (Everest, 2001). Ses kayıt stüdyolarında, performans odası için yansıma süresinin derinleştirici etkisinden belli oranda yararlanmak istenirken, kontrol odasında dinleyiciye kaydedilen ses üzerinde herhangi bir etki oluşturmayacak uzunlukta tutulması ve bu sayede hacmin yanıtının 'nötr' olması gerekir.

4.2.1.2. Yanıt Eğrisi

Ses kayıt stüdyosu hacimlerinin (kontrol odası, performans odası, vb.) genelde küçük ve dikdörtgenler prizması biçimli olmaları, bu mekanlarda duran dalgaların (mod) özellikle üzerinde durulmasını gerektirir. Bir hacim beyaz gürültü ile uyarıldığında elde edilen tepkiye hacmin yanıt eğrisi denir. Hacimlerin yanıt eğrisinin temel belirleyicileri yansıma süresi (T_{60}) ve hacimdeki duran dalgaların yol açtığı modlar (duran dalgalar) dır. Anekoik hacimler dışındaki hacimlerde her frekans bandında rezonans frekansları (mod) oluşur. Rezonans frekansı, titreşen objenin fiziksel özellikleri tarafından belirlenen doğal titreşim frekansıdır. Bir objeyi kendi rezonans frekansında titreşime sokmak oldukça kolaydır. Her ne kadar her frekans bandında bunlar oluşuyor olsa da özellikle alçak frekanslarda, 300Hz in altında etkileri daha yoğundur. [15]

Ses dalgaları hacmin sınırlarından yansır ve yansıyan seslerle belli bir etkileşime girerler. Bu etkileşim yüksek veya alçak frekanslarda ses enerjisinin yoğunlaşması sonucu düzeyinin artmasına veya zıt fazlı olarak birbirlerinin enerjilerinin sönmelenmesine sebep olur. Optimum akustik konfor koşullarını sağlamada söz konusu modların düzgün ve homojen dağılımını sağlamak esastır. Hacim küçüldükçe modların etkileri daha yoğunlaşır çünkü alçak frekans bantlarında oluşan rezonans frekansları seyrekleşir. Yüksek frekanslarda ise rezonans frekanslarının gittikçe sıklaşması, dalga boylarının kısalması ve doğrultululuk özelliğinin artması bu etkileri azaltır. Şekil 4.8'de 0-200Hz aralığında bozuk (seyrek) ve optimum (sık) mod dağılımları gösterilmiştir. Modların hacimlerin yüzeyleriyle etkileşimleri sonucu farklı tipleri oluşur. Bunlar;

- Eksensel Modlar:

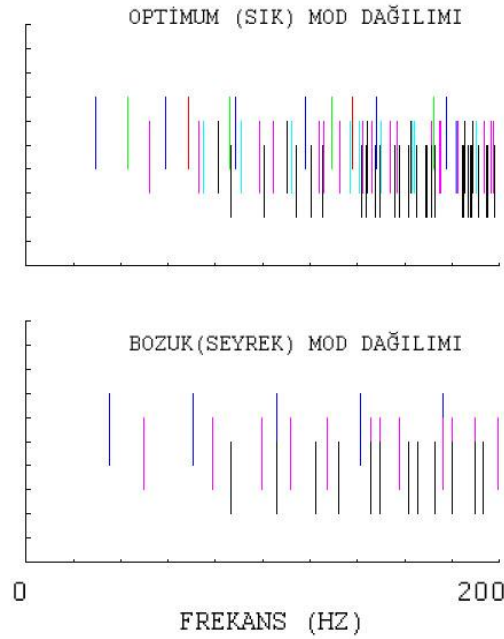
Hacmin eksenlerine paralel olan ses dalgalarının yol açtığı modlardır. Eksensel modlar hacim içerisinde etkisi en güçlü olan modlardır.

- Teğetsel Modlar:

Hacmin yüzeylerine paralel olan ses dalgalarının yol açtığı modlardır.

- Eğik Modlar:

Hacimde gelişigüzel oluşan modlardır (Everest, 2001).



Şekil 4.8 0-200 Hz aralığında bozuk ve optimum mod dağılımları (D'Antonio, 2000)

Dikdörtgenler prizması biçimindeki hacimlerde oluşacak olan modların rezonans frekansları, (4.1) eşitliği baz alınarak hesaplanabilir (D' Antonio, 2000):

$$f_{n_x n_y n_z} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{L_z}\right)^2} \quad (4.1)$$

$f_{n_x n_y n_z}$: Rezonans frekansı (Hz)

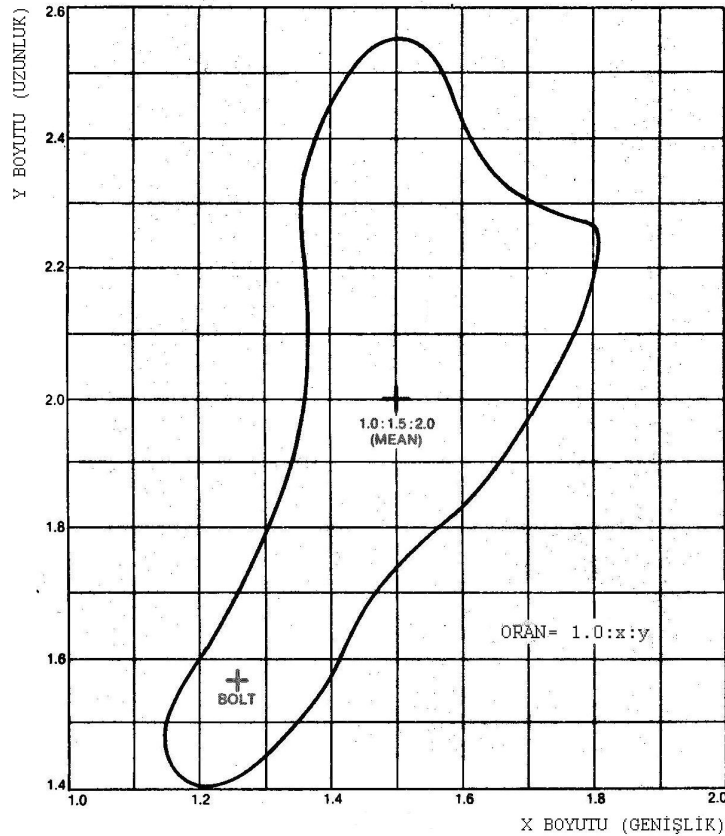
c : Ses hızı (m/s)

L_x, L_y, L_z : Hacmin boyutları (genişlik, derinlik, yükseklik - m)

n_x, n_y, n_z : Mod numaraları (0' dan başlayan tamsayılar)

Söz konusu (4.1) eşitliği, belli bir hacimde oluşacak olan rezonans frekanslarının hesaplanmasını sağlayarak, hacmin yanıt eğrisi ve alınabilecek önlemlerle ilgili ilk değerlendirmeleri ve tanımlamaları yapmada rol oynar. Modların oluşumu ve etkileri hacmin boyutlarıyla doğrudan ilgilidir. Çünkü birbiriyle aynı boyutlarda olan veya birbirinin katı gibi giden boyutları olan hacimlerde aynı frekansta daha çok rezonans, artım ve sönümlenme etkileri görülecektir. Örneğin; alçak frekanslı sesler için en kötü hacim biçimlenişi küplerdir. Küplerin her boyutu aynı olduğu için bu boyutlar aynı frekansta rezonans frekansları oluşturacaktır. Ses kayıt stüdyolarının tasarımında hedef, boyutların birbiriyle mümkün olduğunca bağlantısız olması ve modları - kullanılan ses alanının dışında - en düşük frekansta

oluşturacak boyutların seçilmesidir. [16] Söz konusu modların alçak frekanslarda daha sık, böylelikle de daha düzgün dağılımını sağlayıp etkilerini en aza indirmek için akustikçiler tarafından, dikdörtgenler prizması biçimli ve akustik önlem alınmamış hacimlerde bazı optimum hacim oranları ve kriterler belirlenmiştir. Bu akustikçilerden ilki W. Sabine' dir. Ve 1900' de ideal hacim oranı olarak, 2:3:5' i ortaya atmıştır. Daha sonraları R.H. Bolt, modların yayılımıyla ilgili bir araştırmaya başlamış ve alçak frekans bölgesinde modların düzgün yayılımının söz konusu modların etkilerini azaltacağını öne sürmüştür. Bu bağlamda Sabine' nin önerdiği 2:3:5 oranını tekrar önererek bir de, $1:2^{1/3}:4^{1/3}$ (1:1.25:1.6) oranını ortaya atmıştır. Ayrıca Bolt' a göre, hacim oranları arasında modların düzgün yayılımı kriterini sağlayan bir alan tanımlanabilmektedir. Bu alan Bolt tarafından grafiğe dökülerek, 'Bolt grafiği' ni oluşturmuştur (Munster, 2003). Şekil 4.9' da, Bolt grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Bolt Grafiği (Munster, 2003)

Grafikte sınırları çizilmiş alanın içerisindeki boyut oranlarının, hacim tasarımında olumlu sonuçlar vereceği belirtilmiştir. Ancak söz konusu ölçülere sahip hacimler çok yüksek tavanlı ve boyutları günümüz kullanımları için uygun olmayabilmektedir. Ses kayıt stüdyosu tasarımında ise başlangıç verisi olarak kullanılabilir.

Bolt' tan sonra 1965 yılında Sepmeyer, modların açılal yayılmaları ile ilgili bir araştırma yaparak üç farklı optimum hacim oranı saptamıştır. Çizelge 4.3' de söz konusu oranlar gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Sepmeyer' e göre optimum hacim oranları (Munster, 2003)

x	y	z
1.14	1.39	1
1.28	1.54	1
1.6	2.33	1

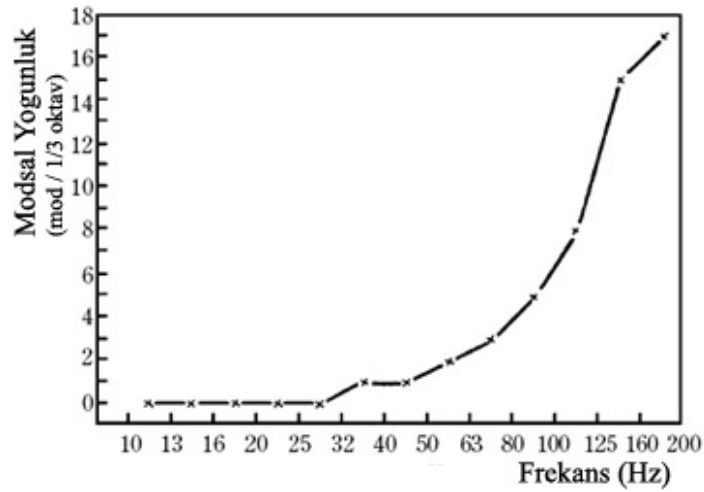
1971' de bu kez Louden, 125 farklı hacim oranıyla yaptığı gözlemler sonucu düzgün bir mod dağılımının ancak ardarda gelen modlar arasında belirli aralıklar bulunması gerektiğini söylemiş ve optimum hacim oranlarını mod yayılımlarının standart sapma aralıklarına göre belirlemiştir. [17] Çizelge 4.4' de, Louden' in optimum hacim oranları gösterilmiştir. Bunlardan 1.9:1.4:1 oranları hala bazı tasarımcılar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır.

Çizelge 4.4 Louden' e göre optimum hacim oranları (Munster, 2003)

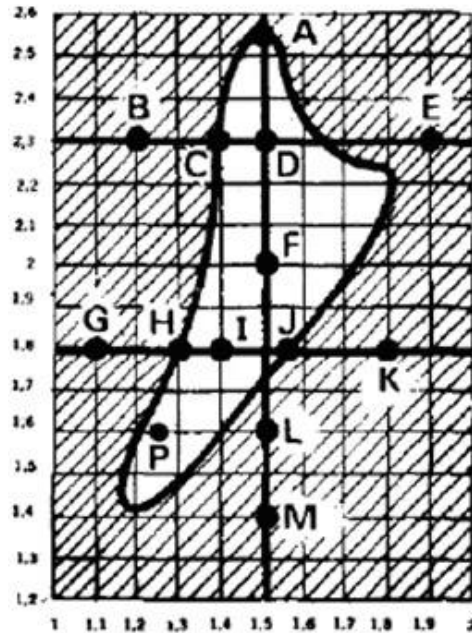
x	y	z
1.9	1.4	1
1.9	1.3	1
1.5	2.1	1
1.5	2.2	1
1.2	1.5	1

BONELLO KRİTERİ:

Bonello, küçük dikdörtgenler prizması biçimli hacimlerin oranlarının öznel sonuçlarını öngörmek için bir algoritma (işlem yolu) geliştirmek istemiş ve bunu da bilgisayarı ilk defa bu işe dahil eden akustikçi olarak başarmıştır (1981). Buna göre Bonello, alçak frekans bölgesindeki frekans tayfını 1/3 oktav bantlara bölmüştür ve 200Hz'in altındaki her banta karşılık gelen modların sayısını dikkate almıştır. Buna göre her 1/3 oktava denk düşen mod sayısı bir öncekinden daha fazla veya en az aynı sayıda olmalıdır. Bonello, daha sonra bu koşulu sağlayan hacimler için optimum hacim oranları tanımlamıştır (Everest, 2001). Şekil 4.10' da, 4.7x3.9x3.0 m boyutlarında, dikdörtgenler prizması biçimli bir hacmin Bonello kriterini sağladığı görülmektedir. Çünkü grafik 40Hz de sabittir veya diğer frekanslarda da bir öncekine göre hep artmaktadır.



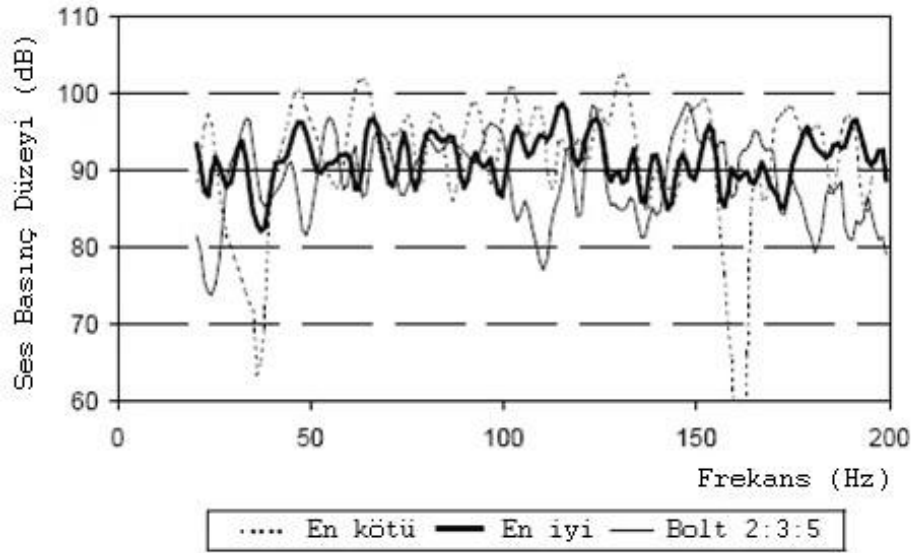
Şekil 4.10 Bonello Kriterini sağlayan 4.7x3.9x3.0m boyutlarındaki hacim (Everest, 2001) Ayrıca Bonello bu kriterini diğer akustikçilerin optimum hacim oranlarıyla da karşılaştırarak Bolt grafiğini temel alan yeni bir grafik oluşturmuştur. Buna göre Bolt grafiğinin dışında kalan bazı hacim oranları Bonello için kabul edilebilir niteliktedir. Şekil 4.11' de, söz konusu grafik gösterilmiştir. Grafikte görülen harfler, Bonello kriterinin uygulandığı hacim oranlarıdır.



Şekil 4.11 Bonello'ya göre optimum hacim oranları (Bonello, 1981)

Yukarıda sözü edilen kriterlerin tümü dikdörtgenler prizması biçiminde, akustik önlem alınmamış yüzeylere sahip ve yansım süreleri ya hiç hesaba katılmamış ya da dolaylı olarak katılmış hacimler ve temelde modların dağılımları esas alınarak oluşturulmuştur. Bonello

kriterinin önemli bir avantajı, klasik hesaplama yöntemleri dışında bilgisayar hesaplamalarına uyarlanmış olmasıdır. Ve sonuçlar bilgisayar çıktısı biçiminde alınabilmektedir. Ayrıca Bonello'nun algoritması, optimum hacim oranlarının bulunması için geliştirilmiş bilgisayar yazılımlarına da öncü olmuştur. Çünkü günümüzde artık hacimlerin modsal davranışlarını yüzeylerin yutuculukları ve yansımın süreleri de hesaba katılarak tasarlanan bilgisayar yazılımları geliştirilmiştir ve bunlardan daha net ve kesin sonuçlar elde edilebilmektedir. Ancak hala bu kriterler ve optimum hacim oranları, hacim tasarımında (örn: kontrol odası, performans odası) kişiye doğru yolu gösteren bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Söz konusu gelişmiş yazılımlarda Bonello kriteri, Bolt ve Walker, Louden gibi diğer bazı akustikçilerin bulduğu hacim oranları alt veri olarak karşılaştırma amaçlı kullanılmış olup modern yazılıma ait yeni algoritmalarla kıyaslanabilmekte ve bu sayede en uygun hacim oranları bulunabilmektedir (Cox ve D' Antonio, 2001). Şekil 4.12' de, ABD' li RPG Diffusor Systems Inc., şirketinin Roomsizer program yazılımında söz konusu bir hacim için olabilecek en kötü oranlar, Bolt'un ideal hacim oranlarından biri ve programın karşılaştırmalı olarak en uygun sonucu bulduğu oranlara ait hacimlerde oluşacak modsal yanıtlar örnek olarak verilmiştir.



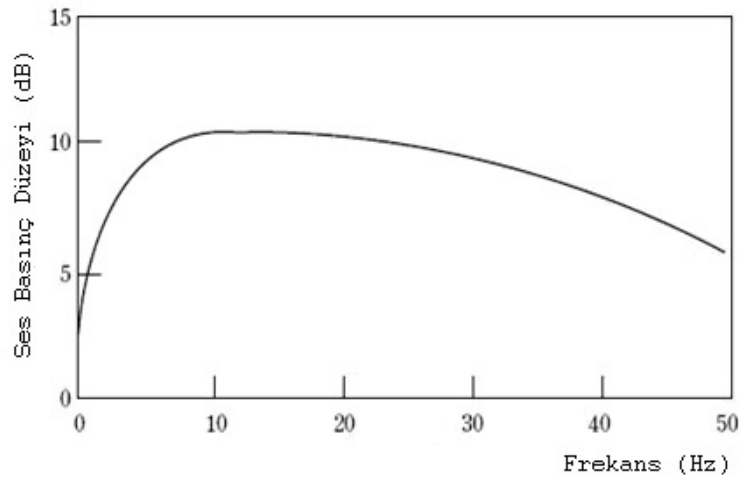
Şekil 4.12 Roomsizer yazılımına ait karşılaştırma grafiği (Cox ve D' Antonio, 2001)

4.2.1.3. Varlık Etkisi

İnsanın işitsel algılama sistemi, dolaysız sestten sonra 50ms içerisinde her yönden kulağa gelen ilk yansımaları algılayıp, beyinde biraraya toplayarak dolaysız sesle bütünleştirebilir (entegre edebilir). Ve bunu da sesin tamamının kaynaktan geldiği izlenimini verebilmek için

yapar. Ayrıca bu süreçte dolaysız sesle bütünleştirilen ilk yansımalar, duyulan sesin düzeyine katkı sağlarken, dinleyiciye de içinde bulunulan hacmin daha büyük olduğu hissini verirler. İşitsel algılama sistemi için dolaysız sesle ilk yansımalar arasındaki optimum entegrasyon, 20-35 ms zaman aralığında gerçekleşmektedir (Haas Bölgesi). 50-80ms aralığı ve sonrasında ise söz konusu ilk yansımalar, dolaysız sestem 'ayrık' ve baskın yansıma olarak algılanır ve doğrultululuk imgesinin bozulmasına neden olur. Söz konusu etkiyi ilk kez Alman bilim adamı Helmut Haas, doktora tezinde, 5-35ms aralığında özdeş iki kaynaktan birine gecikme (delay) efekti verildiğinde, bunun gecikme olarak algılanabilmesi için yalnızca dolaysız sesi veren hoparlörün ses düzeyinden 10dB civarında daha yüksek düzeyde olması gerektiğini bularak tanımlamıştır. Buna da Varlık (Haas) Etkisi adını vermiştir. Haas'a göre, hacimlerde dolaysız sestem sonra 1 - 35ms zaman aralığı içerisinde kulağa gelen ilk yansımaların, dolaysız ses üzerinde hem düzey artışı hem de imgesel konfor bakımından olumlu etkileri vardır (Everest, 2001).

Ses kayıt stüdyolarında, hem kontrol hem de performans odalarında, ilk yansımaların Haas Bölgesi içerisinde kalması sağlanmalıdır (< 35ms) ve Haas Bölgesi için optimum aralık 20-35ms dir. Böylece performans odasında mikrofonlanarak kaydedilen enstrümanların düzeyi ile performans odasının kayda yansıyan akustik verimi artacaktır. Kontrol odasında ise yüzeylerden gelen ilk yansımalar, dolaysız sesle bütünleşerek kaydedilen enstrümanların yalnızca ses kaynağından (monitor hoparlörlerden) gelmesi sağlanarak, doğrultululuk imgesinin netliği sağlanmalıdır. Böylece miks aşamasında ses mühendisi kafasındaki stereo imgeyi kaydedilen tüm enstrümanlar için gerçekleştirebilecektir.



Şekil 4.13 Varlık Etkisi (Everest, 2001)

4.2.1.4. İlk Ulaşım Gecikmesi (Initial Time Delay Gap – ITDG)

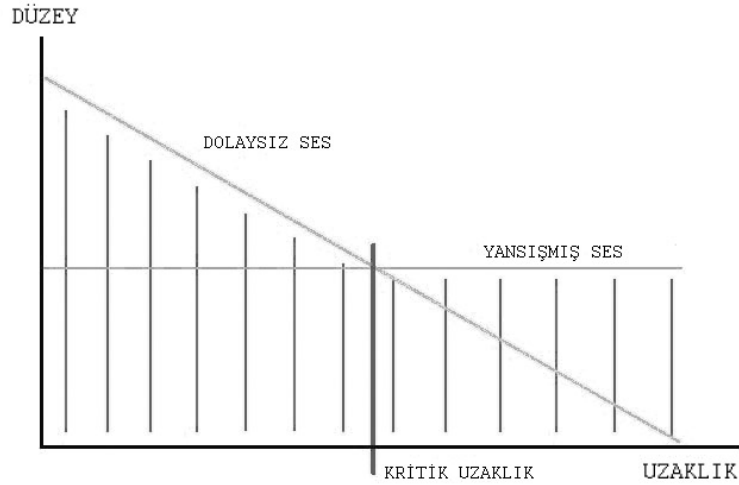
Leo L. Beranek, 'Music, Acoustics & Architecture (1960)' adlı kitabında, dünya çapında konser salonlarıyla ilgili yaptığı geniş kapsamlı bir çalışmada, kalifiye müzisyenlerin en yüksek notu verdiği salonların bazı teknik benzerlikleri olduğunu görmüş ve bunların merkezinde olana da, 'Initial Time - Delay Gap – ITDG' adını vermiştir. Söz konusu parametre; dolaysız sesin dinleyici noktasına geliş zamanı ile kritik ilk yansımaların dinleyici noktasına ulaşması arasında geçen süredir. Beranek, söz konusu salonlardan yüksek derece alanların oldukça tanımlı ve 20ms civarında ITDG özelliğine sahip olduklarını görmüştür. Daha sonraları bazı akustikçiler özellikle performans ve kontrol odalarının ITDG' lerini araştırmaya yoğunlaşmış ve bunu yaparken de yeni bir ölçüm tekniği olan, 'Zaman - Gecikme Tayfölçeri (Time - Delay Spectrometry - TDS)' ni kullanmışlardır. TDS; hacimlerin akustik niteliklerini ve/veya hacimlerdeki elektroakustik sistemlerin (örn: hoparlörlerin) frekans ve atım yanıtlarını (impulse response) ölçmeye yarayan bir yöntemdir ve hedefi sistem yanıtlarının zaman, enerji ve frekans bileşenlerini elde etmektir (Voetmann, 2005).

Dolaysız ses, ses kaynağından mikrofona geldikten bir süre sonra, buna diğer yapı elemanlarından yansiyarak gelen ilk yansımalar eşlik eder. İşte aradaki bu gecikme performans veya kontrol odasının boyutları ve yapı elemanlarının akustik niteliğiyle ilgilidir. Hacimler büyüdükçe, akustik önlemler alınmazsa ITDG değerleri uzar ve bu da hacmin samimiyetine (intimacy) zarar verir. Samimiyet; dinleyicinin dinleyici noktasında ses kaynağına yakın hissedebilme niteliğini tanımlar. ITDG'si 10-25ms arasında olan hacimler genellikle bu kriteri sağlamış bulunur ve optimum ITDG değerleri, dinleyiciye daha büyük bir hacimdeymiş ferahlığı verir (Munster, 2003).

4.2.1.5. Kritik Uzaklık (Critical Distance – Dc)

Anekoik hacimler dışındaki her hacimde dolaysız ses ile yansımış ses düzeylerinin birbirine eşit olduğu bir uzaklık vardır. Bu uzaklığa kritik uzaklık denir ve Dc simgesiyle gösterilir. Kritik uzaklık hacmin akustik özellikleriyle birlikte ses kaynağının karakteristiklerine bağlı olarak değişir. Örneğin bir hoparlörün kapsama açısını (doğrultululuğunu) daraltmak kritik uzaklığı artırırken, yayınlık (yansımış) ses alanı fazla olan hacimler daha kısa kritik uzaklık değerleri verir. Ayrıca çok yutucu hacimlerde kritik uzaklık değerleri uzar. Hoparlörlerin ve hacimlerin kritik uzaklıkları olduğu gibi konuşmacılar ve müzisyenler için de vardır. Örneğin bir hacimde, konuşmacı için mikrofon yerleşimi yapılırken konulduğu uzaklığın kritik uzaklıkta veya bundan daha da uzağa konması halinde konuşmanın anlaşılabilirliği azalır ve

ses çok yansımış olarak algılanır. Ayrıca doğrultusuz (omnidirectional) mikrofonların konuşmacıdan kritik uzaklığın %30' undan daha uzağa konmaması, bunun yanında kardioid veya süperkardioid mikrofonların da (bkz. Bölüm 4.3), konuşmacıdan kritik uzaklığın yarısından daha uzağa konmamaları gerekir. [19] Kritik uzaklığın grafik anlatımı, Şekil 4.14' da gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Kritik uzaklık (Dc)

4.2.1.6. Akustik Kusurlar

- DİSTORSİYON

Distorsiyon, yansımın süresinin frekanslara göre önemli farklılıklar göstermesinden kaynaklanan akustik kusurdur. Yansımın süresinin her frekans bantı için optimum aralıklarda olması hedeflenir. Ses kayıt stüdyolarında özellikle alçak frekansların etkilerinin distorsiyona yol açmayacak biçimde değerlendirilip önlemlerin ona göre alınması gerekir. Alçak frekansların etkileri hacim küçüldükçe daha da artar (bkz: Bölüm 4.2.1.1). Distorsiyon her dinleme hacminde meydana gelebilir ve bunun kaynağı genellikle hacmin boyutları, geometrisi ve yüzeylerinin akustik niteliklerine bağlı olarak gerçekleşen modsal davranışı, ilk yansımaların yüzeylerle etkileşimi, vurgusal yankılar, seyrek geç yansımalar, hacmin düşük oranda ses dağıtımı gibi olaylardır. Ancak söz konusu hacimlere özellikle de küçük konser salonları, ev sinema sistemleri ve ses kayıt stüdyoları gibi hacimlerde elektroakustik ses kaynağı kurulduğunda bunun yüzeylerle etkileşimi, gerçekleşen karmaşık yansımaların etkileri akustik önlemlerle yansımın süresi her frekans bandında optimum olan hacimlerde bile distorsiyonun gerçekleşmesine neden olabilir.

Elektroakustik ses sistemi bulunmayan hacimlerde distorsiyonu önlemek ve yansıma süresini optimuma getirmek amacıyla her frekans bandı için yüzeylerde akustik önlemlerin alınması yeterli oluyorsa da, kontrol odalarında bu yeterli değildir. Çünkü kontrol odası gibi kritik dinleme hacimlerinde duyulan sesin niteliği hacmin geometrisi, boyutları ve akustik niteliklerinin yanısıra elektronik ekipmanların kalitesi, hoparlörlerin yerleşimi, açıları ve yüzeylerle etkileşimi gibi faktörlere de bağlıdır. Yapılan hatalardan biri bu faktörleri göz ardı edip vurguyu ekipman ve hoparlörlerin kalitesine indirgemektir. Sesin tonal dengesi ve hacim içerisindeki algılanışı hoparlör kalitesi ne kadar yüksek ve frekans yanıtı ne kadar düzgün (flat) olursa olsun, söz konusu faktörlerle büyük değişiklik gösterebilir. Hatta o kadar ki, aynı konumdaki farklı hoparlörlerin gösterdiği farklar, aynı hoparlörlerin hacim içerisinde yerlerinin değiştirilmesiyle gösterdikleri farktan daha küçük olabilmektedir. [20] Bu bakımdan kontrol odasında mimari akustik nitelikler dışında söz konusu elektroakustik nitelikler de dikkatlice irdelenmelidir. Çünkü distorsiyonu önlemek için her ne kadar hacmin boyutları ve geometrisi tasarım sürecinde belirli kriterlere göre belirleniyorsa da tek başına bu, her hacim için yeterli değildir.

Uygun geometri ve boyutlardaki kritik dinleme hacimlerinde distorsiyon olmaması için, ses kaynaklarının (hoparlörlerin) birbirlerinden ve yüzeylerden optimum uzaklık ve açılarda konumlanmaları gerekir. Böylece hacimler için oluşabilecek akustik kusurların etkileri azaltılmış olur. Alınan bu önlemler bazı dinleme hacimleri için (örn: ev sinema sistemleri) yeterli olabilirken, kontrol odalarında bu etkileri yok etmek veya kabul edilebilir düzeylere indirme zorunluluğu, hacmin yüzeylerinde de ek profesyonel akustik önlemler alınmasını gerektirir. Hoparlör konumları ile söz konusu akustik faktörlerin etkileşimlerinin hatalı olması sonucu hacim içerisinde distorsiyona yol açabilecek akustik kusurlar ;

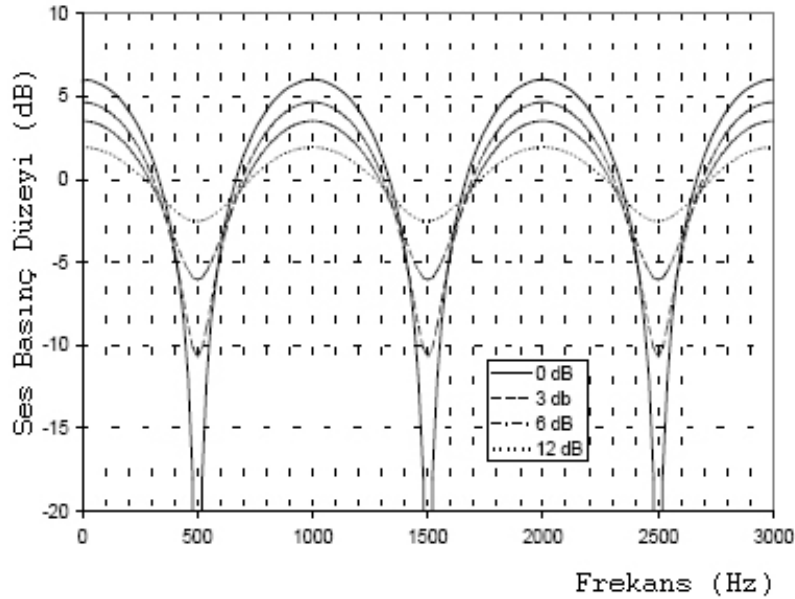
- ‘Comb Filter’ Etkisi
- Modsal Eklenti (Modal Coupling)
- Sınır Etkisi (Speaker Boundary Interference Response – SBIR)

olarak sıralanabilir [20].

- ‘Comb Filter’ Etkisi:

Sesin tayfsal yapısı değişikliğe uğradığında bu durum orijinal sesin, olduğundan daha farklı algılanmasına neden olur (coloration). Söz konusu tayfsal değişim nedeniyle bazı frekanslar diğerlerine göre daha vurgulanmış veya daha silik olarak duyulmaya başlar. Sesin tayfsal yapısı, yüzeylerden yansımalar ve/veya iki ya da daha fazla ses sinyalinin

birbirleriyle etkileşime girmesi sonucu oluşur. Bu duruma ‘comb filtering’ denir (Munster, 2003). Aslında modsal eklenti ve sınır etkisi de alçak frekans bantlarında görülen bir çeşit comb filter etkileridir. Ve tüm comb filter etkileri de sesin tayfsal yapısını bozan distorsiyona neden olurlar. Kontrol odalarında comb filter etkisi, hoparlörlerin hacmin akustik önlem alınmamış bir veya birden fazla sınırına yakın konumlandırılması sonucu dolaysız ses ile ilk yansımaların birbiriyle karışması sonucu oluşur. İlk yansımaların dinleyiciye geliş süresinin dolaysız sestən uzun olması sonucu dolaysız ve ilk yansıyan sesler dinleyicinin kulağına bazen aynı bazen de zıt fazlı olarak gelir ve birbirlerini sönümler veya arttırır. Bu bakımdan hoparlörlerin optimum uzaklığa konmasının yanı sıra ilk yansımaların oluşacağı yüzeylerin de yutuculuk veya dağıtıcılıklarını arttırmak gerekir. Şekil 4.15’ de, dolaysız ses ile tamamen yansıtıcı bir yüzeyden gelen aynı düzeyde bir ilk yansımanın 500Hz, 1500Hz ve 2500Hz’ lerede birbirini tamamen sönümleyen etkileşimi ile söz konusu yüzeyin yutuculuğunu arttırmak kaydıyla ilk yansımanın düzeylerini sırasıyla 3, 6 ve 12 dB düşürerek, comb filter etkisinin azaltımı gösterilmiştir.

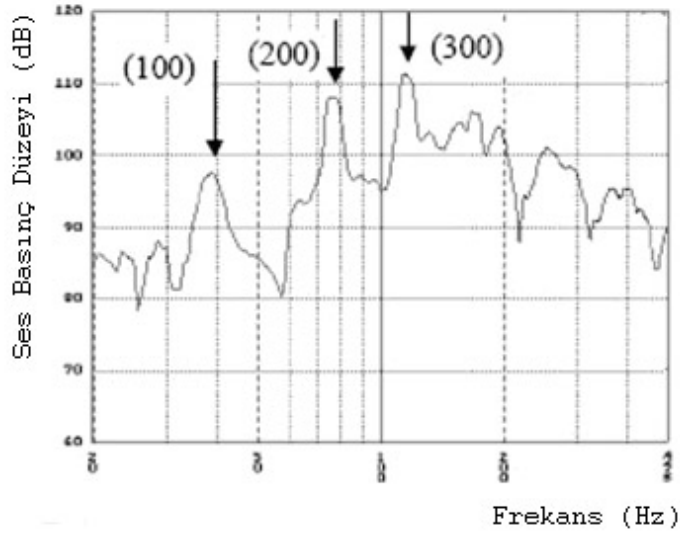


Şekil 4.15 Comb filter etkisi [20]

- Modsal Eklenti (Modal Coupling):

Özellikle 300Hz ve altındaki alçak frekanslarda hacim içerisinde hoparlör, dinleyici ve hacmin modsal yanıtının etkileşimi sonucu bu frekanslarda aynı fazlı dalgaların üstüste gelerek düzeylerinin artması sonucu oluşur. Bu durumda dinleyiciye gelen sesin frekans yanıtı bozulur ve basların düzeyi kaydedilenden çokmuş gibi algılanır. En uzun boyutu 460cm olan dikdörtgenler prizması biçiminde bir hacimde sırasıyla 37Hz, 74Hz ve 111Hz de oluşan

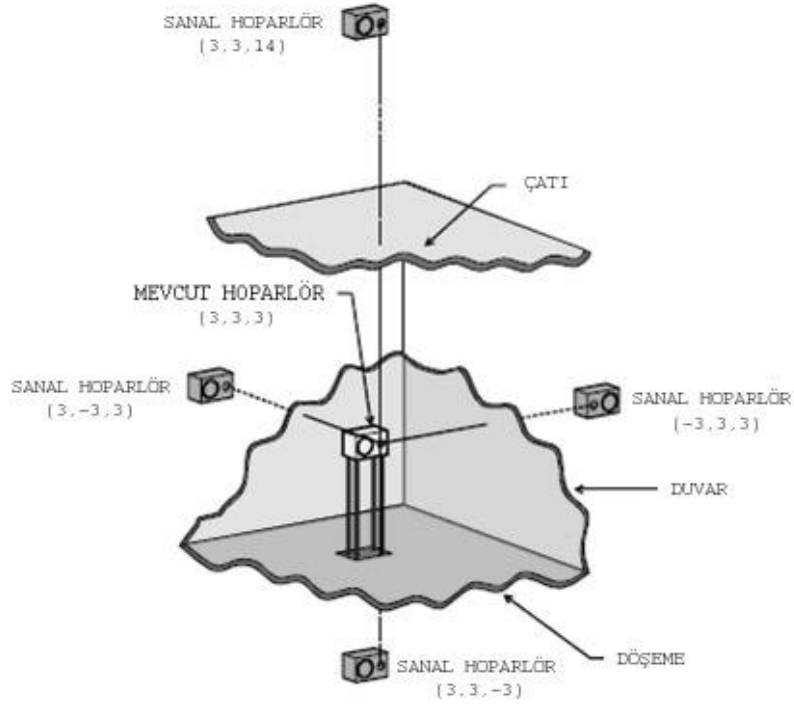
eksenel modların modsal eklentisini gösteren bir grafik, Şekil 4.16' de gösterilmiştir.



Şekil 4.16 Bir boyutu 460cm olan hacimde sırasıyla 37Hz, 74Hz ve 111Hz de oluşan aksenal modların oluşturduğu modsal eklenti grafiği [20]

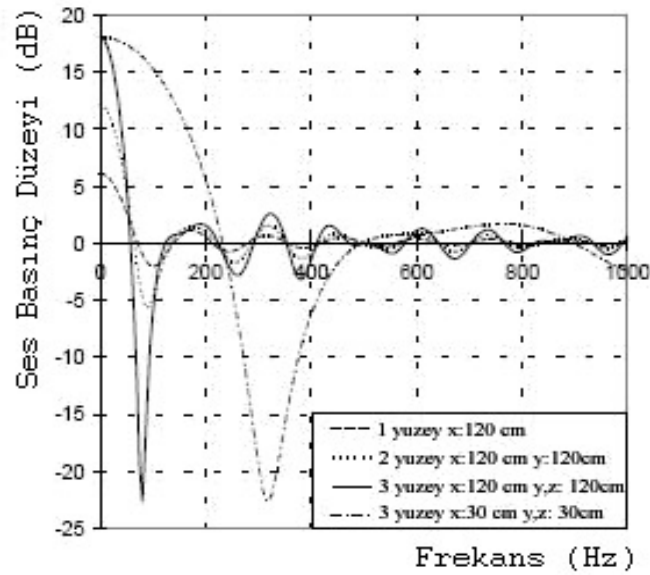
- Sınır Etkisi (Speaker Boundary Interference Response – SBIR):

Kontrol odasındaki monitör hoparlör ve yakın dinleme monitörlerinin (bkz. Bölüm 4.3), dolaysız sesi ile hacmin sınırlarından her yönde (omnidirectional) yansıyor gelen ilk yansımaların etkileşimi sonucu tüm frekans bandında oluşmasına rağmen özellikle alçak frekanslarda daha belirgin olarak ortaya çıkar. Sınır etkisi, alçak frekans bölgesindeki comb filter etkisi olarak da tanımlanabilir (D'Antonio, 2000). Alçak frekansların dalga boylarının uzun ve doğrultusuz oluşu sebebiyle bu frekanslardaki sesler kırılarak diğer doğrultularda da yayılırlar. Hoparlörlerin çevresindeki sınırların sayısı arttıkça (örn: köşeler), sesler her sınırdan yansıyor dağılarak birbirleriyle etkileşime girer. Bu etkileşim aynı fazlı olursa hacmin frekans yanıtında zirveler, zıt fazlı oluşursa ise çökmeler oluşturur. Bu bakımdan hoparlörlerin birbirlerinden ve dinleyiciden optimum uzaklıklarda konumlandırılmalarının gerekliliğine, söz konusu sınırlardan optimum uzaklıklarda tutulmaları da eklenmelidir. Hoparlörün etkileşime girdiği yüzeyler birer sanal hoparlör olarak da düşünülebilir. Sanal hoparlörler Şekil 4.17' de gösterilmiştir. Buna göre mevcut hoparlörün, yapı elemanlarının sınırlarına gereğinden fazla yaklaştırıldığında bu hoparlörün koordinatlarına göre x,y,z eksenlerinde simetrik sanal hoparlörler oluşmaktadır.



Şekil 4.17 Mevcut hoparlörler ve sanal hoparlörler (D' Antonio, 2000)

Şekil 4.18' de ise bir hoparlörün alçak frekanslarda sınır sayıları ve bu sınırlara ait konumlarına bağlı oluşan sınır etkisi gösterilmektedir.



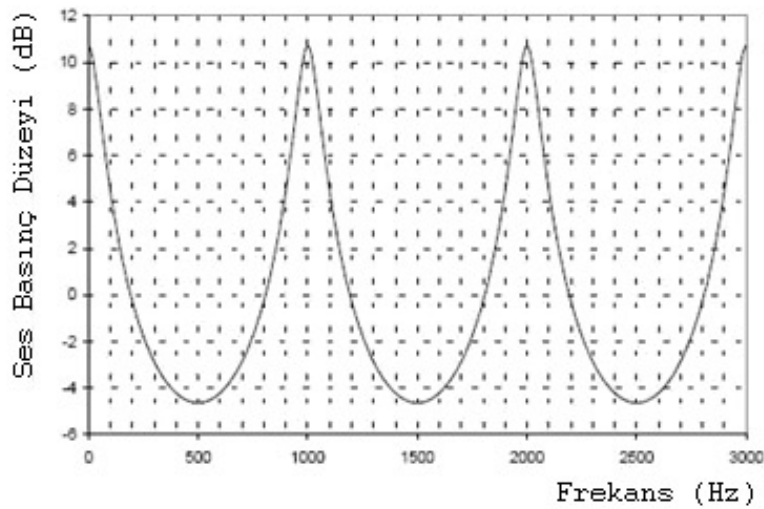
Şekil 4.18 Sınır Etkisi [20]

Söz konusu grafikte her bir yüzey bir sınırı tanımlamaktadır. Ve hoparlörün bu sınırlara göre konumları verilmiştir. Hoparlörün etkileşime girdiği yüzey sayısı arttıkça ve/veya hoparlör

herhangi bir sınıra yaklaştırıldığında alçak frekanslardaki sınır etkisi artmaktadır. Buna göre hoparlör tek bir yüzeyden 120cm uzakta konumlandırıldığında alçak frekans bölgesinde 2dB ila 6 dB aralığında oluşan artım ve sönümlenme etkilerinin, yüzey sayısı 2'ye çıktığında (x,y: 120cm) söz konusu artım ve sönümlenme etkilerinin aynı frekans bölgesinde hemen hemen iki katına çıktığı görülmekte, yüzey sayısı 3'e çıktığında ise (x,y,z: 120cm) bu etkilerin daha da katlanarak arttığı görülmektedir. Yüzey sayısı 3 iken hoparlör yüzeylere yaklaştırıldığında ise (x,y,z:30cm) söz konusu artım ve sönümlenme etkilerinin en üst düzeyde olduğu ve etkisini gösterdiği frekans bant aralığının da arttığı görülmektedir.

- VURGUSAL YANKILAR

Vurgusal yankılar, birbirine paralel yansıtıcı yüzeyleri olan hacimlerde (duvar-duvar, döşeme-tavan) ardışık, tekrarlayan ve eşit aralıklı yansımalarından kaynaklanan, sesin algısı ve tonalitesinde, konuşmanın anlaşılabilirliği üzerinde negatif etkisi olan yankılardır (Everest, 2001). Ses kayıt stüdyolarında vurgusal yankılar, gerek performans odasında gerek kontrol odasında kaydedilen sesin niteliği ve dinlenen sesin değerlendirilmesi üzerinde önemli etkiler oluşturacağından ses yutucu ve ses dağıtıcı malzemeler kullanılarak etkileri optimum düzeye indirilmelidir. Ayrıca eşit aralıklarla oluşan vurgusal yankılar kontrol odası ve performans odasında önlem alınmadığı durumlarda comb filter etkilerine de sebep olmaktadır. Şekil 4.19' da, 1 ms eşit aralıklı vurgusal yankılara bağlı olarak oluşan comb filter etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.19 1 ms eşit aralıklı vurgusal yankılara bağlı olarak oluşan comb filter etkisi (Everest, 2001)

Yansıım süresi her frekans bandında optimumda da olsa yine de vurgusal yankılar için önlemler almak gerekir. Çünkü ses yutucu veya dağıtıcılar uygun yerleştirilmediğinde paralel yüzeylerde yine vurgusal yankılar etkilerini gösterebilir.

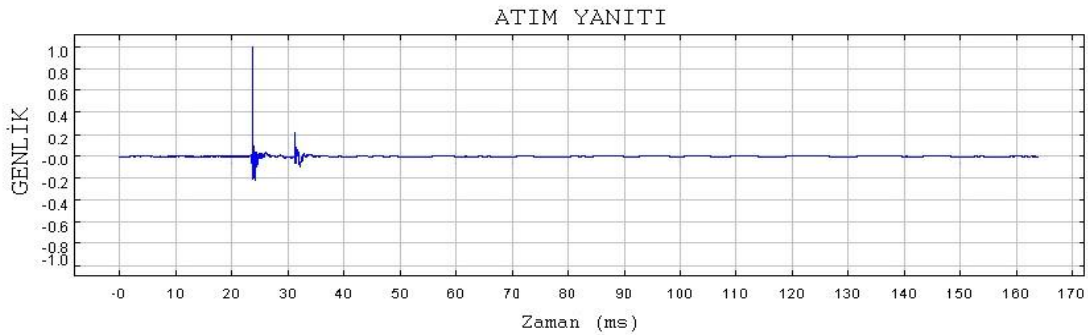
- ODAKLANMA

İç bükey yüzeyler ses ışınlarının bir noktada ya da çok küçük bir alanda toplanmalarına yol açabilir. Bu gibi durumlara odaklanma adı verilir. Odaklanma yoluyla hacimlerde (örn: konser salonları, konferans salonları vb.) bir ‘ikincil kaynak’ doğar ve hacim içerisinde ses kaynağının yerinde belirsizlik yaratır. Ayrıca ikincil bir kaynağın doğuşu sesin sönmesinde hoş olmayan düzgünsüzlükler yaratır. Ses kayıt stüdyoları genellikle eğrisel iç bükey yüzeyler bulundurmazlar. Bunun sebebi ya stüdyoların konut, garaj gibi farklı işlevleri olan hacimlerden stüdyoya dönüştürülmesi veya sıfırdan tasarlanan profesyonel bir stüdyonun da akustik kurallara uygun tasarlanması zorunluluğundandır. Ancak değişik tasarım yaklaşımları sonucu oluşturulan içbükey yüzeylerde de gerekli yutucu ve dağıtıcı önlemlerin alınması gerekir.

