

**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İÇ MİMARLIK ANASANAT DALI
İÇ MİMARLIK SANAT DALI**

**KONSER SALONLARININ AKUSTİK KONFOR
GEREKSİNİMLERİ ÜZERİNDEN İZMİT’TE YER ALAN ÜÇ
PERFORMANS MEKÂNININ İNCELEMESİ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Bahanur AYTAÇ

KOCAELİ, 2023

**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İÇ MİMARLIK ANASANAT DALI
İÇ MİMARLIK SANAT DALI**

**KONSER SALONLARININ AKUSTİK KONFOR
GEREKSİNİMLERİ ÜZERİNDEN İZMİT’TE YER ALAN ÜÇ
PERFORMANS MEKÂNININ İNCELEMESİ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Bahanur AYTAÇ

Doç. Dr. Didem ERTEN BİLGİÇ

KOCAELİ, 2023

**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İÇ MİMARLIK ANASANAT DALI
İÇ MİMARLIK SANAT DALI**

**KONSER SALONLARININ AKUSTİK KONFOR
GEREKSİNİMLERİ ÜZERİNDEN İZMİT'TE YER ALAN ÜÇ
PERFORMANS MEKÂNININ İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tezi Hazırlayan: Bahanur AYTAÇ

Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No: 21.06.2023/18

KOCAELİ, 2023

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde önerileri ve deneyimleriyle bana yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Didem ERTEN BİLGİÇ'e, lisans eğitim sürecinde öğrencisi olmamdan itibaren mezun ettikten sonra dahi üzerimde emekleri olan, her zaman saygıyla hatırlayacağım değerli hocam besteci, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi emekli öğretim görevlisi 19.12.2022'de kaybettiğimiz Sarper ÖZSAN'a, müzikoloji bölümü 2. sınıftayken daha o zaman çalışmayı aklıma koyduğum akustik alanında kapısını çaldığımda bende ışığı gören, bilgi birikimini benimle paylaşan, bu çalışmanın tamamlanmasında büyük katkısı olan kıymetli hocam, Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi İç Mimarlık Bölümü Öğretim Görevlisi Ahmet ÇAĞLAYAN'a ve süreçte hayatı benim için kolaylaştıran eşim Giraycan AYTAÇ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Takımyıldızları, belli şekillere benzetilen ve isimlendirilen bir grup yıldızdır. Bu yıldızlardan bazıları birbirine yakın olabilirken diğer yıldızlar birbirinden çok uzak olabilir. Benim de bu çalışmanın takımyıldızını oluşturan hem yakınımda hem uzağımda olan, teşekkür etmem gereken önemli insanlar var. Onlar,

Çevre mühendisi Yusuf TEPEBAŞI

Ses mühendisi Semih ULUS

Nöroloji Uzmanı Dr. Ayşe AKPINAR

Kulak Burun Boğaz Uzmanı Op. Dr. Coşkun DURMUŞ

Alan incelemesi yaptığım dönemki Sabancı Kültür Sitesi sorumlusu Ayhan ERDUĞ, Sabancı Kültür Sitesi çalışanlarından Salih SERT, Turgut DURSUN, Suzan CERAN ve teknik çalışanlar,

Kocaeli Kültür ve Turizm Şube Müdürü Hatice DOĞANCI,

Çalışmam boyunca SDKM'de müdürlük yapmış Sayın Adil YILDIRIM ve Sayın Lokman CEYHAN,

SDKM Halkla İlişkiler birimi yetkilisi Meltem KELAV, Sahne Amiri Fatma YILMAZ ve SDKM çalışanları,

Çalışmam boyunca Kocaeli Kongre Merkezi'nde yöneticilik yapmış Sayın Murat İNCE ve Sayın Nesrin DURAN ile Kocaeli Kongre Merkezi teknik ekibi,

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Fen   leri Yapı Kontrol Dairesi'nden  n aat Mühendisi
Necati Murat D N T RK,

 l Kültür ve Turizm Müdürü Sayın Fatih TAŞDELEN ve müdürlük  alı anları.

Hepsine gönülden te ekk rlerimle...

Bahanur AYTAÇ
Nisan 2023



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
ÖZET.....	VI
ABSTRACT	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR	VIII
RESİM LİSTESİ	IX
TABLO LİSTESİ	XI
GRAFİK LİSTESİ	XII
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. SESİN HACİM AKUSTİĞİ İLE İLGİLİ ÖZELLİKLERİ.....	3
1.1. SES.....	3
1.1.1. Sesin Özellikleri.....	3
1.1.1.1. Sesin Süresi	3
1.1.1.2. Sesin Yüksekliği.....	3
1.1.1.3. Sesin Gürlüğü	5
1.1.1.4. Sesin Tınısı	5
1.1.2. Sesin Nicelikleri	5
1.1.2.1. Dalga Boyu	6
1.1.2.2. Periyot	6
1.1.2.3. Genlik	6
1.1.2.4. Sesin Hızı.....	6
1.1.2.5. Ses Şiddeti	7
1.1.2.6. Ses Basıncı ve Desibel.....	7
1.2. SES ALGISI.....	8
1.2.1. Sinir Sistemi.....	8
1.2.2. Merkezi Sinir Sistemi.....	9
1.2.3. Çevresel (Periferik) Sinir Sistemi	9
1.3. İNSAN KULAĞI VE İŞİTME SİSTEMİ	9
1.3.1. Kulağın Yapısı	10
1.3.2. Sesin Kulakta İlerleyişi – İşitme Fizyolojisi.....	11
1.4. İŞİTMENİN KORTİKAL İŞLENMESİ.....	12

İKİNCİ BÖLÜM

2. HACİM AKUSTİĞİ KONFOR PARAMETRELERİ	15
2.1. ÖZNEL PARAMETRELER.....	16
2.1.1. Akustik Yakınlık (Intimacy)	17
2.1.2. Canlılık (Liveliness)	17
2.1.3. Ses Sıcaklığı (Warmth)	17
2.1.4. Direkt Sesin Yüksekliği (Loudness of Direct Sound).....	18
2.1.5. Yansımış Sesin Yüksekliği (Loudness of Reverberant Sound)	19
2.1.6. Belirginlik- D ₅₀ (Definition) ve Netlik- C ₈₀ (Clarity)	19
2.1.7. Parlama (Brilliance).....	20
2.1.8. Dağınım (Diffusion).....	20

2.1.9.	Akustik Denge (Balance)	21
2.1.10.	Akustik Harmanlama (Blend).....	21
2.1.11.	Birliktelik (Ensemble).....	21
2.1.12.	Yanıt Çabukluğu (İmmediacy of Response).....	22
2.1.13.	Doku (Texture)	22
2.1.14.	Yankıdan Bağımsızlık (Freedom from Echo).....	22
2.1.15.	Gürültüden Bağımsızlık (Freedom from Noise).....	23
2.1.16.	Dinamik Aralık (Dynamic Range).....	23
2.1.17.	Ton Niteliği (Tonal Quality).....	23
2.1.18.	Sesin Tekdüzeliliği (Uniformity of Sound).....	23
2.1.19.	Uzamsallık (Spatial Impression/Spaciousness).....	24
2.1.20.	Tını- Ton Niteliği (Timbre)	25
2.2.	NESNEL PARAMETRELER.....	25
2.2.1.	Reverberasyon Süresi (Reverberation Time)	26
2.2.2.	Erken Düşme Süresi (Early Decay Time)	27
2.2.3.	Netlik (Clarity)	28
2.2.4.	Ses Güçlülüğü (Strength).....	30
2.3.	KONSER SALONLARININ AKUSTİK KONFORUNU ETKİLEYEN TASARIM ÖLÇÜTLERİ	31
2.3.1.	Hacim	31
2.3.2.	Biçim.....	31
2.3.2.1.	Dikdörtgen Planlı Salonlar (Ayakkabı Kutusu Biçimli Salonlar).....	32
2.3.2.2.	Yelpaze Planlı Salonlar	34
2.3.2.3.	At Nalı Planlı Salonlar	36
2.3.2.4.	Terashlı Plan Salonlar.....	37
2.3.2.5.	Arena Plan Salonlar	39
2.3.2.6.	Altıgen Planlı Salonlar	41
2.3.2.7.	Düzensiz Planlı Salonlar	43
2.3.3.	Dinleyici- Sahne İlişkisi.....	45
2.3.4.	Dinleyici Alanı	46
2.3.5.	Arka ve Yan Duvarlar	48
2.3.6.	Tavan.....	49
2.3.7.	Balkon.....	50
2.4.	SES- MALZEME İLİŞKİSİ.....	52
2.4.1.	Ses Yutucu Malzemeler	52
2.4.1.1.	Gözenekli Malzemeler	54
2.4.1.2.	Panel Yutucular.....	55
2.4.1.3.	Helmholtz Rezonatörleri	55
2.4.1.4.	Değişken Yutucular.....	56
2.4.1.5.	Akustik Süngerler	56
2.4.2.	Ses Yansıtıcı Malzemeler	56
2.4.2.1.	Elyaf Malzemeler	57
2.4.2.2.	Gözenekli Malzemeler	58
2.4.2.3.	Diğer Malzemeler	59
2.4.3.	Ses Saıcı ve Dağıtıcılar	60
2.5.	HACİM AKUSTİĞİNDE MEKÂNA BAĞLI KUSURLAR.....	62
2.5.1.	Yankı	62
2.5.2.	Vurgusal Yankı.....	63
2.5.3.	Odaklanma.....	64

2.5.4.	Uzun Gecikmeli Yansıma (Ses Sürünmesi).....	65
2.5.5.	Bozulma (Distorsiyon)	66
2.5.6.	Akustik Gölge	66
2.5.7.	Bitişik Hacimler.....	67
2.5.8.	Maskelme	67
2.5.9.	Gürültü.....	67
2.5.10.	Diğer Akustik Kusurlar	68

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.	İZMİT'TE BULUNAN ÜÇ PERFORMANS MEKÂNININ AKUSTİK KONFOR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	70
3.1.	REVERBERASYON SÜRESİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	70
3.1.1.	Sabine	71
3.1.2.	Norris- Eyring.....	72
3.1.3.	Millington- Sette	72
3.1.4.	Stephens & Bate	73
3.2.	SALONLARIN SEÇİMİ	73
3.2.1.	Sabancı Kültür Sitesi	77
3.2.1.1.	Büyük Salonun Tasarım Kriterleri Açısından Akustik Konforunun Değerlendirilmesi	78
3.2.1.2.	Büyük Salonun Reverberasyon Süresi Hesabının Yapılması	83
3.2.2.	Süleyman Demirel Kültür Merkezi	86
3.2.2.1.	Büyük Salonun Tasarım Kriterleri Açısından Akustik Konforunun Değerlendirilmesi	86
3.2.2.2.	Büyük Salonun Reverberasyon Süresi Hesabının Yapılması	91
3.2.3.	Kocaeli Kongre Merkezi.....	94
3.2.3.1.	Akçakoca Oditoryumu'nun Tasarım Kriterleri Açısından Akustik Konforunun Değerlendirilmesi	94
3.2.3.2.	Akçakoca Oditoryumu'nun Reverberasyon Süresi Hesabının Yapılması....	99
	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	101
	KAYNAKÇA	108
	ÖZGEÇMİŞ.....	115

ÖZET

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde önce sesin hacim akustiği ile ilgili teorik ve ölçülebilir özellikleri açıklanmıştır. Ardından müziksel algı merkezlerini anlamak için, öncelikle sinir sisteminin ne olduğu ve müziği nasıl işlediği ifade edilmiştir. Sesin işlenmesi için bir alıcı gerektiğinden, insan kulağının yapısı, sesin kulakta ilerleyişi ve insan beyninde nasıl karşılık bulduğu anlatılmıştır.

İkinci bölümde hacim akustiği konfor parametreleri, öznel ve nesnel olmak üzere iki alt başlıkta açıklanmıştır. Ardından konser salonlarında akustik konforu etkileyen tasarım ölçütleri, bu alanda günümüze kadar yapılmış olan çalışmaların incelenmesiyle ortaya çıkan kabullere göre ifade edilmiştir. Bölüm sonunda ise ses-malzeme ilişkisi ve hacim akustiğinde yanlış malzeme kullanımı veya yanlış yapısal tasarım tercih edildiği takdirde oluşabilecek akustik kusurlar açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde reverberasyon süresi hesaplamasında kullanılacak yöntemler açıklanmıştır. Ardından seçilen salonların tasarımsal özelliklerinin bilgisi verildikten sonra üç performans mekânında yer alan salonların tasarım özellikleri açısından incelemeleri yapılmış ardından da reverberasyon süresi hesaplamaları yapılmıştır.

Sonuç ve öneriler bölümünde, akustik konfor incelemesi yapılan salonların üçünün de tasarım ölçütleri açısından bazı kabullere ve reverberasyon süresi açısından ise beklenen değerlere uygun olmadığı ortaya çıkmıştır. Bunun üzerine, söz konusu salonlara akustik konfor kriterlerine uygun olması için iyileştirme önerileri getirilmiş ve bu öneriler tablolastırılarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İzmit, Reverberasyon Süresi, Akustik Konfor, İç mekân, Konser Salonu, Performans Mekânı

ABSTRACT

The study consists of three parts. In the first chapter, the theoretical and measurable properties of sound related to volume acoustics are explained. Then, in order to understand the musical perception centers, nervous system and how it processes the music is explained. Since a receiver is required for sound processing, the structure of the human ear, the progression of sound in the ear and how it responds in the human brain are explained.

In the second part, the comfort parameters of space acoustics are subjectively and objectively explained. Then, the design criteria affecting acoustic comfort in concert halls are expressed according to the acceptance that have emerged from the examination of the studies carried out in this field until today. At the end of the chapter, the sound-material relationship and the acoustic defects that may occur if the wrong material or the wrong structural design is used in the acoustics of the volume is explained.

In the third chapter, the methods to be used in the calculation of the reverberation time are explained. Then, giving information about the design features of the selected halls, the halls in the three performance spaces were examined in terms of their design features, and then reverberation time calculations were made.

In the Conclusion and Suggestions section, it was revealed that all three of the halls in which acoustic comfort were examined were not in accordance with some assumptions in terms of design criteria and expected values in terms of reverberation time. Therefore, improvement suggestions were made for the halls in question in order to comply with the acoustic comfort criteria, and these suggestions were presented in tables.

Keywords: Izmit, Reverberation Time, Acoustic Comfort, Interior, Concert Hall, Performance Hall

SİMGELER ve KISALTMALAR

α (Alfa)	: Ses Yutuculuk Katsayısı
λ (Lambda)	: Dalga Boyu (m)
A	: Toplam yutuculuk (m^2 , sabin)
BT (Bass Ratio)	: Ses Sıcaklığı (%)
C_{80}	: Netlik (dB)
cm	: Santimetre
d	: Uzaklık
D	: Balkon Altı Derinliği
D_{50}	: Belirginlik (%)
dB	: Desibel
EDT (Early Decay Time)	: Erken Düşme Zamanı
f	: Frekans
G	: Ses Güçlülüğü (dB)
H	: Hallabstand Parametresi
H	: Balkon altı yüksekliği
Hz	: Hertz
I	: Ses Şiddeti
IAAC	: Kulaklar Arası Çapraz İlinti
ITDG (Initial Time Delay Gap)	: İlk Gecikme Aralığı
KBB	: Kocaeli Büyükşehir Belediyesi
LF	: Yanal Enerji Oranı
m	: Metre
m^2	: Metrekare
m^3	: Metreküp
ms	: Milisaniye
N	: Maksimum Dinleyici Sayısı
NCB (Balanced Noise Criteria)	: Dengelenmiş Gürültü Kriteri
NRC (Noise Reduction Coefficient)	: Gürültü Derecelendirme Ölçütü
RT (Reverberation Time)	: Reverberasyon Süresi
S	: Toplam Yüzey Alanı (m^2)
SDI	: Yüzeyin Ses Dağıtma İndeksi
SDKM	: Süleyman Demirel Kültür Merkezi
sn	: Saniye
SPL	: Ses Basınç Düzeyi (dB)
T	: Periyot
T_5	: Merkez Zaman
V	: Hacim (m^3)
W	: Ses Gücü

RESİM LİSTESİ

Resim 1: Müzikte Kullanılan Seslerin Frekansları (Özsan, 2011-2012).....	4
Resim 2: İnsan kulağı (Everest ve Pohlmann, 2009: s.40).....	10
Resim 3: m: Çekiç (Malleus) i: Örs (İnkus) s: Üzengi (Stapes).....	11
Resim 4: Beynin Lobları (Tübitak, 2013)	13
Resim 5: Girus 41/42 birincil işitme korteksi (URL-1 Erişim Tarihi: 24.03.2023). 13	
Resim 6: Reverberasyon süresi ile netlik değeri arasındaki ilişki (Güler, 2017: s.21).	29
Resim 7: H (Hallabstand) parametresinin uzamsallık ile ilişkisi (Teke, 2012: s.27)	29
Resim 8: Dikdörtgen planlı Het Concergebouw Main Hall, Amsterdam. “Sanal tur”dan alınmış ekran görüntüsü (URL-2 Erişim tarihi: 30.01.2023).....	32
Resim 9: Concertgebouw, oturma planı (URL-3 Erişim tarihi: 30.01.2023).....	33
Resim 10: Budapest Congress Center Pátia Hall, Genel Görünüm	34
Resim 11: Budapeşte Kongre Merkezi Pátia Hall çok amaçlı salonun plan şeması	35
Resim 12: Dikdörtgen formda gerçekleşen yanall yansımalar ile yelpaze formda gerçekleşen tek yansıma (Özkartal, 2011: s.48).....	35
Resim 13: Usher Hall Oditoryumu. Fotoğraf: Lám Rudden.	36
Resim 14: Usher Hall Oditoryumu soldan sağa sırasıyla Parter, "Grand Circle" olarak anılan 1. kat balkon ve Upper Circle olarak adlandırılan 2. Kat balkon oturma planı (URL-7 Erişim tarihi: 30.01.2023).....	37
Resim 15: Berliner Philharmoniker Hall, Fotoğraf: Heribert Schindler (URL-6 Erişim tarihi: 30.01.2023)	38
Resim 16: Berliner Philharmoniker Hall Plan Şeması	39
Resim 17: Pierre Boulez Saal, Berlin, Fotoğraf: Volker Kreidler.....	40
Resim 18: Pierre Boulez Saal Plan Şeması	40
Resim 19: Pierre Boulez Saal, parter (solda) ve balkondan (sağda) görünüm.....	41
Resim 20: Bunka Kaikan Main Hall, sahneden, salonun genel görünümü.	42
Resim 21: Tokyo Bunka Kaikan Main Hall, parter ve balkon oturma planları	42
Resim 22: Liederhalle, Beethoven Saal (URL-15 Erişim tarihi: 28.01.2023)	43
Resim 23: Liederhalle, Beethoven Saal, Salon Planı	43
Resim 24: Kimmer Cultural Center içinde yer alan Verizon Hall, Philadelphia. Fotoğraf: Creative Outfit INC (URL-17 Erişim tarihi: 30.03.2023).....	44
Resim 25: Verizon Hall, plan şeması (URL-18 Erişim tarihi:30.03.2023).....	44
Resim 26: Kırmızı taralı alan sahne portalı olarak ifade edilen bölgeyi göstermektedir (Kutluk, 2019: s.27).	45
Resim 27: Performans Mekânlarında dinleyici alanı için belirtilmiş optimum koşullar (Bayoğlu, 1998: s.56).	47
Resim 28: (a) Sabit eğimli dinleyici alanı (b) Artan eğimli dinleyici alanı ($\alpha < \beta$) ...	48
Resim 29: Kademeli olarak tasarlanmış düz tavan ve parça parça panellerden oluşturulmuş tavan tasarımı (Ergin, 2014: s.61).	50
Resim 30: Balkon tasarımında dikkat edilmesi gereken $D \leq 2H$ kriteri.....	51
Resim 31: Farklı tasarlanmış balkon parapetine çarpan sesin davranışı	51
Resim 32: Gözenekli malzemelerin ses yutuculukları (Çelik, 1998: s.4)	55
Resim 33: Rezonatörlerin karakteristik ses yutuculukları (Çelik,1998: s.8).....	55
Resim 34: Solda, düzgün yansıma; sağda yayınlık yansıma (Pektaş, 2014: s.3-4) ...	57
Resim 35: Solda Deliksiz, pürüzsüz, sade düz yüzeyli mineral lif levha; sağda hafif pürüzlü, sıva benzeri yüzeyli, mineral lif levha (Erol, 2006: s.88).....	58

Resim 36: Andermatt Concert Hall (URL-19 Erişim tarihi: 30.01.20223). Kavisli, asılı duran, yüzen bulutlar şeklinde üç pleksiglas disk hem akustik kaygı hem de estetik görünüş için tasarlanmıştır. Ek olarak geceleri, performans olmasa bile kamusal bölgeyi canlandırmak için hafifçe aydınlatılmaktadır	59
Resim 37: İlk resimde düz duvarda sesin dağılımı, ikinci resimde saçıcı duvarda sesin dağılımı görülmektedir (Beranek, 2004: s.522).	60
Resim 38: S: Kaynak 5: Vurgusal Yankı: Yalnız dikdörtgen veya altıgen planlı salonlarda, paralel duvarlar varsa görülebilir (Aslantaş, 2020: s.5).....	64
Resim 39: Kubbemsi, içbükey yüzeylerde görülen odaklanmalar. M: Ses Gücü	65
Resim 40: Daire, silindir ve küre formunda ses sürünmesi (Kanat İçöz, 2020: s.70)	65
Resim 41: Taralı alan, akustik gölgeden etkilenen dinleyici alanını ifade etmektedir. (Ergin, 2014: s.60).....	66
Resim 42: Sabancı Kültür Sitesi Büyük Salon Plan Şeması	78
Resim 43: Sabancı Kültür Sitesi Büyük Salon AA Kesiti (Kesit çizimi, METE YAPI A.Ş.'nin arşivinden temin edilmiş, izin alınarak kullanılmıştır.).....	79
Resim 44: Sabancı Kültür Sitesi Büyük Salon sahne portalındaki yansıtıcı yüzeyler (Fotoğraf: Yazar arşivi, 2020).....	79
Resim 45: Sabancı Kültür Sitesi Büyük Salonu arka duvar görünüşü	81
Resim 46: 1988 yılından 2017 yılında yapılan renovasyona kadar, salonun yan duvarlarına kullanılan yutucu yüzeylerin sıklığı (URL-35 Erişim tarihi: 01.02.2023)	82
Resim 47: Salonun 2017 yılındaki renovasyondan sonra, günümüzdeki durumu. Yan duvarda yer alan yutucu yüzeylerin azaltıldığı görülmektedir.	82
Resim 48: SDKM Büyük Salon Plan Şeması.....	87
Resim 49: SDKM Büyük Salon AA Kesiti	87
Resim 50: SDKM Büyük Salonda sahne arka, yan duvarları ve sahne portalı yutucu, malzeme ile donatılmış (Fotoğraf: Yazar arşivi, 2023).	88
Resim 51: SDKM Büyük Salon dinleyici sirkülasyon aksı.....	89
Resim 52: SDKM Büyük Salon sabit eğimlendirilmiş oturma alanı.....	89
Resim 53: SDKM Büyük Salon yan duvarlarının tasarımı	90
Resim 54: SDKM Büyük salon tavan tasarımı (Fotoğraf: Yazar arşivi, 2023).....	91
Resim 55: Kocaeli Kongre Merkezi Akçakoca Oditoryumu Plan Şeması.....	95
Resim 56: Akçakoca Oditoryumu AA Kesiti.....	95
Resim 57: Akçakoca Oditoryumu sahne arkası duvarı ile sahne portalı yüzeyleri yansıtıcı malzemelerle donanmış (Fotoğraf: Yazar arşivi, 25.02.2020).	96
Resim 58: Akçakoca Oditoryumu Oturma Alanı Genel Görünümü	97
Resim 59: Akçakoca Oditoryumunun, arkası 5cm boşluklu, 5 cm taş yününden oluşan delikli yansıtıcı malzeme ile kaplanmış yan duvarı.....	98

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Müzikte nüans terimleri (Göktepe, 2014: s.82)	5
Tablo 2: Çeşitli ortamlarda sesin yayılma hızı (Yılmaz Demirkale, 2007: s.11).....	7
Tablo 3: Akustik Sıcaklık Değerleri (Vural, 2009: s.9)	18
Tablo 4: Nesnel Parametrelerin Sınıflandırılması	25
Tablo 5: Literatürde yer alan EDT değerleri (Geyyas, 2019: s.41).....	28
Tablo 6: Farklı işlevlere ait salonlar için kişi başına düşen hacim (V/N) oranları (Kader, 2018: s.20).....	46
Tablo 7: Çeşitli malzemelerin farklı frekanslarda yutuculuk katsayıları	54
Tablo 8: Farklı amaçlara yönelik performans mekânlarında uygun görülen NCB ve dB değerleri (Yılmaz Demirkale, 2007: s.226)	68
Tablo 9: Durum Değerlendirmesi Yapılan Üç Performans Mekânının Tasarım Özellikleri Karşılaştırılması	102
Tablo 10: Seçilen üç performans mekânının mevcut RT ve optimum RT değerleri	103
Tablo 11: Üç Performans Mekânının Kabuller Işığında Mevcut Durumları ve İyileştirme Önerileri	106

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Hacme bağılı konuşma ve müzik için önerilen reverberasyon süresi 26



GİRİŞ

Performans mekânları, eğlence ve kültürel faaliyetlerinin yürütülmesi için önemli mekanlardandır. Yalnız tek bir amaca hizmet eden oditoryumlar yerine yoğun ve dinamik şehirlerde pek çok etkinliğe ev sahibi olabilecek hem de daha ekonomik olması nedeniyle tercih edilen çok amaçlı performans mekânları, bir anlamda “sosyal tesis”lerdir (Gao et al. 2020: s. 1). Performans mekânları, farklı türdeki etkinliklerin ortak faaliyet alanı olarak tanımlansa da her farklı icranın farklı işitsel konfora ihtiyacı bulunmaktadır ve esas olan mekânın bu ihtiyaçlara karşılık verebilmesidir.

Müzik için programlanmış performans mekânlarında istenmeyen seslerin yani gürültünün, geç yanal yansımaların asgari düzeyde olması ve hatta hiç olmaması, istenen seslerin ise dinleyiciye bozulmadan ve gereken şiddette ulaşması mimari akustiğin işlevidir (Hasol, 2022: s.28). Mimari akustiğin alt başlıklarından olan doğal akustik tasarım, kaynağından doğan ses dalgalarının hacimde ilerleyip hacim biçimi ve iç yüzey malzemelerinin etkisiyle şekillenmesi sonucu oluşan ses alanının teknik gereksinimler çerçevesinde hesaplar aracılığıyla kontrol edilme süreci olarak tanımlanmıştır (Ergin, 2014: s. 48). Diğer alt başlık ise elektro-akustik tasarımdır. Performans mekânlarında elektro akustik tasarım, elektro akustik sistem ekipmanlarının hacmin mimari, işlevsel ve işitsel nitelikleri dikkate alınarak oluşacak ihtiyaçlara göre tespit edilerek seçilmesi, hacim içerisinde doğru gruplandırılarak konumlandırılması işlerini kapsamaktadır (Ergin, 2014: s.65). Elektro-akustik düzenleme ile hacim içerisinde mimarların ya da akustik konusunda çalışan bilim insanlarının elini kolunu bağlayan pek çok şey yapısal değişikliğe gitmeden çözüme ulaşabilmektedir. Elektro-akustik ile sesin hoparlör sayısı, hoparlör gücü, hoparlörlerin yerleşimi ve uzamsal dağıtımı bakımından düzenlenebilmesi; yüksek, orta ve alçak frekanslar arasındaki dengenin isteğe ve gereksinimlere göre ayarlanabilmesi imkânları oluşmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle paralel olarak iyileşen elektro-akustik ekipmanlar, sağladığı olanaklarla hem hacimdeki çözüm yolları değiştirmiş hem de farklı bir uzmanlık ortaya çıkartmıştır. Orkestranın doğal duyulabilirliğinin sağlanmasının zor olduğu, 3000’den fazla dinleyiciye ev sahipliği

yapan performans mekânlarında ya da bir performans mekânında müzik için önem arz eden yanal yansımaları canlandırmak için elektro-akustik sistemlerin kullanılması önerilir (Kul, 2018: s.44). Elektro-akustiğin teknoloji ile orantılı olarak gelişmesi ve avantajlarının yanında, kulağı akustik tınlara alışkın olan Batı sanat müzikçileri için elektro-akustik tını hala uzak bir çözüm gibi görülmektedir (Kutluk, 2019: s.19).

Bu çalışma, performans mekânlarında doğal akustik ile icra edilen Batı Müziği performanslarının, dinleyiciye ve icracıya verdiği işitsel doyumun nasıl olduğu merakı ile ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada, Kocaeli ili İzmit ilçesinde yer alan üç adet performans mekânının doğal akustik ile gerçekleşen müzik performansında, akustik konfor kriterlerinden reverberasyon süresi ile tasarım özellikleri açısından konfor durumunun ortaya konması, değerlendirilmesi ve öneriler sunulması amaçlanmıştır. Salonların seçim kriterleri 3.2. bölümde anlatılmıştır.

Reverberasyon süresi hesaplamasında teorik yöntem olan, Sabine formülü kullanılmıştır. Tasarım özellikleri değerlendirilmesinde ise, literatür taramasından edinilen kabullere göre karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yapılan literatür taramasına göre 1987 yılından beri 50'yi aşkın, akustik tasarım içerikli tez yazılmıştır. Bu çalışmanın önemi, Kocaeli ili İzmit ilçesinde yapılmış olan ilk alan incelemesi olmasıdır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. SESİN HACİM AKUSTİĞİ İLE İLGİLİ ÖZELLİKLERİ

1.1. SES

Sesi, bir müzik bilimci bakışıyla açıklamak gerekirse Müzikolog Mahmut Ragıp Gazimihal, “ötü”; “gürültü, kulağa çarpan her tınlayış” olarak tanımlamaktadır (Gazimihal, 1961: s.197). Fiziksel anlamda ise ses, elastik ortamdaki moleküllerin titreşimidir ve dalgalar halinde yayılır. Bir duyu olarak ise, insan işitme mekanizmasının uyarımı olarak görülebilir ve bu uyarım ses algısı ile sonuçlanır (Everest ve Pohlman, 2009: s.1).

1.1.1. Sesin Özellikleri

Sesin; süresine, yüksekliğine, gürlüğüne ve tınısına göre dört özelliği vardır.

1.1.1.1.Sesin Süresi

Cismin titreşmeye başladığı andan durgunluk durumuna gelene kadar geçen zaman, sesin süresi olarak ifade edilmektedir. Bir başka deyişle, sesin zaman içinde tuttuğu yerdir. Ses ya doğal olarak ya da dışarıdan müdahale ile durgunluk durumuna geçer (Özsan, 2011-2012).

1.1.1.2. Sesin Yüksekliği

Sesin yüksekliği denince, sesin incelik- kalınlık durumunu algılanır. Sesin yüksekliği, frekans ile ilgilidir. Frekans, örneğin bir çalgının telinin 1 sn’deki titreşim sayısıdır. Her sesin, kaynağından doğmasından itibaren yüksekliği vardır. İnsan kulağı, 20 ila 20.000 arasında olan titreşimdeki işitebilir (Özsan, 2011-2012). Frekansın birimi “Hertz” dir. Yüksek frekanslarda, Hertz ’in bin katı olan kilohertz (kHz) kullanılır. Frekansı, 20 Hz’in altındaki titreşimler ses altı titreşimler, frekansı 20 kHz’in üstündeki titreşimler ses üstü titreşimlerdir (Sirel, 1974: s.9).

1.1.1.3. Sesin Gürlüğü

Sesin gürlüğü, sesin şiddetini yani kuvvetli ya da yumuşak olduğu durumu ifade etmektedir. Sesin gürlüğü, müzikte nüansı oluşturur. Ses şiddetinin birimi, desibel'dir. Müzikte gürlük oranlarına göre, azdan çoğa doğru Tablo 1'de görülen semboller kullanılır:

<i>pppp</i>	Estinto	
<i>ppp</i>	Piano pianissimo	
<i>pp</i>	Pianissimo	Çok yumuşak
<i>P</i>	Piano	Hafif yumuşak
<i>mp</i>	Mezzo piano	Orta yumuşaklıkta
<i>mf</i>	Mezzo forte	Orta kuvvette
<i>f</i>	Forte	Kuvvetli
<i>ff</i>	Fortissimo	Çok kuvvetli
<i>fff</i>	Forte fortissimo ya da Fortississimo	
<i>ffff</i>	Con tutta forza	

Tablo 1: Müzikte nüans terimleri (Göktepe, 2014: s.82)

1.1.1.4.Sesin Tınısı

Sesin tınısı, çeşitli çalgılardaki rengidir. Bu renk ise, sesin bileşiminin yapısına yani doğuşkanların yapısına bağlıdır. Çalgının yapısına, durumuna göre farklı doğuşkanlar tınlar. Bu farklı doğuşkanların önde olması da sesin rengini oluşturur, tınıdaki farklılığı yaratır (Özsan, 2011-2012).

1.1.2. Sesin Nicelikleri

Sesin ölçülebilir özellikleri altı başlıkta ifade edilmektedir: Dalga boyu, periyot, genlik, sesin hızı, sesin şiddeti ve ses basıncı ve desibel.

1.1.2.1. Dalga Boyu

Dalga boyu, titreşim hareketinin yayılışı sırasında bir devir süresi içinde gittiği uzaklığın adıdır. Dalga boyu λ (lambda) ile gösterilir (Sirel, 1974: s.11). Ses dalgaları da dahil olmak üzere tüm dalgaların hızları, dalga boyları ve frekanslarıyla ilişkilidir:

$$\text{Hız} = \text{Dalga boyu} \times \text{frekans}$$

Formül olarak ise $V = \lambda.f$ olarak ifade edilmektedir (Parker, 2015: s. 31).

1.1.2.2. Periyot

Titreşen maddenin, titreşiminin tamamlanması için gereken süreye periyot (T) denir. Periyot, titreşen maddenin yapısına göre değişir. Periyot ile frekans ters orantılıdır. Frekans küçükken periyot büyür ve ses kalınlaşır; frekans büyükken periyot küçülür ve ses inceler (Yılmaz Demirkale, 2007: s.10).

Periyot ile frekans arasındaki ilişki, $T = \frac{1}{f}$ şeklinde ifade edilir. Yaklaşık olarak periyodu 1/20 ile 1/20000 saniye arasında olan titreşimler, insan kulağı tarafından ses olarak duyulur (Sirel, 1974: s.9).

1.1.2.3.Genlik

“Bir titreşim hareketinde ortamın elementlerinin bu titreşim hareketiyle gidip geldikleri uzaklığın adıdır” (Sirel, 1974: s.10). Genlik ile ses doğru orantılıdır. Genlik artarsa ses artar; azalırsa ses de azalır.

1.1.2.4. Sesin Hızı

Müziğin temel ögesi sestir. Sesin oluşması için, tek bir cismin titreşmesi yeterlidir. Titreşen cisimlerin bir alıcı tarafından alınması için iletici bir ortam gereklidir. Bu iletici ortam hava, su ya da katı ortam olabilir. Ses, en iyi katı ortamda iletilir çünkü cismin en yoğun hali katı haldir ve ortam yoğunlaştıkça ses çok daha iyi iletilir. Bazı kaynaklarda, bir cismin titreşmesi için iletici bir ortamın ya da insan, hayvan vb. iletici bir antenin olması gereklidir (Özsan, 2011-2012). Tablo 2’de farklı maddesel ortamlarda sesin yayılma hızları verilmiştir:

Ortam	Yayılma Hızı (m/s)
Hava	344
Mantar	500
Kurşun	1200
Su	1400
Sert Kauçuk	1400-2400
Beton	3000-3400
Tahta	3300-4300
Dökme Demir	3700
Çelik Alüminyum	5100
Cam	5200

Tablo 2: Çeşitli ortamlarda sesin yayılma hızı (Yılmaz Demirkale, 2007: s.11)

1.1.2.5. Ses Şiddeti

Ses alanı içinde verilen bir noktada, belirli bir doğrultu içindeki birim alandan geçen akustik gücün ortalama miktarına ses şiddeti denir. Sembolü ‘I’dır.

$$\text{Ses Şiddeti} = \frac{\text{Ses Gücü}}{\text{Toplam Küresel Alan}} \quad \text{yani} \quad I = \frac{W}{4\pi d^2} \quad (\text{Yılmaz Demirkale, 2007: s.12})$$

I: Ses Şiddeti, Watt/cm²

W: Ses Gücü, Watt

d: Uzaklık, cm

1.1.2.6. Ses Basıncı ve Desibel

Hava partiküllerinin titreşimi yoluyla ses dalgalarının atmosfer basıncında oluşturduğu değişikliğe ses basıncı denir. Ses basınç düzeyinin birimi desibeldir (Yücel, 1987: s.9).

