



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ**

İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı

**SAHNE MEKANLARINDA AKUSTİK PERFORMANSIN İYİLEŞTİRİLMESİ
VE KARŞILAŞTIRMALI OPERA SALONLARI ÖRNEKLERİ**

Aycan Numanoğlu Pamukcu

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2026



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ

İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı

SAHNE MEKANLARINDA AKUSTİK PERFORMANSIN İYİLEŞTİRİLMESİ
VE KARŞILAŞTIRMALI OPERA SALONLARI ÖRNEKLERİ

Aycan Numanoğlu Pamukcu

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2026

SAHNE MEKANLARINDA AKUSTİK PERFORMANSIN İYİLEŞTİRİLMESİ
VE
KARŞILAŞTIRMALI OPERA SALONLARI ÖRNEKLERİ

Danışman: Prof. Dr. Pelin YILDIZ

Yazar: Aycan NUMANOĞLU PAMUKCU

ÖZ

Bu yüksek lisans tezi, sahne mekanlarında optimal akustik performansın elde edilmesi ve mevcut akustik sorunların iyileştirilmesinde iç mekan tasarım kriterlerinin belirleyici etkisini araştırmaktadır. Çalışmanın ana amacı, mimari akustik biliminin temel ilkeleri doğrultusunda, hacim, form, yüzey malzemeleri ve donanım gibi iç mekan öğelerinin yankılanma süresi, ses netliği ve ses dağılımı gibi temel performans göstergeleri üzerindeki doğrudan ilişkisini analiz etmektir. Kapsam, kuramsal temellerin oluşturulmasının ardından, akustik başarıları kanıtlanmış opera salonlarının karşılaştırmalı vaka analizleriyle derinleştirilmiştir. İzlenen yöntem, detaylı literatür taraması ve seçilen örnek mekanların tasarım çözümlerinin incelenmesine dayanmaktadır. Elde edilen bulgular, sahne mekanının geometrik düzenlemesi ve iç yüzeylerde kullanılan özel akustik malzemelerin (yutucu, yansıtıcı, dağıtıcı) performansı iyileştirme potansiyelini ve stratejilerini ortaya koymaktadır. Tez, iç mekan tasarım müdahalelerinin, sahne mekanlarının çok yönlü kullanımına uyum sağlayacak şekilde akustik kaliteyi iyileştirerek en üst düzeye taşıma yollarını vurgulamakta ve mimarlar ile iç mimarlar için uygulamaya yönelik tasarım önerileri geliştirmektedir.

Anahtar sözcükler: Sahne mekanları, akustik performans, akustik iyileştirme, iç mekan tasarımı, opera salonları, yankılanma süresi, mimari akustik.

ENHANCING ACOUSTIC PERFORMANCE IN PERFORMANCE SPACES

AND

COMPARATIVE CASE STUDIES OF OPERA HALLS

Supervisor: Prof. Dr. Pelin YILDIZ

Author: Aycan NUMANOĞLU PAMUKCU

ABSTRACT

This master's thesis investigates the determining influence of interior design criteria on achieving optimal acoustic performance and improving existing acoustic deficiencies within stage spaces. The main objective of the study is to analyze the direct correlation between architectural acoustic principles and interior elements such as volume, form, surface materials, and equipment on core performance indicators like reverberation time, sound clarity, and sound distribution. The scope involved establishing the theoretical foundation, followed by deepening the research through comparative case studies of acoustically successful opera houses. The methodology is based on a detailed literature review and the examination of design solutions from selected exemplary venues. The findings reveal the potential for performance improvement and the strategies inherent in the geometric arrangement of the stage space and the specific acoustic materials (absorbent, reflective, diffusive) used on interior surfaces. The thesis emphasizes how interior design interventions can maximize the versatile use of performance spaces by enhancing acoustic quality, and it develops practical design recommendations for architects and interior designers.

Keywords: Stage spaces, acoustic performance, acoustic improvement, interior design, opera houses, reverberation time, architectural acoustics.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZ	i
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iii
TABLolar DİZİNİ	viii
GÖRSELLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM: SAHNE MEKANLARINDA AKUSTİK PERFORMANSIN ORTAYA ÇIKIŞI, GELİŞİMİ VE GÜNÜMÜZ	3
1.1. Akustik Prensiplerin Keşfi ve Tarihsel Süreci.....	3
1.1.1. Sahne Mekanlarında Akustiğin Tanımı ve Akustik İyileştirmenin Amacı..	4
1.1.2. Antik Yunan'dan Roma Dönemi ve Sonrasında Akustik Prensiplerin Gelişimi.....	4
1.1.3. Bilimsel Akustiğin Ortaya Çıkışı ve Temel Kavramlar	6
1.2. Sahne Mekanı Tiplerinin Evrimi ve Tek Amaçlı Salonlardan Çok Amaçlı Salon Kullanımına Geçiş.....	8
1.2.1. Klasik Konser ve Opera Salonlarında Tek Amaçlı Akustik Düzenlemeler.....	9
1.2.2. Fonksiyonel İhtiyaçların Dönüşümü ve Çok Amaçlı Salonların Gelişimi.....	11
1.3. Günümüz Teknolojisinin Akustik Tasarım Sürecine Etkileri	12
1.3.1. İnsan Kulağının Algısı ve Akustik Konforun Merkezindeki Rolü.....	12
1.3.2. Dijital Teknolojiler, Yapay Zeka ve Değişken Akustik Sistemlerin Sahne Performansına Etkisi.....	13
2. BÖLÜM: İÇ MEKAN TASARIM KRİTERLERİNİN SAHNE MEKANINDA AKUSTİK PERFORMANSIN İYİLEŞTİRİLMESİNDEKİ YERİ	15
2.1. Sahne Mekanı Tipolojileri ve İç Mekan Formunun Akustik Oluşumuna Etkisi	15
2.1.1. Sahne Mekanlarında İşlevsel ve Biçimsel Tipolojiler	16

2.1.2. Hacim ve Boyut Kriterlerinin Akustik Performans Üzerindeki Belirleyiciliği.....	18
2.2. İç Mekanda Akustik Oluşumu ve Temel Etkileşimler	20
2.2.1.Sesin İç Mekanda Davranışı: Yansıma, Soğurma ve Saçılma Kavramları.....	20
2.2.2.İç Mekan Tasarım AnlayışıAçısından Sahne Mekanları İçin Gerekli Akustik Ortam Koşulları.....	22
2.3. Sahne Mekanlarında Akustik İyileştirmeye Yönelik İç Mekan Tasarım Kriterleri.....	24
2.3.1. İç Yüzey Geometrisi ve Boşluk-Doluluk Oranının Kullanımı	24
2.3.2. Sahne ve Seyirci Alanı İlişkisi	25
2.3.3. Akustik Malzeme Özellikleri ve Seçimi	27
3. BÖLÜM: İÇ MEKAN KRİTERLERİNİN SAHNE MEKANLARINDAKİ AKUSTİK PERFORMANSI İYİLEŞTİRMEDEKİ ETKİLERİNİN OPERA SALONLARI ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ	29
3.1. Akustik İyileştirme İncelemelerinin Sahne Mekanları İçinde Opera Salonları Üzerinden Değerlendirilme Gerekçeleri	29
3.2. Opera Salonlarında Akustik İyileştirme İhtiyacının Başlıca Sebepleri	31
3.3. İç Mekan Tasarım Anlayışıyla Opera Salonlarında Akustik İyileştirmeyi Sağlamaya Yönelik Gerekliliklerin Tespiti	32
3.4. Opera Salonlarında Akustik Kaliteyi Etkileyen İç Mekan Tasarım Ölçütleri	33
3.5. Opera Salonlarında Akustik Performansı İyileştirmeye Yönelik İç Mekan Tasarım Çözümler.....	37
4. BÖLÜM: KARŞILAŞTIRMALI OPERA SALONLARI ÜZERİNDEN AKUSTİK TASARIM SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ.....	40
4.1. Tarihi Dokunun Akustik Adaptasyonu Olarak Ankara Opera Sahnesi	40
4.1.1. İç Mekan Tasarım Yaklaşımıyla Yapısal Dönüşüm, Geometrik Kurgu ve Malzeme Çözümlerinin İncelenmesi.....	41

4.1.3. Gözlemlene Akustik Çatışmalar ve İç Mekan Tasarım Anlayışıyla İyileştirme Müdahaleleri	44
4.2. Tarihsel Bir Model Olarak Opera Garnier (Palais Garnier)	45
4.2.1. İç Mekan Tasarım Yaklaşımıyla İdeal “At Nalı” Formunun Geometrik Kurgusu ve Malzeme Özellikleri	45
4.2.2. Mevcut Akustik Performans, Koşullar ve Temel Ses Parametreleri Analizi	48
4.2.3. Süsleme Sanatı, Doku Katmanları ve Akustik Difüzyona Dayalı İyileştirme Yaklaşımları	48
4.3. Modern Akustik Mimarının Temsili Atatürk Kültür Merkezi (İstanbul)	49
4.3.1. İç Mekan Tasarım Yaklaşımıyla Modern Tasarım Felsefesi, Geometri ve Fonksiyonel Çeşitliliğe Yönelik Malzeme Seçimlerinin İncelenmesi	50
4.3.2. Mevcut Akustik Performans, Koşullar ve Temel Ses Parametreleri Analizi	52
4.3.3. Sahne Donanımı, Akustik Hesaplamalar ve Akustik İyileştirme İçin İç Mekan Tasarım Çözümleri	52
4.4. Sembolik Formun Akustik İyileştirilmesi açısından Sidney Opera Binası İç Mekan Çözümlenmeleri	53
4.4.1. İç Mekan Tasarım Yaklaşımıyla Orijinal Tasarım Geometrisi ve İç Mekan Malzeme Karakteristiğinin İncelenmesi	54
4.4.2. Orijinal Akustik Performans, Ortam ve Temel Ses Parametreleri Analizi	56
4.4.3. Gözlemlenmiş Problemler ve İç Mekan Malzeme Odaklı Radikal İyileştirme Çalışmalarının İncelenmesi	57
5. BÖLÜM: ÖRNEK OPERA SALONLARININ SENTEZİ VE İÇ MİMARLIK DİSİPLİNİNE KATKILAR	58
5.1. Örnek Opera Salonlarının Seçilme Gerekçeleri	58
5.2. Örnek Opera Salonlarındaki Akustik Çözümlerin Karşılaştırmalı Analizi .	59
5.2.1. Akustik Kriterler Açısından Kıyaslama	61

5.2.2. Mekansal Biçimlenme ve Malzeme Seçimi Stratejilerinin Karşılaştırılması (Adaptasyon, Sentez, İyileştirme).....	62
5.3. Akustik Performansın İyileştirilmesindeki Faktörler.....	63
5.3.1. İç Mekan Tasarımında Öne Çıkan Tasarım Kriterleri	63
5.3.2. Akustik Performansın İyileştirilmesine Katkı Sağlayan Tasarım Aşamaları.....	65
5.4. Karşılaştırmalı Analizlerin Genel Olarak Değerlendirilmesi ve Sonucu	65
SONUÇ	68
KAYNAKÇA.....	70
YAYIMLAMA VE FİKRÎ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	77
ETİK BEYANI	78
YÜKSEK LİSANS TEZİ ORJİNALLİK RAPORU	79
MASTER'S THESIS ORIGINALITY REPORT	80

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Opera Salonlarının Temsil Ettiği Kategori ve Akustik Problemlerine Göre Karşılaştırma	60
Tablo 2. Salonlarındaki Akustik Performans Hedeflerinin Karşılaştırmaları	61
Tablo 3. Opera Salonlarının Form ve Malzeme Seçimi Karşılaştırması.....	63
Tablo 4. Opera Salonları Akustik İyileştirme ve Tasarım Stratejileri Sentez Tablosu	63

GÖRSELLER DİZİNİ

Görsel 1. Wallace Sabine tarafından tasarlanan Yeni Boston Müzik Salonu (altta), Eski Müzik Salonu (üstte).....	3
Görsel 2. Pisagorculukta sayısal uyumu, evrensel düzeni ve müzikal oranları temsil eden Tetraktys sembolü	4
Görsel 3. Pythagoras Felsefesinde ses ve matematik ilişkisi üzerine	5
Görsel 4. Antik Çağda Yunan Tiyatrosu	5
Görsel 5. Antik Roma Tiyatrosu mimari kurgusu	6
Görsel 6. Sahne mekanlarında sesin yayılma ve yansıma kurgusu	7
Görsel 7. Sahne mekanında sesin biçimlenmesine ilişkin bilimsel kavramlar.....	8
Görsel 8. Sahne mekanında formun biçimlenmesi	9
Görsel 9. Viyana Musikverein kesit, plan ve iç mekan	10
Görsel 10. San Carlo Tiyatrosu plan.....	10
Görsel 11. New York Flarmoni Salonu iç mekan görünümü.....	11
Görsel 12. Mekanda ses oluşumuna göre akustik konfor algısının şekillenışı	13
Görsel 13. Konser salonundan opera salonuna dönüşüm (sol), oditoryumdan opera salonuna dönüşüm (sağ).....	14
Görsel 14. Ayakkabı Kutusu Tipi	16
Görsel 15. Yelpaze Tipi	17
Görsel 16. Bağ Terası Tipi.....	17
Görsel 17. At Nalı Tipi	18
Görsel 18. Oranların mekansal gösterimi (üst sol).....	19
Görsel 19. Grafik gösterimi (üst sağ)	19
Görsel 20. Sesin mekan içinde hareketleri (alt)	19
Görsel 21. Sahne mekanında sesin davranış şekilleri	20
Görsel 22. RT60 Grafiği.....	22
Görsel 23. Kritik Ölçütlerin Sağlanması ve Homojen Dağılım.....	23
Görsel 24. Dış gürültüye karşı ses yalıtımı	24
Görsel 25. Difüzörlerin konumlanması.....	24
Görsel 26. Seyirci Alanı	25
Görsel 27. Sahne Kabağı	26
Görsel 28. Balkon cephelerinde ses yansımaları.....	27

Görsel 29. Yansıtıcı yüzey malzemelerinin kaplı olduğu sahne mekanı	27
Görsel 30. Ses emilimi yapan döşeme (sol)	28
Görsel 31. Duvar-tavan yüzey malzemeleri (sağ).....	28
Görsel 32. Bölgesel panellerle yan duvar yansımalarının geliştirilmesi	27
Görsel 33. Opera sahnesinde vokal, orkestra ve seyirci dengesi	30
Görsel 34. Sesin Seyirciye Dağılımı	31
Görsel 35. Orkestra Çukurunda Sesin Dağılım Şeması	34
Görsel 36. Katlı Balkonlu Opera Salonlarında Sesin Vektörel Yol Haritası.....	34
Görsel 37. Opera Salonlarında Tavan ve Duvar Yüzeylerini Akustik İyileştirme Amaçlı Kullanılan Malzeme Kaplamasının Sanal Tasviri.....	35
Görsel 38. – Görsel 39. Ses Enerjisinin Eşit Dağılımını Sağlayan Yüzey Difüzörleri	36
Görsel 40. Boş salonlarda akustik soğurma sağlayan malzeme yüzeyleri	36
Görsel 41. Stratejik Soğurma Uygulamalarına Sanal Görsel Örneği	37
Görsel 42. Görsel Sıcaklık, İşitsel Parlaklık Sağlayan Doku Örneği	38
Görsel 43. Düşük Frekans Kontrolünü Sağlamak İçin Uygulanan Yüzey Dokuları	38
Görsel 44. Hareketli Portal	39
Görsel 45. Ses Emici Yüzeylerin Hareketini Sağlayan Gizlenebilen Motor ve Ray Sistemleri.....	39
Görsel 46. Ankara Devlet Opera ve Balesi (Büyük Tiyatro).....	40
Görsel 47. Ankara Devlet Opera ve Balesi Mimari Plan	41
Görsel 48. Ankara Devlet Opera Salonu Sahnesi 1.....	42
Görsel 49. Ankara Devlet Opera Salonu Sahnesi 2.....	42
Görsel 50. Ankara Devlet Opera Salonu malzeme çözümlenmeleri	43
Görsel 51. Opera Garnier	45
Görsel 52. Opera Garnier mimari plan.....	46
Görsel 53. Opera Garnier seyirci ve sahne	46
Görsel 54. Opera Garnier sahne	47
Görsel 55. - Görsel 56. Opera Garnier tarihi doku örnekleri	47
Görsel 57. Atatürk Kültür Merkezi (İstanbul).....	49
Görsel 58. Atatürk Kültür Merkezi (İstanbul) mimari plan	50
Görsel 59. Atatürk Kültür Merkezi (İstanbul) hacim geometrisi	51

Görsel 60. Atatürk Kültür Merkezi (İstanbul) malzeme ve doku	51
Görsel 61. Sidney Opera Binası	54
Görsel 62. Sidney Opera Binası mimari plan.....	54
Görsel 63. Sidney Opera Binası hacim geometrisi	55
Görsel 64. Sidney Opera Binası malzeme ve doku örüntüsü.....	56

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A: Toplam Soğurma Miktarı

AKM: Atatürk Kültür Merkezi

C80: Netlik (Clarity, İlk 80 ms Ses Enerjisi Oranı)

CATT: Computer Aided Theatre Technique (Akustik Simülasyon Yazılımı)

D50: Tanımlılık (Definition, Konuşmanın Anlaşılabilirlik Kriteri)

dB: Desibel (Ses Şiddeti Birimi)

EASE: Electro-Acoustic Simulator for Engineers (Akustik Simülasyon Yazılımı)

EDT: Erken Sönümlenme Süresi (Early Decay Time)

FEA: Sonlu Elemanlar Analizi (Finite Element Analysis)

Hz: Hertz (Frekans Birimi)

IACC: Kafalar Arası Korelasyon Katsayısı (Inter-Aural Cross-Correlation Coefficient)

NC: Gürültü Kriteri (Noise Criteria)

N: Koltuk Kapasitesi (Seyirci Sayısı)

QRD: Kuadratik Kalıntı Difüzörü (Quadratic Residue Diffuser)

RT60: Yankılanma Süresi (Reverberation Time): Gürültü Kriteri (Noise Criteria)

STI: Konuşma İletim İndeksi (Speech Transmission Index)

V: Toplam Hacim (Volume)

V/N: Hacim/Koltuk Oranı

V.A.S.: Değişken Akustik Sistemler (Variable Acoustic Systems)

YZ: Yapay Zeka

α : Soğurma Katsayısı (Absorption Coefficient)

GİRİŞ

Performans sanatlarının hayat bulduğu sahne mekanları, binlerce yıldır insan deneyimini biçimlendiren, mimarlık ve kùltür tarihi açısından benzersiz ve kimliği olan yapılardır. Bu yapıların başarısı, görsel ihtişamın ötesinde, iç mekanda kurgulanan işitsel deneyimin kalitesiyle, yani akustik performansın iyileştirilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Sesin netliğini, gücünü ve doğallığını dinleyiciye ideal biçimde ulaştırma yeteneği, bir sahne mekanının işlevsel kimliğini tanımlayan en kritik unsur olarak öne çıkmaktadır. Özellikle günümüzde, esnek kullanım ihtiyacının artması ve tek amaçlı klasik salonlardan çok amaçlı komplekslere geçiş eğilimi, akustik iyileştirme süreçlerinin sürdürülebilirliğini ve başarısını, iç mimari tasarımın merkezine yerleştiren karmaşık bir problematik ortaya çıkarmıştır. Bu tez çalışması, estetik ve işlevselliği birleştiren iç mekan tasarım kriterlerinin (hacim, form, malzeme, donanım), sahne mekanlarında karşılaşılan akustik sorunların giderilmesi ve performans kalitesinin en üst düzeye taşınması üzerindeki belirleyici, dönüştürücü ve iyileştirici rolünü araştırmaktadır.

Çalışmanın teorik temelini oluşturan 1. Bölüm, akustik prensiplerin tarihsel süreçte nasıl keşfedilip bilimsel bir disipline dönüştüğünü, sahne mekanlarının tipolojik evrimini ve günümüz teknolojisinin akustik tasarıma etkilerini ele almaktadır. Bu temel ardından 2. Bölüm, iç mekan tasarım kriterlerinin (hacim, form, geometri ve malzeme) sesin yansıma, soğurma ve saçılma gibi temel davranışları üzerindeki belirleyici ve iyileştirici rolünü incelemektedir. Araştırmanın temel odağını, sahne mekanları arasında en hassas akustik dengeyi yani vokal, orkestra ve seyirci arasındaki mükemmel işitsel uyumu gerektiren opera salonları oluşturmaktadır. Uygulama ve değerlendirme kısmına zemin hazırlayan 3. Bölüm, sahne mekanları akustik kriterleri içinde opera salonlarının konumunu, iyileştirme ihtiyaçlarının belirlenmesi süreçlerini ve ideal akustik ortam koşullarını disiplinler arası bir bakış açısıyla değerlendirmektedir.

Bu teorik zemin üzerine kurulan 4. Bölüm, farklı coğrafyalarda yer alan ve buldukları kentlerin kültürel kimliğini yansıtan dört farklı opera salonunu, akustik tasarım süreçleri ve iyileştirme yöntemleri açısından karşılaştırmalı olarak incelemektedir. Bu örnekler buldukları kentlerin sadece birer performans binası değil, aynı zamanda o kentin kültürel kimliğini taşıyan sembolik odak noktalarıdır. Seçilen örneklerin hepsi, buldukları coğrafyanın mimari hafızasını taşımakta ve bu nedenle akustik iyileştirme yapılırken "tarihi

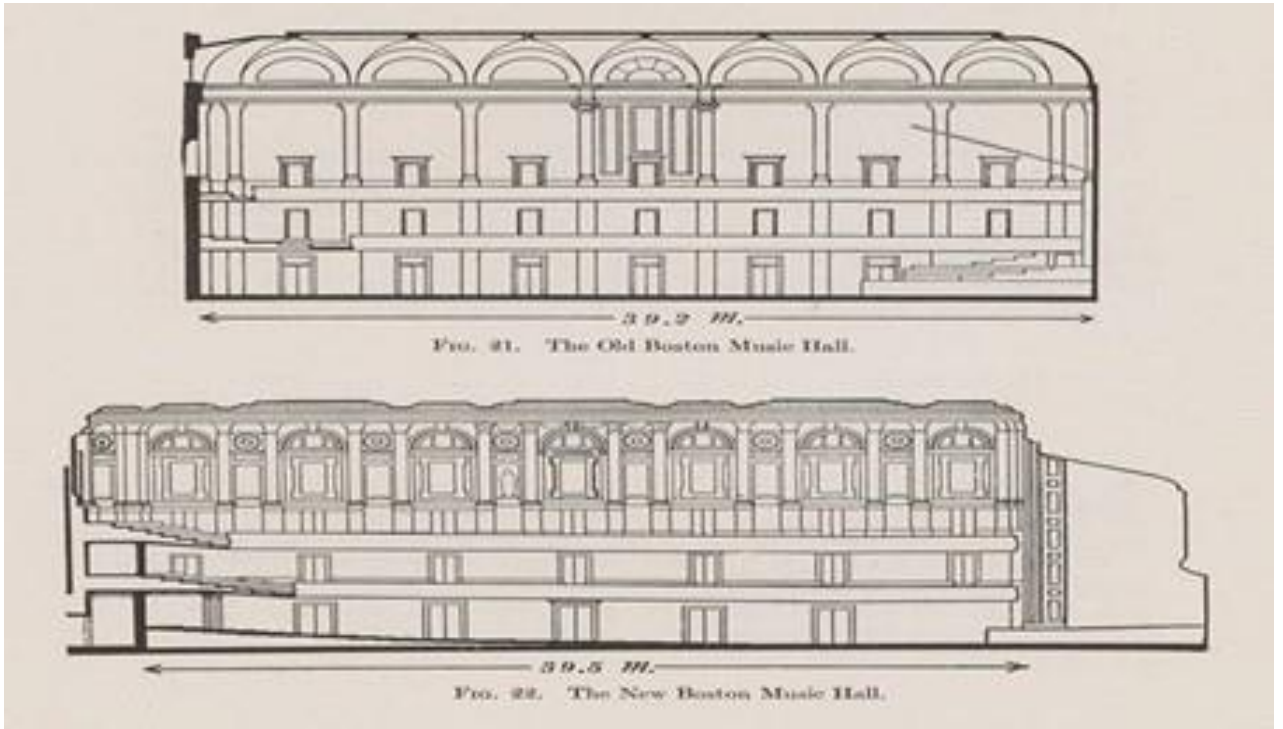
ve estetik dokuyu koruma zorunluluğu" ile "modern işitsel performans standartları" arasındaki çatışmayı en üst düzeyde barındırmaktadır. Bu örnekler sahne mekanlarında akustik rehabilitasyonun karşılaştığı temel zorlukları (tarihi koruma, geometrik kısıtlılık, çok amaçlı esneklik, teknolojik entegrasyon) birbirinden farklı bağlamlarda temsil eden dört ana başlığı barındırmaktadır. Bu örneklerden ilki olan ve Ankara'nın merkezinde tarihi bir sergievinin opera binasına dönüşümünü temsil eden Ankara Opera Sahnesi (Büyük Tiyatro), yapısal adaptasyon ve mekansal kısıtlılıklar altında iyileştirme stratejilerini anlamak adına seçilmiştir. Paris'in kültürel simgesinin ayrılmaz bir parçası olan Opéra Garnier, klasik dönem "At Nalı" formunun estetik ve akustik bütünlüğünü, hiçbir modern müdahale olmaksızın koruyan bir tarihsel referans modeli olarak belirlenmiştir. İstanbul'un modern kent silüetinde önemli bir yere sahip olan Atatürk Kültür Merkezi (AKM), modern tasarım felsefesinin, ileri simülasyon ve dinamik değişken sistemlerle birleşerek nasıl bir akustik esneklik sağladığını göstermek üzere seçilmiştir. Son olarak Avustralya kıtasının mimari kimliğinde merkezi bir yer tutan Sidney Opera Binası, dış biçimin getirdiği strüktürel ve geometrik zorlukların, iç mekan müdahaleleri ve malzeme odaklı radikal akustik iyileştirme çalışmalarıyla nasıl aşılabileceğini kanıtlayan bir vaka olarak ele alınmıştır. Bu karşılaştırmalı analizler; hacim geometrisindeki yenilemelerden, akustik malzeme çözümlerine ve değişken akustik sistemlerin kullanımına kadar uzanan rehabilitasyon yaklaşımlarını iç mimarlık perspektifinden mercek altına almaktadır.

Nihayetinde, tez bulgularının sentezi ve iç mimarlık disiplinine katkıları 5. Bölümde sunulmaktadır. Bu bölüm, dört farklı opera salonundaki akustik çözümlerin kıyaslamalı analizini yaparak, akustik performansı iyileştirmede öne çıkan geometrik, malzeme ve teknolojik kriterleri belirlemektedir. Bu tez, iç mimarlık disiplininin, sahne mekanlarının yenilenmesi ve tasarlanması süreçlerinde, mekanın akustik performansını yöneten teknik ve bilimsel bir otorite olarak konumlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Elde edilen bulguların sentezi ile Sonuç bölümü, iç mimarlık disiplinine, sahne mekanlarının yenilenmesi ve tasarlanması süreçlerinde temel bir yol gösterici olmayı hedeflemektedir. Çalışma, mimari biçim, malzeme ve teknolojik entegrasyon stratejilerine dayalı somut, uygulanabilir ve sistematik iyileştirme kriterleri sunarak; mekanların işitsel performansını yükseltmeyi, iç mimarlık disiplininin akustik rehabilitasyon alanındaki literatürdeki yerini güçlendirmeyi ve tasarım pratiğine bilimsel temelli bir rehberlik sağlamayı amaçlamaktadır.

1.BÖLÜM: SAHNE MEKANLARINDA AKUSTİK PERFORMANSIN ORTAYA ÇIKIŞI, GELİŞİMİ VE GÜNÜMÜZ

1.1. Akustik Prensiplerin Keşfi ve Tarihsel Süreci

Akustik prensiplerin keşfi, antik çağlardan itibaren mekan tasarımında sesin niteliğine dair ampirik gözlemlerle başlamıştır. Özellikle Antik Yunan ve Roma tiyatrolarının geometrik düzenlemeleri, sesin dağılımını sezgisel olarak optimize etme çabasının erken örnekleridir. Ancak mimari akustiğin bilimsel bir disiplin olarak temelleri, 19. yüzyıl sonlarında, yankılanma süresi (Reverberation Time) kavramını formülize eden Wallace Clement Sabine'in Boston Senfoni Salonu üzerine yaptığı çalışmalarla atılmıştır. Sabine'in çalışmaları, akustik tasarımın deneme-yanılma yönteminden çıkarak ölçülebilir, hesaplanabilir ve öngörülebilir bir mühendislik alanına dönüşmesini sağlamıştır (Sabine, 1906; Beranek, 2012).



Görsel 1. Wallace Sabine tarafından tasarlanan Yeni Boston Müzik Salonu (altta), Eski Müzik Salonu (üstte) (Sabine, W. C.,1922)

Günümüzde mimari akustik, modern bilim ve teknoloji sayesinde dijital modelleme ve ileri malzeme teknolojilerini kullanarak sahne mekanlarının performans kalitesini en üst seviyeye çıkarmayı hedefleyen multidisipliner bir alandır (Tsingos, 2018).