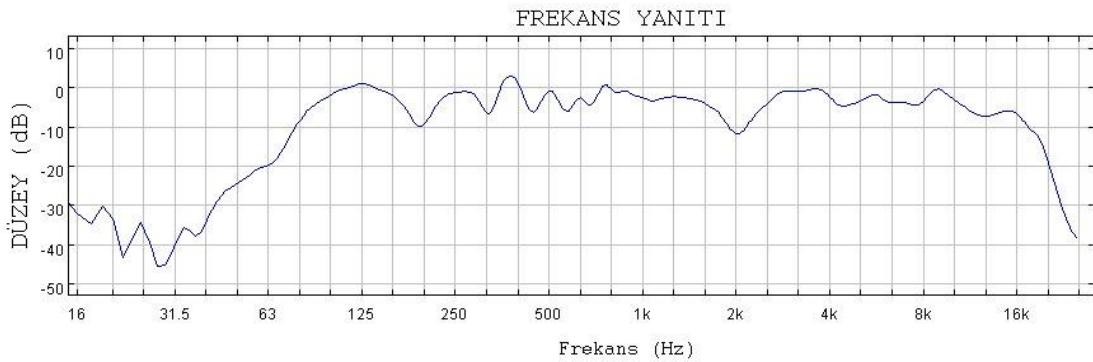
4.2.2. Hacim Akustiği Parametrelerinin Nesnel Değerlendirme Yöntemleri

Söz konusu parametreler ve bunlara bağlı kriterlerin hacimlerin akustik değerlendirmesinde önemli rol oynamaları, bunlar ölçme ve değerlendirmede çeşitli yöntemler belirlemeyi beraberinde getirmiştir. Örneğin herhangi bir hacim için parametreler, ölçme aletleri ile direkt olarak ölçülebildiği gibi atım yanıtı (impulse response) yöntemiyle de ölçülebilir. Ölçme aletleri ile ölçümde, kullanılan aletlerde genellikle kalibrasyonlu bir mikrofon ile ölçüm seçeneklerini sunan bir program menüsü bulunur. Her firma kendi tasarladığı aletler için farklı menüler oluştursa da özellikle yüksek kaliteli ürünlerde genellikle 1/1, 1/3 oktav bantlarda frekans analizörü, SPL metre, T₆₀ ölçme, vb. gibi işlevler bir arada veya ayrı ayrı bulunur. Söz konusu ölçümler gerçek zamanlı olarak grafikler şeklinde veya rakamsal olarak kullanıcının belirlediği referans aralıklarında ekranda belirir ve aletin hafızasına veya ayrı bir hafıza kartına kaydedilir. Ölçüm sırasında oluşabilecek ve ölçümün verimliliğini bozabilecek aşırı yüklenme (overload) gibi durumlar da yine alet tarafından ölçüm menüleri vasıtasıyla kullanıcıyı uyarır. Daha sonra sonuçlar firma tarafından geliştirilmiş bir yazılımla bilgisayara aktarılıp kaydedilebilir veya bilgisayar çıktısı olarak rapor halinde sunulabilir. Atım yanıtı ile ölçüm yöntemine göre ise her hacmin bir atım yanıtı vardır ve hacimlerin atım yanıtlarının, ilgilenilen mekan ister konser salonu ister ses kayıt stüdyosu ister katedral olsun,

duyulan/algılanan ses üzerinde birincil etkisi vardır. Atım yanıtları, hacimlerin DNA' sı gibidir ve bulunulan hacmin duyulan ses üzerindeki etkisinin görülüp, analiz edilmesine izin verir. Atımlar hacim içerisinde el çırpma sesi, bazen silah sesi simülasyonu, sinüs eğrisi temelli sinyallerle (log sinus sweeps) elde edilebilir. Ancak bu üretimin hangisi tercih edilerek yapılacağı, hangi tip ve kaç adet mikrofon kullanılacağı, elde edilen verinin nasıl değerlendirileceği, hangi yansımaların yararlı hangilerinin zararlı olduklarının bilinmesi büyük önem taşır. Çünkü bu atım yanıtlarından elde edilen veriler günümüzde bilgisayar tabanlı programlarda birden çok akustik parametrenin ölçülmesinde ve hacim frekans yanıtlarının belirlenmesinde veritabanı olarak kullanılmaktadır. Örneğin; bir hacim içerisinde belli uzaklıklarda birden çok atım elde edilerek de hacimle ilgili farklı değerlendirmeler yapılabilir veya bir atım yanıtı grafiği 'ilk yansımalar' ve 'yayınık ses alanı' bölümlerine ayrılıp zamana göre milisaniyeler bazında değerleri ölçülerek işitsel uzaklığın (auditory distance) kontrolü sağlanabilir. [21] Ayrıca ses kayıt stüdyoları ve diğer hacimlerde hoparlör seçimi, bunların boyutları ve yerleşimleri projelendirilirken de hacimlerin atım yanıtları önem taşır. Şekil 4.20 ve Şekil 4.21' de, sırasıyla mevcut bir konser salonundaki ses sistemine ait hoparlörlerin bilgisayar simülasyonu sonucu elde edilmiş atım ve frekans yanıtı gösterilmiştir.



Şekil 4.20 Hoparlörlerin atım yanıtı [22]

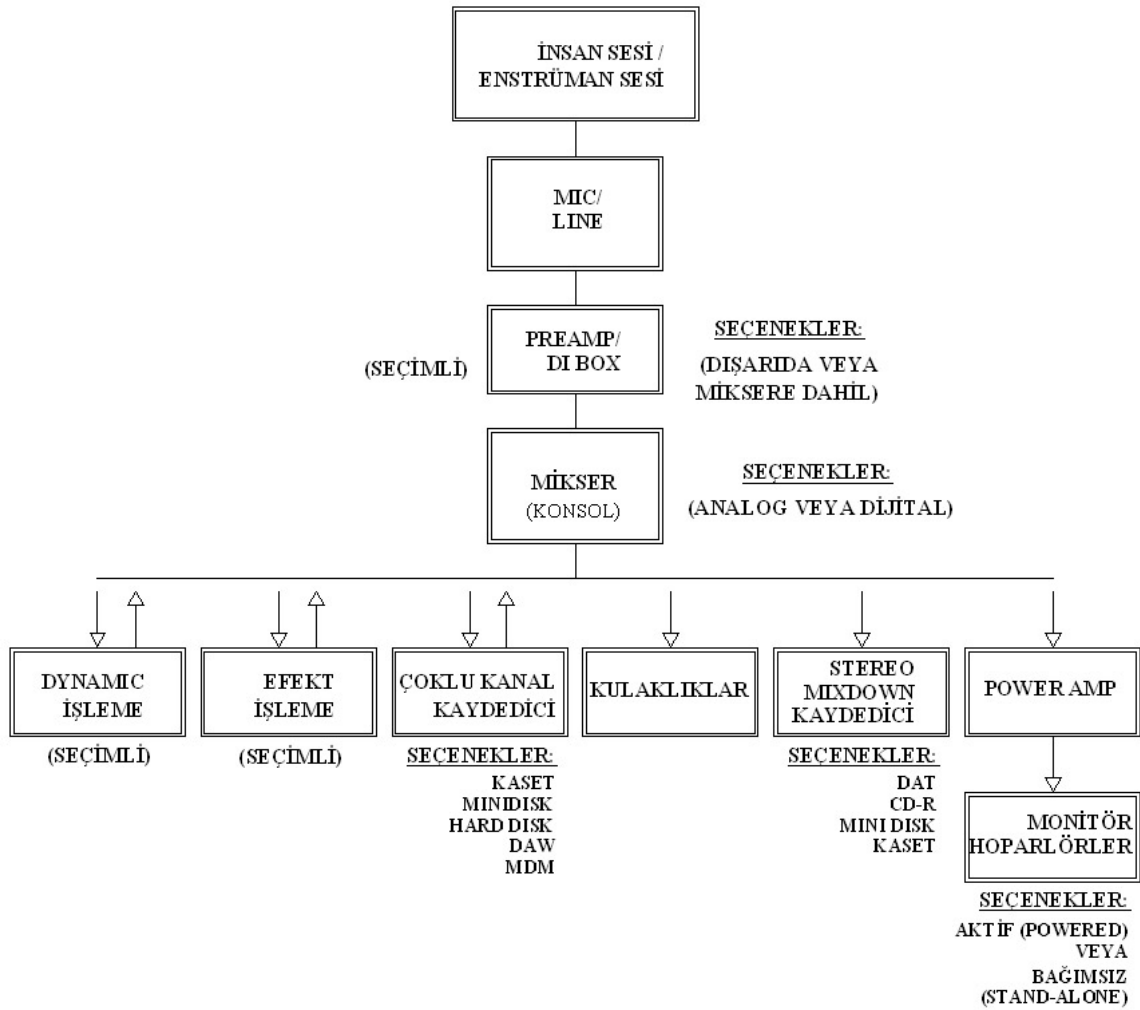


Şekil 4.21 Hoparlörlerin frekans yanıtı [22]

4.3. Stüdyo Ekipmanlarının Akustik Performansa Katkılarının Değerlendirilmesi

Ses kayıt stüdyolarının tasarımında mimari akustiğin optimum konfor koşullarını değerlendirip sağladıktan sonra sıra stüdyo yapısını ve prodüksiyon süreci için gerekli ekipmanların seçimine gelir. Sektördeki yüzlerce firmanın değişik teknik kapasite ve özelliklerde üretilen cihazlarından optimum olanlarının seçilebilmesi de ayrı bir bilgi ve deneyim gerektirmektedir. Ekipmanlardan bazılarının marka ve modelleri (örn: monitör hoparlörler, mikser (konsol), ekipman sehpaları vb.) özellikle daha tasarım aşamasında seçilmiş olur ve projede boyutlarına göre tefrişleri düşünülerek projelendirme yapılır. Stüdyo ekipmanlarının teknik özellikleri ve kalitesi en az stüdyonun mimari akustik niteliği kadar önemlidir. Gelişen teknolojiyle birlikte her ne kadar artık ev ve proje stüdyolarında kullanmak için bile uygun fiyatlarda çok geniş bir ürün yelpazesi oluşmuş olsa da profesyonel üst düzey ses kayıt stüdyolarında kullanılan ekipmanlar teknolojinin son ürünü olup fiyatları da son derece yüksektir. Ses kayıt stüdyolarının ev stüdyolarından stüdyo komplekslerine kadar uzanan geniş bir aralığı olsa da ses kayıt zinciri için temel yapısını genelde benzer nitelikler gösterir. Örneğin, Digital Audio Workstation (DAW) sistemi ev stüdyosunda bir bilgisayar, bir ses kartı, bir kayıt ardışılmalı yazılım programı ve hoparlörlerden oluşan mütevazı bir sistem olabilirken, profesyonel bir ses kayıt stüdyosunda bu, ses işleme (audio processing) için PCI Express kartlar, ADC-DAC* çeviriciler, gelişmiş bilgisayar donanım, yazılım ve arabirimleri kullanan aynı anda hem kayıt hem miks hem editing işlemlerini yapabilen Protools, SONAR gibi sistemlere dönüşebilmektedir. [23] Şekil 4.22' de, ses kayıt stüdyolarının ses kayıt zincirinin temel yapısını gösterilmiştir. Söz konusu şekilde yanlarında 'seçimli' ibaresi olanlar, kayıt zincirinde bulunmasalar ve sistemin ana işleyişinde problem olmayacağı anlamına gelse de özellikle profesyonel stüdyolarda mutlaka hem de oldukça detaylı biçimde zincirin halkalarına dahil olmaktadır.

* Analog ortamı dijital ortama (ADC) ve Dijital ortamı analog ortama (DAC) çeviren modüllerdir.



Şekil 4.22 Ses kayıt stüdyolarında ses kayıt zincirinin temel yapısını [24]

Ses kayıt zinciri yapısını daha net anlayabilmek için zincirin halkaları yani ses kayıt işlemi sırasında izlenen yollar ve kullanılan ekipmanlarla ilgili bilgi sahibi olmak gerekir. Bunun için Şekil 4.24’ deki her kutucuk içindeki veri, ayrı bir adım olarak bir alt başlık halinde incelenmiştir.

4.3.1. İnsan Sesi/Enstrüman Sesi

Kayıta girecek olan sesin niteliğini tanımlar. Ses insan sesi veya analog/dijital enstrüman sesi olabilir. Ayrıca birçok bilgisayar yazılım programının bünyesinde bulunan plug-in (uyumlu ek) dosyaları ve ses sentezleyici programlarındaki mevcut ve kullanıcı tarafından sentezlenebilen ses dosyaları da doğrudan bilgisayar ortamında farklı formatlar olarak kaydedilebilir.

4.3.2. Mikrofonlama veya Sisteme Doğrudan Giriş (Mic/line)

Ses kayıt zinciri ilk olarak kaydedilecek sesin niteliğine göre yapılandırılmaya başlanır. Eğer

ses insan sesi olacak ise mutlaka mikrofonla kaydedilecektir ancak kaydedilecek ses enstrüman sesi ise bu sefer devreye farklı kayıt teknikleri girer. Buna göre bazı akustik enstrümanlar sadece mikrofonla kaydedilebilirken bazı elektronik ve/veya elektro akustik enstrümanlar hem mikrofonla hem de doğrudan sisteme girilerek kaydedilebilir. Ayrıca unutulmaması gereken çok önemli bir nokta da, doğrudan sisteme girilerek yapılan kayıtlarda hacim akustiğinin kayıt sürecine dahil olmayacağıdır. Çünkü bu durumda enstrümandan çıkan sinyal, mikrofonla kaydedilmediği için hacim akustiği etkisini yapısına katmadan doğrudan miksera, oradan da kayıt cihazına gidecektir. İşte burada ses kayıt mühendisinin tecrübesi, nesnel ve öznel değerlendirme yeteneği devreye girer çünkü her enstrümanı kaydetmenin çok farklı teknikleri vardır. Örneğin bir elektrogitar kaydedilecekse öncelikle müzisyenin oluşturduğu sound dinlenir, söz konusu sound stüdyo ortamında iyice tanımlanıp sonuçta kayıta duyulması istenen niteliğe kavuşturulduktan sonra sıra o an kulakla duyulan sesin kayıta da bire bir duyulması hedefine gelinir. Ancak yine de gitaristin söz konusu soundu kayıta girmeden önce, dinamik işleme ve efekt işleme işlemlerinden geçirilir. Eğer stüdyoda bir parçaya ait tanımlanmış bir gitar soundu henüz yoksa öncelikle bir sound oluşturulur. Bir sound oluşturmanın ise sayısız yolu vardır ve bu da eğer bir zincir olarak düşünülürse zincirin her halkasının sonuç sound üzerinde etkisi olacaktır. Kullanılan elektrogitarın gövdesinin ve klavyesinin yapıldığı ağacın tipi, yaşı, gitarın gövdesinin şekli, büyüklüğü ve kalınlığı, gitarın manyetiklerinin niteliği, müzisyenin tercih ettiği tel ve pena kalınlığı, gitaristin gitar çalım tekniği, gitarın bağlandığı amplifikatörün markası modeli ve niteliği, amfi değil line olarak sisteme bağlanılıyorsa kullanılan efekt ve ses birimlerinin marka model ve nitelikleri, gitaristin kullandığı analog veya dijital efekt pedallarının niteliği, amfinin mikrofonlanmasında kullanılan mikrofonun adedi, markası ve modeli, mikrofonun amfiye olan konumu, performans odasının akustik niteliği, mikrofon veya mikrofonların kontrol odasındaki miksera bağlayan kabloların kalitesi, kontrol odasındaki konsol ve ses kaydedicilerin niteliği, kullanılan dinamik işleme ve efekt işleme aletlerinin markaları model ve nitelikleri, kontrol odasının akustik niteliği, kaydedilecek ve kaydedilen sesin duyulduğu kontrol odası yakın dileme monitörleri ve ana monitörlerin boyutu, markası, modeli, söz konusu hoparlörlerin aktif (kendi güç amfisi olan) veya pasif oluşu, pasif ise kullanılan güç amfilerinin gücü, markası, modeli ve niteliği, sonuçta kaydedilecek ve kaydedildikten sonra kritik dinleme evresi yapılacak elektrogitar sounduna has adımlardan bazılarıdır. Ayrıca kayıt sonrası, editing ve mastering evrelerinde de kaydedilen sounda daha birçok farklı teknik işlem, efekt ve filtreler uygulanmaktadır. Profesyonel ses kayıt stüdyolarında söz konusu

detaylı adımların her enstrüman ve müzisyen için ayrı ayrı atıldığı düşünülürken, prodüksiyon sürecinin ne kadar masraflı ve emek gerektiren bir iş olduğu daha net algılanacaktır.

Mikrofon tipleri ve kaliteleri özellikle profesyonel ses kayıt stüdyoları için oldukça önemlidir. Ayrıca hangi tip mikrofonun hangi enstrümanı kaydetmede kaç adet, hangi uzaklık ve açılarda kullanılacağını bilmek de yine ses kayıt mühendislerinin alanıdır. Yeterli bilgi birikimi olmadan yapılan kayıtlarda mikrofon en üst kalitede de olsa çok kötü sonuçlar alınabilmektedir. Mikrofonlar ses dalgasını elektrik sinyaline çeviren cihazlardır. Hoparlörler ise elektrik sinyalini sese çeviren cihazlar oldukları için mikrofonun tam zıt işlevini gördükleri için bunların ikisine de dönüştürücü (transducer) denir. Bütün mikrofonların çalışma prensibi ses dalgalarının mikrofondaki diyaframı titreştirmesi sonucu diyaframda oluşan titreşimin çeşitli yöntemlerle elektrik enerjisine çevrilmesidir. Söz konusu yöntemler mikrofon çeşitlerini de belirler. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir [25]:

- Dinamik mikrofonlar
- Şeritli mikrofonlar
- Kondansatörlü (Kapasitif) mikrofonlar
- Karbon mikrofonlar
- Kristal mikrofonlar
- Elektret mikrofonlar
- Telsiz mikrofonlar

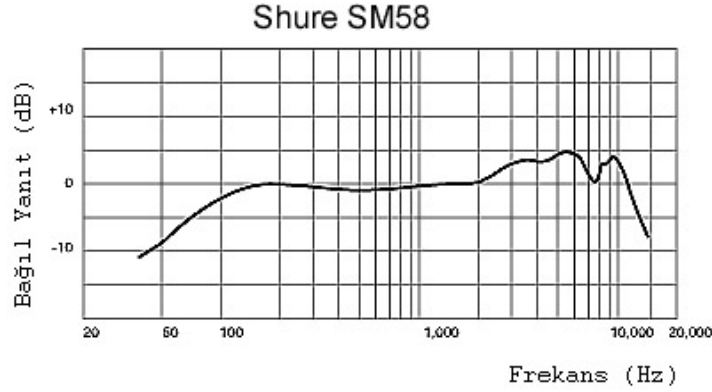
Mikrofon tipleri, kullanım amaçları, açıları ve uzaklıkları gibi faktörler çok kapsamlı ve ayrı bir tez konusu olabilecek nitelikte oldukları için burada amaç mikrofonların söz konusu faktörler dikkate alınarak bilinçli şekilde kullanılmaları gerektiğini vurgulamaktır. Mikrofonların nitelikleri temelde aşağıdaki parametrelere göre belirlenir:

- Duyarlılık*
- Frekans yanıtı
- Mikrofon doğrultululuğu
- Distorsiyon oranı

İyi bir mikrofonun frekans yanıtı geniş ve düzgün (flat), distorsiyon oranı oldukça düşük

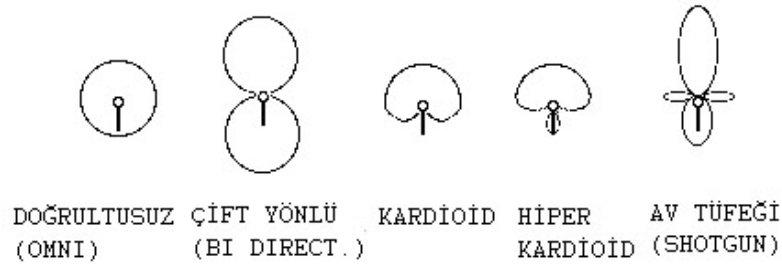
* Verilen sesteki elde edilen elektriksel çıkış ölçüsüdür.

olmalıdır. Duyarlılıkları ve doğrultululukları ise değişebilir. Ancak mikrofonları tanımlamada daha birçok farklı teknik parametre bulunmaktadır. [26] Şekil 4.23' de, Shure SM58 vokal mikrofonunun frekans yanıtı örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.23 Shure SM 58 vokal mikrofonunun frekans yanıtı [26]

Mikrofonlar doğrultusuz (omni-directional) veya doğrultulu olabilir. Doğrultusuz mikrofonlar her yönden aynı düzeyde sesi kaydederken doğrultulu mikrofonların ise doğrultuluk örüntüsüne (directivity pattern) göre doğrultululukları yönünde kaydettikleri sesin düzeyi artar. Ayrıca doğrultulu mikrofonlar enstrümanlara konumları ve kullanım şekilleriyle de çok değişik performanslar vermektedir. Mikrofonların doğrultululukları doğrultuluk şablonlarıyla belirtilir ve bu şablonlarına göre aşağıdaki isimleri alırlar (Şekil 4.24) :



Şekil 4.24 Doğrultululuk örüntülerine göre mikrofonlar [26]

Profesyonel ses kayıt stüdyolarının ekipman listelerine bakıldığında onlarca farklı markanın onlarca farklı modeli ve tipleri görülmektedir. Söz konusu marka ve modeller zaman içerisinde birçok ses kayıt mühendisi ve müzisyen tarafından denenmiş ve onaylanmış olup hatta bazıları bu yolla günümüzde artık endüstri standardı haline gelmiştir (örn: Shure SM 57 enstrüman mikrofonu). Ancak mikrofonların niteliği ne kadar iyi olursa olsun kaydedilecek enstrümanın ve ses kaydının yapılacağı hacmin akustik niteliği kötüyse, kayıttan istenilen düzeyde verim alınmaz. Bu bakımdan özellikle profesyonel ses kayıt stüdyolarının

performans odalarının akustik nitelikleri oldukça önem taşımaktadır.

Proje stüdyoları ve profesyonel ses kayıt stüdyolarında özellikle dinamik ve kondansatörlü mikrofonlar sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak yukarıda da belirtildiği üzere bu mikrofonların frekans yanıtları, doğrultululukları ve duyarlılıkları farklı niteliklerde olup değişik enstrümanları ve insan sesini kaydetmede farklı tipleri kullanılır. Dinamik mikrofonların yüksek frekans cevapları ve duyarlılıkları genellikle kondansatörlü mikrofonlara göre daha düşük olduğundan özellikle insan sesi, akustik gitar, piyano, ud, vb. gibi akustik enstrümanlar daha çok kondansatörlü mikrofonlarla kaydedilirken dinamik mikrofonlar daha çok trampet, perküsyon, darbuka vb. gibi vurmalı çalgıları, elektro gitar ve bas gitar amfilerini kaydetmede daha sık kullanılabilir. Ayrıca kaydedilecek ses veya enstrümanın niteliği kullanılacak mikrofonun duyarlılığını belirlemede de önemlidir. Örneğin bir elektrogitar amfisi duyarlılığı çok yüksek bir mikrofonla kaydedilirse amfinin dip gürültüsünü alarak kayıta yansıtır. Veya eğer kaydedilecek olan insan sesiye ve duyarlılığı çok düşük bir mikrofon kullanılırsa bu sefer mikserin kazancını (gain) daha çok açmak gerekeceği için yine kayıta dip gürültüsü bulaşacaktır. Eğer söz konusu insan sesi duyarlılığı çok yüksek bir mikrofonla kaydedilecek olursa da bu sefer kayıta mikrofonu aşırı yüklemeyen kaynaklanan distorsiyon oluşabilir. [26]

Mikrofonun niteliği kadar konumu da enstrüman kaydında önemlidir. Örneğin ses kayıt mühendisi hacmin akustik niteliğini kayıta yansıtmak istiyorsa duyarlılığı ve doğrultuluğu yüksek bir mikrofon kullanıp, söz konusu mikrofonu enstrümandan uzaklaştırmalıdır. Mikrofon kaynaktan uzaklaştıkça hacmin akustiği kayıta daha belirgin olur. Eğer kayıta ses daha dolaysız duyulmak isteniyor ise duyarlılığı, doğrultuluğu daha düşük ve enstrümana yakın konumlandırılan bir mikrofon seçilebilir.

Sonuç olarak enstrümanların kayıtları ve kullanılacak mikrofonların seçimi bu konuda uzmanlaşmış profesyonellere bırakılmalıdır. Şekil 4.25' de, kardiod kondansatörlü bir enstrüman mikrofonu ve Şekil 4.26' de kardiod dinamik bir vokal mikrofonu örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4.25 Audio Technica ATM 450 kardiod kondansatörlü enstrüman mikrofonu [25]



Şekil 4.26 Shure SM58 kardiod dinamik vokal mikrofonu [25]

4.3.3. Preamp/DI Box

Preamp, preamplifikatörün kısaltılmış yazımıdır ve ön yükselteç anlamında kullanılır. Preamplifikatörler zayıf bir sinyali, miktarı kontrol edilebilir şekilde güçlendiren elektronik devrelerdir. Bazı ses sinyalleri güç amplifikatörlerini ve/veya yüksek düzeyli girişe ihtiyaç duyan ses kayıt aletlerini çalıştıramayacak kadar düşük olduklarında öncelikle preamplilerle yükseltilmelidir. DI Box (Direct Injection Box) ise ses sinyalini doğrudan elektronik enstrümandan alıp miksera ileten kutu biçimli aletlerdir. DI box 'lar, enstrüman ve sistem arasında oluşabilecek distorsiyon ve gürültü oluşumunu minimuma indirmek için empedans dönüştürme işlevi, düzey eşleştirmesi ve denge oluşturmak amacıyla profesyonel ses kayıt stüdyolarında mutlaka kullanılır. Preamp/DI box adımı ses sinyalinin konsola ulaşmadan önceki pürüzlerini giderir. [27]

4.3.4. Mikser (Konsol)

Mikser, kontrol odasının ana denetim masasıdır. Mikserler aynı anda birçok ses sinyallerini toplayıp birleştirebilen ve bunları tek bir hedef sinyaline dönüştüren cihazlardır. Eskiden yalnızca analog konsollar varken günümüzde artık dijital mikserler daha yoğunluklu olarak kullanılmaktadır. Hatta gelişen yazılım teknolojisiyle birlikte donanım değil yazılım olarak sequencer programlarının dahilinde oluşturulmuş sanal mikserler de bulunmaktadır. Mikserler aynı anda ses sinyallerinin ses düzeylerini ve stereo dengelerini de ayarlar. Mikser geleneksel

ses kayıt zincirinin beynidir ve dinamik işleme ve efekt işleme aygıtları, kayıt cihazları, mikrofonlar, güç amfileri, mikserlere bağlanarak etkin biçimde kullanılır. Ancak aktif mikserlerde güç amfileri mikserlere dahil olduğundan hoparlörler de güç anfişi olmadan doğrudan mikserlere bağlanır. Günümüzde aynı anda hem kayıt hem mikseleme hem editing yapabilen Protools gibi (DAW) sistemlerin gittikçe gelişip yayılması söz konusu geleneksel mikserlere alternatif haline gelmeye başlamıştır. [27] Dolayısıyla söz konusu sistemlerle entegre yeni mikserler de geliştirilmektedir. Şekil 4.27’ de analog stilde kontrol edilen dijital bir mikser örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.27 SSL (Sound State Logic) C200 dijital mikser

4.3.5 Dinamik İşleme (Dynamic Processing)

Giriş sinyal seviyelerinde oluşan değişikliklere karşı, kendi çalıştırma parametrelerinde gerçekleştirilen değişiklikler yoluyla sinyal işleme işlevini yürüten cihazlara, dinamik sinyal işlemcileri (dynamic signal processors) denir. Dinamik işlemciler bir sinyalin dinamik aralığının kontrolü için kullanılır. Ses kayıt stüdyolarında kullanılan başlıca dinamik işlemciler; sıkıştırıcılar, limitleyiciler, genişleticiler, dinamik eşitleyiciler ve gürültü azaltıcılarıdır. Profesyonel ses kayıt stüdyolarında dinamik işlemcilerin en kalitelipleri özellikle seçilir çünkü, düşük kalite ürünlerde sesin uyumluları yok olabilirken, gürültü azaltımı ve eşitleme opsiyonları, düzeltilecek adımları daha olumsuz hale getirebilmektedir. İlerleyen bölümde söz konusu dinamik işlemcilere kısaca değinilecektir.

Sıkıştırıcılar (Compressors):

Sıkıştırıcılar, yüksek ve alçak düzeyli sinyalleri birbirlerine yakın düzeylere getirerek yüksek

düzeyle sinyalleri alçaltıp, alçak düzeyli sinyalleri ise yükselten cihazlardır. Sıkıştırıcılar, seviyeleri birbirine yakınlaştırmak için sıkıştırma işlemini uygularlar. Sıkıştırma işlemini de giriş sinyalinin kendisi için belirlenen bir eşik değerinin üstüne çıkması veya altına düşmesi sonucu uygularlar (Öcek, 1998).

Sınırlandırıcılar (Limiters):

Sınırlandırıcılar, sıkıştırıcılara benzer şekilde çalışırlar. Onlardan farkı ise sıkıştırıcıların hem düşük hem de yüksek düzeyli sesleri düzenlemesi, sınırlandırıcıların ise sadece belirli bir düzeyin üstüne çıkan sesi limitleyerek istenilen düzeye indirmesidir. Bu düzeyin altındaki sesler üstünde hiçbir değişiklik yapmazlar. Bu sayede kayıt sırasında oluşabilecek ani ses yükselmelerini önleyerek daha güvenli bir kayıt ortamı sağlar (Öcek, 1998).

Genişleticiler (Expanders):

Sıkıştırıcıların tam tersi olan işlevi yerine getirir. Yüksek düzeyli sesi daha yüksek, düşük düzeyli sesi ise daha düşük hale dönüştürür. Genişleticiler bazı özel efektler oluşturmada sıklıkla kullanılır (Öcek, 1998).

Dinamik eşitleyiciler (Dynamic equalizers):

Dinamik eşitleyiciler temelde belirli frekans bölgelerinin düzeylerini yükseltip alçaltan, böylece daha rahat ve kullanışlı ton kontrolü seçenekleri sağlayan cihazlardır. Ayrıca kontrol odasındaki hoparlörlerin yanıt eğrilerini de optimuma getirmek için eşitleyicilerden yararlanılmaktadır. Dinamik eşitleyiciler geleneksel eşitleyicilerden farklı olarak söz konusu frekans bölgelerini azaltıp artırmak yanında ayrıca sıkıştırma ve genişletme işlemlerini de uygulayabilir ve birçok farklı adımı aynı anda yapabilmektedir (Öcek, 1998).

Gürültü azaltıcılar (Noise gates):

Gürültü azaltıcılar, efektör ve diğer elektronik cihazlardan kaynaklanan dip gürültülerini yok etmek için kullanılırlar. Normalde sinyal devredeyken (örn: gitar çalınırken) arka plandaki gürültü enstrüman sesi tarafından bastırılır, ancak enstrümanın ses düzeyi gittikçe azalıp sonunda 0 dB olduğunda dip gürültü iyice ön plana çıkar ve rahatsız edici bir etki yaratır. İşte bu evrede gürültü azaltıcı devreye girerek sinyali tamamen kapatır ve gürültünün duyulmasına engel olur. Asıl sinyal gelmeye başladığında da sesi tekrar açarak dip gürültüsüz duyulmasını sağlar (Öcek, 1998).

4.3.6. Efekt İşleme (Effects Processing)

Efektler, bir ses sinyalinin değişikliğe veya modülasyona uğratarak daha ilginç ve kaliteli duyulmasını sağlamak için kullanılır. Söz konusu efektler herhangi bir sesin tonalitesini geliştirip üzerine farklı etkiler ekleyebilirken bazen de var olan sestem tamamen bambaşka bir ses yaratabilirler. [27] Düünden bugüne gerek müzisyenlerin gerek prodüktörlerin kullandığı birçok farklı efekt bulunmuş ve zaman içerisinde bu efektler geliştirilmiştir. Ancak her efekt aletinde benzer efekt isimleri ve parametreleri bulunsa dahi kullanılacak efekt aletinin kalitesi çok geniş bir aralıkta ele alınabilir. Çünkü örneğin, bugün piyasada \$200' a da alınabilen aynı işlevli cihazların profesyonel ses kayıt stüdyolarında bulunan marka ve modelleri, \$2000' a ve çok daha üzerine çıkabilmektedir. Müzik sektöründe yüzlerce firmanın değişik teknik kapasite ve özelliklerde efektlerinden optimumunun seçilebilmesi de ayrı bir bilgi ve deneyim gerektirmektedir. Bazı cihazlarda söz konusu efektlerden hepsi bir arada bulunabilirken bazılarında ise sadece tek bir efekte yönelik olarak yapılmış ancak bir arada bulunanlara göre daha detaylı ve seçenekli cihazlar bulunmaktadır.

Kontrol odalarında dinamik işlemciler ve efekt birimlerinin bulunduğu bölümlere raf birimleri (rack units) denir. Profesyonel ses kayıt stüdyolarında genellikle her bir efekt için ayrı bir cihaz seçeneği kullanılır. Ancak son zamanlarda gelişen teknolojiyle birlikte efektleri bir arada bulunduran cihazların ve ayrıca yazılım halinde bulunan efektlerin (plug-in) kullanımları da yaygınlaşmaya başlamıştır. Yansışım, gecikme, koro, faz kaydırıcı, flanger, oktav bölücü gibi efektler canlı performanslarda, ses kayıt stüdyolarında müzisyenler, prodüktörler tarafından kullanılan bir çok efektten bazılarıdır.

Yansışım (Reverb):

Hacimlerde yansımalarından kaynaklanan yansışmış sesin verdiği etkiyi yapay olarak yaratan bir efekttir. Hacim büyüklüğü ve özellikleri değiştiğinde nasıl ki yansışım süresi değişiyorsa, reverb efektlerinin de farklı hacim boyutları ve ilk yansımalara bağlı olarak değişen pek çok tipi vardır. (örn: spring , hall, church, vb.)

Gecikme (Delay):

Seste gecikmeye yol açarak kısa süreli yankı etkisini taklit eden efektlerdir. Hem analog hem dijital tipleri vardır. Delay efektinde ses sinyali, belirlenen gecikme zamanından (delay time) sonra tekrar çalınarak istenilen etki elde edilmiş olur. Bugün piyasada 10 milisaniyeden 1000 milisaniye ve daha üstü gecikme zamanları sağlayan birçok değişik delay cihazı vardır. Delay

efektlerinin de reverb gibi değişik türleri farklı zamanlarda sıklıkta kullanılmaktadır (örn: slapback, ping pong, multitap, vb.) (Öcek, 1998).

Koro (Chorus):

Sesin gecikme süresi 15-25 milisaniye arasında yani 20 milisaniye dolaylarında tutulursa aynı anda birden fazla enstrüman aynı sesi ürettiymiş gibi bir etki oluşur. Bu efektte koro etkisi denir. Koro efekti mevcut sese zenginlik ve doluluk katar. Özellikle stereo chorus tipleri bu doluluğu daha da artırır (Öcek, 1998).

Faz Kaydırıcı (Phase shifter): Orjinal sinyal ile bu sinyalin fazının farklı devirlerde kaydırılmış halinin (örn: orjinal sinyalle üst üste bindirilmesiyle oluşur. Ses sinüs eğrisi gibi düşünüldüğünde, kullanılan filtrelerle (allpass filters) sinyalin düğüm ve boğumlarının genişlikleri ve konumları kontrol edilebilmekte ve bu sayede değişik efektler de elde edilebilmektedir (Öcek, 1998).

Flanger :

Flanger efekti, orjinal sinyalin çok kısa bir gecikme süresi uygulanmış kopyasıyla karıştırılması (mix) sonucu oluşur. Flanger'ın gecikme süresi tipi olarak 1 ila 10 milisaniye arasında olmaktadır ve insan kulağı bu denli az gecikme süresini gecikme veya yansıma olarak algılamaz ve orjinal sinyal üzerinde bir filtreleme etkisi oluşturur (Öcek, 1998).

Oktav Bölücü (Octave divider):

Oktav bölücü, çalınan notanın bir veya iki oktav kalınlığını vermek için kullanılırlar. Orjinal notayla bir iki oktav altındaki nota karıştırılarak daha zengin ve derin bir ses elde edilir (Öcek, 1998).

4.3.7. Çoklu Kanal Kaydedici Cihazlar (Multitrack Recorders)

Dinamik işleme ve efekt işleme adımlarından sonra sıra kayda hazırlanan sesin kaydedilmesine gelir (dinamik işleme ve efekt işleme adımları ses kaydından sonra da yapılabilir). Ses kayıt endüstrisine çoklu kanal kayıt teknolojisi geldikten sonra, zaman içerisinde birçok farklı formatta çoklu kanal kaydedici cihazlar üretilip kullanılmıştır. Ses kayıt stüdyolarında önceleri bunlar analog manyetik teyp kaydediciler iken, 1980'lerde dijital kayıt teknolojisinin bulunmasıyla birlikte çoklu kanal dijital teyp kaydedici cihazlar (DAT) ve modüler dijital çoklu kanal kaydedici cihazlar (MDM) kullanılmaya başlandı. Kompakt disk (CD) ve sabit diskli cihaz ve bilgisayarların kullanımıyla da minidisk (MD), sabit disk (HD)

çoklu kanal kaydedici cihazlar ve nihayet DAW sistemler üretildi. Günümüzde artık ürün yelpazesi genişleyip ev stüdyolarından profesyonel stüdyolara, amatör demolardan, profesyonel prodüksiyonlara kadar her kademenin ihtiyaçlarına cevap verebilecek nitelik ve fiyatlarda çoklu kanal kaydedici cihazlar bulunmaktadır.

Dijital Audio Teyp (DAT):

DAT formatı, 1980' lerde Sony firması tarafından analog kasetin yerine geçmesi için geliştirilen kayıt formatıdır. Görünüşü normal kaset gibi görünse de boyutu bunun yarısı kadar ve kayıt ortamı da analog değil dijitaldir. DAT' ın, CD-R' ye göre örnekleme oranı (sampling rate)* daha düşük, eşit veya daha fazla olabilmektedir. Ayrıca örnekleme büyüklüğü de genelde 16 bit olup, 24 bit' te de işlem gören gelişmiş modelleri vardır. CD-R' ler ise bugün 16 bit ve 44.1 kHz' te işlem görmektedir. DAT cihazlarında, minidisk' lerde olduğu gibi veri sıkıştırması yoktur. Bu bakımdan kaydedilecek veriyi kayıpsız alabilir. Bu sebeple de CD-R, sabit disk ve DAW' ların bulunmasından önce profesyonel stüdyolarda bir tür endüstri standardı haline gelmişlerdir. Ancak söz konusu yeni formatların kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte popülerliğini yitirmeye başlamış olup gittikçe de artık sabit disk ve CD-R işlem gören cihaz üretimleri arttığı için piyasadan kalkma durumu hızlanmıştır. Ses kayıt sektöründe her ne kadar daha yeni teknolojiler kullanılıyor olsa da DAT çoklu kanal kaydediciler halen birçok profesyonel stüdyoda özellikle miksdown ve mastering adımlarında hala kullanılmaktadır. Çünkü teyp makineleri final kayıt üzerinde doğallık ve sıcaklık sağlamaktadır. [28] Şekil 4.28' de, bir DAT çoklu kanal kaydedici cihaz gösterilmiştir.



Şekil 4.28 Fostex D-5 DAT kaydedici [28]

Modüler Dijital Kaydedici (MDM):

DAT' ların kullanılmaya başlamasından sonra geliştirilen ve Alesis firmasının ADAT (Alesis digital audio tape) etiketiyle piyasaya sürdüğü aynı anda daha çok kanalı birden kaydetme

kapasitesi ve örnekleme hızının yüksekliği bu cihazları bir anda daha da popüler hale getirmiştir. Birçok birimin birbirine fiber kablolarla bağlanabilmesi sebebiyle modüler olarak adlandırılan cihazlar, 24 kanallı sabit diskli çoklu kanal kaydedicilerin üretimiyle üretimden kalkmaya başlamışlardır. Günümüzde sabit diskli ADAT' ların örnekleme hızları ve diğer teknolojik özellikleri de oldukça gelişmiştir. Şekil 4.29' da, Alesis ADAT-HD24XR sabit diskli çoklu kanal kaydedici cihaz gösterilmiştir.



Şekil 4.29 Alesis ADAT-HD24XR sabit diskli çoklu kanal kaydedici (24-bit/96kHz)

Minidisk Kaydedici (MD):

Minidiskler, üzerlerine tekrar tekrar yazılabilir, lazer tarafından okunan, manyeto-optik özellikte minyatür kompakt disklerdir. Minidiskler piyasada iki şekilde bulunur. Bunlardan biri iki kanallı kaydedicilerde kullanılan normal 74 dakikalık minidiskler diğeri de çoklu kanal kaydedicilerde kullanılan MD veri diskidir. Tüm veriyi küçük bir diske sığdırmak için minidisk kaydediciler, ATRAC (Adaptive Transform Acoustic Coding) sıkıştırma formatını kullanırlar. Bu bakımdan hem ses kalitesinde az da olsa azalmalar olmakta ayrıca çoğaltım işlemi sırasında da bir takım küçük problemlerle karşılaşmaktadır. Ancak her ne kadar minidisk kalitesi, CD kalitesine yakın da olsa sıkıştırılmış veri kullandığı için profesyonel ses kayıt stüdyoları tarafından fazla tercih edilmemiştir. 2004' te Sony firması kayıpsız veri kaydedebilen Hi-MD teknolojisi geliştirmiş ve piyasaya sürmüş olsa da, DAW sistemlerin yaygınlaşması sebebiyle yine de fazla talep görmemiştir ve daha çok ev ve proje stüdyolarında verimli olarak kullanılmıştır. MD çoklu kanal kaydediciler genellikle dahili bir mikserle birlikte bulunur ve bu mikser, cihaz için stüdyo mikseri işlevi görür. MD kaydediciler aynı anda sekiz kanalı on sekiz dakika boyunca veya dört kanalı otuz yedi dakika boyunca kaydedebilir. Cihazda dahili efektler de bulunabilir. [27] Şekil 4.30' da bir MD çoklu kanal kaydedici cihaz örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.30 Yamaha MD8 minidisk kaydedici [27]

Digital Audio Workstation (DAW):

DAW, ses kaydetmek, kaydedilen ses üzerinde aynı anda mikslleme ve ekleme (edit) yapabilmek için tasarlanmış bir sistemdir. DAW sistemler ile aynı Microsoft Word ofis yazılımındaki gibi oynanabilmektedir. DAW denildiğinde, çoklu kanal bir ses yazılımı ve yüksek kalitede teknik donanımdan oluşan bir sistem kombinasyonundan söz edilir. Donanım olarak özel tasarlanmış ADC ve DAC çevirici birimleri de bulundurur. Donanımdaki DAC, bilgisayar ses kartlarıyla aynı tip işleve sahipse de genellikle harici ve daha yüksek kayıt çözünürlüğü olan, daha düşük dip gürültüsüne sahip ve dinamik aralığı daha geniş birimlerdir. Kişisel bilgisayarlar da gelişmiş ses kartları ve bazı kayıt ve edit yazılımlarıyla birer DAW sistemler olsalar da profesyonel kayıt stüdyolarındaki sistemler çok daha pahalı, çok daha fazla arabirimi bünyesinde barındıran profesyonel sistemlerdir. Günümüzde profesyonel stüdyolarda kullanılan en popüler yazılımlar arasında Logic Pro, Pro Tools, Cubase, SONAR sayılabilir. Profesyonel DAW sistemler genellikle iki farklı nitelikte bulunabilir:

Bilgisayar Tabanlı DAW Sistemler: Bir bilgisayar, bir ADC-DAC arabirimi ve dijital ses düzenleyici yazılımından oluşur. Burada bilgisayar ses kartını ve yazılımı barındıran birimdir ve ses işleme bilgisayar üzerinden gerçekleşir. Ses kartı analog sinyalleri digitale çevirir ve yazılım aracılığıyla kontrol edilerek gerekli işlevleri gerçekleştirmesini sağlar. Pro Tools, SONAR ve Adobe Audition sıklıkla kullanılan bilgisayar temelli sistemlerdir. Şekil 4.31' de, Protools HD3 Accel sistemi örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.31 Protools HD3 Accel DAW sistemi [29]

Entegre DAW Sistemler: Bu sistemlerde bir mikser (konsol), kontrol yüzü ve dijital arabirim tek bir cihazda bulunur. Entegre sistemler, kişisel bilgisayarlar gelişmeden önce daha popülerdi. Ancak bilgisayarlar gelişip fiyatları da düşünce popülerlikleri azalmıştır. [29] [30] Şekil 4.32’ de Orban Audicy DAW sistemi gösterilmiştir.



Şekil 4.32 Orban Audicy DAW [30]

4.3.8. Kulaklıklar

Profesyonel ses kayıt stüdyolarında kritik dinleme ve mastering evrelerinde kullanılan kulaklıklar özel olarak ses kayıt mühendisleri için tasarlanmıştır. Gerek nitelik gerek fiyat olarak diğer kulaklıklardan oldukça üst düzeydedir. Söz konusu kulaklıkların frekans yanıtları oldukça geniş bir aralığı kapsarlar (örn: 16Hz – 26kHz) ve kulaklıkta meydana gelebilecek distorsiyon oranları da oldukça düşüktür (örn: < 0,2 %)

4.3.9. Mixdown Kaydedici Cihazlar

Mixdown evresi, prodüksiyon sürecinde çoklu kanal kayıt sisteminde önceden kaydedilmiş kanalları, mix'ledikten sonra master kayıt süreci (mastering evresi) için birleştirilmiş tek bir çıkış sinyali olarak master teyplere gönderme işlemine verilen addır. Master teyplere gönderilen parçalar burada mastering işlemine tabi tutulur. Mastering evresinin amacı, prodüksiyonun tüm ses sistemlerinde kaliteli duyulmasını sağlamaktır (örn: araba ses sistemi, oturma odası, kulüpler, vb.). Bu bakımdan master teyplere gönderilecek mix'lerin bu işlem sırasında orijinal ses kalitesinden kayıp vermeden gerçekleşmesi gerekir.

Mixdown işlemi bitmiş kanallar CD-R, DAT veya WAV, vb. formatlarında olabilirler. Ancak çoğaltılıp piyasaya sürülecek olan post prodüksiyon ürün, mastering evresi bitmiş ürün olacaktır. Bu bakımdan bu formatlardan herhangi biriyle master teyplere yollanırlar ve ayrı bir mastering mühendisi tarafından 'cilalanıp' (örn: sıkıştırıcı ve eşitleyiciler, efektler vb. kullanılarak) çoğaltıma hazır final eser haline dönüştürülürler. Bu evreye de 'final mixdown' evresi denir. Sonuçta elde edilen prodüksiyon da CD-R, DAT, MD veya kaset formatında olabilir. Ancak günümüzde artık çoğunlukla CD-R formatı kullanılmaktadır. [27]

Mixdown ve mastering evreleri için mixdown teypler ve master teypler kullanılmaktadır. Genellikle mastering evresi ayrı bir mastering mühendisi tarafından mastering stüdyolarında veya herhangi bir profesyonel ses kayıt stüdyosunun mastering bölümünde yapıldığı için Şekil 4.24' teki adım, mixdown evresi olarak gösterilmektedir. Mixdown teypler; DAT, analog teypler, minidisk kaydediciler, CD-R kaydediciler olabilmektedir. Unutulmaması gereken, bu formatlarda üretilen cihazlardan bazılarıyla sadece çoklu kanal kayıt işlemi yapılıp mixdown için başka bir cihaz kullanılırken, bazılarının ise öncelikle çoklu kanallar halinde kayıtları gerçekleştirip sonra tüm veriyi mixdown edip, cihazın kendi formatında CD-R, DAT, vb. olarak sonuç üründen 'çıktı alabilmesi'dir. Günümüzde kişisel bilgisayarların ve sabit disklerinin güçlenmesiyle birlikte mixdown işlemi bilgisayar ortamında daha sık yapılmaya başlanmıştır. Şekil 4.33' te bir analog teyp kayıt cihazı ve Şekil 4.34' de de bir CD-R kaydedici cihaz örnek olarak gösterilmiştir. [27]



Şekil 4.33 Analog teyp cihazı [27]



Şekil 4.34 Bir CD-R kaydedici cihaz [27]

4.3.10. Güç Amfisi (Power Amp)

Güç amfileri ses sinyalinin elektriksel gücünü artırmak için kullanılan sinyal yükselticileridir. Güç amfileri bir preamp veya mikserden sinyali alır, düzeyini artırır ve düzeyi artırılmış sinyali de hoparlörlere iletir. Sonuçta da söz konusu sinyal son haliyle hoparlörlerden dinlenir. Güç amfilerinin pek çok farklı niteliklerde modelleri vardır. Bunlar birbirlerinden başta güçleri ve empedansları (direnç) olmak üzere daha birçok teknik özellikleriyle birbirlerinden ayrılırlar. Ayrıca her hoparlör de her tip güç amfisi ile kullanılamaz. Hoparlörlerin teknik özellikleri verilirken hangi güçte ve empedansta güç amfisi ile beraber kullanılmalrı gerektiği de belirtilir. Çünkü yanlış güç amfisiyle kullanılan hoparlörün sürücüsü yanabilir. Şekil 4.35’ de bir güç amfisi gösterilmektedir.