Ses basıncı, duyumu oluşturan bir unsurdur. İnsan kulağı tek bir ses hakkında yüksek ya da yumuşak olduğuna dair değerlendirme yapamaz. Ancak ikinci bir ses olduğu zaman birbirine göreli olarak ayırt edebilir.

Genel olarak herhangi bir sesin basınç düzeyi, aşağıdaki formülle ifade edilmektedir:

$$SPL=20\log_{10}\frac{P}{P_0}$$

SPL: Sesin Basınç Düzeyi, dB

P: Söz konusu olan sesin basıncı

P₀: Duyulan en küçük ses basıncı

Kulağın duyabileceği en küçük ses basıncı, insanın soluk alıp verirken çıkarmış olduğu 8 dB'dir. Kulağa hasar verebilecek basınç düzeyi ise, bir jet motorunun çıkaracağı 140 dB'dir (Yılmaz Demirkale, 2007: s.16).

1.2. SES ALGISI

Algı, organizmanın o andaki yaşantısı sırasında edinilen duyuşsal bilginin beyin tarafından örgütlenip yorumlanmasıdır. Müziksel algılama, müziksel duyumların yani ses frekanslarının beyin tarafından işlenip yorumlanması sonucunda anlamlı hale getirilmesidir. Müziksel algılama süreci, ses kalıpları, ses kalıplarını seçme, ses frekanslarını gruplama ve yorumlama olarak dört basamakta gerçekleşir (Sazak, 2008: s.2). Müziksel algı merkezlerini anlamak için, öncelikle sinir sisteminin ne olduğunu ve nasıl işlediğini bilmek gereklidir.

1.2.1. Sinir Sistemi

Sinir sistemi, tüm beyin faaliyetlerinin yürütüldüğü merkezi sinir sistemi ile tüm çevresel organlara gidecek emirlerin gönderildiği, tüm duyu organlarından gelen uyarıların alındığı çevresel sinir sisteminden oluşur (A. Akpınar ile kişisel görüşme, 2013).

Tüm sinir sistemi, “nöron” adı verilen sinir hücrelerinden oluşur. Bu hücreler, vücuttaki diğer tüm hücrelere benzer şekilde yaşamsal fonksiyonları üstlenmiş olan hücre gövdesi ile hücreler arası iletişimi sağlayan “akson” isimli uzantılarda oluşur A. Akpınar ile kişisel görüşme, 2013).

1.2.2. Merkezi Sinir Sistemi

Merkezi sinir sistemini anlatmadan önce “sinaps” ve “sinaps yapmak” terimlerini ifade etmek gerekir. Sinaps, nöronlar arası bağlantı noktalarıdır. Akson boyunca ilerleyen bir sinir iletisi bir sinapsa ulaştınca, nörotransmitter adı verilen maddelerin salgılanmasını tetikler ve madde sinaps aralığında difüzyonla dağılarak alıcı nöronun yüzeyindeki almaçlara bağlanır. Bu bağlanma çeşitli iyonların alıcı nörona girmesine neden olur. Dolayısıyla hücre zarı voltajı değişir ve bu ikinci nöronda da bir elektrik sinyali başlatılmış olur (A. Akpınar ile kişisel görüşme, 2013).

Merkezi sinir sistemi, beyin, beyin sapı ve omurilikten oluşur. Spiral bir kemik yapının üzerine kokleada dizilmiş olan nöronların uzantıları, sağlı-sollu 8. kafa çifti olan işitme siniri olarak beyin sapına girer. Burada sırasıyla, alt ve üst beyin sapında “koklear çekirdek” ve “kullikulus inferior” adı verilen nöron topluluklarından oluşan ara işlemci alanlarda sinaps yapar. Daha sonra işitme duyusu tüm duyuların ana ara işlemci alanı olan talamusta sinaps yaptıktan sonra beyindeki birincil işitme sahasına ulaşır (A. Akpınar ile kişisel görüşme, 2013).

1.2.3. Çevresel (Periferik) Sinir Sistemi

Çevresel sinir sistemi, sağlı-sollu 12 çifti beyin sapından, 31 çifti ise omurilikten merkezi sinir sistemine eklenen sinirlerden oluşur.

Beyin sapından merkezi sinir sistemine giden bu sağlı-sollu 12 çift sinire “kafa çifti” denir. Kafa çiftlerinin bazıları sadece motor sinyalleri, bazıları sadece duysal sinyalleri bazıları da hem motor hem duysal sinyalleri taşır. “Merkezi Sinir Sistemi”nde de ifade edildiği gibi 8. kafa çifti, saf duysal tipte olan işitme siniridir (A. Akpınar ile kişisel görüşme, 2013).

1.3. İNSAN KULAĞI VE İŞİTME SİSTEMİ

İnsan kulağı, anatomik olarak, kulak kepçesi ve dış kulak yolunu içeren dış kulak ile kulak zarı; kemikçikler, mastoid hücreleri, östaki tüpünü içeren orta kulak ile

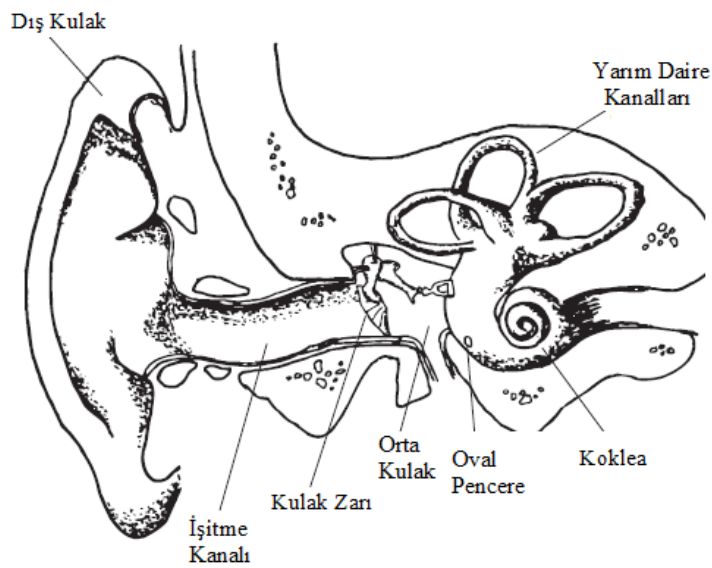
vestibüler sistem; koklea ile iç kulak yolunu içeren iç kulak olmak üzere üç temel parçadan oluşmaktadır (Çelikyurt, 2002: s.1).

İşitme sistemiye dıştan içe doğru kulak, sinir bağlantıları ve beyindeki merkezlerden oluşmaktadır. Bizim ilgileneceğimiz periferik yani “çevresel, dışta kalan” olarak adlandırılan anatomik bölgeyle ilgilidir. Yani dış kulağı, orta kulağı, iç kulağı ve işitme sinirini kapsar (Çelikyurt, 2002: s.5).

Kulak, akustik bilgiyi alıp kodlar ve akustik sinir ile birçok sinaps yaparak santral sinir sistemine gönderir. Kodlanmış impulslar karşı taraf kulaktan gelen impulslar ile birlikte serebral kortekste sesin frekansı, şiddeti ve lokalizasyon açısından değerlendirilir (Devranoğlu, 2011: s.11)

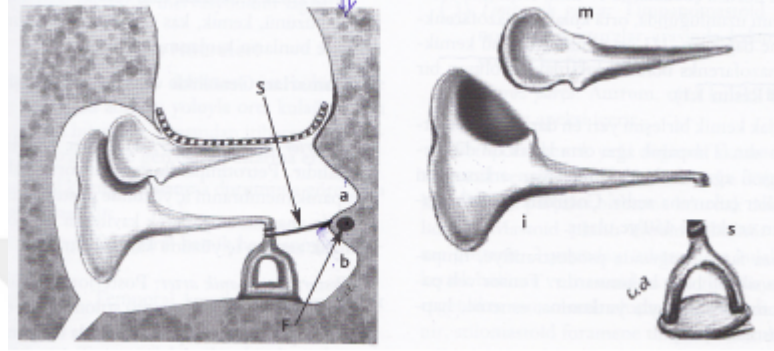
1.3.1. Kulağın Yapısı

Dış kulakta kulak kepçesi, sesleri toplayarak dış kulak yoluyla kulak zarına gönderir. Kulak kepçesi, tam karşıdan gelen seslere göre daha kuvvetli işitmemizi sağlar. Böylece bir sesin geldiği yön kolaylıkla saptanabilir. Dış kulak yolunun hemen giriş kısmında küçük kıllar ve serümen salgı bezleri vardır. Bunlar tozların içeri girmesini önler (Çelikyurt, 2002: s.6).



Resim 2: İnsan kulağı (Everest ve Pohlmann, 2009: s.40)

Orta kulak; kulak zarı, çekiç – örs- üzengi kemikçikleri zinciri, östaki borusu ve orta kulak boşluğundan oluşur. Orta kulağın işi dış kulaktan gelen seslerin oluşturduğu zar titreşimlerini kemikçikler yoluyla iç kulağa aktarmaktır. Sadece esnerken ve yutkunurken açılan östaki borusuysa orta kulağın havalanmasını ve kulak zarının her iki tarafındaki basıncın hep aynı olmasını sağlar (Çelikyurt, 2002: s.7).



Resim 3: m: Çekiç (Malleus) i: Örs (İnkus) s: Üzengi (Stapes)
(Devranoğlu, 2011: s.14)

İç kulaktaysa, işitme ile ilgili koklea ve denge ile ilgili yarım daire kanalları vardır. Koklea (Cochlea) Latince “salyangoz gibi” demektir ve biçimi nedeniyle bu adı almıştır. Kokleanın içindeki 20.000 kadar işitme hücresi- tüylü hücreler, ortakulaktan gelen ses titreşimlerini elektriksel uyarılara çevirerek işitme sinirini (koklear sinir) uyarır ve sesin beyine gitmesini sağlar (Çelikyurt, 2002: s.7).

1.3.2. Sesin Kulakta İlerleyişi – İşitme Fizyolojisi

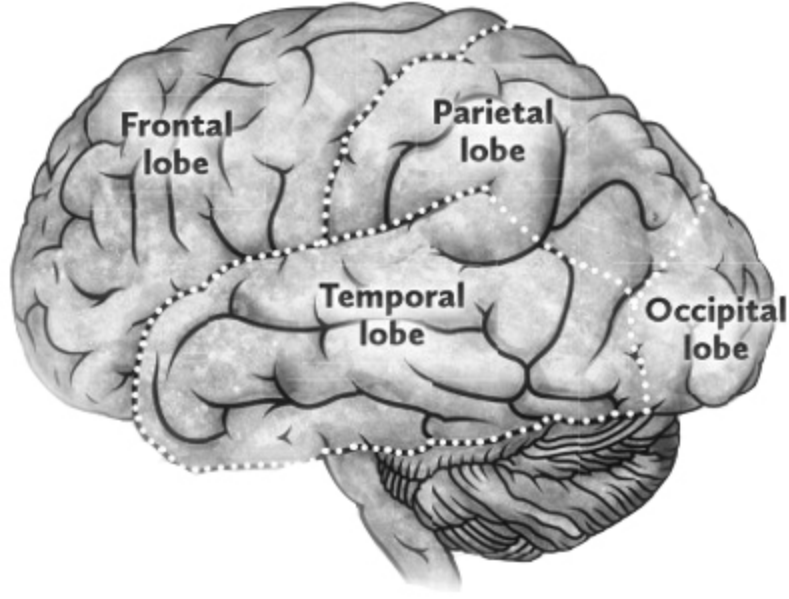
Ses dalgaları, dış ve orta kulaktan iç kulağa doğru ilerlerken, frekansları 2000-3000 Hz arasında olan sesler yani orta frekanslar, dış kulak yolunun sahip olduğu rezonans etkisi sayesinde daha çok kuvvetlenir. Bu frekanslar konuşma frekanslarının bulunduğu bölgedir. Kulak zarına gelen ses, kulak zarını titreştirir. Çekiç kemiğinin kolu kulak zarının bir parçası olduğu için, zarın titreşimleri kemik zincire geçer ve üzengi kemiğinin tabanındaki eklemlerle iç kulak sıvısına basınç değişiklikleri olarak iletilir. Orta kulak ise, atmosferdeki ses dalgalarının iç kulağa iletilmesi ve şiddetli ses dalgalarından iç kulağı koruma görevini üstlenmiştir (C. Durmuş ile kişisel görüşme, 2013).

Sesin iç kulaktan geçişini inceleyecek olursak, atmosferde oluşan ses dalgalarının Korti organına kadar iletilir. Ve bu olay ses enerjisi (akustik enerji) ile sağlanan mekanik bir olaydır. Korti organındaki işitme hücreleri baziler membran üzerinde bir piyanonun tuşları gibi dizilmiştir. 20 ila 20.000 arasındaki titreşimleri olan sesler için ayrı işitme hücreleri çalışır. İnce sesler salyangozun tabanındaki (base), kalın sesler salyangozun tepesindeki(apex) işitme hücreleri tarafından işitilir (Devranoğlu, 2011: s.14).

Korti organına ulaşan akustik enerji yani ses, nöroepitelial hücrelerde elektrik potansiyelleri şekline dönüşür. Daha sonra sinir lifleri, bu elektrik potansiyellerini daha yukarı merkezlere iletirler ve koklear çekirdeklerden, temporal lobdaki işitme merkezine gelen uyarılar birleştirilir ve analiz edilir (Devranoğlu, 2011: s.13).

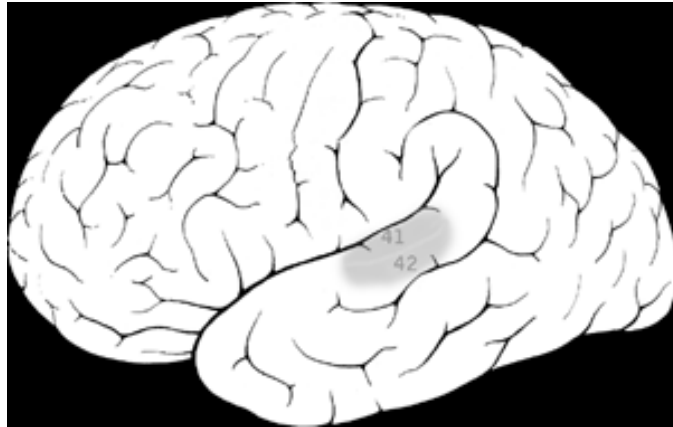
1.4. İŞİTMENİN KORTİKAL İŞLENMESİ

Beyinde hücre gövdelerinin (nöron gövdesi) kabuk oluşturacak şekilde beyin dış katmanında ve hücresel topaklar oluşturacak şekilde beyin tabanında iç kısımda kümелendikleri görülür. Hücre gövdelerinin kümелendikleri alanlar ışık mikroskobundaki görünümünden ötürü gri madde, aksonlar ise ak madde adını alır. Kabaca üç bölümden oluşan beyin sapında, beyine giren ve çıkan aksonların bulunduğu ak madde ile kafa çifti adı verilen sinirlerin sinaps alanları olan çekirdek adı verilen nöron toplulukları ile diğer nöron toplulukları bulunur. Bu çekirdekler sadece nakil istasyonları değil, ara işlemci alanlardır. Beynin kaba anatomik yapısı gözden geçirilecek olunursa, iki yarı küreden ve her iki yarı kürede dört lobdan oluştuğu görülecektir. Resim 4'te de görüldüğü gibi, önden arkaya doğru, frontal, temporal, parietal (beyin duvarı) ve occipital loblardır (A. Akpınar ile kişisel görüşme, 2013).



Resim 4: Beynin Lobları (Tübitak, 2013)

Her lobun yüzeyi, “girus” denen kıvrımlarla genişletilmiştir ve her lob birçok girustan oluşmaktadır. İşitmenin beyin sapına ulaştığı birincil işitme alanı, temporal lobun üst girusundadır (41/42) ve işitilen seslerin algılanmasını ve anlaşılmasını sağlayan ikincil işitme alanı ile kuşatılmıştır (A. Akpınar ile kişisel görüşme, 2013)



Resim 5: Girus 41/42 birincil işitme korteksi (URL-1 Erişim Tarihi: 24.03.2023)

Sözel (verbal) seslerin sol, sözel dışı (nonverbal) seslerinse sağ lobda algılandığı bilinmektedir. Sağ temporal lobu haraplanmış kişiler, kapı gıcirtısıyla kuş sesini, kedi miyavlamasıyla çocuk sesini ayırt edemezler. Ayrıca müzik fonksiyonu da

kaybolur (Amuzi). Çünkü sağ temporal lob, melodileri ayırt etmekte özelleşmiştir (Soysal, Yalçın ve Karakaş, 2005: s.111).

Sağ temporal lob frekans algısında, sol oksipital lobdaki kuneus ve prekuneus bölgesi ile birlikte rol alır. Sağ temporal lob hasarında, frekans algısı da bozulmaktadır. Bunun yanında tını, sağ temporal ve frontal bölgelerde algılanmaktadır. Sağ temporal lob konuşma olsun, müzik olsun sesin frekansını algılamayı üstlenmiştir. Frekansın ses tonuna katkısı “prozodi” olarak bilinmektedir. Sağ temporal lobu hasarlanmış hastalarda aprozodi denilen “robot gibi konuşma” ortaya çıkar (A. Akpınar ile kişisel görüşme, 2013).



İKİNCİ BÖLÜM

2. HACİM AKUSTİĞİ KONFOR PARAMETRELERİ

Hamburg’ta, 2017 yılında açılışı yapılan ve tasarımıyla medyada yankı uyandıran bir konser salonunda dinleyicilerin “buradan hiçbir şey duyulmuyor” tepkisi günümüzde akustik konforun ne denli önemli olabileceğini ifade edebilir (Hamburg’un İncisi Elbphilharmonie’de Fiyasko, 2019: s.10). Kapalı bir konser mekânında sesin her yere eşit bir şekilde ulaşmasının kendiliğinden olması beklenmemelidir. Mimari akustik dalının ortaya çıkması da bu durumla ilişkili olabilir.

Akustik konfor beklentisi, doğal olarak mekânın işlevine göre değişmelidir. Elektronik yükseltici olmadan tasarlanan bir konser mekânında, sadece dinleyicinin akustik konfor beklentisi olmaz. İcracıların ve şeflerin de bu anlamda talepleri vardır. Orkestra şefinin perspektifinden bakıldığında şefin orkestrayı doğru işitebilmesi ya da şefin müzikal performansında salon akustiği etkilerinin neler olduğunu bilmesi önemli olabilir. Örneğin, farklı zaman dilimlerinde Berlin Filarmoni Orkestrası, Viyana Filarmoni Orkestrası şefliği yapmış Herbert von Karajan’ın, farklı konser salonlarının akustikleri hakkında bilgi sahibi olduğu bilinmektedir. Karajan, 1943’de yeni yapılmış Berlin Staatsoper salonu için yazdığı eleştiride şöyle demiştir: “Gerçekleştirdiğim dört konserin ardından şu sonuca varmak zorunda kalıyorum ki bu kurulum içerisinde benden beklenen performansı gerçekleştirmem mümkün değildir.” (Öziş ve Vergili, 2008: s.35).

Bir başka örnek, Philadelphia Müzik Akademisi Şefi Leopold Stokowski ve ardılı Eugene Ormandy, Philadelphia Müzik Akademisi salonunun reverberasyonun sağladığı dolgunluk etkisinden yoksun bir akustiğe sahip olduğunu bilmesinden, salonun yapamadığı reverberasyonu sağlamak için orkestra sanatçılarından nota bitişlerini uzatarak çalmalarını istemişlerdir (Beranek, 2004: s.4). Dinleyici ise salonun teknik hesaplamalarıyla değil, kendilerine ulaşan sesin kalitesiyle yani akustik konforla ilgilenirler. Bunun için gerekli olan, çok yumuşak pianissimo nüansların anlaşılabilir, onaltılık, otuz ikilik gibi kısa ritimlerden oluşan pasajların tane tane

duyulabilir olmasıdır. İracı gözünden bakıldığında, keman sanatçısı Isaac Stern, çalım tekniğiyle ilgili bakış açısını şöyle yansıtmıştır: “Reverberasyon kemancıya çok yardımcı olur. Bir notadan, başka notaya geçerken bir önceki nota devam eder ve bu sayede müzisyen her notanın güç ile sarmalandığını hisseder. Bu oluşumda kemancı, çalışının “cansız” ya da “çıplak” olduğunu hissetmez. Sesin salon içinde net bir biçimde duyulmasının yanında, doğru bir biçimde kaynaşması da gereklidir.” (Öziş ve Vergili, 2008: s.36).

Akustik konfor ölçütlerine göre tasarlanan ilk konser salonu Boston Senfoni Salonu’dur. İlk kez burada kullanılmış olan akustik konfor ölçütü ise, salonun akustik danışmanı W. Clement Sabine tarafından ortaya atılan reverberasyon süresidir (Yaşaroğlu, 2006: 75). Reverberasyon süresi, mekânın fonksiyonuna göre doğal akustik değerlendirmesinde en önemli kriter olarak görülse de gelişen teknolojik olanakların artması ve akustik biliminin gelişmesiyle yeni ölçütler eklenmiştir (Özkartal, 2011: s.18).

2.1. ÖZNEL PARAMETRELER

Dinleyicilerin kişisel zevki, beklentisi, algısı üzerine yaptıkları değerlendirmeler Öznel Parametreler başlığında açıklanmaktadır. Beranek 1962 yılında 54 konser salonu üzerinde yaptığı araştırma sonucu konser salonlarının değerlendirilmesinde, 18 öznel akustik parametrenin etken olduğunu belirtmiştir. Beranek’e göre bu 18 kriter müzik performansı için kullanılan mekânların akustik kalitesinin belirleyen ana niteliklerini oluşturmaktadır (Vural, 2009, s:6). Beranek’in belirlediği öznel akustik parametrelere ek olarak iki parametre daha öznel etkilenme açısından önemli olarak görülmüştür. Bu parametreler ise, uzamsallık (spatial impression/spaciousness) ile tını ve ton niteliği (timbre and tone colour) parametreleridir (Ökten, 2010: s.4)

Bu parametreler Akustik Terimler Sözlüğü’ne göre Türkçe karşılığı olanlar Türkçe’ye çevrilerek, olmayanlar literatürde en yaygın geçen Türkçe çevirisine göre yazılmıştır. Konu hakkında yeterli sayıda nitelikli Türkçe kaynak bulunamaması sebebiyle tezden yararlanacak araştırmacıların yararına İngilizce karşılıkları da verilmiştir.

2.1.1. Akustik Yakınlık (Intimacy)

Samimilik ya da akustik yakınlık, mekân büyüklüğünün etkisi ile orantılıdır. İzleyicinin kulağına gelen direkt ses ile yansımış ses arasındaki zaman aralığı şeklinde tanımlanır. İnsan beyni, kulak tarafından algılanmış ilk sesle, ilk yansıyan ses arasındaki zaman farkı sayesinde mekânın büyüklüğü hakkında fikir sahibi olur. Akustik yakınlığın uygun olduğu bir salonda her çeşit müzik en iyi sesi verebilmektedir (Vural, 2009: s.7).

2.1.2. Canlılık (Liveliness)

Canlılık, reverberasyonun öznel karşılığıdır. “Canlı” olarak nitelenen bir salonda uzun bir reverberasyon süresi vardır; kısa reverberasyon süresine sahip bir salon için “ölü” ya da “kuru” nitelmesi yapılır. Ancak fazla uzun reverberasyon süresi berraklık kaybı, aşırı ses yüksekliği ve notaların birbirine karışması gibi akustik sorunlara da yol açabilir (Budak, 1994: s.43).

Müzisyenler arasındaki genel kanı, akustik açıdan canlı olan mekânlarda müzik yapmak istedikleri yönündedir. Keman sanatçısı Isaac Stern, bu konudaki bakış açısını şöyle yansıtmıştır: “Reverberasyon kemancıya çok yardımcı olur. Bir notadan, başka notaya geçerken bir önceki nota devam eder ve bu sayede müzisyen her notanın güç ile sarmalandığını hisseder. Bu oluşumda kemancı, çalışının ‘cansız’ ya da ‘çıplak’ olduğunu hissetmez. Sesin salon içinde net bir biçimde duyulmasının yanında, doğru bir biçimde kaynaşması da gereklidir” (Öziş ve Vergili, 2008: s.35).

2.1.3. Ses Sıcaklığı (Warmth)

Müzikte sıcaklık, bir konser salonunda doğrudan tüm orkestra çalarken bas sesleri canlı bir şekilde duyulabilir olup olmadığı ile alakalıdır (Beranek, 2004: s.30). Sıcaklık ayrıca bas oranı olarak adlandırılır ve bir hacimdeki düşük frekanslardaki reverberasyon süresinin yüksek frekanslardaki reverberasyon süresine oranlanması ile belirlenmektedir (Vural, 2009: s.8).

$$BT = \frac{RT_{125} + RT_{250}}{RT_{500} + RT_{1000}} \text{ (Meral, 2019: s.45)}$$

Ses sıcaklığının mekânın akustik konforu üzerindeki etkisi düşünüldüğünde, canlılık parametresi ile eşit öneme sahip olduğu söylenebilir. Tablo 3'e göre bir mekân sıcaklık bakımından 4 gruba ayrılmıştır ve bu gruplandırmaya göre salonların reverberasyon oranlarının düşük frekanslarda ortalama değerleri görülmektedir:

Kategori	RT_{250} / RT_{ort}	RT_{125} / RT_{ort}	$(RT_{250} + RT_{125}) / 2 RT_{ort}$
Mükemmel Bas	1.14	1.27	1.21
İyi Bas	1.06	1.03	1.05
Vasat Bas	0.97	0.95	0.96
Zayıf Bas	0.90	0.86	0.88

Tablo 3: Akustik Sıcaklık Değerleri (Vural, 2009: s.9)

Sıcaklık parametresi ile direkt ilişkisi olan, hacimde kullanılan malzemelerdir. Basların çok güçlü olduğu durumlarda kişi bulunduğu mekân hakkında cansız, bulanık yargısında bulunur. Bu durum yüksek frekanslarda salon içerisindeki perdeler, halılar ve diğer ses yutucu malzemeler nedeniyle sesin sönümlenmesinden kaynaklanmaktadır (Meral, 2009: s.45). Eğer çok miktarda ince ahşap panel kullanılırsa ki bu incelik 2,5 cm ya da daha düşüğü ifade etmektedir, düşük frekanslardaki sesi emerek bas yetersizliğine neden olması beklenir (Kalaycı, 2016: s.75). Bu nedenle, eğer hafif bir malzeme kullanılacaksa bu malzeme, panel arkasında hava boşluğu bırakmadan direkt olarak beton duvara monte edilmelidir (Pektaş, 2014: s. 148):

2.1.4. Direkt Sesin Yüksekliği (Loudness of Direct Sound)

Direkt ses, sahnedeki enstrümandan dinleyiciye doğrudan geçen, dinleyicinin kulağına gelen ilk sestir. Sahneden dinleyiciye direkt ulaşan sesin, konforlu ve yeterli düzeyde yüksekliği, iyi akustik için önemli bir ölçüttür (Beranek, 2004: s.23). Kaynaktan gelen direkt ses enerjisi ile 80 ms sonrasına kadar gelen ilk yansımaların enerjisinin toplamı bu parametreyi tanımlar (Ökten, 2010: s.5).

Direkt sesin ulaşabileceği en yüksek düzeyi, orkestra şefinden yaklaşık 30 metre uzaklığa kadardır. Direkt sesin en konforlu alındığı yer, yaklaşık olarak orkestra şefinden 18 m uzaklıktaki oturma bölgesindedir (Vural, 2009: s.9).

En beğenilen konser salonlarında, dinleyiciler parter¹ ortasından koltuk almayı tercih ederler. Günümüzde Türkiye’de de protokole ayrılan kısmın artık parterin ön koltukları değil, parterin ortasına yakın koltukların olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, akustik konfor açısından avantajlı olmasındandır. Bu bölgede müzik dinleyici kulağına memnun edici bir yükseklikte ulaşır; direkt ve yansımış ses arasındaki denge uygundur. Ayrıca dinleyici reverberant ses ile sarmalanmış hissine kapılır (Budak, 1994: s.48).

2.1.5. Yansımış Sesin Yüksekliği (Loudness of Reverberant Sound)

Direkt sesin dinleyiciye ulaşmasından 80 ms sonra gelen tüm sesler yansımış ses olarak adlandırılır (Beranek, 2004: s.23). Yansımış sesin enerjisi, dinleyiciye direkt olarak ulaşmayan sesin yoğunluğuna ve mekânın tam dolu halindeki reverberasyon süresine bağlıdır.

2.1.6. Belirginlik- D₅₀ (Definition) ve Netlik- C₈₀ (Clarity)

Belirginlik parametresi alıcıya ilk 50 ms’de gelen erken ses enerjisinin toplam enerjiye oranı olarak tanımlanır. Belirginlik parametresi arttıkça konuşmanın anlaşılabilirliği de artış göstermektedir (İşlek, 2021: s.9).

Sesin kaynaktan çıkmasıyla, salonun tüm etkilerinden sıyrılıp alıcıya ulaşana kadar minimum kayıpla gelmiş hali, netlik olarak tanımlanmaktadır. Salonun etkilerinden sıyrılmaz ise alıcıya ulaşan ses net değil, mutasyonlu bir ses olacaktır (S. Ulus ile kişisel görüşme, 2017). Netlik parametresi iki farklı değerle gösterilmektedir. C₅₀ ifadesi, konuşma amaçlı kullanılan mekânlardaki netlik kriterini gösterirken C₈₀ müzik işlevinde kullanılan mekânlardaki değeri gösterir.

¹ Parter (Fr) 1. Tiyatro, sinema gibi gösteri salonlarında yer katı (Hasol, 2022: s.360).

Netlik, öznel bir ölçüt olarak ele alındığında örneğin Batı sanat müziği seslendiren bir oda orkestrasını dinlerken her bir çalgının sesi dinleyiciler tarafından rahatlıkla ayırt edilebiliyorsa, en küçük değerdeki notalardan oluşan bir pasaj bile tane tane duyulabiliyorsa o salon için net nitelemesi yapılabilir. Eğer aksi durum söz konusu ise “bulanık” nitelemesi yapılabilir (Barron, 2010: s.44).

Orta çağ ya da Gotik dönem ilahileri gibi ağır tempolu müzikler için katedralde sunuluyormuşçasına uzun reverberasyon süresine sahip mekânlar tercih edilmelidir. Örneğin Barok dönem bestecisi Bach’ın org için bestelediği Re minör Toccata’sını² dönem müzik anlayışına göre uygun çalabilmek için yaklaşık 3 saniyelik reverberasyon süresine ihtiyaç duyulur. Diğer yandan Klasik dönem bestecisi Mozart’ın piyano konçertoları hızlı sololara ve hızlı bölümlere sahiptir ve bu nedenle Mozart’ın eserleri, Bach’ınkilere göre daha kısa reverberasyon süresine sahip, erken enerjinin reverberant enerjisine oranı yüksek salonlarda sergilenmelidir (Gürkan, 2013: s.48-49).

2.1.7. Parlama (Brilliance)

Yüksek frekanslarda, çok düşük bir erken düşme süresine sahip olan salonlarda parlaklık eksik olmaktadır. Parlaklık değeri, 2000 veya 4000 Hz’deki erken düşme süresinin 500 ve 1000 Hz’deki erken düşme sürelerinin ortalamasına oranı ile bulunur. Bu oranlar için tercih edilen değerler ise minimum 0,9 ve 0,8 sn’dır (Vural, 2009: s.11). Bir hacim içerisinde yeterli parlaklık elde etmek için, yüksek frekanslarda ses yutuculuğu yüksek olan yüzeyler dikkatli kullanılmalı ve yutuculuğu yüksek yüzey malzemesi kullanmaktan kaçınılmalıdır (Aktı, 2014: s.128).

2.1.8. Dağınım (Diffusion)

Dağınım, mekânda kullanılan malzemelerle birebir ilişkilidir. Eğer yansıyan ses dinleyicinin kulağına her yönden eşit miktarda ulaşıyorsa dağınımdan bahsedilebilir (Vural, 2009, s:11). İyi bir saçıcılık, sesin yansıdığı tavan ve yan duvar yüzeylerinin

² Toccata: Dokunçlu (örneğin kilise orgu) çalgılar için yazılmış bir beste türü (Çalışır, 2004: s.214).

sesin hacim içerisinde saçılarak yansımaya imkân verecek şekilde tasarlanmış olması gerekmektedir (Ökten, 2010: s.6). Bunun için salonun uzun reverberasyon süresine ve duvar, tavan gibi yüzeylerinde heykeller, nişler³ gibi süslemelere ihtiyacı vardır. Eğer salonda bulunan yan duvarlar ve tavan düzgün yüzeyli ise, ses dinleyicilere direkt olarak ulaşır ve yeterli dağıtım gerçekleşemez (Vural, 2009: s.11).

2.1.9. Akustik Denge (Balance)

Mekândaki denge sahnenin zeminindeki, her iki yan duvarındaki, tavanındaki ve 2.3. bölümde ifade edilen sahne portalındaki ses yansıtıcılarla ilişkili olduğu kadar müziğin kendisiyle de ilişkilidir. Dengeyi sağlamak için malzeme seçimine ve saçıcılığa dikkat edilmelidir (Vural, 2009: s.11).

Sahnede orkestra elemanlarının ve varsa solistlerin, birbirine baskın gelmeden; birbirlerini anlaşılır ve dengeli biçimde duyması ise müzikle ilgili olan kısımdır. Burada, müziğe yatkın dinleyicilerin yargıları önemlidir (Budak, 1994: s.53).

2.1.10. Akustik Harmanlama (Blend)

Harmanlama, dinleyicilerin ahenkli bulduğu, orkestrada çeşitli enstrümanların seslerinin karışımı olarak açıklanmaktadır. Harmanlama, kısmen orkestranın sahne üzerindeki yerleşimine bağlıdır. Aynı zamanda ses yansıtıcı yüzeylerin tasarımı ve tavan tasarımı ile de yakından ilgilidir (Beranek, 2004: s.32).

2.1.11. Birliktelik (Ensemble)

Ansambl olarak Türkçeleşmiş olan bu parametre, müzik terimi olarak ses birliği, beraberliği anlamına gelmektedir (Çalışır, 1996, s: 87). Müzisyenlerin birbirini duyarak, uyum içerisinde çalabilme yeteneği ile ilişkilidir. Bunun için elbette müzisyenlere düşen görevler vardır ancak akustik denge ve harmanlama parametrelerinde de belirleyici rol oynayan sahne çevresi, sahne üzeri ve yanlarında bulunan yansıtıcı yüzeyler, sesin sahnenin bir yanındaki müzisyenden diğer yandaki

³ Niş: Çoğunun üstü kemerli, duvar hücresi (Hasol, 2022: s.340).

müzişyene ulaşması yapısal olarak beklenmektedir. Eğer sahne çok geniş olursa orkestranın iki yanındaki müzisyenler birbirini duyamaz ve bu da birlikteliğın sağlanamamasına neden olur (Kul, 2018: s.70).

2.1.12. Yanıt Çabukluğu (İmmmediacy of Response)

Müzisyen açısından ifade edilen bir kriter olan yanıt çabukluğu, kaynağından doğan sesin mekânın yüzeylerinden yansıyıp müzisyenin kulağına geri gelme hızı ile ilgilidir. Eğer yansıma nota çalındıktan çok uzun süre sonra müzisyene ulaşırsa, müzisyen yansımayı bir akustik kusur olan yankı olarak duyar ve bu durum müzisyeni yanıltır. Müzisyen eğer sadece sahne duvarlarından gelen yansımayı duyarsa, salonun akustiğini bir bütün olarak algılayamaz. Bu yüzden yanıt çabukluğu; samimilik, canlılık, yaygınlık, birliktelik ve yankıya göre belirlenmektedir (Ökten, 2010: s.7).