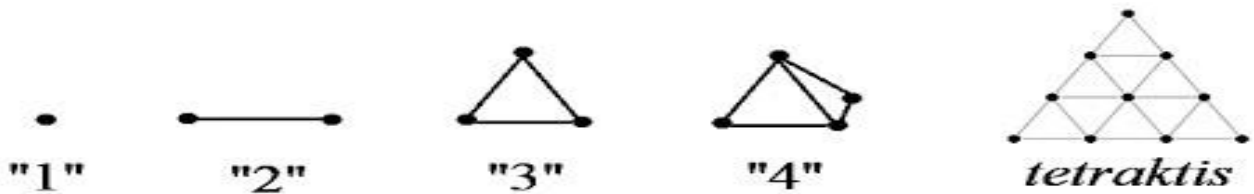
1.1.1. Sahne Mekanlarında Akustiğin Tanımı ve Akustik İyileştirmenin Amacı

Akustik, en geniş tanımıyla sesi, yani mekanik dalgaların oluşumunu, yayılımını, alımını ve farklı ortamlardaki etkileşimlerini inceleyen bilim dalıdır. Terimin kökeni, Eski Yunancada "işitmeye ait" anlamına gelen "akoustikos" kelimesine dayanmaktadır (Kutluay, 2018). Sahne mekanları bağlamında, bu bilim dalının alt disiplini olan Mimari Akustik, kapalı alanların ve yapıların akustik özelliklerini incelerken, özellikle Hacim Akustiği (Mekân Akustiği) odağına bir hacimdeki ses kaynağının tüm dinleyicilere en uygun koşullarda ulaşmasını sağlamayı koyar (Kurra, 2021).

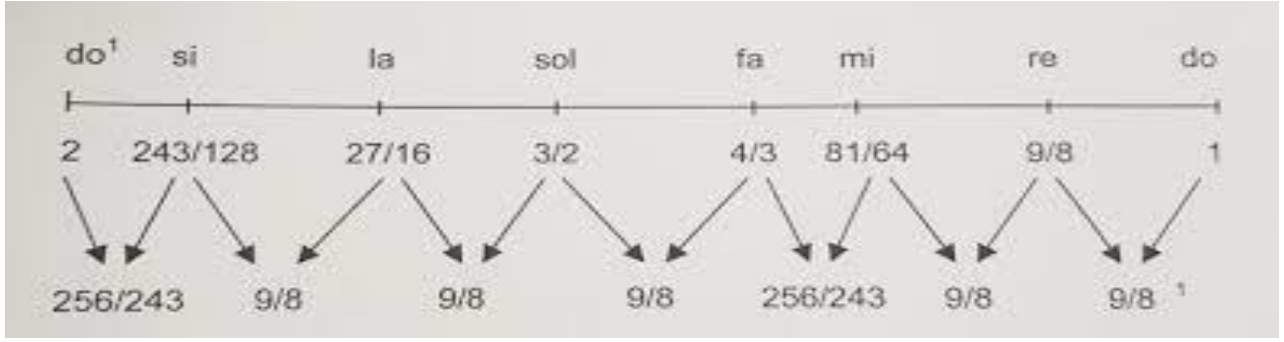
Sahne mekanlarında akustik iyileştirmenin birincil amacı, kullanıcıların işitsel konfor düzeyini ve mekân deneyimini artırmaktır. Bu amaç doğrultusunda, sesin dengeli bir şekilde dağılmasını sağlamak, performansın netliğini ve ses kalitesini yükseltmek hedeflenir. İyi bir akustik tasarım, sesin kaynağında üretilen doğal tondaki nüansların dinleyici tarafından belirgin biçimde algılanmasına olanak tanırken, aynı zamanda yankı ve gürültü gibi akustik kusurları en aza indirir (Kutluay, 2018). Mimari biçimleniş ve hacimde kullanılan yapı gereçlerinin özellikleri, salonların işlevine uygun akustik performansı taşıyabilmesi için tasarım aşamasında kritik öneme sahiptir (Beranek, 2012).

1.1.2. Antik Yunan'dan Roma Dönemi ve Sonrasında Akustik Prensiplerin Gelişimi

Akustiğin tarihi, sesin fiziksel bir olay olarak keşfiyle ilgili çalışmaların Antik Çin gibi eski medeniyetlere kadar uzanmasıyla uzun bir geçmişe sahiptir. Ancak sahne mekanları akustiğindeki pratik uygulamaların kökeni, Antik Yunan ve Roma dönemindeki tiyatro ve konser yapılarına dayanır. Antik Yunan'da, Pythagoras gibi filozoflar sesi matematiksel düzenin ve doğadaki uyumun bir parçası olarak gören teoriler öne sürmüşlerdir. Bu felsefi birikim, Antik Yunan tiyatro mekanlarının mimari formlarını biçimlendirmiş ve Odeonlar gibi konserlerin verilebileceği özel yapılar tanımlanmasını sağlamıştır (Akçay, 2020).



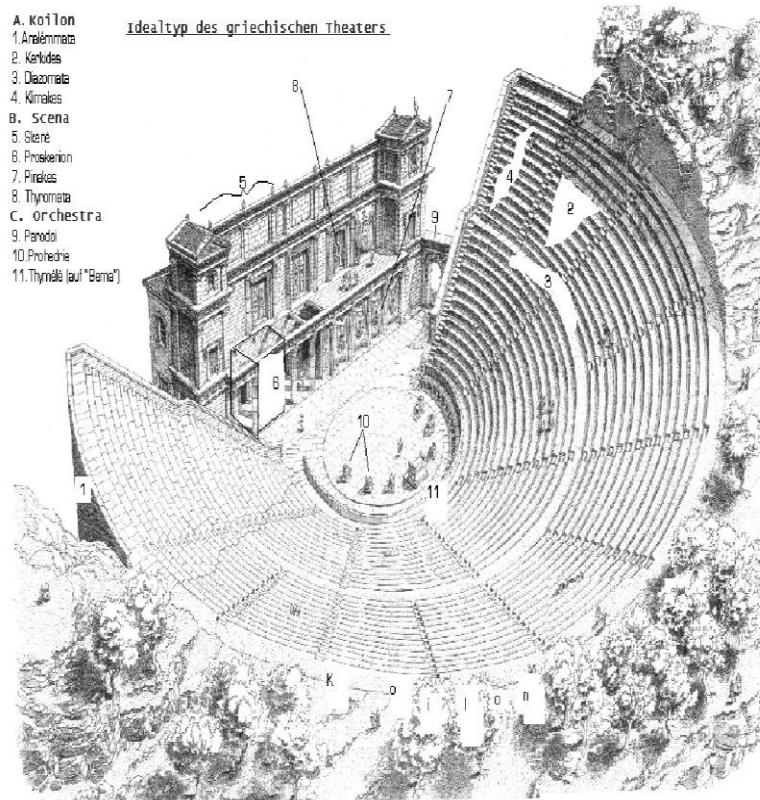
GörSEL 2. Pisagorculukta sayısal uyumu, evrensel düzeni ve müzikal oranları temsil eden Tetraktys sembolü (Baran, G., 2018)



Görsel 3. Pythagoras felsefesinde ses ve matematik ilişkisi üzerine (Baran, G.,2018)

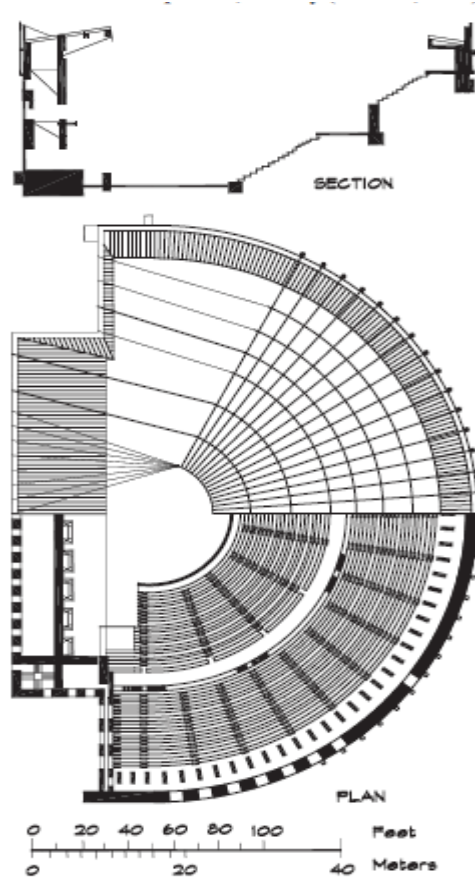
Pythagoras felsefesinde ses ve matematik, evrenin temelindeki mükemmel uyumu (armoniyi) oluşturan ayrılmaz iki kavramdır. "Her şey sayıdır" düşüncesini benimseyen Pythagoras, işitilebilir seslerin aslında rasyonel sayısal oranların bir tezahürü olduğunu keşfetmiştir (academia.edu).

Antik tiyatroların eğimli oturma düzeni, doğal akustiği ön plana çıkaran ortamlar yaratmış ve sesin yayılımını optimize etmeyi amaçlamıştır.



Görsel 4. Antik Çağda Yunan Tiyatrosu (<https://turkiyetasarimvakfi.org>)

Bu antik tasarım prensipleri, günümüzde dahi modern konser salonlarının mimarları ve mühendisleri için ilham kaynağı olmaya devam etmektedir (Beranek, 2012).

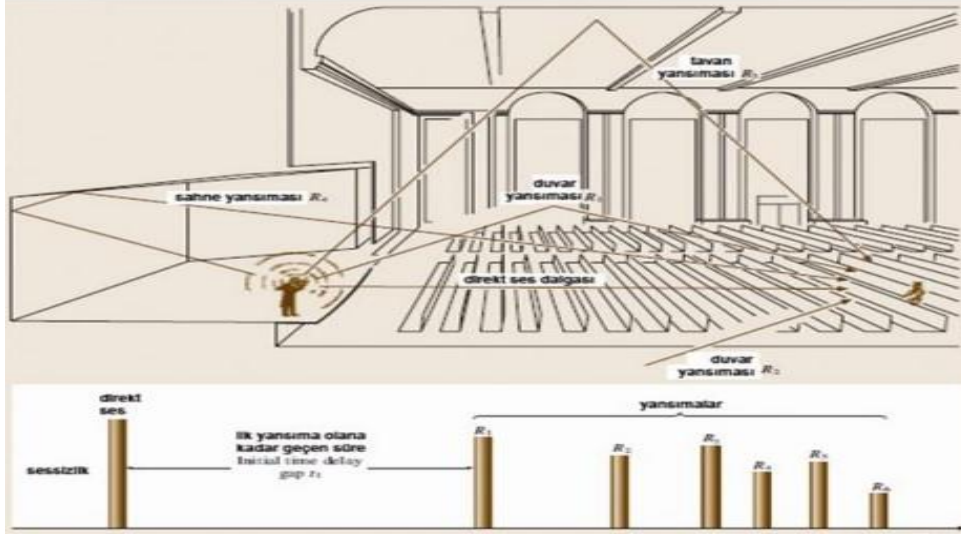


Görsel 5. Antik Roma Tiyatrosu mimari kurgusu (Long, 2006, s.5)

Antik dönemden 19. yüzyıla kadar geçen sürede, sesin doğasına dair temel anlayışta büyük bir ilerleme kaydedilememiştir. Bilimsel ve teknolojik gelişmelerin, özellikle radyo teknolojisinin icadı ve uygulanmasıyla hızlanması sonucu, akustik bilimi 19. yüzyılda önemli bir ilerleme kaydetmiş ve modern gelişim çağına girmiştir (Sabine, 1906).

1.1.3. Bilimsel Akustiğin Ortaya Çıkışı ve Temel Kavramlar

Modern bilimsel akustiğin doğuşu, 19. yüzyılın sonlarında Amerikalı fizikçi Wallace Clement Sabine'in çalışmalarıyla somutlaşmıştır. Sabine, dünyaca ünlü Boston Senfoni Salonu'nun akustik tasarımını gerçekleştirerek, alana modern bilimsel yöntemleri uygulayan ve mimari akustiğin kurucusu olarak kabul edilen ilk isim olmuştur (Sabine, 1906). Bu dönemle birlikte ses, bir ortamda basınç değişimleri şeklinde yayılan, belirli bir hızla (havada yaklaşık 340 m/s) ilerleyen mekanik bir düzensizlik olarak tanımlanmıştır (Kaya, 2021).



Görsel 6. Sahne mekanlarında sesin yayılma ve yansımaya kurgusu (Barron, 1993, s. 42)

Sahne mekanlarında akustik performansı değerlendirmek ve optimize etmek için bilinmesi gereken temel bilimsel kavramlar ve özellikler şunlardır:

Frekans (Hertz, Hz): Ses dalgasının saniyede tamamladığı titreşim veya döngü sayısını ifade eder ve sesin perdesini (inceliğini/kalınlığını) belirler.

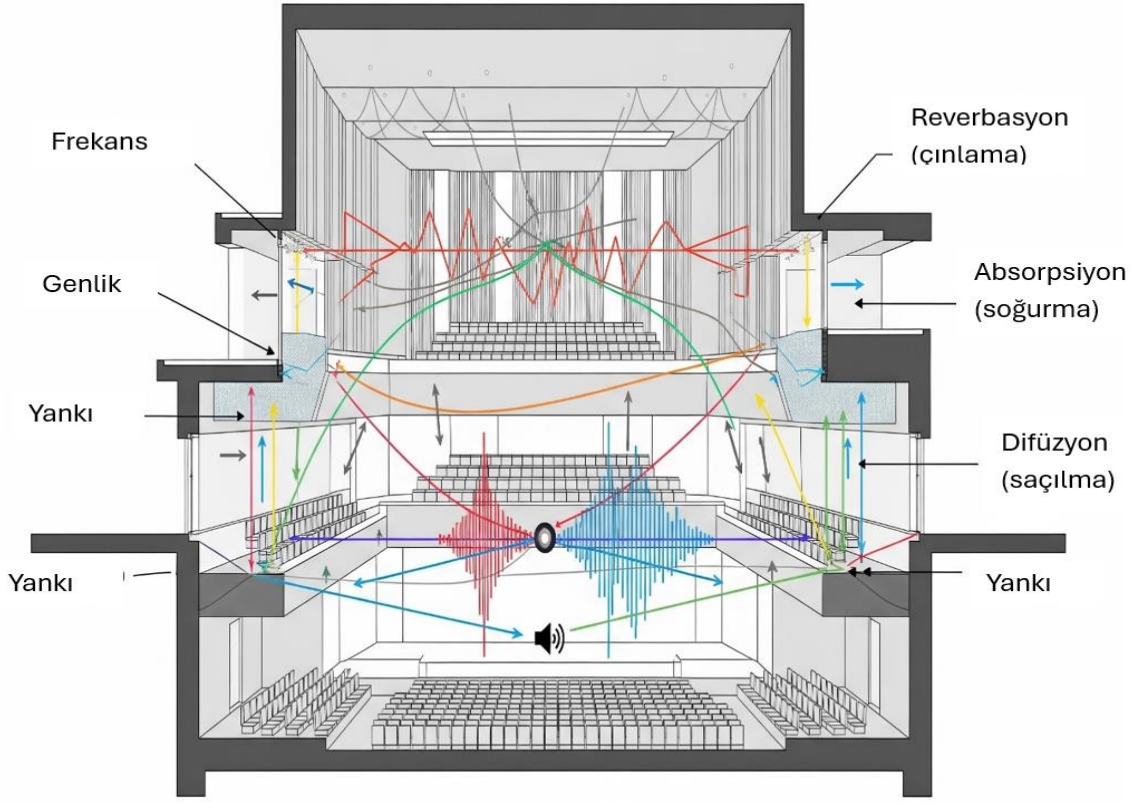
Genlik (Desibel, dB): Ses dalgasının gücünü ve yoğunluğunu ölçer, sesin hacmini veya yüksekliğini (şiddetini) belirler.

Yankı (Akis): Ses dalgalarının bir yüzeye çarparak geri dönmesi ve dinleyicide gecikmeli bir ses algısı yaratmasıdır. Bir sestem sonra saniyenin 1/20'sinden daha uzun bir süre içinde kulağa ulaşan yankı, rahatsız edici olabilir.

Reverberasyon (Çınlama): Çoklu yankıların birleşip yavaş yavaş sönümlenmesidir. Sesin netliğini kaybetmesine ve gürültüye dönüşmesine yol açtığı için hacim akustiğinde reverberasyon süresinin (RT60) hesaplanması büyük önem taşır.

Absorpsiyon (Soğurma): Ses dalgalarının yüzeyler tarafından emilerek enerjisinin ısıya dönüştürülmesidir. Yumuşak köpük, kumaş ve mineral yün gibi yutucu malzemelerle sağlanır.

Difüzyon (Saçılma): Ses dalgalarının geometrik yüzeylere çarparak farklı yönlere dağılmasıdır. Bu, sesin mekân içinde homojen bir şekilde yayılmasını sağlayarak akustik kaliteyi artırır.

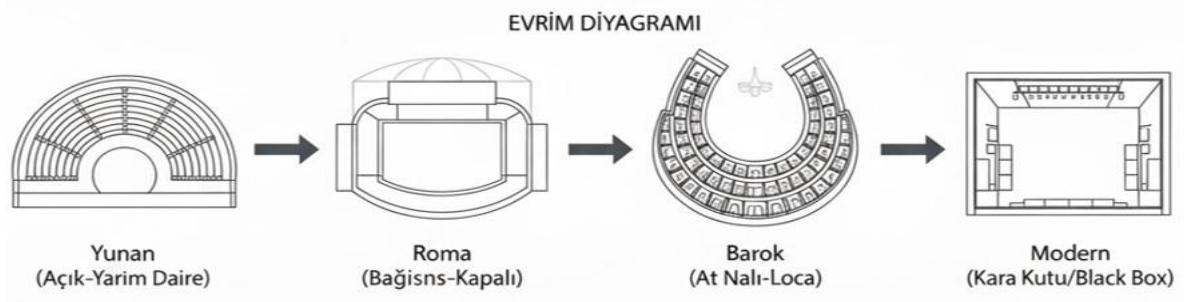


Görsel 7. Sahne mekanında sesin biçimlenmesine ilişkin bilimsel kavramlar (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Bu kavramlar, salonun hacmi, yüzeylerin biçimi ve kullanılan malzemenin akustik özellikleri gibi parametrelerle birlikte ele alınarak akustik tasarımın temelini oluşturur. Akustik performansı optimize etmek için bu hesaplamalarda günümüzde bilgisayar simülasyon yazılımları ve modelleme teknikleri de kullanılmaktadır.

1.2. Sahne Mekanı Tiplerinin Evrimi ve Tek Amaçlı Salonlardan Çok Amaçlı Salon Kullanımına Geçiş

Tarihsel olarak sahne mekanları, belirli bir sanat formunun (örneğin, opera, senfonik müzik, tiyatro) gerektirdiği optimal akustik koşulları sağlamak üzere "tek amaçlı" tasarlanmıştır. Bu tasarım yaklaşımı, yankılanma süresi ve hacim gibi akustik parametrelerin tek bir performans türü için mükemmelleştirilmesine olanak tanımıştır. Ancak 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren artan inşaat ve işletme maliyetleri ile değişen kültürel ihtiyaçlar, mekanların ekonomik sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla "çok amaçlı" kullanıma geçişi zorunlu kılmıştır.



Görsel 8. Sahne mekanında formun biçimlenmesi (Baran, G., 2018'den uyarlanmıştır)

Sahne mekanlarının tipolojik evrimi, sanatın icra edildiği hacim ile dinleyici arasında kurulan işitsel ilişkinin tarihsel dönüşümünü yansıtmaktadır. Antik dönemde, açık hava tiyatrolarının geometrik kurgusu, sesin doğal yayılımını optimize etmeye odaklanan 'pasif' bir tasarım dilini temsil ederken; Barok ve Klasik dönemde 'at nalı' ve 'dikdörtgen' gibi formlar, sesi kontrollü bir iç hacim içerisine hapsederek netlik ve odaklanma arayışını merkeze almıştır. Günümüz sahne mekanları ise çok amaçlı kullanım zorunlulukları nedeniyle, sabit bir mimari formun ötesine geçerek; değişken akustik sistemlerin ve ileri teknolojilerin iç mekan kurgusuna entegre edildiği, adapte edilebilir performans platformlarına dönüşmüştür. Bu tarihsel süreç, iç mimarlık disiplinini sadece mekânın fiziksel sınırlarını belirleyen bir tasarımcı olmaktan çıkarıp, sesin davranışını ve performansın niteliğini gerçek zamanlı yöneten, teknolojik altyapıyı estetik kurguyla sentezleyen bir uzman konumuna taşımıştır.

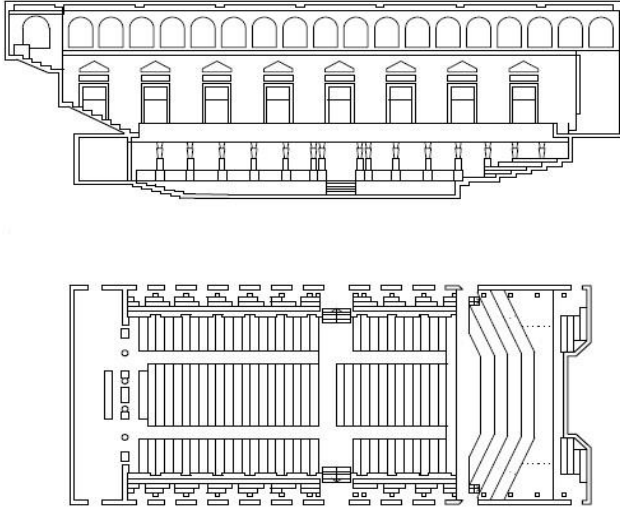
Bu evrim, aynı mekanda konferans, konser, tiyatro ve bale gibi farklı akustik gereksinimlere sahip etkinliklerin düzenlenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmış; bu durum da iç mekan tasarımında değişken akustik çözümlerin ve esnek yüzey elemanlarının kullanımını mimari akustiğin temel problemi haline getirmiştir (Marshall, 2007).

1.2.1. Klasik Konser ve Opera Salonlarında Tek Amaçlı Akustik Düzenlemeler

Sahne mekanlarının tipolojik gelişiminde, özellikle 17. ve 19. yüzyıllar arasında inşa edilen klasik konser ve opera salonları, tek amaçlı akustik düzenlemelerin en saf örneklerini temsil eder. Bu yapılar, belirli bir müzik türünün (örneğin senfonik müzik veya opera) gerektirdiği ideal akustik performansı sağlamak üzere tasarlanmıştır ve mimari formları, hacimleri ve malzeme seçimleri bu tek amaca sabitlemiştir.

Klasik Konser Salonları; Ayakkabı Kutusu Tipi: Genellikle dikdörtgen planlı ve yüksek tavanlı "ayakkabı kutusu" (shoebox) formunda inşa edilen bu salonlar, uzun ve güçlü yan

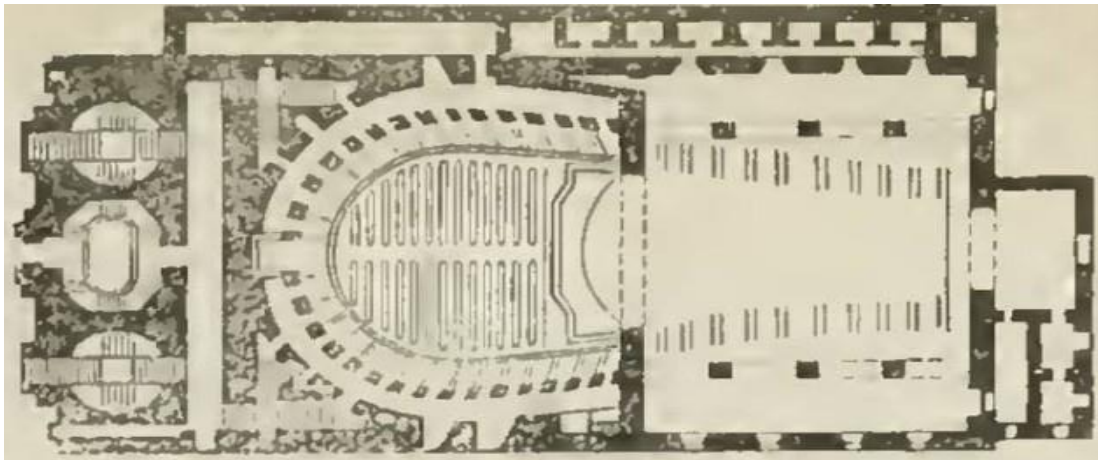
yansımalar üretme potansiyeli nedeniyle senfonik müzik için ideal kabul edilir. Bu form, sesin dinleyiciler arasında dengeli dağılmasını sağlar (Sabine, 1906; Soylu, 2019).



Görsel 9. Viyana Musikverein kesit, plan ve iç mekan (Mommertz, 2009, s. 90)

Viyana Musikverein ve Boston Senfoni Salonu gibi tarihselleşmiş örnekler, bu tek amaçlı tasarım felsefesinin kalıcı akustik başarısını kanıtlamıştır.

Klasik Opera Salonları; At Nalı Tipi: Opera salonları ise esas olarak vokal netliğini ve orkestra ile seyirci arasındaki dengeyi sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Geleneksel olarak kullanılan at nalı plan, seyircinin sahneye yakınlığını maksimize ederken, çok katmanlı loca ve balkonlar sesin emilimini artırır ve aşırı yankılanmayı engeller.



Görsel 10. San Carlo Tiyatrosu plan (<https://www.unav.es>)

Bu tür mekanlar, konuşmanın anlaşılabilirliğini ön planda tutan opera icraları için daha kısa bir reverberasyon süresi (genellikle 1,2 ila 1,6 saniye) hedefler. Bu tekil tasarım kararları, o dönemin icra biçimini ve dinleyici deneyimini kusursuz kılmayı amaçlamıştır. Napoli'deki San Carlo Tiyatrosu önemli örneklerinden biridir (Demirel, 2019; Viscardi, 2018).

1.2.2. Fonksiyonel İhtiyaçların Dönüşümü ve Çok Amaçlı Salonların Gelişimi

20. yüzyılın ortalarından itibaren, özellikle İkinci Dünya Savaşı sonrası ekonomik koşullar ve kültürel programlamadaki çeşitlenme, sahne mekanlarının tasarım felsefesini kökten değiştirmiştir. Büyük kent merkezleri, tek bir amaca hizmet eden pahalı yapıları sürdürmekte zorlanmış; bunun yerine, hem konser hem opera hem bale hem de tiyatro gibi farklı sanat dallarına, hatta konferans ve pop konserlerine ev sahipliği yapabilecek çok amaçlı salonlar talep edilmeye başlanmıştır. 1962 yılında açılan Lincoln Center'daki New York Filarmoni Salonu bu talebe yönelik ilk salonlardandır (Şimdiki Adı: David Geffen Hall).



Görsel 11. New York Filarmoni Salonu (David Geffen Hall) iç mekan görünümü (Fotoğraf: Chris Lee, New York Filarmoni Orkestrası arşivi)

Bu dönüşüm, mimari akustik alanında yeni ve önemli bir meydan okuma yaratmıştır: "Bir mekanın her şeye uygun olması, aslında hiçbir şeye tam olarak uygun olmaması" riski. Örneğin, senfonik bir konser için ideal olan uzun çınlama süresi, opera veya konuşma tiyatrosu için netliği ve anlaşılabilirliği düşürerek akustik bir kusura dönüşmektedir.

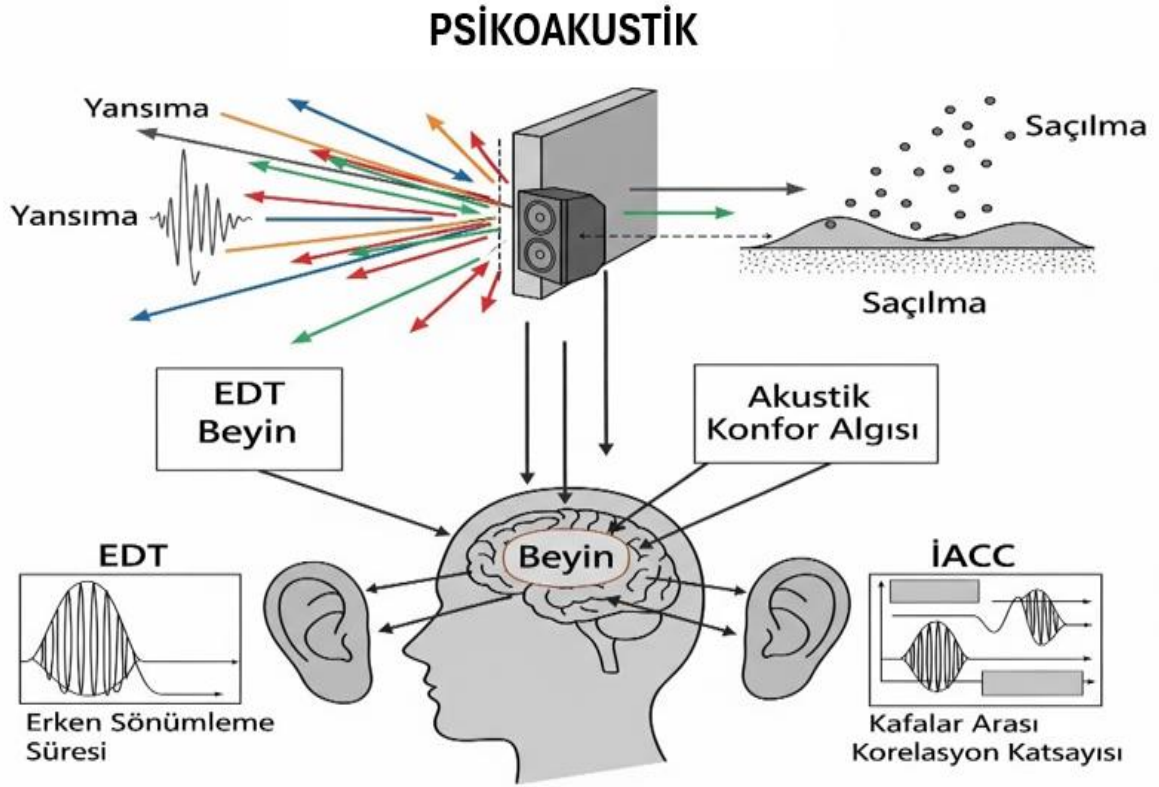
Çok amaçlı salonların geliştirilmesi, bu çatışmayı çözmek için Değişken Akustik Sistemlerin doğmasına yol açmıştır. Mekanik olarak hareket ettirilebilen tavanlar, motorlu kumaş perdeler, dönen akustik paneller ve elektronik ses destek sistemleri gibi çözümler, aynı hacmin farklı performans türleri için optimal çınlama süresi ve ses dağılımı sağlayacak şekilde dönüştürülmesine olanak tanımıştır (Marshall, 2007). Bu evrim, mimari formu akustik işlevsellikten bağımsız kılma çabası olarak da görülebilir, bu da iç mekan tasarımını statik bir olgudan dinamik ve ayarlanabilir bir araca dönüştürmüştür. Sonuç olarak, günümüz sahne mekanları, esneklik ve fonksiyonel çeşitlilik talepleri doğrultusunda, karmaşık teknolojik sistemlerin entegre edildiği, adaptif yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.3. Günümüz Teknolojisinin Akustik Tasarım Sürecine Etkileri

Sahne mekanlarında ideal akustik performans arayışı, 20. yüzyılın sonlarından itibaren yaşanan dijital devrimle yeni bir boyut kazanmıştır. Bu süreçte akustik tasarım, yalnızca mimari biçim ve malzeme seçimiyle sınırlı statik bir problem olmaktan çıkarak, karmaşık bilgisayar modellemeleri, psikoakustik prensipler ve adaptif sistemlerin entegre edildiği dinamik bir mühendislik ve tasarım disiplinine dönüşmüştür (Kurra, 2021).