Şekil 4.35 Güç Amfisi

4.3.11. Monitör Hoparlörler (Referans Monitörleri)

Ses kayıt stüdyolarında kullanılan hoparlörlere monitör hoparlörler veya referans monitörleri denir. Monitör hoparlörlerin amacı sesi güzel ve reklendirilmiş olarak değil, doğru ve düzgün (flat) biçimde vermektir. Bu nedenle adları ‘monitör’dür. Kayıt evresinde duyulan sesin aynısı

kaydedebilmek ve kritik dinleme evresinde de kontrol odasında duyulup ‘onaylanmış’ sesin en yüksek kaliteli ses sisteminden en düşük kaliteli ses sistemine kadar her sistemi için optimumda duyulabilmesi için geliştirilmiş profesyonel hoparlörler olan monitör hoparlörlerin, frekans yanıtları düzgün (flat) ve dinamik aralıkları da, kaydedilen her frekansın değerlendirilebilmesi amacıyla oldukça geniştir (örn: 33Hz - 20kHz aralığı). [31] Monitör hoparlörlerin seçimi, prodüksiyon sürecinin en önemli adımlarının başında gelir. Kontrol odalarında bulunan monitör hoparlörler iki çeşittir:

- Ana monitörler (main monitors)
- Yakın dinleme monitörleri (near-field monitors)

Ana monitörler, genellikle büyük ve geniş ticari profesyonel ses kayıt stüdyolarında bulunur. Bu hoparlörler özellikle sınır etkisi oluşmaması için duvar veya cephe kaplamasıyla hem yüz olarak uygulanır. Ana monitörler oldukça güçlü hoparlörlerdir ve yakın dinleme monitörleriyle eşgüdümlü olarak kullanılırlar. Söz konusu profesyonel stüdyolarda yakın dinleme monitörleri de ana monitörlerle beraber bulunur ve bunlar da genellikle yüzeylerden sınır etkisi oluşturmayacak uzaklıklarda ve kritik dinleme noktasına 90cm-150cm (3-5ft) mesafede, mikser masası üzerinde veya ayrı hoparlör ayakları üzerinde bulunur. Yakın dinleme monitörleri kontrol odasındaki dinleyici noktasına oldukça yakın oldukları için verdikleri ses hacmin akustik niteliklerinden ana monitörlere göre daha az etkilenerek dinleyicinin kulağına gelir. Ancak yine de her ne kadar herhangi bir kontrol odasında yakın dinleme monitörleri kullanılıyor da olsa söz konusu hacimde yine akustik önlemlerin alınması gerekir. [32]

Ses mühendisleri arasında, ‘ses küçük hoparlörlerde iyi duyuluyorsa, final mix evresinin daha verimli geçeceği’ kanısı yaygındır. Bu bakımdan mixing evresinde çoğunlukla yakın dinleme monitörleri kullanılırlar. Daha sonra yapılan miksler büyük stüdyolarda ana monitörlerle tekrar dinlenerek genel ekleme ve düzeltme adımları uygulanır. Söz konusu yakın dinleme monitörleri özellikle düşük ses düzeylerinde ve dinleyiciye yakın kullanıldıklarında hem kayıt ve mix sırasında distorsiyona uğramış bölümleri çok net belirtir hem kayıtların hacmin akustik niteliklerinden minimum düzeyde etkilenmesini sağlar hem de ses kayıt mühendisi ve diğer ekibin kulaklarını rahatsız etmeyerek yorgunluk hissini azaltıp, daha objektif dinleme avantajı sağlarlar. Çünkü ses düzeyi yükseldikçe insan kulağının kritik muhakeme gücü azalmaktadır. Yakın dinleme monitörlerinin boyutlarının küçük olması dolayısıyla çok alçak frekansların izlenmesinde başarısız olabilirler (örn: 35Hz). Bunun için monitörlerle entegre

olabilen ve en alçak frekansları veren sub bass (bas altı) hoparlörler kullanılarak bu sorun giderilebilir. Ama alçak frekansların asıl kontrolü, miksler ilk olarak yakın dinleme hoparlörleriyle yapıldıktan sonra ana monitörlerle dinlemeye geçildiğinde yapılır. Çünkü ana monitörler hem daha büyük, hem daha güçlü hem de yüksek ses düzeylerinde daha iyi frekans çözünürlüğüne sahiptir. Bu sebeple kritik dinleme evresi dendiğinde ana monitörlerle dinleme, değerlendirme ve final miks evresi daha büyük yer tutar.

Ev stüdyoları ve proje stüdyolarında kontrol odaları genellikle ana monitörler için gerekli büyüklükte olmadıkları için bir veya birden fazla yakın dinleme monitörleriyle kritik dinleme evresini tamamlarlar. Bu bakımdan bu stüdyolarda subwoofer hoparlörlerin* tercihi de avantajlı olur. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte artık yakın dinleme monitörlerinin çok iyi sonuçlar vermesi proje stüdyolarında bile hatırı sayılır mikslerin yapılabilmesini sağlamaktadır. Monitörler için en önemli kalite kriterleri şunlardır:

- Atım yanıtı: Hoparlörün davul, perküsyon, vb. vuruşlarını aynı zaman ve dinamikte verebilme yeteneğidir.
- Frekans yanıtı: Hoparlörün kapsadığı ve izlediği frekans bölgesidir (örn: 35Hz-20kHz)
- Distorsiyon oranı: Giriş sinyallerinde meydana gelen herhangi bir distorsiyonu gösterebilme yeteneğidir.

Piyasada yüzlerce farklı markanın yüzlerce farklı modelinin olması monitörlerin seçimini zorlaştırırsa da burada en önemli nokta akustik nitelikleri farklı olan kontrol odalarında monitörlerin verdiği sonucun değişebileceği ve aynı kontrol odasında da farklı marka ve model monitörlerin yine farklı sonuçlar verebildiğini bilmektir. Bu noktada yine birtakım öznel değerlendirmelerin de prodüksiyon sürecine dahil olduğunun hatırlatılması gerekmektedir. [31] [32]

Monitör hoparlörler aktif (dahili güç amfisi olan) veya pasif olabilir. Pasif hoparlörlerin birlikte kullanıldığı güç amfilerinin niteliği de monitörlerden alınan sonuç üzerinde önemli etkiler yapabilir. Hatta kontrol odasındaki tüm ekipmanın kablolarının kalitesi bile bu süreci etkilemektedir. Şekil 4.36' da iki yollu bir yakın dinleme monitörü ve Şekil 4.37'de de üç yollu bir ana monitör hoparlör, örnek olarak gösterilmiştir.

* Özellikle 150Hz' in altındaki frekansları vermesi için tasarlanmış ve 20Hz' e kadar inebilen alçak frekans hoparlörleridir.



Şekil 4.36 KRK Rokite RP-5 iki yollu yakın dinleme monitörü [31]



Şekil 4.37 Genelec 1034B üç yollu ana monitör hoparlör [32]

Sonuç olarak ses kayıt stüdyolarında kullanılan ekipmanlar her ne kadar en üst kalitede olurlarsa olsunlar, kullanılacak ekipmanın seçimi ve kullanım yöntemlerinin bilinmesi söz konusu ekipmanlardan alınacak verimi oldukça etkiler. Bu sebeple özellikle profesyonel ses kayıt stüdyolarının kalitesi değerlendirilirken stüdyo akustik nitelikleriyle olduğu kadar ekipman ve stüdyoda çalışan takımın niteliğiyle de değerlendirilmelidir. Ancak bu şekilde birinci sınıf prodüksiyonlara imza atılacak stüdyolar elde edilebilir. [32]

5. SES KAYIT STÜDYOLARINDA AKUSTİK TASARIM KRİTERLERİ VE GEREKSİNİMLER

Bölüm 4' de, 'akustik performans değerlendirme kriterleri' başlığı altında ses kayıt stüdyolarının gürültü denetimi ve hacim akustiği bakımından performansının optimum olması için, dikkate alınması gereken başlıca konular ve kriterler tanımlanmıştır. Bu bölümde ise bu kriterlerin ses kayıt stüdyoları için belirlenmiş optimum değerlerini elde etmek için tasarım, detaylandırma ve uygulama sırasında izlenmesi gereken yollar ele alınacaktır. Önceki bölümlerde de değinildiği gibi, istenilen değerleri sağlamanın tek bir yöntemi veya detayı yoktur. Bu bakımdan akustik mühendisi veya mimarın detay ve malzeme bilgisinin oldukça iyi olması, kullanacağı ürünlerin akustik ve gürültü denetimi açısından niteliklerini kavramış olması gerekir. Her ne kadar istenilen sonuçlara değişik yollardan ulaşılabiliyorsa da, stüdyo hacimleri için akustik konfor gereksinimleri ile profesyonel ortamda kullanılacak gereç ve detaylara uygun akustik tasarım kriterleri belirlenebilir. 4.Bölüm' de olduğu gibi bu bölümde de söz konusu kavramlar gürültü denetimi ve hacim akustiği başlıkları altında incelenecektir.

5.1.Gürültü Denetimi Açısından Gereksinimler

Ses kayıt stüdyolarının gürültü denetimlerinin sağlanmasında, Bölüm 4.1' de alt başlıklar halinde değinilen;

- Yapı dışı ve yapı içi gürültülerinin nitelik ve niceliklerinin belirlenmesi
- Kontrol odası, performans odası ve varsa izolasyon kabinlerinde kabul edilebilir geri plan gürültü düzeylerinin saptanması
- Kabul edilebilir gürültü düzeylerini sağlayabilmek için stüdyo hacimlerinde düşey ve yatay yapı elemanlarında gerekli ses geçiş kaybı değerlerinin saptanması ve bunları sağlayacak gereç ve detayların projelendirilmesi
- Uygulamaların hedeflenen değerleri düşürmeyecek nitelikte ve hatasız yapılması

adımları izlenmelidir. Ancak bu adımlar atılırken, uygulamada mimari akustik konfor gereksinimleriyle birlikte ısısal, görsel ve mekansal konfor gereksinimlerinin de sağlanması gerekir. Kontrol odası, performans odası ve izolasyon kabinlerinde gürültü denetimi ile ilgili önlemler uygulama sırasında, mekanlar arasında zorunlu fiziksel bağlantılar gerektiren aydınlatma, elektrik, ısıtma-havalandırma gibi tesisatlarla bütünleşik olarak çözümlenmelidir. Aksi takdirde, uygulanmış detaylara müdahaleler gerekecektir ki, bu da yapı elemanlarının

geçiş kaybı değerlerini düşürerek, gürültü denetimi için alınan önlemleri önemli ölçüde zedeleyebilir. Ayrıca kapı ve pencerelerin yapı elemanlarının en hafifleri olması dolayısıyla (bkz. Bölüm 4.1.1), bileşik cidarların ses geçiş kaybı değerlerini düşürmemeleri için oldukça dikkatli tasarlanıp uygulanmaları ve sesin geçebileceği küçük açıklıkların da gözden kaçırılmaması gerekir. Diğer önemli bir nokta da stüdyonun işlevidir. Örneğin orkestraların ve film müziklerinin kaydedildiği büyük ses kayıt stüdyolarında izolasyon kabinleri bulunmayabilir, ancak bu hacimlerin performans odalarının boyutları oldukça büyüktür. Daha küçük ve genellikle ‘grup’ kayıtlarının yapıldığı çoklu kanal ses kayıt stüdyolarında ise performans odasının boyutları daha küçük olsa da yine sağlanması gereken ses geçiş kaybı değerleri, diğerinde olduğu oranda yüksektir. Bu bakımdan seçilen detayların ve yapılacak uygulamaların niceliğinin ve niteliğinin önemi bir kez daha vurgulanmalıdır.

5.1.1. Yapı Elemanları İçin Gerekli Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Hesaplanması

Bölüm 4.1.2’ de, hava doğuşumlu ve katı doğuşumlu gürültülerin geçişlerinin farklı niteliklerinin olmasının her iki tip gürültü için de yapı elemanlarında alınacak önlemlerin ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya çıkardığından ve yine her iki tip gürültü için de ses geçiş kaybına yönelik oluşturulan değerlendirmelerin nerelerde ve nasıl kullanılmaları gerektiğinin, akustik mühendisi ve mimarlar tarafından bilinmesinin önemi vurgulanmıştı. Bu bölümde sözü edilen konulara ek olarak, özellikle ses kayıt stüdyosu gibi hacimlerde sağlanması gerekli ses geçiş kayıplarının frekanslara göre değerlendirilmesinin gerekliliği bir kez daha vurgulanmalıdır çünkü hava ve katı doğuşumlu gürültüler için kullanılan ölçüm sonuçları ve değerlendirmeler farklı işlevli hacimler için kabul edilebilir gürültü düzeylerini sağlamada kullanılacak malzeme ve sistemlerin seçilmesi için önem taşır. Ancak ses kayıt stüdyoları için durum daha karmaşık ve ayrıntılıdır.

Bir cidarın hava doğuşumlu ses geçirmezliği; ses geçiş kaybı (TL) veya ses azaltım indisi (R) biçiminde tanımlanır ve geçme yalnızca cidar titreşimi yoluyla olduğunda, hesaplama yöntemi ile aşağıdaki (5.1) eşitliği ile hesaplanır (Karabiber, 1992) :

$$L_2 = L_1 - R + 10 \log(S/A) \quad (5.1)$$

L_2 : Alıcı hacimdeki ortalama ses basınç düzeyi (dB)

L_1 : Kaynak hacimdeki ortalama ses basınç düzeyi (dB)

R : Cidarın ses geçiş kaybı değeri (dB)

S : Aradaki duvarın (veya döşemenin) alanı (m^2)

A : Alıcı hacmin toplam yutuculuğu (Sabin, m^2)

Formülde R ; mevcut bir cidarın ses geçiş kaybı değeri olmasının yanında, aynı zamanda alıcı hacimlerde kabul edilebilir NC değerlerinin elde edilebilmesi için yapı elemanlarında sağlanması gereken ses geçiş kaybı değerlerini de tanımlar. Ayrıca gözden kaçırılmaması gereken diğer bir nokta da, alıcı hacmin toplam yutuculuğu ile cidarın yüzey alanının da yapı elemanının toplam ses geçiş kaybı değeri üzerinde etkili olduğudur. Buradan yola çıkarak alıcı hacimde arzulanan geri plan gürültü düzeyi NC olarak kabul edildiğinde söz konusu formül (5.2) eşitliği gibi düşünülmelidir:

$$NC \leq L_1 - R + 10 \log(S/A) \quad (5.2)$$

Buna göre alıcı hacimde arzulanan geri plan gürültü düzeyinin, kaynak hacimdeki gürültü düzeyinden yapı elemanında sağlanması gereken ses geçiş kaybı değeri çıkarılıp alıcı hacmin toplam yutuculuğu ve cidarın yüzey alanı da hesaba katıldıktan sonra elde edilen değerden küçük veya bu değere eşit olması gerektiği sonucu çıkmaktadır. Ayrıca alıcı hacimlerin toplam yutuculuğu artırılarak geri plan gürültü düzeylerinde belli bir oranda düşüş de sağlanabilmektedir. Formülde yukarıda bahsedilen dolaylı geçme, frekans rastlaşmaları ve rezonans etkileri tanımlanmamıştır. Bu etkileri hesaba katmak için ise ‘ R ’ değerlendirmesi kullanılır.

Yapı elemanlarının sağladıkları ses geçiş kayıplarını belirlemek için hesaplama yöntemleri yanında ölçme yöntemleri de sıklıkla kullanılmaktadır. Hesaplamalar için önemli olan, değişik tip sistem konstrüksiyonları için uygulanabilir olmaları ve sonuçların laboratuvar ölçümleriyle birbirlerini tutmalarıdır. Hesaplamalar, laboratuvar ölçümleri ile karşılaştırıldığında gerek masif gerek hafif bölme elemanlarıyla yapılmış yapı elemanları için 50Hz - 5kHz aralığında kabul edilebilir oranda yakınlık gösterdikleri görülmektedir. Ancak yukarıda da söz edildiği gibi gerek formüller ve hesaplamalar, gerek laboratuvar ölçümleri dolaylı geçme, frekans rastlaşması gibi ses geçirmezliği etkileyen etkenlerin yer almamasından ötürü yerinde ölçmelerle gerekli ses geçiş kaybı düzeltmelerinin her frekans bandı için yapılması gerekmektedir.

Bölüm 4.1.3’ te gürültü denetimi kapsamında yapı elemanlarının ses geçiş kayıplarını belirtmede bazı tek rakamlı değerlendirmelerin kullanıldığına, kullanılacak malzemelerin seçimi ve detaylandırmaların oluşturulmasında mimar veya akustik mühendisinin bu değerlendirmelerin nerelerde hangi amaçlarla kullanılması ve kullanılmaması gerektiğini bilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır. Bölüm 5.1.1’ in bu kısmında ise, söz konusu

değerlendirmeler kısaca açıklanacak ve ses kayıt stüdyosu yapı elemanlarında sağlanması gereken hava ve katı doğuşumlu ses geçiş kaybı değerleri için hangilerinin referans alınması gerektiği vurgulanacaktır. Ancak unutulmaması gereken bir bilgi de bu tek rakamlı değerlendirmelerin tüm frekanslar için yapılmış ve sonuçları bilinen bu ölçümlerin, belirli frekans bantlarındaki değerleri göz önüne alınarak oluşturulduğudur.

Buna göre gürültü denetiminde;

- Hava doğuşumlu gürültüler için: TL, R, R_w, R'_w, STC, FSTC, D_{nT,w}
- Katı doğuşumlu gürültüler için: IIC, L_{n,w}, FIIC, L'_{nT,w}

değerlendirmeleri (codes) sıklıkla kullanılmaktadır.

5.1.1.1. Ses Geçiş Kaybı (Sound Transmission Loss – TL)

Ses geçiş kaybı malzemelerin, duvarların, tavan ve döşemelerin, kapı ve pencerelerin belirli boyutlardaki örneklerinin istenilen frekans bantlarında laboratuvar şartlarında sağlayabildikleri ses izolasyonu değerlerinin dB cinsinden karşılıklarıdır. Matematiksel olarak ise malzeme ve/veya yapı elemanına gelen ses enerjisinin malzemenin diğer tarafına geçen ses oranı olarak tanımlanır. Malzemenin yoğunluğu (kg/m^3), doğrudan geçiş kaybı ile ilişkilidir. TL, laboratuvar ölçümüdür (ASTM E90) ve genellikle bu ölçümler 1/3 oktav bantlarda gerçekleştirilir. Yani tek sayılı bir değerlendirme değeridir. [33]

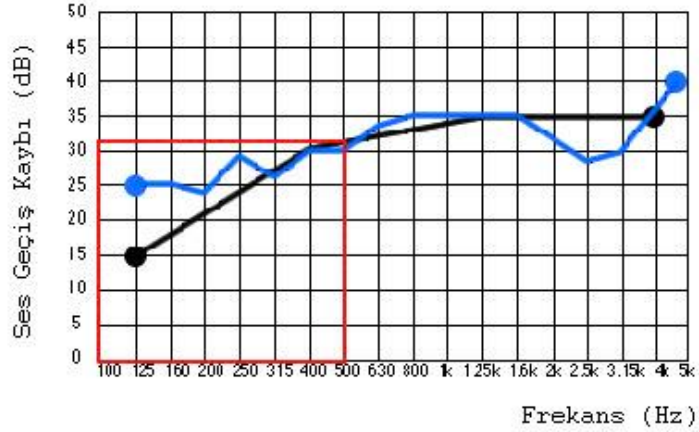
5.1.1.2. Ses Azaltım İndisi (Sound Reduction Index – R)

Amerikan ASTM standartlarınca laboratuvarında 1/3 oktav bantlarda ölçülen ses geçiş kaybı değerleri (TL), Avrupa ISO standartlarınca gürültü azaltım indisleri, 'R' olarak referans kabul edilmektedir. ISO 717/1; ses geçiş kaybı tayfindan tek bir değer elde etmek amacıyla referans bir eğri ve bu eğriyi indislerle çakıştırmak için de bir yöntem tanımlamıştır. Söz konusu değer ağırlıklı ses azaltım indisidir (R_w). R eğrisi, 100Hz - 3150Hz frekans aralığında tanımlanır ve elde edilen değer (örn: R_w 45) gürültü azaltım indislerinden elde edilen eğriyle çakıştırılan referans eğrisinin 500Hz' deki değeridir. R_w değeri, bir yapı elemanının veya malzemesinin konuşma frekanslarında sağladığı yaklaşık performansı hakkında genel bir bilgi edinmek amacıyla geliştirilmiş tek sayılı bir değer olup konuşma dışı alçak ve yüksek frekanslar için kesin bilgiler vermez. R_w değeri yükseldikçe sağladığı etkinlik artar. [33]

5.1.1.3. Ses Geçiş Sınıfı (Sound Transmission Class - STC)

STC, Amerikan ASTM E413 standardıdır ve R_w ' nin Amerika'daki eşdeğeri. Ancak STC frekans aralığı 125Hz - 4000Hz dir. STC eğrisi de R_w eğrisi gibidir ve yine hesaplanırken ses geçiş kaybı değerlerinden (TL) elde edilen eğriyle çakıştırılan STC referans eğrisinin 500 Hz' deki değeri baz alınır. STC değeri yükseldikçe sağladığı etkinlik artar. [33]

şekil 5.1' de, STC 32' nin belirlendiği STC eğrisi, Çizelge 5.1' de ise, 13 mm kalınlığında örnek bir alçı levhanın frekanslara göre (50Hz' den 5kHz' e kadar) ses geçiş kaybı değerleri (TL) ve en altta da, bu değerlerin oluşturduğu STC 27 değeri örnek olarak verilmiştir.



şekil 5.1 STC, TL eğrileri ve belirlenen STC 32 değeri [33]

Çizelge 5.1 13mm kalınlığında örnek bir alçı panel için TL ve STC değerleri

<u>Alçı panel</u>	
Kalınlık:	13 mm
Kitle Ağırlığı:	8.6 kg/m ²
<u>TL</u>	
50hz:	11dB
63hz:	11dB
80hz:	12dB
100hz:	14dB
125hz:	15dB

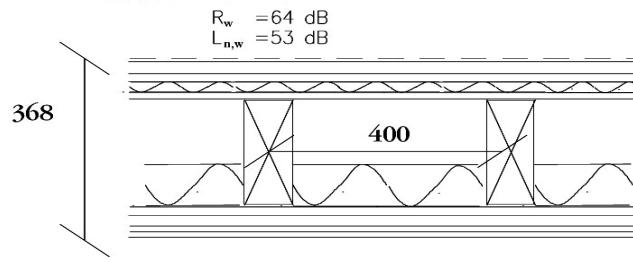
160hz: 16dB
200hz: 18dB
250hz: 19dB
315hz: 21dB
400hz: 23dB
500hz: 24dB
630hz: 26dB
800hz: 27dB
1000hz: 29dB
1250hz: 30dB
1600hz: 32dB
2000hz: 31dB
2500hz: 27dB
3150hz: 25dB
4000hz: 28dB
5000hz: 31dB
STC: 27

5.1.1.4. Darbe Azaltım Sınıfı (Impact Insulation Class - IIC)

Darbe azaltım sınıfı, tavan ve döşemelerin katı doğuşumlu gürültülere karşı sağladıkları geçiş kaybını veren tek değerli (örn: IIC50) bir değerlendirmedir. IIC de, laboratuvar ölçümleri sonucu elde edilir (ASTM E989) ve tanımlandığı frekans aralığı, 100Hz - 3150Hz' dir. Bu bakımdan tanımlandığı frekans aralığı dışındaki frekanslar için kesin bilgiler içermez. IIC değeri arttıkça tavan veya döşemenin darbe gürültüsüne karşı etkinliği artar. [34]

5.1.1.5. Ağırlıklı, Normalize Edilmiş Darbe Ses Basınç Düzeyi ($L_{n,w}$)

Döşeme ve tavanlar için darbe ses basınç düzeyinin laboratuvar şartlarında (ISO 717), 1/3 oktav frekans bantlarında ölçülmesinden sonra tavan ve/veya döşemenin geçirimsizliğiyle ilgili tek bir referans değer söyleyebilmek için oluşturulmuştur (örn: $L_{n,w}$ 39). $L_{n,w}$ değeri düştükçe tavan ve döşemenin darbe gürültüsüne karşı etkinliği artar. Şekil 5.2' de ahşap kirişli bir döşemeye ait ve laboratuvar ölçümleri sonucu belirlenen R_w ve $L_{n,w}$ değerleri örnek olarak verilmiştir (Parmanen, Sipari ve Uosukainen, 1999)



Şekil 5.2 Ahşap kirişli bir döşemeye ait R_w ve $L_{n,w}$ değerleri (Parmanen, Sipari, Uosukainen, 1999)

Yukarıda açıklanan tek sayılı değerlendirmeler bazı farklı işlevli hacimler için kullanılabilir olsalar da (örn: konut, ofis, vb.) ses kayıt stüdyosu gibi kritik dinleme hacimlerinde durum daha karmaşıktır. Örneğin konutlarda ‘iki hacmi ayıracak duvarın ses geçiş kaybı değeri 50dB(A) olmalıdır’ denildiğinde, bu değeri sağlayacak sistem çözümleri, laboratuvar ölçümleri ve yerinde ölçmelerle belirlenmiştir ve söz konusu değerlendirmeler alçak frekans ve yüksek frekanslar için kesin sonuçlar vermediği halde bu sistemlerden biri seçilerek (örn: STC 50) uygulama gerçekleştirilebilir. Oysa ses kayıt stüdyolarında yapı elemanlarının ses geçiş kaybı değerlendirmelerinde tek bir değerin veri olarak kabul edilmesinden ziyade bu değerlendirmelerin oluşturulduğu 1/3 oktav bantlardaki TL veya R değerlerinin tümü dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak ses kayıt stüdyosu gürültü denetiminin sağlanmasında dolaylı geçme ve diğer etkileri kapsamayan laboratuvar ölçümleri ve bunların sonuçları baz alınarak oluşturulan tek rakamlı değerlendirmeler sadece en başta tasarımcıya genel bir fikir vermesi açısından faydalı olacaktır.

5.1.1.6. Alan Ölçmeleri

Yukarıda hava ve katı doğuşumlu gürültüler için kullanılan değerlendirmeler laboratuvar ölçümleri sonucu elde edildikleri için optimum değerleri verirler. Yani bu değerlerin içinde dolaylı geçme, uygulama hataları, havalandırma sistemleri, vb. gibi sistemlerin, yapı elemanı üzerinde oluşturduğu olumsuz etkiler hesaba katılmaz. Bu nedenle yapı elemanları ve/veya ürünlerinin inşaatlarda uygulaması bitmiş halleri için ölçümler yapılır. Böylece hem dolaylı geçme ve diğer olumsuzlukların laboratuvar şartlarında yapılan ölçümler üzerindeki etkileri görülmüş olur hem de daha kesin sonuçlar elde edilir. Bu ölçümlere ‘alan ölçümleri/yerinde ölçmeler (field measurements)’ denir. [35] Alan ölçümleri yapıldığında genellikle sonuçlar laboratuvar ölçümlerinden daha düşüktür ve bunlar için hava doğuşumlu gürültülere karşı FSTC (field STC), $R'w$, DnT,w ve katı doğuşumlu darbe gürültülerine karşı ise FIIC (field IIC), $L'nT,w$ gibi değerlendirmeler kullanılır. FSTC, $R'w$ ve DnT,w alan ölçümlerinin

değerleri arttıkça malzeme ve/veya yapı elemanlarının hava doğuşumlu gürültülere karşı etkinliği artar. FIIC' nin değeri arttıkça tavan ve döşemenin katı doğuşumlu gürültülere karşı etkinliği artarken $L'nT,w'$ nin ise değeri azaldıkça tavan ve döşemenin etkinliği artar. Çizelge 5.2' de, STC ve FSTC değerlerinin karşılaştırmaları, Çizelge 5.3' de ise yerinde ölçümle, örnek bir konutta bölme duvar, tavan ve döşemenin geçirimsizliği sonucu kaynak ve alıcı hacim arasında elde edilen ses düzeyi farkları DnT,w ve $L'nT,w$ olarak verilmiştir. Çizelge 5.2' de, geri plan gürültüsü için NC 35 eğrisi referans alınmıştır.

Çizelge 5.2 STC ve FSTC değerleri ve bu değerlere ait öznel etkinlik tanımları [35]

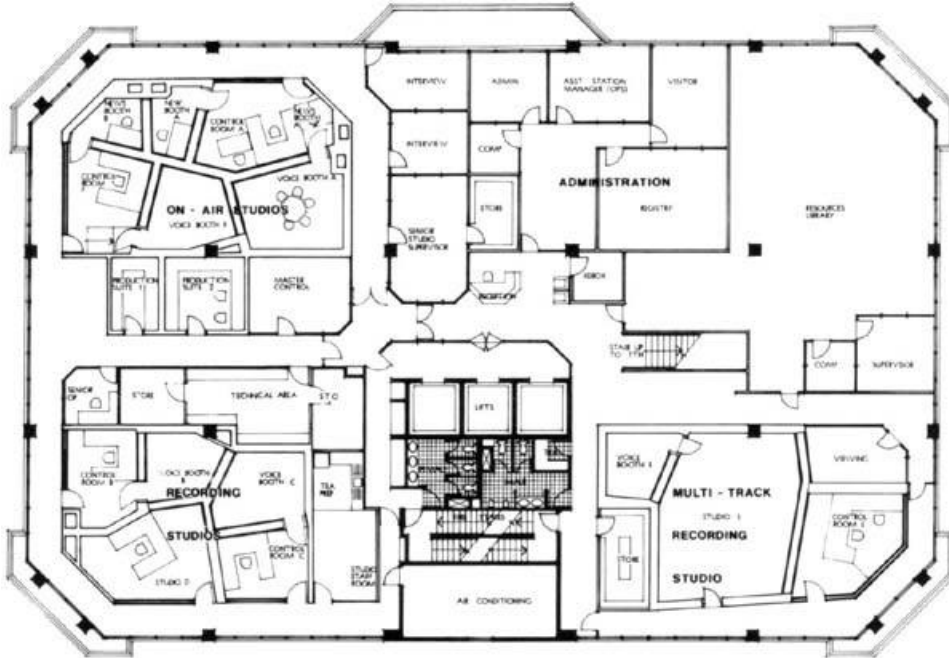
STC	Field STC	Öznel etkinlik tanımı
26-30	20-22	Çoğu konuşma net olarak duyulabilir
30-35	25-27	Bazı konuşma ve cümleler zorlanmadan duyulabilir
35-40	30-32	Bazı kelimeler ve konuşmalar nadiren net olarak duyulabilir
42-45	35-37	Orta düzeyli konuşmalar açıkça duyulabilir ancak bazı kelimeler anlaşılabilir
47-50	40-42	Yüksek düzeyli konuşmalar ve orta düzeyli müzik duyulabilir
52-55	45-47	Yüksek düzeyli konuşmalar zorlukla duyulabilir, orta düzeyli müzik rahatsız edicidir
57-60	50-52	Yüksek sesli konuşma esasen duyulamaz, orta düzeyli müzik güçsüz olarak duyulur ancak bas notalar rahatsız edicidir
62-65	55	Müzik güçsüz olarak duyulur, bas notaların vuruşları hissedilir
70	60	Yüksek düzeyli müzik güçsüz olarak duyulur
75+	65+	Çoğu hava doğuşumlu ses, etkin biçimde izole edilmiştir

Çizelge 5.3 Örnek bir konutta yapı elemanları için yapılan ses azaltım ölçümleri sonuçları

Yapı Elemanı	(DnT,w) (dB)	($L'nT,w$) (dB)
Duvarlar	43	–
Tavan ve Döşemeler	45	64

5.1.2. Planlama Aşaması İçin Akustik Tasarım Prensipleri

Tasarım aşamasından itibaren bir ses kayıt stüdyosu inşa etmek ile mevcut bir yapının işlevini stüdyoya çevirmek arasındaki fark, stüdyonun mimari akustik projesinde hem ekonomik olarak hem de detaylandırma olarak farklı çözüm ve sonuçlar üstünde durulmasını gerektirecektir. Örneğin daha tasarım aşamasındayken, stüdyolarda trafik gürültüsü, uçak gürültüsü ve diğer tip çevresel gürültülere karşı dış cepheden içeride bir koridor oluşturularak belli bir düzeyde ilk gürültü azaltımı sağlanabilir (Şekil 5.3). Böylece ses kayıt stüdyosu hacimlerinin iç bölme duvarlarında sağlanacak ses geçiş kaybı değerleri azaltılarak ekonomi de sağlanmış olacaktır.



Şekil 5.3 Ses kayıt stüdyosu kompleksi olarak tasarlanmış bir yapıda koridor planlaması [36]

Ancak işlevi stüdyo olarak değiştirilen hacimlerde genellikle böyle bir işlem yer kaybı nedeniyle yapılamamaktadır. Bu yüzden çevresel gürültülere karşı yapı elemanlarında sağlanması gereken değerler oldukça yüksek olacaktır. Ayrıca tasarım aşamasından itibaren stüdyo olarak projelendirilen yapılar genellikle en üst düzey ticari ses kayıt stüdyoları ve/veya stüdyo kompleksleri olduğu için bu yapılarda en üst düzey standartlar sağlanmaktadır ve hataya yer yoktur. Aynı durum, işlevi stüdyo olarak değiştirilen kimi stüdyolar için de geçerli olabilir. Yani bu tip stüdyolarda da eğer hacim büyüklüğü ve diğer faktörler elverişliyse en üst standartlar sağlanarak üst düzey ticari stüdyolar elde edilebilir. Bununla birlikte sektörde yine profesyonel amaçlarla kullanılan ancak standartları en üst olmasa dahi, 'yeterli' düzeyde olan

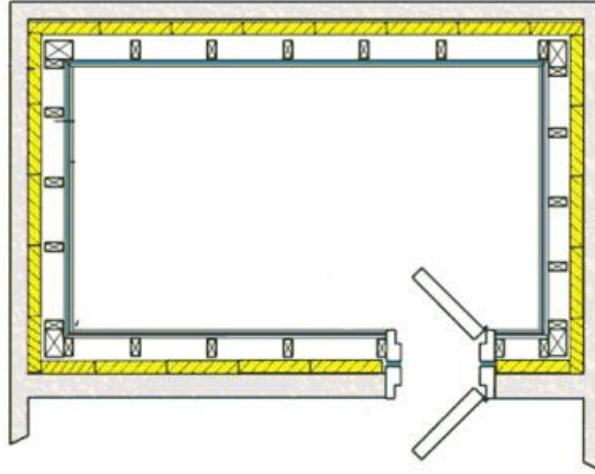
ticari ses kayıt stüdyoları ve diğer yarı profesyonel ses kayıt stüdyoları da genellikle işlevi ses kayıt stüdyosu olarak değiştirilen hacimler olmaktadır.

Bölüm 4.1.2’ de, ses kayıt stüdyoları için kabul edilebilir gürültü düzeyleri için NC-15 ve NC-20 eğrilerinin kullanıldığı belirtildikten sonra, bu kez Çizelge 5.4’ de söz konusu eğrilerin oktav bant frekanslarındaki değerleri dB cinsinden gösterilmiştir. İnsan kulağının yapısı yüksek frekanslara daha duyarlı olduğundan stüdyo içerisindeki hacimlerde frekans yükseldikçe geri plan gürültüsünün daha düşük düzeyde olması gerekir. Alçak frekanslarda geçiş kayıplarının daha zor sağlanabilmesi nedeniyle bu frekanslar için yeterli izolasyon sağlandığında, yüksek frekanslar için alçak frekanslara oranla daha fazla geçiş kaybı elde edilmiş olacaktır.

Çizelge 5.4 NC-15 ve NC-20 eğrilerinin frekanslardaki kabul edilebilir gürültü düzeyleri [11]

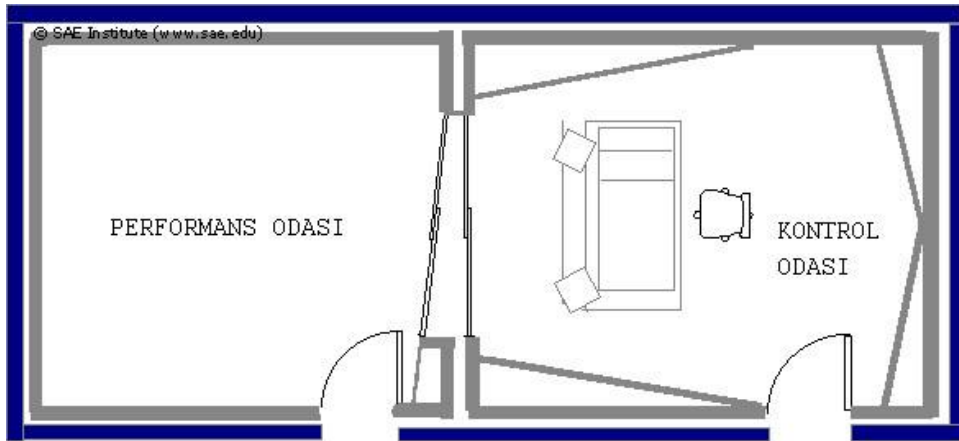
	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
NC-15 (dB)	47	36	29	22	17	14	12
NC-20 (dB)	51	40	33	26	22	19	17

Yüksek frekanslı seslerin alçak frekanslı seslere oranla daha kolay yalıtılabilmesi sebebiyle çeşitli işlevli hacimlerde bazen mevcut duvar üzerine yapılan eklemelerle bazen de duvar yüzeyine yeni bir konstrüksiyon yapıp bunun üzerine çeşitli malzemeler kaplayarak (örn: alçı levha, MDF panel) özellikle yüksek frekanslarda yapı elemanlarında geçiş kayıpları artırılabilirken, özellikle 125Hz ve altındaki frekanslarda bu yeterli olmaz. Hele ses kayıt stüdyosunda basgitar ve davul gibi enstrümanların alçak frekanslarda yüksek düzeyli ses üretmeleri de göz önüne alındığında bu frekanslara ayrı bir önem verilmelidir. Bunun için performans odası, kontrol odası ve izolasyon kabinlerinde hem istenen geri plan gürültü düzeylerini elde etmek hem de bu hacimleri hava, katı doğuşumlu gürültüler ile titreşim gürültülerinden izole etmek için ‘kutu içinde kutu (box in box)’ yapım yöntemi uygulanmalıdır. Söz konusu yöntemde mevcut dış kabuğa, bu kabukla hiç bir rijit bağlantısı olmayan ikinci bir iç kabuk eklenir. [37] İç kabukta sağlanacak geçiş kaybı değerleri mevcut strüktürdeki yapı elemanlarının geçiş kayıplarının etkinliğine göre belirlenir. Ayrıca sistemde yüzer döşeme, asma tavan ve mevcut duvarlarla temas etmeyen yüzer duvarlar bulunmaktadır. Şekil 5.4’ de kutu içinde kutu uygulamasına ait bir plan örneği gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Kutu içinde kutu yapım yöntemi [43]

Kontrol odası, performans odası ve izolasyon kabinleri mevcut dış kabuktan ikincil bir kabukla izole edilmelerinin yanında birbirlerinden de yine bu prensibi sağlayacak şekilde çift konstrüksiyonlu bölme elemanlarıyla ayrılmalıdırlar. Çünkü bu hacimler aynı zamanda birbirleri için de gürültü kaynağı konumundadır. Şekil 5.5’ de, hem dış cephelerden hem de birbirlerinden kutu içinde kutu prensibiyle ayrılmış kontrol ve performans odaları gösterilmiştir. Kutu içinde kutu prensibi göz önünde alındığında aslında yapılan sistem çift cidarlı bir uygulamayı tüm yapı elemanlarında yapmaktır (decoupling). Unutulmaması gereken nokta çift cidar uygulamalarında rezonans frekanslarının oluşması sonucu özellikle alçak frekans bölgesinde meydana gelebilecek kayıpların önlenmesi gerekliliğidir.



Şekil 5.5 Kutu içinde kutu uygulaması yapılmış basit bir stüdyo planı

Performans odası ile kontrol odası ve varsa izolasyon kabinlerinin birbirleriyle bitişik duvarlarında da yine diğer duvarlarla aynı düzeyde geçirimsizlik değerleri sağlanmalıdır. Ancak burada zor olan kontrol odasıyla performans odası ve izolasyon kabinlerinin görsel

iletişimini sağlayan kapı ve/veya pencerelerdir. Bir yapı elemanının toplam ses geçiş kaybı değerinin en zayıf geçirimsizlik değeri olan parçasına yakın olduğu bilindiğinde ve camın kitle ağırlığının düşük olduğu da göze alındığında bu yapı elemanlarında söz konusu geçiş kaybı değerlerini elde etmek özellikle de alçak frekanslı sesler için çok daha fazla uğraş gerektirecektir.

Kutu içinde kutu uygulaması, etkin ses izolasyonu sistemlerinin tasarımı için gereken bazı öncelikli etmenleri bünyesinde bulundurmalıdır. Bu etmenler aşağıda belirtilmiştir:

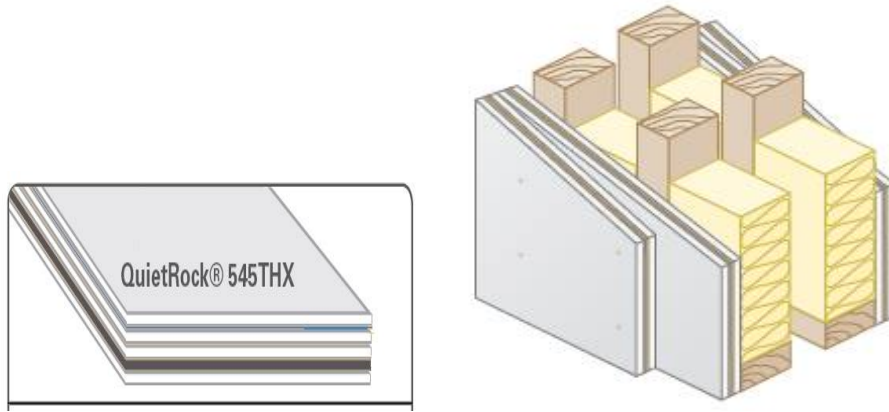
- Mevcut strüktürün katılığı(stiffness) ve kütlesi (veya kitle ağırlığı)
- İzolasyon montaj parçalarının ve katmanlarının sönümleme ve rezonans frekans karakteristikleri
- Hava boşluğu optimizasyonu
- Yüzer yapı elemanlarının (duvar, tavan, döşeme) kütlesi, detaylandırılması ve uygulaması
- Hava boşluğu içerisinde sağlanacak ses yutuculuğu
- Dolaylı geçmenin kontrolü [38]

Söz konusu etmenlerden bazıları kutu içinde kutu uygulaması yapılmayan ses izolasyonu sistemlerinde de kullanılabilir. Ancak bu sistemlerde dolaylı geçme ve rezonans frekanslarının olumsuz etkileri ses kayıt stüdyolarında olduğu kadar önemli değildir. Örneğin iki konut arasında STC 50 değerinin sağlanması için uygulaması yapılan detaylandırmada duvarın üzerine yapıldığı döşeme yüzer döşeme olmayabilir. Çünkü bu yapılar için STC 50 değeri yeterli olabilmektedir. Ses kayıt stüdyolarında ise özellikle üst düzey ticari stüdyolarda, STC 80 civarı ve üzeri değerleri sağlamak hedeflenir ve bunu başarabilmek için kutu içinde kutu sisteminin kullanılması şarttır. [35] [39] Çizelge 5.5' de, örnek bir detay için ölçülen STC 80 ve frekanslara göre TL değerleri verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında, 50Hz' de bile 45dB geçirimsizlik sağlandığı görülmektedir. Bu da oldukça yüksek bir değerdir. Ancak bu değerlerin yine laboratuvar ölçümleri sonucu elde edildiği ve uygulamada dolaylı geçme ve diğer faktörlerin olumsuz etkilerinin bu değerleri düşürebileceği hesaba katılarak uygulama sonrası yerinde ölçümler yapılarak iyileştirmeler sağlanmalıdır.

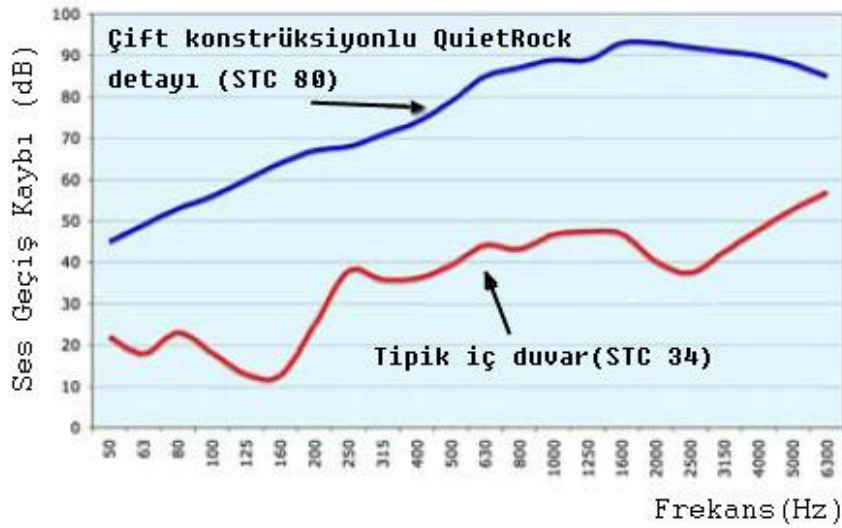
Çizelge 5.5 Örnek bir detay için ölçülen STC 80 ve frekanslara göre TL değerleri [40]

Frekans (Hz)	Hava Doğuşumlu Ses Geçiş Kaybı Değeri (dB)	Emniyet Limitleri %95
50	45	
63	48	
80	53	± 3.0
100	56	± 3.2
125	59	± 2.4
160	64	± 1.1
200	67	± 1.2
250	68	± 0.9
315	71	± 0.9
400	74	± 0.6
500	79	± 0.6
630	85	± 0.6
800	87	± 0.4
1000	89	± 0.4
1250	89	± 0.4
1600	93	± 0.3
2000	92	± 0.2
2500	92	± 0.5
3150	91	± 0.4
4000	90	± 0.4
5000	88	± 0.5
Ses Geçiş Sınıfı		STC 80

Söz konusu çizelgede TL değerleri verilen detay örneği, aralarında 75mm hava boşluğu bulunan 38mm x 89 mm ahşap profillerin 610 mm aralıklarla konumlandırılmasıyla oluşturulan çift konstrüksiyonlu bir sistemde, ahşap profiller arasına 89 mm kalınlığında R12 camyünü levha ve ahşap profillerin dışa bakan yüzlerine de 30 mm kalınlıkta iki katman QuietRock QR-545 panellerin monte edilmesi yoluyla oluşturulmuştur. Şekil 5.6' da, QuietRock panelin ve açıklanan detaylandırma çizimi, Şekil 5.7' de ise bu detaylandırmaya ait ses geçiş kaybı değerleri gösterilmiştir. QuietRock QR-545, seramik-polimer-alçı bazlı 11 katmandan oluşan kompozit panellerdir. [41]



Şekil 5.6 QuietRock QR-545 panel ve bu panellerle oluşturulmuş detay örneği (STC 80) [41]



Şekil 5.7 Tipik iç duvar ile Şekil 5.6' daki detayın TL değerlerinin karşılaştırması [41]

Frekanslara göre söz konusu TL değerlerini sağlamak için yukarıda bahsedilen etmenler önem taşır. Örneğin yapı elemanlarının katılık ve kütlelerini arttırmak, detaylandırma ve dış kabuğa olan hava boşluğu mesafesini arttırmak, hava boşluğunda yutucu gereçler kullanmak (örn: camyünü, taşyünü), izolasyonda kullanılan montaj parçalarının ve malzemelerinin birbirleriyle rijit değil esnek olarak temas etmelerini sağlamak ve dolaylı geçmenin ve uygulama hatalarının kontrolünü sağlamak adımlarından her biri yapı elemanlarının geçiş kaybı ve dolayısıyla da STC, R_w ve IIC değerlerini arttıracak önlemlerdir. Kutu içinde kutu uygulamasının bir amacı da performans odası veya kontrol odasının yapısal rezonans frekansını ses tayfının dışında olacak şekilde düşürmektir (örn: 10Hz) . Bunun için hava boşluğu da oldukça fazla olmalı ve bu boşlukta ses yutucu malzeme kullanılmalıdır (örn: 30cm ve üzeri hava boşluğu).

Ses kayıt stüdyolarında en etkin ve akılcı gürültü denetimi aynı anda hem hava hem de katı doğuşumlu gürültülere karşı istenilen düzeyde geçirimsizlik sağlayan detay ve uygulamalar olacaktır (kütleli artırmak genelde ilk akla gelen çözüm olsa da bunun stüdyolar için gereken düzeyleri elde etmek için oldukça geniş yer kayıpları oluşturacak olması, darbe ve titreşim gürültülerine karşı aynı anda garantili çözüm olmayışı sebebiyle başarılı bir uygulama olmayacaktır). Kutu içinde kutu prensibinin uygulanmasının gereklerinden biri de budur. Yukarıda söz edilen etkin bir kutu içinde kutu sistemi oluşturabilmek için gereken etmenlerin içerikleri aşağıda duvarlar, tavan ve döşemeler başlıkları altında stüdyo hacimleri için verilen detay örnekleriyle birlikte değerlendirilecektir. Verilen örneklerin bazılarında değerler rakamsal olarak en üst düzey STC, R_w ve IIC değerlerini göstermiyor olsa da, yine de bazı ticari ses kayıt stüdyoları için kullanılabilir değerler olup amaç burada detaylandırma mantığını kavratmaktır. Söz konusu detaylar üzerinde revizyonlar yapılarak istenilen değerlere ulaşılabilmektedir.