2.1.13. Doku (Texture)

Direkt sestten sonra dinleyicinin kulağına gelen ardışık yansımaların dinleyicide oluşturduğu izlenim Doku parametresini tanımlanmaktadır (Vural, 2009: s.13). Salondaki yüzeylerden ve yüzeylerde kullanılan süslemelerden kaynaklı erken ses yansımaları dinleyicide, farklı doku yargısı oluşturur. İyi bir dokunun varlığı, salondaki en az ilk beş yansımanın direk sestten 60 ms sonra kulağına ulaşabildiğı durumlarda söz konusudur (Ökten, 2010: s.7).

2.1.14. Yankıdan Bağımsızlık (Freedom from Echo)

Dinleyiciyi rahatsız edecek kadar yüksek gecikmiş yansımalar yankı olarak tanımlanmaktadır. Yankı, kısa reverberasyon süresine sahip salonlarda ya da sesi salonun bir bölümüne odaklayan tavan tasarımının olduğu durumlarda; geniş salonların ön koltuklarında, yüksek tavanlı salonların arka koltuklarda, meydana gelebilir (Aktı, 2010: s.131). Bu kusur, yansıtıcı yüzeylerin doğru malzemelerle kaplanmasıyla giderilebilir (Ökten, 2010: s.7).

2.1.15. Gürültüden Bağımsızlık (Freedom from Noise)

Performans mekânının bulunduğu çevredeki trafik, hava yolu, raylı sistem gibi gürültü faktörlerinden uzak konumlandırılması gerekmektedir. Havalandırma, aynı anda bitişik salondan gelen performansın sesi gibi iç gürültü faktörlerinden de aynı şekilde arınmış olması önemlidir (Ökten, 2010: s.7).

2.1.16. Dinamik Aralık (Dynamic Range)

Dinamik aralık, sesin performans mekânında dinleyici alanındaki her noktadan rahat bir biçimde işitilebileceği bir yükseklikle yayılmasıdır. Dinleyicilerin sebep olduğu alçak seviyede bir gürültüden, müzisyenler tarafından üretilen yüksek seviyedeki sese kadar tüm sesleri kapsar (Yücel, 1987: s.69). Ayrıca sahne üzerindeki performansçıların en düşük nüanstan en yüksek nüansa rahat bir biçimde işitilebiliyor olması, dış ve iç gürültülerin mutlaka engellenmesi dinamik aralığın önemli özelliklerindendir.

2.1.17. Ton Niteliği (Tonal Quality)

Bu parametre performans mekânındaki ses tonunun kalitesine atıfta bulunur. Bir salondaki ses yansıtıcı paneller, sesi belli bir noktaya odaklayarak bu bölgede oturan dinleyicilerin sesi direkt olarak panelden geliyormuş gibi duymasına neden olabilecek şekilde hatalı yerleştirilmişse veya dış etkenlerden kaynaklı titreşimler varsa, salondaki tonal kalite düşebilir (Ökten, 2010: s.7). Bazı konser salonlarında yerleşik bulunan orgun metal yüzeyi, sesin çarpması sonucu çınlama yaratabilir. Bu gibi durumlar mekânın ton niteliğini düşürmektedir. Bazı frekansları sönmeyecek malzemelerin kullanılması problemi çözmede yardımcı olabilir (Yücel, 1987: s.69).

2.1.18. Sesin Tekdüzeliliği (Uniformity of Sound)

İyi bir salona ait diğer bir özellik; sesin tüm salona dengeli olarak yansması, salonun her noktasında sesin mümkün olduğunca dengeli dağılıp tekdüze algılanmasıdır (Ökten, 2010: s.7). Pek çok performans mekânında derin balkon altları, arka sıraların yanları, geniş salonların ön sıraları gibi sesin zayıf olduğu kısımlar

bulunmaktadır. Ayrıca tasarım hatalarından ötürü sesin olması gerekenden farklı algılandığı noktalar da oluşabilmektedir (Ökten, 2010: s.8). Bazı salonlar için salonda “ölü” ve “canlı” noktaların olduğu söylenmektedir. Bu tanımlar salonun geri kalanına göre sesin farklılık gösterdiğini anlatmak için kullanılmaktadır (Vural, 2009: s.14).

2.1.19. Uzamsallık (Spatial Impression/Spaciousness)

Uzamsallık, dağınım parametresi ile bir bütünlük içindedir. Dinleyici noktasına güçlü yanal yansımalar ulaştığında, dinleyiciler öznel olarak kendisini müzikle sarılmış olarak hisseder ve mekânın genişliğini algılar. Dikdörtgen ya da ayakkabı kutusu olarak adlandırılan salonların geometrisi, yanal yansımalar için oldukça elverişlidir. Herhangi bir enstrüman, dikdörtgen planlı bir konser salonunda çalındığında hacim içerisinde yayılan ses enerjisi, ses kaynağının dinleyiciler tarafından gerçek genişliğinden daha geniş olarak algılamasına neden olabilir (Türkmen, 2013: s.121). Yelpaze formlu salonlarda bu yansımaların dinleyici alanını ön tarafına daha fazla ulaşması, uzamsallık etkisini azaltabilir. Uzamsallık, yeterli dağınım sağlanarak güçlendirilebilir. Birçok eski konser salonundaki balkon yüzeyindeki girinti çıkıntılar ya da süslemeler bunu başarır (Everest and Pohlmann., 2009: s.387).

Dinleyici sesi, binaural olarak yani birbirinden ayrılan iki kulak yoluyla beyne alır. Bu yapılandırma ve beynin iki kulaktan aldığı bilgiyi yorumlama şekli, uzamsallık algısından sorumludur. İlk 80 milisaniyede birçok yansımanın dinleyici üzerinde çeşitli açılardan birleştiği bir salonda duyulanların önemli bir kısmı yanal olacaktır. Her dinleyicinin iki kulağında doğru derecelerde birleşen yanal yansımalarda ortaya çıkan uzamsallık yargısı, o salonun üstün akustiğe sahip olarak değerlendirilmesini sağlayacaktır. Ortalamaya göre daha az uzamsallık hissi, akustik kalitenin düşmesine neden olur. Akustik mühendisleri, Binaural Kalite İndeksi adı verilen parametre ile uzamsallığı ölçmüşlerdir. Bu arada, güçlü bas seslerinin varlığı da salonun uzamsallığını biraz artıracaktır (Beranek, 2004: s.29).

İlk olarak 1968 yılında Keet'in ortaya atmasıyla önem kazanan Binaural Kalite İndeksi, konser salonlarının akustik kalitesinin en etkili göstergelerinden birisidir.

Direkt sestten sonra 80 milisaniye içinde ulaşan seslerdeki farklılıkların bir ölçüsüdür (Beranek, 2004: s.506).

2.1.20. Tını- Ton Niteliği (Timbre)

1.1.1. bölümde de ifade edildiği gibi tını, sesin niteliksel bir ölçütüdür. Duyduğumuz sesi bir diğerinden ayırmamıza yardımcı olur. Performans mekânının sahip olduğu akustik koşullar, tınıyı ve ton niteliğini etkilemektedir. Yutuculuğun fazla olduğu frekanslarda, tüm orkestra dinleyicide öznel olarak yetersiz bir etki bırakmaktadır (Vural, 2009: s.15).

2.2. NESNEL PARAMETRELER

Öznel ölçütlerinin bir kısmını, rakamsal olarak ifade etmeye yardımcı olan nesnel ölçütler vardır. Müzik amaçlı mekânlarda, dinleyici alanlarındaki akustik koşulları değerlendirmeye yönelik parametreler zaman, ses gücü, netlik ve uzamsal olarak 4 ayrı grupta incelenebilir. Bu parametreler Tablo 4’te görüldüğü üzere özelliklerine göre ISO 3382-1’ de listelenmiştir (Uzun, 2022: s. 61).

	Sembol	Parametre
Zaman	RT	Reverberasyon Süresi
	EDT	Erken Düşme Zamanı
Güçlülük	G	Ses Güçlülüğü
Netlik	C ₈₀	Netlik
	T ₅	Merkez Zaman
Uzamsal	LF	Yanal Enerji Oranı
	IAAC	Kulaklar Arası Çapraz İlinti

Tablo 4: Nesnel Parametrelerin Sınıflandırılması

Tezin bu bölümünde, Tablo 4’e göre açıklanacak parametreler şunlardır:

Reverberasyon Süresi

Erken Düşme Zamanı

Netlik

Ses Güçlülüğü

Bu parametreler, alanda dil birliğini sağlamak amaçlı yapılan Akustik Terimler Sözlüğüne dayandırılarak yazılmıştır. Konuşma ile ilgili olan nesnel parametrelere, bu tez kapsamına uygun olmadığı için bu bölümde yer verilmemiştir.

2.2.1. Reverberasyon Süresi (Reverberation Time)

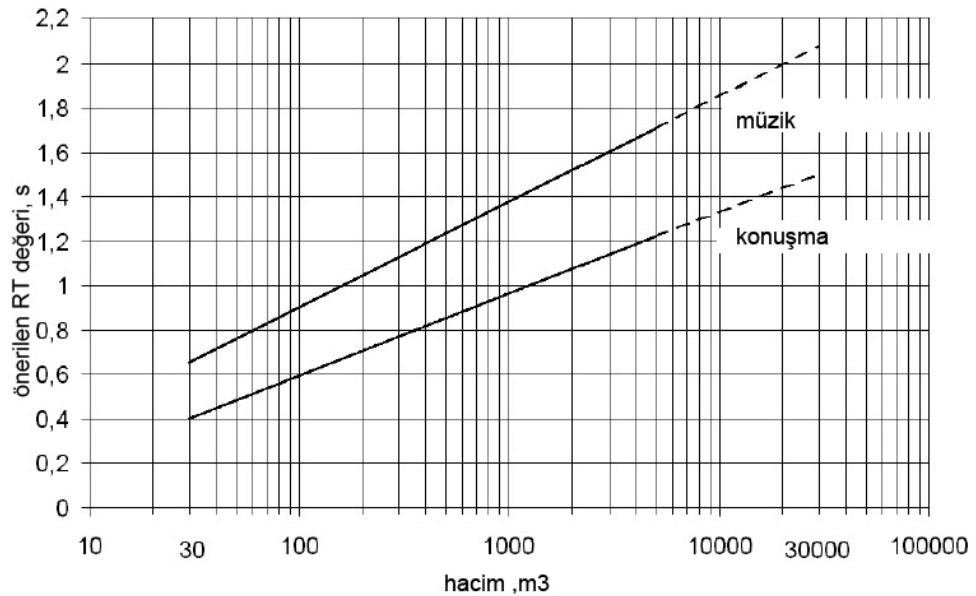
Hacim akustiğinin en önemli parametrelerinden olan reverberasyon süresi 1895-1900 yılları arasında W. Clement Sabine tarafından ortaya konulmuştur. Sesin kaynağından doğduktan sonra 60 dB (başlangıç enerjisinin milyonda biri kadar) azalması için geçen zamandır (Güler, 2017: s.16). Reverberasyon, tanımlanıp ölçülen ilk salon akustiği kavramıdır (Toktaş, 2011: s.14). Reverberasyon süresi şu değişkenlerle hesaplanmaktadır:

RT= (sn) Reverberasyon süresi

V = (m³) Mekânın hacmi

A = (sabin) Toplam yutuculuk

Reverberasyon süresi sesin frekansına bağlıdır. Hacmin yutuculuğu ile reverberasyon süresi arasında ters orantı vardır. Hacmin yutuculuğu artınca reverberasyon süresi azalır.



Grafik 1: Hacme bağlı konuşma ve müzik için önerilen reverberasyon süresi
(Teke, 2012: s.22)

Hacim akustiğinde reverberasyon süresinin hesaplamasında Grafik 1’de bir örneği görüldüğü gibi, optimum reverberasyon sürelerini gösteren grafiklerden faydalanılmaktadır ve pek çok formül kullanılmaktadır. Optimum reverberasyon süresi grafiği, reverberasyon hesaplamasında kullanılan mekânın toplam yutuculuğunu hesaplamak amaçlı malzemelerin yutuculukları ve hacimle bağlantılıdır. Toplam yutuculuk hesabında da her bir malzemenin 125- 2000 Hz aralığındaki ara frekans bantlarının yutuculuklarının ortalaması kullanılmaktadır. Dolayısıyla üretilen Grafik 1, 125- 2000 Hz aralığında oluşturulmuştur. Reverberasyon süresi hesabında kullanılan formüller ise üçüncü bölümde açıklanmıştır.

2.2.2. Erken Düşme Süresi (Early Decay Time)

Erken düşme süresi, ses kaynağı kapatıldıktan sonraki ilk 10-15 dB’lik düşüş için geçen süreye bağlı olarak konulan bir değişkendir. Reverberasyon süresi, kimi zaman reverberasyonun ilk 10-15dB’lik sönümünü tanımlayan “erken düşme zamanı” olarak da karşımıza çıkmaktadır (Vergili, 2008: s.9). EDT değeri, sesin ilk 10 dB’lik sönümü için geçen sürenin altı katına eşittir. Çünkü 10 dB’lik erken sönümlenme süresi, reverberasyon süresi için gerekli olan 60 dB’lik düşüş için geçen sürenin altıda biridir. Altı kat, erken sönümleme ve reverberasyon arasında doğrudan bir ilişki sağlar (Ökten, 2010: s.11). EDT’nin kısa olması “netlik” parametresini artırır. Çünkü sesin düşüşünün kısa sürede gerçekleşmesi sesin sonraki gelecek sesi maskeleye özelliğini düşürüp netliği artırır (Aktı, 2014: s.154). EDT değerinin yüksek olması ise mekânı canlı olarak nitelendirir ancak C_{80} değerine denk gelen netliği azaltır (Yaşaroğlu, 2006: s.143).

Erken düşme süresi, hacmin geometrisinden etkilenir. Mekânda yan duvarlardan gelen kuvvetli yanal yansımalar C_{80} değerini düşürmektedir. Yüksek bir EDT değeri, reverberant bir ortamın varlığını gösterirken C_{80} parametresinin değerinin düşük olduğunu gösterir. Yani kısa EDT, sesin net olmasını sağlar (Gürel, 2007: s.63).

Kaynak	EDT Değerleri
Barron	1,8 – 2,2 aralığı
ISO 3382-1	1 – 3 aralığı
Mehta	1,1xT ₃₀

Tablo 5: Literatürde yer alan EDT değerleri (Geyyas, 2019: s.41).

2.2.3. Netlik (Clarity)

Konser salonu analizinde kullanılan netlik faktörü, erken ulaşan ses enerjisinin geç ulaşana oranıdır. Birimi desibel, sembolü C₈₀'dir. Burada ifade edilen 80'in birimi milisaniyedir ve Reichardts'ın, müziğin net ve açık bir şekilde algılanabilmesi için gereken sürenin 80 ms olması gerektiğini söylemiş olmasından dolayı 80 ms'dir. (Vural, 2009: s.10).

Netlik indeksi olarak da ifade edilebilen bu ölçüt aşağıda verilen bağıntı ile bulunmaktadır (Vural, 2009: s:21):

$$C80 = 10 \log \left[\frac{\int_0^{0.08} p^{(t)^2} dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \right]$$

p(t): Ölçüm noktasındaki ses basınç düzeyi.

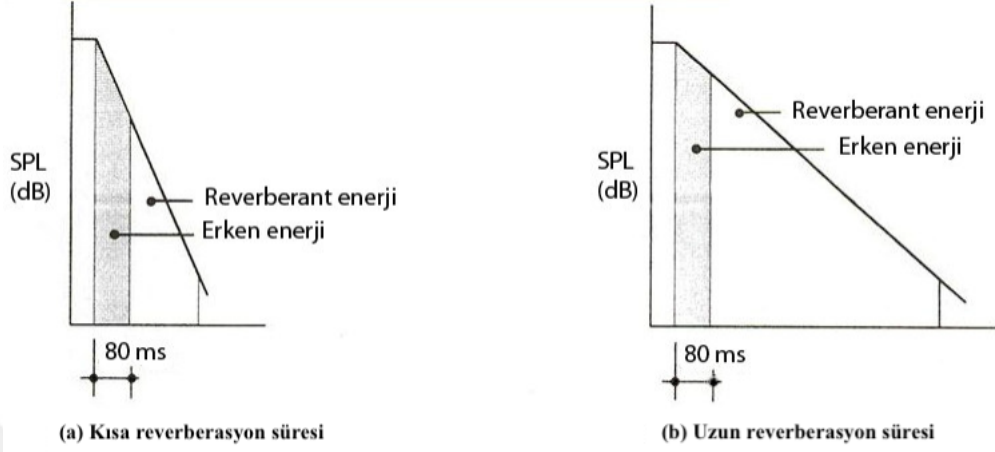
C₀₋₈₀: Erken enerji

C_{80-∞}: Reverberasyon Enerjisi

Yukarıda yer alan bağıntı sonucunda netlik değerinin küçük pozitif sayı olarak çıkması salonun kuru olduğunu, küçük negatif çıkması salonun canlı olduğunu gösterir. Netlik değeri, reverberasyon süresi ile ters orantılıdır. Reverberasyon arttıkça netlik düşmektedir.

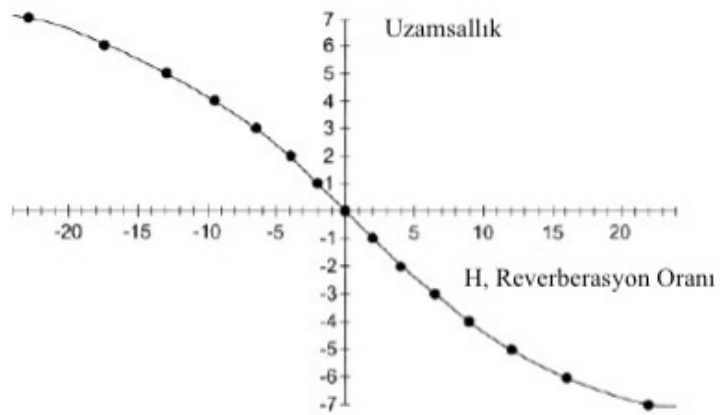
Resim 6'da görüldüğü gibi kısa reverberasyon süresi 80 ms erken ses enerjisinin, reverberant ses enerjisine oranında yüksek açıklık ve büyük bir saçılma

düşüş varken uzun reverberasyon süresinde 80 ms erken ses enerjisinin, reverberant ses enerjisine oranında düşük açıklık ve küçük bir saçılma vardır (Güler, 2017: s.21).



Resim 6: Reverberasyon süresi ile netlik değeri arasındaki ilişki (Güler, 2017: s.21).

Netlik değeri ile ilgili benzer bir ölçüt de H (Hallabstand)'dır. Direkt sesin reverberant sese oranı olan H'nin uzamsallık parametresiyle oranı Resim 7'de görüldüğü gibidir. Netlik (C_{80}) değeri -2dB ile +2 dB arasında ilerlediğinde, netlik arttıkça reverberant ses oranı azalmış, H değeri artmış demektir. Dolayısıyla bu bireyde uzamsallık algısını zayıflamaktadır. H parametresi reverberasyon, netlik ve uzamsallık parametreleri arasında ilişki kurar (Teke, 2012: s.26).



Resim 7: H (Hallabstand) parametresinin uzamsallık ile ilişkisi (Teke, 2012: s.27)

2.2.4. Ses Güçlülüğü (Strength)

Birinci bölümdeki “Sesin Hacim Akustiği ile İlgili Özellikleri” başlığında tanımlanan gürlük, nesnel bir parametre olan Ses Güçlülüğü ile ifade edilir (Eren, 2019: s.31). Ses güçlülüğü öznel olarak, mekân içindeki sesin yeteri kadar yüksek algılanıp algılanmadığı yorumuyla ifade edilebilir. Ses güçlülüğü, bir hacimde ölçülen ses basınç düzeyi ile, aynı kaynağın yansımaların olmadığı bir hacimde ve kaynaktan 10 metre mesafede ölçülen ses basınç düzeyi arasındaki fark olarak tanımlanır ve birimi desibeldir (İşlek, 2021: s.9).

Bir salondaki ses güçlülük derecesini, diğeriyle karşılaştırmak için 500 ve 1000 Hz’deki ortalama ses yüksekliği değerlerini ifade eden G_{ort} kullanılmaktadır. Ses güçlülüğü, direkt ses ile yansıyan sesin gücünden oluşur. Direkt ses salon hacminin bir fonksiyonuyken, yansıyan ses reverberasyon süresini ve EDT’yi ifade eder. Bu nedenle G_{ort} salon hacmi ile ters, EDT ile doğru orantılıdır ve formülü aşağıdaki gibidir (Vural, 2009: s.22):

$$G_{ort} = 10 \log \frac{EDT_{ort}}{V} + 44$$

Ses güçlülüğü, dinleyicinin sahneye olan mesafesine, hacim büyüklüğüne, reverberasyon süresinin orta frekanslardaki değerlerine ve erken yansımaları destekleyen yansıtıcı yüzeylere bağlıdır (Teke, 2012: s.29).

Bir ses kaynağından çıkıp dinleyiciye ilk ulaşan ses dolaysız sestir ve bu dolaysız sesin gücü salonun arkasına doğru gidildikçe azalır. Tavan ve yan duvarlarda kullanılacak paneller dinleyici alanına erken ses enerjisini yansıtacak şekilde düzenlenirse bu azalım engellenebilir. Ses güçlülüğü salon hacmiyle ters orantılıdır, RT veya EDT ile doğru orantılıdır (Kul, 2018: s.37).

Baron’a (1993) göre konser salonları için ses güçlülüğünün kabul edilebilir uygun değer aralığı 0 dB ile +10 dB arasında değişmektedir. Beranek’in konser salonları üzerine yaptığı çalışması incelendiğinde ise akustik açıdan en başarılı salonların ses

güçlülüğü değerlerinin +4,0 dB ile +5,5 dB arasında değiştiği görülmektedir (Kurtulan, 2009: s.36)

2.3. KONSER SALONLARININ AKUSTİK KONFORUNU ETKİLEYEN TASARIM ÖLÇÜTLERİ

2.3.1. Hacim

Salon hacmi, tasarım parametreleri içinde salon akustiği üzerinde önemli etkisi olan değişkenlerden biridir. Çünkü salon hacmi, reverberasyon süresi ile doğrudan ilişkilidir. Hacim içindeki elverişli yüzeylerin yansıtıcı ve yutucu özellikleri doğru kullanıldığında, uygun reverberasyon süresi hesaplandığında ve tüm bunların üzerine dinleyicilerin ses yutuculuğu da dikkate alındığında en uygun hacim hesaplanabilir. İzleyiciler tarafından sağlanan hiçbir ekstra yutuculuk gerektirmeyen hacim, en uygun hacim denebilir.

Reverberasyon süresi salon hacmi ile doğru, dinleyici sayısı ile ters ilişkilidir. Hacimlerde toplam yutuculuk büyük oranda dinleyici sayısından etkilendiği için hacim, tasarımın ilk aşamalarında dikkate değer bir ölçüttür (Budak, 1994: s.55).

Bir hacim konuşma amaçlı tasarlanacaksa yutucu yüzeylere, müzik amaçlı kullanılacaksa yansıtıcı yüzeylere ihtiyaç vardır. Eğer çok amaçlı salon söz konusuysa işleve göre salonun yutuculuğunun veya yansıtıcılığının değişebileceği, otomasyona bağlı olarak hareket edecek panolarla uygun akustik ortamın sağlanması gerekir (Yügrük Akdağ, Neşe. Yapı Fiziği II Dersi, Ders Notları).

2.3.2. Biçim

Performans mekânlarının biçimi, akustik özellikleriyle doğrudan ilişkili olduğundan mekanlarının mimari planlarının çeşitleri de incelenmelidir. Literatür taramasından yapılan çıkarıma göre mekanların mimari plan çeşitlemeleri 7 başlıkta toplanmaktadır. Bunlar; dikdörtgen (ayakkabı kutusu), yelpaze (fan), at nalı, arena,

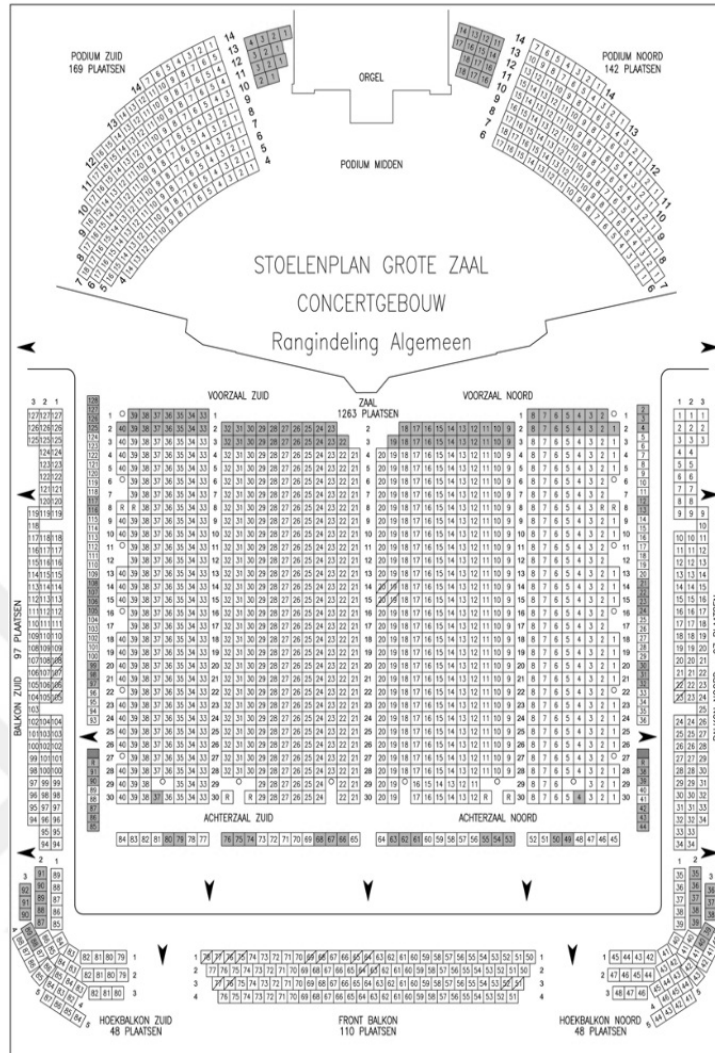
altıgen (elmas), teraslı ve bu belirtilen 6 plan çeşidinin dışında kalan planlar için, düzensiz plan.

2.3.2.1. Dikdörtgen Planlı Salonlar (Ayakkabı Kutusu Biçimli Salonlar)

Yapım kolaylığı açısından avantajlı olarak görülen dikdörtgen form, yapılan araştırmalar sonucunda doğru boyutlarda seçildiğinde akustik konfor açısından en ideal biçim olduğu belirlenmiştir. Batı dünyasında en iyi üç performans mekânından biri olarak adı geçen, Resim 8’de görülen Het Concergebouw Main Hall’ün Resim 9’da oturma planı görülmektedir.



Resim 8: Dikdörtgen planlı Het Concergebouw Main Hall, Amsterdam. “Sanal tur”dan alınmış ekran görüntüsü (URL-2 Erişim tarihi: 30.01.2023)



Resim 9: Concertgebouw, oturma planı (URL-3 Erişim tarihi: 30.01.2023)

Dikdörtgen formu bir konser mekânının avantajı, yan duvarlarının dinleyiciye büyük oranda sağladığı yanal yansıma zenginliğidir. Bu durum uzamsallık parametresine katkı sağladığını gösterir. Ayrıca yüzeylerin doğru saçıcılıkla tasarlanması ve doğru bir tavan yüksekliği tercih edilirse bu da dinleyicide müzikle sarmalanmış hissini oluşturur.

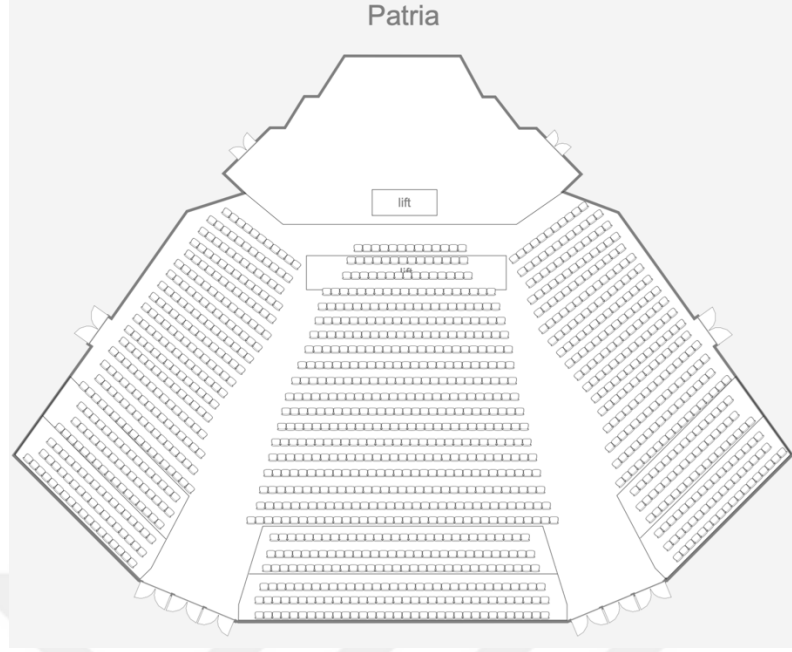
Dikdörtgen formunun dezavantajları ise, eğer salon kapasitesinden fazla dinleyici alanı tasarlanırsa genişlik ve uzunluğun artmasıyla ilk yansıma enerjisinde azalma meydana gelir ve istenen ses yüksekliği salon arkalarına iletilemez. İkinci dezavantaj da karşılıklı duvarların paralelliği 2.5. bölümde ifade edildiği üzere akustik bir kusur olan vurgusal yankıya sebep olabilir. Bunun için bu plan tasarımında paralel duvar olmamasına dikkat edilmelidir (Vural, 2009: s.30).

2.3.2.2. Yelpaze Planlı Salonlar

Yelpaze formu genel kaniya göre, dinleyicileri sahneye daha yakın konumlandırma isteğinden ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla en bilinen avantajı da daha fazla dinleyenin ses kaynağına yakın olmasıdır. Bu olumlu özelliğinin yanında olumsuz yanı ise odaklanma sorunu yaratabilecek içbükey arka duvar tasarımıdır. Bu sorun seyirci arka duvarının yutucu malzeme kaplanmasıyla çözülebilir. Bir başka çözüm, Resim 10'da ve 11'deki plan şemasında görüldüğü gibi arka iç bükey duvarı oturma düzenine paralel olacak şekilde tasarlamak olabilir.

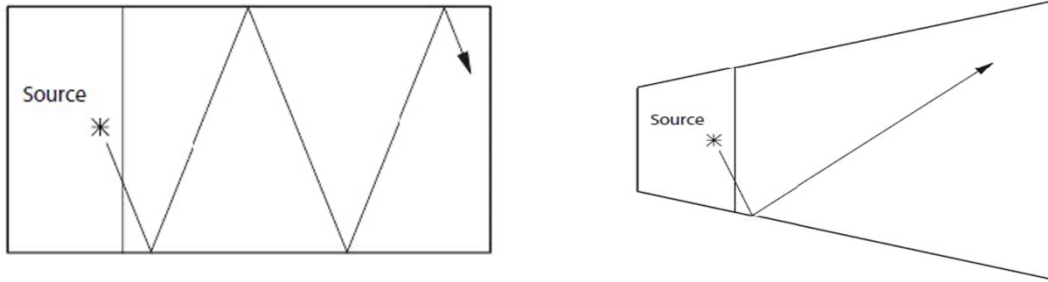


Resim 10: Budapest Congress Center Pátria Hall, Genel Görünüm
(URL-4 Erişim Tarihi: 30.03.2023)



Resim 11: Budapeşte Kongre Merkezi Pátria Hall çok amaçlı salonun plan şeması (URL-5 Erişim tarihi: 17.03.2023).

Bir diğer olumsuz durum ise, dikdörtgen planlı salonların avantajı olan Resim 12’de görülen yanal yansımaların yelpaze formda olmamasıdır. Dolayısıyla tek bir yansıma ile dağılılan ses dalgaları, reverberasyon süresinin kısa olmasına neden olacaktır. Salon dolaylı sesten yoksun kalınca, dinleyici salon hakkında “ölü” nitelmesi yapacaktır. Son tahlilde, yelpaze formlu salonlar daha çok konuşma amaçlı etkinlikler için tercih edilmelidir.



Resim 12: Dikdörtgen formda gerçekleşen yanal yansımalar ile yelpaze formda gerçekleşen tek yansıma (Özkartal, 2011: s.48)

2.3.2.3. At Nalı Planlı Salonlar

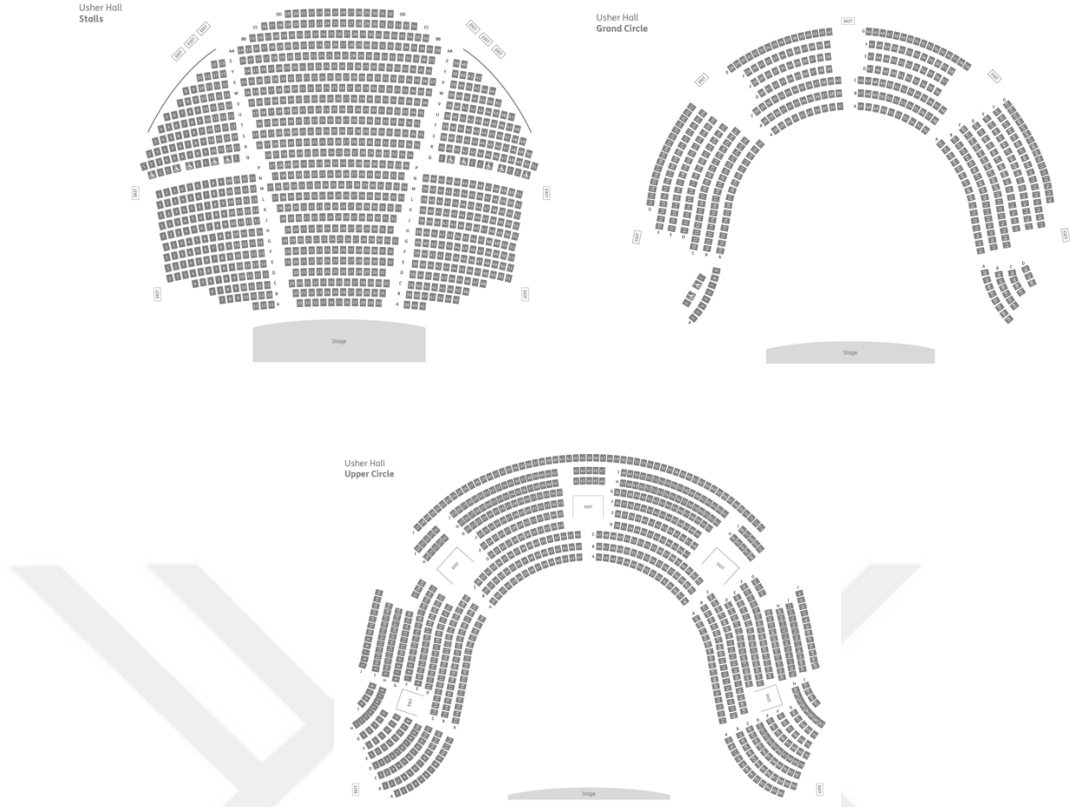
Biçimini Barok dönem operalarına borçlu olan Resim 13 ve 14'te görülen at nalı planlı salonlar, Batı sanat Müziği performansları için pek tercih edilmemektedir. Opera için tercih edilmesinin sebebiyse kısa reverberasyon süresidir.

Opera, metin üzerine bestelenmiş sahne eseridir ve işitsel açıdan ele alacak olursak konuşma ile müziğin birlikteliğinden oluşmaktadır. Bu işlev için elde edilmesi gereken reverberasyon süresi değeri konuşmadan uzun, müzikten kısa olmalıdır. Localarla sağlanan dikey oturma planı yutuculuğu arttırmaktadır ki bu da reverberasyon süresinin daha kısa olacağı anlamına gelmektedir.



Resim 13: Usher Hall Oditoryumu. Fotoğraf: Liam Rudden.