1.3.1. İnsan Kulağının Algısı ve Akustik Konforun Merkezindeki Rolü

Modern akustik tasarımın temelinde, sesin fiziksel yayılımını inceleyen geleneksel fiziksel akustiğin ötesine geçen Psikoakustik bilim dalı yer almaktadır. Psikoakustik, insan kulağının sesi nasıl algıladığını, sese gösterilen subjektif tepkileri ve bu algının mekân deneyimini nasıl şekillendirdiğini inceler. Akustik konfor, artık sadece yankı ve gürültü seviyesinin kontrolü ile değil, dinleyicinin bir performans sırasında hissettiği mekânsal sarılma, netlik ve sıcaklık gibi öznel parametrelerle tanımlanmaktadır. Bu deneyimleri, özellikle karmaşık salon akustiği için geliştirilen çalışmalar yeni ölçütlerle somutlaştırmıştır. Örneğin, dinleyicinin mekân büyüklüğüne dair ilk izlenimini belirleyen Erken Sönümlenme Süresi (EDT) ve sesin iki kulak arasındaki korelasyonunu ölçerek dinleyicinin sesle ne kadar sarılmış hissettiğini belirleyen Kafalar Arası Korelasyon Katsayısı (IACC) gibi ölçütler, insan algısının tasarımdaki merkezî rolünü pekiştirmiştir.



Görsel 12. Mekanda ses oluşumlarına göre akustik konfor algısının şekillenışı (Remes, 2015, s. 44'ten uyarlanmıştır)

Tasarımda başarılı bir psikoakustik yaklaşım, mimari çözümlerle sesin sadece doğru şiddette değil, aynı zamanda doğru yönden ve doğru zamanda gelmesini sağlayarak işitsel konforu en üst düzeye çıkarmayı amaçlar (Özkan, 2024).

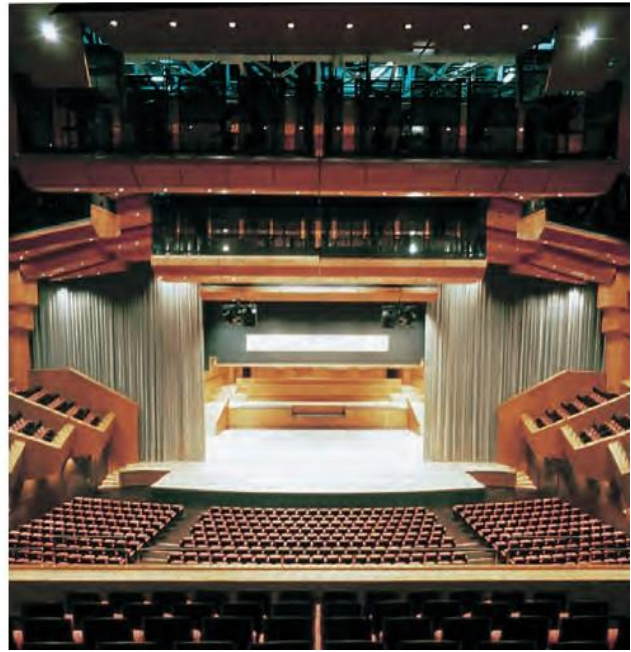
1.3.2. Dijital Teknolojiler, Yapay Zeka ve Değişken Akustik Sistemlerin Sahne Performansına Etkisi

Dijital teknolojilerin akustik tasarım sürecine entegrasyonu, tasarımcının tahmin ve deneme yanılma yöntemlerine olan bağımlılığını azaltmıştır.

Bilgisayar Modelleme ve Simülasyon: Hesaplamalı Akustik (Computational Acoustics) alanındaki ilerlemeler, akustik simülasyon yazılımları (örneğin; Odeon, EASE, CATT-Acoustic) aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu yazılımlar, sesin mekân içindeki farklı davranışlarını ve Sonlu Elemanlar Analizi (FEA) gibi yöntemleri kullanarak, bir yapının inşa edilmesinden önce, farklı oturma noktalarındaki akustik parametreleri erken öngörmeyi sağlar (Tsingos, 2018). Bu sayede, potansiyel problemler tasarımın erken aşamalarında tespit edilip düzeltilebilir.

Yapay Zeka (YZ) ve Optimizasyon: Yapay zeka algoritmaları ve makine öğrenimi teknikleri (ML), yüzlerce başarılı salonun akustik ve geometrik verilerini analiz ederek, belirlenen akustik hedeflere (örneğin, hem yüksek netlik hem de yeterli reverberasyon) ulaşmak için en uygun iç mekan formunu ve malzeme kombinasyonlarını önermede kullanılmaya başlanmıştır. Bu optimizasyon süreci, özellikle çok amaçlı salonlarda farklı performans türlerinin çelişen gereksinimlerini dengelemede kritik bir araçtır.

Değişken Akustik Sistemler (V.A.S.): Çok amaçlı kullanımın yaygınlaşmasıyla birlikte, teknolojinin fiziksel bir çözümü olarak Değişken Akustik Sistemler sahne mekanlarında kalıcı bir yer edinmiştir. Bilgisayar kontrollü mekanizmalar (hareketli tavanlar, motorlu akustik bayraklar, döndürülebilir paneller) aracılığıyla, salonun çınlama süresi, ses gücü ve ses dağılımı saniyeler içinde değiştirilebilir (Akarca, 2017). Bu esneklik, tek bir salonun, opera, senfonik konser ve tiyatro gibi farklı sanatsal icralar için optimize edilmesine imkan tanıyarak, modern sahne mekanlarının fonksiyonel verimliliğini sağlar.



Görsel 13. Konser salonundan opera salonuna dönüşüm (sol), oditoryumdan opera salonuna dönüşüm (sağ) (Mommertz, 2009, s. 92)

Modern sahne mekanlarının fonksiyonel verimliliğini sağlayan hareketli sistemlerin kullanımını gözlemlediğimiz sahnelerden biri de Yunanistan'daki Atina Konser Salonu'dur (Görsel 13).

2.BÖLÜM: İÇ MEKAN TASARIM KRİTERLERİNİN SAHNE MEKANINDA AKUSTİK PERFORMANSIN İYİLEŞTİRİLMESİNDEKİ YERİ

Sahne mekanlarında akustik performansın kalitesi, yalnızca yapının strüktürel hacmi ile sınırlı olmayıp, büyük ölçüde iç mekan tasarımının bir bileşeni olan nitelikli müdahalelere dayanmaktadır. Akustik iyileştirme, tasarım sürecinde estetik ve işlevsel kararların bilimsel verilerle örtüştürülmesi gereken, çok katmanlı bir süreçtir. İç mekan tasarımcısı, mekânı yalnızca görsel bir atmosfer oluşturmak için değil, aynı zamanda ses enerjisinin mekân içindeki davranışını (yansıma, soğurma ve saçılma) kontrol eden aktif bir arayüz olarak ele almalıdır. Bu noktada tasarım kriterleri, sesin kaynağı ile dinleyici arasındaki işitsel iletimin kalitesini doğrudan yöneten birer araç işlevi görmektedir (Beranek, 2012).

Burada iç mekan tasarımının akustik iyileştirmedeki bu tamamlayıcı ve dönüştürücü rolünü detaylandırmayı amaçlamaktadır. Sahne mekanlarının biçimsel tipolojilerinden başlayarak, hacim yönetimi, yüzey geometrisi ve malzeme seçimi gibi temel tasarım değişkenlerinin performans üzerindeki etkileri, bilimsel bir çerçevede ele alınmaktadır. İç mekan, sahne sanatlarının ihtiyaç duyduğu işitsel konforu sağlamak üzere, tasarımcının elinde dinamik bir enstrümana dönüşmektedir. Mekânın fiziksel boyutları, yüzey dokuları ve doluluk-boşluk dengesi gibi faktörler, akustik parametrelerin hedeflenen değerlere çekilmesinde temel müdahale noktalarını oluşturmaktadır (Kurra, 2021). Dolayısıyla bu bölüm, tasarımcının aldığı her kararın yani bir duvar panelinin yerleşiminden, bir yüzeyin eğimine kadar performans kalitesini nasıl iyileştirebileceğini veya aksine bozabileceğini ortaya koyan temel kriterler sunabilmektedir.

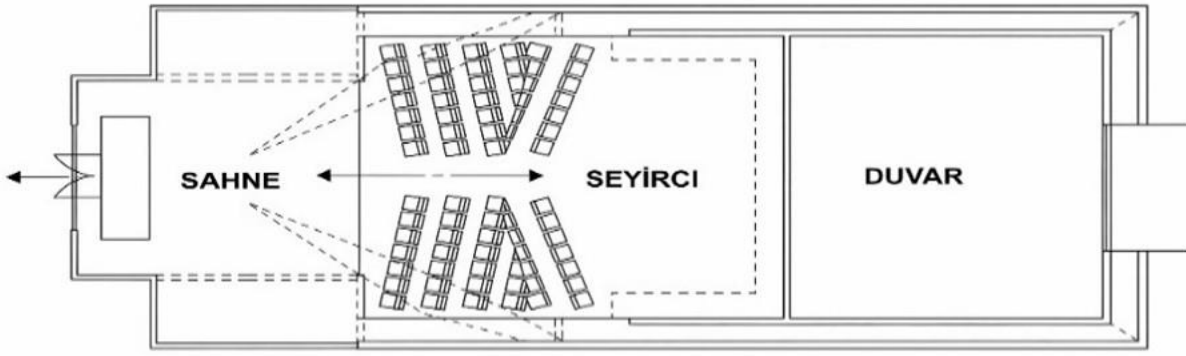
2.1. Sahne Mekanı Tipolojileri ve İç Mekan Formunun Akustik Oluşumuna Etkisi

Mimari akustiğin temel prensibi, bir mekanın iç formunun, sesin o mekânda nasıl yayıldığını ve dolayısıyla dinleyici tarafından nasıl algılandığını doğrudan belirlemesidir. Sahne mekanları, hacimlerinin büyüklüğü, biçimi ve yüzeylerinin geometrik kurgusu itibarıyla, akustik enerjinin yansıma, soğurma ve saçılma yoluyla dinleyiciye ulaşma biçimini optimize etme sorumluluğu taşır. Bu bağlamda, iç mekan formu; netliği, dolgunluğu, sıcaklığı ve mekânsal izlenimi etkileyen temel tasarım kararlarının başında gelir (Kutluay, 2018). Bu noktada, özellikle yansıtıcı yüzeylerin açılandırılması ve ses emici malzemelerin stratejik yerleşimi, sesin zamansal ve mekânsal dağılımı üzerinde kritik bir rol oynar.

2.1.1. Sahne Mekanlarında İşlevsel ve Biçimsel Tipolojiler

Sahne mekanlarının biçimsel tipolojileri, tarihsel olarak icra edilen sanatın türüne ve hedeflenen akustik kriterlere göre şekillenmiştir. Genel kabul gören dört temel salon tipolojisi, farklı işlevsel gereksinimleri karşılamak üzere geliştirilmiştir. Bu tipolojilerin her biri, sesin dinleyiciye ulaşma süresini ve yansıma modelini belirleyen benzersiz geometrik kurgulara sahiptir:

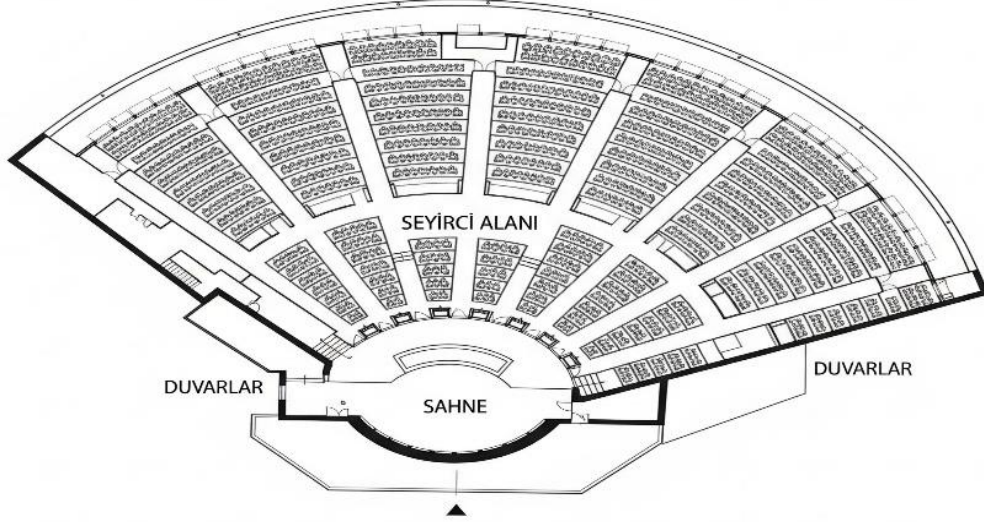
Ayakkabı Kutusu ya da Kara Kutu (Shoebbox/Blackbox) Tipi: Dikdörtgen planlı ve genellikle yüksek tavanlı olan bu tipoloji, en iyi örneklerinden biri olan ve 19. yüzyılın sonlarında inşa edilen Boston Senfoni Salonu gibi klasik konser salonlarının başarısıyla özdeşleşmiştir.



Görsel 14. Ayakkabı Kutusu Tipi (Yazarın kendi çalışması)

Bu form, yan duvarlardan gelen güçlü ve gecikmeli yatay yansımaların (lateral reflections) zenginliğini maksimize eder. Yatay yansımalar, dinleyiciyi sesle sarmalayan hissiyatı (envelopment) artırır ve uzun bir çınlama süresi (RT60) ile karakterize edilen, senfonik müzik icrası için ideal bir mekânsal dolgunluk sağlar. Bu formun tek amaçlı kullanıma yönelik kesin akustik başarısı, günümüzde dahi referans noktası olmayı sürdürmektedir (Soylu, 2019).

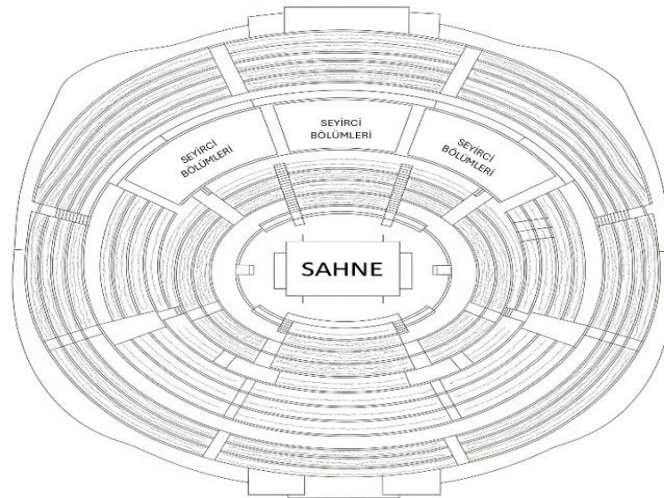
Yelpaze (Fan-Shaped) Tipi: Sahneye doğru daralan ve arka kısımda genişleyen bu tipoloji, çok amaçlı salonlarda ve büyük konferans merkezlerinde popülerdir. Temel amacı, daha geniş bir alanda görsel konforu artırmak ve tüm koltukların sahneyi rahatça görmesini sağlamaktır. Ancak akustik açıdan, seyircinin yan duvarlardan uzaklaşması nedeniyle yatay yansımaların gücü azalır.



Görsel 15. Yelpaze Tipi (Yazarın kendi çalışması)

Bu form, sesin dağılımını zayıflatır ve mekânsal izlenimi düşürerek genellikle daha kısa ve az zengin bir reverberasyon süresi sunar. Bu tipolojide akustik iyileştirme, genellikle tavan ve yan duvarlara yansıtıcı paneller eklenmesini gerektirir (Kutluay, 2018).

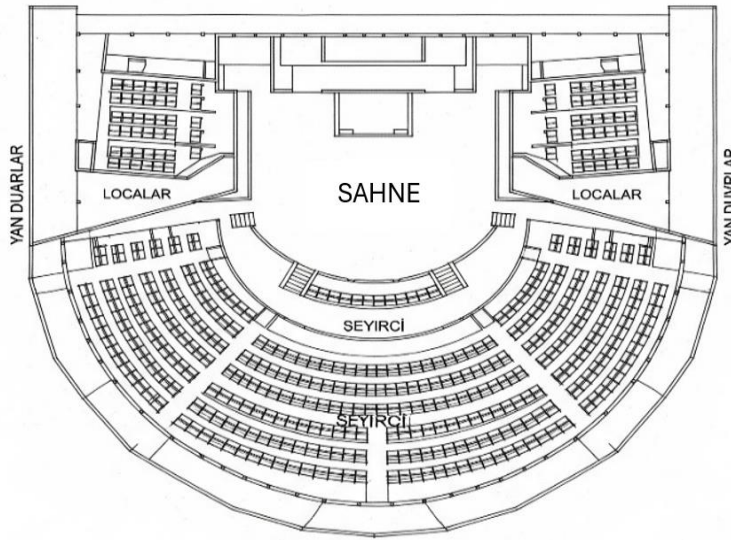
Bağ Terası (Vineyard) Tipi: 20. yüzyılın modern akustik mimarisinin bir ürünüdür. Berlin Filarmoni gibi salonlarda öncülüğü yapılan bu form, oturma alanlarını sahneyi çevreleyen teraslara bölerek, dinleyicinin bir bağın terasları gibi düzenlenmiş bölümlere yerleşmesini sağlar.



Görsel 16. Bağ Terası Tipi (Yazarın kendi çalışması)

Bu kurgu, dinleyicinin etrafındaki yüzeylerden ve diğer seyirci bölümlerinden gelen sesi deneyimlemesine olanak tanır, bu da sesin mekân içinde farklı yönlerden gelmesini sağlayarak IACC (Kafalar Arası Korelasyon Katsayısı) değerini düşürür ve mekânsal sarılma hissini (envelopment) önemli ölçüde artırır (Beranek, 2012).

At Nalı (Horseshoe) Tipi: Özellikle Opera Garnier gibi klasik opera salonlarında yaygın olarak kullanılan geleneksel bir biçimsel tipolojidir. Bu salonların temel tasarım amacı, seyirci ile sahne arasındaki görsel yakınlığı maksimize etmek ve icra edilen vokal performansların netliğini en üst düzeye çıkarmaktır. Bu işlevsel öncelikler doğrultusunda, müzik ve konuşmanın anlaşılabilirliğini sağlamak için genellikle daha kısa çınlama süreleri hedeflenir.



Görsel 17. At Nalı Tipi (Yazarın kendi çalışması)

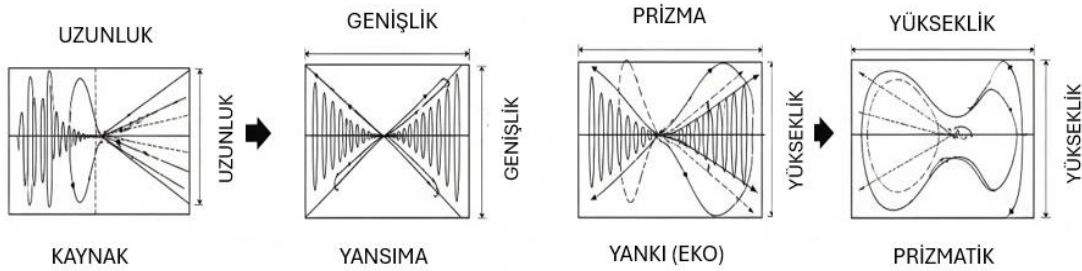
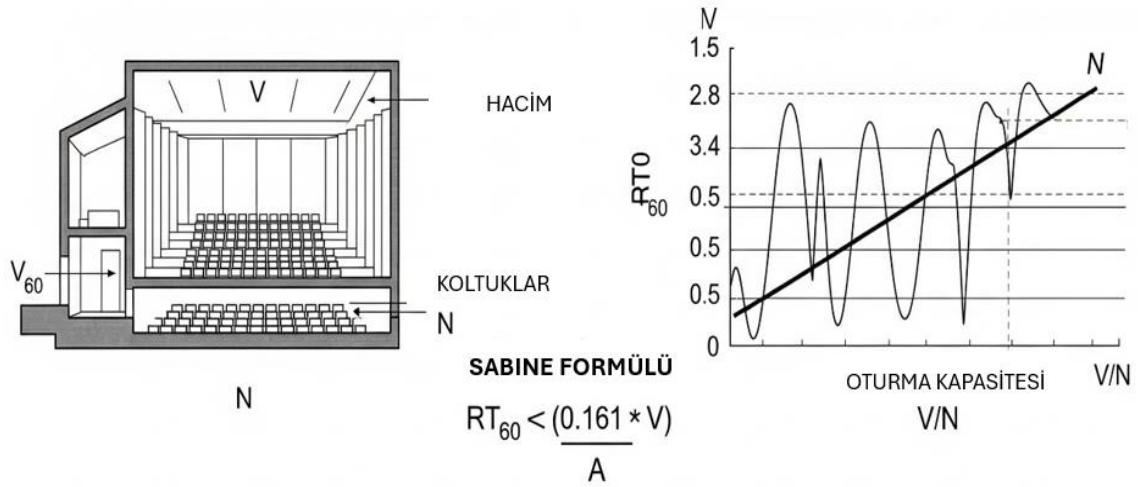
Ancak bu tipolojinin ayırt edici özelliği olan çok katmanlı loca düzenlemeleri, iç mekanda yoğun olarak kullanılan yumuşak ve dekoratif malzemeler nedeniyle ses yutma sorunlarına yol açarak akustik iyileştirme ve dengeleme çalışmalarını zorunlu kılar (Viscardi, 2018).

2.1.2. Hacim ve Boyut Kriterlerinin Akustik Performans Üzerindeki Belirleyiciliği

Bir sahne mekanının akustik performansı üzerinde belirleyici olan iki temel fiziksel unsur, toplam hacim (V) ve bu hacmin oturma kapasitesine (N) oranıdır. Bu iki kriter, doğrudan çınlama süresini ($RT60$) etkileyerek, mekanın ses kalitesini bilimsel olarak tanımlar (Sabine, 1906).

Toplam Hacim (V): Hacim, bir mekânın rezonans karakterini ve doğal çınlama süresini belirleyen en kritik faktördür. Wallace Clement Sabine'in formülüne göre ($RT_{60} \approx k * V / A$; burada V hacim, A ise toplam soğurma miktarını temsil eder), hacim arttıkça çınlama süresi uzar. Senfonik müzik için büyük hacimler (yaklaşık 10.000 ila 25.000 m³) hedeflenirken, opera ve tiyatro gibi konuşma anlaşılabilirliğinin öncelikli olduğu icralar için, çınlama süresini kontrol altında tutmak amacıyla daha küçük hacimler tercih edilir (Kutluay, 2018).

Hacim/Koltuk Oranı (V/N): Bir koltuk başına düşen hacim miktarı, salonun akustik yoğunluğunu gösteren önemli bir tasarım kriteridir. Yüksek bir V/N oranı, daha az seyirciye daha fazla hacim düşmesi anlamına gelir ve bu, soğurma miktarının göreceli olarak azalmasına, dolayısıyla daha uzun ve dolgun bir çınlama süresine neden olur. Örneğin, modern bir konser salonu için ideal V/N oranı genellikle 8 m³/kişi ile 10 m³/kişi arasında değişirken, opera salonlarında bu oran, vokal netliğini korumak adına daha düşük tutulur. Bu oranın belirlenmesi, tasarımın başlangıç aşamasında, hedeflenen akustik parametrelere ulaşmak için kritik öneme sahiptir (Beranek, 2012; Aslan, 2017).



Görsel 18. Oranların mekansal gösterimi (üst sol), **Görsel 19.** Grafik gösterimi (üst sağ), **Görsel 20.** Sesin mekan içinde hareketleri (alt) (Kutluay, 2018)

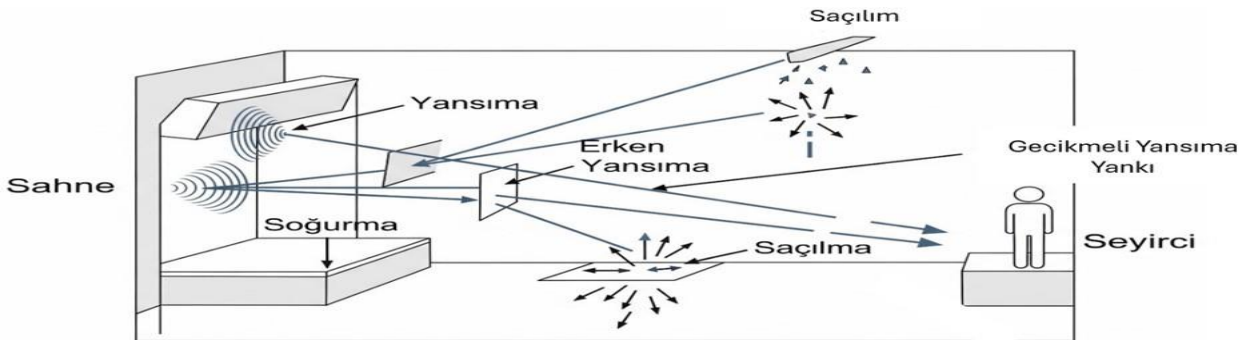
Mekânsal Oranlar (Dimensions): Hacmin uzunluk, genişlik ve yükseklik boyutları arasındaki oranlar da kritik bir rol oynar. Bu oranların doğru seçilmesi, düşük frekanslarda ayakta duran dalgaların oluşumunu ve sesin geometrik kusurlardan dolayı bir bölgede yoğunlaşmasını (fokuslanma/odaklanma etkisi) engellemek için gereklidir. Akustik tasarım rehberleri ve standartlar (örneğin, Bolt Alanı'nın önerdiği oranlar), ses dalgalarının tüm frekans bantlarında homojen bir dağılım göstermesini sağlamak için ideal mekânsal oranların yakalanmasını tavsiye eder. İç mekânda yanlış boyutlandırma, frekansa bağlı dengesizliklere yol açarak, bas seslerin zayıf kalması ya da rahatsız edici yankılar gibi sorunlara neden olabilir (Çelebi Şeker, 2021).

2.2. İç Mekanda Akustik Oluşumu ve Temel Etkileşimler

Bir sahne mekanının iç hacmi, ses dalgaları için pasif bir konteyner olmanın ötesinde, ses enerjisini sürekli olarak dönüştüren ve performansın nihai kalitesini belirleyen aktif bir rezonatör görevi görür. İç mekanda oluşan akustik ortam, ses kaynağı (sanatçı/orkestra) ile dinleyici arasındaki karmaşık etkileşimlerin bir sonucu olup, büyük ölçüde mekânı sınırlayan yüzeylerin fiziksel özelliklerine ve geometrisine bağlıdır. Bu etkileşimlerin anlaşılması, iç mekan tasarımının akustik iyileştirme hedeflerine ulaşmasında kritik öneme sahiptir (Kutluay, 2018).

2.2.1. Sesin İç Mekanda Davranışı: Yansımalar, Soğurma ve Saçılma Kavramları

Ses, bir mekânda yayıldığında, ortamdaki engellerle karşılaştığında üç temel fiziksel davranış sergiler: yansımalar (reflection), soğurma (absorption) ve saçılma (diffusion). Bu üç kavram, mimari akustiğin temelini oluşturur ve sahne mekanlarının akustik dengesini kurmak için iç mekan tasarımcıları tarafından yönetilmesi gereken kilit süreçlerdir.