5.1.3. Duvarlar İçin Akustik Tasarım Kriterleri

Gerekli STC, R_w değerlerini sağlamak için kutu içinde kutu uygulaması yapılarak örülecek iç kabukta sağlanması gereken ses geçiş kaybı değerleri, mevcut dış kabuğun ses geçiş kaybı değerlerine de bağlıdır. Örneğin mevcut durumda 19mm tuğla duvar ve duvar üzeri sıva uygulaması bulunan bir hacim için iç kabukta sağlanması gereken ses geçiş kayıpları, 20cm kalınlıkta betonarme perde için iç kabukta sağlanması gereken değerlerden çok daha fazladır. Bu bakımdan eğer olanak varsa stüdyoya çevrilecek veya stüdyo olarak uygulamasına başlanacak yapının dış kabuğunun da ses geçiş kaybı değeri yüksek olan malzemelerle oluşturulması avantajlı olacaktır. Diğer önemli bir nokta da stüdyo binasının etki altında kalacağı gürültü düzeyidir. Örneğin geri plan gürültü düzeyi 60dB(A) olan bir yerde stüdyo inşa etmek ile geri plan gürültü düzeyi 85dB(A) olan bir yerde inşa etmek arasında önemli bir fark vardır. Çünkü ses kayıt stüdyoları için sağlanması gereken geri plan gürültüsünün 25dB(A) olması hedeflendiğinde, geri plan gürültüsü 60dB(A) olan bölge için sağlanması gereken geçirimsizlik değeri 35dB(A) iken, geri plan gürültüsü 85dB(A) olan bölge için bu değer 60dB(A)'ya yükselecektir. Her iki durumda da yapı elemanları için sağlanacak STC, IIC değerleri bu yolla belirlenerek gerekli detaylar oluşturulmalıdır. Ancak söz konusu değerler frekans bantları tek tek dikkate alınarak yapılmalıdır.

Çizelge 5.6' da, 125Hz - 4kHz aralığında ses basınç düzeyi her frekans bandı için sırasıyla 100dB ve 80dB kabul edilen beyaz gürültü kullanılarak NC-15 ve NC-20 eğrilerinin

hedeflendiği bir ses kayıt stüdyosunun duvarında bu gürültü tayfına karşı sağlanması gereken minimum STC değerleri hesaplanmıştır. Çizelgede, sağlanması gereken ses geçiş kayıpları hesaplandıktan sonra istenilen sonuçları verecek olan minimum STC değerleri, bu değerlerin referans eğrileri baz alınarak seçilmiştir.

Çizelge 5.6 Gürültü tayfına karşı sağlanması gereken min. STC değerlerinin hesaplanması

Frekans	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
Beyaz Gürültü (dB)	100	100	100	100	100	100
NC-15 (dB)	36	29	22	17	14	12
Sağl. Gereken TL (dB)	64	71	78	83	86	88
STC 80	64	73	80	83	84	84
Beyaz Gürültü (dB)	100	100	100	100	100	100
NC-20(dB)	40	33	26	22	19	17
Sağl. Gereken TL (dB)	60	67	74	78	81	83
STC 76	60	69	76	79	80	80
Beyaz Gürültü (dB)	80	80	80	80	80	80
NC-15 (dB)	36	29	22	17	14	12
Sağl. Gereken TL (dB)	44	51	58	63	66	68
STC 60	44	53	60	63	64	64
Beyaz Gürültü (dB)	80	80	80	80	80	80
NC-20 (dB)	40	33	26	22	19	17
Sağl. Gereken TL (dB)	40	47	54	58	61	63
STC 56	40	49	56	63	59	60

Çizelge 5.6' ya bakıldığında STC 80, STC 76, STC 60 ve STC 56 değerlerinin 125Hz ve 1kHz arasında istenilen ses geçiş kaybı değerlerini tam olarak sağladığı, 2kHz ve 4kHz arasında ise istenilen geçiş kaybı değerlerinden birkaç desibel düşük oldukları görülse de bu durum STC referans eğrilerinde 1250Hz' den itibaren, ses geçiş kaybı değerlerinin sabit tutulmasından kaynaklanmaktadır. Oysa pratikte örneğin STC60 için 1kHz' de 63dB ses geçiş kaybı olan bir yapı elemanı, frekans yükseldikçe 2kHz' de tabloda görünen 64dB' den daha fazla ses geçiş kaybı sağlayacaktır (frekans rastlaşmalarına dikkat edilmesi koşuluyla). Bu bakımdan öncelikle alçak frekanslı sesler için söz konusu değerlerin sağlanıp sağlanmadığına bakılmalıdır ve özellikle ses kayıt stüdyoları için 125Hz'in altındaki frekanslar da değerlendirmeye alınmalıdır. Ayrıca uygulamada rezonans ve frekans rastlaşmalarının STC değerlerini düşürdüğü durumlarda yerinde ölçmelerle eksiklikler giderilmelidir. Konut veya diğer işlevli hacimlerde sağlanması gereken söz konusu değerler için daha düşük STC

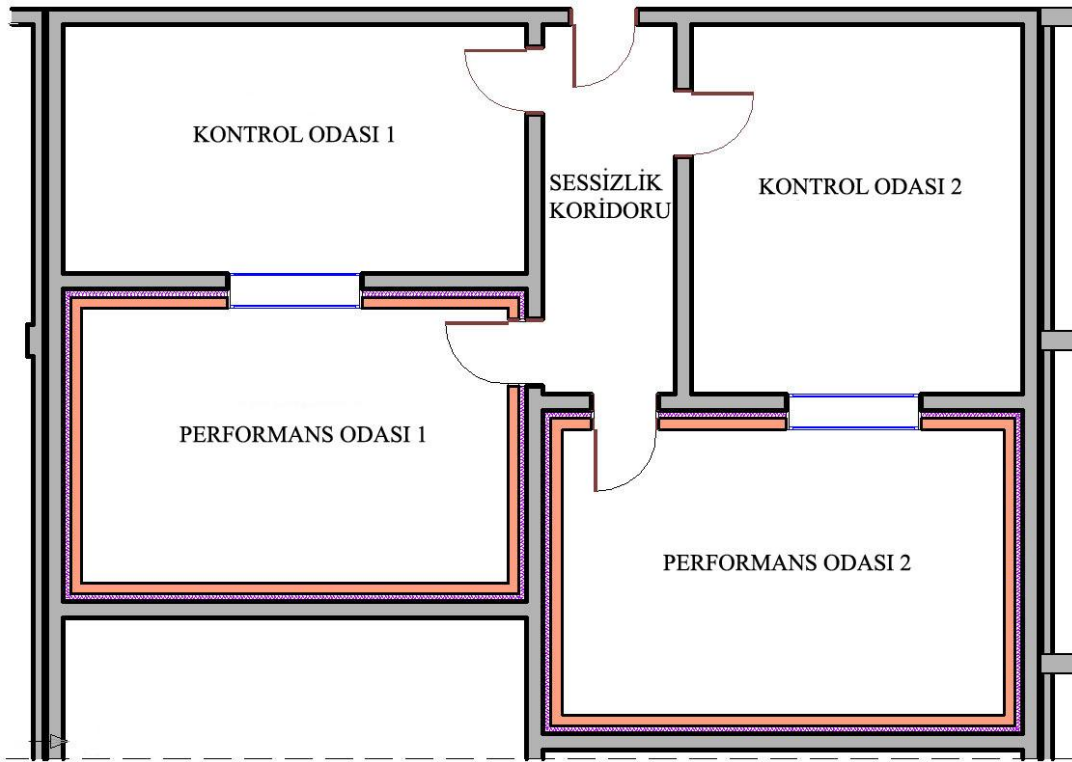
değerleri de kabul edilebilir ancak ses kayıt stüdyolarında her frekans bandı için sağlanması gereken değerlerin üzerinde yalıtım sağlayacak uygulamalarla kesin sonuçlara gidilmelidir. Örneğin kutu içinde kutu prensibinin uygulanmadığı hacimlerde duvarda STC 70 değeri hedeflense de dolaylı geçme sebebiyle uygulamada söz konusu değer düşecektir. Ancak bu durum ses kayıt stüdyoları için kabul edilemezdir.

Diğer çok önemli bir nokta da çizelgede bulunan STC 56 ve STC 60 değerlerinin, ancak 80dB beyaz gürültünün ses kayıt stüdyosu hacminin etkilendiği dış gürültü düzeyi olarak kabul edildiği durumda istenileni veriyor olmasıdır. Oysa performans odasında enstrümanlar çalınırken oluşan gürültü düzeyleri dış gürültüden daha fazla olacağı için (örn: 100dB), performans odası yapı elemanları için sağlanacak değerlerin enstrüman gürültü düzeyleri baz alınarak seçilmesi gerekir.

Bu durumda STC 56 ve STC 60 değerleri yalnızca kontrol odasının duvarları için geçerli olabilir. Ancak burada da komşu yapılar var ise, kontrol odasının maruz kaldığı dış gürültü düzeyleri ve/veya dinleme evresinde oluşan gürültü düzeyleri artarsa, sağlanması gereken ses geçiş kaybı değerleri daha da yükselecektir. Çünkü ses kayıt stüdyolarında dış gürültülerin içeriye girmesini önlemek kadar içteki gürültülerin dışarı çıkması veya bitişik hacme geçmesi de önlenmelidir. Örneğin STC 56 ve STC 60 değerleri, kontrol odası için gereken geri plan gürültü düzeylerini sağlıyorsa da, performans odasında prova veya kayıt esnasında kontrol odasına dolaylı ve dolaysız şekilde geçecek olan gürültü, kontrol odasının mevcut konfor koşullarını bozacaktır. Bu nedenle NC-15 ve NC-20 hedeflenen stüdyoların performans odalarında sırasıyla STC 80 ve STC 76 değerleri hedeflenmelidir. Ayrıca üst düzey profesyonel ses kayıt stüdyolarında herhangi bir hata olasılığını önlemek için kontrol odaları da performans odalarına yakın STC değerlerinde inşa edilir.

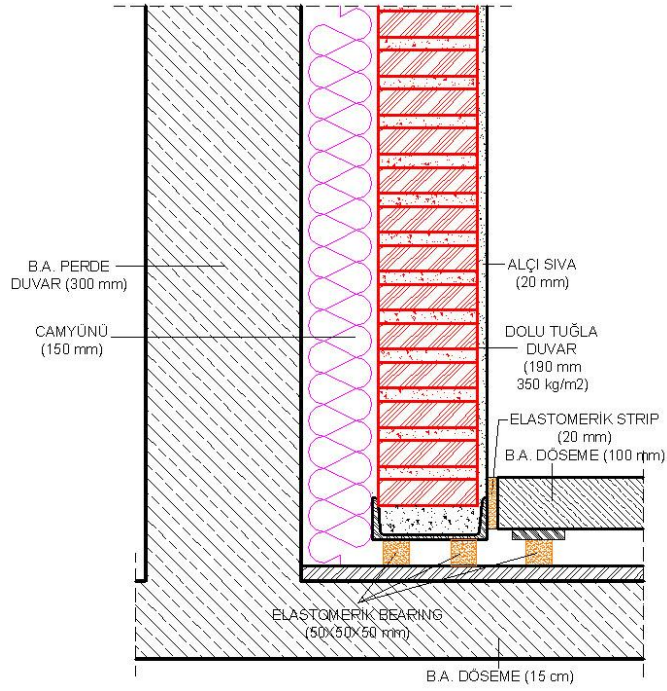
Ses kayıt stüdyoları için gereken ses geçiş kaybı değerleri yalnızca homojen duvarlar için düşünüldüğünde daha kolay elde edilebilirken bileşik cidarlar (kapı ve pencere bulunduran) için söz konusu değerler daha zor sağlanacaktır. Çünkü kapı ve pencereler yapı elemanlarının en hafifleridir ve dolayısıyla zincirin en zayıf halkalarıdır (bkz. Bölüm 4.1.1.1). Bu nedenle, ses kayıt stüdyolarında performans odası ve varsa izolasyon kabinlerinin kontrol odasıyla görsel iletişimini sağlayacak yapı kabuğunda tasarlanacak pencereler ile hacimlere giriş çıkışları sağlayacak kapıların detaylandırma ve uygulamasına özel bir önem verilmelidir. Şekil 5.8' de, iki ses kayıt stüdyosundan oluşan bir stüdyo kompleksinin planı verilmiştir. Bu stüdyoların kontrol odaları ve performans odalarının dış duvarları 30cm kalınlığında

betonarme perdeden oluşmaktadır. Tavan ve döşemeler 15cm kalınlığında betonarmedir. Kontrol odaları bitişik nizam hacimlerden dilatasyon derziyle ayrılmıştır ve kontrol odalarına bitişik hacimlerin de duvarları 25cm kalınlığında betonarme perdedir. Stüdyoların performans odaları hava doğuşumlu ve katı doğuşumlu gürültülere karşı kutu içinde kutu prensibine göre tasarlanmıştır.

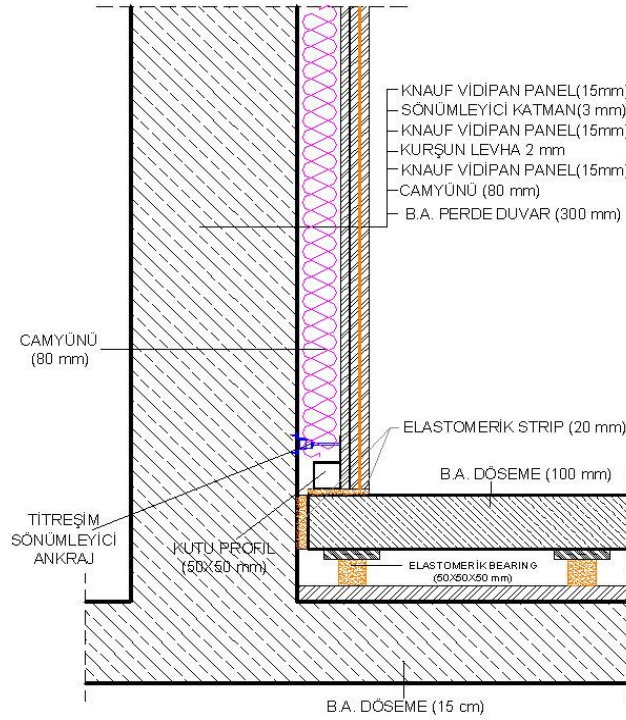


Şekil 5.8 İki ses kayıt stüdyosundan oluşan bir stüdyo kompleksi planı (Karagözoğlu, 2003)

Bölüm 5.1.3' ün bu kısmında, söz konusu stüdyoların performans odalarının duvarları için gerekli ses geçiş kaybını sağlayacak detay örnekleri verilecek ve bu detaylar açıklanarak tasarım kriterlerine yaklaşım anlatılacaktır (Şekil 5.9 ve Şekil 5.10). Daha sonra ise ses kayıt stüdyoları için gereken sessizlik koridoru, pencere, kapı uygulamaları alt başlıklar halinde incelenerek bunlara ait tasarım kriterleri de örneklerle açıklanacaktır.



Şekil 5.9 Performans odasında STC 80 değerini sağlayan duvar kesiti-1 (Karagözoğlu, 2003)



Şekil 5.10 Performans odasında STC 80 değerini sağlayan duvar kesiti-2 (Karagözoğlu, 2003)

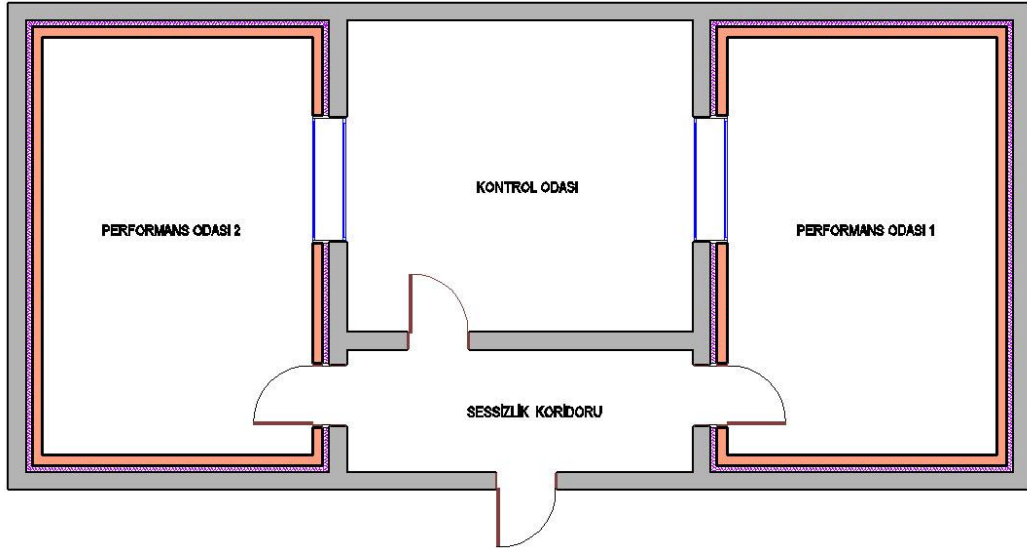
Performans odası duvarı için verilen Şekil 5.9 ve Şekil 5.10, söz konusu performans odaları için gereken ses geçiş kaybı değerlerini sağlayacak nitelikte ancak farklı detaylandırma yöntemleriyle oluşturulmuştur. Bununla birlikte her iki detay için de ortak bazı tasarım nitelikleri -kullanılan malzeme ve sistemler değişik olsa da- göze çarpmaktadır. Her iki

detayda da dış kabuk içersinde oluşturulan yeni kabuğun yapı elemanlarının dış kabukla ve birbirleriyle bağlantılarının gerek duvarda gerek döşemede teknik özellikleri bilinen elastomerik gereçlerle sağlandığı görülmektedir. Ayrıca iç duvarların dış kabukla arasındaki boşluğa camyünü levhalar konulmasıyla söz konusu detayların rezonans frekanslarının daha da düşürülmesi sağlanmıştır. Şekil 5.9' da, kitle ağırlığı yüksek olan dolu tuğla duvarın sağladığı etki, Şekil 5.10' da yoğunluğu arttırılmış alçı levhalar arasına 2mm kurşun levha ile 3mm kalınlığında sönümleyici etkisi olan kauçuk ve/veya mantar esaslı kompozit bir katman konularak elde edilmiştir. Bu kompozit sönümleyici katmanların ciddi firmalar tarafından üretilmiş ürünlerinin kullanılması ve her ürüne ait teknik verilerin laboratuarlarda ölçülüp kağıda dökülmüş olması gerekir. Unutulmaması gereken bir nokta da Şekil 5.10' daki detaylandırmanın daha az yer kaplaması ve hafif yapı elemanları kullanılarak yapıldığı için Şekil 5.9' a göre daha pahalı ancak daha avantajlı olmasıdır. İzolasyon kabinlerinin bulunduğu stüdyolarda ise istenilen ses geçiş kayıplarının sağlanması genellikle (dış kabukla bağlantısı bulunmayan yüzeylerinde) söz konusu hafif yapı elemanları kullanılarak ve çift konstrüksiyonlu uygulamalarla sağlanmaktadır (bkz. Şekil 5.7). Kabinlerin performans odası ve kontrol odasıyla görsel iletişimini sağlayan kapı ve pencerelerin de yine kontrol ve performans odası için uygulanan tasarım kriterleri temel alınarak yapılması gerekir.

5.1.3.1. Sessizlik Koridoru (Sound Lock)

Sessizlik koridoru, kontrol odasıyla performans odası arasındaki sirkülasyonlar sonucu oluşacak gürültülerin bu hacimlere giriş ve çıkışlar sırasında diğer hacimlere ulaşmaması, ayrıca bu hacimlerin, stüdyoların diğer hacimlerinden (örn: bekleme odası, ofis mutfak, vb.) ve kullanıcılarından kaynaklanabilecek gürültülerden izole edilmeleri için tasarlanan koridorlardır. Sessizlik koridorlarının önemli bir görevi de kontrol odası ve performans odası için tasarlanması gereken özel ve geçirimsizlik değeri oldukça yüksek kapı tasarımlarının yükünü hafifletmesidir. Sessizlik koridoru bulunmayan ve kapıların doğrudan söz konusu gürültü faktörlerinden etkilendiği stüdyolarda kapıların tasarlanması ayrı, uygulanması ayrı dikkat gerektirir. Çünkü uygulamada yapılan en ufak bir hata bile zaten geçirimsizlik değerlerini arttırmanın zor olduğu bu kapılarda kayıplara yol açacaktır. Sessizlik koridoru sayesinde gürültü iki aşamalı olarak önce koridorun daha sonra da diğer hacimlerin kapısından geçmeye çalışacağı için kontrol odası ve performans odasının kapılarının maruz kalacağı gürültü düzeyi azaltılmış olacaktır. Bu sayede de çok pahalı ve geçirimsizlik düzeyi oldukça yüksek iki adet kapı tasarlamak yerine hem koridor için hem de söz konusu hacimler

için geçirimsizlik değeri daha düşük iki ayrı kapı uygulaması yapılarak, ekonomi de sağlanmış olacaktır. Sessizlik koridorlarının iç yüzeyleri yutucu gereçlerle kaplanarak buradaki geri plan gürültü düzeyleri daha da azaltılmış olacaktır. Sessizlik koridorları, özellikle profesyonel ses kayıt stüdyoları bünyesinde mutlaka bulunmalıdır. Şekil 5.11’ de, örnek bir sessizlik koridoru gösterilmiştir.



Şekil 5.11 Sessizlik Koridoru

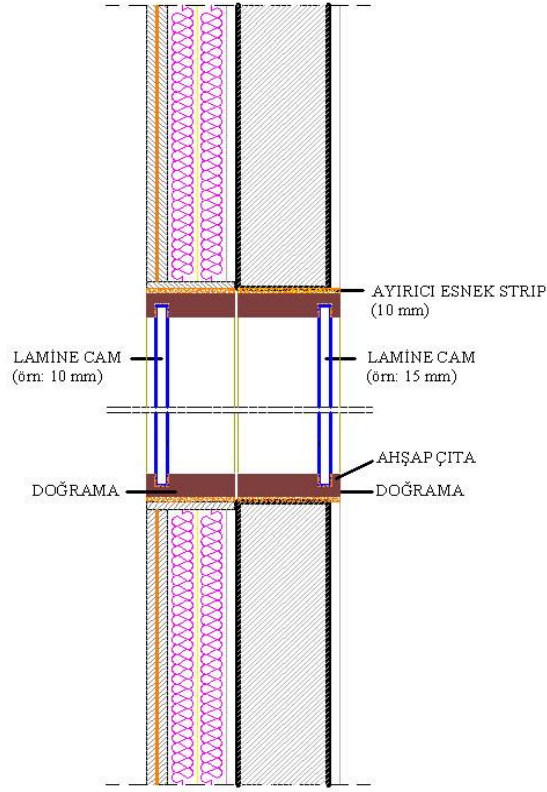
5.1.3.2. Pencere İçin Akustik Tasarım Kriterleri

Kontrol odasıyla performans odası ve izolasyon kabinleri arasında görsel iletişimi sağlayan gözlem penceresi uygulaması her stüdyo için olmazsa olmazdır. Camların geçirimsizlik değerlerinin duvarlara göre çok daha düşük olması başlangıçta dezavantaj olsa da alınan temel önlemlerle, söz konusu yapı elemanının yeterli geçirimsizlik değerinde olması sağlanabilmektedir. Camlar için kütle kanunu esastır. Yani camın kitle ağırlığını arttırmak geçirimsizlik değerini artırırken, rezonans ve frekans rastlaşmaları pratikte bu doğrusal artışı sınırlar ve belli frekans noktalarında düşüşlere sebep olur. Bu etkileri azaltmak ve geçiş kaybı değerlerini azaltmak için camların mümkün olduğunca kalın, ağır ve lamine cam niteliğinde seçilmesinde önemli fayda vardır. Ancak ses kayıt stüdyoları pencereleri için gereken geçiş kayıpları tek bir cam katmanıyla sağlanamaz. Çünkü duvarların geçiş kaybının STC 73 ve üzeri olduğu (üst düzey profesyonel stüdyolar için daha da fazla) düşünüldüğünde, pencerenin geçirimsizlik değerinin duvarınkine mümkün olan en büyük ölçüde yakın olması gerekir. Aksi takdirde yapı elemanının toplam geçirimsizlik değeri oldukça azalacaktır. Bu sebeple stüdyolarda çift cam uygulaması yapılır (Bazı stüdyolarda üçlü cam uygulamaları

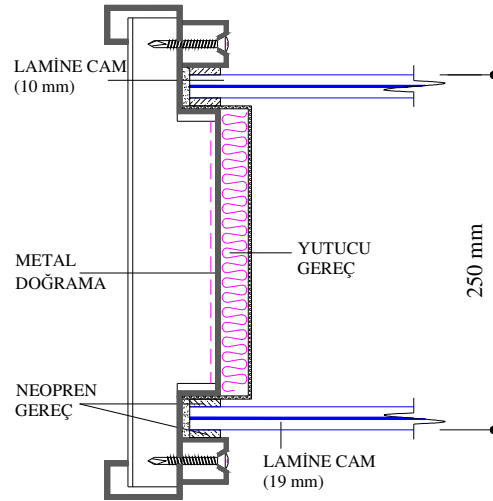
yapılmaktadır ancak üçlü camın tasarlanması ve uygulaması sırasında oluşan problemler, pencerenin geçirimsizlik değerinin iki camlı pencereninkinden daha da düşük olmasına neden olabilmektedir). İyi tasarlanmış ve uygulanmış, sızdırmaz dayanıklı contalarla da açıklıklardan geçme sorununa karşı önlem alınmış çift camlı pencerelerde STC 50 – STC 56' lara kadar geçirimsizlik değerleri sağlanabilmektedir. [42] Ancak söz konusu değerleri elde edebilmek için kalın ve lamine camların kullanılması yanında camlar arasındaki mesafenin 10-12cm'den daha az olmaması gerekir. Aralığın 20cm'den fazla olduğu mesafelerde ise geçirimsizlik değerleri azalarak artmaktadır. Pencerenin doğramasının duvar yüzeylerinden teknik özellikleri bilinen esnek gereçlerle izole edilmeleri ve hatta iki cam için birbirine temas etmeyen iki ayrı doğrama uygulaması gerekir. Ayrıca camlar arasında kalan tüm yüzeylerin söz konusu rezonansları önlemek için yutucu gereçlerle kaplanması gerekir. Pencerelerin lamine cam olması dışında pencere kalınlıklarının birbirlerinden farklı seçilmeleri de yine içeride oluşacak rezonansları önlemede etkilidir. Diğer önemli bir nokta da, kontrol odasıyla performans odasını ayıran yapı elemanında STC 80 hedeflenmiş dahi olsa, yüksek ses geçirimsizliği olan çift pencere uygulamasının yapılması bile bu yapı elemanının toplam STC değerinin belli oranda düşmesini engelleyemeyeceğidir. Bu durumda, yapılan uygulama sonunda söz konusu yapı elemanının toplam ses geçirmezliği STC 73' ün altına düşmemelidir (Smith, 2004).

Eğer performans odası ve izolasyon kabinlerinin görsel iletişimi cam kapılarla sağlanıyorsa bu sefer çift kapı uygulaması yapılmalı, kapılar arasındaki boşluk yine mümkün olduğunca artırılmalı ve her kapı yine kendi içinde kalın ve çift lamine camdan üretilmiş olmalıdır. Kapıların hava sızdırmazlıklarının da en üst düzeyde sağlanmış olmaları gerekmektedir. Kapılar sürgülü olarak da tasarlanabilir ancak bu durumda kasa-kanat ve kanatların birbiriyle hava sızdırmazlığı daha zorlu olmaktadır. Profesyonel stüdyolarda genellikle cam kapılar izolasyon kabinleriyle performans odası arasında kullanılmakta, performans odasıyla kontrol odası, görsel iletişimi yine pencereyle sağlanmaktadır. Şekil 5.12' de ahşap doğramalı bir çift cam detayının uygulama prensipleri gösterilmiştir. Şekil 5.13' de ise, metal doğramalı STC 56 değerinde bir çift cam uygulaması örnek olarak verilmiştir.

Söz konusu detayların hemen altında bulunan Şekil 5.14' de, bir stüdyonun izolasyon kabini ile kontrol odası arasındaki gözlem penceresi ile yine Şekil 5.15' de, performans odası ile izolasyon kabinleri arasında çift camlı iki kapıdan oluşan detay resmi örnek olarak verilmiştir.



Şekil 5.12 Ahşap doğramalı, çift camlı pencere uygulama prensibi



Şekil 5.13 STC 56 değerinde metal doğramalı çift camlı pencere detayı [42]



Şekil 5.14 Kontrol odası ile izolasyon kabini arasındaki gözlem penceresi örneği

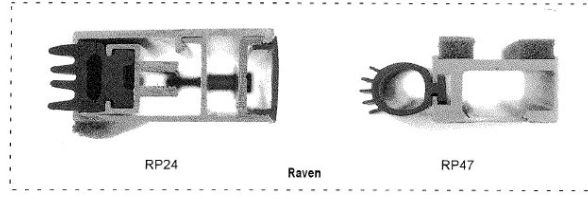


Şekil 5.15 Çift lamine camlı çift kapı uygulaması (İ.T.Ü, MİAM Stüdyosu)

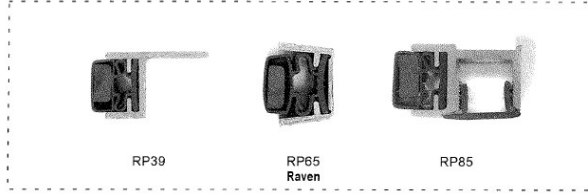
5.1.3.3. Kapılar İçin Akustik Tasarım Kriterleri

Kapıların ses geçiş kaybı değerleri kitle ağırlıkları, katılıkları ve hava sızdırmazlıklarına bağlıdır. Örneğin evlerdeki sıradan ahşap oda kapılarının ses geçiş kayıpları ortalama 20dB' den daha azdır. Bu kapıların kütleleri arttırılıp, contalarla hava sızdırmazlıkları belli oranda iyileştirildiğinde 10dB' e kadar geçiş kayıplarında artış sağlanabilse de yine de söz konusu değerleri önemli ölçüde arttırmak için oldukça ustalıklı detay ve uygulamaların yapılması gerekir. Her ne kadar konutlar için böyle bir gereksinim genel olarak yoksa da ses kayıt stüdyoları için bu durum çok önemlidir ancak kapılarda da pencerelerde olduğu gibi STC 50 ve üzeri değerler elde etmek hem maliyet hem de ustalık gerektirir (Everest, 2001). Özellikle sessizlik koridoru bulunmayan stüdyolarda çift kapı uygulaması yapılması durumunda bile sorunlar oluşabilirken, sessizlik koridorunun varlığı durumunda, bu sorunlar oldukça hafiflemektedir. Örneğin, Şekil 5.11' deki sessizlik koridoru göz önüne alındığında, koridor kapısı ile kontrol ve performans odalarının kapılarının STC 45 - STC 48 değerlerinde olması, bu hacimler için sorunu çözmeye yeterli olabilecektir. Ancak kapılarda söz konusu değerleri elde etmek de kolay değildir. Kapılarda STC 53 - STC 55 değerleri de elde edilebiliyor olsa da bunlar hem ağır, hem çok uğraş gerektiren hem de oldukça pahalı kapılardır. [42] Uygulamada kapıların kasaları da pencerelerde olduğu gibi duvarlardan teknik özellikleri bilinen esnek gereçlerle ayrılmalı ve kutu içinde kutu uygulamasının hem dış hem de iç kabuğunda birbirine temas etmeyen iki ayrı kasadan oluşturulmalıdır. Kapıların özellikle birden fazla binili yapılar, bu binilere de contalama işlemi uygulanarak, hava sızdırmazlıklarının sağlanması gerekmektedir. Kapılarda herhangi bir şekilde anahtar boşluğu, çevrelerinde ise açıklıklar kesinlikle bırakılmamalıdır. Kapıların menteşeleri de açıklık oluşturmayacak menteşelerden seçilmelidir.

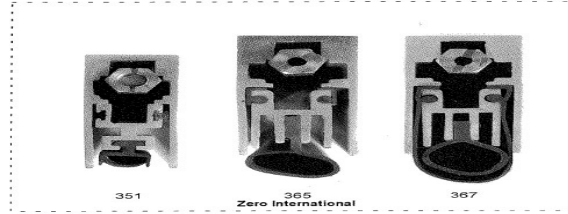
Geçiş kaybı değerleri yüksek kapılar için hava sızdırmazlığı sağlayan contaların nitelikleri de önemlidir. Bu contaların hiçbir şekilde kolay yıpranan ve yırtılan cinsten olmamaları gerekir. Bu kapıların çevrelerinde sıkıştırma contaları (compression perimeter seals) ve manyetik contalar (magnetic perimeter seals), kapı eşikleri için ise eşik contaları (ki bunlar kimi zaman otomatik olarak aşağı inen contalar olabilir) kullanılmalıdır (Plumb, Cantab ve Clark, 1994). Şekil 5.16' da, çeşitli conta örnekleri verilmiş, Şekil 5.17' de ise örnek bir kapıda farklı tip contalar kullanılarak elde edilmiş R değerleri gösterilmiştir.



Sıkıştırma Contaları

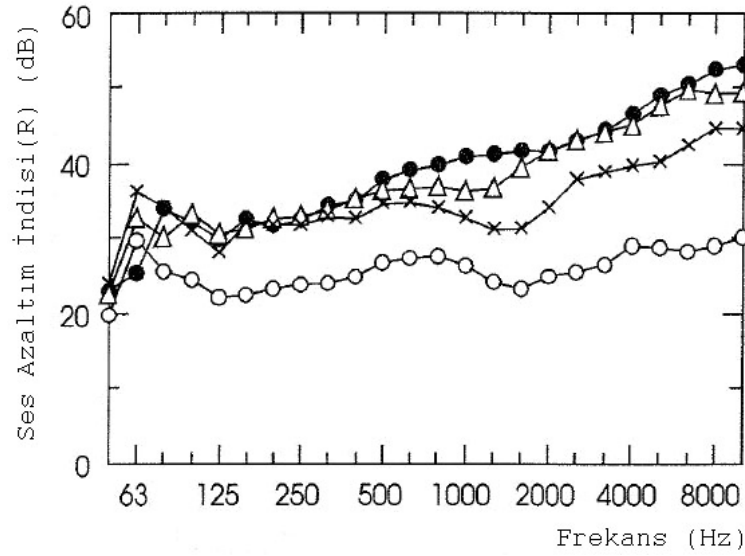


Manyetik Contalar



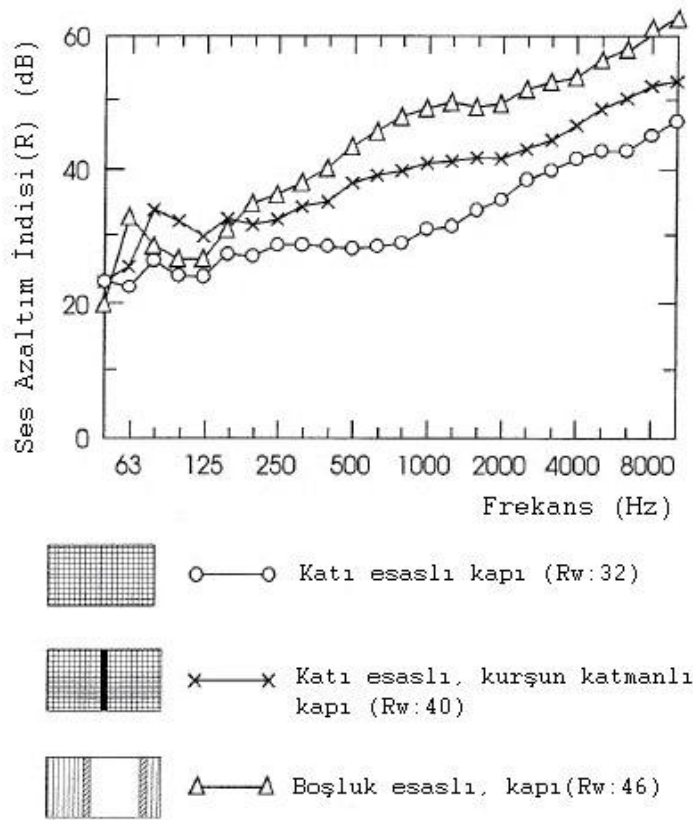
Eşik Contaları

Şekil 5.16 Çeşitli conta örnekleri (Plumb, Cantab ve Clark, 1994)



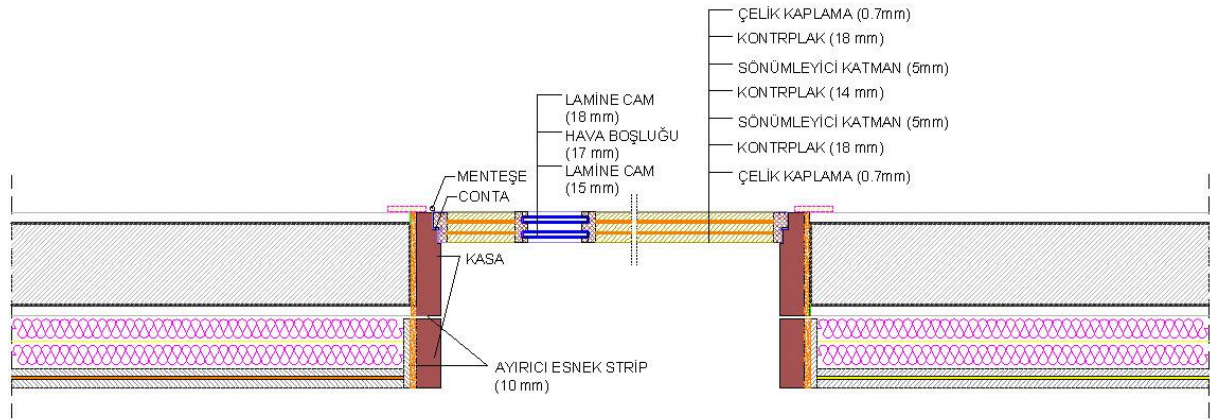
Şekil 5.17 Örnek bir kapıda farklı tip eşik ve contalar kullanılarak elde edilmiş R değerleri (Plumb, Cantab ve Clark, 1994)

Kapıların kalınlıkları arzulanan STC ve R_w değerlerinin yükselmesiyle birlikte artabilmektedir (örn: 57mm), ancak kalınlıkları arttıkça kapılar ergonomik olmaktan çıkmaya başlar. Diğer önemli bir nokta da kapının malzemesi ve yapılış sistemidir. Söz konusu kapılar katı esaslı (solid-cored) ve boşluk esaslı (air-cored) yapılabilmektedir. Bunlardan boşluk esaslı metal kapılar, içlerinde genellikle en pahalıdır. Katı ve boşluk esaslı kapılar, MDF veya kontrplaktan yapılmaktadır. Bu sistemlerden boşluk esaslı ahşap ve metal kapılar diğerlerine göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Çünkü bu kapılarda sönümleyici katmanlar ve yutucu gereçler kullanılarak içerde oluşabilecek rezonanslar önlenmektedir. Ayrıca boşluk esaslı kapıların katmanlarının farklı kalınlıklarda kullanılması da özellikle ahşap kapılarda bu sorunları çözmeye yardımcıdır (Plumb, Cantab ve Clark, 1994). Katı esaslı ve boşluk esaslı kapıların STC değerlerinin daha da artırılması istendiğinde, söz konusu kapılar metal dış kaplamalarla kompozit olarak da kullanılabilir. Ayrıca yine her iki tip kapının içinde kurşun katman kullanılarak kapının kitle ağırlığı ve dolayısıyla sağladığı STC değeri yükseltilebilir. Şekil 5.18’ de, değişik tip kapıların ses azaltım indisleri ve karşılık geldikleri R_w değerleri gösterilmiştir.

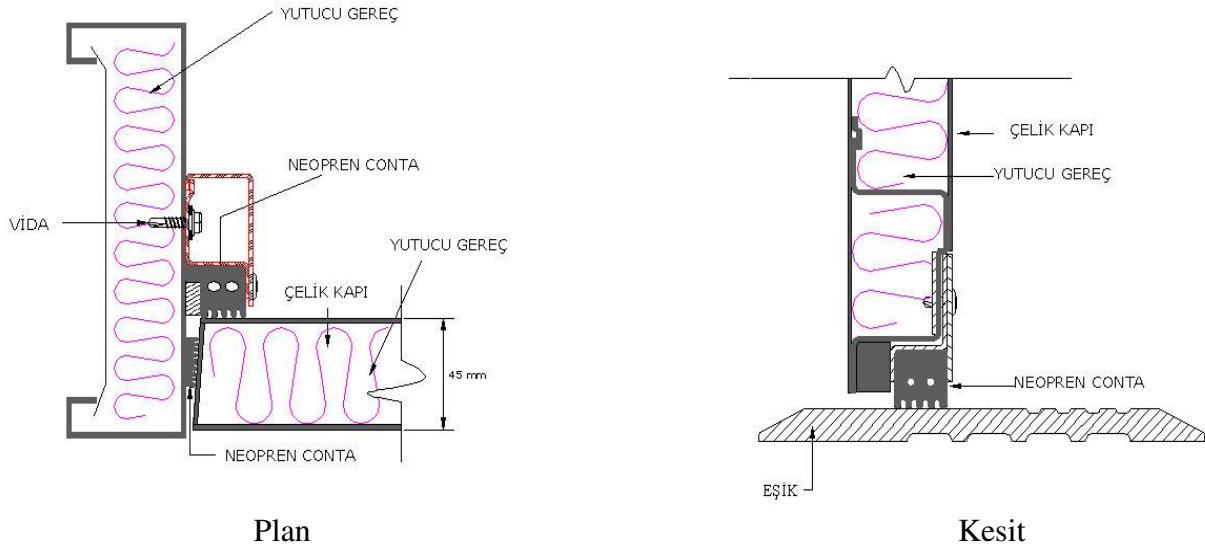


Şekil 5.18 Değişik tip kapıların R_w değerleri (Plumb, Cantab ve Clark, 1994)

Ses kayıt stüdyosu kapılarında genellikle küçük ölçülerde bir de gözlem penceresi bulunmaktadır. Söz konusu pencerenin oranı kapıya göre oldukça küçüktür ve yine iki katman halinde farklı kalınlıklarda ağır lamine camlardan oluşturulmalıdır. Kapılar tek kanatlı veya çift kanatlı olabilir. Şekil 5.19’ da tek kanatlı R_w 48 değerinde, çelik kaplamalı ve içerisinde sönümleyici katmanlar olan gözlem pencereli kontrplak bir kapı detayı gösterilmiştir. Şekil 5.20’ de de, çelikten yapılmış ve içerisi yutucu gereçle dolu STC 53 değerinde bir kapı eşik detayıyla birlikte verilmiştir.



Şekil 5.19 R_w 48 değerinde boşluk esaslı ve çelik kaplamalı kontrplak kapı (Karagözoğlu, 2003)



Şekil 5.20 R_w 53 değerinde boşluk esaslı çelik kapı [42]

Şekil 5.21’ de ise bir ses kayıt stüdyosunun performans odasına ait bir kapının fotoğrafı görülmektedir.

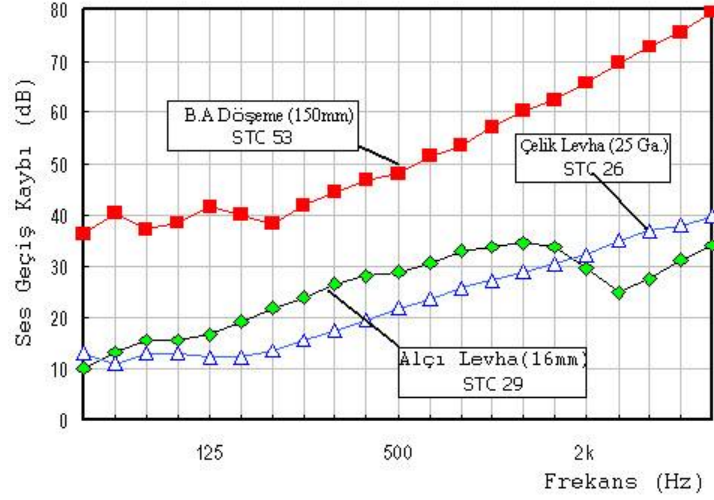


Şekil 5.21 İ.T.Ü MİAM ses kayıt stüdyosu performans odası kapısı

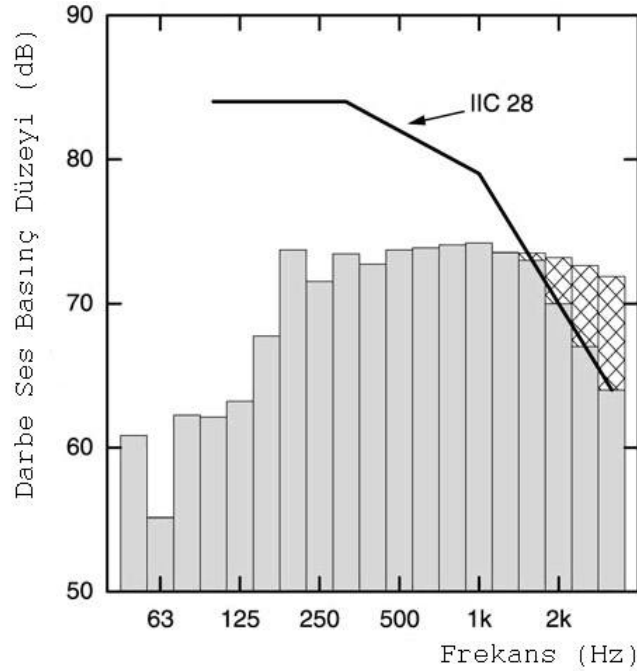
5.1.4. Döşemeler İçin Akustik Tasarım Kriterleri

Döşemeler söz konusu olduğunda gürültü denetimi kapsamında hava doğuşumlu seslerle birlikte katı doğuşumlu titreşim ve darbe gürültüleri de mutlaka hesaba katılmalıdır çünkü hava doğuşumlu gürültülere karşı etkinliği oldukça fazla olan bir tavan veya döşeme, katı doğuşumlu gürültüler için (darbe sesi, titreşim gürültüsü) yeterince ses geçiş kaybı sağlayamayabilir veya bunun tam tersi de geçerlidir. Örneğin konut ve ofis gibi yapılarda darbe gürültüsünü azaltmak için döşemelerde halı kullanmak bile belli oranda fayda sağlayabilirken, halının döşemenin hava doğuşumlu ses geçiş kaybı değerine katkısı oldukça azdır. Sağlanması gereken ses geçiş kaybı değerleri artmaya başladıkça ise profesyonel önlemler almak gerekmektedir ve genellikle döşemelerde hem hava hem de katı doğuşumlu ses geçiş kaybı değerlerinin yüksek olduğu uygulamalar tercih edilmelidir.

Şekil 5.22’ de, 150mm betonarme döşemenin hava doğuşumlu gürültüleri karşı sağladığı STC 53 değeri ve hemen altında Şekil 5.23’ de ise aynı döşemenin darbe gürültüsüne karşı sahip olduğu IIC 28 değeri gösterilmiştir.



Şekil 5.22 150mm betonarme döşemenin hava doğuşumlu ses geçiş kaybı değerleri





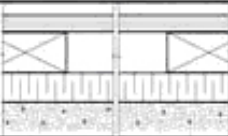




Şekil 5.23 150 mm betonarme döşemenin katı doğuşumlu ses geçiş kaybı değerleri [34]

Bu iki grafikten 150mm betonarme döşemenin hava doğuşumlu seslere karşı etkinliğinin oldukça iyi ancak katı doğuşumlu seslere karşı ise oldukça zayıf olduğu görülmektedir. Bu bakımdan hem hava hem katı doğuşumlu ses geçiş kaybı değerleri yüksek bir betonarme döşeme elde etmek için esnek gereçlerle kompozit uygulamalar yapılmalıdır. Bu sayede

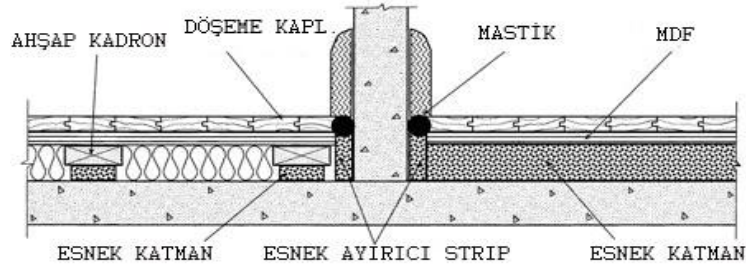
döşemenin IIC değeri artacaktır. Ancak yapılan uygulamalarda döşemenin STC, R_w değerlerinin düşürülmemesine de özen gösterilmelidir. Şekil 5.24' de, 150mm betonarme döşemenin esnek katmanlarla ve bu katmanlar olmadan doğrudan farklı döşeme kaplamalarıyla kullanıldığında, darbe gürültüsüne karşı sağladığı IIC değerlerinin yaklaşık değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.7 150 mm betonarme döşeme için kompozit uygulamalar ve IIC değerleri [35]

	KAPLAMA TÜRÜ	IIC
	Seramik veya memmer kaplama	28
	Vinil döşeme kaplaması	35-40
	19 mm parke kaplama	30-35
	6 mm esnek katman üzerine, 19 mm parke kaplama	45-50
	25 mm camyünü üzerinde, 40x90 mm ahşap kadron üzerine çakılmış, 16 mm OSB veya kontrplak kapl.	50-55
	25 mm mineral yünü üzerine 35mm betonarme döşeme uygulaması	60-65
	Esnek katman üzerine serilmiş halı	75-85

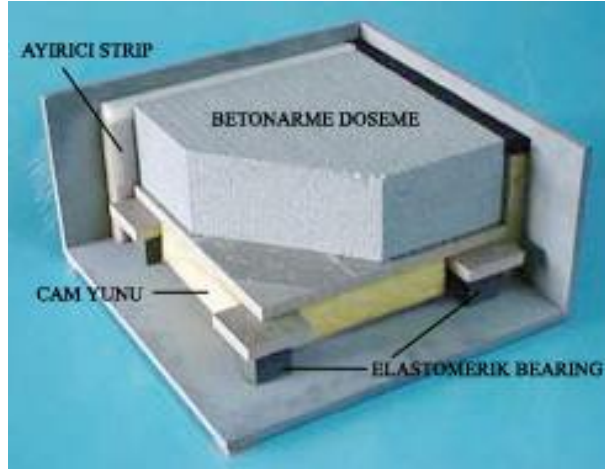
Katı doğuşumlu gürültülerin azaltılmasında veya önlenmesinde döşemenin ağırlığı, döşemenin tipi (örn: betonarme, çelik, ahşap kirişli, vb.) ve döşeme bitiş malzemesi oldukça önemlidir. Ancak unutulmamalıdır ki, bir döşeme bitiş malzemesi her tip döşeme için aynı ses geçiş kaybı değerlerini sağlamaz. [35]

Döşemelerin hem hava hem de katı doğuşumlu gürültülere karşı ses geçiş kaybı değerlerini yükseltmek için ise en etkili yöntem yüzer döşeme uygulamalarıdır. Ses kayıt stüdyoları gibi kritik dinleme hacimlerinde hava doğuşumlu gürültüler kadar katı doğuşumlu gürültülerin etkilerinin de en aza indirilmesi gerekmektedir. Kutu içinde kutu prensibi kapsamında döşemenin yüzer döşeme yapılmasının nedenlerinden biri de budur. Yüzer döşeme uygulamalarında mevcut döşeme (betonarme, çelik, ahşap, vb.) cam yünü, taş yünü ve esnek malzemelerle yeni yapılan döşemeden ayrılır. Bu malzemeler bazen tek başına bir katman olarak bazen ise bir arada kullanılabilir. Şekil 5.24' de, her iki durumu da gösteren yüzer döşeme uygulamaları örnek olarak verilmiştir. Bilinmesi gereken önemli bir nokta da her yüzer döşemenin her zaman her iki tip gürültü için de aynı etkinliği göstermeyebileceğidir. Bu bakımdan yüzer döşeme detaylandırması doğru seçilmelidir.