(URL-6 Erişim tarihi: 30.03.2023)

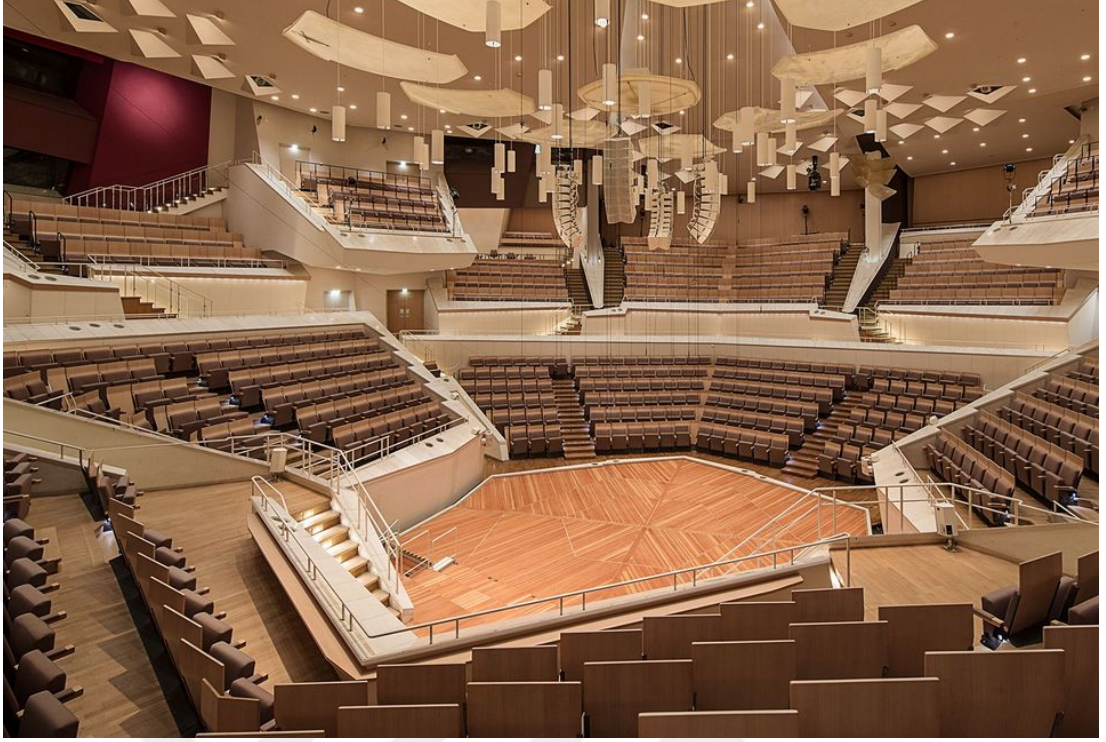


Resim 14: Usher Hall Oditoryumu soldan sağa sırasıyla Parter, "Grand Circle" olarak anılan 1. kat balkon ve Upper Circle olarak adlandırılan 2. Kat balkon oturma planı (URL-7 Erişim tarihi: 30.01.2023)

At nalı formunun Batı sanat Müziği performansı sırasında oluşturacağı problem, arka duvarın iç bükey olması sebebiyle yansıyan seslerin tek bir noktada odaklanmasıdır. Bu da akustik konforu düşürecek bir sorundur. Bu sorun, arka yüzeyler emici malzemeye kaplanarak çözülebilir (Öziş ve Vergili, 2008: s.39).

2.3.2.4.Teraslı Plan Salonlar

20. yüzyılın salon akustiği anlamında önemli gelişmelerinden biri teraslı planın bulunması olmuştur. Bu formun ilk örneği, 1963 yılında açılışı yapılmış Resim 15'te ve 16'da görülen Berlin Filarmoni Konser Salonudur.

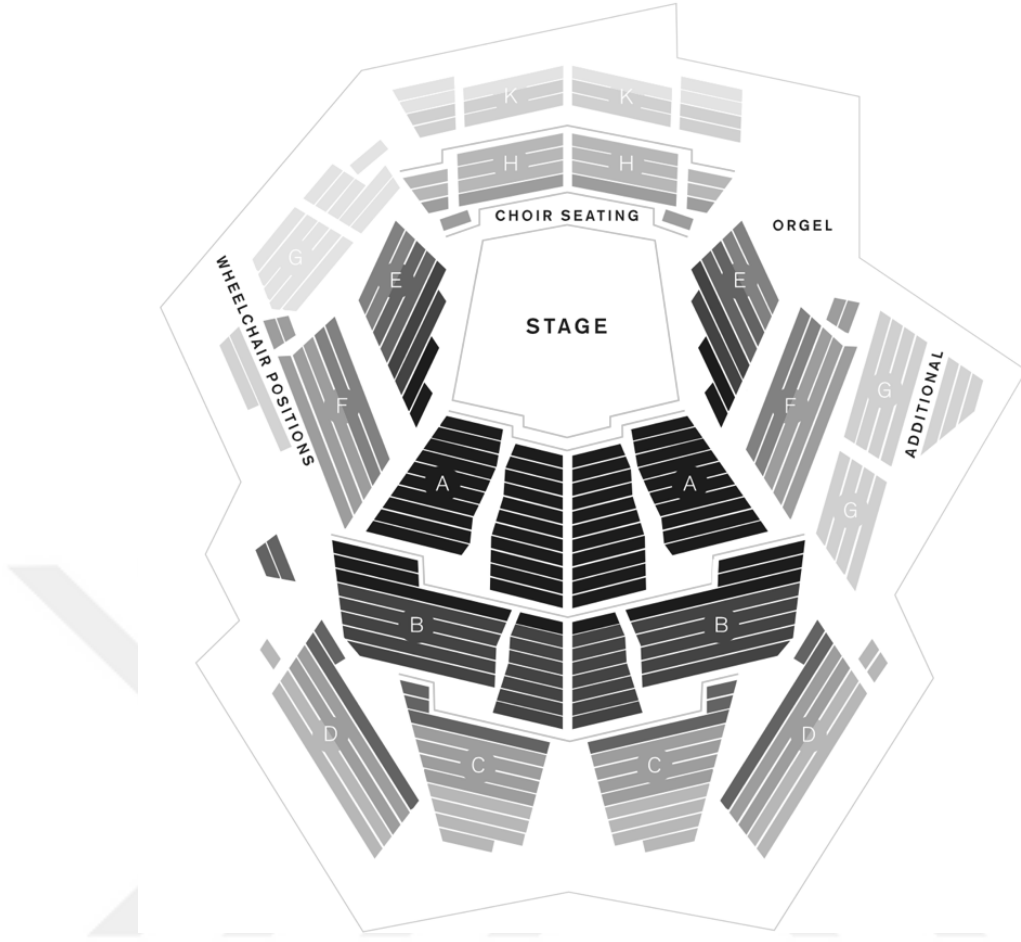


Resim 15: Berliner Philharmoniker Hall, Fotoğraf: Heribert Schindler (URL-6
Erişim tarihi: 30.01.2023)

Bu tip, tıpkı arena formu gibi dinleyici alanının sahneyi çevreleyerek performansçıya yaklaştırıldığı bir formdur. Ancak arena formundan farkı, daha fazla dinleyici kapasitesi sağlamış olmasıdır. Ayrıca bu salon tipinde balkon yerine birbirleriyle ilişkili ve farklı yüksekliklere sahip teraslar tercih edilmiştir. Bu terasların ön ve yan yüzeyleri dinleyicilere büyük ölçüde erken yansıma ulaştırmak için dikkatlice tasarlanmıştır.

Bu salonların önemli bir diğer özelliği ise direkt sesin dinleyiciye ulaşma zamanıdır. Salon formu gereği, ses tüm noktalara yaklaşık olarak aynı sürede ulaşır ve bu nedenle ITDG⁴ (ilk gecikme aralığı) zamanı salonun tümünde yaklaşık olarak aynıdır (Öziş ve Vergili, 2008: s.39).

⁴ ITDG (Initial Time Delay Gap): L. Beranek tarafından geliştirilen ITDG, bir hacmin “akustik yakınlık” etkisinin küçülmesi için kullanılan en önemli nesnel parametresidir. İlk gecikme aralığı olarak çevrilen bu parametre, dinleyicilerin kulağına direkt olarak gelen sesle, tavandan veya herhangi bir yüzeyden gelerek dinleyiciye ulaşan ilk yansıma arasındaki zaman aralığı olarak tanımlanmaktadır (Vural, 2009: s.24).



Resim 16: Berliner Philharmoniker Hall Plan Şeması

(URL-9 Erişim tarihi 30.03.2023)

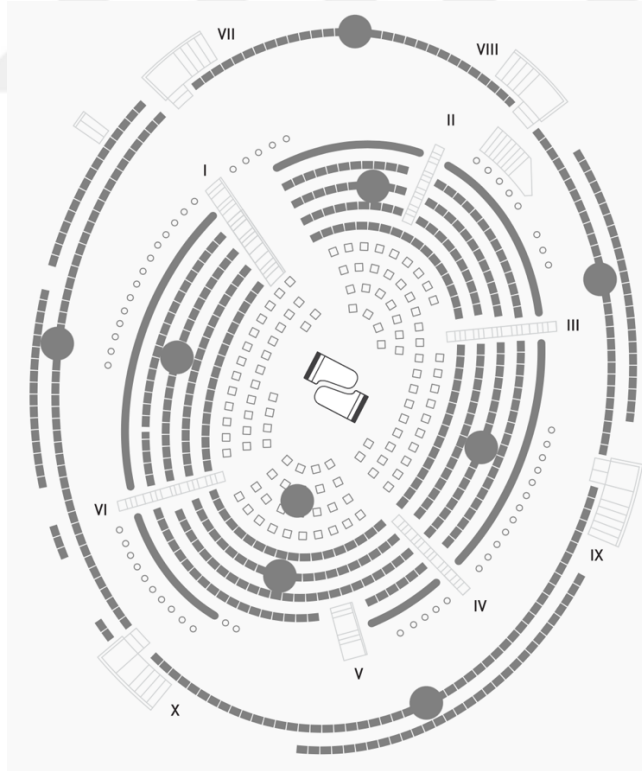
2.3.2.5. Arena Plan Salonlar

Bu salon formunun özelliği, orkestra ile sahnenin oturma alanıyla çevrelenmiş olmasıdır. Tarihsel gelişimi, Roma dönemi arenalarına dayanmaktadır ve teraslı form ile karıştırılmamalıdır. Bu formun olumlu özelliği, diğer formlara göre Resim 17 ve 18’de görüldüğü gibi dinleyici ile performansçı arasındaki en büyük kaynaşmayı sağlamasıdır.

Bu planın olumsuz özelliklerinin başında ise, denge gelmektedir. Dinleyici enstrümanı her zaman dinlediği yerden değil de tam tersi bir yerden koltuk satın almışsa, algısı aşına olduğu şekilde olmayacaktır, mekânsal algısı tersine dönecektir ve sonucunda akustik denge kaybolacaktır.



Resim 17: Pierre Boulez Saal, Berlin, Fotoğraf: Volker Kreidler
(URL-10 Erişim tarihi: 28.01.2023)



Resim 18: Pierre Boulez Saal Plan Şeması
(URL-11 Erişim tarihi: 30.03.2023)



Resim 19: Pierre Boulez Saal, parter (solda) ve balkondan (sağda) görünüm
(URL-12 Erişim tarihi: 28.01.2023)

Bilinmesi gereken bir diğer önemli konu ise tüm çalgıların yönlülüğüdür. Özellikle bakır üfleme çalgılar ile yaylı çalgıların yön özelliği daha belirgindir. Bu da sahne arkasındaki dinleyicilerin yön durumundan olumsuz etkileneceği anlamına gelmektedir. Bir diğer durum da bu forma sahip salonların yansıtıcı yüzeylere ihtiyaç duymasındır. Ahşap üfleme ya da perküsyon, timpani gibi vurma çalgıların fazladan yansıtıcı yüzeye ihtiyacı yoktur. Ancak öteki enstrümanlarda durum tam tersidir. Salonda bulunan balkonlar aracılığıyla yararlı yansımalar sağlanabilir (Teke, 2012: s. 7).

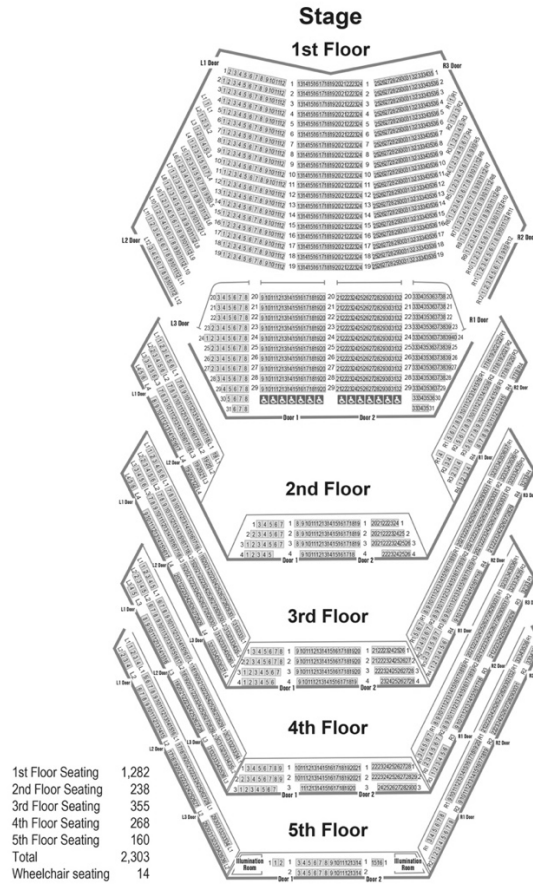
2.3.2.6. Altıgen Planlı Salonlar

Literatürde “elmas” olarak da nitelendirilen altıgen plan, görsel avantaj sağlamasının yanında yüksek orandaki yanal yansımalar sayesinde kullanışlı biçimlerden biridir. Resim 20 ve 21’de görüldüğü üzere, plan şemasının özelliği olarak duvarların salonun arkasına doğru daralması sonucunda dinleyicilere istenilen oranlarda erken ve geç yanal yansımalar ulaşmaktadır (Kalaycı, 2016: s.40).

Dikdörtgen biçimde de ifade edildiği gibi, karşılıklı paralel duvarların yaratacağı akustik kusur bu formun dezavantajlı yanıdır. Bu nedenle düzgün altıgen, kare, sekizgen gibi formlar tercih edilmemelidir ancak ediliyorsa da duvarların paralelliği bozulmalıdır (Kanat İçöz, 2020: s.41).



Resim 20: Bunka Kaikan Main Hall, sahneden, salonun genel görünümü.
(URL-13 Erişim Tarihi 30.03.2023)



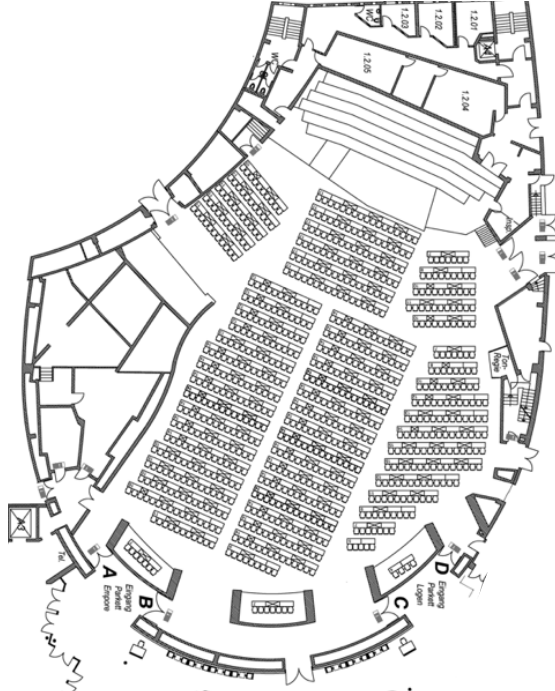
Resim 21: Tokyo Bunka Kaikan Main Hall, parter ve balkon oturma planları
(URL-14 Erişim tarihi: 05.02.2023)

2.3.2.7. Düzensiz Planlı Salonlar

Yukarıda geçen altı plandan hiçbirine uymayan planlı salonları “düzensiz” başlığı altında ele alınmaktadır. Bir örnek, genel görünümü Resim 22’de, plan şeması ise Resim 23’te görülen Liedehalle, kuyruklu piyano biçiminde yapılmıştır.



Resim 22: Liedehalle, Beethoven Saal (URL-15 Erişim tarihi: 28.01.2023)



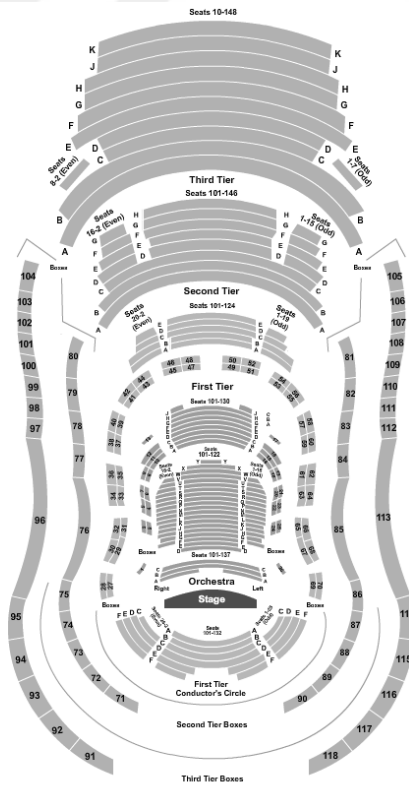
Resim 23: Liedehalle, Beethoven Saal, Salon Planı
(URL-16 Erişim tarihi: 28.01.2023)

Bir diğ er örnek ise Resim 24 ve 25’te görüldüğü üzere, viyolonsel gövdesi formunda tasarlanmış olan Verizon Hall’dur.



Resim 24: Kimmer Cultural Center içinde yer alan Verizon Hall, Philadelphia.

Fotoğraf: Creative Outfit INC (URL-17 Erişim tarihi: 30.03.2023)

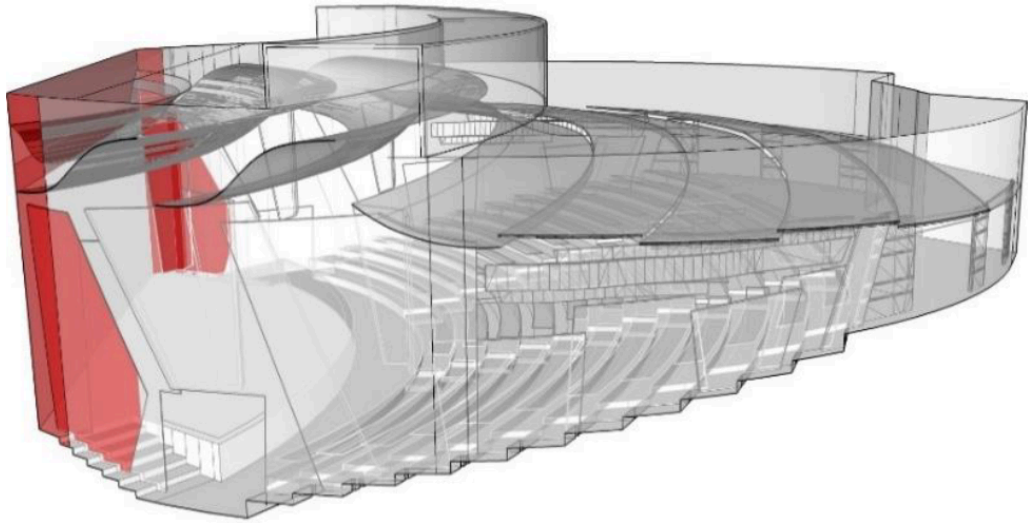


Resim 25: Verizon Hall, plan şeması (URL-18 Erişim tarihi:30.03.2023)

2.3.3. Dinleyici- Sahne İlişkisi

Sahne, müzisyenlerin birbirlerini net olarak duyacağı ve dinleyicinin deneyimlediğine yakın değerde reverberasyon geri dönüşü alacağı şekilde planlanmalıdır. Bundan dolayı, sahneye ait tüm yüzeyler yansıtıcı olarak tasarlanmalıdır (Türk, 2011: s.21). Özellikle orkestranın arka kısmında konuşlanan orkestra çalgılar ön taraftaki yaylıları bastırıyorsa bunun bir sebebi, sahne portalındaki yansıtıcı eksikliğidir. Bunu önlemek için Resim 26’da görülen sahne portalı⁵ ve yakınındaki yüzeylerin, yaylılardan gelen ses enerjisinin dinleyicilere yansıtacak şekilde tasarlanması gerekir (Budak, 1994: s.70).

Sahne portalının yansıtıcı yüzeylerle tasarlanmasının ayrıca öznel akustik parametrelerden akustik denge ve harmanlama kriterlerine olumlu etkisi olurken aynı zamanda dinleyici alanında yeterli erken yansıma sağlayacaktır (Toktaş, 2011: s.9).



Resim 26: Kırmızı taralı alan sahne portalı olarak ifade edilen bölgeyi göstermektedir (Kutluk, 2019: s.27).

⁵ Yapılan literatür çalışmasında, sahne portalı, sahne ağzı portalı, proscenium, perdeönü gibi farklı tanımlamalar kullanılmaktadır. Bu çalışma içerisinde söz konusu bölgeyi tarif etmek için “sahne portalı” nitelemesi yapılacaktır.

Kaynaktan mesafe arttıkça, ters kare yasası gereği dinleyiciye dolaysız ulaşan ses, uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalacaktır. Yani mesafe iki kat arttığında ses enerjisi dört kat zayıflayacaktır (Parker, 2015: s.284). Örneğin orkestradan 100 m uzaktaki bir dinleyici için dolaysız ses düzeyi, orkestraya 50 m uzakta olan dinleyicinin alacağı ses düzeyinin 4'te 1'i kadar olacaktır. Dolayısıyla dinleyicilere ulaşan dolaysız sesin yeterli olması için kaynakla dinleyici arasındaki uzaklık önemlidir. Yapılan çalışmalarda bu uzaklığın 40 m'yi aşmaması gerektiği belirtilmiştir (Türk, 2011: s.28).

Sahne zemin yüksekliği belirlenirken ise dinleyicinin görsel konforunun sağlanması için sahnenin, oturma alanından belli bir yükseklikte olması dinleyiciye dolaysız sesin daha kolay ulaşması açısından faydalı olacağı bilinmektedir. Müzik amaçlı kullanılacak salonlarda sahne yüksekliği için kabul gören ölçüt, zemin kat döşemesine göre en az 50 santimetre olmasıdır. 100 santimetreyi aşan yüksekliklerde orkestranın orta ve arka kısımları izleyiciler tarafından görülmeyebilir (Gürkan, 2013: 68).

2.3.4. Dinleyici Alanı

Hacim büyüklüğü, tasarımda ilk ele alınması gereken konudur. İşleve ve dinleyici sayısına bağlı olarak salonların hacim büyüklüğü saptanmalıdır. Farklı işlevlerdeki salonların hacim büyüklükleri ve dinleyici sayısı Tablo 6'da görüldüğü üzere farklı olacaktır.

İşlev	Kişi Başına Düşen Hacim (m ³)
Konuşma	2,5-4
Tiyatro	4-6
Opera	6-8
Çok Amaçlı	6-8
Konser	8-10

Tablo 6: Farklı işlevlere ait salonlar için kişi başına düşen hacim (V/N) oranları (Kader, 2018: s.20)

Maksimum dinleyici sayısı – hacim büyüklüğü arasındaki oranlar aşağıdaki bağıntı kullanılarak bulunabilir (Türk, 2011: s.22):

$$\text{Kişi başına düşen hacim} = V/N$$

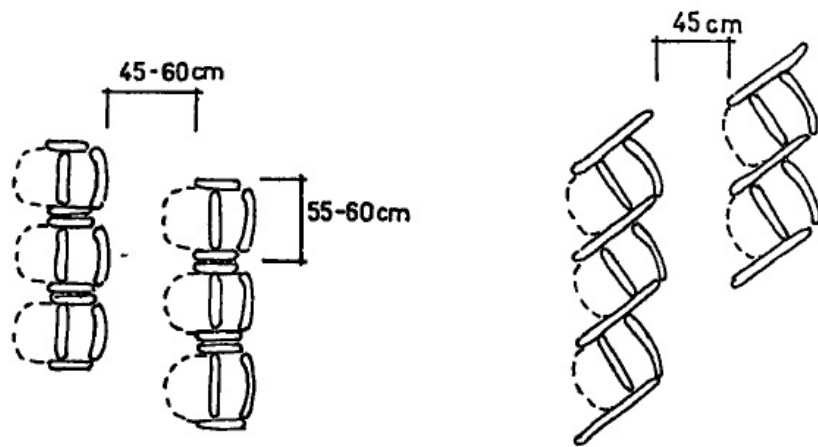
$$N = \text{Maksimum Dinleyici Sayısı}$$

$$V = \text{Hacim Büyüklüğü (m}^3\text{)}$$

Salonlarda görme ve işitme açıları birbirine benzerlik gösterir. Kaynağı açık bir şekilde görebilen dinleyici aynı zamanda uzaklığa da bağlı olarak, dolaysız sestene olabildiğince faydalanır.

Dinleyici alanı koltuklarının, akustik bakımdan tasarımında başta dikkat edilmesi gereken özelliği malzemesidir. Salondaki ses yutuculuğa etkisi olacak bu seçimde sert kumaş ya da deri kaplı koltuklar seçilebilir (Budak, 1994: s.61).

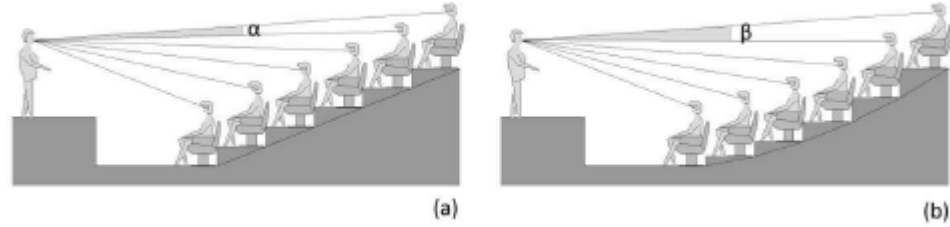
Koltuk oturum genişliğinin resim 27’de görüldüğü gibi ideal ölçüsü 55-60 cm olarak belirlenmiştir. İki koltuk arasındaki mesafe ise 45 cm ile 60 cm arasında olabileceği kabul değerler arasındadır. Localar hariç, tüm koltukların oturma kısmının kendi kendine katlanır olması gereklidir. Eğer koltuklar arası dirsek serbestliği istenirse koltuklar açılı bir şekilde yerleştirilebilir (Bayoğlu, 1998: s.56).



Resim 27: Performans Mekânlarında dinleyici alanı için belirtilmiş optimum koşullar (Bayoğlu, 1998: s.56).

Bunlara ek olarak, ideal bir görüş alanı sağlamak ve dolaysız ses iletimi açısından olumlu olduğu için koltukların şaşırtmalı konumlandırılması uygun olacaktır.

Koltuğun bulunduğu noktanın sahneyi direkt göreceği şekilde tasarlanmalıdır. Bunun için resim 28’de görüldüğü gibi dinleyici alanını eğimlendirmek gerekir. Ancak sabit eğimle yükseltilmişse, dinleyici alanında arka sıralara doğru işitme acısı küçülecektir. Bu da dolaysız sesin ön sıralarda daha fazla yutulup arka sıralara ulaşmasına sebep olacaktır. Eğer dinleyici alanı artan eğimle yükseltilirse bu sorun çözülmüş olur. Bu durumda her sıradaki dinleyici eşit görme ve işitme acısına sahip olacaktır (Türk, 2011: s.28).



Resim 28: (a) Sabit eğimli dinleyici alanı (b) Artan eğimli dinleyici alanı ($\alpha < \beta$)
(Türk, 2011: s.28).

2.3.5. Arka ve Yan Duvarlar

Performans mekânlarında istenen reverberasyon süresine ulaşabilmek için yapı elemanları, akustik konfor gereksinimlerine göre tasarlanmalıdır. Nesnel bir ölçüt olan Netlik değeri ile onun öznel karşılığı olan uzamsallık yan duvarların tasarımıyla ilişkilidir. Uzamsallık etkisi isteniyorsa, erken ses alanının karakteristiği ve yeterli yan yansıma sağlanması gereklidir. Bunun için özellikle dikdörtgen biçimli salonlar bu parametreyi olumlu, yelpaze biçimli salonların olumsuz etkilediği söylenebilir (Özkartal, 2011: s.31). Ancak dikdörtgen biçimli salonlarda vurgusal yankı kusuru oluşturmamak için paralel yan duvar yüzeylerinin ses dalgalarının dağılarak ya da saçılarak yansımasını sağlayan yüzeyde tercih edilmesi gerekir (Türkmen, 2013: s.19). Bunun dışında yan duvarların en az 5 derecelik bir açıyla planlanması da akustik kusurları önleyecektir.

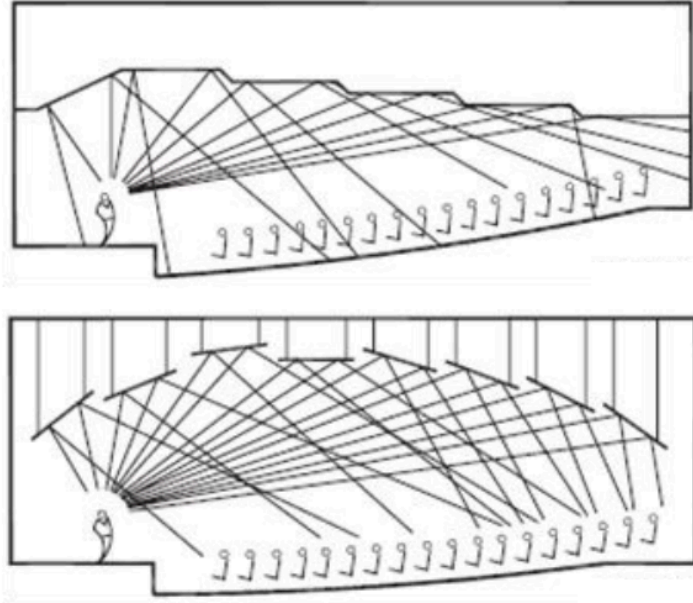
Dinleyici arka duvarının özellikle yelpaze formlu mekânlarda içbükey bırakılması, bir akustik sorun olan ses odaklanmasına sebep olabilir. Bunu önlemek için ise dinleyici arkasındaki duvarın iç bükey geometrisini bozmak gereklidir

2.3.6. Tavan

Müzik amaçlı kullanılacak olan mekânda dinleyici, sesin her yönden geldiğini hissetmek, sarmalanmak ister. Bunu sağlayacak olan yanal yansımalar tek başına yan duvarlar ile sağlanmaz. Yanal yansımalar destek olarak tavanlarda kullanılacak yansıtıcı, saçıcı ve kırıcı malzemelere de ihtiyaç vardır.

Salonda üst yansıtıcıların dışbükey, doğrusal olması veya hareket edilebilen şekilde tasarlanması ve uygulanması doğru ölçütlerle belirlenmiş olduğunda olumlu sonuç vermekle beraber salonu görsel anlamda monotonluktan kurtarır. Bu yansıtıcı yüzeyler geniş ve yüksek salonlarda dolaylı ve dolaysız sesler arasındaki gecikme zaman farkını en aza indirmek işini üstlenirler. Tavan panelleri ile ilgili olarak, kaynaktan gelen dolaysız ses ile tavandan gelen yansıyan ses arasındaki zaman farkına dikkat edilmelidir. Uzun zaman farkıyla gelen yansımalar dinleyici tarafından yankı olarak algılanabilir (Ergin, 2014: s.62).

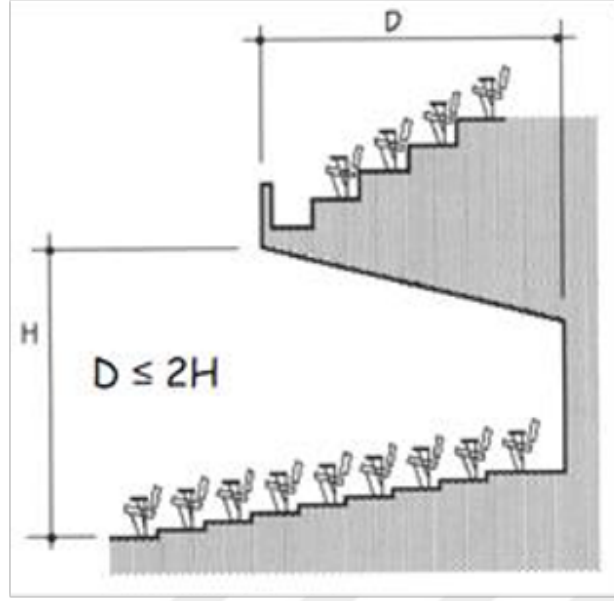
Sesi, dinleyici alanının arka kısmına iletmek veya tüm salona yayılımını sağlamak için tavan tasarımında da dikkatli olunmalıdır. Tavan, resim 29’da görüldüğü gibi birçok parçadan oluşan panellerden oluşabilir ve bu şekilde sesi farklı oturma alanlarına yansıtmak için her açıda ve boyutta kullanılabilir. Örneğin sahneye yakın paneller, yakında bulunan izleyicilere sesi yansıtırken uzaktaki paneller de uzaktaki koltuklara sesi yansıtır. Tavan yüksekliğinin çok fazla olması hacmi artırır ve bu yüzden istenmeyen geç yansımalar oluşur. Tavan tasarımının dinleyici zemiyle paralel yapılması ise 2.5. bölümde belirtilen akustik kusurlardan biri olan yankıya sebep olabilir (Gürkan, 2013: s.72).



Resim 29: Kademeli olarak tasarlanmış düz tavan ve parça parça panellerden oluşturulmuş tavan tasarımı (Ergin, 2014: s.61).

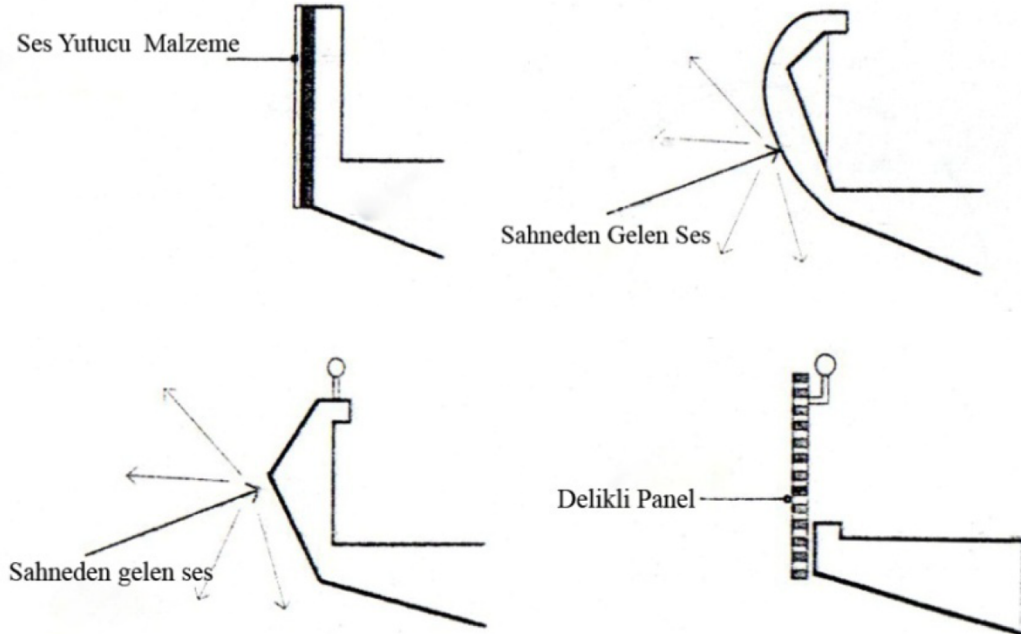
2.3.7. Balkon

Performans mekânlarında dikkat edilmesi gereken diğer nokta da balkon tasarımıdır. Balkon altında kalan dinleyiciler görsel ve işitsel olarak dezavantajlı durumdadırlar ve koltuk fiyatları bu durumu destekler niteliktedir. Balkon altlarındaki dinleyici alanlarında yer alan kişiler, genellikle sesle sarmalanmış hissi duymazlar. Balkon altında ve balkonda arka kısımlarda oturan dinleyiciler yeterli düzeyde yansımış sesi alamayabilir veya balkon altında 2.5'inci bölümde de belirtildiği gibi bir kusur olan akustik gölge oluşabilir. Bu sorunu önlemek için resim 30'da ifade edildiği gibi derinliği yüksekliğinin iki katını aşan balkon altı tasarımından kaçınılmalıdır (Everest and Pohlmann, 2000: s.389)



Resim 30: Balkon tasarımında dikkat edilmesi gereken $D \leq 2H$ kriteri
(Ergin, 2014: s.60)

Bununla birlikte balkon parapetinin, resim 31'deki gibi ses kalitesini etkileyebilecek yansımaları önlemek için tasarlanmış olmasına dikkat edilmelidir (Everest and Pohlmann, 2000: s.389).