Görsel 21. Sahne mekanında sesin davranış şekilleri (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Yansıma (Reflection): Ses dalgalarının sert, pürüzsüz ve büyük bir yüzeye çarpıp, enerjisinin büyük bir kısmını koruyarak, çarpma açısıyla eşit bir açıyla geri dönmesidir. Sahne mekanlarında yansımalar, sesin dinleyiciye ulaşma süresini ve yoğunluğunu etkilediği için hayati rol oynar. Bu fiziksel süreç, yüzeyin akustik empedansına bağlı olarak farklılaşır ve sahne mekanlarında sesin enerji kaybını minimize ederek dinleyiciye 'doğal amplifikasyon' etkisi sağlar. Yansıtıcı yüzeylerin açısız yerleşimi, ses dalgalarının dinleme alanındaki homojenliğini ve performansın işitsel derinliğini belirleyen en temel tasarım aracı olarak değerlendirilmelidir (Kutluay, 2018).

Erken Yansımalar (Early Reflections): Kaynak sestten sonraki ilk 50 ila 80 milisaniye içinde dinleyiciye ulaşan yansımalar. Bu yansımalar, netliği (clarity) ve sesin dolgunluğunu artırarak istenen bir etki yaratır. İyi bir akustik tasarım, özellikle sahnenin hemen üzerindeki ve yanlarındaki yansıtıcı yüzeyleri kullanarak bu erken yansımaların yönlendirilmesini hedefler.

Gecikmeli Yansımalar (Late Reflections / Yankı): Ses kaynağı ile dinleyici arasında çok büyük bir mesafe farkı olduğunda (genellikle 80 ms'den fazla gecikme) oluşan yansımalar. Bu yansımalar, sesin netliğini bozar ve rahatsız edici bir yankı (echo) etkisi yaratır; iç mekan tasarımında bu tür yansımaları önlemek temel bir hedeftir.

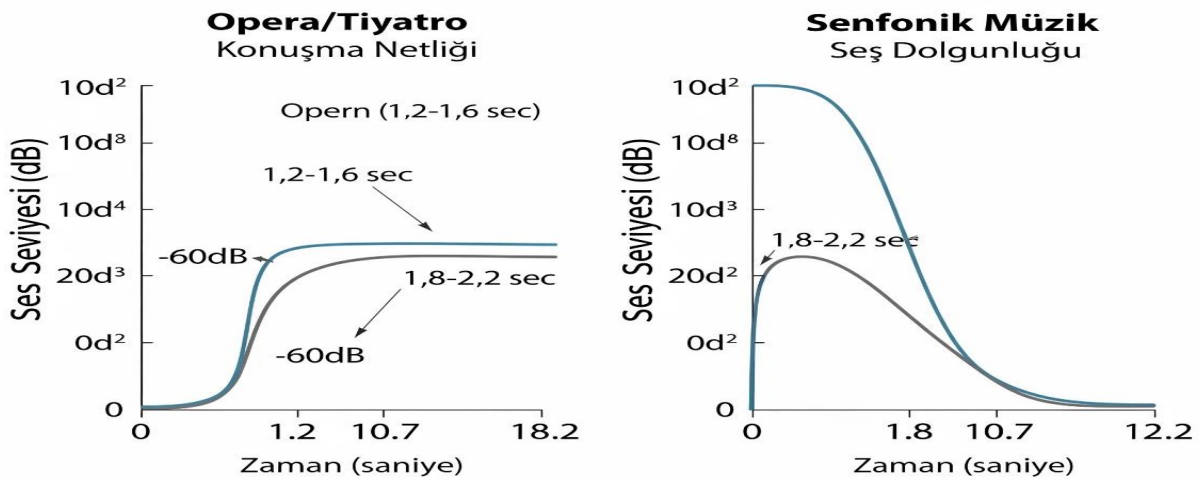
Soğurma (Absorption): Ses enerjisinin, yüzey malzemeleri tarafından emilerek mekanik enerji veya ısıya dönüştürülmesidir. Soğurma miktarı, genellikle Soğurma Katsayısı (α) ile ölçülür (0: Hiç yutmama, 1: Tamamen yutma). Sahne mekanlarında soğurma, istenmeyen çınılama süresini (RT60) düşürmek, gürültüyü kontrol altına almak ve yankı etkisini azaltmak için kullanılır. Seyirci koltukları, perdeler, akustik paneller ve halılar gibi gözenekli veya esnek malzemeler yutucu etkiye sahiptir. İç mekan tasarımında yutucu yüzeylerin stratejik kullanımı, sesin genel enerji seviyesini kontrol altında tutar (Kurra, 2021).

Saçılma (Diffusion): Ses dalgalarının, düz olmayan, girintili-çıkıntılı veya kavisli geometrik yüzeylere çarparak enerjisini korumasına rağmen farklı yönlere dağılmasıdır. Saçılma, bir mekân içinde ses enerjisinin homojen bir şekilde yayılmasını sağlayarak mekânsal izlenimi (envelopment) artırır ve akustik kusurların (örneğin sesin bir noktada odaklanması) önüne geçer. İç mekan tasarımında difüzörler olarak adlandırılan, genellikle Kuadratik Kalıntı Difüzörü (QRD) veya Geniş Bant Difüzörler gibi özel geometrik elemanlar kullanılır. Saçılma,

özellikle konser salonlarında sesin zenginliğini ve sıcaklığını korurken netliği sürdürmek için kritik öneme sahiptir (Işık ve Kırbaş, 2023).

2.2.2. İç Mekan Tasarım Anlayışı Açısından Sahne Mekanları İçin Gerekli Akustik Ortam Koşulları

Sahne mekanlarının iç mekan tasarımı, estetik kaygıların ötesinde, yukarıda açıklanan akustik davranışları yöneterek, performansın türüne uygun optimal ortam koşullarını oluşturmakla yükümlüdür. Gerekli akustik ortam koşulları, icra türüne göre belirlenen temel hedefler etrafında şekillenir:



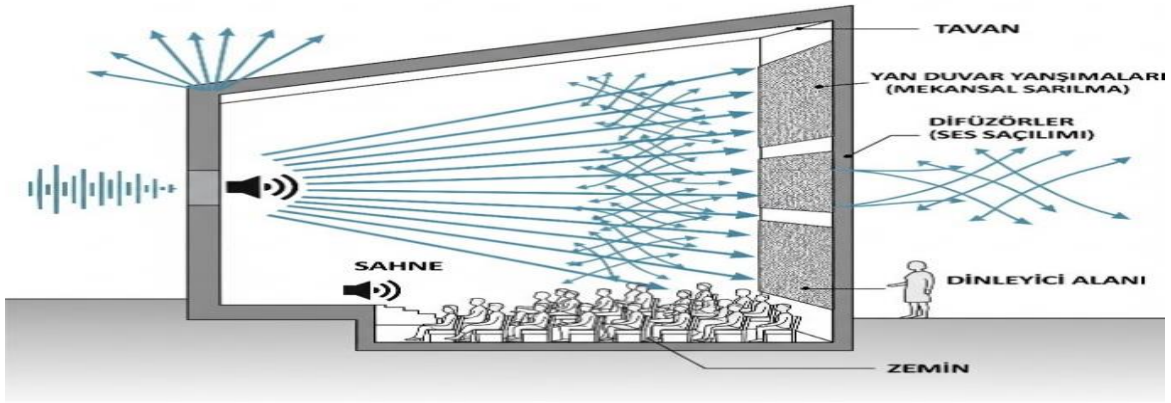
Görsel 22. RT60 Grafiği (Kutluay, 2018)

Optimal Çınlama Süresinin (RT60) Sağlanması: İcra türü için ideal kabul edilen çınlama süresinin sağlanması temel koşuldur. Opera ve tiyatro (konuşma netliği öncelikli) için 1.2–1.6 saniye gibi nispeten kısa süreler hedeflenirken, senfonik müzik (sesin dolgunluğu öncelikli) için 1.8–2.2 saniye gibi daha uzun süreler gereklidir. İç mekan tasarımcıları, hacim ve yüzey alanlarının oranını ve bu yüzeylerde kullanılacak soğurma malzemelerinin miktarını kontrol ederek bu hedef süreye ulaşmayı amaçlar (Beranek, 2012).

Yeterli Netliğin (Clarity, C80/D50) ve Tanımlılığın Sağlanması: Sahne mekanında sesin net ve anlaşılır olması şarttır. Bu, erken yansımaların gücünün, geç yansımaların gücüne oranını (C80) kontrol etmeyi gerektirir. İç mekan tasarımı, sahne yakınındaki tavan ve yan duvarlarda yansıtıcı yüzeyler kullanarak kritik erken yansımaların dinleyiciye

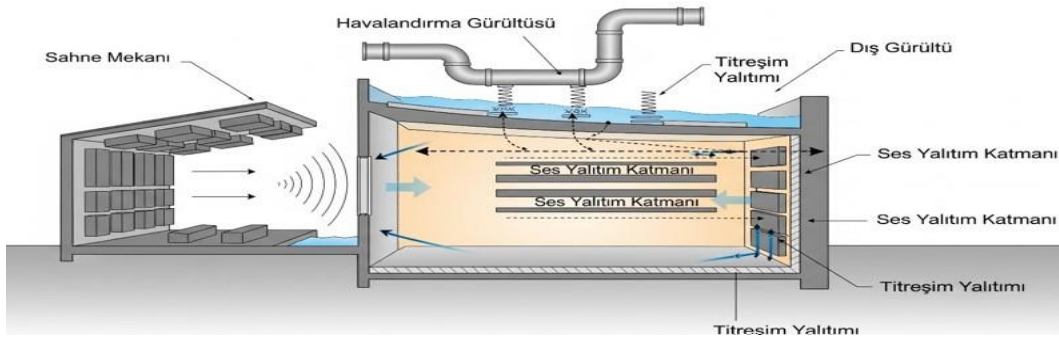
yönlendirilmesini sağlamalıdır. Aynı zamanda, hacimdeki yankılanmanın netliği bozacak kadar uzun olmamasına dikkat edilmelidir (Mendel, 2020).

Ses Enerjisinin Homojen Dağılımı ve Mekânsal Sarılma (Envelopment): Akustik ortam koşulunun gerektirdiği en önemli unsurlardan biri, mekândaki sesin tüm dinleyicilere aynı kalitede ve yeterli şiddette ulaşmasıdır. Homojenlik, iç mekân yüzey geometrilerinin doğru şekilde eğimli ve saçıcı (difüzör) elemanlarla donatılmasıyla sağlanır. Mekânsal Sarılma (IACC), özellikle konser salonlarında seyircinin kendisini sesin içinde hissetmesi için yan duvar yansımalarının zenginleştirilmesini gerektirir (Beranek, 2012).



Görsel 23 Kritik ölçütlerin sağlanması ve homojen dağılım (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Gürültü Kontrolü ve Ses Yalıtımı: Dışarıdan veya mekânın teknik sistemlerinden (havalandırma vb.) gelen istenmeyen gürültünün kabul edilebilir NC (Noise Criteria) seviyelerinin altında tutulması bir zorunluluktur. İç mekan tasarımı, bu gürültüyü soğurma ve titreşim yalıtımı detaylarıyla kontrol altına alarak akustik ortamın temiz kalmasını sağlamalıdır.



Görsel 24. Dış gürültüye karşı ses yalıtımı (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Bu ortam koşulları, iç mekan tasarımında formun, malzemenin ve geometrik kurgunun belirlenmesinde birincil öncelik haline gelirken, estetik ve işlevsellik bu bilimsel gerekliliklerle uyumlu hale getirilmek durumunda kalabilmektedir.

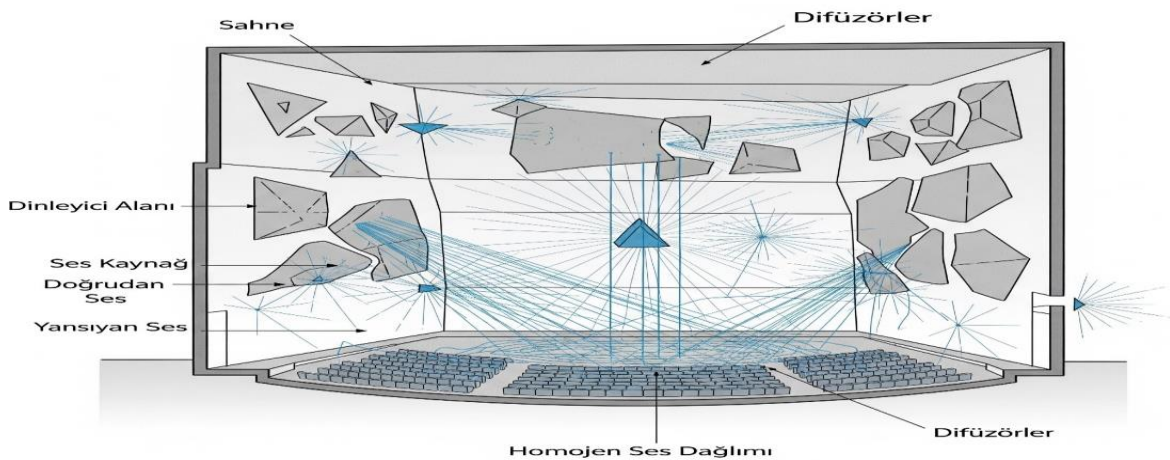
2.3. Sahne Mekanlarında Akustik İyileştirmeye Yönelik İç Mekan Tasarım Kriterleri

Akustik iyileştirme, sahne mekanlarının iç mimari tasarımında estetik ve işlevselliği bilimsel bir hassasiyetle birleştirmeyi gerektiren bir süreçtir. Bu, mekânın atmosferini ve görsel kalitesini belirleyen iç mekan elemanlarının, aynı zamanda ses enerjisinin mekân içindeki davranışını optimize eden birer araç olarak kullanılması anlamına gelir. İç mimarlık disiplini açısından akustik iyileştirmeye yönelik temel tasarım kriterleri, geometrik kurgu, mekânsal ilişki yönetimi ve malzeme kompozisyonu olmak üzere üç ana başlık altında toplanır (Öztürk, 2021).

2.3.1. İç Yüzey Geometrisi ve Boşluk-Doluluk Oranının Kullanımı

İç mekân yüzeylerinin geometrisi, bir sahne mekanının akustik kimliğini şekillendiren en temel tasarım kararıdır. İç mimar, yüzeyleri birer akustik filtre veya yansıtıcı araç olarak ele alarak, sesin dağılımını bilinçli bir şekilde yönetir.

Geometrik Kurgu ve Difüzyon: İç yüzeylerin düz ve büyük olması, aynasal yansıma (tek bir yönde güçlü yansıma) riskini artırır. Akustik iyileştirme sürecinde bu riski azaltmak ve sesin homojen dağılımını sağlamak için yüzeylere kırılmalar, açılı eğimler ve karmaşık yüzey dokuları (difüzörler) eklenir.



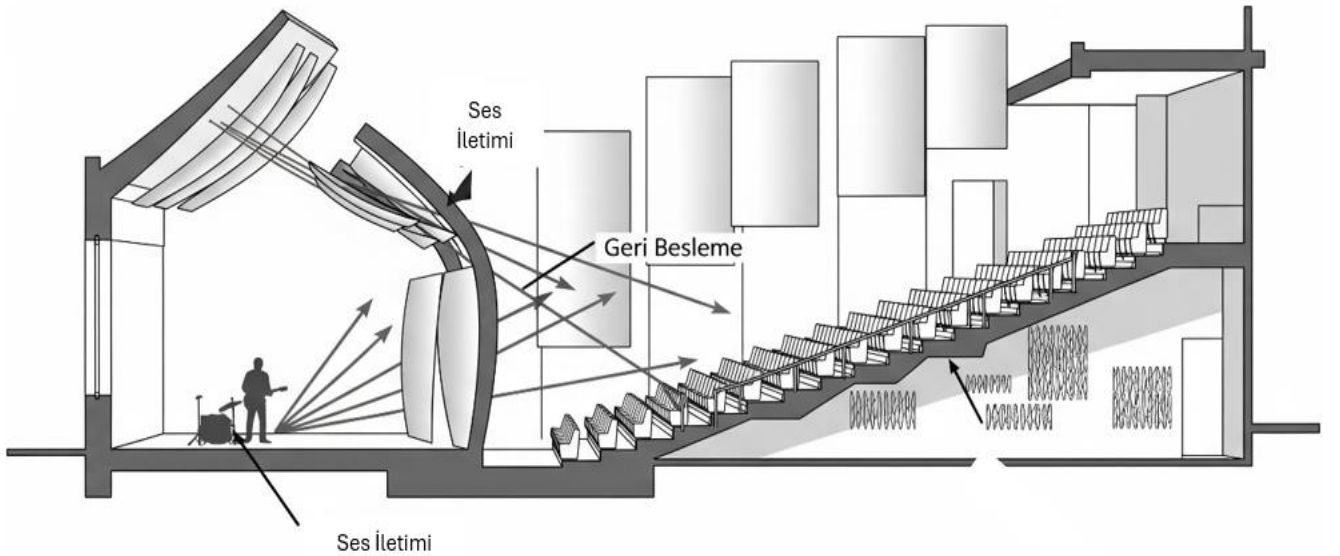
Görsel 25. Difüzörlerin konumlanması (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Özellikle yan ve arka duvarlarda kullanılan bu geometrik müdahaleler, estetik bir derinlik katarken, ses enerjisini farklı yönlerde saçarak seyircinin her noktasında mekânsal izlenimi ve dolgunluğu artırır (Işık ve Kırbaş, 2023).

Boşluk-Doluluk Oranıyla Soğurma Yönetimi: "Boşluk-Doluluk Oranı", iç mekan tasarımında ses yutucu (boşluk) ve yansıtıcı (doluluk) yüzey alanlarının toplam hacme oranını yönetme stratejisidir. Bir iç mimar, koltuk kumaşları, kalın halılar ve gizlenmiş akustik paneller (boşluk) ile sert ahşap kaplamalar ve alçıpan tavanlar (doluluk) arasındaki dengeyi kurar. Bu denge, hedeflenen çınlama süresine ulaşılmasında kritik öneme sahiptir. Örneğin, konser salonlarında RT60'ı yüksek tutmak için "doluluk" yüzeyleri baskınken; opera ve tiyatrodaki netliği artırmak için "boşluk" (yutucu) yüzeylere stratejik olarak daha fazla yer verilir (Kurra, 2021).

2.3.2. Sahne ve Seyirci Alanı İlişkisi

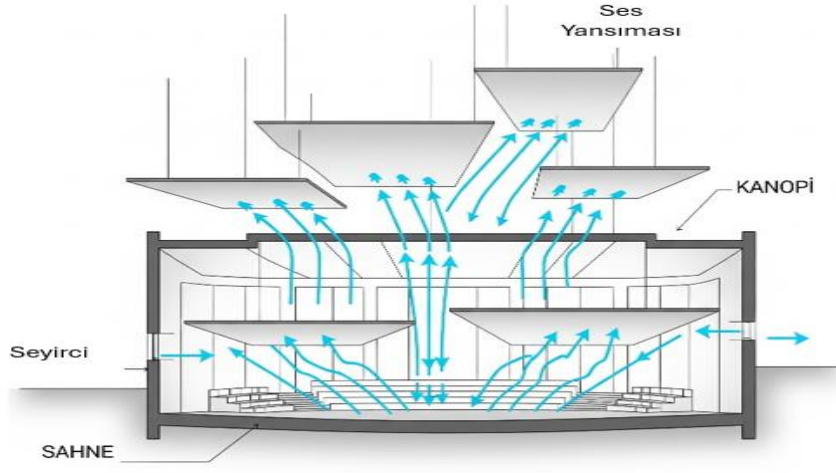
Sahne ile seyirci alanı arasındaki mimari kurgu, sadece görsel erişimi değil, aynı zamanda sesin sahneden seyirciye ve sahnedeki icracıya geri beslemesini sağlayan enstrümantal bir alandır.



Görsel 26. Seyirci Alanı (Google Image Generation Model, Google, 2026)

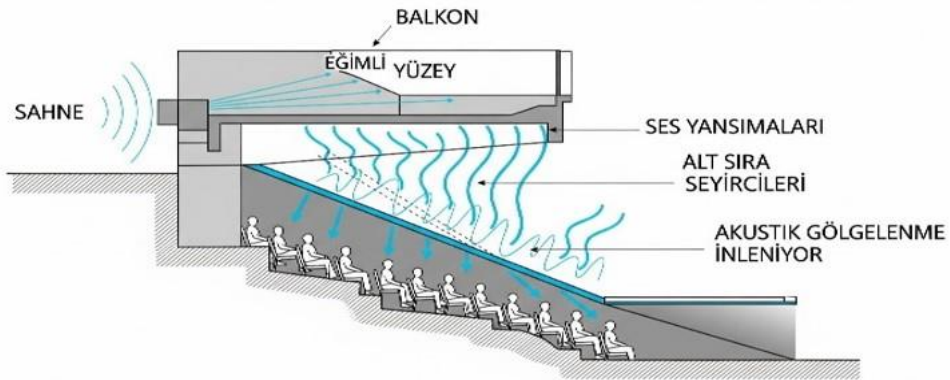
İç mekan tasarımcısı, bu bölgedeki yapısal elemanları, akustik iletimi optimize edecek şekilde biçimlendirir.

Sahne Kabuğu ve Kanopi Tasarımı: Orkestranın icra edildiği alanın çevresini ve üzerini saran, genellikle estetik kaygılarla biçimlendirilmiş Sahne Kabuğu (Orchestra Shell) ve asılı Kanopiler, ses enerjisini kayıp vermeden ön ve yan seyirci sıralarına doğru yansıtan temel iç mekan öğeleridir.



Görsel 27. Sahne Kabuğu (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Balkon Cepheleri ve Akustik Gölgeleme: Çok katmanlı balkonların cephelerinin tasarımı, altındaki seyirci sıralarına erken yansıma sağlayarak akustik gölgelemeyi önlemede kritik bir rol oynar. Bu cephelerin dikey değil, eğimli veya kırık yüzeyler olarak tasarlanması, yansımaların alt katmanlara nüfuz etmesini sağlayarak mekân içindeki akustik homojenliği destekler (Çelebi Şeker, 2021).



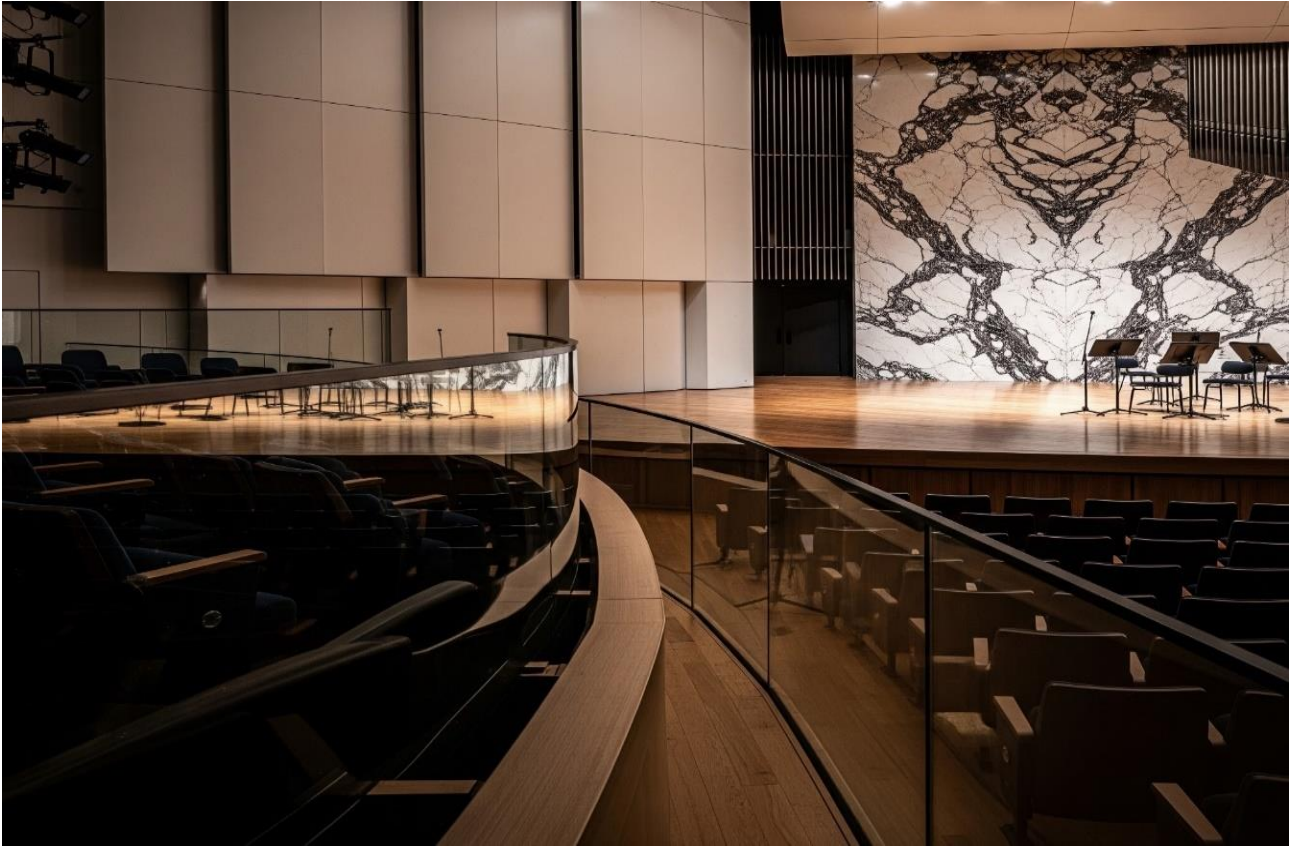
Görsel 28. Balkon cephelerinde ses yansımaları (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Bu elemanların açısı, yüksekliği ve malzemesi (yüksek yoğunluklu, pürüzsüz yüzeyler), hem icracıların birbirlerini duymasını sağlayan yeterli ve erken geri beslemeyi sağlamak hem de seyirciye sesin netliğini (C80) güçlendiren erken yansımaları yönlendirmek üzere hassasiyetle tasarlanır (Beranek, 2012).

2.3.3. Akustik Malzeme Özellikleri ve Seçimi

İç mekan tasarımının akustik performansı belirlemedeki en doğrudan aracı, yapısal bitirme malzemelerinin seçimidir. Bu seçim, sadece estetik dokuyu ve mekânın karakterini değil, aynı zamanda ses enerjisini yansıtma, soğurma ve saçma oranlarını da belirler. Bu noktada bir iç mimar, her bir malzemenin frekans bandındaki akustik katsayılarını dikkate alarak stratejik bir kompozisyon oluşturmaya çalışmalıdır.

Yansıtıcı Malzemeler (Reflection): Sesin enerjisini koruyarak çınlama süresini uzatan sert, pürüzsüz ve kütleli yüzeylerdir (parlatılmış ahşap, mermer, cam, sert alçı). Bu malzemeler, orkestra ve seyirci alanına yakın bölgelerde, sesin gücünü artırmak amacıyla kullanılır.



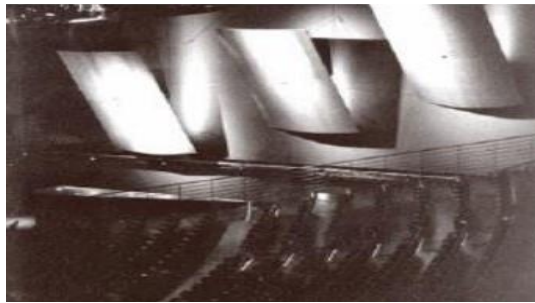
Görsel 29. Yansıtıcı yüzey malzemelerinin kaplı olduğu sahne mekanı (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Soğurucu Malzemeler (Absorption): Ses enerjisini ısıya çevirerek RT60'ı düşüren, gözenekli ve yumuşak malzemelerdir (akustik kumaşlar, koltuk döşemeleri, mineral yün dolgulu paneller). Çoğunlukla mekânın arka kısımlarında, aşırı yankılanmayı ve gürültüyü kontrol altına almak için yerleştirilirler (Kurra, 2021).



Görsel 30. Ses emilimi yapan döşeme (sol), **Görsel 31.** Duvar-tavan yüzey malzemeleri (sağ) (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Saçıcı Malzemeler (Diffusion): Sesin yönünü dağıtarak mekânsal izlenimi artıran, özel olarak tasarlanmış geometrik elemanlardır (Difüzörler). İç mekan tasarımında bu elemanlar, estetik bir doku ögesi olarak da kullanılarak, sesin dağılımını frekanstan bağımsız olarak iyileştirir ve akustik kusurları (fokuslanma) engeller.



Görsel 32. Bölgesel panellerle yan duvar yansımalarının geliştirilmesi (Rossing, 2007, s. 332)

Sonuç olarak, iç mekan tasarımcısı malzeme seçimiyle mekânın hem görsel sıcaklığını hem de işitsel sıcaklığını aynı anda kontrol etme yeteneğine sahiptir. Başarılı bir akustik iyileştirme projesi, bu üç kriterin (geometri, mekânsal ilişki ve malzeme) entegre ve koordineli bir iç mimari yaklaşımla ele alınmasına bağlıdır (Işık ve Kırbaş, 2023).