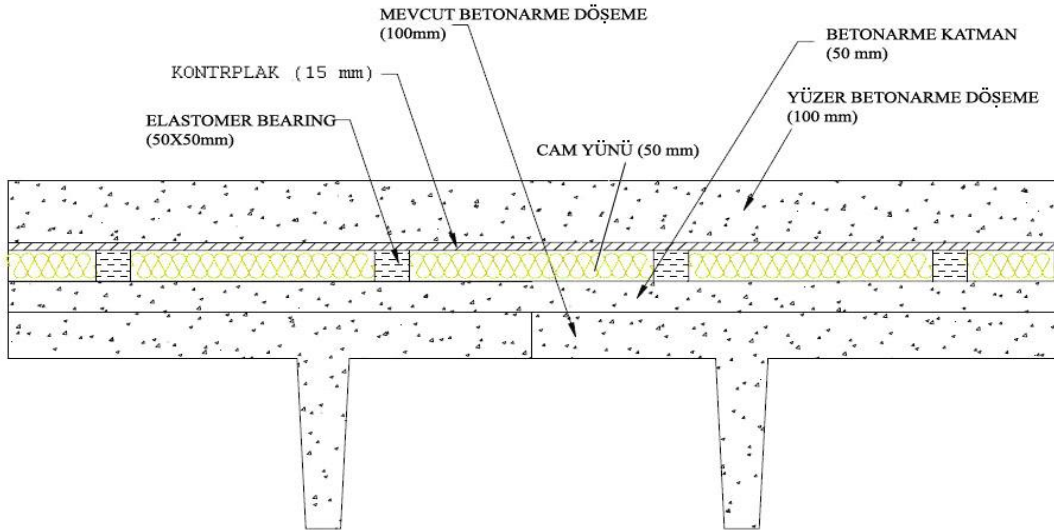
Şekil 5.24 İki ayrı tip yüzer döşeme uygulaması

Adı geçen elastomerik ve esnek malzemeler, bazı hacimlerde teknik özellikleri bilinmeden kullanıldıklarında dahi olumlu sonuçlar verebilirken ses kayıt stüdyosu gibi hacimlerde yapılacak uygulamalarda kullanılacak tüm malzemelerin teknik özellikleri bilinmelidir. Örneğin ses kayıt stüdyosu yüzer döşeme uygulamalarında kullanılan elastomerik malzemelerin rezonans frekansları, katlıkları, dinamik esneklikleri mutlaka laboratuvarlarda ölçüm sonuçlarıyla belirlenmiş ürünler arasından seçilmelidir. Ses kayıt stüdyosu gibi hem hava hem de katı doğuşumlu gürültüleri karşı oldukça yüksek düzeyde ses geçiş kaybı gerektiren hacimlerde yüzer döşeme uygulanmasının bir sebebi de döşemenin rezonans frekansını mümkün olduğunca düşürebilmektir (örn:10Hz). Çünkü insan kulağı alçak frekanslara daha az duyarlıdır ve yüzer döşeme uygulamalarında etkin yalıtım, rezonans frekansının üzerindeki frekanslarda elde edilir. Bu bakımdan teknik özellikleri bilinen elastomerik malzemeler kullanılarak (örn: elastomerik bearing) oluşturulan yüzer döşemenin kitle ağırlığı da oldukça yüksek olmalıdır. Çünkü kitle ağırlığı arttıkça döşemelerin hem hava hem de katı doğuşumlu gürültüler tarafından titreştirilmeleri güçleşecektir. Yüzer döşeme uygulamalarında mevcut döşemenin de hava ve katı doğuşumlu gürültüleri karşı ses geçiş kaybı bilinmelidir ve detaylandırmada hesaba katılmalıdır. Profesyonel ses kayıt stüdyolarında döşemenin rezonans frekansını istenilen oranda düşürebilecek ağırlıkta yüzer döşeme uygulamaları, genellikle betonarme döşemelerle sağlanabilmektedir. Ancak betonarme döşeme bu çözüm için, adı geçen elastomerik bearing ve hava boşluğunda kullanılan yutucu gereçlerle kompozit olarak kullanılmalıdır. Bu sistem çözümüyle hem hava hem de katı doğuşumlu gürültüler için istenilen ses geçiş kaybı değerleri sağlanmış olacaktır. Rezonans frekansının daha düşük tutulması (örn: 3-7 Hz) ve döşeme üzerine binen yüklerin artması sebebiyle ayrıca yaylı elastomerik izolatörler de kullanılabilir. Şekil 5.25' da bir betonarme yüzer döşeme detayı örnek olarak verilmiştir.

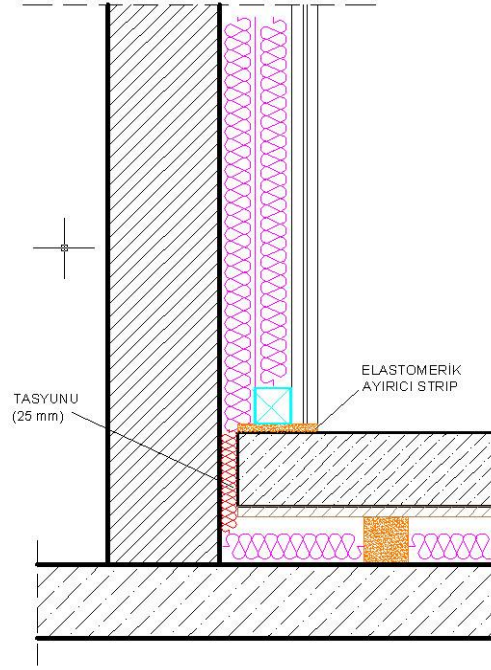


Şekil 5.25 Betonarme yüzer döşeme uygulaması [43]

Şekil 5.26' da, STC 73 ve IIC 70 değerinde bir betonarme yüzer döşeme örneği gösterilmiştir. Bu detayda elastomerik bearing' lerin niteliklerinin, aradaki hava boşluğunun ve döşeme kalınlıklarının değiştirilmesiyle yüzer döşemenin her iki tip gürültüye karşı etkinliği daha da artırılabilir. Ayrıca döşemeler de duvarlarda olduğu gibi hem mevcut yapı dış kabuğundan hem de iç kabuktaki diğer yapı elemanlarıyla elastik ayırıcı şeritler (strip) veya taş yünü gibi mineral yünü malzemelerle ayrılmalıdır. Şekil 5.27' de ise yüzer döşeme duvar birleşim detayı gösterilmiştir.



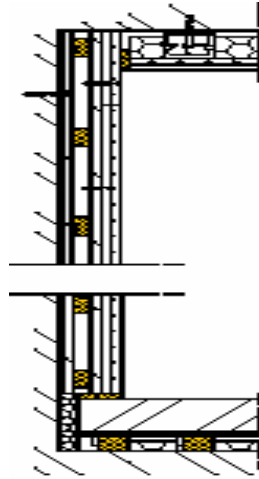
Şekil 5.26 STC 73 ve IIC 70 değerinde yüzer döşeme detayı [44]



Şekil 5.27 Yüzer döşeme duvar birleşim detayı

5.1.5. Tavanlar İçin Akustik Tasarım Kriterleri

Döşemeler için akustik tasarım kriterlerine değinilirken (bkz. Bölüm 5.1.3), bir kat içinde yer alan ses kayıt stüdyosu hacminin ele alındığı ve bu hacimde kutu içinde kutu uygulaması yapıldığı varsayıldığı için, döşemeler döşeme/tavan bileşeni şeklinde değil sadece o katın döşemesi olarak ele alınmıştı. Bu bölümde, önce tavanlar da söz konusu yöntemle tek başlarına ele alınacak daha sonra ise döşeme/tavan bileşeni olan durumlar için örnekler verilecektir. Şekil 5.28’ de, bir kat içinde yer alan ses kayıt stüdyosu hacmi için oluşturulması gereken kutu içinde kutu prensibi detay kesiti gösterilmiştir.



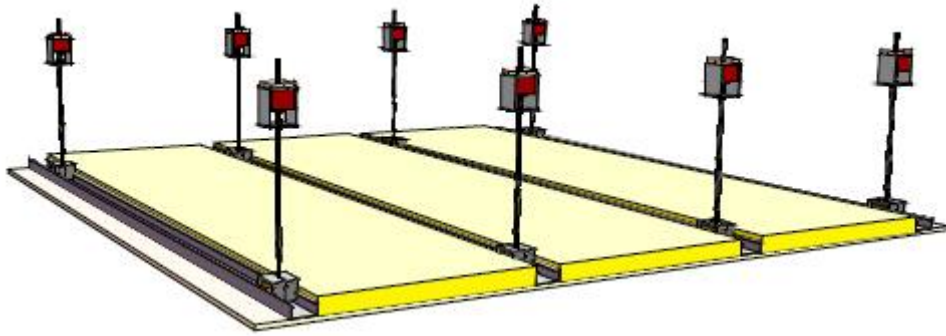
Şekil 5.28 Bir kat içerisinde kutu içinde kutu uygulaması (kesit)

Döşemelerde olduğu gibi tavanlarda da gürültü denetimi kapsamında hava doğuşumlu seslerle birlikte katı doğuşumlu titreşim ve darbe gürültüleri de mutlaka hesaba katılmalıdır. Çünkü daha önce de değinildiği gibi bu tip gürültülere karşı döşemelerin etkinliği farklı olabilmektedir. Ayrıca strüktürün niteliği (betonarme, çelik, ahşap, vb.) ve mevcut döşemenin kitle ağırlığı ile ses geçiş kaybı değerleri de tavanlar için uygulanacak sistem ve detayları belirlemede önemli rol oynar. Ses kayıt stüdyosu gibi kutu içinde kutu uygulaması yapılan hacimlerde, üst katlardan gelebilecek hava ve katı doğuşumlu dolaysız ve dolaylı gürültülere karşı en etkin yöntem asma tavan uygulamaları yapmaktır. Söz konusu asma tavan uygulamalarının sağlamaları gereken ses geçiş kaybı değerlerinin yüksekliği düşünüldüğünde piyasada kullanılan standart askı ve profillerle yapılamayacakları görülecektir. Ayrıca kutu içinde kutu prensibi düşünüldüğünde asma tavanların da hem hava hem katı doğuşumlu gürültüleri izole edebilmesi için bir nevi ‘yüzer tavan’ gibi düşünülmesinin gerekliliği ortaya çıkar ve bu sorun ancak titreşim sönümleyici özel tavan askıları kullanılarak çözülebilir. Bu askılar, hem uygulandıkları mevcut döşemenin darbe ve titreşimlerini asma tavan konstrüksiyonuna iletmeyecek hem de asma tavanın hava doğuşumlu cidar titreşimlerini sönümleyerek, mevcut döşemeye iletilmesini önleyecek elastomerik katmanlar bulundurlar (örn: neopren, kompozit kauçuk veya mantar esaslı malzemeler, vb.). Bu elastomerik katmanların da rezonans frekansları, dinamik esneklikleri ve diğer tüm teknik verileri mutlaka bilinmelidir. Çünkü yüzer döşemelerde olduğu gibi asma tavanlar da ses kayıt stüdyosu gibi kritik dinleme hacimlerinde uygulandığı döşemenin rezonans frekansını mümkün olduğunca düşürecek şekilde tasarlanmalıdır (Fowler, Rose, 1990). Ayrıca bu askılar asma tavanın toplam yüküne ve sağlayacağı geçirimsizlik değerine göre sınıflandırılmıştır ve hepsinin belirli yük taşıma kapasiteleri vardır. Yüklerin oldukça fazla olduğu durumda yaylı askılar da kullanılmaktadır. Şekil 5.29’ da, biri yaylı biri de elastik katmanlı titreşim sönümleyici askılar örnek olarak görülmektedir. Askılar döşemeye beton dübelleriyle monte edilir.



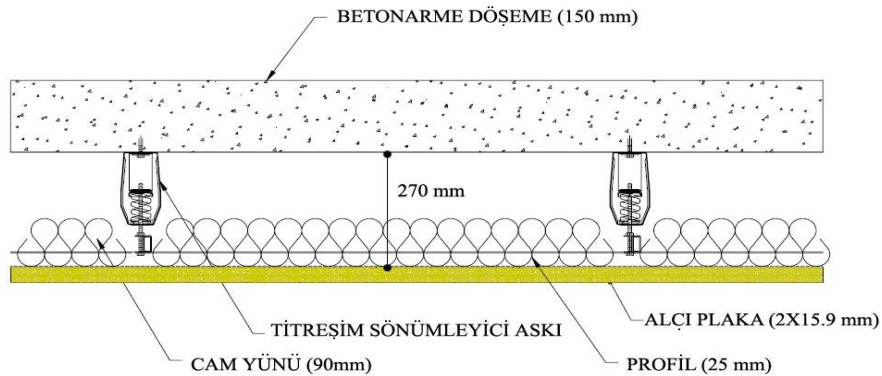
Şekil 5.29 Titreşim sönümleyici askılar [37]

Asma tavan uygulamalarında mevcut döşemeyle asma tavan arasındaki boşluk arttıkça ve bu boşlukta mineral yünü ve/veya cam elyafı gibi gözenekli gereçler kullanıldığında döşemenin hem hava hem de katı doğuşumlu gürültülere karşı etkinliği artar. Burada kullanılan gözenekli gereçler asma tavanın rezonans frekansını düşürüp, kitle ağırlığını ve böylece rijitliğini de arttıracaktır. Askılar taşıyacakları yüke göre belirli aralıklarda döşemeye monte edildikten sonra (örn: 60cm) bunlara profiller (kutu profil, galvaniz profil, vb.) geçirilip veya kaynaklanarak asma tavan katmanlarını taşıyacakları bir konstrüksiyon oluşturulur. Daha sonra ise seçilen detaya göre katmanların uygulanmasına geçilir. Duvarlar ve yüzer döşemede olduğu gibi asma tavan uygulaması da iç kabuktaki diğer yapı elemanlarından esnek ayırıcı strip' lerle ayrılmalıdır. Şekil 5.30' da, titreşim sönümleyici askılarla yapılmış örnek bir asma tavan uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 5.30 Titreşim sönümleyici askılarla yapılmış asma tavan uygulaması [37]

Şekil 5.31' de ise yaylı titreşim sönümleyici askılar ve alçıpan levhalar kullanılarak asma tavan uygulaması yapılmış ve ses geçiş kayıpları STC 84 ve IIC 70' e yükselen mevcut 150mm betonarme döşeme örneği görülmektedir.

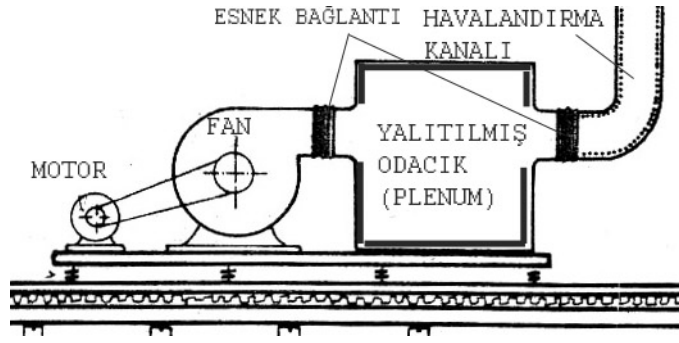


Şekil 5.31 STC 84 ve IIC 70 değerinde bir döşeme-asma tavan örneği [45]

5.1.6. Isıtma, Havalandırma ve Hava Koşullama Sistemleri (HVAC) İçin Akustik Tasarım Kriterleri

Ses kayıt stüdyoları için akustik konfor koşulları kadar ısısal konfor koşulları da oldukça önemlidir. Stüdyolarda ısısal konfor koşulları ısıtma, havalandırma ve hava koşullama sistemleri (HVAC) ile sağlanır. Ancak bu mekanik tesisatlardan yayılan hava ve katı doğuşumlu gürültüler, yeterli önlemler alınmadığı durumlarda hem ses kayıt stüdyosunun akustik konfor koşullarını bozabilir hem de prova ve kayıt esnasında maskeleyme etkisi oluşturabilirler. Oysa kritik dinleme hacimlerinde genellikle HVAC gürültülerinin geri plan gürültüsünden 5-15dB düşük olması gerekmektedir. Bu bakımdan ses kayıt stüdyosunun daha projelendirme aşamasında mimar ve akustik mühendisleri, makine mühendisleriyle işbirliği içerisinde çalışıp mekanik tesisat projelerini söz konusu konfor koşullarını sağlayacak biçimde oluşturmalıdır.

Ses kayıt stüdyolarında havalandırma ve hava koşullaması sistemlerinde gürültü denetimi kapsamında öncelikle tüm sistem gereçlerinin (motor, fan, vb.) ses gücü düzeyi en düşük olanlar arasından seçilmesi ve sistemde kullanılan aygıtların çıkardığı gürültülerin- eğer bunların bulunduğu mekanik odaları ayrı bir yapıda yapma olanağı yoksa- kaynağa olabildiğince azaltılması gerekir. Ayrıca bu mekanik odalar söz konusu durumda performans odası, kontrol odası ve izolasyon kabinlerinden mümkün olan en uzak bölgelerde konumlanmalı ve hem hava hem de katı doğuşumlu gürültülere karşı yine kutu içinde kutu prensibine göre yapılmalıdır. [47] Bununla birlikte mekanik ekipmanların titreşimleri de eylemsizlik kitleleriyle ve diğer elastik gereçlerle sönümlenmeli ve diğer hacimlere yayılması önlenmelidir. Mekanik odalarda motor ve fan gürültülerinin havalandırma kanallarına ulaşan düzeylerini en aza indirmek için kanal bağlantısından önce yapılan iç yüzeyi yutucu gereçlerle kaplı bir odacığın (plenum) oldukça faydalı olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu odacığın fan ve havalandırma kanallarıyla bağlantısının esnek gereçlerle yapılması oluşabilecek titreşimlerin etkilerini de havalandırma kanallarından uzak tutacaktır. Şekil 5.34' de, plenumun fan ve havalandırma kanalıyla bağlantısını veren bir kesit gösterilmiştir.



Şekil 5.34 Plenumun fan ve havalandırma kanalıyla birleşim detayı (Şerefhanoglu, 1999)

Kaynakta denetim sağlandıktan sonra havalandırma kanalları vasıtasıyla ses kayıt stüdyosu hacimlerine yayılan ses gücü düzeyleri ölçülür ve bunlar oktav bantlarda ses basınç düzeylerine dönüştürülerek frekanslardaki ses düzeylerine göre karşılık geldikleri NC (veya NR, PNC, vb.) değerleri belirlenir. Sonraki adımda ise bu değerler stüdyo hacimleri için kabul edilebilir NC değerleri ile karşılaştırılır ve eğer düzeyler kabul edilebilir düzeylerden fazla ise gürültü denetimi önlemleriyle azaltılıp kabul edilebilir sınıra getirilmesi gerekir. Ancak ölçülen bu gürültüler yalnızca motor, fan ve diğer mekanik tesisat gürültülerinden değil havalandırma kanallarının kendisinden de kaynaklanabilmekte ve gürültü düzeylerini arttırabilmektedir. Havalandırma kanallarında havanın farklı ortamlara dağılımı sağlanmaktadır. Havanın taşınması, havalandırma kanallarında yönlendirilmesi ise bant ve dirseklerle yapılmaktadır. Havalandırma kanallarından oluşabilecek gürültüler aşağıdaki gibidir:

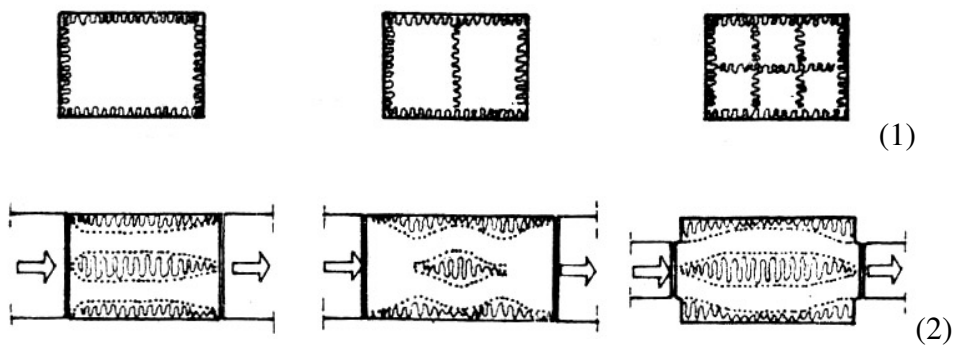
- Dirseklerdeki havanın doğrultu değiştirmesinden oluşan gürültüler
- Kanal içinde yer alan ek parça gürültüleri (örn: kısma vanası)
- Kanalların gevşek tespitinden kaynaklanan gürültüler
- Hava hızından ve havanın kanal iç çeperlerine sürtünmesinden kaynaklanan gürültüler
- Özellikle süreklilik gösteren uzun kanallarda mevcut gürültünün azalmadan ilerlemesi
- Kanal çıkış ızgaralarından kaynaklanan gürültüler (Şerefhanoglu, 1999)

Havalandırma kanallarından doğan söz konusu gürültüleri en aza indirmek için aşağıdaki önlemlerin alınması oldukça faydalı olacaktır.

- Kanalların iç yüzeylerinde sesin yutulmasını sağlamak
- Dirseklerde gürültünün azaltılmasını sağlamak

- Kanal sistemi içinde değişik kollar yaparak gürültünün bölünmesini sağlamak
- Kanalların özellikle zorlanan ve bağlantı yerlerinde kalın metal kullanarak kitleyi arttırmak
- Kanalları titreşim sönümleyici askılarla asmak
- Kanalların geçtiği duvar ve döşeme gibi katı cisimlerle olan bağlantılarını elastik ayırıcı striplerle ayırmak
- Özel kanal kesitleri oluşturmak, kanal içindeki hava hızını düşürmek gibi önlemler almak
- Emme ve üfleme ağızlarında özel detaylar (ızgara, palet ,vb.) uygulamak
- Emme ve üfleme ağızlarının hacimde akustik konfor koşullarını etkilemeyecek şekilde dağılımını sağlamak
- Hacimde yutucu yüzeylerle üflenen havanın gürültüsünü yutmak

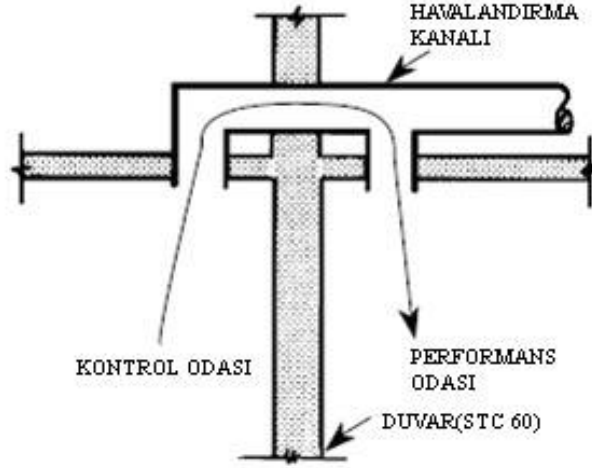
Kanal içinden geçen havada özellikle sesin azaltılması isteniyorsa, kanal iç yüzlerine cam yünü, maden yünü gibi yutucu gereçler yerleştirilir. Pratik olarak kanal boyu sesin azaltılmasında yeterli uzunlukta değilse kanal içinde bölmeler yapılarak yüzey arttırılabilir. Ayrıca kanallar içine özel yapılmış ses yutucu malzemeler konmasında yarar vardır. Bunlar yuvarlka veya dikdörtgen kesitli olabilirler. Kanalların dış yüzeylerine yapılan ısı yalıtımının kanal çeperlerinin ses geçirmezliğine az da olsa katkısı vardır. Ancak ses kayıt stüdyosunda kanalların asma tavanla mevcut döşeme arasında konumlanması gerekliliğinden dolayı böyle bir eyleme gerek yoktur. Şekil 5.35' de değişik yalıtılmış kanal kesitleri ve özel yutucu öğeler gösterilmiştir (Şerefhanoglu, 1999).



Şekil 5.35 Yalıtılmış kanal kesitleri (1) ve özel yutucu öğeler (2) (Şerefhanoglu, 1999)

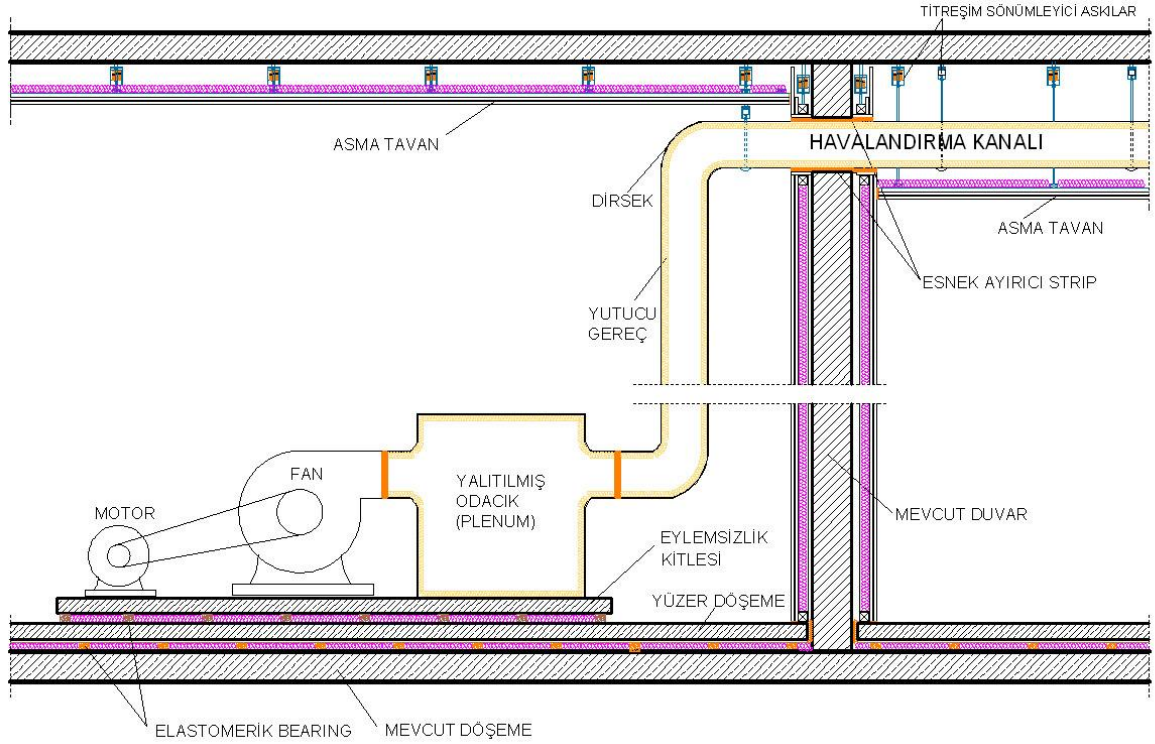
Ses kayıt stüdyosu gibi kritik dinleme hacimlerinde yapılmaması gereken ve sonuçları oldukça pahalıya mal olacak bir durum da havalandırma kanalları yüzünden duvarların 'bypass' olmasıdır. Bu durumda duvarın ses geçiş kaybı değeri ne kadar yüksek olursa olsun

gürültü bitişik hacme rahatlıkla geçecektir (Everest, 2001). Şekil 5.36’ da, söz konusu duruma ait bir örnek verilmiştir.



Şekil 5.36 Havalandırma kanalı yoluyla duvarın ‘bypass’ olması (Everest, 2001)

Ses kayıt stüdyolarının mekanik odalarında ve bunlara bitişik hacimlerde (daha uzakta konumlandırılma şansı yoksa) söz konusu önlemler baz alınarak yapılması gerekenleri gösteren bir kesit, Şekil 5.37’ de gösterilmiştir. Mekanik oda kutu içinde kutu prensibiyle yapılmış olup, mekanik tesisatın titreşimlerine karşı bir de eylemsizlik kitlesi oluşturulmuştur. Detayda da görüldüğü gibi havalandırma kanalı asma tavan ile mevcut döşeme arasında konumlandırılmış, mevcut döşemeye titreşim sönümleyici askılarla asılmış ve duvarlardan elastik ayırıcı striplerle ayrılmıştır. Ayrıca fan ve havalandırma kanalları da plenumla esnek biçimde birleştirilmiştir. Havalandırma kanallarında kullanılan dirsekler hava akışını kolaylaştıracak eğrisel dirseklerden seçilmiş, plenum ve havalandırma kanallarının içi de havanın hızını ve böylece oluşacak gürültünün düzeyini azaltmak üzere yutucu gereçlerle kaplanmıştır.



Şekil 5.37 Örnek bir ses kayıt stüdyosunda HVAC kapsamında alınacak önlemler (Şerefhanoglu, 1999)

5.2. Hacim Akustiği Açısından Gereksinimler

Bölüm 5.1’ de söz edilen gürültü denetimi önlemleriyle ses kayıt stüdyosu hacimleri için kabul edilebilir gürültü düzeylerinin sağlanmasından sonra sıra bu hacimlerde, gereken akustik konfor koşullarının oluşturulması aşamasına gelir. Bölüm 4.2’ de söz konusu konfor koşullarını sağlamada stüdyonun işlevinin, stüdyo hacimlerinin boyutlarının, boyut oranlarının ve geometrilerinin, akustik tasarım parametreleri ile bunların söz konusu hacimler için sağlanması gerekli optimum değerlerinin temel oluşturduğundan ayrıntılı olarak söz edilmiştir. Bu bölümde ise söz konusu kavram ve kriterlerin, her biri kendine has akustik nitelikleri olan performans odası, kontrol odası ve izolasyon kabinleri için bazen birlikte bazen ise ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekliliği vurgulanarak bunların her bir hacim için belirlenmiş optimum değerlerini sağlamak amacıyla tasarım, detaylandırma ve uygulama sırasında izlenmesi gereken yollara değinilecektir.

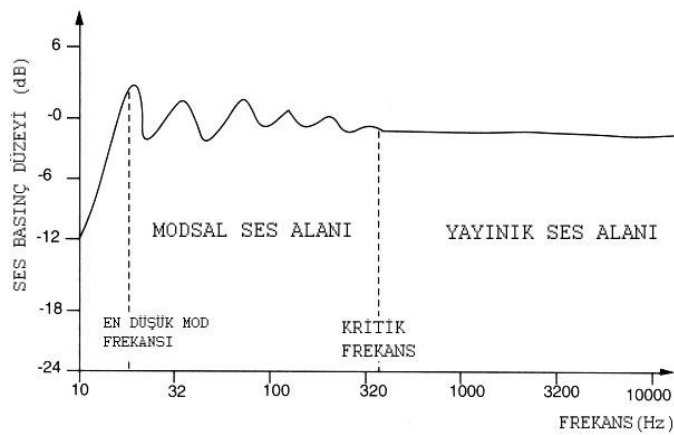
5.2.1. Hacim Biçimlenişi ve Boyutlandırılması

Kontrol ve performans odaları (orkestra ve film müziklerinin kaydedildiği büyük performans odaları hariç) ile izolasyon kabinleri genellikle küçük hacimlerden oluştuğu için bunlar büyük dinleme hacimleriyle (örn: konser salonları, operalar, vb.) aynı kategoride

değerlendirilemez ve akustik konfor koşullarının sağlanmasında birebir aynı yöntemler izlenemez. Örneğin hacim akustiği ile ilgili en önemli standart ISO 3382:1997(E)' dir ve bu standart konser salonları, tiyatrolar gibi büyük hacimlerde hacim akustiği ile ilgili hesap ve ölçüm yöntemlerini içerir (Munster, 2003). Söz konusu standart, performans odası ve kontrol odası gibi küçük hacimler için tanımlanmamıştır ve uygulanabilir değildir, çünkü konser salonu gibi büyük hacimlerde modlar alçak frekanslarda daha homojen dağıldıkları için etkileri daha azdır. Bu nedenle büyük hacimlerin ses alanlarının istatistiksel olarak ilgili frekans bantlarında 'yayınık' olduğu kabul edilerek akustik önlemlerde kullanılan ölçüm ve hesaplamalar da bu kabule göre yapılır. Oysa küçük hacimlerin ses alanları yayınık değildir ve özellikle alçak frekanslarda modların etkisi oldukça güçlüdür (bkz. Bölüm 4.2.1.3). Söz konusu kavram kritik frekans alt başlığı altında daha ayrıntılı açıklanmıştır.

5.2.1.1. Kritik Frekans (Critical Frequency)

Hacimlerin modsal alçak frekans bölgesinin, hacim boyutları küçüldükçe baskınlık kazanması sonucu bu bölgenin artık yayınık ses alanı kabul edilememesi nedeniyle bu bölge için alışlagelmiş yansım süresi hesaplamaları kullanılamaz. Bu bakımdan, hacimler için yayınık ses alanı ile baskın modsal alçak frekans alanının sınırını belirleyen bir frekans tanımlanmıştır. Buna kritik frekans (f_c) denir. Hacim büyüdükçe kritik frekans alçalarak ses alanının dışına doğru kayarken, hacim küçüldükçe frekansı daha da artacaktır. Şekil 5.38' de, kritik frekans ve ikiye ayırdığı modsal ve yayınık ses alanları gösterilmektedir. [48]



Şekil 5.38 Kritik frekans ve ikiye ayırdığı ses alanları [48]

1954' te Schroeder kritik frekansı tekrar tanımlayarak aşağıdaki formülü geliştirmiştir. Bu formüle göre kritik frekansa 'Schroeder Frekansı' da denilmektedir.

$$f_c = 2000 \sqrt{\frac{T_{60}}{V}} \quad (5.3)$$

f_c : Kritik frekans (Hz)

T_{60} : Yansıma süresi (s)

V : Hacim (m^3)

Kritik frekans göz önüne alındığında ses kayıt stüdyosu tasarımında kontrol odası, performans odası ve izolasyon kabinleri gibi küçük hacimlerin boyutlandırılması ile modsal frekans bölgelerinde bu hacimler için alınacak önlemlerin diğer büyük dinleme hacimlerinden daha farklı olması gerektiği görülmektedir.

5.2.1.2. Hacim Boyutlarının ve Boyut Oranlarının Seçimi

Bölüm 4.2.1.2' de ses kayıt stüdyosu tasarımı kapsamında modların daha sık ve düzgün dağılımını sağlayıp etkilerini en aza indirmek için farklı akustikçiler tarafından tanımlanan optimum hacim oranlarıyla ilgili kriterlerin kullanıldığına değinilmişti. Her ne kadar performans ve kontrol odasının akustik nitelikleri farklılık gösterse de küçük dikdörtgen prizması biçimli hacimlere yönelik tanımlanan bu oranlar söz konusu iki hacim için de kullanılmaktadır. Ses kayıt stüdyoları tasarımında dikdörtgen hacimlerin kullanılmasının nedeni hem kolay inşa edilebilir ve ekonomik olmaları hem de söz konusu eksenal, teğetsel ve eğik modların daha kolay ve kriterler baz alındığında daha kesin hesaplanabiliyor olmalarıdır. Günümüzde optimum hacim oranlarını söz konusu kriterlerle kıyaslayıp veren bilgisayar yazılımları yanında farklı akustikçiler tarafından belirlenen hacim oranları kullanılarak da uygun bir başlangıç noktası oluşturulabilmektedir. Çizelge 5.8' de, farklı akustikçiler tarafından bulunan hacim oranlarından zaman içerisinde sıklıkla kullanılan bazıları bir kez daha bir arada örnek olarak verilmiştir.

Çizelge 5.8 Farklı akustikçiler tarafından ortaya konan bazı ideal hacim oranları (Everest, 2001)

KAYNAK		YÜKSEKLİK	GENİŞLİK	UZUNLUK	BOLT ALANINA DAHİL Mİ?
1. Sepmeyer	A	1.00	1.14	1.39	HAYIR
	B	1.00	1.28	1.54	EVET
	C	1.00	1.60	2.33	EVET
2. Louden	D	1.00	1.4	1.9	EVET
	E	1.00	1.3	1.9	HAYIR
	F	1.00	1.5	2.5	EVET
3. Volkmann 2 : 3 : 5	G	1.00	1.5	2.5	EVET
4. Boner 1: $\sqrt{2}$: $\sqrt{4}$	H	1.00	1.26	1.59	EVET

Çizelge 5.8’ deki hacim oranları Bolt’ unkilerle kıyaslandığında, çoğunun Bolt’ un belirlediği alana dahil olması da oranların güvenilirliğini bir ölçüde arttırmaktadır. Uygun hacim oranlarının seçiminden sonra ilk yaklaşımda baskın eksenel modları belirlemek en mantıklı yol olacaktır. Etkisi daha az olan eksenel ve eğrisel modların modsal ses alanında seyrek olan eksenel modların aralarında konumlanmaları söz konusu hacim için en çok arzulanan durumdur ve eksenel modlardan sonra bu modların etkileri de değerlendirmeye alınmalıdır. Çizelge 5.9’da, boyutları 5.90 x 4.30 x 2.70 m olan bir hacimde oluşan eksenel modların bir bölümü örnek olarak gösterilmiştir.

Ses kayıt stüdyoları tasarımında bilinmesi gereken önemli bir nokta da, küçük hacimlerde bir ya da birden fazla duvarın eğimli olarak tasarlanmasının modların etkilerini sanıldığı gibi ortadan kaldırmayacağıdır. Bu durumda her ne kadar modların etkisi hafif oranda azaltılabiliyor olsa da eğimli duvarların asıl avantajı hacim içerisinde yayınık ses alanına katkı sağlayarak vurgusal yankıların oluşumunu ve olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaktır. Ancak unutulmamalıdır ki eğimli duvarlar, dikdörtgenler prizması biçimli hacimler için geçerli kriterleri tam olarak sağlayamayacak ve bilgisayar yazılımları dışında hesaplanan mod karakteristiklerinde belirsizliklere yol açacaklardır. Bunun için eğimli olarak inşa edilecek duvarların eğim oranı %5’i fazla aşmamalıdır (Everest, 2001).

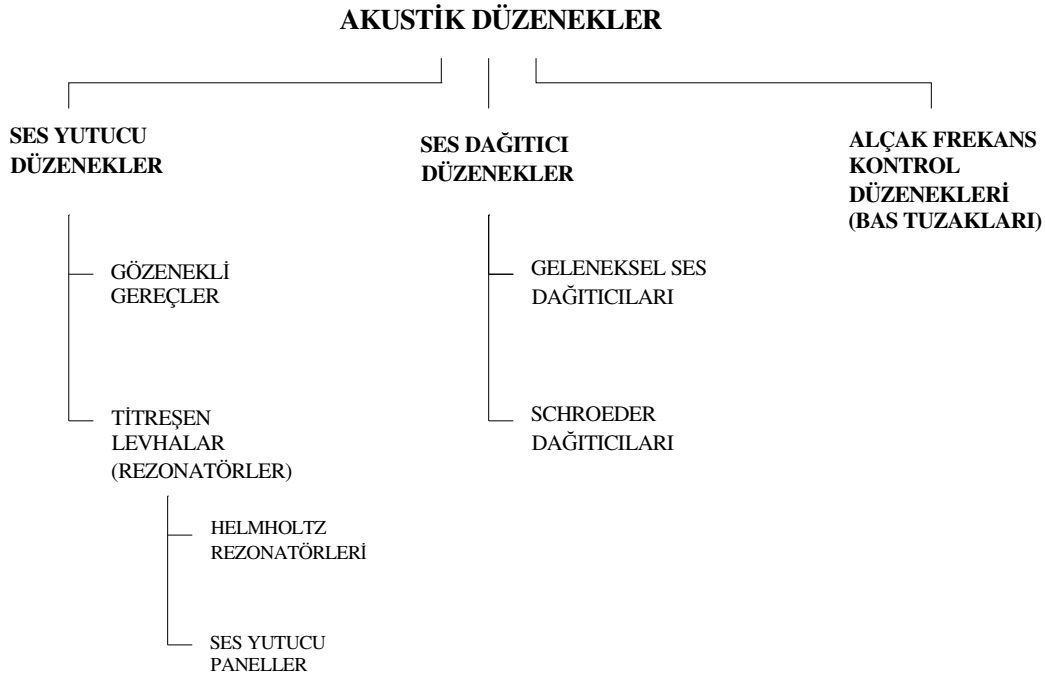
Çizelge 5.9 Boyutları 5.90 x 4.30 x 2.70 m olan bir hacimde oluşan aksenal modlar (Everest, 2001)

	UZUNLUK (5.90 m)	GENİŞLİK (4.30 m)	YÜKSEKLİK (2.70 m)
f_1	29.1	39.9	63.3
f_2	58.1	79.7	126.7
f_3	87.3	119.6	190.0
f_4	116.4	159.5	253.4
f_5	145.5	199.4	316.7
f_6	174.6	239.2	
f_7	203.7	279.1	
f_8	232.8	319.0	
f_9	261.9		
f_{10}	291.0		
f_{11}	320.1		
f_{12}			
f_{13}			
f_{14}			
f_{15}			

5.2.2. Akustik Düzenleme Evresi ve Akustik Düzenekler

İdeal hacim oranları kullanılarak modların daha düzgün dağılımları hedeflendikten sonra sıra performans odası, kontrol odası ve izolasyon kabinlerinin akustik konfor koşullarını sağlamada atılacak diğer adımlara gelir. Bu adımlardan en önemlilerinden biri, söz konusu hacimler için değinilen akustik parametrelerin yine optimum değerlerini sağlamak amacıyla seçilecek malzemeler, oluşturulacak detaylar ve bunların nerelerde nasıl kullanılacağına belirlenmesidir. Ses kayıt stüdyosu hacimlerinde optimum akustik konfor koşullarının sağlanabilmesi için sesin yansımaları ve yutulması özellikleri yanında, hacim içerisinde ses alanının yayınlığına büyük katkı sağlayan dağılım özelliği de dikkate alınmalıdır. Çünkü özellikle küçük hacimlerde yansımaların güçlü etkilerini azaltmak ve her frekans bandında yayınlığı sağlamak büyük dinleme hacimlerine göre daha zor ve uğraşlıdır. Ancak bu sayede yansıtıcı, yutucu ve dağıtıcı yüzeylerle oluşturulan detayların hacimler içerisinde kendi akustik gereksinimlerine uygun olarak oranlı ve doğru biçimde konumlandırılmalarıyla birlikte istenilen sonuçlara ulaşılabilir.

Her ne kadar, stüdyo hacimlerinin akustik nitelikleri birbirlerinden farklıysa da söz konusu hacimlerde akustik düzenleme evresinde kullanılan malzemeler aynı veya benzer özellikler gösteren farklı malzemeler olabilir. Bu noktada hacimler için ayırt edici olan, bu malzemelerin kullanım yerleri, kalınlıkları, kullanım oranları ve bu malzemelerle oluşturulan - temel prensipleri aynı fakat akustik nitelikleri farklı - detaylardır. Örneğin oldukça küçük bir kontrol odasında veya bundan daha büyük bir kontrol odasında da ses dağıtıcı elemanlar kullanılmalıdır. Ancak hacmi daha büyük olan kontrol odasında söz konusu dağıtıcıların oranı, hacmi daha küçük olana göre daha az tutulabilir. Çünkü hacim küçüldükçe yayınlık gittikçe azalmaktadır (Everest, 2001). Ses kayıt stüdyolarının akustik düzenleme evresinde kullanılan malzemeler ve bu malzemeler kullanılarak oluşturulan detaylara bir arada 'düzenek' denecek olursa bu düzenekler Şekil 5.39' daki gibi sınıflandırılabilir:



Şekil 5.39 Akustik Düzenekler

5.2.2.1. Ses Yutucu Düzenekler

Ses kayıt stüdyosu tasarımında, stüdyo hacimleri için öngörülen akustik konfor koşullarının sağlanmasında akustik parametreler ve optimum değerleri göz önüne alındığında, bunların hacimler içerisindeki yansımaların nicelik ve niteliklerine bağlı olarak değiştiği görülür. Söz konusu nicelik ve nitelikleri değiştirmek de büyük oranda hacmin yutuculuğunu değiştirmekle elde edilir. Örneğin yansıma süresinin hacim içerisinde distorsiyon oluşmaması için her

frekans bandında eşit veya optimum yakınlıkta olması hacmin yutuculuğunu değiştirmekle sağlanırken, ses alanının yayınlığı da yine hacmin yutuculuğu ve buna ek olarak dağıtıcılığı ile ilgilidir. Ses yutucu düzenekler yansımaların etkilerini azaltırken bunu üzerlerine gelen ses enerjisini etkin oldukları frekans veya frekans bantlarında ısı enerjisine dönüştürerek gerçekleştirirler. Ancak bu noktada ses yutucu düzeneklerin üzerine gelen sesin frekansı çok önemlidir. Çünkü her düzenek her frekanstaki sesi yutmada etkin değildir ve malzemelerin yutma çarpanları frekans bantlarına göre büyük değişiklikler gösterebilir. Ayrıca ses yutucuların değişik tiplerine göre hangi oranlarda ve nerelerde kullanılması gerektiği, optimum yansıma süresine göre belirlenmelidir. Çizelge 5.10' da bazı farklı malzemelerin 125Hz - 4kHz aralığındaki yutma çarpanları örnek olarak verilmiştir.

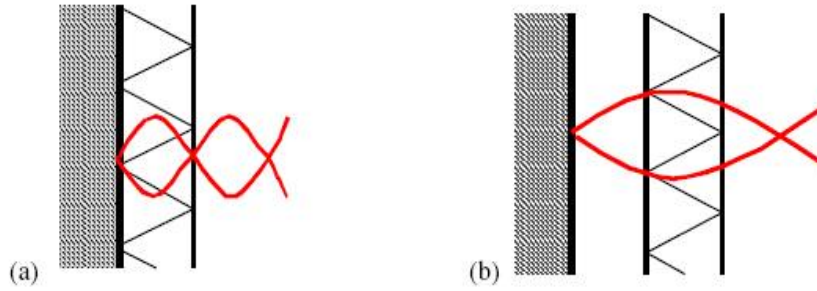
Çizelge 5.10 Bazı malzemelerin 125Hz - 4kHz aralığındaki yutma çarpanları (Wilson, 1994)

Malzeme	Frekans (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Akustik bazı paneller	0.15	0.3	0.75	0.85	0.75	0.4
Tuğla	0.05	0.04	0.02	0.04	0.05	0.05
Sıvalı tuğla	0.01	0.01	0.02	0.08	0.02	0.03
Beton blok	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
Perdeler	0.05	0.12	0.15	0.27	0.37	0.50
Betonarme döşeme	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.05
Ahşap döşeme	0.15	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Halı kaplı döşeme	0.1	0.15	0.25	0.3	0.3	0.3
Cam yünü (50mm)	0.17	0.55	0.8	0.9	0.85	0.8
Cam pencere	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
Alçı levha (kadron üzerine çakılı)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kontrplak panel	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11
Su yüzeyi	0.008	0.008	0.013	0.015	0.020	0.025
Ortalama bir insan	0.18	0.4	0.46	0.46	0.51	0.46

Malzemelerin etkin oldukları frekans bantlarının değişiklik göstermesi sebebiyle ses yutucu düzenekler de sınıflara ayrılmıştır ve akustik düzenleme kapsamında çoğu zaman hacimler içerisinde birbirleriyle orantılı biçimde kullanılır.