Resim 31: Farklı tasarlanmış balkon parapetine çarpan sesin davranışı
(İlisulu, 2010: s.54)

Eğer ki salon formu yelpaze, at nalı gibi içbükey barındıran bir geometrideyse salon kurgusuna göre balkon parapeti içbükey formda kullanılmamalıdır. Aksi durumda 2.5'inci bölümde de ifade edildiği üzere bir akustik kusur olan ses odaklanmalarına neden olacaktır ve ön kısımda oturan dinleyicileri rahatsız edecektir. Tasarım aşamasında balkon ön korkuluğunun iç bükey formunu bozmak ya da emici bir malzeme ile kaplamak bu kusuru önleyebilir (Bayramoğlu, 2017: s.52).

2.4. SES- MALZEME İLİŞKİSİ

İyi ya da mükemmel akustiğe sahip olduğu düşünülen bazı salonların en büyük ortak özelliklerinin başında, kullanılan malzemenin geldiği görülmektedir (Vural, 2009: s.9). Akustik düzenlemelerin gerçekleştirilmesi için ses kontrolünün yapılacağı mekânlarda ses yansıtıcı ve yutucu paneller kullanılırken nicelik ve amaç düşünülmelidir. Aksi takdirde ideal akustik oluşturmak istenirken akustik kusurlara yol açılabilir. Bir konser salonunun duvarlarında yutucu kullanmak, istenmeyen yansımaları giderilmesine yardımcı olurken malzemelerin gereğinden fazla kullanılmasının hacimdeki ses düzeyini çok düşürebileceğine dikkat edilmelidir (Özkartal, 2011: s.53).

Ses, malzeme ile üç şekilde ilişkilidir. Ses, malzemeye ulaştığında ya malzeme tarafından yutulur ya bünyesinden geçerek ilerler ya da malzemeden yansıyarak geri döner (Çelik, 1998: s.3).

2.4.1. Ses Yutucu Malzemeler

Bir malzemenin ses yutuculuk etkinliği, gelen ses enerjisinin oranını ifade eder. Ses yutuculuk katsayısı “a” ya da “ α ” ile ifade edilir. Bir yüzeyin ses yutuculuk katsayısı o yüzeye gelen ses enerjisinin yutulma oranıdır. Yapı malzemelerin ses yutuculukları 0,01-0,99 arasında değişir. 0.20'den daha büyük ses yutuculuk katsayısına sahip malzemeler “ses yutucu malzeme” olarak tanımlanır (Erol, 2006: s.59).

Günümüzde ses yutucu malzemeler, gözenekli malzemeler ve titreşen levhalar şeklinde gruplanmaktadır. Başta reverberasyon süresi kontrolü olmak üzere ses yutucu

malzemeler, hacimlerde gürültü azaltımı ve yankı kontrolünde kullanılırlar (Sütlüoğlu, 2007: s.36). Bir malzemenin yutma katsayısı, çarpan ses dalgasının geliş açısına ve sesin frekansına bağlıdır. Bir hacmin toplam yutuculuğu, $a = \sum S\alpha$ ile bulunabilir (Erol, 2006: s.59).

Formülde,

A= Toplam hacim yutuculuğu

S= Yüzey Alanı, m²

α = Verilen frekanstaki ses yutuculuk katsayısı (boyutsuz)

Bir yüzeyin ses yutuculuğu, sahip olduğu ses yutuculuk katsayısının yüzey alanıyla çarpımı sonucu elde edilir ve sabın adı verilen birim ile ölçülür. 1 sabın, $\alpha=1$ yutuculuk değerine sahip 1m² alanı ifade eder (Yılmaz Demirkale, 2007: s.126).

Malzeme	125 Hz	500 Hz	2000 Hz	Ortalama (NRC)
Mermer, seramik, pürüzsüz sıva	0,02	0,03	0,05	0,03
Pürüzlü Sıva	0,01	0,04	0,08	0,04
Linolyum	0,02	0,03	0,04	0,03
Yün Halı	0,04	0,10	0,36	0,17
Sentetik Halı	0,03	0,07	0,29	0,13
Parke (Cilalanmış ahşap yüzey)	0,03	0,06	0,10	0,06
Akustik Panel (5cm hava boşluklu 30 cm kalınlığında)	0,21	0,19	0,06	0,15
Akustik Panel (Hava boşluksuz)	0,42	0,22	0,06	0,23
MDF (13mm) Akustik kumaş kaplı	0,11	0,22	0,30	0,21
MDF (5 cm hava boşluklu)	0,30	0,25	0,30	0,28
İnce Perde	0,08	0,17	0,40	0,22
Kalın Perde	0,25	0,50	0,60	0,45
İnsan	0,19	0,47	0,52	0,39
Sıvalı ve boyalı yüzeyler	0,02	0,02	0,04	0,03
Cam takılmış pencere	0,30	0,15	0,06	0,17
Dekorlu sahne	0,20	0,30	0,30	0,27

Sinema perdesi	0,30	0,40	0,40	0,37
Alçı paneller (boşluksuz)	0,50	0,45	0,55	0,50
Alçı paneller (boşluklu)	0,35	0,60	0,70	0,55
İnsan oturan yumuşak koltuk	0,25	0,40	0,45	0,37
Seyircisiz/ Dinleyicisiz yumuşak koltuk	0,15	0,20	0,30	0,22
Deri kaplı koltuk	0,80	0,12	0,10	0,34
Kontraplak	0,20	0,30	0,40	0,30
Delikli akustik alçıpanel malzeme	0,60	0,70	0,80	0,70
Taşıyünü delikli yutucu malzeme (5 cm boşluk-5 cm kalınlık)	0,90	0,94	0,98	0,94
Hava	0,60	0,40	0,40	0,47

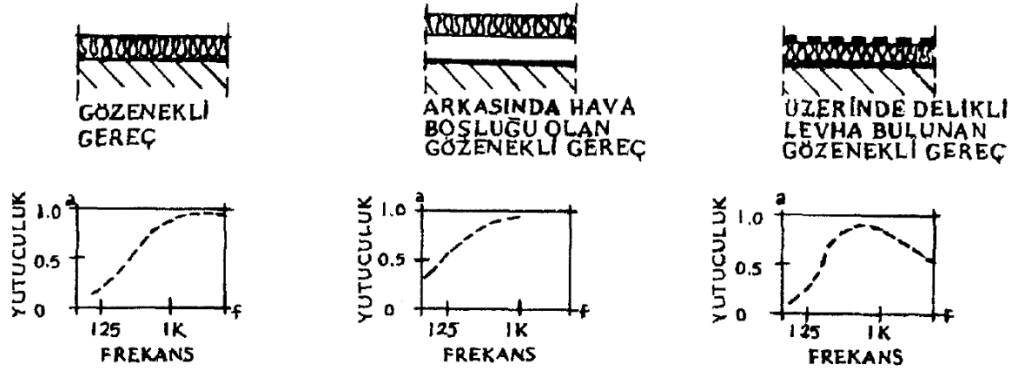
Tablo 7: Çeşitli malzemelerin farklı frekanslarda yutuculuk katsayıları

(Yılmaz Demirkale, İYEM SES A Seminer Notları, 2007)

Ses yutucu malzemeler beş şekilde sınıflandırılmaktadır: Gözenekli malzemeler, Panel Yutucular, Helmholtz Rezonatörleri, Değişken Yutucular, Akustik Süngerler

2.4.1.1.Gözenekli Malzemeler

Gözenekli malzemelerin çalışma prensibi, bünyesinde bulundurduğu değişik lif tiplerine göre içinde bulunan hava parçacıklarının sürtünmesi sayesinde enerji kaybı sağlamak üzerinedir. Buradaki prensip ses enerjisinin ısı enerjisine çevrilmesidir. Bunun için de en önemli kıstas, söz konusu gözenekli maddenin yeteri kadar gözenekli olmasıdır (Yaşar, 2021: s.22). Gözenekli malzemenin kalınlığı artarsa ve arkasında hava boşluğu bırakılırsa, bas ses yutuculuğunda artış görülür. Resim 32’de görüldüğü gibi yutuculuktaki artış 500 Hz’e kadar doğru oranda artarken, daha yüksek frekanslarda orantı bozulur ve fayda sağlamaz.



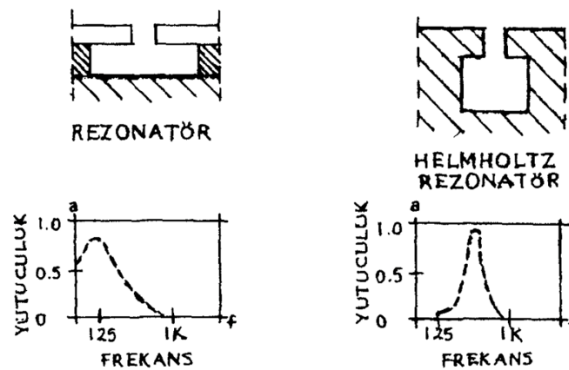
Resim 32: Gözenekli malzemelerin ses yutuculukları (Çelik, 1998: s.4)

2.4.1.2. Panel Yutucular

Bu malzeme, hava boşluğu üzerinde bulunan ve içinde lifli malzeme barındıran katı bir zarın, bir kontrplak ya da sunta kaplamasından oluşur. Aralarında hava boşluğu kalacak mesafe bırakılarak monte edilen bu malzemeler, bir yutucu panel şeklinde davranarak ses dalgalarının çarpmasıyla titreşir. Titreşen panel, ses enerjisinin bir kısmına ısı enerjisine çevirerek sönümler. Bu tip paneller, düşük frekanslar için verimlidir (Yılmaz Demirkale, 2007: s.476).

2.4.1.3. Helmholtz Rezonatörleri

Sert duvarlar, kapalı gövdeleri içinde hava boşluğu bulundurur ve boyun adı verilen dar bir açıklık ile çevresini saran boşluğa bağlanan ve içinde ses dalgalarının ilerlediği ses yutucu çeşididir. Bireysel Boşluk Rezanatörleri, Delikli Panel Rezanatörleri ve Yarık rezonatörler olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır.



Resim 33: Rezonatörlerin karakteristik ses yutuculukları (Çelik,1998: s.8)

Bireysel boşluk rezonatörler, düşük frekansta en yüksek ses yutuculuğuna sahiptir. Frekans arttıkça yutuculuk değeri düşmektedir (Erol, 2006: s.83).

Delikli Panel rezonatörlerde delikler daha çok dairesel formda olup rezonatörün çevresindeki tüm delikler arkasında hava boşluğu meydana getirir. Delikli panel rezonatörleri, tek delikli rezonatörler gibi seçici yutuculuk sağlamaz (Yaşar, 2021: s.25).

Yarık rezonatörler ise genellikle dekoratif amaçlı kullanılır. Bu uygulama nispeten en dar kesite sahiptir ve belli bir hava boşluğu olan yüzey kullanımında tercih edilmektedir (Yılmaz Demirkale, 2007: s.477).

2.4.1.4. Değişken Yutucular

Pek çok amaç için yapılmış olan performans mekânları, kullanım amacına göre farklı reverberasyon süresi gerektirir. Müzik için önerilen reverberasyon süresi, konuşma için önerilene göre belirgin olarak uzundur. Düşük frekanslı sesi emen şilteler, konuşmacının sesinin anlaşılabilirliği açısından önemlidir. Kayan, hareketli, döner paneller, akustik paravanlar kullanılarak bir mekân içinde hem yutucu hem de yansıtıcı yüzeyler oluşturmak mümkün olmaktadır (Yılmaz Demirkale, 2007: s.482).

2.4.1.5. Akustik Süngerler

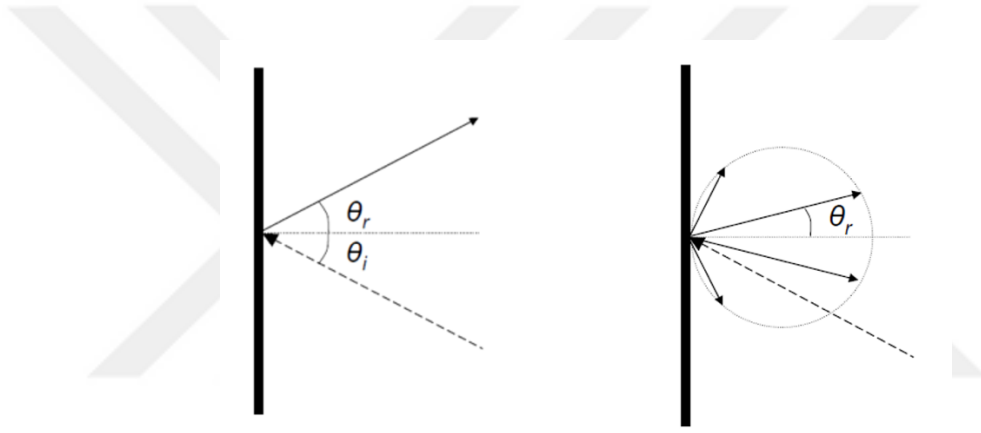
Akustik süngerler, 2.5'inci bölümde ifade edilen bir akustik kusur olan yankıyı minimum düzeye indirmek için kullanılmaktadır. Akustik süngerlerin daha çok nem problemi olmayan hacimlerden olan stüdyo, ofis, gece kulüpleri gibi mekânlarda kullanılmaktadır (Yaşar, 2021: s.27).

2.4.2. Ses Yansıtıcı Malzemeler

Hacim içinde bulunan sesin malzemeye çarparak ne kadar yansıtacağı malzemenin yutuculuk katsayısı ile alakalıdır. Yapı malzemesinin ses yutuculuk katsayısı 0.20'den küçükse o malzeme için ses yansıtıcı yorumu yapılmaktadır. Her

malzemenin yutuculuk değeri farklıdır. Yüzeyi pürüzsüz malzemeye çarpan ses yansırken yüzeyi pürüzlü malzemelerde yansıma olayı nispeten az olur. Hacimde, 2.5. bölümde açıklanan akustik kusurların olmaması ve istenilen sesin kaliteli bir şekilde yansiyarak alıcıya ulaşması için akustik parametreler dikkate alınarak ses yansıtıcı malzemelerin kullanılması gerekmektedir (Yaşar, 2021: s.28).

Sesin yansıması ışığın yansımasına benzetilmektedir. Ses iki şekilde, düzgün ve yayınık olarak yansır. Yansıtıcı yüzeyin girintileri, çıkıntıları ya da pürüzleri yüzeye gelen ses ışınının dalga boyundan küçükse resim 34'te görüldüğü gibi düzgün yansıma; dalga boyundan büyükse yayınık yansıma olur.

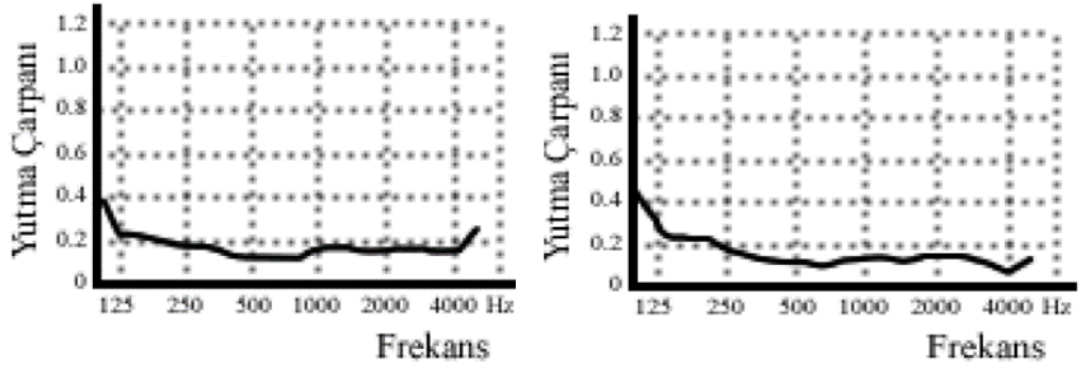


Resim 34: Solda, düzgün yansıma; sağda yayınık yansıma (Pektaş, 2014: s.3-4)

Ses yansıtıcı malzemeler üç grupta sınıflandırılmaktadır: Elyaf malzemeler, gözenekli malzemeler ve diğer malzemeler (Erol, 2006: s.89):

2.4.2.1.Elyaf Malzemeler

Mineral ya da ahşap liflerin bağlayıcı bir gerecin ilavesiyle levhalar şeklinde sıkıştırılması ile elde edilen sert lif levhalar bu malzemelere bir örnektir. Yüksek derecede sıkıştırılmış bu gereçlerin gözeneklilik özelliği azdır bu yüzden Resim 35'te görüldüğü üzere orta frekanslarda düşük yutma katsayısına sahiptirler. 1 cm'den kalın levhaların herhangi bir etkisi yoktur (Erol, 2006: s.88). MDF, duralit olarak isimlendirilen malzemeler lif levhalara örnektir.



Resim 35: Solda Deliksiz, pürüzsüz, sade düz yüzeyli mineral lif levha; sağda hafif pürüzlü, sıva benzeri yüzeyli, mineral lif levha (Erol, 2006: s.88)

Lifli yansıtıcı malzeme olan ahşap akustik paneller, çok amaçlı salonlarda ve konser salonlarında, insanların çok olduğu mekânlar için ideal bir seçimdi iki şekilde üretimi bulunur: Ahşap yünü denilen akustik plakalar ve delikli ahşap mdf paneller. İhtiyaç duyulan ses yalıtımı ve hacim akustiğine göre panellerin kalınlıkları ve liflerin sıklığı belirlenir. Ahşap mdf panellerin üzerindeki delik sayısı ve delik çapına göre akustik değerleri farklılık gösterir. Genellikle tek başına kullanılmazlar; taş yünü ile birlikte kombine edilerek duvar ya da tavanda kullanılır. Montajlarının yapılabilmesi için özel işçilik ve akustik projelendirme gerektirir (Yaşar, 2021: s.29).

2.4.2.2. Gözenekli Malzemeler

Gözenekli malzemelerden portland çimentosu, mekân içinde eğri yüzeylerin oluşturulması amacıyla kullanılabilir. Yutuculuk katsayısı düşük olup yansıtıcı bir malzemedir (Erol, 2006: s.89).

Bir diğer gözenekli malzeme olan alçı döküm tavanlarda ise levhalar büyük boyutlarda olduğunda ses dalgalarının levhayı titreştirmesi zorlaşır ve sonuçta yutuculuk az olur. Bu nedenle alçı döküm tavanlar yansıtıcı özellik taşımaktadır (Erol, 2006: s.89).

2.4.2.3. Diğer Malzemeler

Pleksiglas, renkli ve renksiz olmak üzere plastik esaslı bir malzemedir. Pleksiglastan oluşturulmuş levhalar, titreşen levha özelliği gösterirler. Cama göre de daha dayanıklı ve daha hafiftir. Pleksiglas ile oluşturulan levhalar titreşim özelliğine sahip olduğu için Resim 36’da tavanda asılı görülen üç pleksiglas disk hem ses yansıtıcı malzeme olarak hem de ışık geçirme özelliği de olduğundan aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır (Yaşar, 2021: s.30).



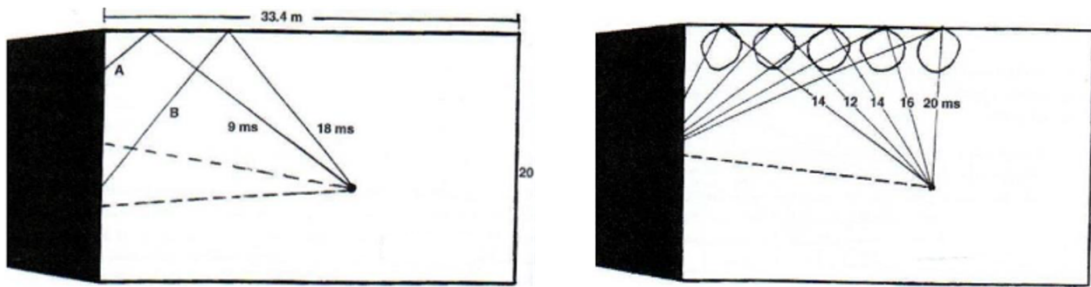
Resim 36: Andermatt Concert Hall (URL-19 Erişim tarihi: 30.01.20223). Kavisli, asılı duran, yüzen bulutlar şeklinde üç pleksiglas disk hem akustik kaygı hem de estetik görünüş için tasarlanmıştır. Ek olarak geceleri, performans olmasa bile kamusal bölgeyi canlandırmak için hafifçe aydınlatılmaktadır (URL-20 Erişim tarihi: 30.01.2023).

Polivinil klorür ya da bilinen adıyla PVC, değişik dolgu maddeleri ve pigmentler kullanılarak yapılan, düzgün yüzeyli kare, dikdörtgen veya levha biçiminde, genellikle bina döşemelerinde kullanılan bir yapı malzemesidir. Gözenekli bir yüzeye sahip

olmayan bu madde ile tasarlanan levhalar, hacim içinde uygulanma şekline ve biçimine göre yansıtıcı eleman olarak kullanılmaktadır (Erol, 2006: s.89).

2.4.3. Ses Saçıcı ve Dağıtıcılar

Bir performans mekânında erken ses dinleyiciye parlak gelmediğinde, reverberant ses ise hacmin birçok yerinden geldiğinde, dinleyiciye daha iyi gelmektedir. En iyi konser salonlarının çoğu, tavanda süslemelere, kirişli veya kavisli yüzeylere; üst yan duvarlarda sütunlara, nişlere, düzensiz dekorlara ve heykellere sahiptir. Bu düzensizlikler ve süslemeler sesi dağıtıp müziğe yumuşak bir ton vermektedir. Eğer dikdörtgen biçimli, düz ve pürüzsüz yan duvarları olan bir performans mekânında müzik dinleniyorsa ses, kırılğan, sert, optik parlamaya benzeyen “frekansta renklenme” olarak tabir edilen bir hal alır. Böylesi bir sesle New York Philharmonic Davin Geffen Hall’de karşılaşılmıştır çünkü erken yanal yansımalar sıvalı, pürüzsüz yan duvarlardan gelmektedir. Optik parlama için yapılan yorumlar, kemanın ince frekanslarının bu duruma katkısı olduğu yönünde olmuştur. Söz konusu parlama etkisini azaltmak için, sıvalı pürüzsüz yan duvar yüzeylerinin, derinliği 2,5–5 cm olan kabartma ve düzgün olmayan yüzeylere dönüştürülmesi gerekir. Saçılmanın yan duvarlardaki düzgün olmayan yüzeylerde sağlanan bir avantajı ise resim 37’de görülmektedir. Resimde ses dağıtıcı eklenen bir duvarın, ilk yansımaları her bir enstrüman için farklı bir yere iletmektense, yan duvarların karşısındaki geniş bir alana dağıttığı görülmektedir (Beranek, 2004: s.521).



Resim 37: İlk resimde düz duvarda sesin dağılımı, ikinci resimde saçıcı duvarda sesin dağılımı görülmektedir (Beranek, 2004: s.522).

Resim 37’de ilk görselden, pürüzsüz yan duvarları olan bir salonda A sesinin yan duvara yakın bir noktadaki dinleyici tarafından, B sesinin de yan duvara uzak bir

noktadaki dinleyici tarafından algılandığı görülmektedir. İkinci görselde saçıcılarda donatılmış yan duvarlardan dolayı kaynaktan gelen ses, duvar boyunca bütün noktalardan yansıyarak dinleyiciye ulaşacaktır. Dağılan bu yansımalar sayesinde dinleyici, sesi farklı bir noktadan değil, yan duvarın tamamından yansıyormuş gibi algılayacaktır (Beranek, 2004: s.521).

Dalgalı ve zikzak yüzeyler, sesin yansıması amacıyla odaklanmanın ya da dağılmış bir yansımanın oluşturulmasında etkili olan formlardır. Dairesel formlarda oluşturulan yüzeyler, yansıyan sesleri dağıtmayı önleyerek fısıldayan galeri gibi akustik hatalara sebep olmaktadır. Dalgalı yüzeylerde irili ufaklı çıkıntılar ve yivler⁶ oluşturularak akustik sorunlar kısmen azaltılmış olur ve bu şekilde ideal olan akustiğe erişilebilir (Erol, 2006: s.90).

Haan ve Fricke, 1993 yılında salonlardaki düzgün olmayan yüzeylerin akustik kalite sınıflandırması için bir yöntem ve prosedür hazırlamıştır. Yüzeyin Ses Dağıtma İndeksi (SDI) olarak adlandırılan bu yöntem, bir performans salonundaki yan duvarlar ve tavandaki mimari düzensizlikleri derecelendiren yüzey yayılma indeksidir. Beranek'in araştırdığı elli sekiz konser salonunun akustik ölçüm çalışmasında en yüksek puan alan salonların, tavan ve yan duvarlarında birçok düzensizliği olduğu görülmüştür (Örün, 2011: s.156). Bu yöntem ve prosedür, Beranek tarafından konser salonu derecelendirmesi için uyarlanmıştır. Bu dereceler yüksek dağıtıcılık (katsayısı 1), orta dağıtıcılık (katsayısı 0,5) ve düşük dağıtıcılık (katsayısı 0) olarak belirlenmiştir. Yüksek derecede dağıtıcılık için 2.1. bölümde açıklanan Dağıtım parametresinde de belirtildiği gibi, nişlerden, heykellerden oluşmuş yüzeyler, süslemeli tavanlar tasarlanmalı ya da 10 cm'den büyük derinliklerde boşluk veya kirişler uygulanmalıdır. Fakat bu tasarım yapılırken gelen ses dalgalarını da engellemek için kiriş ve boşluklar 25 cm'den küçük olmalıdır. Havalandırma maksatlı tesisat boruları hariç hiçbir yüzeyde ses yutuculuk olmamalıdır. Orta dereceli dağıtıcılık için yan duvarlarda ve tavanda düzgün olmayan yüzeyler, çeşitli derinliklerde olmalıdır. Bunun için yan duvarların üst kısımlarında 5cm'den büyük olmayan yani sığ yüzeysel boşluk uygulaması, dekoratif bir uygulamadır. Düşük

⁶ Yiv: İnce, oyuk yol. Antik mimarlıkta sütun gövdesi üzerinde açılmış yarım daire kesitli düşey oluklardan her biri (Hasol, 2022: s.510).

dereceli dağıtıcılık için ise düz, geniş, parlak ve pürüzsüz yüzeyli malzemelerle tasarım yapılmalıdır. Kullanılacak bölücü paneller, eğimli yüzeyler ya da yutuculuğu yüksek malzemelerle, düşük dereceli dağıtıcılık elde edilebilmektedir (Pektaş, 2014: s.13).

Resim 8’de Het Concergebouw Main Hall’de tavan, orta bölümde duvarla birleşim yerlerinde derin yarı dairesel nişlerle süslenmiş olduğu görülmektedir. Bu nişler, geniş frekans aralığında dağıtıcılık sağlamaktadır (Özçevik ve Yüksel Can, Hacim Akustiği Kuramı I Ders Notu, 2011-2012: s.21).

Yeterli genişlikte, dışbükey sert yüzeyli yapı elemanları ses dağıtıcı olarak etkili olabilirler. Dışbükey yüzeyden yansıyan ses enerjileri birbirlerinden uzaklaşarak ses dağılımını artırır. Bu da müzik amaçlı performans mekânlarında istenen bir durumdur (Pektaş, 2014: s.38). Resim 15’te Berliner Philharmoniker Hall’de görülen yüzen bulut uygulaması, müzisyenlere yakın koltuklara yüksek frekans desteği sağlarken salonun arka kısımlarında da yararlı yansımalar oluşturmaktadır. Oturma alanlarının teraslara bölünmesi ve her bölümü yakın bir yan duvarla ayrılmış olması dinleyici tarafından “sesin her yerden eşit geliyormuş hissi” olarak tarif edilen “yanal enerji oranı” parametresine olumlu katkı sağlamaktadır (Özçevik ve Yüksel Can, Hacim Akustiği Kuramı I Ders Notu, 2011-2012: s.21).

2.5. HACİM AKUSTİĞİNDE MEKÂNA BAĞLI KUSURLAR

Hacim içerisinde tasarımdan kaynaklı akustik konforu olumsuz yönde etkileyen birtakım kusurlar olabilir. Hacmin büyüklüğü, hangi amaca hizmet edeceği veya elektro akustik tasarım mı yoksa doğal akustik tasarım mı yapılacağı fark etmeksizin hacmin akustik kusurlardan arındırılmış olması, akustik konforun sağlanabilmesi için önemli bir koşuldur. Bu kapsamda incelenecek akustik kusurlar şunlardır:

2.5.1. Yankı

“Bir sesin süresi ne kadar kısa olursa olsun insan kulağındaki etkisi 1/15 sn sürmektedir. Bu bakımdan 1/15 saniyelik süre içinde peş peşe kulağımıza gelen birden

fazla birden fazla çok kısa süreli sesler aynı sesin uzaması gibi işitilmektedir. Çok kısa süreli olmayan sesler için yapılan bazı deneylerde en kısa ses süresi 1/10 sn olarak bulunmuştur. Bu da iki aynı sesin duyulanabilmesi için mesafenin 34 m olması gerektiği demektir.” (Özer, 1979: s.23). Ses yansımasının insanda algılanması üç şekilde gerçekleşmektedir: Bir ses kaynağından direkt kulağa gelen sesle, aynı ses kaynağından yansıtıcı bir yüzeye çarparak yansıyan ve kulağa gelen yani dolaylı sesin geçtikleri yollar arası 22 m’den az ise algılanan ses, ses uzaması (reverberasyon) şeklinde olur. Bu uzaklık 34 m’den fazla ise yankı olarak algılanır. Uzaklık farkı 22 m ve 34 m arasında ise algı, sesin şekline göre ses uzaması veya yankı şeklinde olmaktadır (İlisulu, 2010: s.6). Yankı, genelde büyük hacimli performans mekânlarında, kaynağa yakın yüksek tavan tasarımında veya dinleyici arka duvarından kaynaklanmaktadır.

Yankı oluşuma sebep olan bir başka yapısal unsur, tavan ve yan duvarlardaki yetersiz ses dağıtıcılıktır. Orkestra konseri esnasında orkestra üyeleri ve parterin ön sıralarında oturan dinleyiciler müziğe karşılık salondan bir yanıt beklerler. Eğer reverberasyon süresi çok uzun değilse, tavan ve yan duvarlarda düzensizlik varsa, salon hemen yanıt verecektir. Aksi takdirde yanıt, arka duvardan ya da varsa balkon yüzeylerinden gelecektir. İşitme sistemimiz bunu tıpkı beyaz zemindeki siyah leke gibi algılayacaktır.

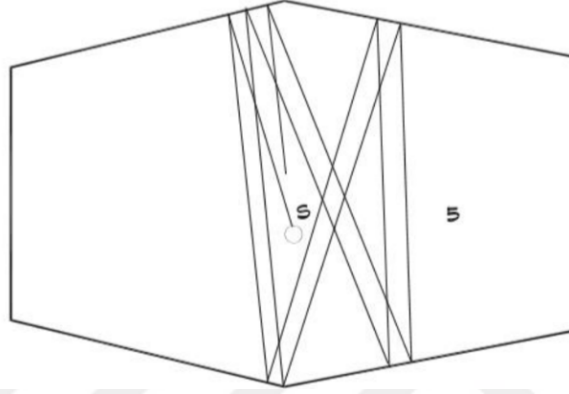
Hacimlerde yankının önlenmesi için, potansiyel yankı mesafesi kısaltılmalı, dinleyicide yankı algısı oluşturabilecek uzak mesafeli yüzeylerde, özellikle salon arka duvarında yutucu malzeme kullanılmalıdır (Kul, 2018: s.30). Üçüncü bir seçenek olarak hacimdeki yansıtıcı yüzey ya da yüzeyler, sesi yankıya neden olmayacak bir doğrultuyla yansıtacak biçimde düzenlenebilir (Bayramoğlu, 2017: s.65).

2.5.2. Vurgusal Yankı

Resim 38’de görüldüğü gibi, birbirine paralel yansıtıcı yüzeylerin varlığı ile, ses düzeyinde sık ya da seyrek tekrarlar olarak algılanan akustik kusur vurgusal yankı

olarak tanımlanır. Vurgusal yankı, kısa süreli sesin peş peşe yankılarıymış gibi işitilir. Bu durumun, örneğin bir tremoloyu⁷ berbat edeceği ön görülebilir.

Vurgusal yankı daha çok dikdörtgen planlı salonlarda karşılaşılabilecek bir kusurdur ve yüzeylerin paralellliğini bozmak veya yüzeyin üzerine dışbükey elemanlar eklemek gibi önlemlerle önlenabilir (Sirel, 1974: s.76).

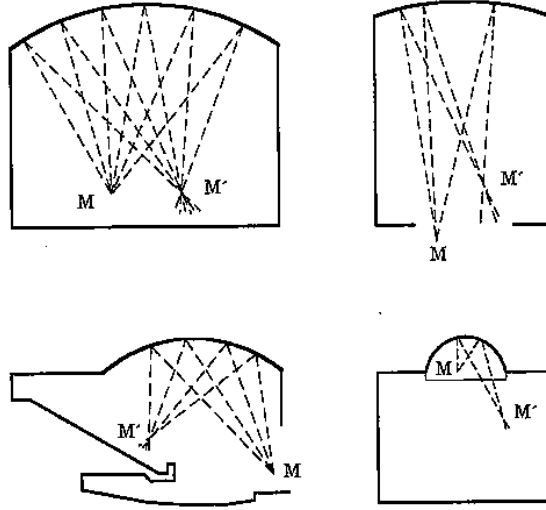


Resim 38: S: Kaynak 5: Vurgusal Yankı: Yalnız dikdörtgen veya altıgen planlı salonlarda, paralel duvarlar varsa görülebilir (Aslantaş, 2020: s.5).

2.5.3. Odaklanma

Kubbemsi, içbükey yüzeyler ses ışınlarının bir noktada ya da çok küçük bir alanda toplanmasına yol açar. Bunun sonucunda bu alanlarda yoğunlaşan ses enerjisi, dinleyici tarafından hacimde ikinci bir kaynak olarak algılanır. Odaklanma adı verilen bu akustik kusur, hacimde ses alanının düzgün yayılmasına ve ses düzeylerinin düzgün dağılımına engel olmaktadır (Türk, 2011: s.33). Resim 39’da görülen odaklanma olayı sesin netliğini ve anlaşılabilirliğini etkileyen bir faktördür.

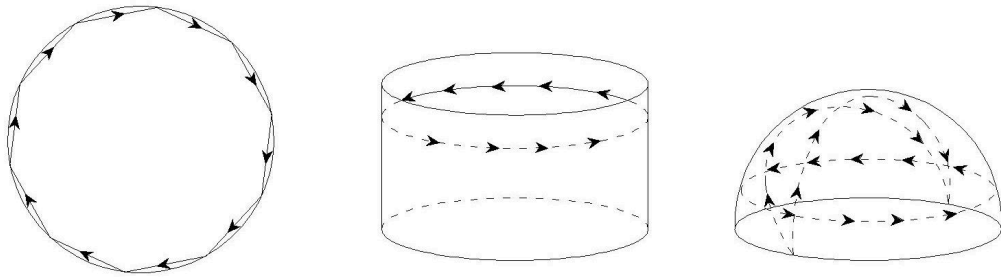
⁷ Tremolo (İt): Bir veya birkaç sesin çok çabuk olarak yinelenmesi; (müzikte) kaygı ve çarpıntı etkisi elde edilmesi. (Çalışır, 2004: s.219)



Resim 39: Kubbemsi, içbükey yüzeylerde görülen odaklanmalar. M: Ses Gücü
(Kul, 2018: s.34)

2.5.4. Uzun Gecikmeli Yansıma (Ses Sürünmesi)

Uzun gecikmeli yansımalar, kubbenin ve diğer eğimli yüzeylerin çevre uzunluğunda dolaşması olarak tanımlanan akustik kusurdur. Sesin özellikle yüksek frekanslarda iç bükey yüzeylerde sürünerek yol alması sonucunda hafif bir sesin çok uzaktan bile algılanmasıdır. Resim 40'ta görüldüğü gibi genelde kubbeli ve iç bükey yüzeylerde görülür (Aktı, 2014: s.74). Örneğin Ayasofya'daki kubbenin altında yapılan bir konuşma 30-40 metre ileriden bile kolaylıkla duyulabilmektedir. Bu durum, camide kendi işlevi için akustik mükemmellik olarak kabul edilse de bir performans mekânında arka plan gürültüsünün artmasına sebep olan, kaçınılması gereken akustik bir kusurdur (Kanat İçöz, 2020: s.70).