3. BÖLÜM: İÇ MEKAN KRİTERLERİNİN SAHNE MEKANLARINDAKİ AKUSTİK PERFORMANSI İYİLEŞTİRMEDEKİ ETKİLERİNİN OPERA SALONLARI ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

İç mekan tasarım kriterleri ile akustik performans arasındaki etkileşimi sahne sanatları içerisindeki en kompleks yapı tipolojisi olan opera salonları bağlamında irdelemek yaklaşımı, sahne mekanlarındaki akustik iyileştirme çözümlerine daha net yaklaşımlar ortaya koyulabileceğini amaçlamaktadır. Opera binaları, vokal iletimin netliği ile orkestral derinliğin eşzamanlı olarak sağlanması gerekliliği nedeniyle, mimari akustik tasarımın sınırlarını zorlar niteliktedir. Bu mekanlar, akustik bir uzlaşma zemini oluşturmakta; dolayısıyla iç mekan tasarımının, bu uzlaşmayı nasıl bir iyileştirme aracına dönüştürdüğünü çözümlenmek çok önem kazanmaktadır (Beranek, 2012). Opera salonlarının akustik tasarımındaki özgün konumunu, vokal ve enstrümantal ses arasındaki hassas dengenin mimari formla nasıl kurgulandığını ve mevcut bir yapıdaki akustik iyileştirme ihtiyacının hangi bilimsel ölçütlerle saptandığını detaylandırmak amaçlanmaktadır. İç mekan tasarımının, opera salonlarında karşılaşılan odaklanma kusurları, yankı problemleri veya yetersiz netlik gibi teknik sorunları gidermedeki doğrudan rolü, tasarım ölçütleri üzerinden değerlendirilmektedir (Demirel, 2019). İç mekan tasarımcısının hangi fiziksel müdahalelerle (geometri, malzeme, yüzey detayları) hedeflenen işitsel performansa ulaşabileceğini somutlaştırmayı amaçlamaktadır.

3.1. Akustik İyileştirme İncelemelerinin Sahne Mekanlarının İçinde Opera Salonları Üzerinden Değerlendirilme Gerekçeleri

Sahne mekanlarının akustik tasarımında belirlenen kriterler, icra edilen sanat türünün beklentilerine göre farklılaşmaktadır. Senfonik konser salonları sesin dolgunluğunu ve uzun çınlama süresini hedeflerken; tiyatrolar konuşmanın anlaşılabilirliğini önceliklendirmektedir. Opera salonları ise bu iki zıt akustik gereksinimi (uzun reverberasyon ve yüksek netlik) aynı anda karşılama zorunluluğu nedeniyle, mimari akustik ve iç mekan tasarımı açısından en karmaşık ve zorlayıcı mekan tipolojisi olarak kabul edilmektedir (Soylu, 2019). Akustik iyileştirme incelemelerinin opera salonları üzerinden gerçekleştirilmesinin temel gerekçesi, bu mekanların sunduğu akustik uzlaşma zorunluluğudur. Opera icraları, insan sesi (vokal) ile büyük bir orkestra müziğini (enstrümantal ses) aynı hacimde, hem yükseltme (amplifikasyon) olmadan hem de yüksek bir netlikle sunmayı gerektirir. Bu durum, birbirinden zıt iki hedefin eş zamanlı olarak optimize edilmesini zorunlu kılar.

Vokal Netliği ve Gücü: Őarkı sözlerinin ve vokal nüanslarının anlaşılabilmesi için nispeten kısa bir çınlama süresi (genellikle 1.2–1.6 saniye) gereklidir. Vokal performansının, orkestranın hacimli sesi karşısında anlaşılır ve güçlü kalması gerekmektedir. İç mekan tasarımı, sahne ve orkestra çukuru bölgesindeki yansıtıcı yüzeyleri kullanarak vokal ses enerjisinin kayıp vermeden seyirciye yönlendirilmesini sağlamalıdır.

Orkestra İçin Mekânsal Dolgunluk: Orkestra müziğinin zengin ve hacimli duyulması için ise daha uzun bir çınlama süresi ve güçlü yan yansımalar istenir. Orkestranın zengin ve mekânsal (enveloping) bir ses kalitesi sunması için hacim içindeki erken yan yansımaların (lateral reflections) korunması ve çınlama süresinin yeterli olması gerekir.

Opera salonları, bu zıtlıkları mimari form ve iç mekan malzeme seçimi ile çözmek zorunda kalmıştır. Tarihsel "At Nalı" formundan modern tasarımlara kadar, her opera salonu, bu uzlaşmayı sağlamak için iç mekanında benzersiz geometrik ve malzeme stratejileri kullanmıştır. Bu karmaşık yapı, iç mekan tasarım kriterlerinin (form, geometri, malzeme) akustik performans etkilerini çok boyutlu ve detaylı bir şekilde analiz etme fırsatı sunar. Ayrıca, opera salonlarının çoğunun tarihi yapılar olması, akustik iyileştirme çalışmalarının mevcut mimari dokuyu koruma zorunluluğuyla birlikte nasıl yürütüldüğünü incelemeyi de mümkün kılar (Beranek, 2012). Opera akustiğinde temel hedef, Vokal, Orkestra ve Seyirci arasında işitsel bir denge kurmaktır. Bu denge, sanatçılar, müzisyenler ve dinleyiciler için optimal bir deneyim sağlamanın ön koşuludur ve üç ana bileşenin eşzamanlı olarak tatmin edilmesini gerektirir.

Seyirci Hedefi: Salonun her yerinde sesin eşit şiddetle (homojenlik) ve aynı netlikle duyulması esastır. Gürültü seviyelerinin kontrol altında tutulması ve istenmeyen yankıların (echoes) önlenmesi, seyircinin konforunu belirler.



Görsel 33. Opera sahnesinde vokal, orkestra ve seyirci dengesi (<https://www.cizmedergi.com>)

Bu üç bileşen arasındaki hassas denge, iç mekan tasarımında en ince ayrıntılara kadar (balkon cephelerinin açısı, loca içindeki soğurma miktarı, sahne kabuğunun yüksekliği vb.) müdahale edilmesini gerektirir. Opera, bu karmaşık dengeyi kurmadaki en yüksek mimari meydan okumadır (Soylu, 2019).

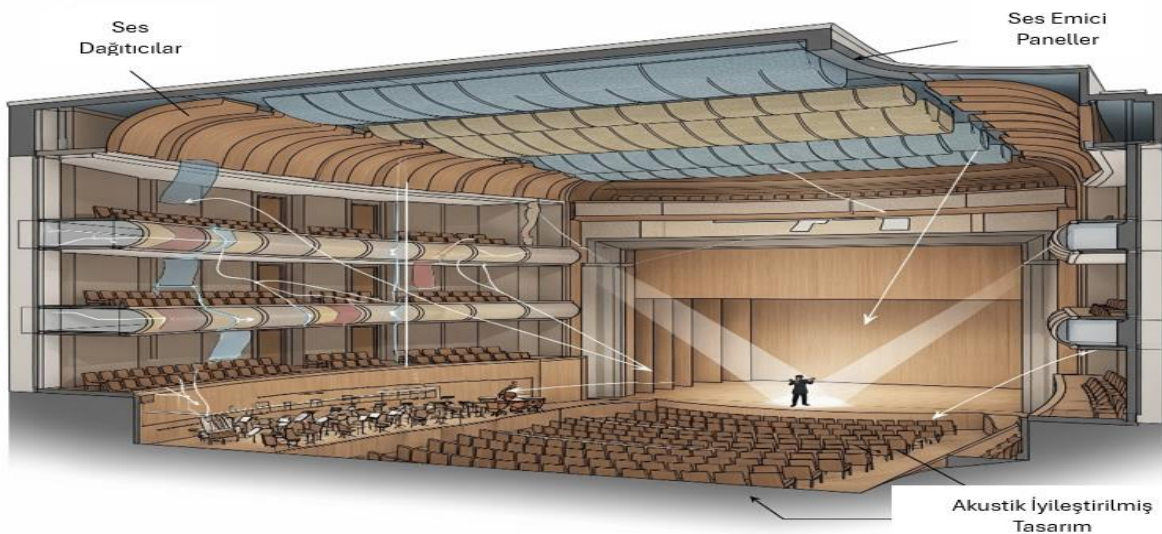
3.2. Opera Salonlarında Akustik İyileştirme İhtiyacının Başlıca Sebepleri

Opera salonlarında akustik iyileştirme ihtiyacının belirlenmesi, genellikle iki ana durumdan kaynaklanır:

Tarihsel Kullanım ve Fonksiyon Değişikliğinden Kaynaklanan İhtiyaç: Tarihi opera salonları (örneğin At Nalı tipi yapılar), genellikle 18. ve 19. yüzyıl operaları için tasarlanmıştır. Bu salonlar, günümüzün daha büyük orkestraları, modern opera repertuarı ve değişken sahne teknolojileri için yetersiz kalabilir.

Ayrıca, ilk inşa edildiklerinde akustik hesaplamalar bilimsel yöntemlerden çok, ampirik (deneyime dayalı) yöntemlere dayandığı için, beklenenin altında performans sergileyebilirler.

Mevcut Akustik Kusurlar: Sesin bir bölgede odaklanması, özellikle kubbeli veya kavisli tavanlarda sıkça rastlanan bir kusurdur. Aşırı uzun çınlama, vokal netliğini bozar; tersine, aşırı soğurma ise sesi "kuru" ve cansız hale getirir. Bu tür kusurların tespiti, Akustik Ölçümler ve Subjektif Dinleyici Değerlendirmeleri ile yapılır.



Görsel 34. Sesin seyirciye dağılımı (Google Image Generation Model, Google, 2026)

İç mimarlık, bu tespit edilen akustik kusurlara; geometrik kırılmalar, yüzey malzeme değişimleri ve değişken sistemlerin entegrasyonu gibi somut müdahalelerle cevap vererek iyileştirme ihtiyacını somut bir tasarım problemine dönüştürür.

3.3. İç Mekan Tasarım Anlayışıyla Opera Salonlarında Akustik İyileştirmeyi Sağlamaya Yönelik Gerekliliklerin Tespiti

Opera salonlarının akustik başarısı, Vokal, Orkestra ve Seyirci üçgeninde kurulan hassas dengeye bağlıdır. Bu denge, estetik kaygılarla birlikte yürütülen bilimsel bir performans değerlendirmesi ve nicel kriter setinin sağlanmasıyla mümkündür. Performans değerlendirmesi, mevcut bir salonun akustik kalitesinin uluslararası standartlarla kıyaslanmasını ve iç mekan tasarım parametrelerinin bu kriterlere uygunluğunun analiz edilmesini içerir.

Opera salonları, çok amaçlı mekanların aksine, belirli bir sanat formu için optimize edilmiştir; ancak bu optimizasyon, çelişkili akustik talepleri bir arada barındırır. İdeal opera akustiği, bir dizi nicel ve psikoakustik kriterin dar bir aralıkta tutulmasını gerektirir:

Çınlama Süresi (RT60): Opera salonları için ideal RT60 süresi, genellikle senfonik konser salonlarından daha kısadır. Amacı, vokal ve konuşma kısımlarının netliğini (intelligibility) maksimize etmektir. İdeal kabul edilen aralık genellikle 1.3 saniye ile 1.7 saniye arasında değişir. Bu sürenin çok uzun olması, seslerin üst üste binmesine (maskeleye etkisi) ve netliğin düşmesine yol açar; çok kısa olması ise orkestranın dolgunluğunu ve sıcaklığını azaltır. Yankı ve aşırı çınlama özellikle boş localar, balkon altları veya kubbeli tavanlar nedeniyle oluşan, vokal netliğini ciddi şekilde düşüren problemdir.

Netlik (Clarity, C80): Sesin ilk 80 milisaniyesindeki enerjinin (erken ses enerjisi) geç gelen sese oranını ölçen C80, opera için kritik öneme sahiptir. Yüksek C80 değerleri, vokal performansının orkestra müziği karşısında belirgin kalmasını sağlar. İdeal bir opera salonunda C80 değerinin yüksek olması hedeflenir. Konuşmanın anlaşılabilirliği için bazen Tanımlılık (Definition, D50) kriteri de kullanılır; yüksek D50 değeri, sözlerin algılanma yüzdesini artırır.

Sesin Odaklanması (Focussing): Dairesel veya parabolik yüzeylerin sesi tek bir dinleyici noktasına yoğunlaştırması, diğer noktalarda ise sesi zayıflatan homojenlik bir problemdir.

Mekânsal Sarılma (IACC ve Envelopment): Orkestra sesinin zengin ve üç boyutlu algılanması, dinleyicinin sesle çevrelenmiş hissetmesi (envelopment) ile sağlanır. Bu, Kafalar Arası Korelasyon Katsayısı (IACC) ile ölçülür. IACC'nin düşük olması (0.25-0.50 arası ideal kabul edilir), dinleyicinin mekânsal olarak sarılma hissini artırır. Opera salonlarında, bu özellik özellikle orkestranın daha dramatik ve etkileyici duyulması için önemlidir, ancak vokal netliğini gölgede bırakmamalıdır.

Sıcaklık (Warmth): Düşük frekanslı seslerin (bas sesler) orta frekanslı seslere göre yeterli enerjiye sahip olmasıyla tanımlanır. Orkestranın zengin ve güçlü duyulması için yeterli sıcaklık şarttır. Bu kriter, mekânın hacmi ve düşük frekansları soğurma (absorpsiyon) miktarının kontrolü ile doğrudan ilişkilidir (Özkan, 2024).

Düşük Konuşma Anlaşılabilirliği (Düşük STI): Opera salonunun akustiğinin konuşma ve vokal netliği için yetersiz kaldığını gösterir.

Akustik Gölgeleme (Sound Shadow): Derin balkon altları gibi bölgelerde erken yansımaların kesilmesi sonucu sesin zayıf ve cansız algılanmasıdır (Yılmaz, 2012).

3.4. Opera Salonlarında Akustik Kaliteyi Etkileyen İç Mekan Tasarım Ölçütleri

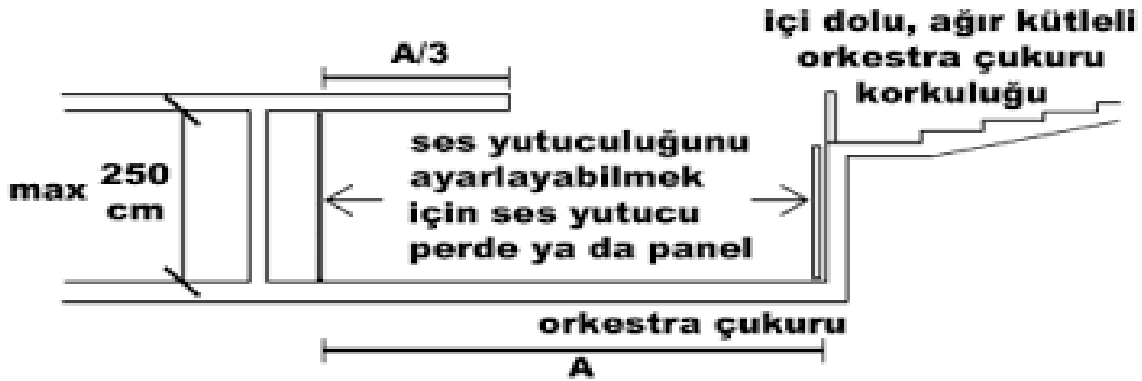
Opera salonlarında akustik rehabilitasyon, iç mekan tasarımcısının, yapısal değişiklik yapma imkânının sınırlı olduğu mevcut hacimlerde, belirlenen akustik kusurları gidermek amacıyla geometrik, malzeme ve teknolojik müdahaleleri stratejik olarak kullanması sürecidir. Rehabilitasyon yaklaşımı, estetik değeri ve tarihi dokuyu koruma zorunluluğu ile bilimsel olarak hedeflenen akustik performansa ulaşma gerekliliğini uzlaştırmayı amaçlar. Bu süreçte iç mekan, basit bir kaplama yüzeyinden, sesin davranışını aktif olarak kontrol eden yüksek performanslı bir arayüze dönüştürülür (Yılmaz, 2022).

Opera salonlarında akustik kalitenin iyileştirilmesi, büyük ölçüde iç mimarlık disiplininde yer alan parametrelerin stratejik yönetimiyle sağlanır. Bu parametreler, belirlenen problem alanlarına somut çözümler sunar:

Hacim Geometrisi ve Formunun Akustik İyileştirmedeki Rolü: Akustik rehabilitasyon projelerinde hacmin fiziksel sınırlarının değiştirilmesi çoğu zaman mümkün olmasa da, iç yüzey geometrisine yapılan müdahalelerle mekânın akustik karakteri köklü bir şekilde

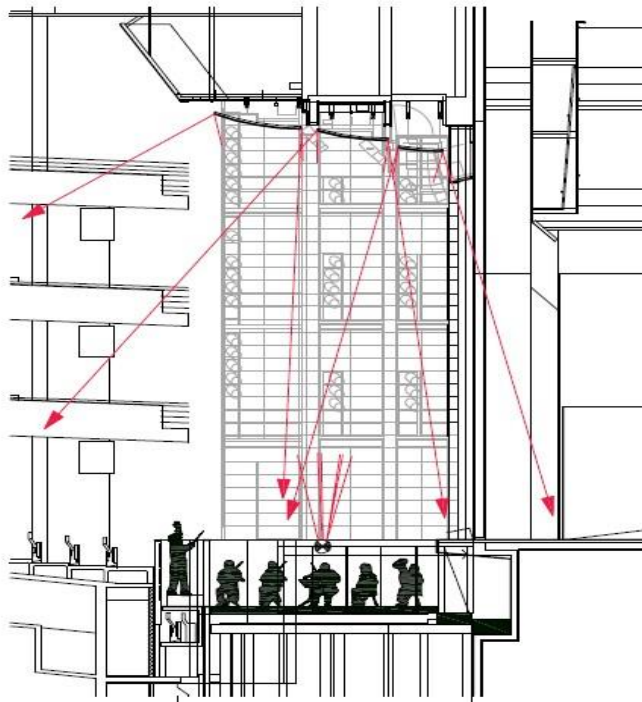
iyileştirilebilir. Geometrik iyileştirme, özellikle sesin tek bir noktada yoğunlaşmasına neden olan fokuslanma ve istenmeyen yankı kusurlarını gidermeyi amaçlar.

Orkestra Çukuru Geometrisi ve Yansıtıcı Yüzeyler: Orkestra çukurunun duvar ve zemin malzemeleri, orkestra sesinin sahnedeki şarkıcılara ve seyirciye doğru ideal yansıtılmasını sağlamalıdır. Çukurun hacmi ve bariyer yüksekliği, orkestranın ses gücünü vokalistleri bastırmayacak şekilde kontrol etmek için kritik bir tasarım parametresidir.



Görsel 35. Orkestra çukurunda sesin dağılım şeması (Yazarın kendi çalışması)

Balkon ve Loca Formu: Tarihi opera salonlarında yaygın olan loca ve balkon cepheleri, sesin saçılmasına ve yutulmasına katkıda bulunur.



Görsel 36. Katlı balkonlu opera salonlarında sesin vektörel yol haritası (Mommertz, 2009, s. 95)

Cephelerin ahşap gibi sert ve hafif açılı malzemelerle kaplanması, erken yansımalar üretirken; loca içlerindeki kumaş, soğurma miktarını artırarak çınlamayı kontrol altında tutar. İç mimari tasarım, estetik detayları korurken bu yüzeylere akustik işlev yüklemelidir.

Tavan ve Yan Duvar Tedavisi: Geniş ve sert tavan yüzeyleri, sesin ana yansıtıcısıdır. Bu yüzeylerin veya sahne kanopisinin geometrik olarak kırılması veya özel saçıcı (difüzör) panellerle donatılması, odaklanma etkisini ortadan kaldırır ve ses dağılımının homojenliğini iyileştirir (Işık ve Kırbaş, 2023).



Görsel 37. Opera salonlarında tavan ve duvar yüzeylerini akustik iyileştirme amaçlı kullanılan paneller (Mommertz, 2009, s. 79)

Yüzey Biçimlendirme ve Saçılım (Difüzyon): Mevcut düz ve sert iç yüzeylere, özellikle arka duvarlar ve balkon cephelerinin yüksek ve geniş kısımlarına, ses enerjisini eşit şekilde dağıtan difüzörler entegre edilir. Kuadratik Kalıntı Difüzörleri (QRD) gibi özel geometrilere sahip bu elemanlar, sesi farklı yönlere saçarak çınlama süresini etkilemeden mekânsal izlenimi artırır ve homojen bir ses dağılımı sağlar.



Görsel 38. – Görsel 39. Ses enerjisinin eşit dağılımını sağlayan yüzey difüzörleri (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Difüzörlerin formu ve bitirme malzemesi ile estetik bütünlüğü koruyarak bu bilimsel çözümü mekânın ayrılmaz bir parçası haline getirilebilir.

Erken Yansıma Yönlendirmesi: Sahneye yakın yan duvarların ve tavanın açılarının yeniden düzenlenmesi (Deflektörler/Yansıtıcı Paneller), erken yansımaların dinleyiciye ideal 50-80 milisaniye aralığında ulaşmasını sağlayacak şekilde optimize edilir. Özellikle opera salonlarında, orkestra çukuru üzerindeki bariyerlerin ve balkon parapetlerinin eğimleri, sesin alt katmanlara doğru yönlendirilmesini sağlayacak şekilde revize edilir. Bu geometrik müdahaleler, vokal netliğini (C80) doğrudan güçlendirir ve balkon altlarında oluşan akustik gölgelenmeyi önler (Tsingos, 2018).

Koltuk ve Döşeme Malzemeleri: Koltuklar, seyirci yokken dahi salonun akustik özelliklerinin stabil kalmasını sağlayan en önemli soğurucu elemanlardır. İç mimar, koltuk kumaşlarının akustik soğurma katsayısını frekans bazında inceleyerek, özellikle orta ve yüksek frekanslardaki fazla çınlamayı kontrol altına almalıdır.



Görsel 40. Boş salonlarda akustik soğurma sağlayan malzeme yüzeyleri (Parlar, 2026, s.4)

3.5. Opera Salonlarında Akustik Performansı İyileştirmeye Yönelik İç Mekan Tasarım Çözümleri

Akustik rehabilitasyonda en yaygın ve en esnek iç mekan müdahalesi, mevcut yüzey kaplamalarının, hedeflenen akustik kriterlere uygun malzemelerle değiştirilmesidir. Malzeme seçimi, RT60 süresini frekans bazında hassasiyetle ayarlama imkanı sunar.

Çok amaçlı kullanım gerekliliğinin artması ve opera salonlarının modern teknolojik talepleri karşılması ihtiyacı, yenileme projelerinde Değişken Akustik Sistemleri (V.A.S.) iç mekanın dinamik bir parçası haline getirmiştir. V.A.S., iç mimarın sabit geometri ve malzeme kısıtlamalarına karşı esneklik sağlayan en önemli teknolojik araçtır.

Stratejik Soğurma (Absorption) Uygulamaları: Aşırı çınlama (uzun RT60) problemi olan salonlarda, soğurma katsayısı yüksek malzemeleri stratejik noktalara yerleştirmek uygun görülür. Bu genellikle arka seyirci duvarları, balkon altları veya loca içleri gibi sesin netliğe en az katkı sağladığı bölgelerdir. Koltuk döşemelerinin ve halıların yenilenmesi, özellikle seyirci dolu durumdaki akustik karakteristiğinin stabilizasyonu için kritik öneme sahiptir. Modern koltuklar, seyirci yokken bile yüksek soğurma sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.



Görsel 41. Stratejik soğurma uygulamalarına sanal görsel örneği (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Yansıtıcı Yüzeylerin Restorasyonu ve Güçlendirilmesi: Özellikle sahne ve orkestra bölgesine yakın yüzeylerde (sahne kabuğu, kanopi, yan duvarların ilk kısımları), ses enerjisini koruyarak netliği artıran sert ve yoğun malzemeler (masif ahşap, sırlı seramik veya özel akustik alçı paneller) kullanılır.



Görsel 42. Görsel sıcaklık, işitsel parlaklık sağlayan sanal doku örneği (Google Image Generation Model, Google, 2026)

Bu malzemelerin yüzey dokusu, hem görsel sıcaklığı hem de işitsel parlaklığı artırmalıdır. Tarihi binalarda, bu iyileştirmeler orijinal dokuyu koruyan ancak modern akustik özelliklere sahip kompozit malzemelerle gerçekleştirilebilir.

Düşük Frekans Kontrolü Sağlayan Uygulamalar: Opera salonlarında orkestranın bas seslerinin boğucu olmasını veya eksik kalmasını önlemek için, mekânın belirli noktalarına rezonans soğurucular veya bas tuzakları (bass traps) entegre edilebilir.



Görsel 43. Düşük frekans kontrolünü sağlamak için uygulanan sanal yüzey dokuları (Google Image Generation Model, Google, 2026)

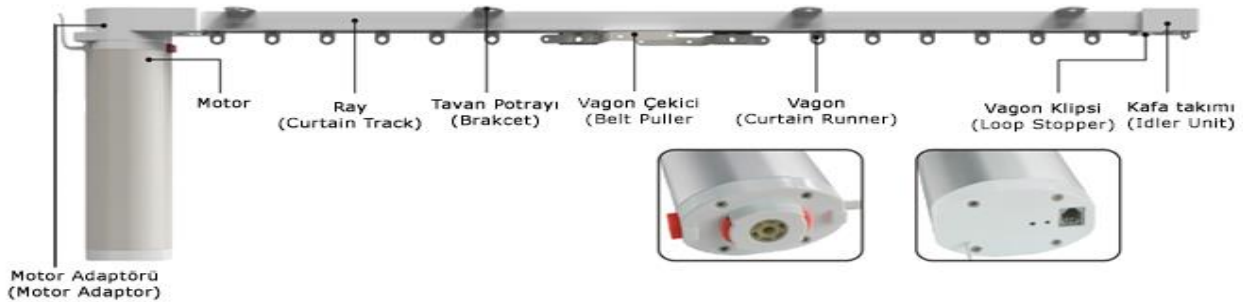
Dinamik Akustik Elemanların Kullanılması: V.A.S.'ın temel elemanları, motorlu ve bilgisayar kontrollü akustik perdeler (soğurucu kumaşlar), hareketli tavan kanopileri (yansıtıcı paneller) ve döndürülebilir duvar panelleridir (bir yüzeyi yansıtıcı, diğer yüzeyi soğurucu veya saçıcı). Bu elemanlar, kullanıldığı pozisyona göre RT60 süresini 0.5 saniye kadar değiştirebilme kapasitesine sahiptir.



Görsel 44. Hareketli Portal (Fotoğraf, Opera Sahne ve Akustik Sis. San. ve Tic. A.Ş. Arşivi)

Sahne önünün sağında ve solunda bulunup, sahne görüş alanını gösteriye uygun şekilde daraltıp genişletebilen mekanik sistemler hareketli portal olarak adlandırılabilir.

İç Mimari Uyum: İç mimari tasarım açısından, tüm sistemin ve uygulamaların mekâna estetik bir şekilde entegre edilmesi büyük önem taşır.



Görsel 45. Ses emici yüzeylerin hareketini sağlayan gizlenebilen motor ve ray sistemleri (<https://dekorayperde.com>)

Motorlu sistemler, tavan boşluklarına veya yan duvar panellerinin arkasına görünmez bir şekilde gizlenmeli, sistemlerin görünür yüzeyleri (kumaş veya paneller) ise mekânın genel tasarım dili ve malzeme paletiyle uyumlu olmalıdır. Özellikle V.A.S. kullanımı, iç mekan tasarımını statik bir çözümden, her performansa uyarlanabilen, dinamik ve adapte edilebilir bir sanatsal altyapıya dönüştürür (Marshall, 2007).

4.BÖLÜM: KARŞILAŞTIRMALI OPERA SALONLARI ÜZERİNDEN AKUSTİK TASARIM SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ

Bu bölümde, tezin önceki kısımlarında teorik olarak tanımlanan iç mekan tasarım kriterlerinin uygulamadaki yansımalarını analiz etmek amacıyla seçilen dört farklı opera salonu incelenmektedir. Seçilen bu örnekler, akustik rehabilitasyon süreçlerinde karşılaşılan temel problem tiplerini ve çözüm stratejilerini; tarihi yapısal adaptasyon, klasik tasarımın pasif akustik başarısı, modern teknoloji entegrasyonu ve ikonik mimari kısıtlamalar çerçevesinde temsil etmektedir.

Bu bağlamda; tarihi bir yapının opera işlevine dönüştürülme sürecindeki kısıtlamaları incelemek için Ankara Opera Sahnesi, klasik opera akustiğinin idealize edilmiş formunu ve süsleme sanatının difüzyon etkisini anlamak için Opéra Garnier, modern akustik mimarinin teknolojik esneklik ve simülasyon kapasitesini ortaya koymak için Atatürk Kültür Merkezi, son olarak estetik bir ikonun yarattığı geometrik zorlukların iç mekan müdahaleleriyle nasıl giderildiğini çözümlmek için ise Sidney Opera Binası vaka olarak seçilmiştir. Bu karşılaştırmalı inceleme, farklı mimari bağlamlarda iç mekan tasarım müdahalelerinin, sahne mekanlarının akustik performansını iyileştirmedeki rolünü anlamak adına somut ve sistematik bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır.

4.1. Tarihi Dokunun Akustik Adaptasyonu Olarak Ankara Opera Sahnesi

Tarihi yapıların, değişen kültürel ve sanatsal ihtiyaçlara cevap vermek üzere yeni işlevlere adapte edilmesi, mimari mirasın korunması ve sürdürülmesi açısından kritik bir öneme sahiptir.