- GÖZENEKLİ GEREÇLER

Gözenekli gereçler, temel olarak açık gözenekli yapıya sahip malzemelerdir (6). Mineral yünü (örn: cam elyafı, taş yünü, kaya yünü, vb.) ürünlerle bazı özel açık gözenekli akustik köpükler (örn: poliüretan piramit köpükler, melamin köpükler, vb.) bu sınıflandırmaya dahil en yaygın ürünlerdir. Ses, bu malzemelerin açık gözenekli molekülleri içinde sürtünerek hareket eder. Dolayısıyla ses enerjisi bu moleküllerde ısı enerjisine dönüşür. Ancak her frekans için söz konusu dönüşüm farklı oranlarda olur. Bu nedenle gözenekli gereçlerin kalınlığı ve mevcut duvardan uzaklığı gibi faktörler önem kazanır. Çünkü her iki durumda da mesafenin artması gözenekli gerecin daha alçak frekanslardaki etkinliğini arttıracaktır. [49] Şekil 5.40' da, gözenekli gereçlerin uygulama prensipleri gösterilmiştir.



Şekil 5.40 Gözenekli gereçlerin duvara doğrudan (a) ve hava boşluğu bırakılarak (b) uygulanması

Gözenekli gereçlerin etkinliğinin en yüksek olduğu frekans, (5.4) eşitliği ile hesaplanabilir (Munster, 2003):

$$f_0 = \frac{c}{4d} \quad (5.4)$$

f_0 : Rezonans Frekansı (Hz)

c : Ses hızı (m/s)

d : Gerecin kalınlığı (m)

Her ne kadar, gözenekli gereçlerin kalınlıkları ve duvardan olan mesafelerinin artırılması, bunların daha alçak frekanslardaki etkinliğini artırıyor olsa da, yine de gözenekli gereçler akustik düzenleme evresinde özellikle üst-orta ve yüksek frekansların yutulması için kullanılırlar. Çünkü düzeneğin kalınlığı arttıkça hacimlerde yer kaybı problemleri de açığa çıkmaktadır. Camyünü, taşyünü gibi mineral yünü malzemeler estetik görünmeleri

bakımından kumaş, ince vinil, vb. gibi malzemelerle kaplanabilirler. Poliüretan ve melamin akustik köpük gibi malzemeler ise oldukları gibi ancak değişik renk alternatiflerinde duvar yüzeylerine uygulanabilirler. Şekil 5.41’ de gözenekli gereçlere ait örnekler verilmiştir.



Şekil 5.41 Poliüretan piramit köpük (a), kumaş kaplı camyünü levha (b), melamin kaplı akustik köpük(c) (Munster, 2003)

- TİTREŞEN LEVHALAR (REZONATÖRLER)

Titreşen levhalar (rezonatörler), kütle-yay düzenekleri olarak da bilinirler. Bu levhalar Helmholtz rezonatörleri ve ses yutucu paneller olarak ikiye ayrılırlar. Titreşen levhaların temel karakteristikleri belli bir frekans veya dar bir frekans bandındaki sesleri yutabilecek nitelikte ayarlanabilir olmalarıdır (Munster, 2003). Bu frekanslar onların en etkin oldukları rezonans frekanslarıdır (f_0).

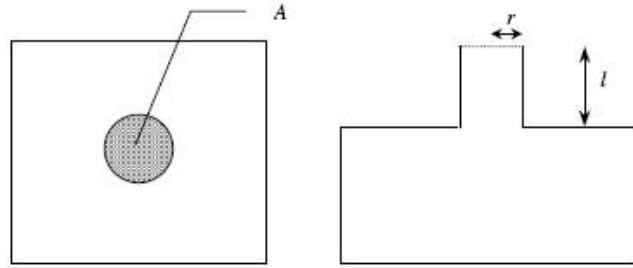
- Helmholtz Rezonatörleri:

Helmholtz rezonatörleri, Alman fizikçi Herman L.F. Von Helmholtz’un çalışmaları sonucu bulunmuş ve kendisinin soyadıyla isimlendirilmiş çok değişik akustik karakterlere sahip önemli tip rezonatörlerdir. İlk örnekleri temelde küçük çaplı bir boyun ve boş bir kürenin birleşiminden meydana gelen Helmholtz rezonatörleri, kütle – yay düzeneklerinin bir tipidir. Rezonatörün boyun kısmında bulunan hava katmanı sistemin kütle kısmını, boyunun gerisindeki hacim içerisinde bulunan hava katmanı ise sistemin yay kısmını oluşturur (Munster, 2003). Şekil 5.42’ de, söz konusu klasik Helmholtz rezonatörleri gösterilmiştir.



Şekil 5.42 Helmholtz rezonatörleri [50]

Şekil 5.42’deki klasik rezonatörler, zaman içerisinde aynı prensip ancak farklı malzeme ve detaylarla da oluşturulmuşlardır. Helmholtz rezonatörlerin temel prensibi havadaki sesin partikül hızının düşmesi sonucu enerjisinin azalması esasına dayanır. Şekil 5.43’de Helmholtz rezonatörlerinin şematize edilmiş hali görülmektedir.



A : Boynun kesit alanı (m^2)

r : Boynun yarıçapı (m)

l : Boynun uzunluğu (m)

Şekil 5.43 Helmholtz rezonatörü şematizasyonu (Munster, 2003)

Her bir Helmholtz rezonatörünün belirli bir rezonans frekansı vardır ve bu frekansın on katından daha alçak frekanslara kadar rezonans görülmez (8). Rezonatörlerin rezonans frekansı, (5.5) eşitliği ile hesaplanmaktadır (Munster, 2003):

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{lV}} \quad (5.5)$$

c : Ses hızı (m/s)

A : Boynun kesit alanı (m^2)

r : Boynun yarıçapı (m)

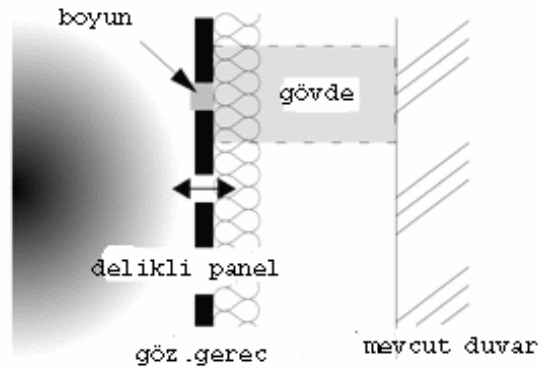
l : Boynun etkin uzunluğu (m)

V : Boyun arkasında kalan bölümün hacmi (m^3)

Yüzlerce Helmholtz Rezonatörü veya daha basit olarak onlarca farklı boyutta ve farklı frekanslara göre ayarlanmış klasik Helmholtz rezonatörleriyle elde edilmek istenen yutma değerleri, günümüzde delikli (perfore) levhalarla da sağlanabilmektedir.

Delikli (perfore paneller):

Ses yutucu sistemlerden biri olan delikli paneller de Helmholtz rezonatörleri prensibiyle çalışmaktadır. Panelde her delikteki hava rezonatörün boynuna, panelin arkasındaki hava boşluğu da rezonatörün gövdesine karşılık gelir. Hava boşluğunda gözenekli gereçler kullanılarak delikli panellerin etkin oldukları frekans bandı genişletilebilir. [50] Şekil 5.44’de, delikli panellerin çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 5.44 Delikli panellerin çalışma prensibi [50]

Ses herhangi bir delikten geçerken buradaki havanın titreşmesine neden olur. Bu titreşimler deliği çevreleyen malzemenin direnciyle veya hava boşluğundaki gözenekli levhanın direnciyle karşılaşır, ısı enerjisine dönüşür ve sonuçta da ses yutulmuş olur. Delikli levhalarda ve Helmholtz rezonatörlerinde boyundaki veya delikteki hava kütle, gövdedeki hava ise yay gibi davranır ve bu yayın hareketi belirli bir frekansta rezonans oluşturur. Hava en çok rezonans frekansı dolaylarında en gayretli titreşime sebep olur. Sonuçta da panel ya da rezonatör, bu frekanstaki sesi etkin olarak yutmuş olacaktır. Delikli panellerin etkin olduğu frekans, (5.6) eşitliği ile hesaplanabilir [51] :

$$R = 200 \sqrt{P/D} \quad (5.6)$$

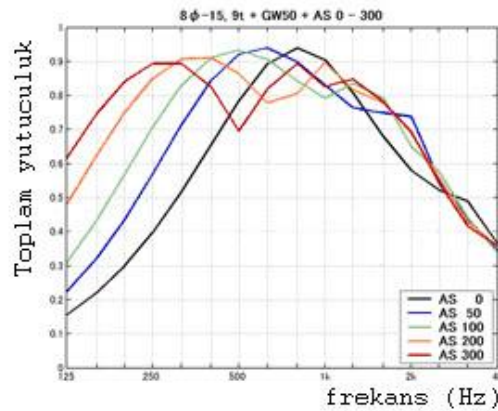
R : Rezonans Frekansı (Hz)

P : Perforasyon Yüzdesi

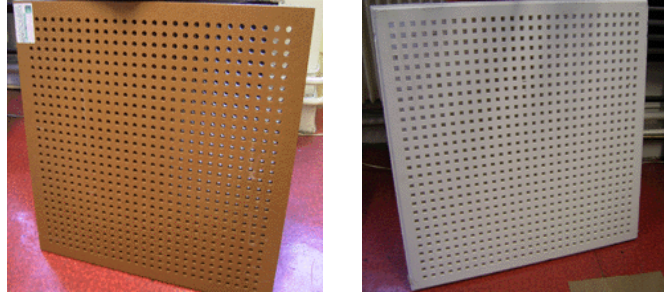
T : Efektif Delik Derinliği (inç)

D : Hava boşluğu derinliği (inç)

Delikli levhalar genelde orta frekansların yutulması için kullanılmaktadır. Ancak panellerin perforasyon yüzdesi değiştirilerek alçak frekanslardaki etkinliği biraz daha artırılabilir. Delikli panellerin performansını önceden kestirebilmek zordur çünkü etkin oldukları bant genişliği, içerideki sönümlenici ortamın farklı durumlarına göre değişiklik gösterir. Diğer bir problem de bu levhalarda doğru deliklilik yüzdesini tutturabilmektir. Özel olarak delikli panel ve levhalar üreten çeşitli akustik firmalarının her birinin rezonans frekansları ve etkin oldukları frekans bantları laboratuvar testleriyle belirlenmiş ürünleri vardır. Şekil 5.45’ de, örnek bir delikli panel sistemin farklı kullanımları sonucunda oluşan yutma karakteristikleri gösterilmiştir. Delikli panellerin yutma karakteristikleri çan eğrisi biçimini andırır ve bu çan eğrisi, rezonans frekansını merkez alır. Rezonans frekansı dolaylarında yutuculuklar diğer frekanslara göre daha fazladır. Gözenekli levhaların boşlukta kullanılmasıyla da direnç artar ve yutulma oranı %100’e kadar çıkabilir. Deliklilik yüzdesi, panelin kalınlığı, aradaki hava boşluğunun büyüklüğü ve varsa kullanılan gözenekli gerecin niteliği panellerinin yutma karakteristiklerini etkileyen unsurlardır. Şekil 5.46’ da, söz konusu delikli panel örnekleri gösterilmiştir.



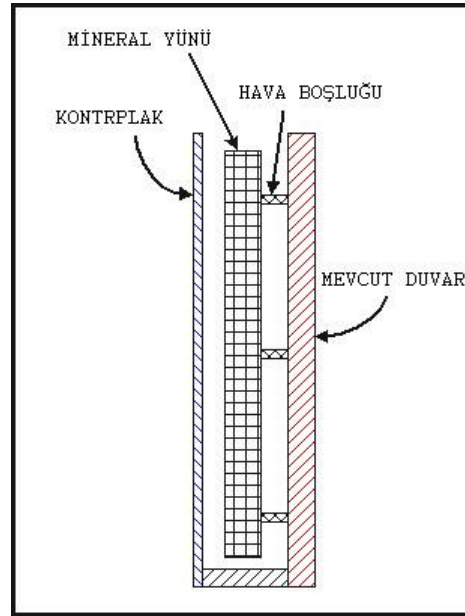
Şekil 5.45 Örnek bir delikli panel sistemin farklı kombinasyonlardaki yutuculuk değerleri [50]



Şekil 5.46 Bazı delikli panel örnekleri [50]

- Ses Yutucu Paneller (Panel Absorbers):

Yutucu paneller alçak frekansları sönümleyerek enerjilerini azaltan ve genellikle 200Hz ve aşağısındaki frekanslarda etkili olan düzeneklerdir. Bu paneller genellikle ahşap kadronlarla oluşturulmuş bir konstrüksiyon üzerine monte edilen ahşap levhalardan oluşurlar. Yutucu paneller de yine rezonatör oldukları için kütle-yay düzenekleri olarak tanımlanabilirler. Ancak burada kütle panelin kendisi ve yay ise panel ile mevcut yapı kabuğu arasındaki boşlukta bulunan hava katmanıdır (Munster, 2003). Şekil 5.47’ de, tipik bir yutucu panel sistem kesiti örnek olarak verilmiştir.

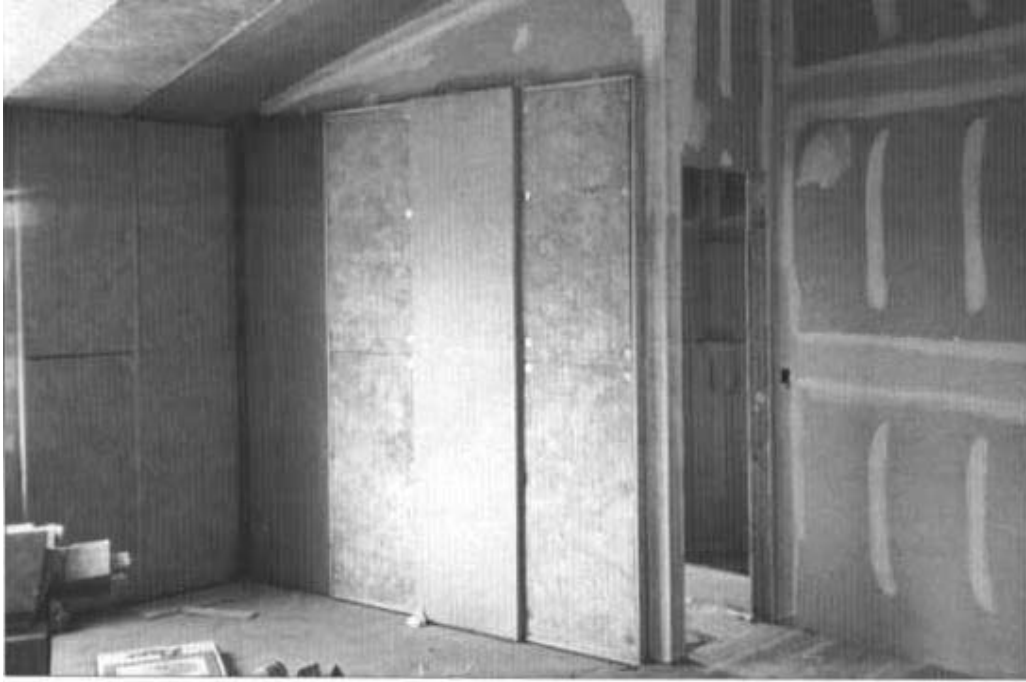


Şekil 5.47 Tipik bir yutucu panel sistem kesiti [49]

Ses yutucu panellerin rezonans frekansları panelin kütlesine ve yapı kabuğu ile panel arasındaki hava boşluğu mesafesine, yutuculukları ise esas olarak rezonans frekansları ve sesin panele geliş açısına bağlıdır. Ses dalgası panele dik olarak geldiğinde yutuculuk

maksimum olur. Yutucu panellerin etkinlikleri de mevcut yapı kabuğu ile panel arasındaki boşlukta mineral yünü gibi gözenekli gereçler kullanılarak artırılabilir. Ayrıca söz konusu gözenekli gereç kullanımı panelin etkili olduğu frekans bandını da genişletecektir. [49] Şekil 5.48’ de, bir yutucu panel uygulaması örneği gösterilmiştir.

Ses yutucu panellerin yüzeylerinin masif ve sert bir yüzey olması yüksek frekansları yansıtıcı etki yapar. Bu sebeple bu frekansların dağıtılması için bu yüzeyler eğrisel veya girintili çıkıntılı olarak da tasarlanabilir. Eğer yüksek frekansların daha büyük oranda yutulmaları gerekiyorsa, panellerin üzeri gözenekli malzemeyle kaplanabilir. Ancak bu uygulamanın panelin etkinliğini bozmayacak oranda olması gerekir. Diğer önemli bir nokta da yutucu panellerin kütle-yay özelliğini kaybetmemeleri için hava sızdırmazlıklarının sağlanmasıdır. Aksi takdirde hava katmanı yay özelliğini yitirecek ve panelin etkinliği azalacaktır.

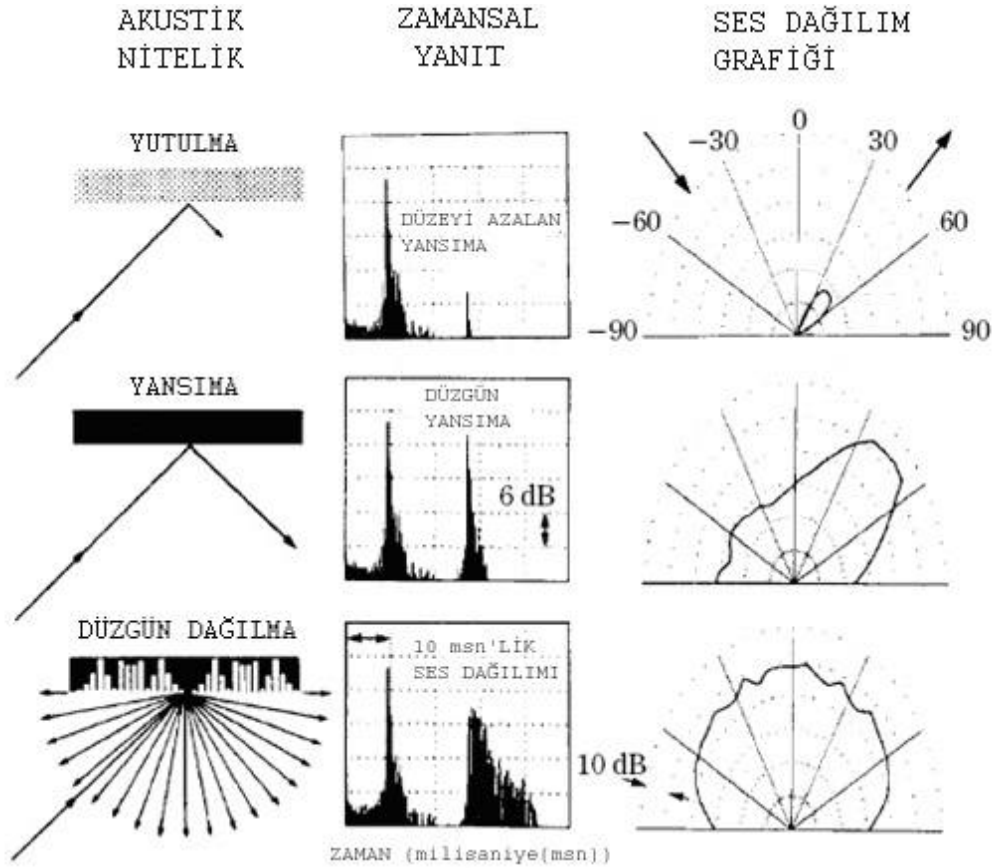


Şekil 5.48 Bir ses yutucu panel uygulaması örneği [49]

5.2.2.2. Ses Dağıtıcı Düzenekler

Ses enerjisi bir yüzeye geldiğinde enerjisinin bir bölümü yutulma ve geçme fiziksel özelliklerinin sonucu olarak azalırken, bir kısmı da yansır ve/veya dağılır. Ses tek bir yöne dağıldığında ve sesin geliş açısı yansıma açısına eşit olduğunda buna düzgün yansıma denir. Eğer yüzeye gelen ses, birçok doğrultuda ve birbirlerine yakın veya eşit enerjide dağılırlarsa buna da yansımanın dağılım özelliği sonucu oluşan yayınlık yansıma denir. (9) Her yüzeyin bir yutma çarpanı olduğu gibi bir de ses dağıtma çarpanı vardır (δ). Dağılım izotrop yayınlık

yansıma biçiminde yani yansıyan ses ışınları yüzeye teğet bir küre biçiminde ise bu yüzeyin ses dağıtma çarpanı 1 (%100)' iken, yüzey düzgün yansıma yapıyor ise 0 (%0) dır (D'Antonio, 2000). Dağıtma çarpanının yüksek olması yüzeye çarpan ışının hemen her bir doğrultuya birbirine yakın enerji miktarlarında dönmesi anlamına gelmektedir. Şekil 5.49' da, farklı akustik nitelikleri olan yüzeylerin zamansal ve grafiksel dağılım yanıtları örnek olarak verilmiştir. Şekle bakıldığında düzgün yansımanın gerçekleştiği yüzeyde sesin dağılımının bir doğrultuya yöneldiği, düzgün dağılımın olduğu yüzeyde ise dağılımın her yönde ve eşit düzeyde olduğu görülmektedir.

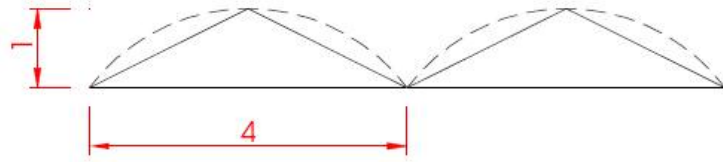


Şekil 5.49 Farklı akustik nitelikleri olan yüzeylerin zamansal ve grafiksel dağılım yanıtları (Cox ve D' Antonio, 2003)

Sesin dağılımını sağlamak amacıyla tasarlanan düzeneklere 'ses dağıtıcılar' denir ve ses dağıtıcıların kullanımı aslında bilerek ya da bilmeden çağlar boyu süre gelmiştir.

- GELENEKSEL SES DAĞITICILAR

Sesin dağılma özelliğinin hacmin akustik konfor koşullarına etkisi aslında antik çağlardan beri bilinmektedir. Dinleme mekanlarında kullanılan heykeller, biblolar, rölyefler, sütun kabartmalarının sesin dağıtıcılığı üzerindeki olumlu etkilerinin deneyimlenmesinden sonra, hesap ve ölçüm yoluyla olmasa da değerlendirme ve tecrübe yoluyla antik çağlardan beri konser salonları, operalar ve tiyatro salonlarında bu tür ses dağıtıcılar kullanılmıştır. Hesap ve ölçüme dayanmadığı için zaman içerisinde kullanılan bu ses dağıtıcılarının aslında sınırlı dağıtıcı niteliklerinin olduğu ve etkinliklerinin her frekans bandında geçerli olmadığı görülmüştür. Günümüzde ise son yarım yüzyıldır ses dağıtıcılar daha bilimsel olarak araştırılıp geliştirilmeye böylece hacimlerde yayınlık artırılmaya çalışılmıştır. Yarısilindirik, polisilindirik, üçgen, dikdörtgen ve kübik birçok farklı ses dağıtıcılar gerek ses kayıt stüdyolarında gerek diğer dinleme hacimlerinde kullanılmıştır. Ancak bu ses dağıtıcılarla da tam olarak gerekli olan ses dağılım nitelik ve niceliğinin sağlanamadığı görülmüştür. Şekil 5.50' de, söz konusu ses dağıtıcılara bir örnek verilmiştir. Örnekteki ses dağıtıcılar üçgensel veya yarı silindirik de olsa taban ve yüksekliği arasında 1'e 4 oranı aranmıştır.



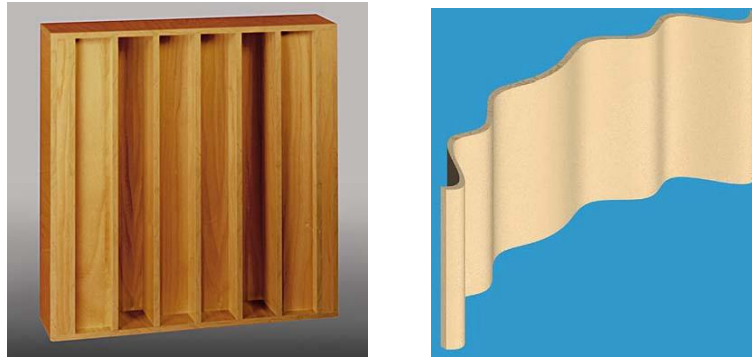
Şekil 5.50 1'e 4 oranında tasarlanan bir ses dağıtıcı (Munster, 2003)

Ses kayıt stüdyosu ve diğer küçük dinleme hacimlerinin tasarımında ideal boyut oranlarının kullanılması da aslında bir tür 'ses dağıtıcı' nitelik taşır. Çünkü söz konusu oranlarla modların alçak frekans bölgesinde daha sık ve düzgün dağılımları hedeflenmektedir. Ayrıca duvarların meyilli olarak yapılması da yine vurgusal yankıları azaltıp sesin daha düzgün yayılmasını sağlamak amacıyla bir tür 'ses dağıtıcı' niteliği göstermesi amacıyla kullanılmıştır.

- SCHROEDER SES DAĞITICILARI

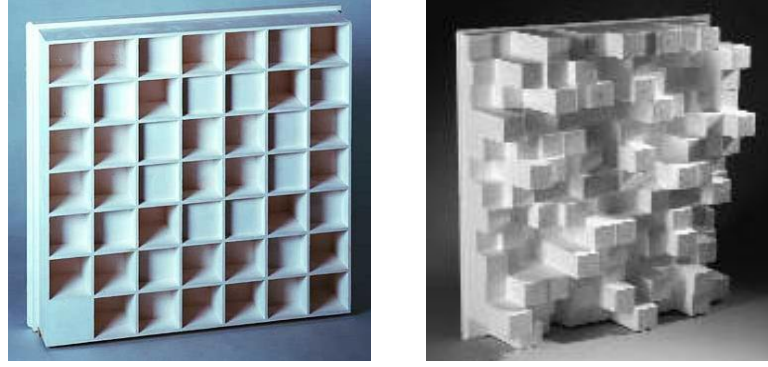
Geleneksel ses dağıtıcılar, değinildiği gibi istenilen dağıtıcılık nitelik ve niceliklerini tam olarak sağlayamıyordu çünkü sesin geldiği ve kırınımına uğradığı doğrultularda eşit enerji yayılımı sağlanamıyordu. İlk kez Manfred Schroeder, kendisi tarafından ortaya konan

rakamsal bir teoriyle (quadratic residue), kırınım doğrultularında eşit enerji yayılımı sağlayabilecek dağıtıcıların oluşturulabileceğini söylemiş ve bir metal levhadan oluşturduğu dağıtıcı modeli üzerinde yaptığı ölçüm ve deneylerle bunu kanıtlamıştır (Everest, 2001). Daha sonraları aynı rakamsal teori temel alınarak bir ve iki boyutlu dağıtıcıların yapılabileceği görülmüş ve özellikle Amerikan RPG Diffusor Systems, Inc. Firması, 1980'lerden sonra bu konuda hem teorik hem de deneysel pek çok çalışma yaparak patentli ses dağıtıcı modellerini geliştirmiştir. Bunlar bir veya iki boyutlu Quadratic Residue (QR) dağıtıcıları ile bu dağıtıcılardan farklı bir rakamsal dizi kullanarak tasarlanan tek boyutlu Primitive Root (PR) dağıtıcılarıdır (D'Antonio, 2000). PR dağıtıcıları, aynı genişlikte fakat farklı derinlikte açıklıklardan meydana gelen dizilerin, periyodik olarak gruplanmasından meydana gelirken, QR dağıtıcıları ise farklı derinlikte ızgaralar ile bunları birbirinden ayıran ızgara duvarlarından oluşur. PR dağıtıcılarının zaman içerisinde üzerlerine gelen düzgün yansımaları, QR dağıtıcıları kadar ideal dağıtamadıkları ve açıklıkları arasında metal ayıraçlar kullanılmadan etkinliklerinin azaldığı görüldüğünden günümüzde QR dağıtıcılarının kullanımı özellikle üst düzey ses kayıt stüdyolarında daha yaygındır (Everest, 2001). Şekil 5.51' de, bir boyutlu farklı ses dağıtıcı örnekleri gösterilmiştir.



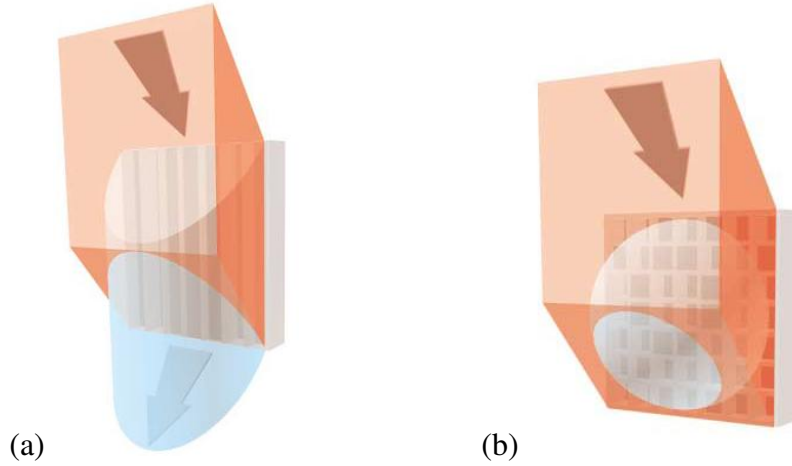
Şekil 5.51 Bir boyutlu ses dağıtıcılar (Munster, 2003)

Şekil 5.52' de ise iki boyutlu ses dağıtıcılar görülmektedir. Tek boyutlu dağıtıcılar, üzerlerine gelen sesi yatay veya düşey olarak yarım disk (hemidisk) biçiminde dağıtırlar. İki boyutlu dağıtıcılar ise üzerlerine gelen sesi yarım küre biçiminde ve her yöne eşit olarak dağıtırlar. Bu yüzden ses, iki boyutlu ses dağıtıcısında enerjisini daha fazla kaybeder (Cox ve D' Antonio, 2003).



Şekil 5.52 İki boyutlu ses dağıtıcılar (Munster, 2003)

Şekil 5.53' de, bir ve iki boyutlu ses dağıtıcılara ait 2kHz' deki dağılım grafikleri gösterilmiştir.

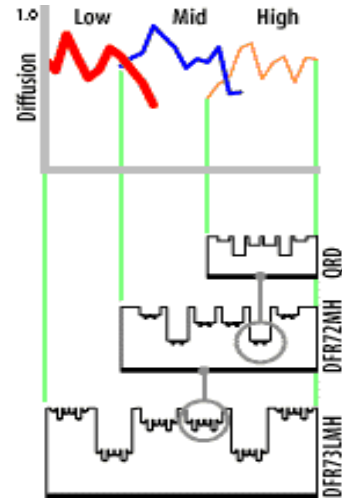


Şekil 5.53 Bir boyutlu (a) ve iki boyutlu (b) ses dağıtıcılara ait dağılım grafikleri (2 kHz' de) (Cox ve D' Antonio, 2003)

Ses dağıtıcılar için önemli olan diğer bir nokta da etkinliklerini sürdürdükleri frekans bandı genişlikleridir çünkü aynı yutulmada olduğu gibi sesin dağıtılmasında da alçak frekanslar daha büyük sorun olmaktadır. Bu sebeple özellikle küçük hacimlerde ya tüm frekans bantlarını kapsayan tek bir dağıtıcı, ya da etkinlikleri frekanslara göre değişiklik gösteren farklı dağıtıcıların birbirleriyle orantılı olarak kullanılması gerekir. Şekil 5.54' de, yine RPG Diffusor Systems, Inc. firmasına ait patentli, tüm frekans bantlarını kapsayan The Diffractal ses dağıtıcı modeli ve Şekil 5.55' de, buna ait tasarım prensibi gösterilmiştir. Söz konusu model, iç içe geçmiş ses dağıtıcılar olarak düşünülebilir (Cox ve D' Antonio, 2003).



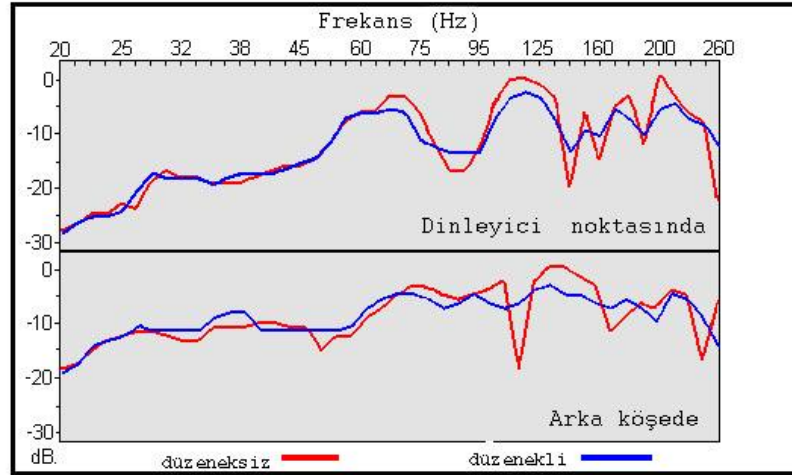
Şekil 5.54 The Diffractal ses dağıtıcısı prensibi (Everest, 2001)



Şekil 5.55 The Diffractal tasarım (Everest, 2001)

5.2.2.3. Alçak Frekans Kontrol Düzenekleri (Bas Tuzakları)

Bölüm 5.2.2.1' de, ses yutucu panellerin modsal bölgede özellikle 200Hz' in altında etkili olabilen alçak frekansları yutucu düzenekler olduğu belirtilmişti. Günümüzde rezonatör tasarımında istenilen frekanslara göre ayarlanabilen panellerin uygulanabilmesi nedeniyle söz konusu paneller gerek konser salonu gibi büyük gerek ses kayıt stüdyoları gibi küçük hacimlerde alçak ve alçak-orta frekansların yutulmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak alçak frekansları kontrol etmede gözenekli gereçlerle de çözümler oluşturulabilir. Örneğin yutucu panellerin bulunmasından önce ses kayıt stüdyolarında alçak frekansların kontrolünde kalın gözenekli gereçler kullanılmaktaydı. Bu gözenekli gereçler orta ve yüksek frekansları da yuttukları için genel olarak tüm frekans bandında etkili olmaları için kullanılıyordu. Ancak yine de alçak frekanslarda titreşen levhalar kadar etkili olamıyorlardı. Çünkü bunun için çok daha kalın gözenekli gereçler gerekiyordu ve bu da yer kaybının çok artmasına sebep olacağı ve yüksek frekansların tamamen yutulması için mekan gereğinden fazla yutucu yapacağı için bu kalınlıklarda uygulanamıyordu. Günümüzde ses yutucu düzenekler dışında ses dağıtıcılarla da alçak frekanslarda modların etkileri azaltılabilir. Bu noktada önemli olan, problem çıkartan alçak frekansların ve bunlara karşı neyin nerede kullanılması gerektiğini bilmektir. Şekil 5.56' da, 3.00 x 5.00m boyutlarında olan örnek bir kontrol odasında 20Hz - 260Hz aralığında alçak frekans kontrol düzeneklerinin kullanıldığı ve kullanılmadığı durumda elde edilen modsal yanıtlar gösterilmiştir.



Şekil 5.56 3.00 x 5.00m boyutlarında örnek bir kontrol odasında alçak frekans kontrol düzeneklerinin farklı noktalarda hacmin yanıtına etkisi [49]

Bölüm 4.2' de ve Bölüm 5' in buraya kadar olan bölümünde hacim akustiği kapsamında stüdyo hacimleri için dikkate alınması gereken hacim akustiği parametreleri, bunların optimum değerlerini sağlamak için yapılması gerekenler ve kullanılan akustik düzenekler, ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Bölüm 5' in bu bölümünden itibaren ise söz konusu stüdyo hacimleri, performans odası, kontrol odası ve izolasyon kabinleri olarak kendi içlerinde değerlendirilerek bu hacimlere has sağlanması gereken optimum değerler daha net ve ayrıntılı biçimde sunulacaktır.

5.2.3. Performans Odası

Performans odasının icracıların müzikal performanslarını canlı olarak gerçekleştirdikleri yer olması, bu hacimlerin akustik niteliklerinin kontrol odasından farklı olması gerektiğinin aslında en büyük kanıtıdır. Çünkü performans odaları, içlerinde icra ve kayıt edilen müziğe akustik nitelikleriyle az ya da çok katkı sağlaması hedeflenen hacimlerdir. Her ne kadar zaman içerisinde akustik nitelikleri oldukça fazla değişimler yaşamış da olsa bu prensip değişmemiştir. Ancak bu katkı konser salonları, opera ve tiyatrolarda olduğu kadar 'fazla' değil, yalnızca enstrümanların tınlarını ve akustik niteliklerini kayıta optimumda dahil edecek nitelikte olmalıdır. Burada optimumdan kasıt kayıta giren sesin ne çok yansımış ne de çok yutulmuş olmaması gerektiğidir.

Ses kayıt stüdyoları özellikle 1940' ların sonundan günümüze kadar mimarlık, mimari akustik ve teknoloji alanlarında pek çok değişimler yaşayarak gelmişler ve doğal olarak performans odaları da bu değişimlerden etkilenmiştir. 1940' ların sonları ve 1950' lerin başlarında henüz çoklu kanal kayıt sistemi ve gelişmiş efekt aletleri ortada olmadığı için üst düzey profesyonel

ses kayıt stüdyolarında performans odası ile birlikte ‘yansıım odaları’ da kullanılıyordu. Yansıım odalarının amacı, kayıtlara yansıım süresi uzun hacimlerin niteliğini ekleyebilmektir. O yüzden bu odaların boyutları büyük, yansıım süreleri de uzundu. Bu dönemde performans odalarının temel problemi alçak frekans bölgesinde hacmin boyutlarından kaynaklanan modların etkilerinin çok belirgin olmasıydı. Titreşen levhaların kullanımı henüz mevcut olmadığı için özellikle 150Hz’ in altındaki frekanslar daha büyük sorun oluşturuyor ve kayıtlarda da bu problemler duyuluyordu. Oysa orta ve yüksek frekanslarda o dönem için optimum kabul edilen yansıım süreleri sağlanabiliyordu. Bu dönem kayıtlarında söz konusu modların etkilerinin duyulmasının diğeri bir sebebi de gerek mikrofonlama tekniklerinin gerek mikrofon niteliklerinin yeterince gelişmemiş olmasıydı. Kayıtlarda her ne kadar doğrultululuk özelliği olan dinamik mikrofonlar kullanılıyorsa da bu mikrofonlar alçak frekanslarda doğrultululuk özelliklerini kaybediyor ve sonucunda modların etkileri, prodüksiyonlara da yansıyor (Putnam, 2006)

Yansıım odalarında da benzer problemlerin oluşması kaçınılmaz olduğundan modların etkilerinin azaltılması için bu odaların boyutları oldukça büyük seçiliyordu. 1950’ lerin ortalarında teknolojiye hi-fi aletlerin ve daha sonra da çoklu kanal kayıt sisteminin gelişmesiyle birlikte prodüksiyon şirketleri arasında kaydedilen ve işlenen sesin sonuç prodüksiyonda daha doğru duyulması yönünde bir rekabet gelişti. Bu nedenle performans odalarında yansıım süreleri azaltılarak alçak frekans bölgesinde daha yutucu nitelikte düzenekler kullanılmaya başlandı. Yansıım odalarının da alçak frekans bölgesinde daha yaynık özellikte olmasına dikkat edildi.

1961’ de Michael Rettinger çoklu kanal kayıt sisteminin ve stereo dinlenebilirliğinin standart haline gelmesiyle birlikte performans odası yansıım süresi için, $T60 = 0.15 \log V$ (V: hacim - m³) formülünü önerdi. Günümüzde bile geçerliliği kanıtlanmış olan bu formül, o zamanda tam olarak kabul görmemişti (Putnam, 2006). Bunun bir nedeni de o zamanın kayıt tekniklerinin günümüzden çok farklı olmasıydı. 1970’ lerin başlarında gerek ölçüm yöntem ve sistemlerinin gerek akustik malzemelerin çeşitliliğinin ve niteliklerinin gelişmesiyle birlikte performans odalarında daha iyi sonuçlar alınmaya başlandı. Özellikle 1980’ lerden itibaren teknolojinin ve dolayısıyla efekt aletlerinin gelişimiyle birlikte orkestra ve film müziklerinin yapıldığı büyük ses kayıt stüdyoları dışındaki çoklu kanal ses kayıt stüdyolarında, hacmin akustik niteliklerinin ve yansıım süresinin kayıta etkisi azaltılmaya başlandı çünkü artık yansıım (reverb) efekt aletleriyle farklı boyutlardaki hacimlere ait ilk yansımalar dahi

elektronik olarak taklit edilebilmeye başlanmıştı. Bu da pek çok farklı hacmin niteliğini aynı anda kayıta aktarabilme avantajını getiriyordu. Böylece çok pahalı, büyük boyutları olan yansım odaları da tarihe karışırken ev ve proje stüdyoları da özellikle 1980' lerin sonunda yavaş yavaş tarihteki yerlerini almaya başlamıştır (Putnam, 2006).

5.2.3.1. Performans Odası Akustik Konfor Gereksinimleri

Yukarıdaki bilgiler ışığında performans odalarının günümüz akustik nitelikleri göz önüne alınacak olursa aslında diğer dinleme hacimlerinde olduğu gibi yeterince 'standartlaştığı' düşüncesi etkili olabilir. Ancak bu bir yanılgı olacaktır. Çünkü Bölüm 5.2.1' de daha ayrıntılı olarak değinildiği üzere performans odalarında böyle bir standart ve dolayısıyla da kesin sınırlar yoktur. Bunun bir nedeni de performans odalarında prodüktör, ses kayıt mühendisleri ve müzisyenlerin bu hacimlere yönelik talepleridir. İzolasyon kabinlerinin ortaya çıkışının bir nedeni de farklı akustik niteliklere sahip odacılarla bu talepleri karşılayabilme ihtiyacıdır. Diğer hacimlerde olduğu gibi performans odası tasarımında da öncelikle hacmin işlevi ve yetkilinin bu hacimden beklentisi (hangi enstrümanlar ve hangi tip müzik kaydedilecek, enstrümanlar arasında ne kadar akustik izolasyon sağlanacak, vb.) göz önüne alınmalıdır. Performans odası tasarımında hacim akustiği parametrelerinin optimum değerlerine aşağıda alt başlıklar halinde değinilecektir.

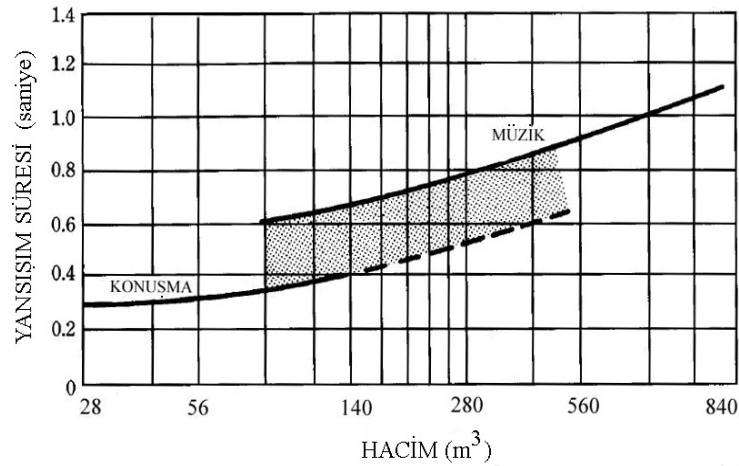
- HACİM BOYUTLANDIRMA

Bölüm 5.2.1' de ayrıntılı biçimde söz edilen ideal hacim oranları her ne kadar modların etkilerini aza indirip hacim içerisindeki yayınlığa katkı sağlıyorsa da hacim büyüklüğünün de kaydedilecek enstrüman ve müzik türü üzerinde önemli etkisi vardır. Örneğin rock veya pop müzik kaydedilen çoklu kanal ses kayıt stüdyolarında senfoni orkestrası kayıtları yapılamaz. Yıllar önce İngiliz yayın şirketi BBC (British Broadcasting Corporation), 43m³ (1500 ft³)' ten daha küçük hacimlerin performans odası olarak kullanılmaması gerektiğini saptamıştı. Çünkü bu büyüklükte hacimlerde artık modların etkileri iyice belirginleşiyordu ve bu etkileri ortadan kaldırmak için yapılacak akustik önlemler kullanılacak hacim boyutlarını iyice küçülttüğü için ergonomik bulunmuyordu (Everest, 2001). Her ne kadar ses dağıtıcıların kullanımları söz konusu küçük hacimlerdeki olumsuzlukları gidermede önemli katkılar sağlamış da olsa günümüzde hala bu prensip stüdyo tasarımcıları tarafından dikkate alınmaktadır. Performans odası olarak kullanılması düşünülen hacimler genelde 57m³ ve altındakiler küçük hacimler, 57m³ - 140m³ arası orta büyüklükte hacimler ve 140m³' ten büyük hacimler ise büyük hacimler olarak sınıflandırılabilir. [52] Bununla birlikte senfoni

orkestrası ve opera kayıtlarının yapıldığı performans odalarının boyutları ise 2800m^3 ' lere kadar çıkabilmektedir. [53] 140m^3 ve üzeri performans odalarının büyük hacim sınıflandırmasına girmesinin en önemli sebeplerinden biri bu büyüklükteki hacimlerden itibaren artık yayınık ses alanından bahsedilebiliyor olması ve yansışım süresi hesaplarının bu hacimler için her frekans bandında yapılabiliyor olmasıdır.

- YANSIŞIM SÜRESİ

Performans odalarının yansışım süreleri için daha önceden de belirtildiği gibi kesin sınırlar yoktur. İçeride sağlanması gereken yansışım süresinin optimum aralığını hacmin büyüklüğü, toplam yutuculuğu ve içeride kaydedilecek müziğin türü belirler. Klasik müzik ve diğer yavaş tempolu müzikler daha uzun yansışım sürelerinde daha iyi sonuçlar verirken tempolu müzikte bu sürenin gereğinden fazla uzun olması müziğin anlaşılabilirliğine zarar verir. Performans odaları için optimum değerleri belirlemek için yapılacak en mantıklı şey uzmanların öznel yargılarıyla bazı matematiksel hesapları bir arada düşünerek geçerli bir aralık tanımlamak olacaktır (Everest, 2001). Ancak farklı uzmanlar arasında dahi bu konuda anlaşmazlıklar yaşanabilmektedir. Şekil 5.57' de, ses kayıt stüdyoları performans odaları için önerilen optimum yansışım süresi aralığı gösterilmiştir. Şekildeki taralı alan, hem konuşma hem müzik amaçlı kullanılan stüdyolar için verilmiştir



Şekil 5.57 Performans odaları için önerilen optimum yansışım süreleri (Everest, 2001)

Küçük ve orta büyüklükteki performans odalarında 125Hz' in aşağısındaki frekanslarda, yansışım sürelerinin belli oranda artışına izin verilirken büyük stüdyolarda (ör: 300m^3), 60Hz ile 8kHz aralığında yansışım süresi eğrisinin düzgün olması hedeflenmelidir. [54] Performans odasının hacmi küçüldükçe modların etkileri artacağı için yansışım sürelerinin daha düşük

tutulması önerilir. Küçük performans odaları için hacmin oldukça yutucu ve yansıma süresinin çok kısa tutulması daha mantıklı olacaktır çünkü toplam yutuculuğu oldukça fazla olan hacimlerde değer biçilebilir bir modsal içerikten söz edilemez. Bu tür hacimlere ölü nitelikli hacimler (dead room), tam tersi olarak, yansıma süresi uzun hacimlere ise canlı nitelikli hacimler (live room) denir.

Küçük performans odalarının ölü nitelikte olması, canlı nitelikte olmasına nazaran – sayılan nedenlerden dolayı - daha avantajlıdır. Ayrıca ölü nitelikteki hacimlerde mikrofonlar arasında gereken akustik izolasyon daha kolay sağlanır. Ama yine de özellikle profesyonel ses kayıt stüdyolarında izolasyon hacimleri dışında tam anlamıyla ölü nitelikte performans odaları bulunmaz. Çünkü bu tür hacimlerde yapılan kayıtlar kuru ve doğal olmaktan uzaktır. Örneğin, yansıma (reverb) efekt aletleri prodüksiyon sürecinde her ne kadar oldukça başarılı sonuçlar veriyorsa da ve yıllar içerisinde hacmin kayıta etkisi belli oranlarda azaltılmış da olsa yine de özellikle akustik enstrümanların kayıtlarında hacmin etkisi belli oranlarda aranır. Ancak vokal ve davul kayıtlarında ses kayıt mühendisi, kafasındaki konseptte göre ölü nitelikte hacim etkisi de isteyebilir. Bu da ya izolasyon kabinleriyle ya da hareketli ve farklı akustik niteliği olan panolarla (gobo) sağlanır.