Resim 40: Daire, silindir ve küre formunda ses sürünmesi (Kanat İçöz, 2020: s.70)

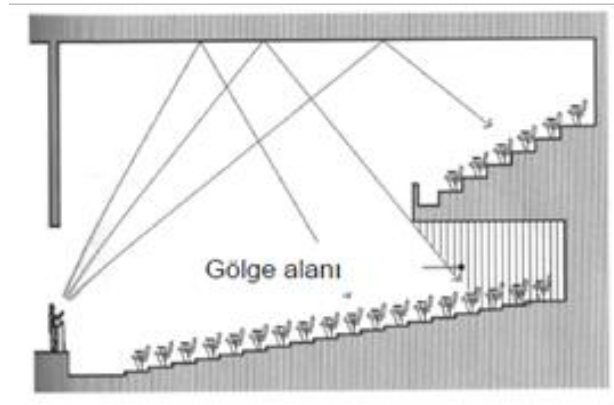
Uzun gecikmeli yansıma, literatürde bazı kaynaklarda “fısıldayan galeri” olarak adlandırılmıştır. Fısıldayan bir galeri, bir oditoryumda heyecanlı ve zararsız bir olay olabilir ancak akustiğe katkısı olan bir faktör de değildir (Aktı, 2014: s.74).

2.5.5. Bozulma (Distorsiyon)

Hacim içindeki yüzeylerin farklı frekanslarda değişken veya aşırı ses yutuculuğu sebebiyle müzikal seslerin kalitesindeki istenmeyen değişikliklerin olmasıdır. Genellikle müzisyenlerin performansı sırasında çaldıkları notaların bastırılmasıyla varlığını gösterir (Budak, 1994: s.29). Tasarımsal olarak akustik yutuculuk aralığı dar olan bir malzeme kullanıldığında bu sorun ortaya çıkar. Yutulan frekans kaybolur, ses kalitesinde fark edilir bir değişiklikle sonuçlanır. Uygulanan akustik malzemelerinin bütün işitilebilir frekans aralığında olmasına dikkat edilirse bu durumdan kaçınılabilir (Aktı, 2014: s.71).

2.5.6. Akustik Gölge

Akustik gölge, yüzeylerin engel oluşturması sonucu yüzey altında kalan alanlara dolaysız sesin veya yararlı yansımaların ulaşımının engellenmesi durumudur. Akustik gölgeye derin balkon altlarında rastlanır (Kul, 2018: s.31). Bölüm 2.3.7’de Balkon tasarımında dikkat edilmesi gereken kriterlerde, akustik gölge kusuru oluşturmamak için neye dikkat edileceği bilgisi verilmişti. Resim 41’de akustik gölge oluşumu görülmektedir.



Resim 41: Taralı alan, akustik gölgeden etkilenen dinleyici alanını ifade etmektedir. (Ergin, 2014: s.60)

2.5.7. Bitişik Hacimler

Eğer aynı bina içinde yer alan bir performans mekânı; merdiven boşluğu, koridor, sahne kulesi gibi geçiş yolları aracılığıyla farklı bir performans mekânına bağlanmışsa iki hacim arasında “bitişik hacimler etkisi” oluşabilir. Performans mekânı içinde yer alan hacimlerden birinin müzik, diğerinin tiyatro işlevli olduğunu varsayalım. Müzik işlevli hacimdeki reverberasyon süresi, tiyatro işlevli hacimdeki reverberasyon süresinden farklı olacaktır ve bu iki hacim arasında hava boşluklarının kesişmesinden dolayı özellikle açık geçişlere yakın yerlerde oturanlar tarafından fark edilir biçimde bitişik hacimler etkisi olacaktır. Bitişik hacimler etkisi, şu yöntemler kullanılarak ortadan kaldırılabilir: İki hacim arasında ses yalıtımı sağlayarak merdiven boşluğu ya da koridor gibi hacimlerin salonda ayırıcı nitelikte tutmak. Veya her iki hacmin reverberasyon süresinin aynı olması sağlamak (Budak, 1994: s.28).

2.5.8. Maskeleme

Maskeleme, iki sestten birinin diğerinin duyulmasını engellemesi olayıdır. Maskeleme olayında, maskeleyen ve maskelenen seslerin şiddetleri ve frekansları ile reverberasyon süresi etkilidir. Reverberasyon süresi uzun olan hacimlerde seslerin birbirini maskelemesi kusuruna daha sık rastlanır. Hacimdeki arka plan gürültüsü, başka kaynaklardan çıkan ses ya da gürültüler esas ses kaynağını maskeleyebilir (Türk, 2011: s.32).

2.5.9. Gürültü

Gürültü aynı zamanda 2.1. bölümde belirtilen ve Beranek’in belirlemiş olduğu 18 öznel parametreden biri olan gürültüden bağımsızlık parametresi ile aynı hedefi amaçlamaktadır. Bir performans mekânının gürültü düzeyi, içinde izleyici yokken ve performans olmadan ölçülmelidir. Gürültü kontrolüne yönelik alınacak önlemler şunlar olabilir: Havalandırma cihazlarını performans binasının olduğu yerden farklı bir binada konuşlandırmak; bu yapılamıyorsa ve havalandırmanın parterin altında olması gerekliyse ses yalıtımı ile önlem almak buna ek olarak akustik yalıtım

malzemeleri ile yalıtılmış kanalların gürültü ve titreşimin ilerlemesini önleyici şekilde donatılmasını sağlamak (Budak, 1994: s.35).

NCB, Beranek tarafından geliştirilmiş bir metot olup bir hacmin gürültüsünü belirlemek ve değerlendirmek için kullanılır. Ancak NCB'nin belirlenmesi için yapılan ses basınç düzey ölçümleri, dinleyicilerin yerleşmiş olduğu dolu bir mekânda yapılır. Tablo 8'de farklı mekânlarda uygun görülen dB değerleri görülmektedir (Yılmaz Demirkale, 2007: s.226).

Mekân Tipi	NCB	dB
Haber ve kayıt stüdyoları (Uzak mesafeli mikrofon kullanılan)	10	18
Konser salonları, opera evleri, resital salonları	10-15	18-23
Büyük tiyatrolar, kiliseler, oditoryumlar	<20	<28
Küçük tiyatrolar, oditoryumlar, kilise, müzik ve gösteri salonları Büyük toplantı ve konferans salonları	<30	<38
Sınıflar, kütüphaneler, küçük ofisler, konferans salonları, konutlarda oturma odaları	30-40	38-48
Büyük ofisler, resepsiyonlar, satış dükkanları, kafeterya ve restoranlar	35-45	43-53
Konuşmanın gerekli olmadığı çalışma mekânları örneğin kütüphane	55-70	63-78

Tablo 8: Farklı amaçlara yönelik performans mekânlarında uygun görülen NCB ve dB değerleri (Yılmaz Demirkale, 2007: s.226)

2.5.10. Diğer Akustik Kusurlar

Rezonans, kaynaktan çıkan sesin farklı frekanslarda gösterdiği aşırı tepkiye verilen addır (Erol, 2006: s.56). Küçük hacimlerde veya birbirine paralel yansıtıcı yüzeyler nedeniyle meydana gelir. Yankı ile benzerlik gösterir fakat farkı tüm seslerin tekrar duyulması değil düşük frekanslı seslerin tekrarlanması olarak da ortaya çıkabilmesidir. Bu problem, düşük frekanslı emen yüzeyler tercih edilerek çözülebilmektedir (Kanat İçöz, 2020: s.72).

Düzgün yayılmamışlık, mekânsal, zamansal ve spektral olarak ses alanının noktadan noktaya fark göstermesi kusurudur.

Kaynak yerinin algılanmasında hata ise dolaysız sesin kaynağın görsel olarak konumlandığı alan haricindeki bölgelerden gelen yansımalarla beslenmesi olarak tanımlanmaktadır (Kul, 2018: s.31).



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. İZMİT'TE BULUNAN ÜÇ PERFORMANS MEKÂNININ AKUSTİK KONFOR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. REVERBERASYON SÜRESİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Akustik konfor incelemesi yapılacak mekânlar için teorik, geometrik ve deneysel olmak üzere üç ayrı nesnel değerlendirme yöntemi vardır.

Hacmin akustik özelliklerini belirlemede ilk olarak kullanılan teorik yöntem, reverberasyon süresinin hesabıdır. Reverberasyon süresi hesabında kullanılabilecek pek çok eşitlik vardır. Tezin bu bölümünde, literatür taramasında en sık yer verilmiş olan eşitlikler Sabine, Norris- Eyring, Millington- Sette ve Stephens & Bate başlıkları altında açıklanmıştır. Bu eşitlikler dışında, farklı olarak kullanılan Hopkins-Striker ve Fitzroy yöntemleri de bulunmaktadır ancak hacim akustiği kapsamında özellikle Sabine eşitliği tercih edilmektedir (Kurtay vd, 2021: s.2072).

Geometrik değerlendirme yöntemi, sesin kapalı bir hacimdeki davranışlarını, geometrik optikteki ışık ışınlarınınkine benzer düz çizgiler ile açıklayan yöntemdir. Böylece sesin, kaynaktan hacim içine nasıl dağıldığını şemalar üzerinde gösterilebilmesine olanak sağlamaktadır (Toktaş, 2011: s.28).

Deneysel metot ise, değerlendirme yapılacak hacim içerisinde çeşitli ses ölçüm aletleri kullanılarak ölçüm yapılması yöntemidir (Toktaş, 2011: s.20). Günümüzde bu yöntem ile çalışan ve sıklıkla kullanılan dijital akustik modelleme yazılımları vardır. Yapılan literatür taramasında akustik alanında çalışanlar tarafından tercih edilen yazılımların, Ecotect, Ease Focus, INSUL, DIRAC ve ODEON olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu yazılımları edinmek, maliyetlidir. Geometrik yöntemin hassas sonuçlar vermesi bir avantajdır ancak hacim karmaşık bir geometriye sahipse hatalar

oluşabilir (Türk, 2011: s.77). Bu gerekçelerden dolayı bu çalışma için tercih edilen yöntem teorik yöntem olmuştur.

3.1.1. Sabine

Reverberasyon süresini hesaplamak için en geleneksel olan yöntem Sabine Yöntemidir. 19.yüzyıl'ın sonlarında Wallace Clement Sabine'in yaptığı deneylerle reverberasyon parametresi akustik literatürüne girmiştir (Toktaş, 2011: s.17).

Sabine, bu deneyler ile emiciliğin reverberasyon üzerinde yarattığı etkiyi ölçmeyi amaçlamıştır. Sabine, Cambridge, Massachusetts'teki Hunt Hall'da yaptığı deneyleri için taşınabilir bir org ve orgun borularından çıkan sesin süresini hesaplayabileceği bir kronometre kullanmıştır. Orgdan ürettiği sesin reverberasyonunu, ses kesildikten sonra duyulamayacak noktaya gelene kadar takip etmiş ve kronometre ile aradan geçen süreyi hesaplamıştır. Hesaplamaları esnasında hacim yüzeylerine birbirleri ile orantılı olacak şekilde minder ekleyip çıkartarak hacmin yutuculuğunu yeniden düzenlemiştir (Vergili, 2008: s.9). Bu deneyin sonucunda, elde edilen formül ise şu şekildedir (Öztan, 2016: s.5):

$$RT_{\text{Sabine}} = 0,161 \cdot V/A$$

Formülde,

RT = Reverberasyon süresi (sn)

V = Hacim (m³)

A = Hacmin yutuculuğu (m², sabin)

0,161 = Ampirik sabit (sn/m)

Sonuç olarak Sabine formülü yutuculuğun az, yansıma sayısının fazla olduğu durumlarda yani ortalama soğurma katsayısının 0,2'den az olduğu canlı olarak nitelendirilen salonlarda kullanılmalıdır (Everest and Pohlmann, 2009: s.157).

3.1.2. Norris- Eyring

Carl Eyring, düşük reverberasyon süresine sahip yani ortalama yutuculuk katsayısının 0,2 değerinden büyük olduğu ortamlarda uygulanabilecek farklı bir reverberasyon süresi yaklaşımının gerekliliği üzerinde durmuştur. Norris ve Eyring tarafından geliştirilen Norris-Eyring formülü şu şekildedir (Kurtay vd, 2021: s.2071):

$$RT = 0,161 \frac{V}{-S \ln (1 - \alpha)}$$

Formülde,

RT = Reverberasyon süresi (sn)

V = Hacim (m³)

α = Ortalama ses yutma katsayısı (m/sn)

S = Toplam yüzey alanı (m²)

0,161 = Ampirik sabit (sn/m)

Bu formülde 1- α olarak alınmasının sebebi, her yansıma sonrasında toplam enerji miktarında 1- α kadar bir azalma meydana gelmesindendir. (Bayazıt, 1999: s.15)

Yeni mühendislik hesaplamaları için Norris- Eyring denklemi veya ondan türetilen çeşitli formüller yerine Sabine formülünün kullanılmasını önerir. Bunun iki nedeni, Sabine formülünün basit ve tutarlı olmasındandır. Literatürde daha çok stüdyo kullanımı için Norris- Eyring veya diğer denklemlerin önerildiği görülmektedir (Everest and Pohlmann, 2009: s.157).

3.1.3. Millington- Sette

Reverberasyon süresi hesaplamalarında, alternatif olarak kullanabilecek bir formülde, Millington-Sette formülüdür. G. Millington ve W.J. Sette tarafından geliştirilen bu formül, Norris-Eyring formülünde olduğu gibi kapalı hacimlerdeki ses yutuculuğun 0,2'yi aştığı durumlarda kullanılmaktadır (Kurtay vd, 2021: s.2071):

$$RT = \frac{0,161V}{\sum S_1 \ln (1-\alpha_1)}$$

Formülde,

RT = Reverberasyon süresi (sn)

V = Hacim (m³)

S₁ = Malzeme yüzey alanı (m²)

α₁ = Ortalama ses yutma katsayısı (sn/m)

0,161 = Ampirik sabit (sn/m)

Hacim içinde kullanılan malzemelerden çok küçük bir bölümü dahi olsa ses yutuculuk katsayısının 1 olması durumunda, hesaplanan değerler sonsuza gitmektedir. Sonuçta reverberasyon süresi 0 çıkmaktadır. Bu nedenle hacim akustiği kapsamında, Millington-Sette eşitliği çok sık kullanılan bir formül değildir (Bayazıt, 1999: s.16).

3.1.4. Stephens & Bate

Bu yöntemin kullanımı, öteki yöntemlere göre daha pratiktir ve grafik kullanmayı gerektirmez. Bu pratiklikle beraber yöntemin doğruluk yüzdesi de yüksektir. Stephens & Bate eşitliği şöyledir (Budak, 1994: s. 75-76):

$$RT = r (0.0012 \sqrt[3]{V} + 0.1070)$$

Formülde,

RT = Reverberasyon süresi (sn)

V = Salon hacmi (m³)

r = Konser amaçlı hacimlerde 5, konuşma amaçlı hacimlerde 6 alınacak katsayıdır.

3.2. SALONLARIN SEÇİMİ

TÜİK 2022 verilerine göre Türkiye'nin en yoğun 10. şehri ve özellikle sanayileşme alanında en hızlı gelişen illerinden biri Kocaeli'dir (URL-21 Erişim Tarihi: 24.03.2023). Kocaeli'nin hızlı sanayileşmesindeki en önemli etken ise jeopolitik konumundan kaynaklı çeşitli lojistik avantajının olmasıdır. İstanbul ve Ankara yani Türkiye'nin iki büyük şehri arasında geçiş güzergahında yer alan

Kocaeli’nde kara ve demiryolu ile yapılan taşımacılık özellikle Avrupa ve Ortadoğu’ya yapılmaktayken limanlar ile yapılan deniz taşımacılığı da önemli büyüklüktedir (Demirarslan ve Demirarslan, 2018: s.32). 2021 yıl sonu itibariyle ülkemize gelen gemi sayısının limanlara göre dağılımına bakıldığında Kocaeli limanları %18,66 ile ilk sırada yer almaktadır (URL-22 Erişim tarihi: 01.04.2023). Kocaeli Körfezi’nde toplam 35 liman ve iskele bulunmaktadır (İnanlı ve Yorulmaz, 2021: s.470).

Türkiye imalat sanayi içerisinde Kocaeli’nin yeri %27’lik pay ile ilk sıra olmuştur. Türkiye’nin en büyük firmalarından Tüpraş Petrol Rafineri tesisleri de Kocaeli’ndedir. Yine konumu ve lojistik üstünlüğü nedeniyle Kocaeli, otomotiv sanayinde faaliyet gösteren firmaların tercih ettiği bir bölge olmuştur. Ford, Hyundai, Anadolu-Isuzu; Türk Pirelli, Good Year, Brisa, Bridgestone, Siemens, Bosch gibi firmalar Kocaeli’nde üretim yapmakta ve buradan dünyaya açılmaktadırlar (URL-23 Erişim tarihi 01.04.2023).

Ayrıca ilde, 14 adet organize sanayi bölgesi, 5 adet teknopark ve 2 adet serbest bölge bulunmaktadır (URL-24 Erişim tarihi: 01.04.2023). Özellikle 1950’li yıllardan sonra İzmit ve çevresinde kurulan fabrikalar, bölgenin istihdam olanaklarını artırmış hem kendi kırsal bölgesinden hem de diğer coğrafi bölgelerden göçü tetiklemiştir (Yıldız ve Döker, 2016: s.32).

Askeri alanda ise, Osmanlı devleti öncesinde olduğu gibi İzmit Körfezi’nde sürekli olarak donanma üsleri ve deniz komutanlıkları oluşturulmuştur. Cumhuriyet sonrası ise 1950’li yıllarda donanmada görülen gelişim ve İzmit şehir planlamasında yapılan değişiklikler doğrultusunda komutanlık Gölcük bölgesine nakil olmuştur (Uyaniker, 2021: s.103) ve şehir “Donanma Kenti Gölcük” olarak anılmaya başlanmıştır (URL-25 Erişim Tarihi: 01.04.2022).

Eğitim alanında ise Kocaeli, 3 üniversiteye ev sahipliği yapmaktadır. İzmit ilçesinde Kocaeli Üniversitesi ile Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi; Gebze ilçesinde Gebze Teknik Üniversitesi yer almaktadır.

Kocaeli'nin merkez ilçesi olan İzmit'te 1934 yılında sanayi alanında ilk kâğıt üretim tesisi olan İzmit Kâğıt Fabrikası açılmış, bunu 1944'te ikinci selüloz ve Kâğıt Fabrikası takip etmiştir. SEKA tesisleri 1954, 1957 ve 1959'da genişletilmiştir. 1980 yılından sonra hiçbir yatırım yapılmayan tesis, 1990'lı yıllarda özelleştirme sürecine girmiş ve 2005 yılında faaliyetine tamamen son verilmiştir. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi mülkiyetine geçen SEKA tesislerinde 2005 yılından bu yana "Seka Kent Parkı" isimli bir dönüşüm projesi yürütülmüştür (Oral Aydın ve Çömlekçioğlu Kartal, 2010: s.23). Bu çalışma için incelenmiş olan performans mekânlarından Kocaeli Kongre Merkezi'nin oluşumu, bu dönüşüme bağlıdır. Ayrıca, kentte son yıllarda kurulan alışveriş merkezleri ve ticari sahalar, kentimize bir durak noktası olma özelliğini de kazandırmıştır (Yıldız ve Döker, 2016: s.36).

Bu çalışma kapsamında müzik icra edilen salonlarda, salonun doğal akustik durumunun mimari tasarım özellikleri açısından değerlendirilmesi ve reverberasyon süresinin ortaya konulması hedeflendiğinden salonların seçimi sırasında dikkat edilen ölçütler aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Atmosfer etkilerine ve çevre gürültüsüne tamamen kapalı olarak tasarlanmış mekanlar olmaları.
- Kentte yaşayan ya da kent dışından mekânı kullanmak üzere gelenlerin rahat ulaşım sağlayabileceği konumlarda bulunmaları sebebi ile sık kullanılan ve kentteki diğer salonlara kıyasla daha çok tercih edilen mekanlar olmaları.
- Kent sınırlarındaki çalışma kapsamına giren son 5 yılda yapılan etkinliklerin katılımcı kapasiteleri araştırılarak⁸ ve kent nüfus yoğunluğu dikkate alınarak minimum 400 kişilik oturma kapasitesine sahip olmaları.
- Salonlarda farklı etkinlik türleri yapılmakla beraber tez kapsamındaki batı müziği performanslarına da ev sahipliği yapmış olması

⁸ Kentimizde son 5 yılda (URL-33 hariç) yapılan etkinlikleri gösteren gazete haberleri:

URL-27 Erişim Tarihi: 19.03.2023

URL-28 Erişim Tarihi: 19.03.2023

URL-29 Erişim Tarihi: 19.03.2023

URL-30 Erişim Tarihi: 19.03.2023

URL-31 Erişim Tarihi: 19.03.2023

URL-32 Erişim Tarihi: 19.03.2023

URL-33 Erişim Tarihi: 19.03.2023

Hizmete başlama yılları sırasıyla 1988, 1998 ve 2020 olan seçilmiş performans mekânlarının üçü de İzmit'in merkezinde yer almaktadır. Sabancı Kültür Sitesi, Sabancı Vakfı'nın filantropi olarak ifade ettikleri "stratejik hayırseverlik" anlayışlarına kentimizden bir örnektir. Türkiye'nin pek çok yerinde öğrenci yurdu, sağlık kurumu, kültürel ve sosyal tesisler gibi kalıcı eserler bırakan vakıf, Hacı Ömer Sabancı'nın yaşam felsefesi olarak kabul ettiği "Bu topraktan kazandıklarımızı bu toprağın insanları ile paylaşmak" ilkesiyle kurulmuştur. Kocaeli'nde 1 ilkokul, 1 lise, 1 rehabilitasyon merkezi, 1 öğrenci yurdu ve 1 kültür merkezi ile kalıcı değerler oluşturarak insanların hayatında fark yaratmak ilkelerinin izleri görülmektedir (URL-26 Erişim tarihi: 17.03.2023).

Süleyman Demirel Kültür Merkezi ise o dönemki adıyla İzmit Büyükşehir Belediyesi'nin Yahyakaptan mevkiinde yeni bir yerleşim yeri oluşurken kültür ve sanat alanındaki boşluğu tamamlamak için inşa edilmiştir. 1997 yılında kurulan Şehir Tiyatroları ile 1998 yılında açılışı yapılan Süleyman Demirel Kültür Merkezi özdeşleşmiş ve kültür merkezi, şehir tiyatrolarının kurumsallaşmasına önemli katkı sağlamıştır⁹.

İzmit'te Kocaeli Kongre Merkezi'nin yer aldığı mevki artık işlevini kaybetmiş fabrikalar bölgesidir. Bu bölgeyi canlandırmak ve kamusal alana fayda sağlamak amaçlı bir dönüşüm projesi gerçekleştirilmiştir. Projenin ana fikri, İzmit Körfezi boyunca yeşil sürekliliği sağlamak ve halkı denize yakınlaştırmaktır. Toplamda 3 etaptan oluşan Sekapark projesinin 2007 yılında ilk etabı tamamlanmış ve halkın kullanımına açılmıştır. Kocaeli Kongre Merkezi de Mannesmann Boru Fabrikasının dönüşümü projesidir ve Sekapark bölgesinde kamusal alanı canlandırma projesinin önemli bir parçasıdır (Oğuz vd, 2010: s. 157-168).

Seçilen üç performans mekânının tasarım özellikleri ile reverberasyon süresi hesapları yapılacağı için önce her salon için ayrı ayrı tasarım özellikleri yani mimari planı, koltuk sayısı, salonda kullanılan yüzey malzemelerinin alanı ve karakteri gibi

⁹ SDKM Halkla İlişkiler biriminden Meltem KELAV ile yapılan kişisel görüşme, 2022.

tasarım özellikleri Bölüm 2'deki kuramsal bilgilerin ışığında incelenmiş ve tespitler yapılmıştır. Sonra bu kuramsal bilgiler ışığında, salonların tek tek reverberasyon süresi hesapları yapılarak mevcut durumu ifade edilmiştir.

3.2.1. Sabancı Kültür Sitesi

Kocaeli ili, İzmit ilçesi Oramiral Salim Dervişoğlu Caddesi üzerinde yer alan Sabancı Kültür Sitesi, Sabancı Vakfı tarafından yaptırılarak kullanım hakkı Kültür ve Turizm Bakanlığı'na devredilmiştir. Kültür Sitesi bünyesinde İl Halk Kütüphanesi Müdürlüğü, Kültür Merkezi ve Kültür ve Turizm Müdürlüğü hizmet vermektedir. 3 Aralık 1988 tarihinde hizmet vermeye başlayan Kültür Sitesi, COVID-19 salgını ile mücadelede hastalığın yayılımını önlemek amacıyla 2020 yılı mart ayında alınan “iş yerleri, eğitim kurumları, kültür ve eğlence mekanlarının geçici olarak kapatılması” kararıyla hizmete kapatılmıştır. Bunun üzerine binada, özellikle fuaye alanında tespit edilen çökmelerden dolayı bakanlık 2020 yılı eylül ayından itibaren Sabancı Kültür Sitesi'nde faaliyetleri durdurma kararı vermiştir. Şu anki süreçte herhangi bir faaliyet göstermeyen bina için güçlendirme yapıldıktan sonra faaliyetlerine devam edeceği bilgisi verilmiştir.¹⁰

Sabancı Vakfı'nın hizmete sunduğu en büyük kültür merkezlerinden biri olan Kültür Sitesi'nin Proje danışmanlığını Mimar Hayati TABANLIOĞLU; mimari çizimini Mimar Mehmet TEPELER, Mimar Levent ATAY, Mimar Mete TEPELER yapmış olup 10.000 m² alan üzerinde kurulmuş ve 4.000 m² kapalı alana sahiptir. Sabancı Kültür Sitesi bünyesinde 606 kişi kapasiteli salon, 100 kişilik kütüphane, atölyeler, internet odası, idari odalar ve 400 kişi kapasiteli kapalı ve bahçe alanında hizmet veren kafeterya bulunmaktadır. Kültür Sitesi fuayesinde 175 m²'lik fuaye alanı sergi salonu ve 100 kişilik Eğitim Salonu olarak da kullanılmaktadır.

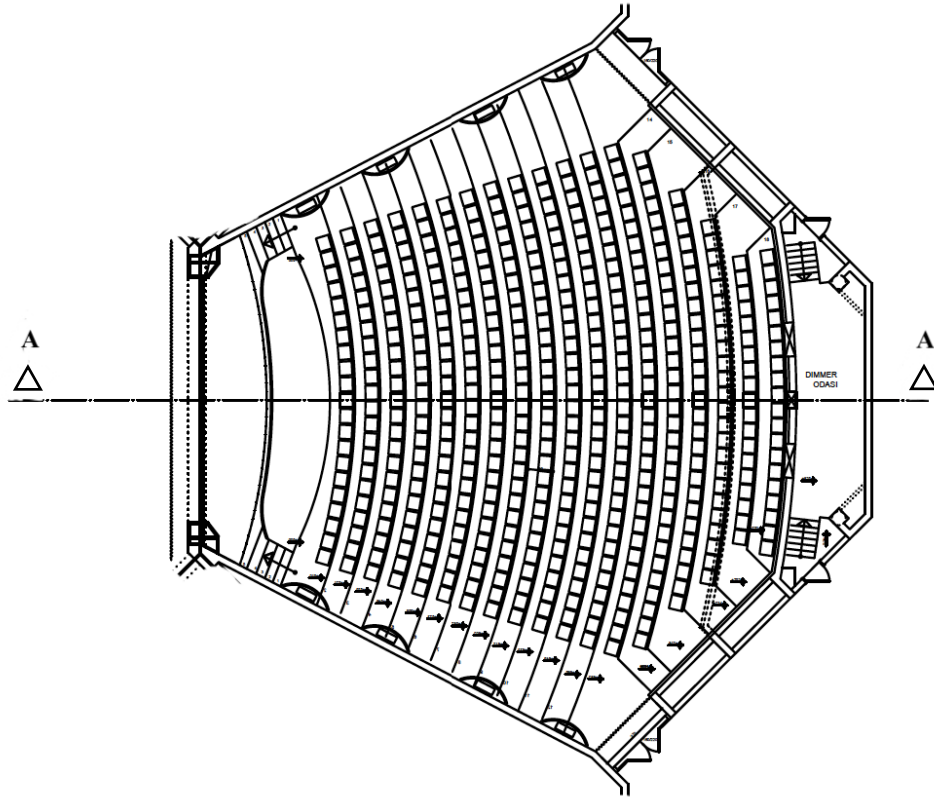
Çalışma kapsamında incelenecek olan 606 kişi kapasiteli salonda opera, bale, konser, tiyatro, konferans, panel, anma ve kurtuluş günleri gibi birçok değişik faaliyet gerçekleştirilmiştir. Bu salon için yapının mekânsal kullanımında bir isimlendirme

¹⁰ Kültür ve Turizm Şube Müdürü Hatice DOĞANCI ile yapılan kişisel görüşme, 2022.

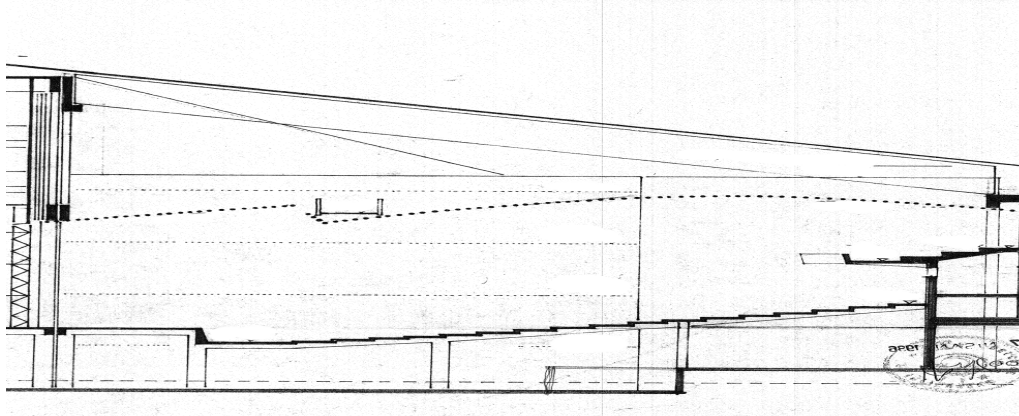
olmamakla birlikte konser, tiyatro vb. afişlerinde, bilet satışlarında salonu belirtmek için “Büyük Salon” nitelemesi yapılmaktadır. Bu çalışmada bu salon, nitelemeyi kolaylaştırmak adına Büyük Salon olarak anılacaktır. 2568 m³ hacme sahip, 5 adet kulisli, tek balkonlu ve 6 adet localı olarak tasarlanan Büyük Salon, gerçekleştirilen performanslarda işitsel konforun artırılması için profesyonel ses sistemiyle donatılmıştır.

3.2.1.1. Büyük Salonun Tasarım Kriterleri Açısından Akustik Konforunun Değerlendirilmesi

Resim 42’de Sabancı Kültür Sitesi Salonu planına bakıldığında geometrik olarak altıgen ya da literatürde elmas olarak da adlandırılan planda olduğu görülmektedir. Salonda parterde 514, balkonda 92 olmak üzere 606 adet koltuk bulunmaktadır. Ayrıca resim 45’te görülen altı adet locada, sabit koltuk bulunmadığı ve talebe göre bağımsız sandalyeler kullanıldığı için belli bir koltuk sayısı yoktur.



Resim 42: Sabancı Kültür Sitesi Büyük Salon Plan Şeması
(URL-34 Erişim tarihi: 01.02.2023)



Resim 43: Sabancı Kültür Sitesi Büyük Salon AA Kesiti (Kesit çizimi, METE YAPI A.Ş.'nin arşivinden temin edilmiş, izin alınarak kullanılmıştır.)

2.3.3. bölümde ifade edildiği üzere sahneye ait tüm yüzeylerin yansıtıcı olarak tasarlanması gerekirken Sabancı Kültür Sitesi Büyük Salonunda sahne portalının tamamen yansıtıcı malzeme kullanıldığı ancak sahnenin sağ, sol ve arka duvarında yansıtıcı tercih edilmediği Resim 44'te görülmektedir.



Resim 44: Sabancı Kültür Sitesi Büyük Salon sahne portalındaki yansıtıcı yüzeyler (Fotoğraf: Yazar arşivi, 2020)

Sahne zemininin hem görsel hem de akustik konforu sağlamak için dinleyici alanından bir miktar yüksek olması gerektiği 2.3. Bölümde ifade edilmişti. Büyük Salonda sahne dinleyici zemininden 1.11m yüksekliktedir, bu da tasarım kriterlerine

uygun bir yükseklik değildir. Yine aynı bölümde, ses kaynağı ile en arkadaki dinleyici arasındaki uzaklığın 40 metreyi geçmemesi gerektiği bilgisi verilmişti. Sabancı Kültür Sitesi Salonunda ise sahne ile en arkadaki dinleyici arasındaki bu mesafe 18,5 metre ölçülmüştür ve uygundur.

Oturma alanı zemini ve dinleyici sirkülasyon aksı Resim 45'te görüldüğü üzere beton üzeri linolyum ile kaplanmıştır. Yalnızca parterde ilk oturma sırası ile sahne arasındaki kısımda halı kaplama kullanılmıştır.

Parter, dinleyicinin hem görüş açısı hem de işitsel konforu düşünülerek eğimli olarak tasarlanmıştır. Ancak sabit eğimle yükseltilmiş olduğu için dinleyici alanında arka sıralara doğru ışıltme açısı küçülecektir. Bu durum, dolaysız sesin ön sıralarda daha fazla yutulup arka sıralara ulaşmasına sebep olacaktır. İdeal bir görüş alanı sağlamak ve dolaysız ses iletimi açısından olumlu olduğu için koltuklar resim 45'te görüldüğü üzere şaşırtmalı konumlandırılmışlardır. Koltuk oturma alanının ve iki koltuk arası mesafenin kabul edilen değerlere uygun olduğu görülmektedir. Koltuklarda tercih edilen malzeme yanmaz kadife kumaştır.

Kubbemsi içbükey yüzeylerin akustik kusur olan ses odakları oluşturacağı bölüm 2.5'te ifade edilmişti. Performans mekânlarında dinleyici arka duvarında kesintisiz içbükey geometriden kaçınılmalıdır. Böylece ses odağının önüne geçilmiş olur. Resim 45'te görüleceği gibi, Kültür Sitesi Büyük Salonunun seyirci arka duvarında hem içbükey geometriden kaçınılmış hem de duvar oturma düzeninin plan kurgusuna paralel olacak şekilde planlanmıştır.



Resim 45: Sabancı Kültür Sitesi Büyük Salonu arka duvar görünüşü
(Fotoğraf: Yazar arşivi, 2020)

Yan duvarlar, yanal yansımaları sağlamada rol oynamaktadır. Bununla birlikte yan duvarlarda paralellikten kaçınılmalıdır. Eğer kaçınılamıyorsa, yan duvarlara açı kazandırarak ya da düzgünlüğünü bozarak önlem alınabilir. Büyük Salonun yan duvarları açılı olarak tasarlandığı görülmektedir. Bu sayede vurgusal yankı oluşumunun bu şekilde önüne geçilmiştir.

Büyük Salon arka ve yan duvarlarında hem ses yansıtıcı hem ses yutucu malzeme kullanılmıştır. Ses yansıtıcı elemanlar ahşap mdf, ses yutucular ise mdf üzeri akustik kumaş malzeme ile kaplanmıştır. 1988 yılından 2017 yılına kadar Resim 46’da görüldüğü üzere seyirci alanı yan duvarlarında ses yutucu malzeme daha sık kullanılmış. Resim 47’de ise 2017 yılında yapılmış olan revizyon sonrası seyirci alanı yan duvarlarındaki yutucu yüzeylerinin azaldığı görülmektedir.



Resim 46: 1988 yılından 2017 yılında yapılan renovasyona kadar, salonun yan duvarlarına kullanılan yutucu yüzeylerin sıklığı (URL-35 Erişim tarihi: 01.02.2023)



Resim 47: Salonun 2017 yılındaki renovasyondan sonra, günümüzdeki durumu. Yan duvarda yer alan yutucu yüzeylerin azaltıldığı görülmektedir.