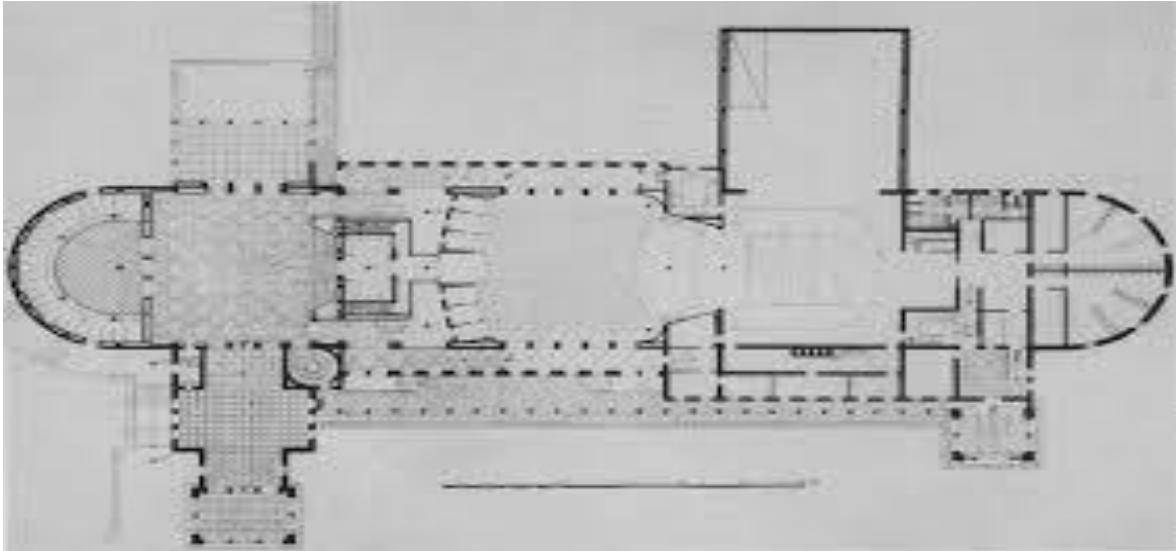


Görsel 46. Ankara Devlet Opera ve Balesi (Büyük Tiyatro) (saltonline.org)

Ankara Opera Sahnesi (eski adıyla Ankara Sergievi, ardından Büyük Tiyatro), bir opera salonu olarak işlev görmesi için tasarlanmamış bir yapının, sonradan kapsamlı bir yapısal dönüşümle akustik gereksinimlere nasıl uyarlanabileceğine dair önemli bir örnektir. Bu süreç, iç mimari tasarımın, tarihi kısıtlamalar altında akustik adaptasyonu sağlamadaki zorluklarını ve çözümlerini ortaya koymaktadır (Akçay, 2020).

4.1.1. İç Mekan Tasarım Yaklaşımıyla Yapısal Dönüşüm, Geometrik Kurgu ve Malzeme Çözümlerinin İncelenmesi

Ankara Opera Sahnesi, başlangıçta 1930'lu yıllarda Şevki Balmumcu tarafından tasarlanan ve bir sergi binası olarak hizmet veren Art Deco tarzı bir yapıdır.



Görsel 47. Ankara Devlet Opera ve Balesi mimari plan (Paul Bonatz Aile Arşivi, Stuttgart)

Yapı, 1940'ların sonlarında mimar Paul Bonatz tarafından tiyatro ve opera sahnesine dönüştürülmüş, bu dönüşüm sırasında iç hacim ve form radikal bir değişikliğe uğramıştır. Bu dönüşüm, özgün mimari formu koruma ve yeni işlevin (opera akustiği) gerektirdiği teknik altyapıyı sağlama arasında hassas bir denge gerektirmiştir.

Geometrik Kurgu ve Dönüşüm: Opera işlevine geçişte, orijinal yapının geniş ve yüksek hacmi, seyirci kapasitesini artırmak ve akustik enerjinin dağılımını optimize etmek amacıyla yeniden biçimlendirilmiştir. Sergievi'nin düzgün ve potansiyel olarak akustik kusurlara yol açabilecek hacim kurgusu yerine, daha kontrollü yansımalar üretecek eğimli tavan, balkonlar ve akustik kırılmalar eklenmiştir.



Görsel 48. Ankara Devlet Opera Salonu Sahnesi (Fotoğraf, Ankara Devlet Opera ve Balesi Arşivi, Ankara)

Bu tip adaptasyonlarda, amaçlanan akustik idealin ötesinde, mevcut taşıyıcı sistem ve cephe kısıtlamaları, iç hacmin ve sahne kurgusunun istenen opera akustiği (özellikle klasik at nalı formundaki gibi güçlü yan yansımalar) için optimal oranlara ulaşmasını engellemiştir.



Görsel 49. Ankara Devlet Opera Salonu Sahnesi (Yazarın kişisel arşivi)

Malzeme Çözümlenmeleri: Akustik iyileştirme için iç mekan malzemeleri stratejik olarak seçilmiştir. Yapının tarihi dokusuna uyum sağlaması amacıyla ahşap paneller, hem estetik hem de ses yansıtıcı özellikleri nedeniyle geniş yüzeylerde kullanılmıştır.



Görsel 50. Ankara Devlet Opera Salonu Malzeme Çözümlenmeleri (Fotoğraf, Ankara Devlet Opera ve Balesi Arşivi, Ankara)

Tarihsel bir adaptasyonun getirdiği zorluk, bazen uygun olmayan (aşırı yutucu veya yansıtıcı) mevcut malzemelerin üzerine akustik işlevli yeni katmanların (panel, alçıpan) eklenmesini gerektirmiştir. Seyirci koltuklarının ve zemin kaplamalarının soğurma katsayıları, çınlama süresini opera icrasına uygun (kısa RT60) aralıkta tutmak amacıyla hassasiyetle seçilmiştir (Aslan, 2017).

4.1.2. Mevcut Akustik Performans, Koşullar ve Temel Ses Parametreleri Analizi

Ankara Opera Sahnesi'nin mevcut akustik performansı, tarihi adaptasyonun getirdiği çelişkili sonuçları ortaya koymaktadır. Yapılan ölçümlerde, temel olarak opera için kritik olan aşağıdaki parametreler analiz edilir:

Çınlama Süresi (RT60): Adaptasyon çabalarına rağmen, mekânın genişliği ve hacmi nedeniyle bazı frekans bantlarında (özellikle düşük ve orta frekanslar) RT60 değerinin ideal

opera aralığının (1.3–1.7 saniye) dışına çıkma riski bulunmaktadır. Aşırı uzun RT60, vokal netliğini azaltan temel kusurlardan biridir.

Netlik (Clarity, C80): Vokal netliğinin sağlanması, opera için hayati önemdedir. Sahneye yakın tavan ve yan duvarlarda yansıtıcı yüzeylerin kullanımı erken yansımaları güçlendirerek C80 değerini artırma hedefi taşır (Beranek, 2012). Ancak mekânın eski sergievi formundan kalan genişliği, bazı seyirci bölgelerinde erken yansımaların zayıflamasına neden olabilir.

Ses Dağılımının Homojenliği: Adaptasyon öncesinde mekânın düzgün formu, ses enerjisinin mekân içinde dengesiz dağılmasına neden olabilecek kusurları barındırıyordu. Yeni geometrik kurgularla bu homojenliği artırmak hedeflenmiş olsa da, özellikle balkon altları gibi bölgelerde akustik gölgelenme sorunları devam edebilir (Yılmaz, 2012).

4.1.3. Gözlemlenen Akustik Çatışmalar ve İç Mekan Tasarım Anlayışıyla İyileştirme Müdahaleleri

Ankara Opera Sahnesi gibi tarihi bir adaptasyon örneğinde gözlemlenen temel akustik çatışma, modern opera repertuarının ses gücü ile mevcut mimari hacmin akustik kapasitesi arasındaki uyumsuzluktur. Bu çatışmaları gidermek için iç mekan tasarım anlayışıyla aşağıdaki müdahaleler önerilebilir veya uygulanmıştır:

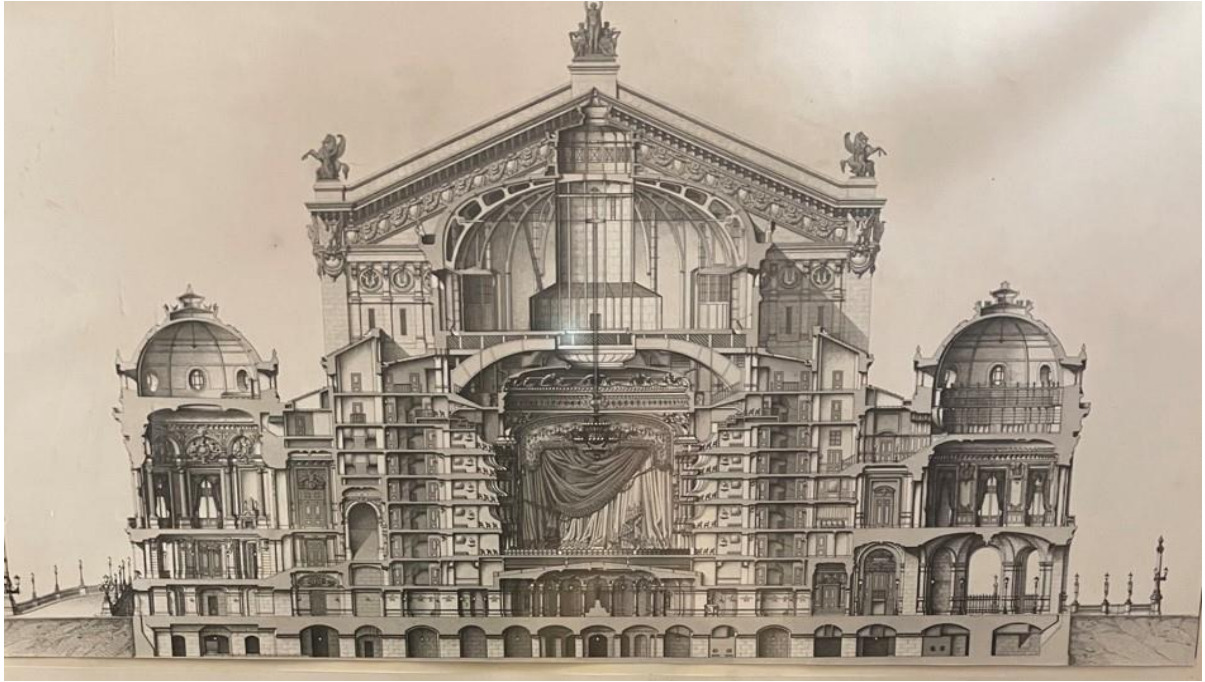
Fokuslanma Kusurlarının Giderilmesi: Kubbeli veya kavisli tavanlar az da olsa, bu yüzeylere sesi rastgele dağıtacak, ancak estetik açıdan tarihi dokuyu bozmayacak şekilde entegre edilmiş ahşap difüzör paneller eklenmesi temel bir geometrik iyileştirme müdahalesidir (Tsingos, 2018).

Düşük Frekans Kontrolü: Orkestra çukurundan yayılan güçlü bas seslerinin mekân içinde rezonans yaratmasını engellemek için, sahne çevresindeki duvar panellerinin arkasına veya orkestra çukurunun duvarlarına gizlenmiş rezonans soğurucular entegre edilmiştir. Bu, orkestra dolgunluğunu korurken vokal netliğinin baskılanmasını önler.

Değişken Akustik Entegrasyonu: Tamamen sabit bir akustiğin yetersiz kaldığı durumlarda, iç mekan tasarımına entegre edilen motorlu akustik perdeler veya gizli paneller ile, mekânın çınlama süresi icra edilen esere göre optimize edilebilir. Bu, tarihi dokunun içine gizlenmiş çağdaş teknolojik bir müdahaledir (Işık ve Kırbaş, 2023).

4.2. Tarihsel Bir Model Olarak Opera Garnier (Palais Garnier)

Opéra Garnier, 1875 yılında Charles Garnier tarafından tasarlanan ve açılan, Fransız İmparatorluğu'nun ihtişamını ve klasik opera binası mimarisinin zirvesini temsil eden sembolik bir yapıdır.

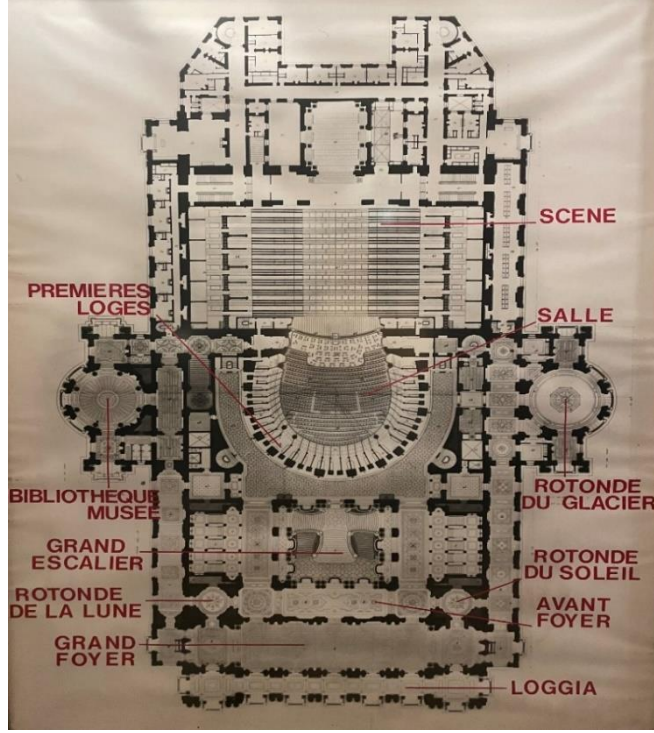


Görsel 51. Opera Garnier (Yazarın kişisel arşivi)

Bu yapı, akustik tasarımın henüz modern bilimsel hesaplamalardan çok, yüzlerce yıllık ampirik mimari geleneğe ve estetik hiyerarşiye dayandığı bir dönemin en başarılı ve etkili örneklerinden biridir. Bu nedenle, Opera Garnier'nin incelenmesi, iç mekan tasarım kriterlerinin (özellikle form, süsleme ve malzeme katmanları) modern müdahale olmaksızın opera akustiğini nasıl pasif ve doğal yollarla kurduğunu analiz etmek için kritik bir tarihsel model sunar.

4.2.1. İç Mekan Tasarım Yaklaşımıyla ideal "At Nalı" Formunun Geometrik Kurgusu ve Malzeme Özellikleri

Opéra Garnier'nin iç mekan tasarım yaklaşımı, akustik performansını güçlü bir şekilde etkileyen, geleneksel opera salonları için ideal kabul edilen "At Nalı" (Horseshoe) veya U şeklindeki plan tipolojisine dayanır. Bu form, salt akustik optimizasyonun ötesinde, dönemin sosyal yapısını ve opera deneyimini merkeze alır.



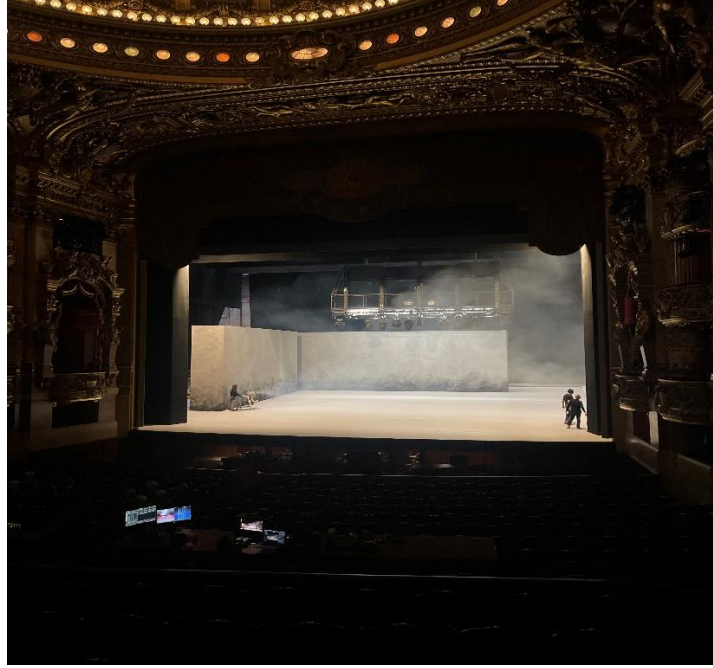
Görsel 52. Opera Garnier Mimari Plan (Yazarın kişisel arşivi)

Akustik Yakınlık ve Vokal Odak: At nalı formu, seyircileri sahneye yaklaştırarak sesin kaynağından dinleyiciye ulaşma süresini kısaltır. Bu geometri, vokal performansının netliğini (C80) artırmayı ve orkestra sesinin vokalisti bastırmasını önlemeyi amaçlayan opera akustiğinin temel hedefi ile mükemmel bir uyum içindedir (Soylu, 2019).



Görsel 53. Opera Garnier Seyirci ve Sahne (Chicurel, Palais De Paris)

Çok Katmanlı Geometri: Locaların ve balkonların üst üste yığılması, salonun ana hacmini parçalara ayırır. Bu parçalı kurgu, hem seyirci kapasitesini artırır hem de ses dalgalarının farklı yüzeylere çarparak doğal olarak dağılmasına yardımcı olur, aşırı yankılanmayı önler.



Görsel 54. Opera Garnier Sahne (Yazarın kişisel arşivi)

Malzeme Dengesi: Salonun iç yüzeylerinde kullanılan malzemeler (mermer, yıldızlı alçı ve yoğun ahşap paneller), genellikle yüksek oranda yansıtıcıdır (doluluk).



Görsel 55. – Görsel 56. Opera Garnier tarihi doku örnekleri (Yazarın kişisel arşivi)

Localardaki ve koltuklardaki ağır kadife ve ipek gibi kumaş kaplamalar ile kalın perdeler, önemli ölçüde ses soğurucu etki yaratarak, RT60 süresini opera için istenen kısa aralıkta tutan pasif bir dengeyi sağlamıştır (Viscardi, 2018).

4.2.2. Mevcut Akustik Performans, Koşullar ve Temel Ses Parametreleri Analizi

Opéra Garnier'nin tarihsel başarısı, modern akustik ölçümlerle (Simülasyon veya ISO 3382 ölçümleri) incelendiğinde, biçimsel tipolojinin getirdiği avantajlar ve dezavantajlar ortaya çıkmaktadır:

Çınlama Süresi (RT60): Genellikle vokal netliği için ideal kabul edilen 1.4 ila 1.6 saniye civarında seyrederek. Bu süre, konuşmanın anlaşılabilirliği için kabul edilebilir bir sınır sunar, ancak orkestra için gerekli olan mekânsal dolgunluğu bazen kısıtlayabilir.

Vokal Netliği (C80): Formun sahneye yakınlığı ve loca cephelerinden gelen erken yansımaların varlığı sayesinde C80 değerleri yüksektir ve vokal performansının netliği üst düzeydedir (Viscardi, 2018).

Problem Alanı: Mekânsal Sarılma (Envelopment): At nalı formunun çoklu loca katmanları, sesin mekân içinde güçlü yatay yansımalar oluşturmasını engeller. Bu durum, konser salonlarında aranan "sesle sarılma" hissini (düşük IACC) azaltır. Seyircinin işitsel deneyimi daha çok sahneye odaklıdır.

Problem Alanı: Düzensiz Soğurma: Boş localar ve aşırı kumaş kullanımı, mekânın doğal çınlama süresini frekans bazında dengesizleştirebilir. Loca içlerindeki aşırı soğurma (dead spots), o bölgedeki dinleyiciler için ses kalitesini düşüren bir kusur olarak belirlenebilir (Beranek, 2012).

4.2.3. Süsleme Sanatı, Doku Katmanları ve Akustik Difüzyona Dayalı İyileştirme

Yaklaşımları

Opéra Garnier'deki akustik performansın kalitesi, büyük ölçüde iç mekan tasarımındaki sanatsal detayların beklenmedik akustik fonksiyonları yerine getirmesinden kaynaklanır. Rehabilitasyon yaklaşımları, bu tarihi dengeyi korumaya odaklanır:

Süsleme Sanatının Fonksiyonel Rolü (Doğal Difüzyon): Loca cephelerinde, tavanlarda ve balkon parapetlerinde kullanılan zengin Barok ve Neoklasik süslemeler, heykeller ve

girintili-çıkıntılı bezemeler, akustik iyileştirme açısından büyük bir değere sahiptir. Bu karmaşık ve rastgele yüzey dokuları, ses dalgaları için doğal ve geniş bantlı difüzörler görevi görerek ses enerjisini mekân içinde homojen bir şekilde dağıtır. Bu doğal saçılım, herhangi bir modern teknolojik müdahale olmaksızın fokuslanma gibi geometrik kusurların önüne geçmiştir (Demirel, 2019).

Malzeme Restorasyonu ve Akustik Değerin Korunması: Yapılan yenileme çalışmalarında, koltuklar, perdeler ve duvar kaplamaları restore edilirken, malzemelerin akustik katsayılarının orijinal dönemdeki kalın ve yutucu kumaşlara eşdeğer olması sağlanır. Amaç, mekanın tarihsel RT60 profilini korumaktır.

Görünmez Müdahaleler: Opéra Garnier'nin tarihi ve estetik değeri nedeniyle, modern akustik iyileştirme çözümleri (eğer gerekliyse) genellikle görünmez bir şekilde uygulanır. Örneğin, tavan boşluklarına yerleştirilen hafif soğurucu paneller veya lokal rezonans tuzakları, görsel bütünlüğü bozmadan akustik performansı optimize eder. Bu durum, iç mimarlık disiplininin, tarihi yapıların akustik rehabilitasyonunda estetiği ve fonksiyonu ustaca dengelediği bir metodolojiyi ortaya koyar (Viscardi, 2018).

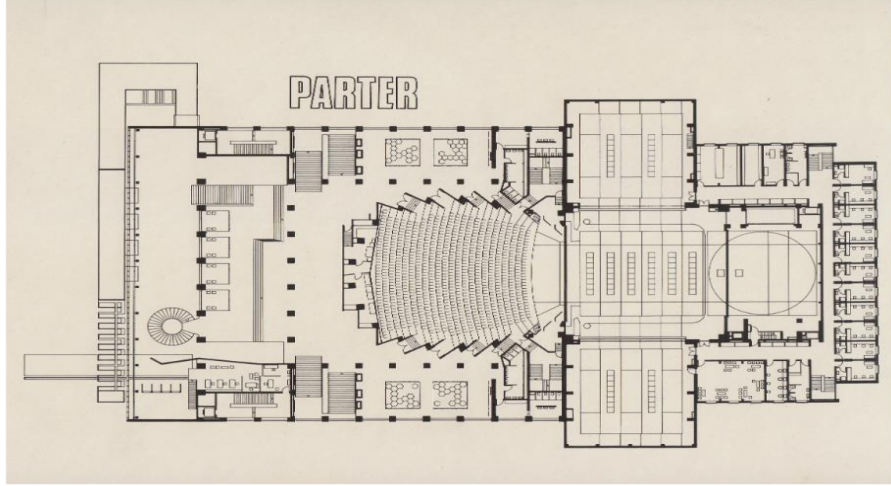
4.3. Modern Akustik Mimarinin Temsili Atatürk Kültür Merkezi (İstanbul)

Atatürk Kültür Merkezi (AKM), Türkiye'de modern mimarinin ve kültürel yapıların simgesel örneklerinden biridir. 2021 yılında tamamlanan yeni yapısı, 20. yüzyılın ortalarından itibaren ortaya çıkan, esneklik ve ileri mühendislik hesaplamalarını esas alan modern akustik mimarinin yerel bir temsilini sunar.



Görsel 57. Atatürk Kültür Merkezi (İstanbul) (<https://bi-ozet.com>)

Atatürk Kültür Merkezi, klasik opera salonlarının getirdiği kısıtlamalardan farklı olarak, en güncel akustik kriterleri ve değişken teknolojileri kullanarak çok amaçlı performans kapasitesini opera ile birleştirmeyi hedeflemiştir.



Görsel 58. Atatürk Kültür Merkezi (İstanbul) Mimari Plan (<https://archives.saltresearch.org>)

Bu inceleme, modern tasarım felsefesinin iç mekan kriterlerini nasıl şekillendirdiğini ve teknoloji odaklı çözümlerle akustik performansı nasıl sağladığını anlamak için kritik öneme sahiptir.

4.3.1. İç Mekan Tasarım Yaklaşımıyla Modern Tasarım Felsefesi, Geometri ve Fonksiyonel Çeşitliliğe Yönelik Malzeme Seçimlerinin İncelenmesi

AKM'nin iç mekan tasarım yaklaşımı, modernist mimarinin işlevsellik (functionalism) ilkesine ve çok amaçlı kullanım gereksinimine dayanır. Bu felsefe, mekanın biçimini estetik süslemelerden (Opéra Garnier'nin aksine) bağımsız kılarak, tamamen akustik ve işlevsel gereksinimler doğrultusunda şekillendirir.

Geometri ve Fonksiyonel Çeşitlilik: Ana opera salonu, ideal akustik performansa ulaşmak için geometrik olarak optimize edilmiş bir forma sahiptir. Modern tasarımlarda, akustik gereksinimlere bağlı olarak, Shoebox (Dikdörtgen) veya Bağ Terası (Vineyard) formunun modifiye edilmiş versiyonları sıklıkla kullanılır. AKM'nin salon geometrisi, erken yansımaların dinleyiciye homojen olarak ulaşmasını sağlamak amacıyla, duvar yüzeylerinde kırılmalar ve eğimler içerir. Bu geometrik kurgu, farklı icra türlerinin (opera, bale, konser) gerektirdiği ses dağılımı çeşitliliğini destekler (Işık ve Kırbaş, 2023).



Görsel 59. Atatürk Kültür Merkezi (İstanbul) Hacim Geometrisi (<https://www.istanbulsanatdergisi.com>)

Malzeme Seçimi: Malzeme seçiminde, tarihi salonlardaki gibi sadece estetik ve geleneksel malzemeye bağlı kalınmamıştır. Modern teknoloji ürünü olan, akustik katsayıları hassasiyetle belirlenmiş malzemeler tercih edilmiştir. Akustik kalıplı alçıpanlar, yüksek yoğunluklu ahşap paneller, özel akustik kumaşlar ve sessiz klima/havalandırma sistemleri gibi çözümler kullanılmıştır.



Görsel 60. Atatürk Kültür Merkezi (İstanbul) Malzeme ve Doku (<https://dacistanbul.com>)

Malzemeler, mekânın temel ihtiyacı olan düşük gürültü seviyesi (NC/Noise Criteria) ve doğru çınılama süresini (RT60) sağlamak üzere bilimsel hesaplamalarla yerleştirilmiştir. Yansıtıcı (sert paneller) ve soğurucu (koltuklar ve kumaşlar) yüzeyler arasındaki denge, fonksiyonel çeşitliliğin gerektirdiği akustik esnekliği destekleyecek şekilde kurulmuştur (Akarca, 2017; Tan, 2024).

4.3.2. Mevcut Akustik Performans, Koşullar ve Temel Ses Parametreleri Analizi

Modern bir opera salonu olan AKM'de akustik performans analizi, sadece geleneksel RT60 parametresine değil, 1. Bölüm'de detaylandırılan psikoakustik temelli kriterlere odaklanır.

Hedeflenen Kriterler: Ana hedef, opera icrası için ideal olan ve vokal netliğini (C80) maksimize eden düşük bir RT60 aralığı (yaklaşık 1.3–1.7 saniye) yakalamaktır. Ancak modern çok amaçlı yapı olması nedeniyle, Değişken Akustik Sistemler (V.A.S.) kullanılarak bu sürenin senfonik konserler için 2.0 saniye civarına çıkarılabilir olması da hedeflenmiştir.

Netlik ve Anlaşılabilirlik (C80/STI): Vokal ve konuşma anlaşılabilirliği için C80 ve Konuşma İletim İndeksi (STI) değerlerinin tüm seyirci alanında yüksek ve homojen olması beklenir. Bu homojenlik, yüzey geometrisine yapılan kırılmalar ve akustik panellerle sağlanmıştır.

Gürültü Kontrolü: Modern akustik mimarinin en önemli kriterlerinden biri, dış gürültü ve yapısal gürültünün (makine, havalandırma) mutlak kontrolüdür. AKM gibi yeni inşa edilen yapılar, gelişmiş ses yalıtım detayları ve titreşim kontrol sistemleri sayesinde, dinleyici konforu için gerekli olan çok düşük arka plan gürültüsü seviyelerini (NC-20 civarında) sağlamayı hedefler (Akarca, 2017; Işık ve Kırbaş, 2023).

4.3.3. Sahne Donanımı, Akustik Hesaplamalar ve Akustik İyileştirme İçin İç Mekan Tasarım Çözümleri

AKM'nin modern akustik mimariyi temsil eden en önemli özelliği, akustik performansın sağlanmasında iç mekan tasarımının teknolojik altyapı ile ayrılmaz bir bütünlük içinde olmasıdır.

Gelişmiş Akustik Hesaplamalar ve Simülasyon: Yapının tasarım süreci, Işın İzleme (Ray Tracing) ve Sonlu Elemanlar Analizi (FEA) gibi ileri bilgisayarlı akustik simülasyon yazılımları (EASE, CATT) kullanılarak yürütülmüştür. Bu hesaplamalar, mekânın

geometrisini ve malzemelerini, her bir seyirci koltuğundaki akustik kaliteyi optimize edecek şekilde hassas ayarlamalar yapılmasına olanak tanımıştır.