Diğer önemli bir nokta da performans odalarında yansıtıcı, yutucu bölgeler oluşturarak özellikle izolasyon kabinlerinin bulunmadığı stüdyolarda farklı enstrümanlar için gereken yansıtıcılıkların sağlanabildiğidir. Örneğin akustik gitar yansıtıcı yüzeylere daha yakın bir hacimde, vokal kayıtları ise performans odasının ölü bölgesinde yapılabilir. Veya yine hareketli panolarla kayıt için gereken yansıma süresi ayarlamaları yapılabilir. Söz konusu panoların bir tarafı yutucu bir tarafı yansıtıcı olarak çok işlevli olarak da tasarlanabilir. Ancak kaydedilecek enstrümanın oluşturduğu dalga boylarına göre panoların boyutları ve kalınlıkları ayarlanmalıdır. Şekil 5.58' de, bir hareketli pano örneği gösterilmiştir.

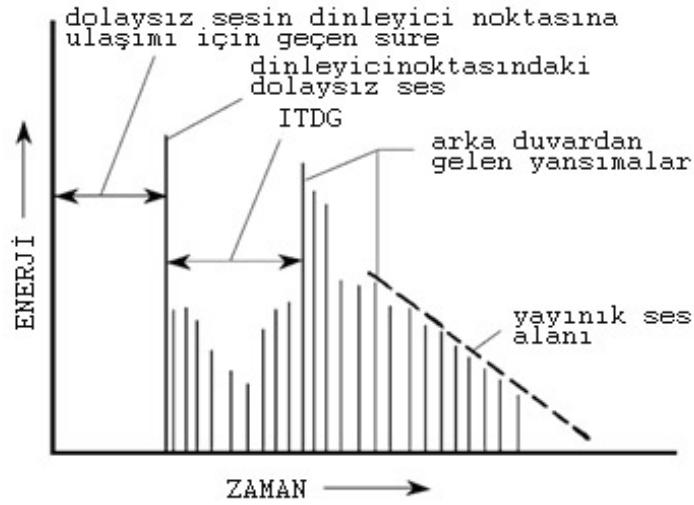


Şekil 5.58 Bir hareketli pano örneği

- İLK ULAŞIM GECİKMESİ (ITDG)

Performans odalarının genellikle kontrol odalarına göre daha büyük boyutlarda olmaları nedeniyle performans odası ilk ulaşım gecikmesinin akustik önlem alınmamış kontrol odalarının ilk ulaşım gecikmesinden daha uzun olması kaçınılmazdır. Bu nedenle performans odasındaki ilk yansımalar, kontrol odası ilk yansımaları tarafından maskelenir. Bu da prodüksiyon sürecine zarar verir. Bu nedenle kontrol odalarındaki ilk yansımalar mümkün olduğunca yutularak bunların ilk ulaşım gecikmelerinin, performans odalarınınkinden daha uzun olması sağlanmalıdır. Bunun için farklı kontrol odası tasarım konseptleri geliştirilmiştir. Bunlar ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

ITDG'si 10-25ms arasında olan hacimler 'samimi' ve başarılı olarak değerlendirilir. İdeal kontrol odalarında ITDG, 15-20ms civarındadır ve performans odalarınınkinden 3-5 milisaniye (min. 3ms) civarında daha uzun tutulmalıdır (Munster, 2003) (ayrıca bkz. 4.2.1.5). [55] Şekil 5.59' da kontrol odalarında dolaysız ses sonrasında oluşan yansımaların, hacim içerisinde davranışları ve kontrol odasının akustik karakterine bağlı olarak oluşturdukları ITDG aralığının şematize edilmiş bir örneği gösterilmiştir.



Şekil 5.59 Örnek bir kontrol odasında yansımalar ve ITDG aralığı (Everest, 2001)

- AKUSTİK KUSURLAR

Bölüm 4.2.1.6' da ses kayıt stüdyosu hacimlerinde oluşabilecek akustik kusurlar ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Performans odalarında distorsiyon oluşmaması için yansıma süresinin her frekans bantı için optimum aralıklarda kalması sağlanmalıdır. Performans odasında comb filter etkileri kontrol odasında olduğu gibi elektroakustik ses sinyallerinin birbirleriyle etkileşmesinden ziyade kayıt esnasında enstrümanların dolaysız sesleriyle akustik önlem alınmamış duvarlardan yansıyan seslerin arasındaki zaman farkından dolayı kaynaklanır. Bu yüzden dolaylı ve dolaysız ses kayıt yapan mikrofonda sönümlenme veya artım etkileri oluştururlar. Bunun sonucunda da enstrüman, tayfsal yapısı bozulmuş şekilde kaydedilmiş olacaktır. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için ses kayıt mühendisi hareketli panolar kullanabilir veya icracıyı ve mikrofonları yüzeylerden comb filter etkisi oluşturmayacak uzaklıklarda konumlandırabilir. Performans odalarında paralel yüzeylerde ardı ardına oluşan vurgusal yankılar da comb filter etkileri oluşturabilirler. Vurgusal yankıları ve oluşturdukları comb filter etkilerini önlemek için yüzeyleri tamamen yutucu malzemelerle kaplamak doğru değildir. Çünkü bunlar, hacmin canlılığını azaltırlar. Bunun yerine yutucu ve dağıtıcı yüzeyleri bir arada kullanmak daha mantıklı olacaktır. Diğer önemli bir nokta da performans odalarında odaklanma meydana getirebilecek iç bükey yüzeylerin kullanılmaması gerekliliğidir. Eğer böyle yüzeyler mevcutsa da bu yüzeyleri yutucu yapmak veya ses dağıtıcı paneller kullanarak dağıtıcı hale getirmek gerekir.

5.2.4. Kontrol Odası

Kontrol odaları, performans odaları ve izolasyon kabinlerinde kaydedilmiş sesin niteliğinin tam olarak algılanabildiği ve daha sonra da işlendiği hacimler oldukları için bu hacimlerin akustik niteliklerinin kaydedilmiş ses üzerinde minimum etki oluşturacak şekilde ‘nötr’ olması gerektiğini bir kez daha vurgulamakta yarar vardır. Performans odalarında olduğu gibi kontrol odaları için de diğer büyük dinleme hacimlerinde olduğu gibi belli bir standartlaştırma yoktur ancak günümüzde kontrol odalarının görev tanımı gittikçe genişlediğinden bu hacimler için bazı telekomünikasyon ve yayın kuruluşları tarafından öneriler ortaya atılmıştır. Söz konusu önerileri en çok dikkate alınan iki kuruluş, International Telecommunication Union (ITU) ve European Broadcasting Union (EBU)’ dur (Munster, 2003). ITU ve EBU önerileri, kontrol odası tasarımında her ne kadar yol gösterici olsa da, tasarımcıyı bütünüyle bağlayamaz. Ancak yıllar içinde edinilen deneyimler sonucu oluşturulan bu öneriler, günümüzde pek çok profesyonel tasarımcı tarafından dikkate alınmaktadır. Söz konusu önerilerin oluşabilmesi için kontrol odası tasarımının yıllar içerisinde geçirdiği evreler ve tasarımcıların tecrübeleri değerlendirilerek bir sentez oluşturulmuştur. ITU ve EBU önerilerinden, ilerleyen bölümlerde söz edilecektir ancak daha öncesinde kontrol odasının tarihsel gelişimine değinilecektir.

Geçmişten günümüze ses kayıt stüdyosu tasarımında birçok farklı kontrol odası tasarım yaklaşımı geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Ancak daha profesyonel yaklaşımlar özellikle iki kanallı stereo sistemlerin ortaya çıkması ve yaygınlaşmasıyla belirginleşmiştir. Stereo sistemlerin kullanımıyla birlikte erken yansımaların kontrol odası içinde oluşturduğu problemler de daha belirginleşmiştir. Söz konusu problemlerin azaltılması veya ortadan kaldırılması için fazla miktarda yutucu gereç kullanıldığından bu hacimler ölü nitelikli hale gelmiştir. 1980’ lerde ise yutucu ve dağıtıcı gereçlerin birbirleriyle oranlı kullanımları sağlanarak daha nötr hacimler elde edilmeye çalışılmıştır. Zamanla bazıları mevcut tasarım yaklaşımlarının uzantısı olarak yeni yaklaşımlar da ortaya atılmıştır. Günümüzde ise 2000’ lardan itibaren daha çok, çoklu kanal ses sistemleri kullanımı (örn: 5+1 çevreleyen ses sistemleri) yaygınlaşmış ve yapılan akustik düzenlemeler bu bağlamda uygulanmaya başlanmıştır. Kontrol odalarının özellikle 1980’ler ve sonrası hangi tasarım yaklaşımları kullanılarak oluşturulduğunun bilinmesi günümüz kontrol odası akustik gereksinimlerini anlamada faydalı olacaktır. Çünkü 1980’ lardan itibaren kontrol odası tasarım yaklaşımlarıyla ilgili-nispeten -standartlaştırmaya yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Everest, 2001).

Ancak bilinmelidir ki hala kontrol odası tasarımında tek bir doğru yoktur ve değinilecek olan farklı tasarım yöntemleri ile bunların uzantıları kullanılarak, ölçüm sonuçları birbirleriyle tutarlı başarılı sonuçlar alınabilmektedir.

1950' lerin başlarına kadarki kontrol odaları oldukça küçük ve yalnızca mono kayıtlar için uygundu. Bu sebeple bu hacimlerde hoparlör yerleşimlerinin pek bir önemi yoktu. Ayrıca bu kontrol odalarında alçak frekansların yutulmasında kullanılan gereçler genellikle 125Hz' in altında etkili olamıyorlardı (Voetmann, 2005). Stereo sistemlerin yeni kayıt tekniği olarak kabul görmesiyle birlikte daha profesyonel tasarım yaklaşımlarının ortaya çıkması, iki yönlü stereo dinlenebilirliğinin düzgün (flat) olabilmesi için bu hacimlerde simetri niteliğini arandı. Ancak önceki kontrol odalarının yeniden düzenlenmeye çalışıldığı durumlarda bile simetrinin elde edilememesiyle birlikte büyük prodüksiyon şirketleri daha profesyonel yeni stüdyolar kurdukmaya başladı. Tom Hidley, Bill Putnam, Mike Rettinger gibi akustikçiler o dönemlerde söz konusu yeni stüdyoların kurulumlarında söz sahibi olan kişilerdi ve bu akustikçiler kendi yöntemleriyle değişik kontrol odası konseptleri oluşturmaya başladılar. 1960' da Tom Hidley' in gözlemleri ve yaptığı uygulamalar sonucunda elde ettiği dayanak noktaları özellikle bir çok akustikçi tarafından kabul gördü ve kontrol odası tasarımında uygulandı. Hidley'e göre kontrol odalarında aşağıdaki nitelikler aranmalıydı:

- Stereo dinlenebilirliği düzgün verecek nitelikte hacim simetrisi olmalıdır
- Kontrol odasının arka duvarından gelecek yansımalar önlenmelidir
- Tavandan kaynaklanan yansımalar önlenmelidir
- Kontrol odası monitör hoparlörleri ön duvarın içinde konumlandırılmalı ve ön duvarla hem yüz olmalıdır
- Alçak frekanslar dahil tüm frekans bantlarında yansıma süresi oldukça düşük olmalıdır (Voetmann, 2005)

Her frekans bandında yansıma süresinin düşük tutulması gerekliliği Putnam ve Rettinger tarafından da vurgulanıyordu. Hidley, nedeni tam olarak belirgin olamamakla birlikte o dönemki uygulamalarında dinleyici noktasının (mix position) ön tarafındaki duvarlardan kaynaklanan yansımaları kabul edilebilir buluyor ve öneriyordu. Daha sonraları birçok akustikçi tarafından bu öneri kapsamlıca tartışılacaktı. Hidley aynı zamanlarda alçak frekanslarda da gereken yutuculuğu sağlayabilmek için çatıya aralıklarla asılan dikey mineral yünü levhalardan oluşan "bas tuzakları" nı geliştirdi. Her ne kadar bazı durumlarda 50Hz' e kadar inse de yine de alçak frekanslarda tam olarak etkinliğe sahip olamayan bu düzeneklere

ait laboratuvar ölçümleri de yoktu. Ayrıca bu düzenekler kalın mineral yünü levhalardan oluştukları için hem tüm frekanslarda etkiliydiler hem de çatıdan gelebilecek yansımaları da yine önlüyorlardı (Voetmann, 2005).

1980' lere gelindiğinde Hidley, inşa etmeyi sürdürdüğü ses kayıt stüdyolarının kontrol odalarında hala küçük değişiklikler olsa da yukarıda değinilen yöntemleri uyguluyordu. Hala duvarla hem yüz hoparlörler kullanılıyor, ön duvar ve yan duvarların ön kısımları ise yine yansıtıcı tutuluyordu. Çatı ve arka duvarlarda ise yine yutucu gereçler ve bas tuzakları vardı. Ancak ilk kez 1984' te, Hidley'in yaptığı bir kontrol odasıyla birlikte tasarım kriterleri değişmeye başlamıştı. Örneğin ön duvar ve yan duvarların ön kısımları bu kez belirli derecede yutucu yapılmıştı. Yan duvarların arka kısımları ise yansıtıcı yüzeyler olarak tasarlanmıştı ve dinleyici noktasına bu yüzeylerden diagonal olarak gelen yansımalara izin veriliyordu. Bunun nedeni, devrim yaratan 'Zaman - Gecikme Tayfölçeri (Time - Delay Spectrometry - TDS) ölçüm tekniğinin kullanılmasıydı. TDS aslında Richard Heyser' in, 1960' ların sonunda 'Zaman - Enerji - Frekans (Time - Enerji - Frequency - TEF) Analizörü' nü bulmasıyla ortaya çıkan bir ölçüm yöntemidir. TEF sistemi, ölçümlerde 'zaman' parametresinin ilk defa gündeme geldiği ve iki boyutlu ölçüm parametrelerine eklenerek akustik niteliklerin üç boyutlu olarak görülebilmeye imkan tanıyan sistemdi ve bunun sonucunda artık dolaysız ses, ilk yansımalar ve yayınık ses alanları birbirlerinden ayrı olarak tanımlanabiliyordu (Munster, 2003). Yine TEF kapsamında diğer bir ölçüm tekniği olan 'Enerji - Zaman Eğrisi (Energy - Time Curve - ETC)' de bize dolaysız ses, ilk yansımalar ve yayınık ses alanıyla ilgili zaman - yoğunluk ilişkisini göstermekteydi. Sonuç olarak, TEF sistemi yardımıyla, mevcut kontrol odalarında yapılan ölçümlerde, ön duvar ve yan duvarların ön kısımlarından dinleyici noktasına gelen yansımaların hacmin yanıt eğrisinde artım ve sönümleme etkilerine neden olduğu görüldü. Diğer bir deyişle, comb filter etkisi artık, 'gözle görülebiliyor' idi . Ve bunun sonucunda da yeni tasarım yöntemleri tanımlanmaya başlandı (Voetmann, 2005).

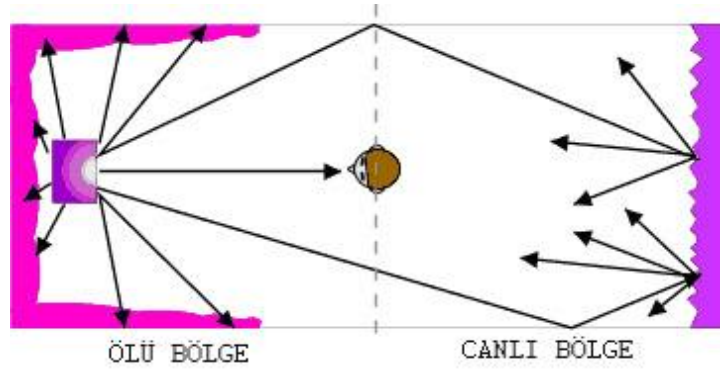
- 'CANLI BÖLGE - ÖLÜ BÖLGE' TASARIM YAKLAŞIMI

(Live End - Dead End Approach - LEDE)

TEF sisteminin bulunması ve ölçümlerin sunduğu avantajlar bağlamında standartlaşmaya yönelik ilk tasarım yaklaşımı, Davis tarafından ortaya atılan LEDE yaklaşımıdır (1981). Bir önceki bölümde de değinildiği üzere TDS vasıtasıyla dolaysız ses (monitör hoparlörler) ile ilk ve geç yansımaların frekans tayfları, hacim içerisindeki diğer yayınık enerji bölgesinden ayrı biçimde görülebildiği için dinleyici noktasına gelen dolaysız ses ve yansımalar arasındaki

zaman farkları ile comb filter etkilerini belirlemek mümkündür. Buna göre dolaysız ses ile ilk yansımaların dinleyici noktasına ulaşması arasındaki uzaklık (veya zaman farkı) azaldıkça comb filter etkisinin görüldüğü frekans aralıkları ile buralarda oluşan artım ve sönümlenme düzeyleri gittikçe artmaya başlar. Bu nedenle ilk yansımaların dinleyici noktasına dolaysız sesten hemen sonra gelmesi önlenmelidir. Çünkü erken gelen bu ilk yansımalar, orijinal sesin niteliğinin algılanmasını maskeleymektedir. LEDE tasarım yaklaşımına göre, dinleyici noktasına gelen erken ilk yansımaların önlenmesi gerekliliğinin diğer bir nedeni de ITDG' dir. Kontrol odalarında ITDG' nin 10 – 20ms olduğu durumlarda insan kulağı, dolaysız ses ile hacim akustiği etkisini ayırt ederek, dolaysız sesin açıkça algılanabilmesini sağlamaktadır. Ayrıca kontrol odalarının ITDG' lerinin performans odalarınınkinden uzun olması gerekliliği de (min. 3ms daha uzun olmalı), erken gelen ilk yansımaların optimum ITDG' yi sağlayacak uzunlukta yol kat ederek dinleyici noktasına gelmeleri sağlanmalıdır (Munster, 2003).

Yukarıda değinilen gereksinimler temel alınarak oluşturulan LEDE kontrol odalarında, monitör hoparlörlerin bulunduğu ön duvar ve dinleyici noktasına kadarki yan duvarların ön kısımları tüm frekans bantları için oldukça yutucu yapılarak hoparlörlerden kaynaklanan erken ilk yansımaların 10-20ms' nin altında oluşmasının önlenmesi gerekir (ölü bölge). [56] Böylece bu yutucu bölgede dinleyici noktasında dolaysız ses doğrudan algılanabilecektir. Ancak söz konusu nedenlerden dolayı kontrol odalarının tamamen yutucu olması arzu edilen bir durum değildir çünkü kontrol odalarının nötr özellikte olması gerekir. Bu nedenle kontrol odasının yan duvarlarının arka kısmı ve arka duvarı yansıtıcı olarak tasarlanmalıdır (canlı bölge). Ancak bu yansıtıcı yüzeyler (özellikle arka duvar), düzgün yansıma yapacak şekilde değil, yayıncı yansıma yapacak şekilde tasarlanmalıdır. Aksi halde comb filter ve/veya vurgusal yankılar oluşarak dinlenen dolaysız sesin niteliğini bozacaktır. Ayrıca arka bölümden kaynaklanan yayıncı ses alanı kontrol odasının nötr nitelikte olmasına da büyük katkı sağlamaktadır. Bu nedenle özellikle Schroeder ses dağıtıcıları kontrol odalarında sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Munster, 2003). Şekil 5.60' da, LEDE yaklaşımını sembolize eden tek hoparlörlü basit bir şema gösterilmiştir.



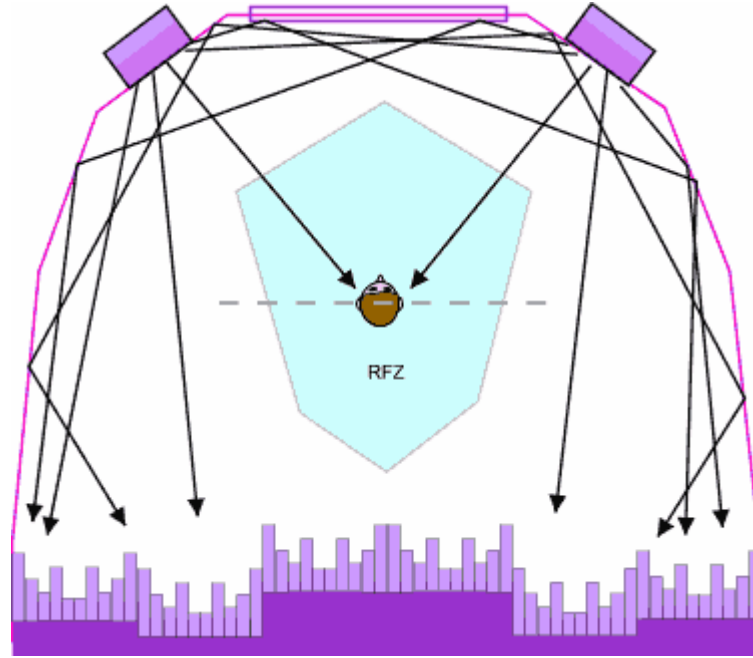
Şekil 5.60 LEDE tasarım yaklaşımı prensibi [56]

- 'YANSIMASIZ ALAN' TASARIM YAKLAŞIMI

(Reflection Free Zone Approach - RFZ)

1984' te Peter D'Antonio tarafından ortaya atılan RFZ tasarım yaklaşımı, LEDE yaklaşımının bir uzantısı olarak geliştirilmiştir. RFZ, LEDE yaklaşımında kontrol odasıyla performans odası arasındaki gözlem penceresinin varlığı sonucu, monitör hoparlörlerden kaynaklanıp dinleyici noktasına gelen erken ilk yansımaların olumsuz etkilerinin, kontrol odası hacminin geometrisinde yapılan revizyonlar sonucu giderilebileceği prensibinden yola çıkılarak oluşturulmuştur. Ayrıca kontrol odası yan duvarlarının ön bölümünde (ölü bölge) yapılan geometrik revizyonlarla dinleyici noktasına gözlem penceresi dışında hacmin ön kısmından kaynaklanan diğer yansımaların da önünün kesilebildiği görülmüştür (Voetmann, 2005). Bunların sonucu olarak, hacmin geometrisi yardımıyla dinleyici noktası ve bunun etrafındaki küçük bir alanda yansımaların etkisinin olmadığı ve bu sayede dolaysız sesin tam bir netlikle dinlenebildiği bir bölge oluşmaktadır. Bu bölgeye 'yansımaz alan' denir. RFZ yaklaşımında, ön duvarla hoparlörlerin konumlandırıldığı yan duvarlar arasındaki açı 120° olmalıdır. Böylece gözlem penceresinden dinleyici noktasına gidebilecek yansımaların önü kesilmiş olacaktır. Buna ek olarak monitör hoparlörler, 120° açıyla konumlandırılmış bu kısa yan duvarların açı ortaylarını merkez alacak şekilde konumlandırılmalıdırlar. Bilinmesi gereken diğer önemli bir nokta, RFZ yaklaşımında da monitör hoparlörlerin mutlaka ön duvar içerisinde ve duvarla hem yüz olarak konumlandırılmaları ihtiyacıdır. Böylece yüzeylerin hoparlörlerle etkileşiminden kaynaklanacak olan sınır etkisi de ortadan kaldırılmış olacaktır. Ayrıca tavanın da meyilli olarak inşa edilmesinin olumlu sonuçları doğmaktadır (Voetmann, 2005). RFZ yaklaşımında da 'ölü bölge' hacmin ön kısmında, 'canlı bölge' ise yine arka kısımda ve yayımlık yansıma yapacak nitelikte olmalıdır. Böylece kontrol odası için gerekli olan optimum ITDG sağlanabilecektir.

Alçak frekansların doğrultusuz olması sebebiyle RFZ yaklaşımının 500Hz - 5kHz aralığında başarı göstermesi, bu yaklaşımın kabul görmesi için yeterli olmuştur. Şekil 5.61’ de, RFZ prensibini veren örnek bir kontrol odası tasarımı gösterilmiştir.



Şekil 5.61 RFZ tasarım yaklaşımı prensibi [56]

LEDE ve RFZ için önemli diğer bir nokta da konsol ve diğer ekipman sehparlarından kaynaklanabilecek yansımaların dinleyici noktasındaki optimum şartları bozma olasılığıdır. Bunu önlemek için ya monitör hoparlörlerin daha aşağıda konumlandırılması ya da konsolun, ilk erken yansımaların oluşturacağı comb filter etkisine maruz kalmayacak uzaklıkta konumlandırılması gerekir (Voetmann, 2005).

- ‘DENETİMLİ SES İMGESİ’ TASARIM YAKLAŞIMI

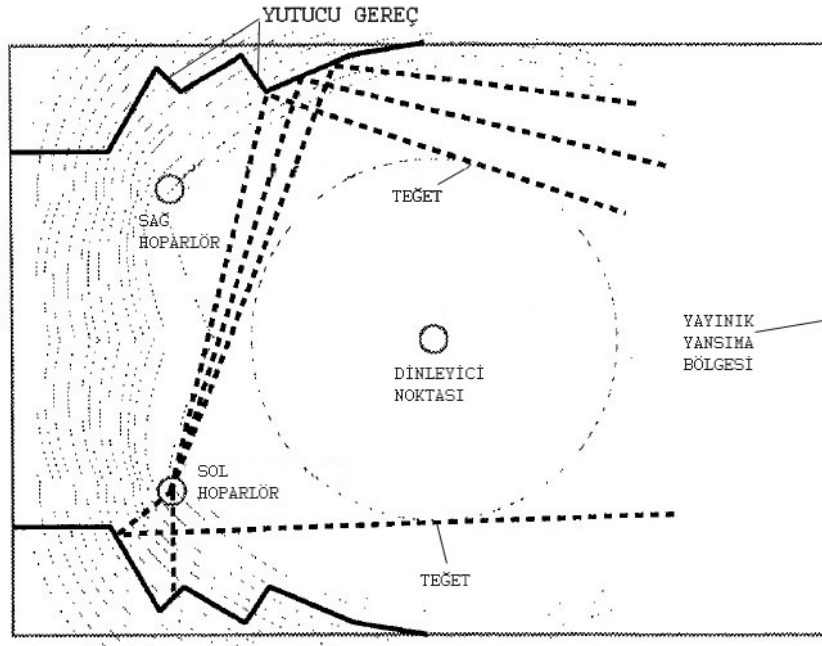
(Controlled Image Design Approach - CID)

Yukarıda değinilen tasarım yaklaşımları genellikle ABD’ de geliştirilip ABD’ deki profesyonel üst düzey ses kayıt stüdyolarında uygulanıyordu. Avrupa’da ise yeni tasarım yaklaşımları ulusal yayın kuruluşlarının bünyesinde gerçekleştiriliyordu. Avrupa’ ya bakıldığında 1992’ ye kadar aslında pek de dikkate alınabilir bir yaklaşım geliştirilmemiştir. 1992’ de ise BBC’ de görev alan Bob Walker adlı akustikçi tarafından ‘Denetimli ses imgesi’ tasarım yaklaşımı ortaya atılmıştır (22). CID yaklaşımında da, RFZ’ da olduğu gibi dinleyici noktası etrafında yansısız bir alan oluşturma hedefi vardır. Ancak CID yaklaşımında bu hedef, LEDE ve RFZ’ de olduğu gibi yoğun ölçüde yutucu malzeme kullanılmadan

gerçekleştirilebilmiştir. Çünkü bu yaklaşımda asıl hedef, yansıma süresini diğer tasarım yaklaşımlarında olduğundan daha uzun tutup evlerdeki salonların ortalama yansıma sürelerine kadar çıkartmaktır (bu süre yaklaşık 0,3-0,5s civarındadır). Bunun nedeni, diğer kontrol odalarında yutucu gereçlerin ve dolayısıyla yansıma süresinin düzgün dağılmamasıdır (Munster, 2003). Bu nedenle dinleyici noktasındaki yansıma süresi doğal ortamdan uzak olacak denli kısa olabilmektedir (örn: 0,2s). Oysa CID' de, insanların müziği en çok evlerinin salonlarında dinlediği kabul edildiği için, kritik dinleme evresinin gerçekleştiği dinleme noktasındaki yansıma süresi, salonlarınkine yakın olmalıdır anlayışı benimsenmiştir. CID yaklaşımında, yansız alana giren ilk yansımalar için de iki önemli kriter belirlenmiştir. Buna göre, ilk yansımalar, bu alana dolaysız sesten ancak 20ms civarında bir zaman sonra girebilir (ITDG) ve 20ms' den önce alana giren ilk yansımaların düzeyi dolaysız sesten en az 15 - 20dB daha düşük olmalıdır (Munster, 2003).

CID yaklaşımı bütünüyle geometrik revizyonlara dayalıdır ve yansız alan burada 2,5-3m çaplı bir daire olarak tanımlanmıştır. Burada önemli olan söz konusu daireye teğet olacak ilk yansımaları oluşturabilecek geometrik yüzeylerin tanımlanmasıdır. Ve bunun için bir CAD tabanlı bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Ayrıca yüzeylerin bazıları yansıma süresinin gerektiğinden daha uzun olmaması için yutucu olarak da tasarlanabilir. Daha sonra bu veriler ışığında, BBC' de bu tasarım yaklaşımıyla ilgili bir test odası oluşturulmuştur ve burada CID yaklaşımını diğer yaklaşımlardan ayırır biçimde hoparlörler duvar içinde duvarla hem yüz olarak değil, duvar önünde ve ayaklar üzerinde konumlandırılmıştır. Arka duvarlar söz konusu olduğunda CID' de de, diğer yaklaşımlarda olduğu gibi arka duvarlar yayıncı yansıma yapacak şekilde tasarlanmalı ve böylece comb filter ve vurgusal yankı etkilerinin oluşması önlenmelidir (Munster, 2003). Şekil 5.62' de, CID tasarım yaklaşımına ait bir plan örneği gösterilmiştir.

CID tasarım yaklaşımı, yutucu gereç kullanımına en aza indirmesi ve kontrol odalarının akustik ortamını evlerdeki salonların akustik ortamına yaklaştırmak gibi ilginç ve kabul görebilecek bakış açısı olmasına rağmen her nedense BBC stüdyoları dışında başka bir yerde uygulanmadığı bilinmektedir (Voetmann, 2005).



Şekil 5.62 CID tasarım yaklaşımına ait bir plan örneği (Munster, 2003)

- 'ORTAMSIZ SES ALANI' TASARIM YAKLAŞIMI

(Non - Environment Design Approach)

İster aynı tasarım yaklaşımıyla ister değişik yaklaşımlarla tasarlanmış olsun, farklı kontrol odalarında dinlenen mevcut kayıtların niteliği az ya da çok değişiklik gösterir. Bu durum yıllar içinde hacim akustiğinin etkisini tamamen ortadan kaldırıp dolaysız sesin tam bir netlikle duyulmasını sağlayacak tasarım yaklaşımları geliştirme hevesini arttırmıştır. Ayrıca teknolojinin ilerlemesiyle birlikte yapılan kayıtların, kayıt teknikleri ve kullanılan aletler bakımından uluslar arası standartlar sunması yanında, kayıtların bir stüdyoda, mix ve mastering evrelerinin diğer stüdyolarda yapılmaya başlamasının etkisiyle de artık kontrol odalarında akustik farklılıkların minimuma indirilmesi fikri mantıklı görülüyordu (Voetmann, 2005). Bu bağlamda, 1991 yılında Tom Hidley ve Philip Newell birlikte, 'tamamen nötr' ve hacim akustiği etkisini göz ardı edilebilecek nitelikte yutucu non-environment yaklaşımını ortaya atmışlardır. Bundan önce yapılan araştırmalarda ses kayıt mühendislerinin anekoik hacimlerden ziyade düşük yansım süresi olan doğal hacimleri tercih ettiklerini belirtmelerine rağmen non-environment kontrol odaları bunun aksine yarı-anekoik niteliktedir. Çünkü bu kontrol odalarında monitör hoparlörlerin bulunduğu ön duvar ile döşeme dışındaki tüm yüzeyler, tüm frekans bantlarında yutucu olacak malzemeler ve bas tuzaklarıyla kaplanmaktadır. Hidley bu tasarım yaklaşımıyla birlikte bas tuzaklarının, 40Hz'

in altında ve hatta 20Hz' e kadar etkinliğini arttırmıştır.

Non-environment yaklaşımıyla birlikte İngiltere ve Portekiz' de bazı kontrol odaları yapılmış olsa da bu yaklaşımın oldukça pahalı ve hacimlerde oldukça fazla yer kaybına neden olması, yaygınlaşmasını önlemiştir (Voetmann, 2005).

- 'ERKEN YANSIMALARIN DAĞITIMI' TASARIM YAKLAŞIMI

(Early Sound Scattering Design Approach - ESS)

LEDE ve RFZ tasarım yaklaşımlarının amacı, hacim akustiğinin etkisini dolaysız sesten ayırarak dinleyici noktasında dolaysız sesin olduğu gibi algılanması sağlamaktır. Bunu da dinleyici noktasında uygun bir ITDG oluşturarak sağlarlar. Ancak özellikle bu iki yaklaşımda konsol ve ekipman sehparlarından dinleyici noktasına gelen ilk yansımalar kontrol odasının optimum ITDG' sini bozarak comb filter etkileri oluşturabilmektedir. [56] Bu nedenle ESS yaklaşımı LEDE ve RFZ yaklaşımlarına alternatif olarak sunulmaktadır. ESS yaklaşımında da monitör hoparlörler, LEDE ve RFZ' de olduğu gibi duvar içinde ve duvarla hem yüz olarak konumlandırılırlar ve aynı stereo imajını elde etmeye çalışırlar. Ancak ESS yaklaşımında, hoparlörlerin konumlandırıldığı duvarlar da dahil olmak üzere kontrol odasının ön kısmı en iyi şekilde hesaplanıp oluşturulan Schroeder ses dağıtıcılarıyla donatılır. Böylece erken ilk yansımaların enerjileri azaltılarak, dolaysız sesin niteliğinin daha net anlaşılmasına olanak tanırırlar. Bu yaklaşımın diğer bir avantajı da enerjisi azalan ilk yansımaların kolon ve ekipman sehparlarından yansısalar bile dinleyici noktasındaki optimum şartları bozabilecek enerjilerinin olmayacak olmasıdır. Kontrol odasının ön kısmı dışında geri kalan kısımları ise yutucu olarak tasarlanmalıdır. Söz konusu bölgelerde kullanılan bas tuzakları da bu nedenle kalın mineral yünü gibi gözenekli gereçlerle oluşturulur. ESS tasarım yaklaşımında yansıma süresi diğer yaklaşımlarinkinden biraz daha uzun olabilmektedir (örn: 0,5s). Ancak yansıma süresinin her frekans bandında optimumda olması da sağlanmalıdır (Munster, 2003).

- 'ÇEVRELEYEN SES' TASARIM YAKLAŞIMI

(Surround Sound Approach)

Film endüstrisi tarafından hayata geçirilen 'çevreleyen ses' ses sisteminin kullanımı zamanla ses endüstrisinde de oldukça yaygınlaşmıştır. Ancak buna rağmen, çok kanallı reproduksiyona uygun kontrol odalarının tasarımına kılavuzluk sunabilecek detaylı yaklaşımlar günümüzde oldukça azdır. ABD' li, 'WSDG Architectural & Acoustic Design' şirketi, 'çevreleyen ses' kontrol odalarının tasarımı ile ilgili olarak prensipler ortaya koyan azınlıktaki yaklaşımlardan

bir tanesidir. WSDG şirketi 1999’ da, ITU ve EBU önerilerini inceleyerek, ‘çevreleyen ses’ ses ortamları için tasarım hedefleri belirlemiş ve bu önerilere pratik bazı ilaveler yapmışlardır (Storky ve Noy, 1973). Buna göre;

1. ‘Çevreleyen ses’ kontrol odalarında, optimum çoklu kanal dinlenebilirliğinin sağlanabilmesi için, en az beş adet monitör hoparlöre ihtiyaç vardır. Bunlar sağ, sol, merkez, surround sağ ve surround sol hoparlörleridir. Ayrıca bu beş hoparlöre ek olarak bir de alçak frekans monitör hoparlörüne (subwoofer) ihtiyaç duyulmaktadır. Daha büyük kontrol odalarında ise düzgün dağıtılmış daha çok adette hoparlör de kabul edilebilir.
2. WSDG, kendi yaklaşımında monitör hoparlörleri duvar içlerinde ve duvarla hem yüz olarak konumlandırmayı tercih eder. Bu yaklaşımın, hoparlörlerden kaynaklanan sınır etkisini azaltmada ve alçak frekansların yayılımını daha homojen hale getirmede önemli avantajı vardır.
3. Hoparlörlerin yanı sıra yansıma karakteristikleri de dikkate alınmıştır. İki kanallı stereo sistemlerin olduğu LEDE ve uzantısı olan RFZ tasarım yaklaşımlarında olduğu gibi, ‘çevreleyen ses’ ses sistemi bulunan LEDE ve RFZ kontrol odalarında da (dinleyici noktasında) bu kez her hoparlör için dolaysız sesle erken ilk yansımalar arasında 15 - 20ms uzunluğunda ITDG hedeflenmelidir.
4. Orijinal LEDE ve RFZ tasarım yaklaşımlarını ‘çevreleyen ses’ yöntemiyle genişletmek bağlamında, duvar içinde duvarla hem yüz olarak değil de duvar dışında ayaklar üzerinde bulunan hoparlörlerin arkalarında mutlaka ilave tüm frekans bant genişliklerini kapsayan yutucu önlemler alınmalıdır. Ayrıca kontrol edilemeyen yansımaları önleyebilmek için duvarlarda surround hoparlörün aksinde ve hoparlöre bakacak şekilde ek yutucu gereçler kullanılmalıdır. Son olarak arka duvarda stereo sistemlerin bulunduğu kontrol odalarındaki gibi yine yayıncı yansıma yapacak şekilde ses dağıtıcılarının kullanılması önerilmektedir. Böylece nötr ve doğal bir ortam oluşturulmuş olacaktır (Storky ve Noy, 1973).

5.2.4.1. ITU – EBU Önerileri

Bölüm 5.2.1’ de ayrıntılı biçimde söz edilen ideal hacim oranlarının etkinliği yıllar içinde kanıtlanmış ve halen kullanılmaktadır. Ancak günümüzde daha önce de değinildiği gibi artık optimum hacim oranlarını söz konusu ideal hacim oranlarıyla karşılaştırmalı olarak hesaplayan bilgisayar yazılımları da geliştirilmiştir. ITU ve EBU hacim boyut oranları

konusunda 1996'da Robert Walker' ın (BBC) ortaya attığı en yeni yaklaşımı, öneri olarak belirlemiştir (27). Walker' a göre, belirli tekil ideal hacim oranlarından ziyade, optimum hacim oranlarını verecek bir 'aralık' tanımlamak daha doğru bir yaklaşımdır. Walker bunun için bir bilgisayar programı geliştirmiştir ve böylece bir kalite endeksi oluşturmayı hedeflemiştir. Bu kalite endeksini belirlemek bir mekanın hacmi, yüksekliği, genişliği ve uzunluğunu temel alacak şekilde dört boyutludur. Walker bu bağlamda, optimum hacim oranları için aşağıdaki formülü tanımlamıştır ve bilgisayar programı da bu formülü veri olarak kabul etmektedir (5.7) [57]:

$$1.1 \frac{w}{h} \leq \frac{l}{h} \leq 4.5 \frac{w}{h} - 4 \quad \text{with} \quad l < 3h \quad \text{and} \quad w < 3h \quad (5.7)$$

w: Hacmin genişliği (m)

l: Hacmin uzunluğu (m)

h: Hacmin yüksekliği (m)

ITU ve EBU söz konusu yaklaşımı öneri olarak sunmadan önce ufak bir de ek yapmışlardır. Buna göre l, w ve h oranları, birbirlerinin tam sayı değerlerinin %5' i veya %5' inden az ise bu oranlardan kaçınılmalıdır. Aksi takdirde zararlı modların oluşumuna şans tanınmış olacaktır. Günümüzde, Walker kriterinin kullanımı tasarımcılar arasında gittikçe yaygınlaşmaktadır (Munster, 2003).

- YANSIŞIM SÜRESİ

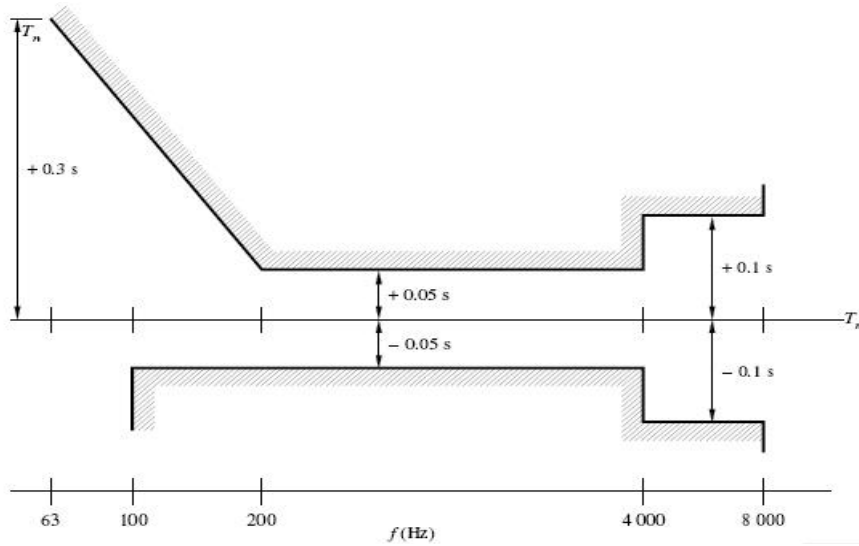
ITU ve EBU önerileri, kontrol odası gibi kritik dinleme hacimlerinin optimum yansışım süreleri için tolerans sınırları öngörmektedir. Bu bağlamda ortalama bir yansışım süresi tanımlanmıştır $T_m(s)$. Söz konusu ortalama yansışım süresi, (5.8) eşitliği ile hesaplanmaktadır (ITU 1116.1, 1997):

$$T_m = 0.25 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (5.8)$$

V : Mekanın hacmi (m^3)

V₀: Referans hacim ($100 m^3$)

Şekil 5.63’ de ise yansıım süresi tolerans sınırlarını gösteren grafik görölmektedir. Grafiğe bakıldığında bu sınırların 200Hz altındaki alçak frekanslar için + 0,3s, 100Hz - 4kHz aralığında $\pm 0.05s$ ve 4kHz - 8kHz arasında ise $\pm 0.1s$ olduğu görölmektedir.



Şekil 5.63 Yansıım süresi tolerans sınırları (ITU 1116. 1, 1997)

- İLK ULAŞIM GECİKMESİ (ITDG)

ITU ve EBU da kontrol odalarında 20ms civarında ITDG’ yi ön görmektedir. Ayrıca kontrol odalarının ITDG’ si performans odalarınınkinden en az 3ms daha uzun olmalıdır (Munster, 2003).

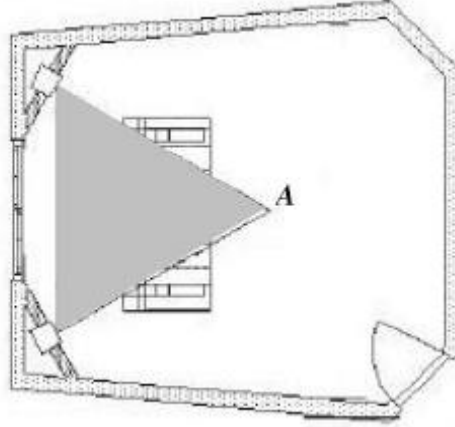
- AKUSTİK KUSURLAR

Bölüm 4.2.1.6’ da, kontrol odalarında akustik düzenlemeyle her frekans bandı için optimum yansıım süreleri sağlansa dahi dinleyici ve hoparlör konumları nedeniyle yine distorsiyon oluşabileceği ayrıntılı şekilde açıklanmıştı. Bu bağlamda ITU ve EBU, hoparlörlerin konumlandırılmasıyla ilgili tavsiye kararları oluşturmuşlardır. Bölüm 5.2.4.1’ de değinilen ‘çevreleyen ses’ tasarım yaklaşımı da yine bu tavsiye kararları temel alınarak ortaya atılmıştır.

- HOPARLÖR KONUMLANDIRILMASI

Bir kontrol odasındaki minimum hoparlör düzenlemesi iki kanallı stereo düzenlemesidir. ITU ve EBU’ nun tavsiyelerine göre hoparlörler dinleyiciye göre 60°’ lik bir kavisle konumlandırılmalıdır. Araştırmalara göre, bu kavis açısındaki artış, ses kaynağının lokalizasyonunda ve ses imgesinin yaratılmasında bozulmalara (distorsiyona) yol açmaktadır. Hoparlörlerin kalıcı bir ses imgesi yaratabilmesi için simetrik olarak yerleştirilmesi

gerektiğinden, her kontrol odasında hoparlörler ile dinleyici noktası arasında tipik bir eşkenar üçgen oluşmaktadır. Şekil 5.64’ de, söz konusu eş kenar üçgen taralı olarak görülmektedir.

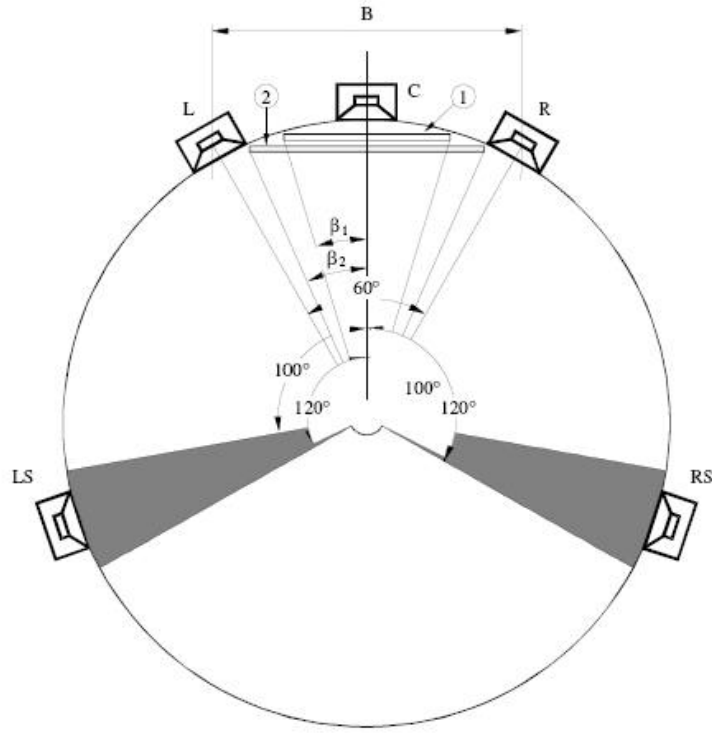


Şekil 5.64 Dinleyici noktası ile monitör hoparlörleri arasında dinleme üçgeni (Munster, 2003)

Buna göre ‘A’ köşesinin, dinleyici noktasının arkasına düştüğü görülmektedir. Bu da şüpheli bir durum oluşturur. Ancak, üçgenin dinleyici noktası arkasında bulunması konusunda ısrar eden tasarımcılar da vardır. Onlara göre bu sayede comb filter etkisi daha da azaltılabilmekte ve ses imgesinde problem yaşama olasılığı en aza inmektedir. Diğer yandan, üçüncü köşenin mühendis pozisyonunda olmasını tercih eden tasarımcılar da bulunmaktadır. Onlara göre de hoparlörler arasındaki zaman ve düzey farklarının optimizasyonu, bu noktayı temel almalıdır. Hoparlör ve mühendis arasındaki açının yanı sıra, dinleyiciye olan uzaklığın da belirlenmesi gerekmektedir. EBU’ ya göre hoparlörler arası mesafe 2 ila 4 metre arasında olmalıdır. Buna bağlı olarak, hoparlörler arasındaki dikey aks, hoparlörler arasındaki mesafenin %90’ına tekabül etmelidir ki bu da, 1.8 ile 3.6 metre arasındadır (ITU 1116.1, 1997).

Çok Kanallı Hoparlör Düzenlemesi:

Film endüstrisine göre, kontrol odalarındaki çok kanallı hoparlör düzenlemesi son 15 yılda oldukça önem kazanmıştır. Dolby ve Lucas film gibi firmalar, ‘çevreleyen ses’ uygulamasını başlattılar. Daha sonra müzik endüstrisi de ‘çevreleyen ses’ ses sistemine geçmiştir, ancak ‘çevreleyen ses’ sisteminin uygulandığı başlıca endüstri halen film endüstrisidir. ‘Çevreleyen ses’ sistemine olan ihtiyaçtan yola çıkan ITU ve EBU, bu konudaki hoparlör düzenlemeleriyle ilgili olarak çeşitli önerilerde bulunmuştur. Şekil 5.65’ de, ITU’ nun önerdiği çok kanallı monitör hoparlör yerleşimleri ve açıları görülmektedir. Buna göre şekilde gözüktüğü gibi, arka sağ ve arka sol hoparlörlerin 100° ve 120° lik yaylar içinde konumlandırılmaları gerektiği görülmektedir (ITU 775-1, 1994).