(Fotoğraf: Yazar arşivi, 2020)

Salonun tavanı, zemine paralel bir şekilde katmanlı bir yapıdadır. Kullanılan malzeme ise Resim 45'te görüleceği üzere boşluklu alüminyum arası plastik malzeme yani yansıtıcı malzemedir. Salonlarda tavanın tamamen yansıtıcı olması gereksizdir. Dolayısıyla tavan tasarımının boşluklu tercih edilmesi de faydalı olmuştur.

Bölüm 2.5.'de belirtildiği üzere, balkon çıkıntısının derinliği, balkon altı yüksekliğinin iki katından daha az olmalıdır. Oturma alanında en arka koltuk sırası

olan S sırasından balkon ölçüldüğünde yüksekliği 2,5 metre çıkmaktadır. Balkon derinliği ise 3 metre olarak ölçülmüştür. Resim 30'daki formülden yararlanarak;

$$D= 3 \text{ m}$$

$$H= 2,5 \text{ m}$$

$$D \leq 2H$$

$3 \text{ m} \leq 5 \text{ m}$ sonucu çıkmaktadır. Buna göre, balkon altı dinleyici alanında akustik gölge oluşmayacaktır.

3.2.1.2. Büyük Salonun Reverberasyon Süresi Hesabının Yapılması

Salonun hacmi, 2568 m^3 'tür. Grafik 1'deki reverberasyon süresi optimum değerlerinden faydalananarak bu hacimdeki bir konser salonunun kabul edilebilir reverberasyon süresi, Batı Müziği tercih edildiğini düşünürsek $\sim 1.55 \text{ sn}$ olarak görülmektedir.

Salonda kullanılan malzemelere göre, Sabine formülü kullanarak salon reverberasyon süresi hesaplanacaktır. Önce her malzemenin kapladığı alanın hesaplanması gerekmektedir. Malzemelerin yutuculuk katsayıları, Tablo 7'deki ortalama yutuculuk katsayılarından faydalanılarak hesaplamaya dahil edilecektir.

Yan duvarlarda 9 adet panel yer almaktadır ve her panel ahşap üzeri cila kaplı yani yansıtıcı malzemedir. Bu panellerin boyu $\sim 1,70 \text{ m}$ eni ise $1,65 \text{ m}$ olarak ölçülmüştür. Buna göre, $1,70 \times 1,65 = 2,8 \text{ m}^2$ 1 adet yansıtıcı panelin alanıdır. Karşılıklı iki duvarda yer alan bu panellerin toplam alanı hesaplandığında $2,8 \text{ m}^2 \times 9 \text{ adet} \times 2 \text{ duvar} = 50,4 \text{ m}^2$ lik bir alan ortaya çıkmaktadır.

Yan duvarlarda bulunan $\sim 1,70 \text{ m}$ boya sahip 9 panelden 3'ünün üzerine yansıtıcı panel yerleştirilmiştir. Bu panellerin boyu $5,5 \text{ m}$ eni de $1,65 \text{ m}$ olarak ölçülmüştür. Buna göre, $5,5 \text{ m} \times 1,65 \text{ m} = 9,075 \text{ m}^2$ lik bir yansıtıcı panel alanı hesaplanmıştır. Üç panelin karşılıklı iki duvarda kapladığı alan hesaplandığında toplam 6 adet panelin yansıtıcı yüzeyi $9,075 \text{ m}^2 \times 3 \text{ adet} \times 2 \text{ duvar} = 54,45 \text{ m}^2$ lik bir alan ortaya çıkmaktadır.

Yan duvarlarda toplam yansıtıcı alan, yani $S_{\text{yan duvar yansıtıcı paneller}} = 50,4 + 54,45 = 104,85 \text{ m}^2$ 'dir.

Yan duvarda yer alan yutucu malzeme ise mdf üzeri akustik kumaş kaplamadır. Yan duvarlardaki yutucu panellerin alanını hesaplamak için tüm yan duvar alanından yansıtıcı panel alanını çıkartacağız:

$$S_{\text{yan duvar yutucu paneller}} = 222,75 - (50,4 + 54,45) = 117,9 \text{ m}^2$$

Tavanda ses yansıtıcı yüzey uygulaması yapılmıştır. Burada kullanılan malzeme alüminyum üzeri boşluklu ahşap kaplı paneldir. Tavanın alanı da 320 m^2 olarak hesaplanmıştır. Yani $S_{\text{tavan}} = 320 \text{ m}^2$ 'dir. Yutma katsayısı 0,15 olarak alınacaktır.

$$S_{\text{tavan}} \times \alpha_{\text{tavan}} = 320 \times 0,15 = 48 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

$$A_{\text{tavan}} = 48 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Salonda yer alan koltuk sayısı toplamda 606 adettir. Her bir koltuğun kapladığı alan 1 m^2 olarak kabul edilir. Salonun tam dolu olduğu zamana göre inceleme gerektiği için 606 oturan insana göre kişi başı yutma katsayısı 0,37 olarak alınacaktır.

$$S_{\text{koltuk}} = 606$$

$$S_{\text{koltuk}} \times \alpha_{\text{koltuk}} = 606 \times 0,37 = 224,22 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

$$A_{\text{koltuk}} = 224,22 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Zeminde, oturma alanının dışındaki sirkülasyon aksının alanı $\sim 60 \text{ m}^2$ 'dir. Burada kullanılan beton üzeri linolyum malzemenin yutuculuk değeri 0,03'tür. Buna göre,

$$S_{\text{sirkülasyon aksı}} \times \alpha_{\text{sirkülasyon aksı}} = 60 \times 0,03 = 1,8 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

$$A_{\text{sirkülasyon aksı}} = 1,8 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Resim 42'de görülen seyirci arka duvarında sağda ve solda boyu 1,10 m eni ise merkezden dışarıya doğru 1,40 m- 1,78 m- 1,10 m olan toplam 6 adet loca, geniş

frekans bant aralığında rezonatör gibi davranacağından dolayı hacimdeki reverberasyon süresine olumlu ya da olumsuz bir etkisi olmayacaktır. Dolayısıyla yutuculuğu hesaplamaya dahil edilmeyecektir.

Arka duvar eşit ölçülerde ve ritmik bir şekilde yansıtıcı ve yutucu panellerde donatılmıştır. Arka duvarın eni 24,6 m boyu 7,2 m olarak hesaplanmıştır. Bu durumda arka duvar yani $S_{\text{arka duvar alanı}} = 177,12 \text{ m}^2$ 'lik bir alan ortaya çıkmaktadır. $177,12 \text{ m}^2$ 'lik arka duvarın yarısı yansıtıcı yarısı yutucu malzeme ile kaplandığı için:

$$S_{\text{arka duvar yansıtıcı}} = 88,56 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{arka duvar yutucu}} = 88,56 \text{ m}^2$$

Bu değerlere göre salonun tam dolu olduğu durumunun hesaplanması, hava yutuculuğu önemsiz bir değişken olduğu için bir değer olarak almadan şu şekilde olacaktır:

Toplam Yansıtıcı Malzeme

$$S_{\text{yan duvar yansıtıcı paneller}} + S_{\text{arka duvar yansıtıcı paneller}} = 104,85 + 88,56 = 193,41 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Yansıtıcı}} = 193,41 \text{ m}^2 \quad \alpha_{\text{yansıtıcı}} = 0,06 \text{ sabin}$$

$$A_{\text{Yansıtıcı}} = 193,41 \times 0,06 = 11,6 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Toplam Yutucu Malzeme

$$S_{\text{yan duvar yutucu paneller}} + S_{\text{arka duvar yutucu paneller}} = 117,9 + 88,56 = 206,46 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Yutucu}} = 206,46 \text{ m}^2 \quad \alpha_{\text{yutucu}} = 0,21 \text{ sabin}$$

$$A_{\text{Yutucu}} = 43,3566 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

$$A = A_{\text{Yansıtıcı}} + A_{\text{koltuk}} + A_{\text{tavan}} + A_{\text{sirkülasyon aksı}} + A_{\text{Yutucu}}$$

$$= 11,6 + 224,22 + 48 + 1,8 + 43,3566$$

$$= 328,9766$$

$$RT = 0,161. V/A$$

$$RT = 0,161. 2568/328,9766$$

$$RT = 1,25 \text{ sn}$$

Hedeflenen yaklaşık 1,55 saniye ya da %10'u kadar az olmasının da kabul edilebilir olduğu düşünülürse 1,39 saniyelik reverberasyon süresiydi. Hesaplama sonuçlarından ortaya çıkan 1,25 sn'lik reverberasyon süresi bu hacimdeki bir salon için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olmadığından akustik konfor koşullarına uygun yanıt vermeyeceği görülmektedir.

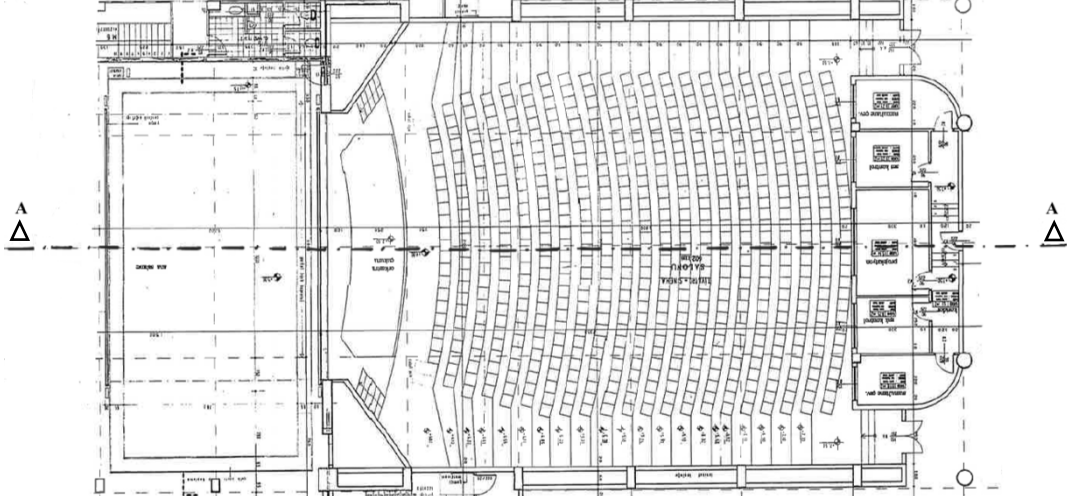
3.2.2. Süleyman Demirel Kültür Merkezi

Süleyman Demirel Kültür Merkezi, Kocaeli ili, İzmit ilçesi, Yahyakaptan Mahallesi mevkiinde bulunmaktadır. Süleyman Demirel Kültür Merkezi'nin bulunduğu arsanın tamamı Başbakanlık Toplu Konut İdaresi adına kayıtlı olup 04.10.1996 tarih ve 6311/6244 sayılı yazılarına ait protokol gereği Kültür Tesisleri yeri olarak kullanılmak üzere, o zamanki adıyla İzmit Büyükşehir Belediyesi'ne hibe edilmiştir. 22 Eylül 1998 tarihinde, Süleyman Demirel'in katılımıyla açılışı yapılmış olan salonun akustik danışmanlığını Prof. Dr. Selma KURRA yapmıştır (URL-36, URL-37 Erişim tarihi:07.01.2023)

Süleyman Demirel Kültür Merkezi içerisinde 5 adet kulise sahip 514 kişilik büyük salon, sinema salonu ve 40 kişilik tatbikat sahnesi bulunmaktaydı. Ancak sonrasında sinema salonu 118 kişilik oda tiyatrosuna dönüştürülmüştür. Süleyman Demirel Kültür Merkezi'nin dijital ortamda yazılmış herhangi bir plan, kesitinin olmadığı; eldeki tek bilginin Tablo 48'de görülen plan ve Resim 49'da görülen AA kesitinin bilgisayar ortamına tarandığı görsel olduğu bilinmektedir. Planda ve kesitte koltuk sayısı 602 adet gözükmemektedir ancak salonun, 2022 yılında geçirdiği renovasyon sonrası koltuk sayısı 475'e düşürülmüştür. Renovasyon sürecinde ve sonrasındaki durumu gösterecek olan plan ve kesit çalışmaları yapılmamıştır. Çalışmaya veri olan çizimler Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Yapı Kontrol Daire Başkanlığı'ndan alınmıştır.

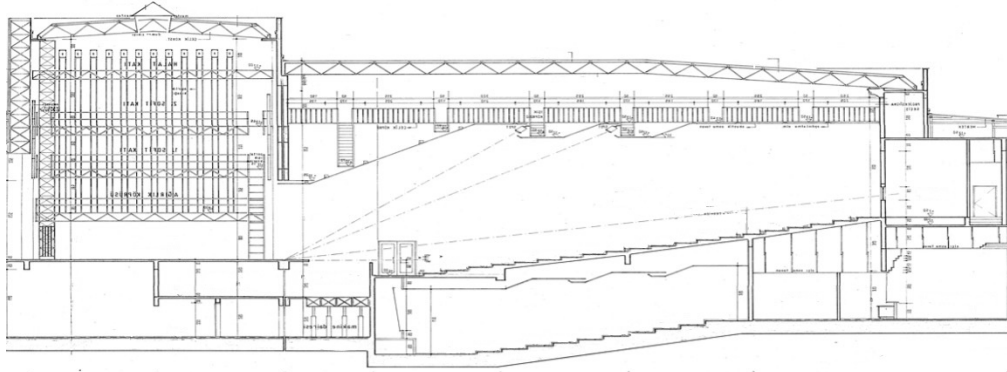
3.2.2.1. Büyük Salonun Tasarım Kriterleri Açısından Akustik Konforunun Değerlendirilmesi

Süleyman Demirel Kültür Merkezi Büyük Salonunun Resim 48'de yer alan plan şemasına göre dikdörtgen planlı (ayakkabı kutusu) olduğu görülmektedir.



Resim 48: SDKM Büyük Salon Plan Şeması

(KBB Yapı Kontrol Daire Başkanlığı'ndan temin edilerek kullanım izni alınmıştır.)



Resim 49: SDKM Büyük Salon AA Kesiti

(KBB Yapı Kontrol Daire Başkanlığı'ndan temin edilerek kullanım izni alınmıştır.)

Sahne arka duvarı ile sahne portalının yansıtıcı yüzeyle kaplanmasının önemi, bölüm 2.3'te ifade edilmişti. Büyük Salonda sahne portalı ile yakınındaki yüzeylerin yutucu malzeme ile kaplandığı Resim 50'de görülmektedir.



Resim 50: SDKM Büyük Salonda sahne arka, yan duvarları ve sahne portalı yutucu, malzeme ile donatılmış (Fotoğraf: Yazar arşivi, 2023).

Görsel ve akustik konforu sağlamak için sahne zemininin parterden ne kadar yükseklikte olması gerektiği bilgisi 2.3.3. bölümde verilmişti. Büyük Salonun zemin kat döşemesine göre sahne yüksekliği ise 114 cm olarak ölçülmüştür ve bu yükseklik asgari ve azami ölçülere uygun değildir. Büyük Salonda sahne ile en arka dinleyici arasındaki uzaklık ise 23.3 metredir. Bu da dinleyiciye ulaşan dolaysız sesin yeterli olması açısından uygundur.

Büyük Salonun zemin kaplamasında ve sirkülasyon aksında Resim 51’de görüldüğü üzere yanmaz halı döşeme tercih edilmiştir. Koltuklarda tercih edilen malzeme ise yanmaz kumaştır.



Resim 51: SDKM Büyük Salon dinleyici sirkülasyon aksı
(Fotoğraf: Yazar arşivi, 2023)

Zemin dinleyicinin hem görüş hem de işitsel konforu düşünülerek Resim 51 ve 52’de görüleceği üzere eğimli olarak tasarlanmıştır. Ancak sabit bir şekilde eğimlendirildiği için dinleyici alanında arka sıralara doğru ışıltme acısı küçülecektir. Bu da dolaysız sesin daha arka sıralara konforlu şekilde ulaşmadan ön sıralarda yutulmasına neden olacaktır.



Resim 52: SDKM Büyük Salon sabit eğimlendirilmiş otuma alanı
(Fotoğraf: Yazar arşivi, 2023)

Bunlara ek olarak, ideal bir görüş alanı sağlamak ve dolaysız ses iletimi açısından olumlu olduğu için Resim 52’de görüldüğü gibi koltuklar şaşırtmalı konumlandırılmıştır. Koltuk oturma alanının ve iki koltuk arası mesafenin de kabul edilen değerlere uygundur.

Resim 52’de görülen dinleyici arka duvar malzemesi, yutucu delikli akustik ahşap paneldir. Yan duvarda iki farklı malzeme tercih edilmiştir. Bir kısmı yüzeyi işlem görmüş ahşap yansıtıcı paneldir, bir kısmı boşluksuz akustik paneldir. Dikdörtgen planlı salonlarda özellikle dikkat edilmesi gereken 2.5. bölümde de belirtilen bir akustik kusur olan vurgusal yankıya engel olmak için yan duvarların paralel kurgulanmaması gerekir. Resim 52’de yan duvar yüzeyinin girintili çıkıntılı tasarlandığı ve ses saçıcılarla donatıldığı görülmektedir.



Resim 53: SDKM Büyük Salon yan duvarlarının tasarımı
(Fotoğraf: Yazar arşivi, 2023)

Büyük salon tavanı eğimlendirilmemiş olarak tercih edilmiş olsa da akustik asma tavana ilk 7,4 metresinden sonra otuzar derecelik açıyla iki adet aydınlatma elemanları eklenmiştir. Resim 54’te görüleceği üzere, aydınlatma elemanlarına kadar olan bölge yutucu, aydınlatma elemanlarının başladığı yerden sahne sınırına kadar yansıtıcı malzeme kullanılmıştır.



Resim 54: SDKM Büyük salon tavan tasarımı (Fotoğraf: Yazar arşivi, 2023)

3.2.2.2. Büyük Salonun Reverberasyon Süresi Hesabının Yapılması

Salonun hacmi, 3150 m³'tür. Grafik 1'deki reverberasyon süresi optimum değerlerinden faydalanarak bu hacimdeki bir konser salonunun kabul edilebilir reverberasyon süresi, Batı Müziği tercih edildiğini düşünürsek ~1.6sn olarak görülmektedir.

Salonda kullanılan malzemelere göre, Sabine formülü kullanarak salon reverberasyon süresi hesaplanacaktır. Önce her malzemenin kapladığı alanın hesaplanması gerekmektedir. Malzemelerin yutuculuk katsayıları, Tablo 7'deki ortalama yutuculuk katsayılarından faydalanılarak hesaplamaya dahil edilecektir.

Yan duvar, zeminin eğimlendirilmiş ancak tavanın düz tercih edilmesi sebebiyle bir yamuk formu ortaya çıkmaktadır. Buna göre 1 yan duvarın alanı 157,5 m²'dir ve iki yan duvar olduğu için 315 m²'lik bir alan hesaplanmıştır. Her iki yan duvarın da bir kısmı yansıtıcı, bir kısmı yutucu olarak tasarlanmıştır. Yan duvarda yansıtıcı malzeme için 65 m² alan tercih edilmiştir. Yansıtıcı olarak kullanılan cilalanmış yüzeyi pürüzsüz ahşabın yutma katsayısı 0,06'dır.

$$A_1 \text{ (Yan duvarların yansıtıcı kısmı için)} S_1=65 \text{ m}^2 \alpha_1=0,06 \text{ sabin}$$

$$S_1 \times \alpha_1 = 65 \times 0,06 = 3,9 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

$$A_1 = 3,9 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Yan duvarların yutucu olarak tercih edilen kısmının alanı 250 m²'dir. Yutucu olarak tercih edilen malzeme ise boşluksuz akustik paneldir. Yutuculuk katsayısı 0,23'dür.

$$A_{1-1}(\text{Yan duvarların yutucu kısmı için}) S_{1-1}=250 \text{ m}^2 \alpha_{1-1}=0,23 \text{ sabin}$$

$$S_{1-1} \times \alpha_{1-1}=250 \times 0,23=57,5 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

$$A_{1-1}=57,5 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Tavanda, aydınlatma elemanlarına kadar olan bölge yutucu, aydınlatma elemanlarının başladığı yerden sahne sınırına kadar yansıtıcı malzeme kullanıldığından bahsetmiştik. Bu durumda,

$$A_2(\text{Tavan Yutucu}) S_2=145 \text{ m}^2 \alpha_2=0,23 \text{ sabin}$$

$$S_2 \times \alpha_2=145 \times 0,23=33,35 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

$$A_2=33,35 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

$$A_{2-1}(\text{Tavan Yansıtıcı}) S_{2-1}=330 \text{ m}^2 \alpha_{2-1}=0,06 \text{ sabin}$$

$$S_{2-1} \times \alpha_{2-1}=330 \times 0,06=19,8 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

$$A_{2-1}=19,8 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Salonda yer alan koltuk sayısı toplam 475 adettir. Her bir koltuğun kapladığı alan 1 m² olarak kabul edilir. Salonun tam dolu olduğu zamana göre inceleme gerektiği için 475 oturan insana göre kişi başı yutma katsayısı 0,37 olarak alınacaktır.

$$A_3(\text{İnsan ve koltuk yutuculuğu için}) S_3=475 \text{ m}^2 \alpha_3=0,37 \text{ sabin}$$

$$S_3 \times \alpha_3=475 \times 0,37=175,75 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

$$A_3=175,75 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Zeminde, oturma alanının dışındaki merdiven ve koridor kısmının yani sirkülasyon aksının alanı 400 m²'dir. Burada kullanılan halının yutuculuk değeri 0,13'tür.

$$S_{\text{sirkülasyon aksı}} \times \alpha_{\text{sirkülasyon aksı}} = 400 \times 0,13 = 52 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

$$A_{\text{sirkülasyon aksı}} = 52 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Resim 52’de görüleceği gibi dinleyici arkasındaki duvarda yer alan, toplam eni 1162 cm boyu 80 cm ölçüsünde ses ve ışık odasına ait 6 adet pencereden 4’ü camsız yani tamamen açık olduğu için, geniş frekans bant aralığında rezonatör gibi davranacağından dolayı hacimdeki reverberasyon süresine olumlu ya da olumsuz bir etkisi olmayacaktır. Dolayısıyla yutuculuğu, hesaplamaaya dahil edilmeyecektir.

Arka duvarda yutucu malzeme kullanılmıştır. Kullanılan hava boşluksuz akustik panelin yutma katsayısı 0,23’dir.

$$A_4 \text{ (Arka duvar için)} S_4 = 120 \text{ m}^2 \alpha_4 = 0,23 \text{ sabin}$$

$$S_4 \times \alpha_4 = 120 \times 0,23 = 27,6 \text{ m}^2 \text{ sabin} \quad A_4 = 27,6 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Bu değerlere göre Büyük Salonun tam dolu olduğu durumunun hesaplanması, hava yutuculuğu önemsiz bir değişken olduğu için bir değer olarak almadan şu şekilde olacaktır:

$$A = A_1 + A_{1-1} + A_2 + A_{2-1} + A_3 + A_{\text{sirkülasyon Aksı}} + A_4$$

$$= 3,9 + 57,5 + 33,35 + 19,8 + 175,75 + 52 + 27,6$$

$$= 369,9$$

$$RT = 0,161 \text{ V/A}$$

$$RT = 0,161 \cdot 3150 / 369,9$$

$$RT = 1,37 \text{ sn}$$

Hedeflenen yaklaşık 1,6 saniye ya da %10’u kadar az olmasının da kabul edilebilir olduğu düşünülürse 1,44 saniyelik reverberasyon süresiydi. Yapılan hesaplama sonucunda görülüyor ki Büyük Salon 1,37 saniyelik reverberasyon süresi ile akustik konfor koşullarına uygun yanıt vermeyecektir.

3.2.3. Kocaeli Kongre Merkezi

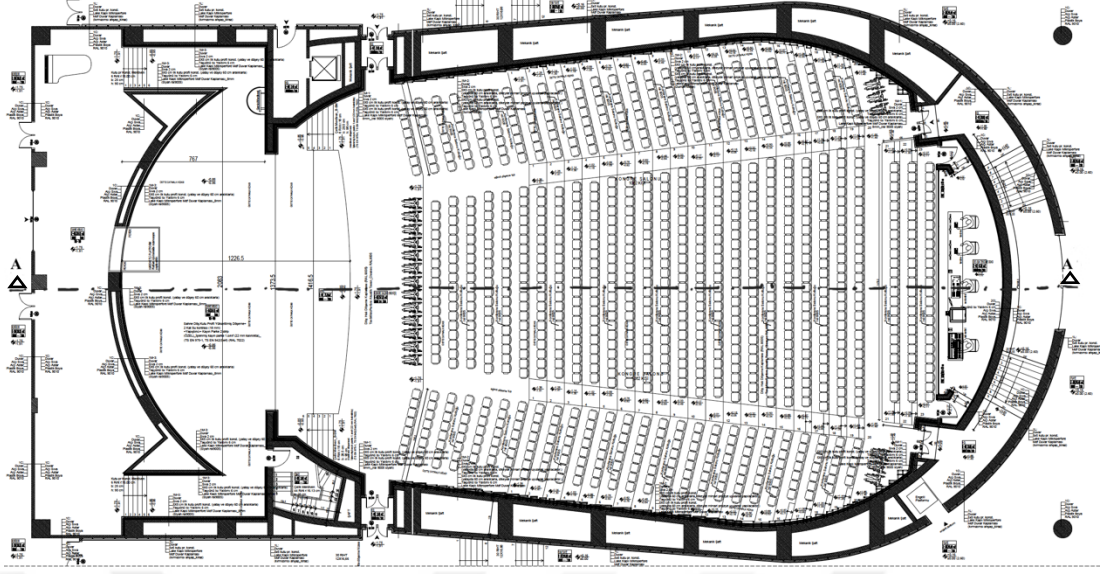
Kocaeli ili İzmit ilçesi Seka Park mevkiinde bulunan Kocaeli Kongre Merkezi, üretimini 2013 yılında (URL-38 Erişim tarihi: 06.03.2023) durdurmuş olan Mannesmann Boru Fabrikasının kongre merkezine dönüşümü projesidir. Bu proje ile sanayi şehri Kocaeli'nin önemli bir mirasının değerlendirilerek eski yapının dokusu korunmuş ve kamusal kültür alanına dönüştürülmesi sağlanmıştır.

Projesi Özer/Ürger Mimarlık tarafından çizilen ve yapımına 19 Kasım 2017'de başlanan kongre merkezinin açılışı, 2020 yılında gerçekleşmiştir. Toplam inşaat alanı 15700m² olup üç blok olarak tasarlanan kongre merkezinde A Bloкта 1301 kişilik oditoryum, B Bloкта dört adet 120 kişilik çok amaçlı salon, üç adet 40 kişilik çok amaçlı salon, bir adet 60 kişilik çok amaçlı salon ile idari ofisler ve yeme-içme birimi C Bloкта ise 2 adet 460 kişilik esnek kullanımlı salon, fuaye ve sergi salonlar, farklı ölçeklerde toplantı odaları, atölyeler ve idari ofisler ile yeme-içme birimleri yer almaktadır.

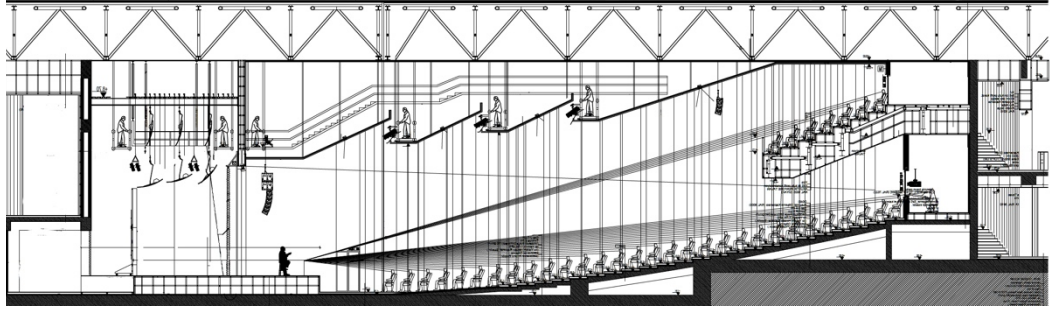
Bu çalışmada akustik konforu incelenecek olan Akçakoca Oditoryumu, konser ve tiyatro performanslarına ev sahipliği yapacak şekilde tasarlanmıştır. Sahne arkasında dekorların taşınması için yapılmış olan asansör, bir konser performansı sırasında hem görüntüyü bozmamak hem de akustik kusura yol açmamak için bir perde ile açılıp kapanabilmektedir. Dört adet kulisi bulunan oditoryum tek balkonlu olarak tasarlanmıştır ve 11074,986 m³ büyüklüğündedir. Çalışmaya veri olan çizimler Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Yapı Kontrol Daire Başkanlığı'ndan alınmıştır.

3.2.3.1. Akçakoca Oditoryumu'nun Tasarım Kriterleri Açısından Akustik Konforunun Değerlendirilmesi

Kocaeli Kongre Merkezi Oditoryumunun Resim 55'te yer alan salon plan şemasına bakıldığında at nalı planında olduğu görülmektedir.



Resim 55: Kocaeli Kongre Merkezi Akçakoca Oditoryumu Plan Şeması
(KBB Yapı Kontrol Daire Başkanlığı'ndan temin edilerek kullanım izni alınmıştır.)



Resim 56: Akçakoca Oditoryumu AA Kesiti
(KBB Yapı Kontrol Daire Başkanlığı'ndan temin edilerek kullanım izni alınmıştır.)

1062'si parterde 239'u balkonda olmak üzere toplam 1301 koltuk kapasitesi bulunmaktadır. Buna ilaveten evrensel tasarım ilkelerine uygun olarak mekânda gerekli boşluklar bırakılmıştır.

Kocaeli Kongre Merkezi Oditoryumunun sahne arka duvarı ile sahne portalı yüzeylerin yansıtıcı malzeme ile kaplandığını Resim 57'de görülmektedir.

Sahne zemini hem görsel hem de akustik konforu sağlamak için dinleyici alanından ne kadar yükseklikte olacağı asgari ve azami değerler 2.3.3. bölümde verilmişti. Akçakoca Oditoryumunun sahne yüksekliği 90 cm olarak ölçülmüştür ve

bu yükseklik idealdir. Oditoryumda sahne ile en arka dinleyici arasındaki uzaklık ise 35 metredir. Bu da dinleyiciye ulaşan dolaysız sesin yeterli olması açısından uygundur.



Resim 57: Akçakoca Oditoryumu sahne arkası duvarı ile sahne portalı yüzeyleri yansıtıcı malzemelerle donanmış (Fotoğraf: Yazar arşivi, 25.02.2020).

Akçakoca Oditoryumunda oturum alanı dinleyicinin görüş ve işitsel konforu düşünülerek Resim 58’de görüldüğü üzere eğimli olarak tasarlanmıştır. Artan bir şekilde eğimlendirildiği için dinleyici alanında arka sıralara doğru işitme açısı küçülmeyecektir. Oditoryumun zemin kaplamasında ve oditoryum sirkülasyon aksında yanmaz halı döşeme tercih edilmiştir. Koltuklarda tercih edilen malzeme ise yanmaz kumaştır.



Resim 58: Akçakoca Oditoryumu Oturum Alanı Genel Görünümü
(Fotoğraf: Yazar arşivi, 25.02.2020)

Bunlara ek olarak, ideal bir görüş alanı sağlamak ve dolaysız ses iletimi açısından olumlu olduğu için Resim 58’de görüleceği üzere koltuklar şaşırtmalı konumlandırılmıştır. Koltuk oturma alanının ve iki koltuk arası mesafenin de kabul edilen değerlere uygun olduğu görülmektedir.

Oditoryumun arka duvarında içbükey geometriden kaçınılmış ve arka duvar oturma düzeninin plan kurgusuna paralel olacak şekilde konumlandırılmıştır. Resim 58’deki salon genel görünümünde görüldüğü üzere iç bükey formu, salonun teknik oda kısmında sürdürülmüştür. Bu sayede 2.5. bölümde açıklanan akustik kusurların önüne geçilmiştir. Dinleyici arkası duvarı için diğer alınabilecek önlem ise duvarda yutucu malzeme tercih edilmesidir. Oditoryumun dinleyici arkası duvarında 5 cm taş yününden oluşan delikli yansıtıcı malzeme kullanılmıştır.

Yan duvarların yanıl yansımaları sağlamada önemli rolü vardır. Ancak paralel tercih edilmesi, Bölüm 2.5.’te belirtildiği gibi akustik kusur olan vurgusal yankıya sebep olabilir. Oditoryumun formu gereği iki karşı duvarı paralel değildir. Resim 59’da görülen yan duvarlarda dinleyici arkası duvarında olduğu gibi 5 cm taş yününden oluşan yansıtıcı panel tercih edilmiştir.



Resim 59: Akçakoca Oditoryumunun, arkası 5cm boşluklu, 5 cm taş yününden oluşan delikli yansıtıcı malzeme ile kaplanmış yan duvarı
(Fotoğraf: Yazar Arşivi, 25.02.2020)

Oditoryumun tavanında Resim 58’de görüleceği gibi, 4 adet yansıtıcı, farklı boylarda dairesel delikli akustik alçıpanel malzeme tercih edilmiştir. Paneller arasında yatay düzlemde boşluk bulunmamakta olup dikeyde ise sırasıyla 115 cm- 95 cm- 95 cm bırakılarak ışık sistemlerinin daha verimli çalışacağı bir alan elde edilmiştir.

Oditoryumların akustik konfor tasarımında dikkat edilmesi gereken diğer nokta da balkon kullanımındır. Bölüm 2.3’te balkon derinliğinin, balkon yüksekliğinin 2 katından fazla olmaması gerektiğine yer verilmiştir. Oditoryumda balkon yüksekliği 355 cm, balkon derinliği ise 760 cm olarak ölçülmüştür. Buna göre,

$$D= 7,6m$$

$$H= 3,55m$$

$$D \leq 2H$$

$7,6m \leq 7,1m$ kuralı sağlanmamıştır. Sonuca göre balkon derinliği yüksekliğin 2 katını aştığı için balkon altı dinleyici alanında akustik gölge oluşacaktır.

Bununla birlikte balkon ön korkuluğu, ses kalitesini etkileyebilecek yansımaları önlemek için tasarlanmalıdır. Akçakoca Oditoryumu balkon parapeti ise resim 58’de de görüleceği üzere plan şemasından dolayı içbükey forma uygun olması beklenirken

oturma kurgusuna koşut olarak tasarlanmıştır ve yansıtıcılığı yüksek malzeme olan cam ile yapılmıştır. Cam kullanımının balkon ilk sırasında oturan izleyicilerin görsel ve işitsel konforunu olumsuz etkilediği söylenebilir.

3.2.3.2. Akçakoca Oditoryumu’nun Reverberasyon Süresi Hesabının Yapılması

Salonun hacmi, 11074,986 m³’tür. Grafik 1’deki reverberasyon süresi optimum değerlerinden faydalanarak bu hacimdeki bir konser salonunun kabul edilebilir reverberasyon süresi, Batı Müziği tercih edildiğini dşnrsek ~1.85 sn olarak görülmektedir.

Salonda kullanılan malzemelere göre, Sabine formülü kullanarak salon reverberasyon süresi hesaplanacaktır. nce her malzemenin kapladığı alanın hesaplanması gerekmektedir. Malzemelerin yutuculuk katsayıları, Tablo 7’deki ortalama yutuculuk katsayılarından faydalanılarak hesaplamaya dahil edilecektir.