Değişken Akustik Sistemler (V.A.S.) ve Sahne Donanımı: Salonun çok amaçlı kullanım esnekliği, iç mekan tasarımına entegre edilmiş sofistike değişken akustik sistemlere dayanır. Bu sistemler şunları içerir:

Motorlu Tavan Kanopisi: Sahnenin hemen üzerine yerleştirilmiş ve yüksekliği ayarlanabilen yansıtıcı paneller. Opera performansı için alçaltılarak erken yansımalar güçlendirilirken, tiyatro için yükseltilerek sahne boşluğu artırılır.

Hareketli Akustik Paneller: Yan duvarlara gizlenmiş, bir yüzeyi yansıtıcı, diğer yüzeyi soğurucu veya difüzör olabilen döndürülebilir paneller. Bu paneller, salonun toplam soğurma miktarını değiştirerek RT60 süresini ayarlar.

Gelişmiş Sahne Makinesi ve Orkestra Çukuru: Tamamen otomatikleştirilmiş, yükseltilebilir ve alçaltılabilir bir orkestra çukuru, çukurun hacmini ve orkestra ile sahne arasındaki akustik dengeyi icra türüne göre ayarlar.

İç Mekan Çözümleri: İyileştirme eylemi, tasarımın ilk aşamasında bilinmeyen faktör olduğundan, sorun gidermekten çok performansı mükemmelleştirmeye odaklıdır. İç mekan tasarımında kullanılan ahşap ve kompozit malzemeler, sadece sesin yansıtılmasını değil, aynı zamanda sesin dağılımını da sağlayacak şekilde detaylandırılmıştır. Bu sistemler, estetik bütünlüğü koruyarak iç mekanın görünmeyen teknolojik altyapısını oluşturur.

4.4. Sembolik Formun Akustik İyileştirilmesi açısından Sidney Opera Binası İç Mekan Çözümlenmeleri

Sidney Opera Binası, Danimarkalı mimar Jorn Utzon tarafından tasarlanan ve 1973 yılında tamamlanan, modern mimarinin ve strüktürel cesaretin dünya çapında bir simgesidir. Yapının estetik başarısı ve UNESCO Dünya Mirası statüsü, onu kültürel bir sembol haline getirmiş olsa da, akustik tarihi, iç mekan formu ile fonksiyonel gereksinimler arasındaki gerilimi somutlaştıran bir vaka çalışmasıdır. Yapının sembolik dış kabukları (yelkenlere veya kabuklara benzeyen çatılar), iç hacmin ve akustik kurgunun belirlenmesinde kısıtlayıcı bir faktör olarak rol oynamış, bu da zamanla radikal akustik iyileştirme müdahalelerini zorunlu kılmıştır.

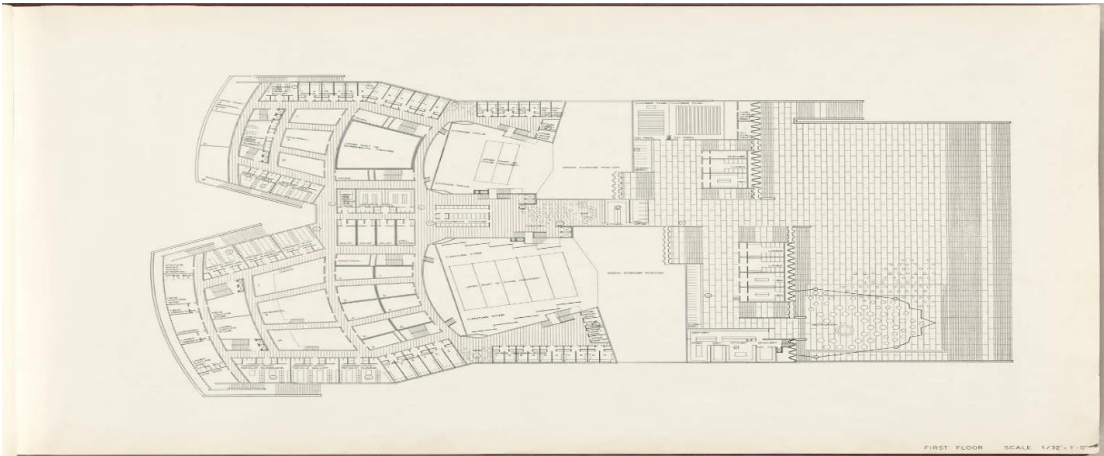


Görsel 61. Sidney Opera Binası (Yazarın kişisel arşivi)

Bu biçimin işlevi (Form Follows Function) değil, estetik sembolün (Form Follows Icon) işlevi belirlediği bir mimarlık örneğidir (Wilkinson & Watson, 2014; Vance, 2020).

4.4.1. İç Mekan Tasarım Yaklaşımıyla Orijinal Tasarımın Geometrisi ve İç Mekan Malzeme Karakteristiğinin İncelenmesi

Sidney Opera Binası'nın iç mekan tasarım yaklaşımı, yapının dış kabuk geometrisinden yola çıkmıştır. Yapının çatısı, çapı 2.160 metre olan hayali bir küreden türetilen 14 ayrı simetrik kabuk şeklinden oluşur.



Görsel 62. Sidney Opera Binası Mimari Plan (<https://mimarobot.com>)

Bu devasa, parabolik kabuklar, içerideki ana salonların (2.700 kişi kapasiteli Konser Salonu ve daha küçük olan Drama Tiyatrosu) tavan ve yan duvar formlarını doğal olarak belirlemiştir.

Geometrik Kısıtlılıklar: Orijinal iç mekan tasarımı, beton kabukların getirdiği yüksek ve geniş hacimleri barındırmış, ancak akustik açıdan kusurlu olabilecek parabolik yüzey formlarını kullanmıştır. İçbükey yüzeyler, ses dalgalarını tek bir noktada yoğunlaştırarak (fokuslanma) ses dağılımı homojenliğini bozma potansiyeli taşır.

Malzeme Karakteristiği: Orijinal iç mekanlarda akustik iyileştirme amacıyla yüksek yoğunluklu ahşap paneller ve akustik yansıtıcı yüzeyler kullanılması hedeflenmiştir. Özellikle Utzon Odası'nda Danimarka ahşabı ve kırmızı-kahverengi tonları kullanılmış, bu da iç mekâna görsel ve işitsel sıcaklık katmıştır.



Görsel 63. Sidney Opera Binası hacim geometrisi (<https://www.archdaily.com>)

Başlangıçta seçilen bazı malzemeler ve kısıtlı geometrik alanlar, özellikle Konser Salonu'nda hedeflenen akustik performansa ulaşmakta yetersiz kalmıştır (Wilkinson & Watson, 2014).



Görsel 64. Sidney Opera Binası malzeme ve doku örüntüsü (<https://accessland.live>)

4.4.2. Orijinal Akustik Performans, Ortam ve Temel Ses Parametreleri Analizi

Sidney Opera Binası'nın açılışındaki orijinal akustik performansı, tasarım sürecinin kaotik doğası ve maliyet/zaman kısıtlamaları nedeniyle ciddi problemler sergilemiştir. Yapılan ilk analizlerde, ana Konser Salonu, opera veya büyük orkestra icraları için uygun olmayan koşullar barındırıyordu:

Yetersiz Çınlama Süresi (RT60) ve Netlik Çelişkisi: Konser Salonu'nun hacmi büyük olmasına rağmen, iç mekanın ilk akustik müdahaleleri, hem dolgunluk hem de netlik açısından çelişkili sonuçlar verdi. Özellikle vokal ve konuşma anlaşılabilirliği için netlik (C80) değerleri, ideal opera aralığının altında kalma eğilimi göstermiştir.

Dengesiz Ses Dağılımı: Kabukların geometrisinden kaynaklanan yüzey şekilleri, erken yansımaların seyirci alanına dengesiz ulaşmasına neden olmuştur. Bu durum, mekânın farklı noktalarında sesin kalitesinde belirgin farklılıklar yaratmış ve akustik homojenliği bozmuştur.

Sahne Akustiği Sorunları: Orkestra ve icracılar için yeterli geri besleme (self-feedback) olmaması, sahne performansının kalitesini olumsuz etkilemiştir (Vance, 2020).

4.4.3. Gözlemlenmiş Problemler ve İç Mekanda Malzeme Odaklı Radikal İyileştirme Çalışmalarının İncelenmesi

Sidney Opera Binası, akustik problemleri nedeniyle açılışından itibaren dünyanın en çok yenilenen opera yapılarından biri haline gelmiştir. Bu durum, iç mekan tasarımının, hatalı veya eksik akustik kurguyu düzeltmek için ne kadar radikal müdahaleler yapabileceğini gösterir.

Radikal İyileştirme Çalışmaları: Yapılan başlıca iyileştirme çalışmaları, büyük ölçüde iç mekan malzemeleri ve geometrik elemanların yenilenmesine odaklanmıştır. Bu çalışmaların ana hedefi, Konser Salonu'nun çok amaçlı işlevine uygun Değişken Akustik Kapasite kazandırmaktır.

Malzeme Odaklı Çözümler: Orijinal tavan ve yan panellerde değişiklik yapılarak, ses yutma ve yansıtma katsayıları optimize edilmiş yeni ahşap ve kompozit paneller kullanılmıştır. İç mekan tasarımında, yüksek kaliteli ahşabın ses yansıtıcı özelliği kullanılarak salonun sıcaklığı ve dolgunluğu artırılmıştır.

Akustik Yansıtıcılar ve Kanopiler: Özellikle sahne üzerinde, sesin icracılara geri beslenmesini sağlamak ve erken yansımaları seyirciye ideal zamanda yönlendirmek amacıyla yeni akustik yansıtıcı paneller (kanopiler) entegre edilmiştir. Bu paneller, Konser Salonu'nun görsel estetiğini korurken, akustik performansı uluslararası standartlara taşımıştır.

Tasarım Felsefesi Değişimi: Sidney Opera Binası'nın akustik iyileştirme süreci, ikonik dış biçime rağmen, iç mekan tasarımının bilimsel ölçütlere ve psikoakustik kriterlere göre yeniden şekillendirilmesi gerektiğini kanıtlamıştır. Bu, iç mimarlık müdahalelerinin, mimarinin strüktürel kısıtlamalarını aşarak fonksiyonel üstünlüğü sağladığı önemli bir vaka örneğidir (Wilkinson & Watson, 2014).

5. BÖLÜM: ÖRNEK OPERA SALONLARININ SENTEZİ VE İÇ MİMARLIK DİSİPLİNİNE KATKILAR

5.1. Örnek Opera Salonlarının Seçilme Gerekçeleri

Bu tez çalışmasında incelenen dört farklı opera salonu, iç mekan tasarım kriterlerinin akustik performansın iyileştirilmesi üzerindeki etkilerini farklı mimari, tarihi ve teknolojik bağlamlarda kapsamlı bir şekilde değerlendirmek amacıyla bilinçli olarak seçilmiştir. Seçilen örnekler, tek bir döneme veya coğrafyaya ait olmak yerine, sahne mekanlarının akustik tarihinde karşılaşılan en kritik zorlukları ve bu zorluklara iç mekan tasarımıyla getirilen temel çözümleri temsil etmektedir.

Bu salonların örnek teşkil etmekteki ortak özelliklerini şu başlıklar altında inceleyebiliriz:

Vokal ve Orkestral Dengeleme Zorunluluğu: Ortak fonksiyonların gerçekleştirildiği mekanlardır. Bu dört salon da temelinde birer "Opera Salonu" kimliğine sahiptir. Opera, mimari akustiğin en zorlu icra biçimidir; çünkü insan sesi (vokal) ile orkestra müziğinin aynı mekânda, elektronik yükseltme olmadan kusursuz bir dengeyle buluşmasını gerektirir. Dört örnek de bu "akustik uzlaşma" problemini farklı çağlarda ve farklı mimari dillerle çözmeye çalışmış, bu da onları birbiriyle kıyaslanabilir kılmıştır.

İç Mekan Tasarımının Aktif Müdahale Aracı Olması: Yöntemsel çerçevede ele aldığımızda dört örnekte de akustik performansın iyileştirilmesi veya korunması için ana aktörün iç mekan tasarımı (malzeme, form, geometri) olmasıdır. Ankara'da yapısal adaptasyon, Garnier'de yüzey dokusu (süsleme), AKM'de teknolojik sistem entegrasyonu, Sidney'de ise malzeme ve kanopi kurgusu ile çözüm üretilmiştir. Bu durum, iç mekan tasarım kriterlerinin akustik iyileştirme üzerindeki belirleyici rolünü her vakada kanıtlanabilir kılabilmiştir.

Akustik İyileştirme Kapsamında Uç Noktaları Temsil Etmeleri: Bu örnekler, süslemelerin doğal difüzyonuyla pasif akustik olarak, hareketli sistemlerle aktif akustik olarak ve hatalı formların düzeltilmesi ya da amaçlanan fonksiyonun dışına çıkılma isteğiyle değişebilen akustik olarak bir evrimi temsil etmektedir. Böylece akustik iyileştirmenin sadece bir yöntemden ibaret olmadığını, tarihsel bir birikim ve teknolojik bir gelişim süreci olduğunu göstermek hedeflenmektedir.

Kültürel ve Kentsel Aidiyet Özellikleri Olması: Dört vaka da buldukları kentlerin sadece birer performans binası değil, aynı zamanda o kentin kültürel kimliğini taşıyan sembolik odak noktalarıdır. Seçilen örneklerin hepsi, buldukları coğrafyanın mimari hafızasını taşımakta ve bu nedenle akustik iyileştirme yapılırken tarihi ve estetik dokuyu koruma zorunluluğu ve modern işitsel performans standartları arasındaki çatışmayı en üst düzeyde barındırmaktadır.

Diğer taraftan seçim stratejisinin temel gerekçeleri, mimari biçim ve akustik işlevsellik arasındaki ilişkinin örneklerin en belirgin özelliklerini ortaya koyarken dört ana kategoride incelenmesini sağlamaktır:

Tarihi Adaptasyonun Zorlukları (Ankara Opera Sahnesi): Orijinal işlevi farklı olan bir yapının, mevcut taşıyıcı ve hacim kısıtlamaları altında, iç mekan müdahaleleriyle (geometri ve malzeme) opera akustiğine nasıl adapte edilmeye çalışıldığını analiz etmek amacıyla seçilmiştir.

Tarihsel Modelin Saf Hali (Opéra Garnier): Akustik bilimin gelişmesinden önce, ampirik yöntemlerle inşa edilmiş ve opera için ideal kabul edilen "At Nalı" formunun işlevselliğini ve iç mekan süslemelerinin doğal difüzyon katkısını incelemek amaçlıdır.

Modern Akustiğin Temsili (Atatürk Kültür Merkezi): İleri bilgisayar simülasyonları, psikoakustik kriterler ve Değişken Akustik Sistemler (V.A.S.) gibi en güncel teknolojilerin, çok amaçlı kullanıma sahip bir opera salonunda iç mekana nasıl entegre edildiğini incelemek.

Sembolik Formun Üstünlüğü (Sidney Opera Binası): Dış mimari formun ikonik estetiğinin iç hacmi ve dolayısıyla akustik performansı kısıtladığı, bu kısıtlamanın ise radikal iç mekan iyileştirmeleri ve malzeme değişimleriyle nasıl giderildiğini gösteren bir vaka sunmaktır.

Bu karşılaştırmalı yaklaşım, iç mimarlık disiplininin akustik rehabilitasyon projelerinde karşılaştığı farklı problem tiplerine (koruma, adaptasyon, teknoloji entegrasyonu ve düzeltme) yönelik sistematik çözüm önerileri sunulmasına olanak tanımaktadır. Böylece çalışma, görsel estetik ile işlevsel performansın çatıştığı noktalarda, iç mimari müdahalelerin akustik kaliteyi nasıl yeniden kurgulayabileceğine dair bütünsel bir tasarım rehberi sunmaktadır.

5.2. Örnek Opera Salonlarındaki Akustik Çözümlerin Karşılaştırmalı Analizi

Detaylı olarak incelenen dört farklı opera salonu "Akustik İyileştirme" kavramına farklı mimari ve tarihi bağlamlardan yaklaşılmasını sağlamıştır. Bu salonların karşılaştırmalı analizi, iç mekan tasarım kriterlerinin (form, geometri, malzeme) her bir vaka tipinde hangi stratejilerle kullanıldığını ve bunun nihai akustik performansı nasıl şekillendirdiğini ortaya koymaktadır. Karşılaştırma, akustik hedeflerin zamanla nasıl değiştiğini ve modern teknolojinin, tarihi yapıların karşılaştığı problemleri çözmek için nasıl kullanıldığını netleştirmektedir (Beranek, 2012; Soylu, 2019).

Seçilen örnek opera salonlarının temsil ettikleri kategoriler ve kilit akustik problemleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir:

Opera Salonu	Temsil Edilen Tipoloji Kategorisi	Kilit İç Mekan Tasarım Karakteristiği	İncelenen Akustik Zorluk/Çözüm Odak Noktası
Ankara Opera Sahnesi	Tarihi Yapısal Adaptasyon	Yapısal Kısıtlamalar Altında Geometri	Orijinal Sergievi Hacminin Opera Akustiğine Uyarlanmasındaki RT60 Sorunları.
Opéra Garnier (Paris)	Tarihsel Model (At Nalı Formu)	Pasif Süsleme ve Malzeme Dengesi	Vokal Netliği ve Orkestra Doygunluğu Arasındaki Denge. Süslemenin Doğal Difüzyon Rolü.
Atatürk Kültür Merkezi (AKM) (İstanbul)	Modern Akustik ve Teknoloji Temsili	Dinamik Sistem ve Hassas Hesaplama	Çok Amaçlı Kullanım İçin V.A.S. Entegrasyonu ve C80/STI Optimizasyonu.
Sidney Opera Binası	İkonik Formun Akustik İyileşme Örneği	Malzeme Odaklı Radikal İyileştirme	İkonik Kabuk Formunun Neden Olduğu Dengesiz Ses Dağılımının Giderilmesi

Tablo 1. Opera Salonlarının Temsil Ettiği Kategori ve Akustik Problemlerine Göre Karşılaştırma

5.2.1. Akustik Kriterler Açısından Kıyaslama

Opera salonlarının performansını değerlendiren temel nicel kriterler (RT60 ve C80), incelenen salonların hedeflenen icra biçimine ve tasarım dönemine göre farklılık gösterir. Tarihsel salonlar, vokal netliğini sağlama konusunda ampirik olarak başarılı olurken, modern salonlar çoklu parametre optimizasyonu ve esneklik sağlamıştır.

Bu kıyaslama, Opéra Garnier ve AKM'nin, ideal opera akustiği için netlik hedefini yüksek tutma noktasında birleştiğini gösterir. Ancak Opéra Garnier bunu sabit bir geometri ile sağlarken, AKM bunu teknolojik sistemler (V.A.S.) ve hesaplamalı akustik ile dinamik bir şekilde sağlamaktadır. Ankara Opera Sahnesi ise, adaptasyonun doğal sonucu olarak, ideal kriterlere ulaşmada en çok zorlanan örnektir.

Aşağıdaki tablo, dört vakanın ana akustik hedeflerini kıyaslamaktadır:

Opera Salonu	Temel Tasarım Felsefesi	Hedeflenen RT60 Süresi (Saniye)	Vokal Netliği (C80) Hedefi	Mekânsal Etki (IACC) Yaklaşımı
Ankara Opera Sahnesi	Adaptasyon/ Dönüşüm	Kompromis (1.7 civarı)	Orta/ Değişken	Orta/ Zorlayıcı
Opéra Garnier (Paris)	Ampirik/Estetik Model	Kısa (Yaklaşık 1.4 – 1.6)	Yüksek	Düşük (Klasik At Nalı Etkisi)
Atatürk Kültür Merkezi (AKM)	Modern/Teknolojik Optimizasyon	Değişken (1.3 – 2.0)	Yüksek (V.A.S. ile)	Optimize Edilmiş (Düşük IACC)
Sidney Opera Binası	Radikal İyileştirme	Orta/Uzun (1.6 – 1.8)	İyileştirilmiş	Yüksek (Geometrik düzeltme ile)

Tablo 2. Salonlarındaki Akustik Performans Hedeflerinin Karşılaştırmaları

5.2.2. Mekansal Biçimlenme ve Malzeme Seçimi Stratejilerinin Karşılaştırılması (Adaptasyon, Sentez, İyileştirme)

İç mekan tasarımının akustik performansı iyileştirme stratejileri, seçilen dört örnekte farklı önceliklere sahip olmuştur. Bu stratejiler, mekanın tarihi ve yapısal bağlamına göre sınıflandırılabilir:

Adaptasyon ve Kısıtlı Müdahale (Ankara Opera Sahnesi): Bu stratejide, iç mekan tasarımcısı mevcut formun (eski sergievi) dışına çıkma imkanına sahip değildir. Çözümler, yüzey katmanlarının ve sınırlı geometrik eklemelerin (balkon, tavan eğimi) optimize edilmesine odaklanmıştır. Malzeme seçimi (ahşap paneller, akustik perdeler), ana hacmi değiştirmeden RT60'ı düşürme ve erken yansımaları güçlendirme çabasıyla yapılmıştır. Bu yaklaşım, estetik ve koruma zorunluluğunu ön planda tutan, bütçe ve yapısal kısıtlamaların belirlediği bir iç mimari çözümdür.

Tarihsel Model ve Pasif Sentez (Opéra Garnier): Bu salon, akustik tasarımın pasif ve entegre bir süreç olduğunu gösterir. At nalı formu, loca katmanları ve zengin süsleme sanatı, modern bir simülasyonun zorlukla taklit edebileceği bir akustik dengeyi doğal yollarla kurmuştur. Süslemeler, kaba yüzeyleri (taş, sıva) kaplamak yerine, doğal difüzörler olarak işlev görmüş; ağır kadife gibi malzemeler ise, zorunlu soğurucular olarak kullanılarak mekânın çınlama süresini kontrol etmiştir. İç mekan tasarımı, estetik ve akustik fonksiyonu ayırt edilemez bir bütünde birleştirmiştir.

Modern Sentez ve Dinamik Çözüm (Atatürk Kültür Merkezi): AKM, akustik tasarımın bir "sentez" olarak ele alındığı, bilimsel hesaplama ve teknoloji odaklı bir örnektir. İç mekan, çok amaçlı kullanımı mümkün kılmak amacıyla tamamen Değişken Akustik Sistemler (V.A.S.) etrafında kurgulanmıştır. Yüksek yoğunluklu ve karmaşık paneller, hem difüzyon hem de yansıma sağlarken, V.A.S. ile tavan ve duvar yüzeylerinin akustik katsayısı ve geometrisi anlık olarak değiştirilebilir. Bu strateji, iç mekan tasarımının dinamik ve teknolojik bir altyapı görevi üstlendiği modern yaklaşımı temsil eder.

İkonik Formun Radikal İyileştirilmesi (Sidney Opera Binası): Bu vaka, iç mekan tasarımının, dış mimarinin geometrik kısıtlamalarını düzeltmek zorunda kaldığı bir örnektir. Orijinal formun neden olduğu akustik kusurların giderilmesi için iç mekan, radikal bir malzeme değişimine (yeni ahşap paneller ve yansıtıcı kanopiler) tabi tutulmuştur.

Strateji, ikonik estetiği koruyarak akustik performansı uluslararası standartlara taşımak için malzeme bilimi ve kanopi geometrisi üzerine yoğunlaşmıştır.

Aşağıdaki tablo, dört vakanın mekan formu ve malzeme özellikleri açısından kıyaslamasını göstermektedir:

Karşılaştırma Kriteri	Ankara Opera Sahnesi (Adaptasyon)	Opéra Garnier (Pasif Sentez)	AKM (Dinamik Sentez)	Sidney Opera Binası (Radikal İyileştirme)
Temel Form Tipi	Dönüştürülmüş Dikdörtgen	At Nalı	Optimize Edilmiş Modern	İkonik Kabuk Kısıtlamalı
Geometrik Müdahale	Sınırlı Eğik Yansıtıcılar	Doğal Difüzyon (Süsleme)	V.A.S. ile Dinamik Değişim	Kanopi ve İç Panel Yüzey Kırılmaları
Malzeme Stratejisi	Yüzeğe Akustik Kaplama Katmanı	Pasif Denge (Kumaş/Ahşap)	Hassas Katsayılı Endüstriyel Malzeme	Radikal Yeni Ahşap Panel Uygulaması
Teknoloji Kullanımı	Minimum (Temel Ses Yalıtımı)	Yok	Yüksek (V.A.S., Simülasyon)	Orta (Yüksek Kaliteli Yansıtıcılar, Kanopiler)

Tablo 3. Opera Salonlarının Form ve Malzeme Seçimi Karşılaştırması

5.3. Akustik Performansın İyileştirilmesindeki Faktörler

Tezin önceki bölümlerinde incelenen teorik prensipler ve dört farklı opera salonunun karşılaştırmalı analizi, sahne mekanlarında akustik performansın iyileştirilmesinin, estetik ve bilimsel gerekliliklerin iç içe geçtiği bir süreç olduğunu kanıtlamıştır. Bu son sentez bölümü, iç mimarlık disiplinine özgü tasarım kararlarının, akustik kalite üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu kritik faktörleri ve bu kararların alınması gereken ideal aşamaları belirlemeyi amaçlamaktadır.

5.3.1. İç Mekan Tasarımında Öne Çıkan Tasarım Kriterleri

İncelenen vaka çalışmaları, akustik performansı optimize etmede en belirleyici olan iç mekan tasarım kriterlerinin, mekânın geometrisi, malzeme kompozisyonu ve teknolojik entegrasyon olduğunu göstermektedir. Bu kriterler, bir opera salonunun temel hedefleri olan vokal netliği ve orkestra dolgunluğu arasındaki dengeyi kurmada kilit rol oynar:

Geometrik Kurgu ve Difüzyon Yeteneği: Öne Çıkan Kriter: Yüzeylerin biçimi, özellikle fokuslanma kusurlarını önleyen ve ses enerjisini homojen olarak dağıtan Saçılım (Difüzyon) yeteneğidir. Opéra Garnier'nin süslemelerle sağladığı doğal difüzyonun aksine, modern salonlarda (AKM) bu amaç, bilimsel hesaplamalarla tasarlanmış özel geometrik kırılmalar ve paneller (difüzörler) ile sağlanır. İç mekan tasarımcısı için, balkon cepheleri ve tavan yüzeylerinde açılı veya kırık yüzeyler kullanmak, erken yansımaları güçlendirerek netliği artırmada vazgeçilmez bir stratejidir.

Soğurma Miktarının Stratejik Yönetimi (Boşluk-Doluluk Oranı): Öne Çıkan Kriter: RT60 süresini opera için ideal aralıkta tutmak amacıyla yutucu ve yansıtıcı yüzeyler arasındaki dengedir. Stratejik olarak yutucu malzemelerin (kumaş koltuklar, akustik paneller) arka duvarlarda ve localarda kullanılması, aşırı çınlamayı engellerken, sert ve yansıtıcı yüzeylerin (ahşap, sıva) sahneye yakın bölgelerde kullanılması ses enerjisini korur. Bu oran yönetimi, özellikle tarihi adaptasyon (Ankara Opera Sahnesi) projelerinde kısıtlı alanda maksimum etkiyi yaratmak için hayati önem taşır (Tsingos, 2018).

Dinamik Esneklik (Değişken Sistemler): Öne Çıkan Kriter: Modern çok amaçlı salonlarda (AKM) akustik performansı iyileştiren en önemli faktör, Değişken Akustik Sistemlerin (V.A.S.) iç mekana estetik ve işlevsel olarak entegrasyonudur. Bu sistemler, tek bir sabit formun zıt akustik gereksinimleri (opera vs. senfonik konser) karşılama yeteneğini maksimize ederek, iç mekan tasarımını statik bir çözümden adapte edilebilir bir teknolojik platforma dönüştürür (Marshall, 2007).

Sahne Akustiği için Kanopi Kurgusu: Öne Çıkan Kriter: Sahne üzerinde kullanılan yansıtıcı kanopilerin geometrik tasarımı. Bu elemanlar, hem icracılara kritik geri besleme (self-feedback) sağlayarak performans kalitesini artırır hem de erken yansımaları seyirci alanına yönlendirerek vokal netliğini doğrudan etkiler. Sidney Opera Binası örneğinde

olduğu gibi, kanopi tasarımı radikal iyileştirmenin ana odağı olmuştur (Wilkinson & Watson, 2014).

5.3.2. Akustik Performansın İyileştirilmesine Katkı Sağlayan Tasarım Aşamaları

Akustik performansın iyileştirilmesi, tek bir mşdahale anına bağlı olmayıp, tasarım sşrecinin farklı aşamalarında alınacak kritik kararların bir bştşnşdşr. İç mekan tasarımcısı, en yşksek etkiyi sağlamak için aşağıdaki aşamalarda sşrece entegre olmalıdır:

Konsept Aşamasında Hacim ve Form Kararı: Akustik performansın %60'ından fazlası hacim, form ve mekânsal oranlarla belirlenir. Tasarımın bu en erken aşamasında, iç mimar hedeflenen icra tşrşne (opera için At Nalı veya optimize edilmiş modern form) uygun hacim/koltuk oranını (V/N) ve mekânsal oranları belirleyerek temel akustik performansı tesis eder. Sidney Opera Binası rneği, bu aşamada yapılan estetik odaklı hataların, daha sonra radikal iyileştirmeler gerektirdiğini göstermiştir (Yılmaz, 2012).