Şekil 5.65 ITU' nun önerdiği çok kanallı monitör hoparlör yerleşimleri ve açıları (ITU 775-1, 1994)

Yukarıdaki şekilden anlaşılacağı gibi, hoparlörler daire şeklinde yerleştirilmiştir. Bu dairenin yarıçapı önceki paragrafta belirtilen stereo hoparlör düzenlemesinde bahsedilen eşkenar üçgen tarafından belirlenir. Önde bulunan sağ ve sol hoparlörlerin konumlandırılması doğru ses imgesinin yaratılmasındaki en önemli unsurdur. Arka tarafta bulunanlar, 'çevreleyen ses' imgesi ve hacimsel izlenimler için gereklidir.

Hoparlörlerin daire şeklinde düzenlenmesi tavsiye edilmesine rağmen odanın şekli yüzünden dairesel düzenleme imkansız olabilir. Bu problemi çözmek için genelde farklı kanalların çıkış sinyaline delay (gecikme) efekti uygulanması tavsiye edilir. Böylece hoparlör en uygun dinleme pozisyonuna göre sanal olarak geriye doğru hareket eder. Hoparlörlerin yeniden dairesel olarak düzenlenmiş gibi algılanabilmesi için delay' lerin uzunlukları çok tutulmalıdır.

Delay efekti eklemek yerine hoparlörler arası denge değiştirilerek de söz konusu etki sağlanabilir. Örneğin, merkezden çok uzağa yerleştirilmiş bir hoparlörün seviyesi arttırılabilir ve bu sayede hoparlör sanal olarak merkeze doğru hareket eder (ITU 775- 1, 1994).

Yakın Dinleme Monitörleri:

Kontrol odası tasarımında yalnızca duvar içinde konumlanan hoparlörlerin mi yer alacağı, duvar hoparlörleriyle birlikte yakın dinleme hoparlörlerine de yer verilip verilmeyeceği

önemli bir sorudur. Yakın dinleme hoparlörleriyle dolaysız ses alanına daha yakın olunması kayıttın daha açıklıkla değerlendirilmesini sağlasa da bu hoparlörlerin yüzeylerden kesinlikle sınır etkisi oluşturmayacak şekilde konumlandırılmaları gerekir. Bunun tam tersi olarak duvar içinde ve duvarla hem yüz olarak konumlandırılan monitör hoparlörler için ise doğru uygulandıklarında sınır etkisi problemi ortadan kalkabilir ancak bu hoparlörler hacim ile daha fazla etkileşime girer. Çoğu profesyonel ses kayıt stüdyosunda, yakın dinleme hoparlörleri de duvar içi hoparlörleri de kullanılmaktadır. Ancak kontrol odasının çok küçük olduğu durumlarda, yalnızca yakın dinleme hoparlörleri de kullanılabilir.

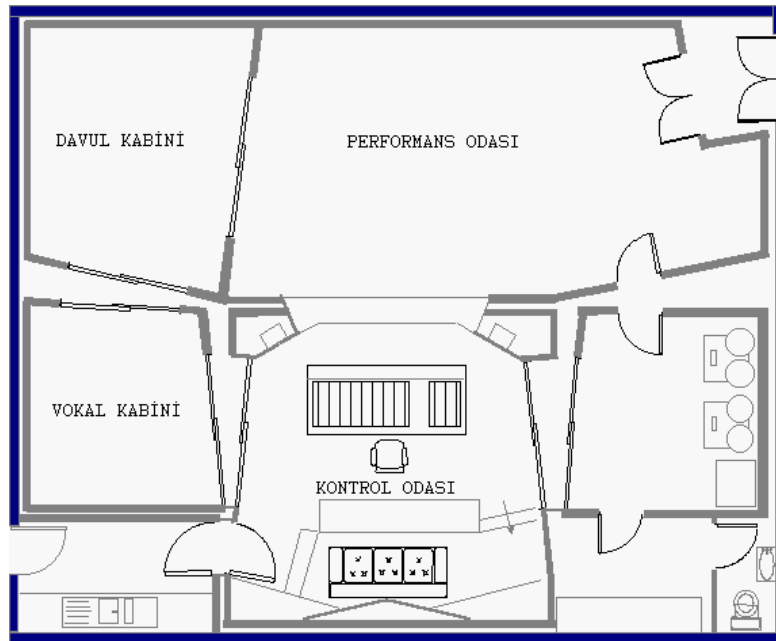
Hoparlör Yükseklikleri:

Diğer önemli bir nokta da kontrol odasındaki konsol ve ekipman sehparından kaynaklanan ve sorun oluşturan yansımaların önlenmesi gerekliliğidir. Optimum dinleme şartlarının bozulmaması için hoparlörlerin akustik merkezinin kulak hizasında olması tavsiye edilmektedir (yaklaşık 1.2m). ITU ve EBU da öndeki hoparlörler için bunu tavsiye ederken, arka hoparlörlerin 1.2m' den biraz daha yukarılara çıkabileceğini öngörür. Diğer önemli bir nokta da hoparlörlerin merkez aksının dinleyiciye doğru yöneltilmesi gerektiği durumda ise hoparlörler eğimli olarak konmalıdır. Bu açı ITU tarafından maximum 15° önerilirken, EBU için bu açı maksimum 10°' dir (Munster, 2003).

5.2.5. İzolasyon Kabinlerinin Akustik Konfor Gereksinimleri

İzolasyon kabinleri, özellikle çok kanallı ses kayıt sistemlerinin yaygınlaşması, farklı icracıları ve enstrümanları farklı kanallara aynı anda veya değişik zamanlarda kaydedebilme teknolojisinin bulunup yaygınlaşmasından sonra kullanımı yaygınlaşan kabinlerdir. Herhangi bir ses kayıt stüdyosunda bir veya birden fazla izolasyon kabini olabileceği gibi her ses kayıt stüdyosunda mutlaka izolasyon kabini bulunmalıdır diye bir kural da yoktur. Söz konusu kabinler vokal kabinleri, davul kabinleri veya daha başka tür kabinler olabilir. Büyüklükleri ise kaydı yapılacak enstrümana göre değişiklik gösterir. Örneğin vokal kaydı yapılacak olan izolasyon kabinleri (vokal kabini) davul kaydı yapılacak olana göre daha küçüktür. Ancak bunlar için belli bir standart boyut söz konusu değildir. Kayıt yapılacak hacimler küçüldükçe modların etkileri daha da arttıracığı için bu kabinlerde özellikle alçak frekans bölgesinde yoğun enerjisi bulunan enstrümanlar kaydedilmez. Oysa insan sesinin 125Hz' in altına fazla inmemesi dolayısıyla küçük vokal kabinleri kullanılabilir. Davul kabinleri bu etkilerin azaltıldığı boyutlarda seçilmelidir.

İzolasyon kabinleri, genellikle ‘canlı’ nitelikte yani yansıma süresi nispeten uzun performans odaları olan ses kayıt stüdyolarında tercih edilir. Çünkü izolasyon kabinlerinin genellikle yansıma süreleri oldukça kısadır (örn: 0-2 s). Böylece ticari olarak düşünüldüğünde ses kayıt stüdyosunda kaydedilebilecek olan müzik türlerinin yelpazesi de genişlemiş olacaktır. Diğer önemli bir nokta da ses kayıt mühendisinin kaydettiği parçayla ilgili kafasında oluşturduğu konsepttir. Bazen kaydedilecek sesin oldukça ‘kuru’ olarak kaydedilerek efekt aletleriyle çok değişik konseptler yaratılabilir (örn: elektronik müzik için kaydedilen akustik enstrümanlar). Her ne kadar kabinlerin yansıma süreleri oldukça düşük de olsa yine de tamamen yutucu ve dolayısıyla da ölü nitelikli olmaları tercih edilmez. Dolayısıyla bu kabinlerde de ses dağıtıcılar kullanılarak yansıma süresi oldukça kısa ancak kısmen de yaygın hacimlerin elde edilmesi gerekir. [55] İzolasyon kabinlerinin küçük boyutlarda olması özellikle bu hacimlerde oluşabilecek vurgusal yankıların da mutlaka önlenmesini gerektirir. Bu bakımdan da ses dağıtıcılarının kullanımı veya yüzeylerin paralelliklerinin bozulması oldukça faydalı olacaktır. İzolasyon kabinlerinin olmadığı ses kayıt stüdyolarında performans odalarının yansıma süreleri uzun da olsa yine söz konusu kabinlerin varlığı şart değildir. Çünkü bu kez de hareketli panolarla (gobo) kaydedilecek vokal veya diğer enstrümanlar için istenen ortam sağlanabilir. Ancak izolasyon kabinlerinde kaydedilecek enstrüman için her şeyin hazır olması (örn: mikrofon tipleri, konumları, sayısı, vb.) ses kayıt mühendisi ve icracı için zaman kazandıracaktır. Şekil 5.66’ da, davul kabini ve vokal kabini olan bir ses kayıt stüdyosu planı gösterilmiştir.



Şekil 5.66 Davul kabini ve vokal kabini olan bir ses kayıt stüdyosu planı

6. SONUÇ

Ses kayıt stüdyoları; mimari akustik, psikoakustik, elektroakustik ve teknolojinin etkileşimini bünyesinde bulunduran prodüksiyon mekanlarıdır. Söz konusu etmenlerden herhangi birinde ortaya çıkan gelişim, zaman içerisinde diğer etmenlerde de gelişimi tetiklemiştir. Örneğin, çoklu kanal kayıt sisteminin bulunup standart hale gelmesiyle birlikte, sesi farklı kanallara farklı zamanlarda veya aynı anda farklı hacimlerde kaydedebilme imkanının doğması, akustik biliminin gelişmesi, stüdyo ekipmanlarının teknik hassasiyetlerinin artması, bu hacimlerde mimari akustiğin, dolayısıyla da gürültü denetimi ve hacim akustiğinin işitsel konfora olan gereksinimini gittikçe arttırmıştır. Bu nedenle, ses kayıt stüdyosu ana hacimleri olan performans odası ve kontrol odasında geçmişten günümüze pek çok farklı tasarım yaklaşımları denenmiş olup, şimdiki modern ses kayıt stüdyosu konseptine ulaşılmıştır. Bu konsept dahilinde - özellikle profesyonel ses kayıt stüdyolarının - mimari akustik nitelikleri; stüdyonun elektroakustik ses sistemleri (monitör hoparlörler) ve teknolojik kayıt - efekt birimlerinin nitelikleri ile 'aynı sınıfta' ve 'üst düzey' özellikler göstermektedir.

Ses kayıt stüdyosu tasarımında mimari akustiğin rolü, söz konusu etkileşimi oluşturan diğer etmenler kadar büyüktür. Bu bağlamda stüdyo hacimleri için gürültü denetimi ile hacim akustiği konfor gereksinimleri, mimari akustiğin bünyesinde aynı oranda önemlidir ve herhangi birinde yaşanacak eksiklik, ses kayıt stüdyosunun akustik niteliğini düşürecektir.

Ses kayıt stüdyosu mimari akustik tasarımı, temel olarak üç adımda gerçekleştirilir. Bunlar projelendirme, tasarım ve uygulama evreleridir. Söz konusu evrelerin gürültü denetimi ve hacim akustiği için gereksinimleri birbirinden farklıdır.

6.1. Gürültü Denetimi Evreleri

Ses kayıt stüdyolarının gürültü denetiminin sağlanmasında projelendirme, tasarım ve uygulama evrelerinin her biri oldukça önemlidir ve bu evrelerde yapılacak hatalar, geri dönüşümü çok zor ve pahalı sonuçlar doğurabilmektedir.

6.1.1. Projelendirme Evresi

Projelendirme evresinde, ses kayıt stüdyosu ana hacimleri olan kontrol odası, performans odası ve izolasyon kabinleri için gürültü denetimi kapsamında ele alınması gereken ölçütler ve bunların hacimler için sağlanması gereken değerleri belirlenmelidir. Söz konusu başlıca ölçütler; yapı dışı ve yapı içi gürültü kaynaklarının oluşturduğu hava ve katı doğuşumlu gürültülere karşı performans odası, kontrol odası ve izolasyon kabinlerinde kabul edilebilir

gürültü düzeyleri ile bu düzeyleri sağlayabilmek için düşey - yatay yapı elemanları ve bileşenlerinde sağlanması gereken ses geçiş kaybı değerleridir. Bu bağlamda, ses kayıt stüdyosu hacimleri için sözü geçen ölçütlerin sağlanması gereken değerleri, Çizelge 6.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 Gürültü denetimi, projelendirme evresinde stüdyo hacimlerinin yapı elemanları ve bileşenlerinde sağlanması gereken değerler

ÖLÇÜT		PERFORMANS ODASI					KONTROL ODASI					İZOLASYON KABİNİ				
Kabul edilebilir gürültü düzeyleri		≤ NC-15, NC-20					≤ NC-15, NC-20					≤ NC-15, NC-20				
		Duvar	Döş.	Tavan	Kapı	Penc.	Duvar	Döş.	Tavan	Kapı	Penc.	Duvar	Döş.	Tavan	Kapı	Penc.
Hava doğuşumlu gürültülere karşı sağlanması gereken ses geçiş kaybı	NC-15	STC80	STC80	STC80	STC45 STC48	STC55 STC56	STC80	STC80	STC80	STC45 STC48	STC55 STC56	STC80	STC80	STC80	STC45 STC48	STC55 STC56
	NC-20	STC76	STC76	STC76	STC45	>STC50	STC76	STC76	STC76	STC45	>STC50	STC76	STC76	STC76	STC45	>STC50
Katı doğuşumlu gürültülere karşı sağlanması gereken ses geçiş kaybı	NC-15	-	IIC80	IIC80	-	-	-	IIC80	IIC80	-	-	-	IIC80	IIC80	-	-
	NC-20	-	>IIC70	>IIC70	-	-	-	>IIC70	>IIC70	-	-	-	>IIC70	>IIC70	-	-

Çizelge 6.1' e bakıldığında NC-15 eğrisinin hedeflendiği ses kayıt stüdyolarında, hava ve katı doğuşumlu gürültülere karşı sağlanması gereken STC ve IIC değerlerinin, NC-20 eğrisi hedeflenenlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Çünkü NC-15, STC 80 ve IIC 80 hedeflenen ses kayıt stüdyoları, üst düzey profesyonel stüdyolardır ve NC-20 hedeflenen stüdyolarda tolerans sınırları biraz daha geniştir. Çizelgeye bakıldığında kapılar için verilen STC 45, STC 48 değerleri stüdyo hacimlerine bir 'gürültüsüzlük koridoru'ndan geçilerek girildiği varsayılarak verilmiştir. Profesyonel stüdyolarda gürültüsüzlük koridoru mutlaka tasarlanmalıdır çünkü bu yolla gürültü denetimi kapsamında, söz konusu STC 45, STC 48 değerleri yeterli olabilmektedir. Aksi takdirde hem daha zor tasarlanan hem de daha pahalı kapılarla çift kapı uygulaması yapılması gerekir. Ancak iki kapılı uygulamaların yapıldığı gürültüsüzlük koridoru olmayan durumlarda kapıların geçirimsizlik değerleri arttırılsa bile yine de çeşitli problemler oluşabilmektedir. Diğer yandan pencereler için verilen STC değerleri ise çift lamine camlı ve camlar arasında belli miktar (min.10-12cm) hava boşluğu bulunan pencere sistemleri için geçerlidir. Her ne kadar STC 56 değeri bile düşük görünse de, burada pencerenin bulunduğu yapı elemanının toplam ses geçiş kaybı önemlidir. Özellikle NC-15 eğrisinin hedeflendiği profesyonel ses kayıt stüdyolarında, pencere bulunan yapı elemanlarının (örn: kontrol odasıyla performans odasını ayıran cephe) ses geçiş kaybı değerinin STC 73' ün altına düşmeyecek nitelikte tasarlanmaları önerilmektedir.

Çizelgede, performans odası için sağlanması gereken değerlerin kontrol odası için de verildiği görülmektedir. Bunun nedeni, üst düzey profesyonel ses kayıt stüdyoları kontrol odalarında herhangi bir risk olasılığına karşın performans odasına yakın değerler sağlanmasıdır. Oysa her stüdyo için bu şart değildir. Çünkü performans odasından yayılabilecek enstrüman gürültüsü ve yapı içi diğer gürültülerin etkin biçimde gürültü kontrolleri sağlandığında kontrol odası için bağlayıcı olan, yapı dışı gürültüler olacaktır. Dolayısıyla sessiz sakin bir yerde bulunan stüdyo ile işlek bir caddede bulunan stüdyonun kontrol odasının yapı kabuğunda aynı oranda geçirimsizlik değerleri aranmaz. Örneğin, yapı dışı gürültü kaynağının 80dB olduğu ve NC-15 eğrisi hedeflenen bir kontrol odasının yapı kabuğunda, min. STC 60 değeri yeterli gözükmemektedir (bkz. Çizelge 5.6). Ancak yine de ses kayıt stüdyolarının kontrol odalarında dahi, yapılan uygulamalarda geçirimsizlik değeri STC 60' ın üzerindedir. Çünkü unutulmaması gereken diğer bir nokta da, söz konusu değerlerin laboratuvar ölçümü değerleri olduğudur ve yanlış uygulamalar sonucunda hedeflenen değerler düşebilmektedir.

6.1.2. Tasarım Evresi

Projelendirme aşamasında sağlanması gereken değerler belirlendikten sonra, sıra söz konusu değerleri sağlayacak yapı sistemleri ve detayların oluşturulmasına gelir. Bu bağlamda, Çizelge 6.1’deki yüksek değerlerin hem hava hem de katı doğuşumlu sesler için sağlanabilmesi için, ‘kutu içinde kutu (box in box)’ yapı yöntemi uygulanmalıdır. Söz konusu yöntemde mevcut dış kabuğa, bu kabukla hiç bir rijit bağlantısı olmayan ikinci bir iç kabuk eklenir. İç kabukta sağlanacak geçiş kaybı değerleri mevcut strüktürdeki yapı elemanlarının geçiş kayıplarının etkinliğine göre belirlenir. Ayrıca sistemde yüzer döşeme, asma tavan ve mevcut duvarlarla temas etmeyen yüzer duvarlar bulunmalıdır. Kutu içinde kutu uygulaması, etkin ses izolasyonu sistemlerinin tasarımı için gereken bazı öncelikli etmenleri bünyesinde bulundurmalıdır. Bu etmenler aşağıda belirtilmiştir:

- Mevcut strüktürün katılığı(stiffness) ve kütlesi (veya kitle ağırlığı)
- İzolasyon montaj parçalarının ve katmanlarının sönümleme ve rezonans frekans karakteristikleri
- Hava boşluğu optimizasyonu
- Yüzer yapı elemanlarının (duvar, tavan, döşeme) kütlesi, detaylandırılması ve uygulaması
- Hava boşluğu içerisinde sağlanacak ses yutuculuğu

Kutu içinde kutu yapı yöntemi bağlamında iç duvarlar, mevcut dış kabuktan belli miktar içeride, mevcut duvarla ancak teknik özellikleri bilinen esnek bağlantı aparatlarıyla temas eden bir iç kabuk oluşturacak şekilde detaylandırılmalıdır. Ayrıca söz konusu duvarlar, ya kitle ağırlığı fazla masif malzemeler yardımıyla ya da hafif bölme elemanları ve aralarında teknik özellikleri bilinen sönümleyici gereçler kullanılarak oluşturulmalıdır. Yine kutu içinde kutu prensibine göre, döşemelerde söz konusu değerleri sağlamak için rezonans frekansları ve dinamik esneklikleri bilinen küp şeklinde ‘elastomerik bearing’ ler (veya bazı yaylı izolatörler) kullanılarak yüzer döşeme oluşturulmalıdır. Yapılacak yüzer döşemenin, mevcut döşeme üzerinde konumlandırılan bu bearingler üzerinde oluşturulması gerekir. Ses kayıt stüdyosu hacimlerinin rezonans frekanslarının oldukça düşük olması gerektiği için (örn: 10Hz), söz konusu yüzer döşemenin kütlesi fazla betonarme döşeme olması gerekir (örn: 10cm). Ayrıca yukarıda değinilen etmenlerin farklı kombinasyonlarıyla sağlanmak istenen değerler elde edilebilir. Tavanlarda ise kutu içinde kutu prensibi; asma tavan uygulamasını gerektirir. Söz konusu asma tavan uygulamalarının

sağlamaları gereken ses geçiş kaybı değerlerinin yüksekliği düşünüldüğünde piyasada kullanılan standart askı ve profillerle yapılamayacakları görülecektir. Ayrıca kutu içinde kutu prensibi düşünüldüğünde asma tavanların da hem hava hem katı doğuşumlu gürültüleri izole edebilmesi için bir nevi 'yüzer tavan' gibi düşünülmesinin gerekliliği ortaya çıkar. Ve bu sorun da ancak titreşim sönümleyici özel tavan askıları kullanılarak çözülebilir. Bu askılar hem uygulandıkları mevcut döşemenin darbe ve titreşimlerini asma tavan konstrüksiyonuna iletmeyecek hem de asma tavanın hava doğuşumlu cidar titreşimlerini sönümleyerek, mevcut döşemeye iletilmesini önleyecek elastomerik katmanlar bulundurulur (örn: neopren, kompozit kauçuk veya mantar esaslı malzemeler, vb.). Bu elastomerik katmanların da rezonans frekansları, dinamik esneklikleri ve diğer tüm teknik verileri mutlaka bilinmelidir.

Tasarım evresinde çok önemli diğer bir nokta da, ses kayıt stüdyosu gibi kayıt ve kritik dinleme hacimlerinde Çizelge 6.1' de belirtilen tek rakamlı değerlendirmelerin 'tek başlarına' temel alınamayacağıdır. Çünkü bu değerlendirmeler, özellikle 125Hz' in altındaki frekanslar için kesin bilgiler vermez. Bu nedenle söz konusu değerlendirmelerin her frekans bandındaki ses geçiş kayıplarının bilinerek bu değerlere göre detaylandırmaların yapılması gerekir. Örneğin iki farklı STC 70 değerindeki detaylandırmada, 125Hz' in altındaki frekanslardaki ses geçiş kaybı değerleri birbirinden farklı olabilir. Ayrıca detaylarda, rezonans ve frekans rastlaşmalarının da sönümleyici gereçlerle etkilerinin minimuma indirilmesi gerekir.

6.1.3. Uygulama Evresi

Tasarım evresinde her ne kadar yapı elemanları ve bileşenlerinde sağlanması gereken değerleri elde etmeye yönelik detaylar oluşturulabilse de, ses kayıt stüdyosu mimari akustik tasarımında en önemli noktalardan biri, söz konusu detayların doğru uygulanmasıdır. Tasarlanan detaylar ve kullanılan yapı sistemleri ne kadar ideal ve akılcı olursa olsun, uygulamada yapılacak en ufak bir hata bile yapı elemanı veya bileşeninin ses geçiş kaybı değerini düşürecektir. Bu nedenle, öncelikle kutu içinde kutu prensibine göre oluşturulan detaylardaki iç kabuğun, uygulamada da dış kabukla hiçbir rijit bağlantısının olmamasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde, dış kabuktan kaynaklanan titreşimler iç kabuğa da dolaylı olarak nüfuz edecektir. Ayrıca yapı elemanlarında kullanılan elastomerik bearing ve elastik katmanlı titreşim sönümleyici askıların teknik özellikleri çok iyi bilinerek hesaplamalar dahilinde kullanılmalı ve üzerlerine binecek ağırlığa göre

yapılarında oluşacak değişikliklerin de göz önünde bulundurulması gerekir. Diğer önemli bir nokta da iç kabuk elemanlarının da birbirlerinden elastik ayırıcı strip (şerit)' lerle ayrılmaları gerektiğidir. Bu adıma pencere ve kapılar da dahildir. Ayrıca kapı ve pencerelerin hava sızdırmazlıklarının da mutlaka sağlanması gerekir. Kapılarda hava sızdırmazlıklar farklı tip ve iyi tasarlanmış contalarla sağlanmalıdır. Diğer yandan, çift konstrüksiyonlu bölme duvar uygulamalarında elektrik prizleri arka arkaya bulunmamalı, şaşırtmalı olarak konumlandırılmalıdır. Ayrıca elektrik ve sinyal kabloları da kesinlikle duvar kesitini bütünüyle delerek çıkmamalıdır.

Yukarıda değinilenlerden de anlaşılacağı üzere, gürültü denetimi kapsamında yapılan uygulamanın başarısı, temel uygulama prensiplerini gerçekleştirdikten sonra dolaysız geçiş yollarının önlenme etkinliğine bağlıdır. Genellikle her uygulamada STC, IIC değerleri az da olsa düşecektir. Bu bakımdan uygulamadan sonra yerinde ölçmeler/alan ölçümleri yapılarak, hedeflenen değerlerle ulaşılmış değerlerin karşılaştırılması gerekir. Ve eğer ulaşılmış değer beklenenden düşükse, uygulamada iyileştirmeler yapılmalıdır. Uygulama sonunda yerinde ölçülen hava doğuşumlu STC değerleri; FSTC olarak, katı doğuşumlu darbe gürültüleri ise FIIC olarak tanımlanır (aynı şekilde R_w ve $L_{n,w}$ değerleri de R'_w ve $L'_{nT,w}$ olarak tanımlanır).

6.2. Hacim Akustiği Evreleri

Ses kayıt stüdyosu hacimleri için, akustik konfor koşullarını sağlamada izlenecek yöntemler ve sağlanacak değerler değişiklik gösterir. Çünkü gerek performans odasının gerek kontrol odası ve izolasyon kabinlerinin her birinin akustik konfor gereksinimleri birbirinden farklıdır. Ancak hacim akustiğinde de stüdyo hacimleri için gürültü denetimi evresinde olduğu gibi projelendirme, tasarım ve uygulama evreleri izlenir.

6.2.1. Projelendirme Evresi

Ses kayıt stüdyoları için projelendirme evresinde;

- Stüdyonun işlevi
- Stüdyo hacimlerinin (kontrol odası, performans odası, izolasyon kabinleri) boyutları ve boyut oranları
- Stüdyo hacimlerinin geometrisi
- Akustik tasarım parametreleri ile bunların söz konusu hacimler için sağlanması gerekli optimum değerleri

göz önüne alınmalıdır. Ancak unutulmaması gereken en önemli noktalardan biri, akustik mühendisinin veya mimarın ses kayıt stüdyosu akustik tasarımına yaklaşımının diğer dinleme hacimlerinden farklı olması gerekliliğidir. Çünkü ses kayıt stüdyosu küçük hacimlerden oluşur ve tasarımcının ses kayıt stüdyosunu oditoryum, konser salonu gibi diğer akustik ortamlarla özdeşleştirmesi ve yapılandırmayı stüdyoya has düşünmemesi stüdyo hacimleri için oldukça kötü sonuçlara sebep olabilmektedir. Ses kayıt stüdyosu hacimleri için, hacim akustiği parametreleri bağlamında sağlanması gereken optimum değerler, Çizelge 6.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 Ses kayıt stüdyosu hacimleri için, hacim akustiği parametreleri bağlamında sağlanması gereken optimum değerler

ÖLÇÜT	PERFORMANS ODASI	KONTROL ODASI	İZOLASYON KABİNİ
Optimum Hacim Büyüklüğü	> 43 m ³	> 43m ³	–
Optimum Hacim Oranları	bkz. Bölüm 4.2.1.2	bkz. Bölüm 4.2.1.2	bkz. Bölüm 4.2.1.2
Optimum Hacim Geometrisi	Dikdörtgenler prizması	Dikdörtgenler prizması	Dikdörtgenler prizması
Yansıma Süresi – T₆₀	(kesin sınırlar yoktur, hacim büyüklüğü ve müzik tarzına göre değişiklik gösterebilir) Genelde 0,3s – 1s (veya < 1s)	0,2 – 0,5s	Kabinin konseptine göre belirlenir. Genelde çok yutucu olarak tasarlanırlar 0,1 – 0,3s
İlk Ulaşım Gecikmesi - ITDG	Kontrol odasının ITDG' sinden 3-5ms, (min. 3ms) daha kısa olmalıdır	15 – 20ms Performans Odasının ITDG' sinden 3-5ms, (min. 3ms) daha uzun olmalıdır	–
Haas Bölgesi (Varlık Etkisi)	20 – 35ms	20 – 35ms	–

Çizelge 6.2' ye bakıldığında, performans odası ve kontrol odası için optimum hacim büyüklüğünün, $43m^3$ ' ten daha büyük olması gerektiği görülmektedir. Bunun nedeni, yıllar önce İngiliz BBC yayın şirketi tarafından ortaya atılan, $43m^3$ ($1500ft^3$) ve daha küçük hacimlerin - baskın mod davranışlarının en üst düzeyde olması nedeniyle - performans odası ve kontrol odası olarak kullanılmasının işlevsel olmadığı düşüncesinin kabul görmesidir. Her ne kadar söz konusu etken hala geçerliliğini korusa da, yine de kesin bir sınır içermez. Örneğin günümüzde performans odası tasarımında $57m^3$ ' ün altına pek inilmemektedir. İzolasyon kabinleri ise ihtiyaca göre çok farklı boyutlarda tasarlanabilmektedir.

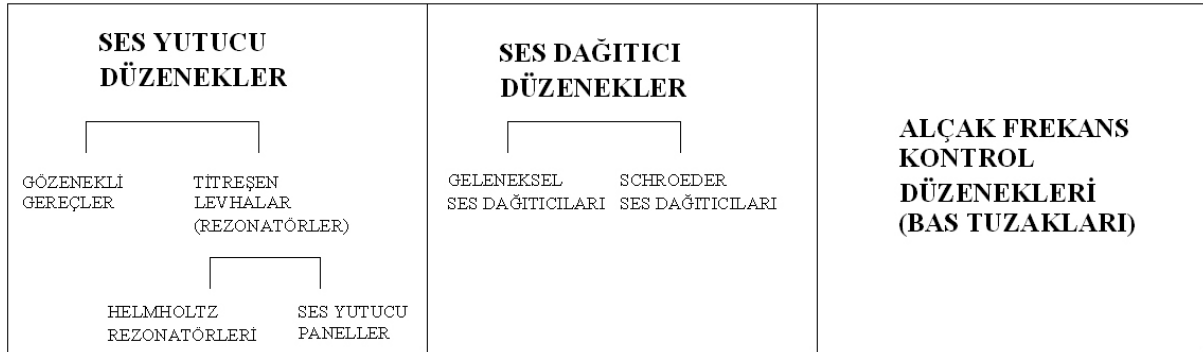
Çizelgede, söz konusu hacimler için optimum hacim geometrisinin dikdörtgenler prizması olmasının nedeni ise, bu hacimlerde modların rezonans frekanslarının daha kesin olarak belirlenebilmesidir. Ses kayıt stüdyosu hacimleri 'küçük' hacimler oldukları için, diğer dinleme hacimlerinde olduğu gibi (örn: konser salonu, opera vb.) yayınlık ses alanları yoktur. Hacim küçüldükçe, modların etkinliği ve oluşturduğu olumsuzluklar da artacağından, optimum hacim oranlarının kullanılarak, modların etkilerinin en aza indirilmesi gerekir. Modların oluştuğu rezonans frekansları belirlendikten sonra, bu frekanslarda gereken akustik önlemlerin alınması çok önemlidir. Aksi takdirde modların olumsuz etkileri devam edecektir.

Performans odaları için yansıma süresi bağlamında kesin sınırlar yoktur. Hacim büyüklüğü ve kaydedilecek müziğin tarzı, yansıma süresinin değişmesini gerektirebilir. İzolasyon kabinlerinde ise yansıma süreleri, kabinin konseptine göre belirlenir. Ancak yine de bu kabinler, genellikle çok yutucu olacak şekilde tasarlanır. Kontrol odalarında ise optimum yansıma süresi 0,2 – 0,5s aralığındadır. İlk ulaşım gecikmesi (ITDG) bağlamında, kontrol odasının ITDG' si, performans odasından 3-5 ms civarında daha uzun olmalıdır. Böylece performans odasının ITDG' si kontrol odasından algılanabilir. Ses kayıt stüdyolarında, hem kontrol hem de performans odalarında, ilk yansımaların Haas Bölgesi içerisinde kalması sağlanmalıdır (<35ms). Böylece performans odasında mikrofonlanarak kaydedilen enstrümanların düzeyi ile performans odasının kayıda yansıyan akustik verimi artacaktır. Kontrol odasında ise yüzeylerden gelen ilk yansımalar, dolaysız sesle bütünleşerek kaydedilen enstrümanların yalnızca ses kaynağından (monitor hoparlörlerden) gelmesi sağlanarak, doğrultululuk imgesinin netliği sağlanmalıdır. Böylece miks aşamasında ses mühendisi kafasındaki stereo imgeyi kaydedilen tüm enstrümanlar için gerçekleştirebilecektir.

6.2.2. Tasarım Evresi

Ses kayıt stüdyosu hacimleri için optimum hacim büyüklükleri ve boyut oranları, projelendirme aşamasında belirlendikten sonra sıra bu hacimlerde hacim akustiği parametreleri için gereken optimum değerleri sağlayacak tasarım yaklaşımlarının seçimine ve detaylandırmalara gelir. Proje evresinde belirlenen optimum değerler, tasarım evresinde farklı yaklaşımlarla elde edilebilir. Örneğin, kontrol odası tasarım yaklaşımlarında birbirlerinden farklı uygulamalar söz konusu olduğu halde, uygulamalar aslına uygun yapıldığında hepsi için hacim akustiği parametrelerinin optimum değerlerini sağlamak mümkün olmaktadır.

Performans odası, kontrol odası ve izolasyon kabinlerinde optimum akustik konfor koşullarının sağlanabilmesi için sesin yansımaları ve yutulması özellikleri yanında, hacim içerisinde ses alanının yayınlığına büyük katkı sağlayan dağılım özelliği de dikkate alınmalıdır. Çünkü özellikle küçük hacimlerde yansımaların güçlü etkilerini azaltmak ve her frekans bandında yayınlığı sağlamak büyük dinleme hacimlerine göre daha zor ve uğraşlıdır. Ancak bu sayede yansıtıcı, yutucu ve dağıtıcı yüzeylerle oluşturulan detayların hacimler içerisinde kendi akustik gereksinimlerine uygun olarak oranlı ve doğru biçimde konumlandırılmalarıyla birlikte istenilen sonuçlara ulaşılabilir. Akustik düzenleme için kullanılan akustik düzenekler, Şekil 6.1’ deki gibi sınıflandırılmaktadır:



Şekil 6.1 Akustik Düzenekler

Ses yutucu düzeneklerin etkin oldukları frekans bandları birbirlerinden farklı olduğu için bunlar stüdyo hacimlerinin akustik düzenlemesinde birbirleriyle oranlı olarak kullanılmalıdır. Buna göre stüdyo hacimlerinde;

- Gözenekli gereçler, üst-orta ve yüksek frekansların yutulmasında
- Helmholtz Rezonatörleri, alt-orta ve orta frekansların yutulmasında
- Ses yutucu paneller, alçak frekansların yutulmasında (< 200Hz)

kullanılmalıdır ve bu noktada dikkat edilmesi gereken husus özellikle rezonatörlerin, mevcut yüzeyle aralarında belli miktar hava boşluğu bırakılarak uygulanmaları gerektiğidir. Çünkü rezonatörler detaylarının rezonans frekansları temelde panel kalınlıklarına ve mevcut yüzeyle aralarındaki hava boşluğuna bağlıdır. Ayrıca bu boşlukta yutucu gereç kullanılarak, rezonatörün etkin olduğu frekans bandı genişletilebilir.

Ses dağıtıcılar ise stüdyo hacimlerinde yayıncı ses alanını arttırmak amacıyla kullanılır. Ses dağıtıcılar için önemli bir nokta, etkinliklerini sürdürdükleri frekans bandı genişlikleridir. Çünkü yutulmada olduğu gibi sesin dağıtılmasında da alçak frekanslar daha büyük sorun olmaktadır. Bu sebeple özellikle küçük hacimlerde ya tüm frekans bantlarını kapsayan tek bir dağıtıcı, ya da etkinlikleri frekanslara göre değişiklik gösteren farklı dağıtıcıların birbirleriyle orantılı olarak kullanılması gerekir.

Alçak frekans kontrol düzenekleri günümüzde ses yutucu panellerdir. Ancak ses yutucu panellerin kullanılmadığı devirde oldukça kalın gözenekli gereçler alçak frekans kontrol düzeneği olarak kullanılıyordu. Her ne kadar gözenekli gereçlerin kalınlığını artırmak etkin oldukları frekans bandını genişletse de, 200- 250Hz' in altında etkinlik sağlamaları pek mümkün olmamaktadır.

6.2.3 Uygulama Evresi

Gürültü denetiminde olduğu kadar hacim akustiğinde de, belirlenen tasarım yaklaşımları ile yapılan detaylandırmaların büyük bir titizlik ve doğrulukla uygulanması gerekir. Örneğin, Bölüm 6.2.3' te de değinildiği üzere, ses yutucu düzeneklerin her birinin etkin olduğu rezonans frekansları vardır ve en çok yutuculuğu bu frekans ile çevresindeki frekanslarda sağlarlar. Hesaplamalarla elde edilen rezonans frekanslarını uygulamada sağlayabilmek beceri ve ustalık ister. Bu bakımdan özellikle alçak frekans kontrol düzenekleri olan ses yutucu panellerin, uygulamaları bittikten sonra rezonans frekanslarının ölçülmesi gerekir. Günümüzde Helmholtz rezonatörü mantığıyla tasarlanan perfore panel üreten çok sayıda firma, laboratuvar ölçümleriyle bu panellerin farklı kombinasyonlarındaki yutuculuklarını kataloglarına koyduğu için söz konusu panellerin, firmanın belirttiği doğrultuda uygulanması yeterli olacaktır. Ses dağıtıcı düzeneklerin ise her frekans bandında etkili olacak şekilde tasarlanmış tiplerinin kullanılması gerekir. Bu amaçla, profesyonel ses kayıt stüdyolarında genellikle Schroeder ses dağıtıcıları kullanılmaktadır. Dağıtıcıların tasarlanması zordur ancak günümüzde artık profesyonel ses dağıtıcıları üreten firmaların varlığı tasarımcıların işini

kolaylaştırmıştır. Ses dağıtıcılarının uygulaması ise yeterince basittir.

Hacim akustiği tasarımında hesaplamalarla birlikte ölçümlerin de çok önemi vardır. Stüdyo hacimlerinde hedeflenen yöntemler ve tasarım yaklaşımları uygulandıktan sonra, profesyonel ölçüm aletleriyle sağlanması gereken optimum değerlerin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmelidir. Sağlanamayan değerler için revizyonlar yapılarak optimum sonuçlara ulaşılmalıdır.

Bu çalışmada, ses kayıt stüdyosu tasarımı sürecinde mimari akustiğin rolü ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Çalışmanın temelini, mimari akustiğin ana konuları olan gürültü denetimi ve hacim akustiği oluşturmuş, bunun yanında ses kayıt stüdyolarının tarihsel ve teknolojik gelişmelerinin de çalışmaya dahil edilerek mimari akustiğin rolünün daha iyi özümzeneceği öngörülmüştür. Çalışmada, mimari akustik bağlamında, ses kayıt stüdyosu hacimleri için gürültü denetimi ve hacim akustiği parametrelerinin sağlanması gereken optimum değerleri belirlenmiş olup Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2’ de sunulmuştur. Ayrıca bu değerlere ulaşmada hangi yolların izleneceği de bölümler halinde ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Çalışmanın ana hedefi, tasarımcılar, ses kayıt stüdyosu sahipleri, prodüksiyon şirketleri ve kullanıcılara (teknik ekip ve müzisyenler), mimari akustik projelendirmenin, stüdyoyla ilgili diğer etmenler kadar dikkate alınması gerektiğini benimsetmektir. Bu sayede akustik konfor gereksinimleri karşılanmış ses kayıt stüdyolarında, hem müzisyenlerin performansı hem de prodüksiyonun kalitesi artacaktır. Çünkü akustik nitelikleri bozuk ses kayıt stüdyolarında teknoloji ve teknik ekipman ne kadar gelişmiş olursa olsun yine de prodüksiyon süreci mutlaka zarar görecektir. Sonuç olarak, çalışmanın Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde tasarımcıları, ses kayıt stüdyosu sahiplerini, prodüksiyon şirketleri ve kullanıcıları, mimari akustikle ilgili bilinçlendirmenin yanında, ses kayıt stüdyosu tasarımında akustik mühendisi ve mimarlara yol göstermesi de amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

Austin, L., (1993), "Rock Music, the Microchip, and the Collaborative Performer: Issues Concerning Musical Performance, Electronics, and the Recording Studio Dissertation. Department of Performance Studies", New York Üniversitesi, ABD.

Bonello, O.J., (1981), "A New Criterion for the Distribution of Normal Modes", J.Audio Engineering Soc., Sayı 29, 597-606, September 1981, USA.

Cox, J.T. ve D' Antonio, P., (2001), "Determining Optimum Room Dimensions for Critical Listening Environments: A New Methodology, White Paper, RPG Diffusor Systems Inc., USA.

Cox, J.T. ve D' Antonio, P., (2003), "Technical Bulletin on the Application of Diffusion in Critical Listening Rooms", RPG Diffusor Systems Inc., USA.

D' Antonio, P., (2000), "Minimizing Acoustical Distortion in Project Studios", RPG Diffusor Systems Inc. Seminars, 2000, USA.

Dilmen, H., (2004), "Aspendos Antik Tiyatrosunun Mimari ve Akustik Özellikleri", YTÜ, Fen B.E., Mim. A.B.D Yapı Fiziği Programında hazırlanan yüksek lisans tezi, 2004, İstanbul.

Everest, A.F. ve Shea, M., (1988), How To Build A Small Budget Recording Studio From Scratch, 2nd edition, Tab Books Inc., ABD.

Everest, A.F., (2001), "The Master Handbook of Acoustics", fourth edition, McGraw-Hill Book Company, ABD.

Fowler, R.J.A., Rose, A.K., (1990), "Guide to Acoustic Practice", 2nd edition, BBC Engineering and Civil Engineering Department, 1990, London.

ITU, (1997), Methods for the Subjective Assessment of Small Impairments in Audio Systems including Multichannel Sound Systems, recommendation ITU-R BS.1116-1 (1997).

ITU, (1992-1994), "Multichannel Stereophonic Sound System With and Without Accompanying Picture, Recommendation ITU-R BS. 775-1 (1992-1994).

Karabiber, Z., (1992), Mimari Akustikte Ses Ölçmeleri, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.

Karabiber, Z., (2000), "Gürültü Kirliliği ve Gürültü Kontrol Yönetmeliği (II)", Tesisat Dergisi, Sayı 60, 156-164.

Karagözoğlu, D., (2003), TRT Antalya TV-Radyo Prodüksiyon Merkezi, Uygulama Projesi Detayları, 2003, Antalya.

Lefford, N. M., (2000), "Recording Studios Without Walls", Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) Mimarlık ve Planlama Okulu'nda hazırlanan yüksek lisans tezi, 2000, ABD.

Munster, B., (2003) "Beyond Control/ Acoustics of Sound Recording Control Rooms- Past, Present and Future", Eindhoven Teknoloji Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde hazırlanan yüksek lisans tezi, 2003, Hollanda.

Öcek, C., (1998), Elektrogitar Efektleri ve Amplifikatörler, Pan Yayıncılık, 1998, İstanbul.

Parmanen, J., Sipari P. ve Uosukainen, S., (1999), "Sound Insulation of Multi-Storey Houses: Summary of Impact Sound Insulation", VTT Publications, 1999, Finland.

Plumb, G.D., Cantab M.A., Clark, R., (1994), “The Sound Insulations of Studio Doors: Part 1: Door Blanks”, The British Broadcasting Corporation (BBC) Research and Development Report, 1994, England.

Putnam, T.M., (2006), “A Thirty-five Year History and Evolution of the Recording Studio”, Audio Engineering Society Preprint 1661, presented at the 66th Convention, 1980 May 6...9, 2006, Los Angeles.

Şerefhanoglu, M., (1999b), Havalandırma ve Hava Koşullaması Sistemlerinin Gürültüsü ve Denetimi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.

Sirel, Ş., (1981), Hacim Akustiğinde Yansıma Süresi, İ.D.M.M.A., Yapı Fiziği Kürsüsü Yayınları, 1981, İstanbul.

Smith, T.E., (2004), “ Practical Guidelines for Constructing Accurate Acoustical Spaces”, Auralex Acoustics. Inc., 2004, USA.

Storky, J., Noy, D., (1973), “Acoustical Design Criteria for surround sound control rooms, AES preprint 4939 (N4), presented at the 106th convention, 1973, Munich, Germany.

Voetmann, J., (2005), “50 Years of Sound Control Room Design”, DELTA Acoustics, presented in Forum Acusticum, 2005, Budapest.

Wilson, C.E., (1994), Noise Control, Measurement, Analysis, and Control of Sound and Vibration, Krieger Publishing Company, 1994, USA.

Yüksel, Z., (2006), “Gürültü Kirliliği ve Binalarda Ses Yalıtımı”, İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı 60, 30-32.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Music_industry

[2] <http://www.recording-history.org/>

[3] http://www.videointerchange.com/audio_history.htm

[4] http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_sound_recording

[5] http://en.wikipedia.org/wiki/Recording_studio

[6] <http://www.theprojectstudiohandbook.com/articles15.htm>

[7] <http://www.wsdg.com/articlelist.php5?list=press>

[8] <http://www.greengluecompany.com/dealingWithExteriorNoise.php>

[9] <http://www.greengluecompany.com/weakestLink.php>

[10] <http://www.greengluecompany.com/fivePrinciplesOfSoundproofing.php>

[11] <http://www.ceramiaassociates.com/pdf/nc-chart.pdf>

[12] http://www.rtagroup.com.au/pdfs/technote_3.pdf

[13] www.bksv.com/pdf/Measurements_in_Building_Acoustics.pdf

[14] <http://www.micworks.com/freeinfo/advanceddesign.htm>

[15] <http://www.soundonsound.com/sos/jul98/articles/acoustics1.html>

- [16] http://www.auralex.com/literature/acoustology_803.pdf
- [17] http://www.acoustics.salford.ac.uk/acoustics_info/room_sizing/?content=methods
- [18] <http://www.genelec-ht.com/documents/publications/G0001.pdf>
- [19] <http://www.prosoundweb.com/studyhall/0702/crit.shtml>
- [20] http://www.rpginc.com/news/library/HT_AcD.pdf
- [21] http://dafx04.na.infn.it/WebProc/Proc/P_315.pdf
- [22] <http://www.meyersound.com>
- [23] http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Audio_Workstation
- [24] <http://www.eqmag.com/issueIndex.asp?issueCode=212>
- [25] <http://en.wikipedia.org/wiki/Microphone>
- [26] <http://www.microphone-data.com/library.asp>
- [27] http://www.tweakheadz.com/choosing_a_mixer_for_your_studio.html
- [28] <http://www.tape.com/techinfo/maintain.html>
- [29] http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_audio_workstation
- [30] http://en.wikipedia.org/wiki/Pro_Tools
- [31] http://en.wikipedia.org/wiki/Studio_monitor
- [32] <http://www.genelec.com/>
- [33] <http://www.customaudiodesigns.co.uk/articles/stcnrc.htm>
- [34] http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/ctus/35_e.html
- [35] http://www.sota.ca/stc_info.htm
- [36] http://www.rtagroup.com.au/pdfs/technote_2.pdf
- [37] www.cdm.be/documents/pdfs/cdm-iso-box.pdf
- [38] <http://www.kineticsnoise.com/arch/pdf/flm.pdf>
- [39] <http://www.quietsolution.com>
- [40] http://www.quietsolution.com/QR545_2X_both_sides_double_wd_stud_STC80.pdf
- [41] http://www.quietsolution.com/QRock545THX_dsheetsheet.pdf
- [42] http://www.kriegerproducts.com/acoustical/acoustical_bm.php#d5
- [43] <http://www.cdm.be>
- [44] <http://www.kineticsnoise.com/arch/tests/pdf/A2-b.pdf>
- [45] <http://www.kineticsnoise.com/arch/tests/pdf/A13-d.pdf>
- [46] <http://www.kineticsnoise.com/arch/tests/pdf/A13-c.pdf>
- [47] http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/bsi/85-2_e.html
- [48] http://www.postaudio.co.uk/education/acoustics/room_acoustics.html

[49] <http://www.ethanwiner.com/acoustics.html>

[50] <http://www.nagata.co.jp/news/news0505-e.htm>

[51] <http://www.soundonsound.com/sos/aug98/articles/practicalacoustic.html>

[52] <http://forum.studiotips.com/viewtopic.php?t=10>

[53] www.accessscience.com

[54] http://myweb.tiscali.co.uk/whitefiles/b1_s/1_free_guides/fg1mt/pgs/h13g.htm

[55] www.studiotips.com/acoustics.html

[56] <http://www.sospubs.co.uk/sos/pastiss/jan97/jan97pi.htm>

[57] http://softwaredesign.com/Room_Dimensions_Calculator.xls

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	14.11.1979	
Doğum yeri	İstanbul	
İlk - Orta - Lise	1986 - 1998	Terakki Vakfı Özel Şişli Terakki Lisesi, İstanbul
Lisans	1998 - 2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	2004 - 2007	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Fiziği Ana Bilim Dalı

Çalıştığı kurumlar

2004 - 2006	KULE MİMARLIK İNŞ. SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ
2006 - 2007	TELESİNE SES VE IŞIK SİS. TİC. A.Ş.