Yan duvar panellerinin toplam alanı 551m²’dir. Arkası 5cm boşluklu, 5 cm taş ynnden oluşan delikli yansıtıcı malzemenin yutma katsayısı 0.94’tür.

$$A_1 = 551 \times 0,94 = 517,94 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Tavan için 4 adet dairesel delikli akustik alçıpanel malzeme tercih edilmiştir. Bu yansıtıcı tavan panellerinin toplam alanı 654,73 m²’dir. Malzemenin yutma katsayısı 0.70’tir.

$$A_2 = 654,73 \times 0,70 = 458,311 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Salonda yer alan koltuk sayısı toplam 1300 adettir. Her bir koltuğun kapladığı alan 1 m² olarak kabul edilir. Salonun tam dolu olduğu zamana göre inceleme gerektiği için 1300 oturan insana göre kişi başı yutma katsayısı 0,37 olarak alınacaktır

$$A_3 = 1300 \times 0,37 = 481 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Parterdeki sirkülasyon aksının alanı 56 m²'dir. Burada kullanılan halının yutuculuk değeri 0,13'tür.

$$A_{\text{Sirkülasyon Aksı}} = 56 \times 0,13 = 7,28 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Dinleyici arkasında yer alan arka duvarın alanı 95,475m²'dir. Yansıtıcı yan duvarlar ile aynı malzeme kullanıldığından yutuculuk katsayısı 0,94'tür.

$$A_4 = 95,475 \times 0,94 = 89,7465 \text{ m}^2 \text{ sabin}$$

Bu değerlere göre oditoryumun tam dolu olduğu durumunun reverberasyon süresinin hesaplanması, hava yutuculuğu önemsiz bir değişken olduğu için bir değer olarak almadan şu şekilde olacaktır:

$$\begin{aligned} A &= A_1 + A_2 + A_3 + A_{\text{Sirkülasyon Aksı}} + A_4 \\ &= 517,94 + 458,311 + 481 + 7,28 + 89,7465 \\ &= 1554,2775 \end{aligned}$$

$$RT = 0,161 \text{ V/A}$$

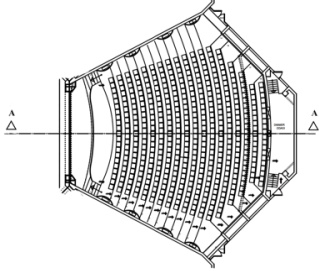
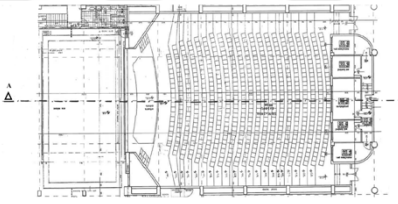
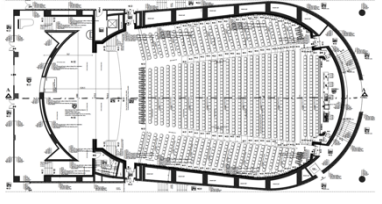
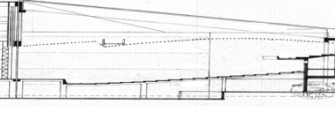
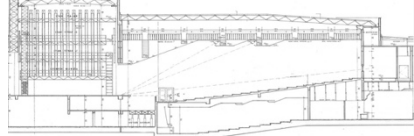
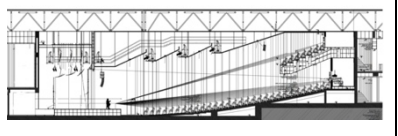
$$RT = 0,161 \cdot 11074,986 / 1554,2775$$

$$RT = 1,147 \text{ sn}$$

Hedeflenen yaklaşık 1,85 saniye ya da %10'u kadar az olmasının da kabul edilebilir olduğu düşünülürse 1,66 saniyelik reverberasyon süresiydi. Ancak hesaplama sonuçlarından görülüyor ki Akçakoca Oditoryumu, bu hacimdeki bir salon için belirlenen ortalama süreden düşük reverberasyon süresine sahiptir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Tabloda, çalışmanın 2.3. bölümünde açıklanan konser salonlarının akustik konforunu etkileyen tasarım ölçütleri üzerinden üç salonun, uygunluk durumlarının incelemesi yapılmıştır. Çıkan sonuç, karşılaştırmalı olarak sunulması için Tablo 9’da ifade edilmiştir.

Performans Mekânları	Sabancı Kültür Sitesi Büyük Salon	Süleyman Demirel Kültür Merkezi Büyük Salon	Kocaeli Kongre Merkezi Akçakoca Oditoryumu
Tasarım Ölçütleri			
Plan			
AA Kesit			
Bişim	Altıgen (Elmas)	Dikdörtgen (Ayakkabı kutusu)	At nalı
Oturum kapasitesi	606	475	1300
Kişi başına düşen hacim (V/N) oranı	4,23 m ³ Konser amacı için UYGUN DEĞİL.	6,63 m ³ Konser amacı için UYGUN DEĞİL.	8,5 m ³ Konser amacı için UYGUN.
Sahne portalı	Yansıtıcı malzeme ile kaplı: dinleyici alanı yeterli erken yansıma alacaktır. UYGUN	Yutucu malzeme ile kaplı: dinleyici alanı yeterli erken yansıma almayacaktır. UYGUN DEĞİL	Yansıtıcı malzeme ile kaplı: dinleyici alanı yeterli erken yansıma alacaktır. UYGUN

Yan duvar malzemesi	Tek duvarda yer alan 9 panelden 6 adedi md f üzeri sünger font kaplama yani yutucu; 3 adedi ahşap üzeri cila kaplı malzeme yansıtıcı UYGUN	Kullanılan iki malzemeden biri işlem görmüş ahşap yansıtıcı panel, bir kısmı boşluksuz akustik panel UYGUN	Arkası 5 cm boşluklu, 5 cm taş yününden oluşan delikli, yutuculuğu yüksek nitelikte malzeme UYGUN DEĞİL
Paralel yan duvarlar	Var ancak kısmen yutucu malzeme de kullanıldığı için vurgusal yankı sorunu yaşanmayacaktır. UYGUN	Var ancak kısmen yutucu malzeme de kullanıldığı için vurgusal yankı sorunu yaşanmayacaktır. UYGUN	Yok, dolayısıyla vurgusal yankı sorunu da yok. UYGUN
İçbükey form varlığı	Yok, dolayısıyla akustik odaklanma veya ses sürünmesi sorunu da yok. UYGUN	Yok, dolayısıyla akustik odaklanma veya ses sürünmesi sorunu da yok. UYGUN	Yok, dolayısıyla akustik odaklanma veya ses sürünmesi sorunu da yok. UYGUN
Tavan panellerinin özelliği	Yansıtıcı malzeme UYGUN	Aydınlatma elemanlarına kadar olan bölge yutucu, aydınlatma elemanlarının başladığı yerden sahne portalına kadar yansıtıcı malzeme kullanılmıştır. UYGUN	Yutuculuğu yüksek malzeme UYGUN DEĞİL
Parter	Sabit eğim: Arka koltuklara doğru işitme açısı küçülecektir. UYGUN DEĞİL	Sabit eğim: Arka koltuklara doğru işitme açısı küçülecektir. UYGUN DEĞİL	Artan eğimli: Arka koltuklara doğru işitme açısı küçülmeyecektir. UYGUN
Koltuk konumu	Şaşırtmalı: İdeal bir görüş alanı sağlamak ve dolaysız ses iletimi açısından UYGUN	Şaşırtmalı: İdeal bir görüş alanı sağlamak ve dolaysız ses iletimi açısından UYGUN	Şaşırtmalı: İdeal bir görüş alanı sağlamak ve dolaysız ses iletimi açısından UYGUN
Sahne yüksekliği	111 cm ile UYGUN DEĞİL	114 cm ile UYGUN DEĞİL	90 cm ile UYGUN
Kaynak- en uzak dinleyici mesafesi	18,5 m: Dinleyiciye ulaşan dolaysız sesin yeterli olması açısından UYGUN	23,3 m: Dinleyiciye ulaşan dolaysız sesin yeterli olması açısından UYGUN	35 m: Dinleyiciye ulaşan dolaysız sesin yeterli olması açısından UYGUN
Balkon Derinliği D ≤ 2H	300 cm ≤ 500 cm Ses gölgesi oluşmaz. UYGUN	Balkon yok	760 cm ≤ 710 cm Ses gölgesi oluşur. UYGUN DEĞİL

Tablo 9: Durum Değerlendirmesi Yapılan Üç Performans Mekânının Tasarım Özellikleri Karşılaştırılması

Mekânlar, reverberasyon süresi açısından değerlendirildiğinde çıkan sonuç Tablo 10'da verilmiştir. Reverberasyon süresi sonuçlarından görülüyor ki mekânlar

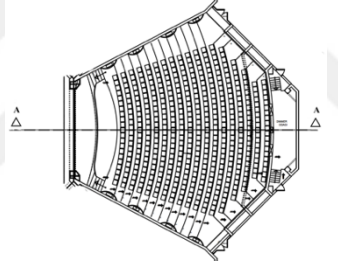
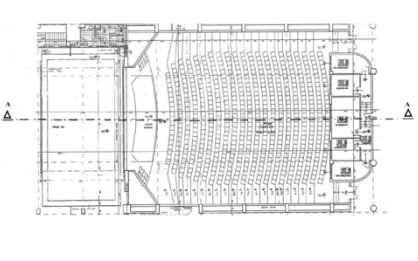
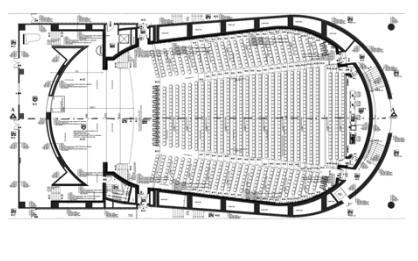
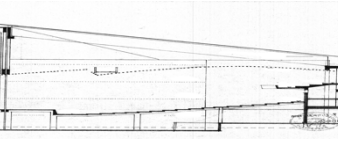
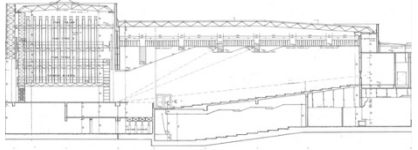
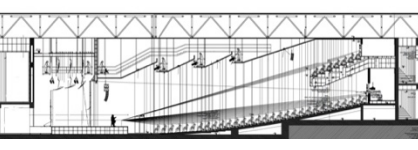
optimum değerlerin altında kaldığından dolayı seçilen amaca yönelik doğru performans göstermeyecektir. Buna göre üç mekânın da dinleyiciye canlı, doygun bir müzik deneyimi yaşatmayacağı açıktır.

Mekânlar	Mevcut RT değerleri	Optimum RT Değerleri
Sabancı Kültür Sitesi Büyük Salon	1,25 sn	1,55 sn
Süleyman Demirel Kültür Merkezi Büyük Salon	1,37 sn	1,6 sn
Kocaeli Kongre Merkezi Akçakoca Oditoryumu	1,147 sn	1,85 sn

Tablo 10: Seçilen üç performans mekânının mevcut RT ve optimum RT değerleri

İnsan sesinin ya da enstrüman tınlarının doğallığı kaybedilmeden sesin aracısız bir şekilde kulaklara ulaştırılması, müzik ile yaratılmak istenen etkiyi kuvvetlendirecektir.

Bu çalışma kapsamında incelenen mekânlardan elde edilen sonuca dayanarak, müzik amaçlı kullanımında doğal akustikten faydalanmak için eksikliklerin var olduğu ortadadır. Bu eksiklerin iyileştirilmesi için yapılan öneriler Tablo 11’de sunulmuştur. Tabloda, kabul edilebilir durumlar açıklandıktan sonra üç performans mekânı için sırasıyla mevcut durumları ve iyileştirme önerileri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Performans Mekânları		SABANCI KÜLTÜR SİTESİ BÜYÜK SALON		SÜLEYMAN DEMİREL KÜLTÜR MERKEZİ BÜYÜK SALON		KOCAELİ KONGRE MERKEZİ AKÇAĞA ODİTORYUMU	
							
Değerlendirme Ölçütleri	Kabuller						
		Mevcut Durum	İyileştirme Önerileri	Mevcut Durum	İyileştirme Önerileri	Mevcut Durum	İyileştirme Önerileri
Hacim / Kişi m ³	Konser amaçlı kullanılacak mekânlar için belirlenen kişi başı optimum hacim 8-10 m ³ aralığındadır (Kader, 2018: s.20).	4,23 m ³	Konser amacına uygun hale getirmek için koltuk adedi en fazla 320, en az 255 olmalıdır.	6,63 m ³	Konser amacına uygun hale getirmek için koltuk adedi en fazla 390, en az 310 olmalıdır.	-	-
Sahne Portalı	Sahne portalının yansıtıcı yüzeylerle tasarlanmasının öznel akustik parametrelerden akustik denge ve harmanlama kriterlerine olumlu etkisi olurken aynı zamanda dinleyici alanında yeterli erken yansıma sağlayacaktır (Toktaş, 2011: s.9).	-	-	Yutucu malzeme kaplı	Yutuculuk katsayısı 0,20'den düşük; yansıtıcı malzeme ile kaplanmalıdır. Ön yüzeyi delik perforasyonlu ve arka yüzeyi akustik tüllü panel, alçı panel, MDF panel, MDF panel üzeri keçe ve/veya mimari tekstil ürünleri ile	-	-

					yapılan kaplama panel, taş yünü, ahşap yünü, malzeme önerilerindendir.		
Dinleyici alanı yan duvar malzemesi	Yan duvar yüzeylerinin ses yansıtıcı olarak tasarlanması öznel akustik parametrelerden denge ve harmanlama ile birebir ilişkilidir. Nesnel bir ölçüt olan Netlik değeri ile onun öznel karşılığı olan uzamsallık yan duvarların tasarımıyla ilişkilidir. Uzamsallık etkisi artırılmak isteniyorsa, erken ses alanının karakteristiği ve yeterli yan yansıma sağlanması gereklidir (Özkartal, 2011: s.31).	-	-	-	-	Arkası 5 cm boşluklu, 5 cm taş yününden oluşan delikli yansıtıcı malzemenin yutma katsayısı 0.94'tür dolayısıyla yansıtıcı değil, yutucu niteliktedir.	Mekândaki reverberasyon süresinin uzamasına katkı sağlaması için yan duvar panelleri yutuculuk katsayısı 0,50 olan boşluksuz alçıpanel malzeme ile kaplanmalıdır.
Dinleyici alanı arka duvar malzemesi	Hacimlerde yankının önlenmesi için yansıma mesafesi kısıtlanmalı, dinleyiciye yansıma sağlayabilecek uzak mesafeli yüzeyler özellikle salon arka duvarı, yutucu özellikte olmalıdır. (Kul, 2018: s.30)	177,12 m ² 'lik arka duvarın yarısı yansıtıcı yarısı yutucu malzeme ile kaplanmıştır.	Arka duvarın tamamı, katsayısı 0,45 olan kalın kumaşla kaplanmalıdır.	-	-	-	-
Tavan Panelleri	Yansıtıcı tavan, bir tiyatro veya oditoryumun en önemli akustik özelliğidir (Elbaş, 2016: s.66). İyi bir saçıcılık, sesin yansıdığı tavan ve yan duvar yüzeylerinin sesin hacim içerisinde saçılarak yansımaya imkân verecek şekilde tasarlanmış olması gerekmektedir (Ökten, 2010: s.6).	-	-	-	-	Delikli akustik alçıpanel malzemenin yutuculuk katsayısı 0,70'tir dolayısıyla yansıtıcı değil, yutucu niteliktedir.	Tavanda kullanılacak malzeme, katsayısı 0,28 olan hava boşluklu MDF olarak tercih edilmelidir.
Parter	Dinleyici alanının sahneyi direkt görmeyi sağlayacak konforda olması önemlidir. Bunun için alanını eğimlendirmek tercih edilir. Ancak sabit eğimle yükseltilmişse, dinleyici alanında arka sıralara doğru işitme acısı küçülecektir. Bu da dolaysız sesin ön sıralarda daha fazla yutulup arka sıralara ulaşmasına sebep olacaktır. Eğer dinleyici alanı artan eğimle yükseltilirse bu sorun çözülmüş olur. Bu durumda her sıradaki dinleyici eşit görme ve işitme	Sabit eğim	İşitme açısının küçülmemesi için eğim sabitliği bozulup artan eğim üzerine dinleyici koltukları yerleştirilmelidir.	Sabit eğim	İşitme açısının küçülmemesi için eğim sabitliği bozulup artan eğim üzerine dinleyici koltukları yerleştirilmelidir.	-	-

	acıasına sahip olacaktır (Türk, 2011: s.28).						
Sahne – Zemin Yüksekliği	Müzik amaçlı kullanılacak salonlarda sahne yüksekliği için kabul gören ölçüt, zemin kat döşemesine göre en az 50 santimetre olmasıdır. 100 santimetreyi aşan yüksekliklerde orkestranın orta ve arka kısımları izleyiciler tarafından görülmeyebilir (Gürkan, 2013: 68).	111 cm	Sahne yüksekliği en fazla 100 cm olacak şekilde renovasyonu yapılmalıdır.	114 cm	Sahne yüksekliği en fazla 100 cm olacak şekilde renovasyonu yapılmalıdır.	-	-
Balkon Derinliği $D \leq 2H$	Derinliği yüksekliğinin iki katını aşan balkon altı tasarımından kaçınılmalıdır (Everest and Pohlmann, 2000: s.389).	-	-	-	-	760 cm $\leq$ 710 Ses gölgesi oluşur.	Balkon derinliğini azaltmak için balkonda yer alan 239 adet koltuk 139 adede düşürülmelidir.
RT	Grafik 1'e göre belirlenecek.	1,25 sn	1,48 saniyelik reverberasyon süresine ulaşılması için, 320 adet koltuk kullanılmalı ve dinleyici arka duvarının tamamı yutuculuk katsayısı 0,45 olan kalın kumaş ile kaplanmalıdır.	1,37 sn	1,49 saniyelik reverberasyon süresine ulaşılması için, 390 adet koltuk kullanılmalıdır. Başka herhangi bir yapısal değişikliğe gerek yoktur.	1,147 sn	1,78 saniyelik reverberasyon süresine ulaşılması için, 1200 adet koltuk kullanılmalıdır, yan duvar panelleri boşluksuz alçıpanel malzemeye kaplanmalıdır ve tavan panelleri hava boşluklu MDF olarak tercih edilmelidir.

Tablo 11: Üç Performans Mekânının Kabuller Işığında Mevcut Durumları ve İyileştirme Önerileri

2020 yılında hizmete başlayan Kocaeli Kongre Merkezi, kendisinden önce yapılan diğer 2 salon ile akustik değerleri malzeme seçimi açısından karşılaştırıldığında, günün genel geçer malzeme tercihleri ile akustik konforun sağlanmaya çalışıldığı salonda hiç yansıtıcı olmadığı için “cansız salonlar” olarak nitelendirilmektedir. Mimari biçimlenişin at nalı formunda oluşu ile diğer 2 salondan farklı olsa da Gade ve Haan’a göre akustik konforun sağlanmasında dikdörtgen formun en güvenilir tasarım şekli olduğu ortaya konulmuştur. Yüksel Can’a göre ise müzik amaçlı kullanılan hacimlerde dikdörtgen plan şemasının akustik açıdan daha uygun sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

İnsanların iyi görmek kadar, iyi duymak, anlamak ve bundan keyif almak ihtiyacı her mekân ve zaman için geçerlidir. Bir performans mekânı ne amaç için programlanırsa programlansın dinleyicilerin işitme konforu sağlanmalıdır. Bu, kültüre, sanata ve bunlardan beslenen insana verilen önemin bir göstergesidir. Çıkan sonuca göre üç performans mekânı da dinleyici perspektifinden bakıldığında dinleyiciyi memnun etmeyecek; icracı perspektifinden bakıldığında ise icracıya arzu ettiği performansı sergilemesine imkân vermeyecektir. Çalışmada incelenen üç mekânda ortak düzeltilmesi gereken unsur, koltuk sayısında olmuştur. Ayrıca bu mekânlar arasında, doğal akustikten faydalanarak gerçekleşen müzik performansında reverberasyondan en fazla yoksun olan Kocaeli Kongre Merkezi Akçakoca Oditoryumu olduğu görülmektedir. Kocaeli Kongre Merkezi, Süleyman Demirel Kültür Merkezi ve Sabancı Kültür Sitesi çok amaçlı performans mekânlarıdır ve hem akustik konfor koşulları ile hem hacimce büyüklükleri ile kentte yaşayan insanların talebine cevap verememektedir. Bu çalışma ile kentimizde 1000 üzerinde oturum kapasiteli, işitsel konfor koşulları sağlanmış çok amaçlı performans mekânları ya da müzik işlevli salonların yapılması ihtiyacı olduğu açıktır. Ayrıca bu çalışmanın, doğru malzeme tercihi ve doğru reverberasyon süresi hesabı ile akustik konfor parametrelerine uygun, işitsel kalitesi yüksek nice mekânlar yapılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Barron, Michael (2010). Auditorium Acoustics and Architectural Design. USA: Spoon Press.

Beranek, Leo. (2004) Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics and Architecture. New York: Springer.

Çalışır, Feridun (2004). Müzik Dili Sözlüğü. Ankara: Ataçağ Sanatevi Yayınları.

Çelikyurt, Cengiz (2002) Sessizliğin Sesi: Tinnitus. İstanbul: Nobel Yayınevi.

Devranoğlu, İrfan (2011) Dış ve Orta Kulak Cerrahisi. İstanbul: Deomed Yayıncılık.

Everest, F. A., C. Ken Pohlmann. (2009) The Master Handbook of Acoustics. USA: McGraw Hill.

Gazimihal, Mahmut Ragıp (1961). Müzik Sözlüğü. İstanbul: Milli Eğitim Basımevi.

Göktepe, Mehmet Emin (2014). Müzikte Ses Süre Hız Yoğunluk. Ankara: Phoenix Yayınevi.

Hasol, Doğan (2022) Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. İstanbul: Yem Yayın.

Özer, Muzaffer (1979). Yapı Akustiği ve Ses Yalıtımı. İstanbul: Arpaz Matbaacılık.

Parker, Barry (2015). Güçlü Titreşimler (Çev. Cenk Güray-Mahmut Sözer). Ankara: Semih Ofset Matbaacılık San. Ve Tic. Ltd. Şti.

Sirel, Şazi (1974). Yapı Akustiği I. İstanbul: İnkılap ve Aka Basımevi.

Şentop Dümen, A., Zuhal Özçetin (2022). Akustik Sözlüğü. İstanbul: Hiperyayın.

Yılmaz Demirkale, Sevtap (2007) Çevre ve Yapı Akustiği. İstanbul: Birsen Yayınevi.

Makaleler ve Diğer Basılı Yayınlar

Andante Dergisi (2019). “Hamburg’un İncisi Elbphilharmonie’de Fiyasko.” (148): s.10.

“Beynimizin İçinde” Eki (2013). Bilim ve Teknik, Tübitak Yayınları, Sayı 543.

Demirarslan, Kazım Onur ve Deniz Demirarslan (2018). “Sanayileşme, Kentleşme ve Çevre İlişkisi: Kocaeli İli Örneği.” Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi, 1(1): s. 29-43.

Gao, J., Sk Tang, Yuezhe Zhao et al. (2020). "On The Performance Of Existing Acoustic Energy Models When Applied To Multi-Purpose Performance Halls" *Applied Acoustics*, (167): s.1-14.

İnanlı, Habip ve Murat Yorulmaz (2021). "Konteyner Limanlarında Dijital Dönüşüm: Kocaeli Limanlarında Bir İnceleme" *The Journal of Social Science*, 5(10): s.462-473.

Kurtay C., Gülsu Ulukavak Harputlugil ve Muammer Yaman (2021). "Kare Planlı Yüksek Tavanlı Hacimlerde Ses Yutucu Malzemelerin Konumlarına Göre Reverberasyon Süresine Etkisi." *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* (26)4: s. 2069-2079.

Oğuz D., Halis Saygı ve Nevin Akpınar (2010). "Kentiçi Endüstri Alanlarının Dönüşümüne Bir Model: İzmit/Sekapark." *Coğrafi Bilimler Dergisi*. 8 (2): s.157-167.

Oral Aydın, Elif Özlem ve Reyhan Çömlekçioglu Kartal (2010). "Kocaeli Seka I. Kağıt Fabrikası'nın Mimari Analizi ve Yeniden Kullanım Önerileri." *Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi*, (8): s.21-34.

Öziş Feridun ve Suat Vergili (2008). "Dinleyici-Orkestra-Müzisyen Perspektifinde Konser Salonlarının Akustik Tasarım Parametreleri." *Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Dergisi*, (13): s.35-41.

Sazak, Nilgün (2008). "Müziksel Algılamının Temel Boyutları." *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 5(1): s.1-11.

Soysal Acar A. Ş., Kızbes Meral Kılıç, Sirel Karakaş (2005). "Temporal Lobun Sesi: Müzik". *Yeni Symposium*. 3(43): s.107-113.

Uyanıker, Ferdi (2021) "Gölcük Deniz Ana Üs Komutanlığının Tarihi Gelişimi (1921-2016)" *Savunma ve Savaş Araştırmaları Dergisi*, 31 (1): s.79-116

Yıldız, Selin ve Mehmet Fatih Döker (2016). "İzmit Şehrinin Nüfus Gelişimi" *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, (32): s. 32-47.

Tezler

Aktı, Büşra. (2014) Daire Planlı ve Kubbe Bitişli Çok Amaçlı Salonlarda Akustik Performansın Tasarım Değişkenleri Aracılığıyla Simülasyon Programında İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Aslantaş, Sevgi (2020). Değişken Akustik Tasarım. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara.

Bayoğlu, Müjgan (1998). İç Mimaride Hacim Akustiğinin Tasarıma Etkileri (Konser Salonları, Çok Maksatlı Salonlar ve Tiyatro Salonları İçin Ses Ölçümünün

İrdelenmesi). Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bayramoğlu, Gülşah Sibel (2017). Oditoryumların Akustik Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Budak, Ayşegül (1994). Atatürk Kültür Merkezi Büyük Salonunun Akustik Açısından Performansının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çelik, Emine (1998). Yutucu Gereçlerin Hacim İçindeki Kullanım Yerlerinin Akustiğe Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Elbaş, Özgür (2016). Konser Salonlarında Yer Alan Yapısal Eleman, Mobilya ve Donatıların Orkestra Sanatçılarının Performansı Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara.

Eren, İrem (2019). Sveti Stefan Kilisesi'nin Ayrı İşlevler İçin Akustik Açısından Değerlendirilmesi ve İyileştirme Önerisi Getirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ergin, Dirun (2014). Gelişen Teknoloji Işığında Performans Mekânlarında İşitsel Konfor Gereksinimleri ve Akustik Tasarım Yaklaşımları. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Erol, Hayriye Bahar (2006) İç Mekânda Malzeme Kullanımında Akustik Performans Kriterleri. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Geyyas, Fatma Belgin (2019). Konser Salonlarında Orkestra Kabuğu Tasarımının Salonun Akustik Performansı Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Güler, Damla. (2017) Kapalı Hacimlerde Ses-Mekân İlişkisi ve Psikoakustik Kavramı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gürel, Nihan (2007). İlköğretim Okullarının Akustik Açısından İncelenmesi: İstanbul'da Bir İlköğretim Okulu Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gürkan, Ergin. (2013) At Nalı Plan Tipi Salonların Konser ve Opera İşlevlerinde Akustik Tasarım Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

İlisulu, Sabahat Gül (2010). Tiyatro Salonlarının Akustik Açısından Değerlendirilmesi ve Bir Örnek Çalışma: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Beyoğlu Sahnesi. Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

İşlek, Büşra (2021). İşlev Değiştiren Mekanların Akustik Açısından Değerlendirilmesine Yönelik Örnek Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kader, Sümeyye (2018). İstanbul Devlet Tiyatroları Üsküdar Tekel Sahnesi'nin Akustik Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kalaycı, Tuğçe (2016). İç Mekân Tasarımının Hacim Akustiğine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara.

Kanat İçöz, Merve (2020). Gösteri Salonlarının Akustik Girdilere Göre Mekânsal ve Yapısal Analizi: Konya Selçuklu Kongre Merkezi. Yüksek Lisans Tezi, Necmeddin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Kul, Hilal (2018). Eskişehir'deki Salonların Akustik Envanter Çalışması ve A.Ü. AKM Opera ve Bale Salonu'nun Akustik Konfor Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Kurtulan, Zekeriya (2009). M. S. G. S. Ü. Sedat Hakkı Eldem Oditoryumunun Hacim Akustiği Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kutluk, Ozan (2019). Konser Salonlarının Akustik ve Elektroakustik Performans Değerlendirmesinde Parametrelerin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.

Ökten, Gizem (2010). Mimari Form ve Yüzey Saçıcılığın Akustik Parametreler Üzerindeki Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Örün, Gonca (2011). Acoustical Analysis And Taxonomy Of Performance Halls In Early Republican Period In Ankara: Resim Heykel Müzesi, Küçük Tiyatro and Opera. Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Özkartal, Naciye Esra (2011). Konser Salonlarında Akustik Konfor Parametrelerinin Analizi ve Bir Örnek Çalışma. Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Öztan, Erdinç (2016). AASSM Küçük Salonu'nun Hacim Akustiği Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.

Pektaş, Sümeyra (2014). Konser Salonlarında Ses Dağıtıcıların Kullanılması ve Gazi Konser Salonu Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Sütlüoğlu, Muhammed Şamil (2007). Kültür Merkezlerinde Mekân Ölçeğinde Malzeme Analizi: Büyük Salon Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tamer Bayazıt, Nurgün (1999). Dikdörtgen Kesitli Konser Salonlarının Akustik Değerlendirmesi için Bir Tasarım Yöntemi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Teke, Dilara. (2012) Arena Tip Salonlarda Mimari Tasarım Öğelerinin Bilgisayar Simülasyon Çalışması ile Akustik Açından İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Toktaş, Sefa (2011). Çok Amaçlı Salonların Akustik Açından Değerlendirmesi: F. Ü. Atatürk Kültür Merkezi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ.

Türk, Ezgi. (2011) İstanbul'daki Salonların Akustik Kalitesinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Türkmen, Rıza (2013). Oditoryumlarda Akustik Performansın İyileştirilmesine Yönelik Tasarım Parametrelerinin Geliştirilmesi ve Bir Örneklem. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Uzun, Burak (2022). Konser Salonlarında Dinleyici Konumundaki Akustik Koşulların Bütünsel Akustik Kalite Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesine Yönelik Bir Yaklaşım. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Vergili, Suat (2008). Yansıma Süresi Farklılıklarının Değerlendirilmesi: fMRI Çalışması. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.

Vural, Anıl (2009). İstanbul'da Bulunan Dört Konser Salonunun Akustik Açından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yaşar, Aslıhan (2021). Konservatuvar İşlevli Okullarda Mekânların Akustik Performanslarının Geliştirilmesine Yönelik Fiziksel Müdahale Uygulamalarına İlişkin Öneriler Ondokuz Mayıs Üniversitesi Devlet Konservatuvarı Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Yaşaroğlu, Kerime (2006). Açık hava Tiyatrolarının Akustik Açından Değerlendirilmesi: Cemil Topuzlu Açık hava Tiyatrosu Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yücel, Çiğdem (1987). Oditoryumlarda Akustik Önlemler ve Çoklu Kullanım. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ders Notları ve Görüşmeler

KBB Uzmanı Coşkun Durmuş ile görüşme, 2013

Kültür ve Turizm Şube Müdürü Hatice DOĞANCI ile görüşme, 2022

Nörolog Ayşe Akpınar ile görüşme, 2013

Özçevik A., Zerhan Yüksel Can (2011-2012). Hacim Akustiği Kuramı I Ders Notu,

Özsan, Sarper (2011-2012) Kocaeli Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Müzik Bölümü Müzikoloji Anasanat Dalı, Çalgı Bilgisi Ders Notları, Kocaeli.

SDKM Halkla İlişkiler birimi yetkilisi Meltem KELAV ile görüşme, 2022.

Ses Mühendisi Semih ULUS ile görüşme, 2017

Yılmaz Demirkale, Sevtap. İYEM SES A Seminer Notları, 2007

Yüğrük Akdağ, Neşe. Yapı Fiziği II Dersi, Hacim Akustiği Ders Notları.

ELEKTRONİK KAYNAKLAR

URL-1 https://en.wikipedia.org/wiki/Brodmann_areas_41_and_42

URL-2 <https://www.panotours.eu/360/concertgebouw/>

URL-3 <https://www.concertgebouw.nl/en/kaartverkoop/categories-and-seating-charts>

URL-4 https://www.bcc.hu/meeting_room/patria/

URL-5 <https://www.bcc.hu/congress-center/iplan-design-event/>

URL-6 <https://liamrudden.wordpress.com/2021/05/21/snapshots-of-edinburghs-historic-usher-hall/>

URL-7 <https://www.usherhall.co.uk/your-visit/how-book>

URL-8 <https://www.berliner-philharmoniker.de/en/chamber-music-groups/group/philharmonic-camerata/>

URL-9 <https://www.berliner-philharmoniker.de/en/concerts/floor-plan-price-list-philharmonie/>

URL-10 Pierre Boulez Saal Resmi Facebook sayfası

<https://www.facebook.com/boulezsaal/photos/a.1690165974599585/2678091422473697/?type=3&mibextid=unz460>

URL-11 <https://www.boulezsaal.de/en/buy-tickets/seating-charts>

URL-12 <https://www.andante.com.tr/tr/7227/Berlin-Barenboim-Sayesinde-Yeni-Bir-Konser-Salonuna-Kavustu>

URL-13 <https://www.kotobuki-seating.co.jp/en/projects/list/detail.html?pdid1=00367>

URL-14 <https://www.t-bunka.jp/en/hall/large.html>

URL-15 <https://www.liederhalle-stuttgart.de/en/for-organizers/room-planner/beethoven-hall/>

URL-16 <https://www.liederhalle-stuttgart.de/en/for-organizers/room-planner/beethoven-hall/>
URL-17 <https://meyersound.com/news/verizon-hall/>
URL-18 <https://www.ticketluck.com/venues/Kimmel-Center-Verizon-Hall/index.php>
URL-19 <https://www.ndermatt.ch/en/attractions/ndermatt-concert-hall-aa5bf3d6fc>
URL-20 <https://www.designcurial.com/news/ndermatt-concert-hall-by-studio-seilern-architects-7341176/>
URL-21 <https://cip.tuik.gov.tr/>
URL-22 <https://kocaeliliman.uab.gov.tr/istatistiklerle-kocaeli>
URL-23 <https://kosano.org.tr/rakamlarla-kocaeli/>
URL-24 <https://kosano.org.tr/rakamlarla-kocaeli/>
URL-25 <http://www.golcuk.gov.tr/donanma-kenti-golcuk>
URL-26 <https://www.sabancivakfi.org/tr>
URL-27 <https://www.kocaeli.bel.tr/tr/main/news/kultur/15/buyuksehir-oda-orkestrasinda-ilk-konser-heyec/41149>
URL-28 <https://kosano.org.tr/ataturkun-sevdigi-sarkilari-birlikte-soylediler/>
URL-29 <https://www.kocaelilife.com/ataturk-un-sevdigi-sarkilar-konseri/>
URL-30 <https://www.kocaeli.bel.tr/tr/main/birimler/kultur-ve-sosyal-isler-dairesi-baskanligi/50/33397>
URL-31 <https://demokratkocaeli.com/haber/8378651/istanbul-devlet-senfoni-orkestrasi-duygulandirdi>
URL-32 <https://www.ozgurkocaeli.com.tr/haber/12077972/kso-oda-orkestrasindan-yaza-veda-konseri>
URL-33 <https://www.hurriyet.com.tr/kelebek/en-aci-konser-4303347>
URL-34 <https://kocaeli.ktb.gov.tr/TR-69192/kocaeli-sabanci-kultur-merkezi.html>
URL-35 <https://www.sabancivakfi.org/tr/kultur/kocaeli/sabanci-kultur-merkezi>
URL-36 <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/izmite-yeni-kultur-merkezi-39039064>
URL-37 <https://www.dbkes.com.tr/index.php/kadromuz/selma-kurra>
URL-38 <https://www.kocaelikoz.com/haber/5820001/izmitin-en-eski-fabrikalarindandi-yikilacak>

ÖZGEÇMİŞ

2005-2009 yılları arasında Gölcük Barbaros Hayrettin Lisesi'nde fen bilimleri bölümü okudu. 2005 yılında yetenek sınavıyla kazandığı Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Konservatuvarı'nda 6 sene Batı Müziği alanında keman, solfej ve oda müziği eğitimi aldı. Müzik okumak istediğine karar vererek yetenek sınavlarına girdi ve 2009 yılında Kocaeli Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Müzik bölümü Müzikoloji anabilim dalını kazandı. 2013 yılında mezun oldu. 2013 yılında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi'nde Pedagojik Formasyon eğitimi aldı.

2015 yılında Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İç Mimarlık Anasanat Dalı yüksek lisans programını kazandı. Aynı yıl, Siirt'in Şirvan ilçesine müzik öğretmeni olarak atandı.

2019 yılı ocak ayından itibaren İzmit Mimar Sinan Ortaokulu'nda müzik öğretmeni, 2021-2022 eğitim-öğretim yılından itibaren Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Konservatuvarı'nda keman eğitmeni olarak görevini sürdürmektedir. 2022 yılından beri Kocaeli Büyükşehir Belediye Konservatuvarı Oda Orkestrası'nın II. keman grubu üyesidir.