Geliştirme Aşamasında Geometri ve Materyal Stratejisi: Bu aşama, iç mekan yşzeylerinin detaylandırılması, malzeme paletinin belirlenmesi ve akustik kusurları gidermeye yönelik geometrik mşdahalelerin (difşzrler, yansıtıcı paneller) entegrasyonunu içerir. Bu aşamada, bilgisayar simşlasyonları kullanılarak, seçilen malzeme ve geometrinin RT60, C80 ve IACC zerindeki etkileri test edilir. Ankara Opera Sahnesi'nde olduğu gibi, adaptasyon projelerinde bu aşama, mevcut kısıtlılıklar altında en iyi zşmş bulmak için hayati önem taşır (Tsingos, 2018).

Uygulama ve Detaylandırma Aşamasında Gşrşltş ve V.A.S. Entegrasyonu: İç mekanın bitirme ve detay çizimleri sırasında, arka plan gşrşltşsşnş (NC) kontrol etmek için ses yalıtımı ve mekanik sistemlerin titreşim izolasyon detayları zşlşr. Ayrıca, AKM rneğinde olduğu gibi, Değişken Akustik Sistemlerin (kanopiler, hareketli perdeler) iç mekan tavan ve duvar sistemlerine estetik ve grşnmez bir şekilde entegrasyonu bu aşamada tamamlanır. Bu detayların hassasiyeti, tasarlanan akustik performansın uygulama sırasında kaybolmamasını sağlar (Akarca, 2017)

Bu sistematik entegrasyon, iç mimarlık disiplininin sadece bir yşzey kaplama seçimi yapmaktan öte, sahne mekanlarının fonksiyonel ve işitsel kalitesini bilimsel olarak yöneten yetkin bir disiplin olduğunu kanıtlamaktadır.

5.4. Karşılaştırmalı Analizlerin Genel Olarak Değerlendirmesi ve Sonucu

Bu tez çalışmasında incelenen dört farklı opera salonu örneği, akustik performansın iyileştirilmesinde "tek tip" bir çözümün bulunmadığını, aksine her mekânın kendi tarihi, geometrik ve işlevsel bağlamı içinde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koyabilmektedir. Karşılaştırmalı analizler, iç mekan tasarımının akustik bir "iyileştirme aracı" olarak kullanımı konusunda bilgi ve uygulamaya dönük dört temel çıkarıma ulaşılması mümkündür.

Öncelikle, mekânsal adaptasyonun ve rehabilitasyonun başarısı, mevcut kısıtlamaların doğru okunmasına bağlıdır. Ankara Opera Sahnesi örneği, orijinal işlevi opera olmayan mekanlarda, taşıyıcı sistem ve hacim kısıtlamalarına rağmen, iç mekan geometrisine ve malzeme seçimine yapılan stratejik müdahalelerin (eğimli yüzeyler, yansıtıcı paneller) işitsel performansı kabul edilebilir sınırlara çekebildiğini göstermiştir. Bu durum, iç mimarın mevcut dokuya saygı duyan ancak işlevsel gereklilikleri merkeze alan "onarıcı" bir tasarım kimliği benimsemesi gerektiğini vurgulamaktadır.

İkinci olarak, tarihsel örneklerin pasif akustik başarısı, modern tasarımlar için bir "tasarım sözlüğü" işlevi görmektedir. Opéra Garnier, süsleme sanatının sadece görsel bir zenginlik değil, aynı zamanda ses enerjisini homojen dağıtan doğal bir "difüzör" olduğunu kanıtlamıştır. Bu, modern projelerde süslemenin veya dokusal yüzeylerin, estetik kaygılarla birlikte işlevsel bir akustik iyileştirme aracı olarak ele alınabileceğini, yani estetik ve fonksiyonun ayrılmaz bir bütün olduğunu ortaya koyabilmektedir.

Üçüncü olarak, akustik performansın sürekliliği, teknolojik esneklik ile güvence altına alınmaktadır. AKM örneğinde görüldüğü üzere, modern çok amaçlı mekanlarda akustik kalite, statik bir çözümden ziyade, icra türüne göre uyum sağlayabilen dinamik bir teknolojik altyapı ile sağlanmaktadır. Bu durum, iç mekan tasarımcısının, yüksek teknolojlili sistemleri (motorlu perdeler, kanopiler, paneller) görsel estetiği bozmadan, mekanın bütünsel bir parçası olarak kurgulama zorunluluğunu doğurabilmektedir.

Son olarak, biçimsel kısıtlamaların aşılmasında malzeme ve yüzey müdahaleleri radikal bir düzeltme aracıdır. Sidney Opera Binası, estetik ikonun (dış kabuk) akustik performansı kısıtladığı durumlarda, iç mekanın radikal bir "malzeme odaklı iyileştirme" sürecine tabi tutulmasının kaçınılmaz olduğunu gösterebilmektedir. Bu vaka, tasarımcının gerekirse

strüktürel formun yarattığı dezavantajları, iç mekan elemanları ve yüzey düzenlemeleriyle rehabilite etme sorumluluğuna işaret etmektedir.

Opera Salonu	Tasarım Katagorisi	Hedef RT60 (sn)	Temel İyileştirme Odağı	Teknolojik Düzey
Ankara Opera Sahnesi	Yapısal Adaptasyon	~1.7	Hacimsel Kısıtlamalar	Düşük (Geleneksel)
Opéra Garnier	Tarihsel Model	1.4 – 1.6	Doğal Difüzyon (Süsleme)	Yok (Pasif)
Atatürk Kültür Merkezi(AKM)	Modern Sentez	1.3 – 2.0	Çok Amaçlı Optimizasyon	Yüksek (V.A.S.)
Sidney Opera Binası	Radikal İyileştirme	1.6 – 1.8	Geometrik/Kabuk Kusuru	Orta (Malzeme)

Tablo 4. Opera Salonları Akustik İyileştirme ve Tasarım Stratejileri Sentez Tablosu

Sonuç olarak, bu karşılaştırmalı analizler, iç mimarlık disiplinine sahne mekanlarının yenilenmesi ve tasarlanması süreçlerinde temel bir yaklaşım sunabilmektedir. Tasarımcının görevi; mekânın özgün kimliğini korurken, malzeme katsayılarını (soğurma/yansıtma/saçılma), hacim oranlarını ve yüzey geometrisini, akustik hedeflere hizmet edecek şekilde yönetmektir. Bu yaklaşım, sahne mekanlarını yalnızca bir performans alanı olmaktan çıkarıp, işitsel konforu sanatsal deneyimle birleştiren bütünsel bir tasarıma dönüştürmektedir.

SONUÇ

Bu yüksek lisans tezi, sahne mekanlarında optimal akustik performansın elde edilmesi ve mevcut akustik sorunların iyileştirilmesi sürecinde iç mekan tasarım kriterlerinin belirleyici ve stratejik rolünü bilimsel bir yöntemle incelemeye çalışmıştır. Çalışmanın temel amacı, mimari biçim ile işitsel fonksiyonellik arasındaki karmaşık ilişkiyi çözmek ve iç mimarlık disiplinine özgü uygulanabilir çözüm kriterleri sunabilmektir.

Tez, kuramsal çerçeveyi 1. Bölüm'de oluşturmuştur. Bu bölüm, Antik Yunan'dan başlayan ampirik uygulamalardan, Wallace Clement Sabine'in çalışmalarıyla bilimsel bir disipline dönüşen mimari akustiğin tarihsel seyrini ele almıştır. Ayrıca, tek amaçlı klasik salonlardan çok amaçlı komplekslere geçişin doğurduğu akustik meydan okuma süreci incelenmiş; bu sürecin doğurduğu zorluklara günümüz teknolojisinden yanıt olarak Psikoakustik, Bilgisayarlı Simülasyonlar ve Değişken Akustik Sistemler gibi modern yaklaşımlara değinilmiştir.

Teorik temellerin ardından, 2. Bölüm'de iç mekan tasarım yaklaşımlarının akustik üzerindeki doğrudan etkileri sistematik olarak tanımlanmıştır. Bu bölümde, mekân tipolojileri (Ayakkabı Kutusu, At Nalı, Bağ Terası), hacim ve boyut kriterlerinin (V/N oranı) RT60 üzerindeki belirleyiciliği ortaya konmuştur. Ayrıca, iç mekândaki akustik oluşumu şekillendiren üç temel davranış olan yansıma, soğurma ve saçılma kavramları tanımlanmış; bu davranışların yönetimi için gereken geometrik kurgu (difüzyon), mekânsal ilişki (sahne kanopisi) ve malzeme seçimi (boşluk-doluluk oranı) gibi iç mekan tasarım kriterleri ele alınmıştır.

Değerlendirme kısmına geçişi sağlayan 3. Bölüm'de opera salonlarının, vokal netliği ve orkestra dolgunluğu gibi zıt akustik talepleri birleştiren en karmaşık mekanlar olma gerekçesiyle tez odağına alınmasını sağlamıştır. Bu bölüm, opera salonları için hedeflenen ideal akustik kriter aralıklarını (RT60, C80, IACC) belirleyerek, mevcut durumdaki iyileştirme ihtiyacının tespiti ve problem alanlarının belirlenmesi süreçlerini tanımlamıştır.

Çalışmanın uygulama alanı 4. Bölüm'de, Ankara Opera Sahnesi (Tarihi Adaptasyon), Opéra Garnier (Tarihsel Model), Atatürk Kültür Merkezi (Modern Sentez) ve Sidney Opera Binası (Özel Formun İyileştirilmesi) olmak üzere dört farklı opera salonu örneği üzerinden, iç mekan tasarım stratejileri karşılaştırılmıştır. Analizler; Ankara'da yapısal kısıtlamalar altındaki adaptasyon çabalarını, Garnier'deki süsleme sanatının doğal difüzyon rolünü, AKM'deki

V.A.S. ile sağlanan dinamik esnekliği ve Sidney'deki ikonik formun neden olduğu kusurları gidermeye yönelik radikal malzeme değişimlerini mercek altına almıştır.

5. Bölüm'de ise örnek opera salonu analizlerinden elde edilen bulgular sentezlenerek tezin ana argümanı oluşturulmuştur. Bu sentezde, akustik performansı iyileştirmede öne çıkan üç kritik faktör olarak Geometrik Kurgu ve Difüzyon Yeteneği, Soğurma Miktarının Stratejik Yönetimi ve Dinamik Esneklik (V.A.S.) belirlenmiştir. Bu faktörlerin, tasarımın farklı aşamalarında (Konsept, Geliştirme, Detaylandırma) stratejik kararlar alınmasını gerektirdiği kanıtlanmıştır.

Sonuç olarak; bu araştırma, sahne mekanlarında akustik performansın iyileştirilmesinin, estetik kaygıların ötesinde, iç mekan tasarımının bilimsel prensiplerle entegre edildiği stratejik bir süreç olduğunu kanıtlamaya yönelik nicel verilerden ziyade betimsel ifadelerle ortaya koyan bir çalışmadır. Elde edilen bulgular, iç mimarlık disiplininin, sahne mekanlarının yenilenmesi ve tasarlanması projelerinde yalnızca bir yüzey kaplama uzmanı değil, akustik davranışları yöneten teknik bir anahtar disiplin olarak konumlanması gerektiğini ortaya koymuştur. Çalışmanın temel sonucu, akustik kalitenin büyük oranda hacim ve form kararlarıyla belirlendiği; ancak mevcut yapılarda dahi iç mekan kriterlerinin (geometri ve malzeme) stratejik yönetimiyle akustik performansın uluslararası standartlara taşınabileceği ve V.A.S. sistemleri sayesinde fonksiyonel esnekliğin maksimize edilebileceğidir. Çalışma, iç mimarlara, farklı bağlamlardaki (adaptasyon, restorasyon, yeni inşa) sahne mekanlarının tasarımında, Formun Akustik İşlevini Optimize Etmeye yönelik somut, bilimsel yaklaşıma ve uygulamaya dönük bir çerçeve sunarak literatüre ve iç mimarlık pratiğine katkı sağlamayı amaçlamıştır.

KAYNAKÇA

Akarca, F. (2017). İstanbul Atatürk Kültür Merkezi (AKM) yeniden inşa projesi akustik raporu: Modern bir opera salonunun ses mimarisi. Kültür Yayınları.

Akçay, T. (2020). Türkiye’de sahne mekanlarının gelişimi ve tiyatro-opera binası dönüşümleri. Ankara Üniversitesi Yayınları.

Akman, E. (2023). İç mekan akustiği ve malzeme bilimi: Uygulamalı çözümler. Sentez Mimarlık Yayınları.

Aslan, C. (2017). Cumhuriyet dönemi Ankara tiyatro ve opera yapılarının akustik analizi ve değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Balmumcu, Ş. (1934). Ankara Sergi Sarayı mimari proje raporu. Arkitekt Dergisi, (4).

Barron, M. (2009). *Auditorium acoustics and architectural design* (3rd ed.). Spon Press.

Barron, M. (2010). *Auditorium acoustics and architectural design* (2nd ed.). E&FN Spon.

Baran, G. (2018). Tiyatro ve opera mimarisi tarihi: Antik dönemden günümüze sahne tipolojileri. Sanat Yayınevi.

Beranek, L. L. (2004). *Concert halls and opera houses: Music, acoustics, and architecture* (2nd ed.). Springer.

Beranek, L. L. (2012). *Concert halls and opera houses: Music, acoustics, and architecture* (2nd ed.). Springer.

Biri, N. (2018). Sahne sanatları yapılarında akustik tasarımın mimari form ile ilişkisi (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi.

Bozdoğan, S. (2008). Modernizm ve ulusun inşası: Erken Cumhuriyet Türkiye’sinde mimari kültür. Metis Yayınları.

Camps, F. (2015). *Acoustic diffusion in architectural design: Theory and application of diffusers*. CRC Press.

Canac, F. (1957). *L'Acoustique des salles de spectacles*. Presses Universitaires de France.

Cowan, J. P. (2000). *Architectural acoustics: Design guide*. McGraw-Hill.

Cox, T. J., & D'Antonio, P. (2017). *Acoustic absorbers and diffusers: Theory, design and application* (3rd ed.). CRC Press.

Çelebi Şeker, N. N. (2021). Akustik performansı etkileyen geometrik tasarım parametreleri ve farklı plan tipi örnekleri. Bilge International Journal.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2019). Binaların gürültüye karşı korunması yönetmeliği. Resmî Gazete: 4/6/2017 Tarihli ve 30087 Sayılı.

Demirel, E. (2019). Tarihi opera binalarında akustik iyileştirme çözümleri: Palais Garnier örneği. Mimarlık ve Sanat Dergisi, 15(2), 45-62.

Egan, M. D. (2007). Architectural acoustics. J. Ross Publishing.

Erdem, S. (2020). Performans mekanlarında tasarım esasları ve seyirci hacmi kurgusu. Alfa Mimarlık Yayınları.

Erol, A. (2015). İç mimarlıkta akustik konfor ve malzeme kullanımı. Literatür Yayıncılık.

Everest, F. A., & Pohlmann, K. C. (2015). Master handbook of acoustics (6th ed.). McGraw-Hill Education.

Görsel 1. Sabine, W. C. (1922). *Collected papers on acoustics*. Harvard University Press.

Görsel 2. Baran, G. (2018). *Tiyatro ve opera mimarisi tarihi: Antik dönemden günümüze sahne tipolojileri*. Sanat Yayınevi.

Görsel 3. Baran, G. (2018). *Tiyatro ve opera mimarisi tarihi: Antik dönemden günümüze sahne tipolojileri*. Sanat Yayınevi.

Görsel 4. Türkiye Tasarım Vakfı. (t.y.). *Bellek: Tiyatroda mekan kurgusu* [<https://turkiyetasarimvakfi.org/tr/blog/130-bellek-tiyatroda-mekan-kurgusu>].

Görsel 5. Long, M. (2006). *Architectural acoustics*. Academic Press.

Görsel 6. Barron, M. (1993). *Auditorium acoustics and architectural design*. Spon Press; Long, M. (2006). *Architectural acoustics*. Academic Press; Rossing, T. D. (2007). *Springer handbook of acoustics*. Springer.

Görsel 7. Google, (2026), [Google Image Generation Model].

Görsel 8. Baran, G. (2018). *Tiyatro ve opera mimarisi tarihi: Antik dönemden günümüze sahne tipolojileri*. Sanat Yayınevi.

Görsel 9. Mommertz, E. (2009). *Acoustics and sound insulation*. Birkhäuser Architecture.

Görsel 10. Dumont, G. (t.y.). [<https://www.unav.es/ha/007-TEAT/dumont/encyclopedie-theatres-017.jpg>].

Görsel 11. Lee, C. (2022). [Fotoğraf]. New York Philharmonic Archives [<https://newyorkyimby.com/2022/10/renovated-david-geffen-hall-opens-at-lincoln-center-manhattan.html>].

- Görsel 12. Remes, G. (2015). *Acoustics in stage spaces* [Grafik]. (Pamukcu, A. N. tarafından uyarlanmıştır).
- Görsel 13. Pamukcu, A. N. kişisel arşivi.
- Görsel 14. Pamukcu, A. N. özgün çalışması (2026).
- Görsel 15. Pamukcu, A. N. özgün çalışması (2026).
- Görsel 16. Pamukcu, A. N. özgün çalışması (2026).
- Görsel 17. Pamukcu, A. N. özgün çalışması (2026).
- Görsel 18. Kutluay, A. A. (2018). *Mimari akustik ve uygulamaları*. Arkadaş Yayınevi.
- Görsel 19. Kutluay, A. A. (2018). *Mimari akustik ve uygulamaları*. Arkadaş Yayınevi.
- Görsel 20. Kutluay, A. A. (2018). *Mimari akustik ve uygulamaları*. Arkadaş Yayınevi.
- Görsel 21. Google. (2026). *Sahne mekanında sesin davranış şekilleri* [Google Image Generation Model].
- Görsel 22. Kutluay, A. A. (2018). *Mimari akustik ve uygulamaları*. Arkadaş Yayınevi.
- Görsel 23. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 24. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 25. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 26. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 27. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 28. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 29. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 30. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 31. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 32. Rossing, T. D. (2007). *Springer handbook of acoustics*. Springer.
- Görsel 33. Çizme Dergi. (t.y.). *Operalar hakkında genel bilgiler*. [<https://www.cizmedergi.com/operalar-hakkinda-genel-bilgiler/>].
- Görsel 34. Google. (2026). [Google Image Generation Model].

- Görsel 35. Pamukcu, A. N. özgün çalışması (2026).
- Görsel 36. Mommertz, E. (2009). *Acoustics and sound insulation*. Birkhäuser Architecture.
- Görsel 37. Mommertz, E. (2009). *Acoustics and sound insulation*. Birkhäuser Architecture.
- Görsel 38. - Görsel 39. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 40. Parlar, S. (2026). *Tiyatro Salonlarında Akustik*.
- Görsel 41. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 42. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 43. Google. (2026). [Google Image Generation Model].
- Görsel 44. Opera Sahne ve Akustik Sistemleri San. ve Tic. A.Ş. (t.y.). *Hareketli portal arşivi*.
- Görsel 45. Dekoray. (t.y.). *Motorlu perde rayı sistemleri*. [<https://dekorayperde.com/tirajli-motorlu-perde-rayi/>].
- Görsel 46. Saltonline. (t.y.). *Ankara Devlet Opera ve Balesi*. [saltonline.org].
- Görsel 47. Paul Bonatz Aile Arşivi. (t.y.). Stuttgart.
- Görsel 48. Ankara Devlet Opera ve Balesi Arşivi. (t.y.). *Ankara Devlet Opera Salonu sahnesi*.
- Görsel 49. Pamukcu, A. N. (2026). *Kişisel arşivi*.
- Görsel 50. Ankara Devlet Opera ve Balesi Arşivi. (t.y.).
- Görsel 51-52. Pamukcu, A. N. (2026). *Kişisel arşivi*.
- Görsel 53. Chicurel, P. (t.y.). *Palais De Paris*.
- Görsel 54. Pamukcu, A. N. (2026). *Kişisel arşivi*.
- Görsel 55-56. Pamukcu, A. N. (2026). *Kişisel arşivi*.
- Görsel 57. Tepta Aydınlatma. (2021). *Atatürk Kültür Merkezi*. Bi-Özet. [<https://bi-ozet.com/2021/11/04/yeniden-acilan-aturk-kultur-merkezi-tepta-terafindan-aydinlatildi/>].
- Görsel 58. Salt Research. (t.y.). *Atatürk Kültür Merkezi mimari plan*. [<https://archives.saltresearch.org/handle/123456789/214787>].

Görsel 59. İstanbul Sanat Dergisi. (2022). *Atatürk Kültür Merkezi*. [https://www.istanbul-sanat-dergisi.com/ataturk-kultur-merkezi-bir-yilda-1-milyonun-uzerinde-sanatseveri-agirladi/].

Görsel 60. DAC İstanbul. (t.y.). [https://dacistanbul.com/mercek-hayati-tabanlioglu-ve-ataturk-kultur-merkezi/].

Görsel 61. Pamukcu, A. N. (2026). *Kişisel arşivi*.

Görsel 62. Mimarobot. (t.y.). [https://mimarobot.com/tasarim/proje-dosyalar%C4%B1/photos/2240/sydney-opera-evi-jorn-utzon].

Görsel 63. Archdaily. (2023). *Sidney Opera Binası hacim geometrisi kesiti*. [https://www.archdaily.com/1006331/sydney-opera-house-concert-hall-renewal-arm-architecture].

Görsel 64. Accessland. (t.y.). [https://accessland.live/kultur-tarih/mimari-ve-ic-dekorasyon/dunyanin-en-iyi-10-tiyatro-binasi/].

Hare, J. (2006). *The opera house story: The story of Sidney opera house*. The Watermark Press.

International Organization for Standardization. (2009). ISO 3382-1:2009. Acoustics Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces.

Işık, E., & Kırbaş, F. (2023). Çok amaçlı performans yapılarında akustik esneklik: Atatürk Kültür Merkezi Opera Salonu örneği. *Mimarlık ve Tasarım Araştırmaları Dergisi*, 12(4), 190-210.

Kaya, M. (2021). Oda akustiğinin temelleri ve yankılanma süresi hesaplama metotları. *Bilim Teknik Yayınları*.

Kayan, H. Z. (2013). İç mekanda işitsel konfor ve estetik. 3. Ulusal İç Mimarlık Sempozyumu / Mekan Tasarımında Endüstriyel Boyut'da sunulan bildiri.

Korun Mimarlık. (t.y.). İç mimarlıkta akustik tasarım: Daha sessiz ve konforlu mekanlar nasıl yaratılır? *Korun Mimarlık Akustik Tasarım*

Kurra, S. (2021). *Mimari akustik ve gürültü kontrolü*. Yapı Bilgi Merkezi Yayınları.

Kutluay, A. A. (2018). *Mimari akustik ve uygulamaları*. Arkadaş Yayınevi.

Long, M. (2006). *Architectural acoustics*. Academic Press.

Long, M. (2014). *Architectural acoustics*. Academic Press.

Marshall, A. H. (2007). Acoustics for multi-purpose halls and the importance of variable systems. *Journal of Architectural Acoustics*, 45(3), 155-170.

Mehta, M., Johnson, J., & Rocafort, J. (1999). Architectural acoustics: Principles and design. Prentice Hall.

Mendel, R. (2020). Acoustic design principles for speech intelligibility in performance spaces. Applied Acoustics, 155, 102-115.

Meyer, J. (2009). Acoustics and the performance of music: The history of the hall. Springer.

MMO Tesisat Komisyonu. (2011). Yeşil bina sertifikasyonunda akustik performansın değerlendirilmesi. MMO Tesisat Kongresi Bildirileri. MMO Tesisat Komisyonu Yeşil Bina

Mommertz, E. (2009). Acoustics and sound insulation. Birkhäuser Architecture.

Opéra National de Paris. (2024). The Palais Garnier: Architecture and History. <https://www.operadeparis.fr>

Özkan, A. (2024). Oda akustiği parametreleri ve ölçüm metotları. Nobel Akademik Yayıncılık.

Öztürk, B. (2021). Performans mekanlarında akustik iyileştirmede iç yüzey malzemelerinin rolü (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Sabine, W. C. (1900). Reverberation. The American Architect and Building News, 68(1775), 3-5.

Sabine, W. C. (1906). Architectural acoustics. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, 42(2), 51–84.

Sevtap Parlar, Tiyatro Salonu Akustiği ve Önemi 2026

Soylu, V. (2019). Opera ve konser salonları: Akustik kriterler ve form ilişkisinin analizi. Detay Yayıncılık.

Şerefhanoğlu Sözen, M. (2005). Tiyatro yapılarında akustik tasarım ve uygulama ilkeleri. Yıldız Teknik Üniversitesi Basım Yayın Merkezi.

Talaska, T. G., & Wetherill, E. A. (1999). The design and planning of multi-use performance spaces. McGraw-Hill.

Tan, C. (2024). Modern ve post-modern sahne mekanlarında esnek akustik çözümler. Detay Yayıncılık.

T.C. Devlet Opera ve Balesi. (2024). Ankara Opera Sahnesi (Büyük Tiyatro) tarihçesi. <https://www.operabale.gov.tr>

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2016). Ankara Opera Binası (Büyük Tiyatro) tarihsel gelişim ve restorasyon alışmaları. Resmi Rapor.

Tsingos, C. H. (2018). Computational acoustics in architecture: Challenges and recent advances in ray-tracing and finite element methods. *Building and Environment*, 140, 180-192.

Uluoğlu, B. (2016). Paul Bonatz ve Ankara Opera Binası'nın yeniden işlevlendirme süreci. *Mimarlık Dergisi*, 388, 45-56.

Vance, M. A. (2020). Sidney opera house: A case study in acoustic renovation and interior design. *Journal of Architectural Acoustics*, 50(1), 45-60.

Vercammen, M. L. S. (2003). Acoustics for multi-purpose concert halls and theatres. *Building Acoustics*, 10(1), 33-47.

Viscardi, L. (2018). Acoustical measurements and subjective evaluation of historical European opera houses. *Journal of the Acoustical Society of America*, 143(5), 3201-3212.

Wilkinson, P., & Watson, V. L. (2014). Acoustic refurbishment of the Sidney Opera House Concert Hall: From icon to function. *Applied Acoustics*, 78, 1-15.

Yılmaz, H. (2012). Tarihi yapılarda akustik rehabilitasyon: Ankara Opera Sahnesi rneği (Doktora Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yılmaz, H. (2022). Mimari akustik ve salon tasarımı. Yeni Akademi Yayınları.

YAYIMLAMA VE FİKRÎ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesi'ne verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversite'ye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikrî mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalara (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır. Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan, telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversite'ye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*** kapsamında tezim aşağıda belirtilen haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü/ Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... yıl ertelenmiştir. (1)
- Enstitü/ Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. (2)
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. (3)

19/06/2026

Aycan NUMANOĞLU PAMUKCU

*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge

- (1) Madde 6.1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6.2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7.1. Ulusal çıkarılan veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan iş birliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

Tez Danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ETİK BEYANI

Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Tez Çalışması Raporu Yazım Yönergesi'ne uygun olarak hazırladığım bu Tez Çalışması Raporunda,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin bütününe kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- bu Tez herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir Tez Çalışması Raporu çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

19/06/2026

Aycan Numanoğlu Pamukcu

YÜKSEK LİSANSTA YETERLİK TEZİ ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

Güzel Sanatlar Enstitüsü

Sahne Mekanlarında Akustik Performansın İyileştirilmesi ve Karşılaştırmalı Opera Salonları Örnekleri

Yukarıda başlığı verilen Tez Çalışması Raporumun tamamı aşağıdaki filtreler kullanılarak Turnitin adlı intihal programı aracılığı ile Tez Danışmanım tarafından kontrol edilmiştir. Kontrol sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir:

Raporlama Tarihi	Sayfa Sayısı	Karakter Sayısı	Savunma Tarihi	Benzerlik Oranı (%)	Gönderim Numarası
24/12/2025	80	42138	20/04/2026	11	2851026579

Uygulanan filtreler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar dâhil
3. 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Tez/Sanat Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. (tarih 19/06/2026)

Aycan Numanoğlu Pamukcu

Öğrenci No.:N22129140

Anasanat Dalı:İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı

Program (işaretleyiniz):

Yüksek Lisans	Sanatta Yeterlik	Doktora	Bütünleşik Doktora
X			

DANIŞMAN ONAYI UYGUNDUR.

Prof. Dr. Pelin Yıldız

MASTER'S THESIS ORIGINALITY REPORT

HACETTEPE UNIVERSITY

Institute of Fine Arts

Enhancing Acoustic Performance Spaces and Comparative Case Studies of Opera Halls

The whole art work report is checked by my supervisor, using Turnitin plagiarism detection software taking into consideration the below mentioned filtering options. According to the originality report, obtained data are as follows.

Date Submitted	Page Count	Character Count	Date of Thesis Defence	Similarity Index (%)	Submission ID
24/12/2025	80	42138	20/04/2026	11	2851026579

Filtering options applied are:

1. Bibliography excluded
2. Quotes included
3. Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read the Hacettepe University Institute of Fine Arts Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations, I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge. I respectfully submit this for approval. (19/06/2026)

Aycan Numanoğlu Pamukcu

Student No.: N22129140

Department: Interior Architecture
and Environmental Design

Program/Degree:

Master's	Proficiency in Art	PhD	Joint Phd
X			

SUPERVISOR APPROVAL

APPROVED

Prof. Dr. Pelin Yıldız

