**T.C.**
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# İSTANBUL DEVLET TİYATROLARI ÜSKÜDAR TEKEL SAHNESİ'NİN AKUSTİK AÇIDAN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

**SÜMEYYE KADER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**
**MİMARLIK ANABİLİM DALI**
**YAPI FİZİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN**
**PROF. DR. NEŞE YÜĞRÜK AKDAĞ**

**İSTANBUL, 2018**

**T.C.**

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# İSTANBUL DEVLET TİYATROLARI ÜSKÜDAR TEKEL SAHNESİ'NİN AKUSTİK AÇIDAN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Sümeyye KADER tarafından hazırlanan tez çalışması 19.12.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ

Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Mehmet Nuri İLGÜREL

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Ayşe ERDEM AKNESİL

Altınbaş Üniversitesi _____

# ÖNSÖZ

Tez çalışması boyunca bilgisini ve tecrübesini paylaşan, desteğini her zaman hissettiğim danışmanım Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ'a ve özellikle ODEON programıyla ilgili bilgi ve desteğini esirgemeyen hocam Doç. Dr. Mehmet Nuri İLGÜREL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezi bitirmem konusunda beni destekleyen ve tez çalışması boyunca her türlü soruma sabırla ve özenle cevap veren sevgili meslektaşım ve arkadaşım Y. Mimar Ezgi TÜRK'e teşekkür ederim.

Çalışmama konu Tekel Sahnesi'nde yaptığım tespit ve incelemelerle ilgili gereken yardım ve desteği sağlayan ve 7 yıldır hizmet verdiğim T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı'na ve Bakanlığa bağlı birim olan İstanbul Devlet Tiyatroları çalışanlarına teşekkür ederim.

İş hayatında da birlikte çalışmaktan gurur duyduğum, bilgi ve tecrübesini paylaşmaktan sakınmayan, tez çalışmama konu bina ile ilgili tüm arşivini açarak bana destek olan Mimar Dr. Halil ONUR ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Uzun ara verdiğim tez çalışmamı tamamlayabilmem için maddi manevi desteklerini esirgemeyen sevgili ailem; annem Ayşe Ferah GENGEÇ, babam Ahmet GENGEÇ, abim Necip Enes GENGEÇ ve sevgili eşi Ayşe Giz GÜLNERMAN GENGEÇ, ailemin bir parçası olan sevgili arkadaşım MELTEM FALAKALI'ya sonsuz teşekkürlerimle… Ve bu süreçte maddi manevi her türlü zorluğu benimle birlikte üstlenen sevgili eşim Savaş KADER'e çok teşekkür ederim.

Aralık 2018

Sümeyye KADER

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ……viii

KISALTMA LİSTESİ……ix

ŞEKİL LİSTESİ……x

ÇİZELGE LİSTESİ……xii

ÖZET……xiv

ABSTRACT……xvi

BÖLÜM 1

GİRİŞ……1

1.1. Literatür Özeti……1
1.2. Tezin amacı……2
1.3. Hipotez……3

BÖLÜM 2

AKUSTİK KONFOR PARAMETRELERİ……4

2.1.Yansışım Süresi ($T_{30}$)……4
2.2. Erken Düşme Süresi (EDT)……7
2.3. Ayırtedilebilirlik ($D_{50}$)……8
2.4. Netlik ($C_{80}$)……9
2.5. Güç (G)……10
2.6. Yanal Enerji Oranı (LF80)……10
2.7. Konuşma İletim Katsayısı (STI)……10

BÖLÜM 3

ÜSKÜDAR TEKEL SAHNESİ, TARİHÇESİ VE GENEL ÖZELLİKLERİ……12

3.1. Üsküdar Tekel Sahnesi, Yapının Tarihi……12
3.2. Üsküdar Tekel Sahnesi, Genel Özellikleri……14

BÖLÜM 4

ÜSKÜDAR TEKEL SAHNESİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ……19

4.1.Akustik Açıdan Salon Tasarım Kriterleri……19
4.1.1. Salon Hacmi……19
4.1.2. Salonun Geometrik Biçimi ve Boyutları……20
4.1.3. Sahne Tasarımı……23
4.1.4. Dinleyici Alanı……24
4.1.5. Balkonlar……25
4.1.6. Gereçler……25

BÖLÜM 5

ÜSKÜDAR TEKEL SAHNESİNİN AKUSTİK PARAMETRELER AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ……29

5.1. Öznel Değerlendirme……29
5.1.1. Anket Sorularının Belirlenmesi……29
5.1.2. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi……34
5.2. Akustik Modelleme Yöntemi ile Salonun Akustik Analizi ve Değerlendirilmesi……40
5.2.1. Modelleme Yöntemi ile İlgili Kararlar……40
5.2.2. Modelleme Sonuçlarının Akustik Parametreler Açısından Değerlendirilmesi……43
5.2.2.1.Yansışım Süresi……44
5.2.2.2. Erken Düşme Süresi (EDT)……46
5.2.2.3. Ayırtedilebilirlik ($D_{50}$)……49
5.2.2.4. Netlik ($C_{80}$)……52
5.2.2.5. Konuşma İletim Katsayısı (STI) ……54
5.2.2.6. Yanal Enerji Oranı (LF80)……56
5.2.2.7. Ses Düzeyi (SPL)……58
5.3. Genel Değerlendirme……61

BÖLÜM 6

ÜSKÜDAR TEKEL SAHNESİ İÇİN YENİ SALON TASARIMI ÖNERİSİ……63

6.1. Salon Tasarımı Önerisi Geliştirimesi……63
6.2. Öneri Salonun Akustik Durumunun Akustik Modelleme Yöntemi ile Analizi ve Değerlendirilmesi……68
6.2.1. Modelleme Yöntemi ile İlgili Kararlar……68
6.2.2. Modelleme Sonuçlarının Değerlendirilmesi……70
6.2.2.1. Yansışım Süresi ($T_{30}$)……71
6.2.2.2. Erken Düşme Süresi (EDT)……73
6.2.2.3. Ayırtedilebilirlik ($D_{50}$)……76
6.2.2.4. Konuşma İletim Katsayısı (STI)……78
6.2.2.5. Yanal Enerji Oranı (LF80) ……80
6.2.2.6. Ses Düzeyi (SPL)……82

6.3. Genel Değerlendirme……84
BÖLÜM 7
SONUÇ VE ÖNERİLER ……86
KAYNAKLAR……88
ÖZGEÇMİŞ……90

## SİMGE LİSTESİ

| | |
|---|---|
| A | Hacmin toplam yutuculuğu |
| c | Gözle kulak arasındaki mesafe |
| d | Düz döşeme derinliği |
| D | Son dinleyicinin odak noktasına uzaklığı |
| E | Gözün zemin seviyesinden yüksekliği |
| F | Odak noktasının yerden yüksekliği |
| H | Salon yüksekliği |
| L | Salon genişliği |
| N | Kişi sayısı |
| p | t Anındaki Anlık Ses basıncı (N / $m^2$) |
| R | Rıht yüksekliği |
| T | Dinleyici sıra alanı genişliği |
| V | Hacim |
| W | Salon derinliği |

## KISALTMA LİSTESİ

| | |
|---|---|
| $C_{80}$ | Netlik |
| $D_{50}$ | Ayırt Edilebilirlik |
| EDT | Erken Düşme Süresi |
| SPL | Ses Basınç Düzeyi |
| STI | Konuşma İletim Katsayısı |
| $T_{30}$ | Yansışım Süresi |

# ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa


Şekil 2.1. Yansışım süresi grafiği [4]……5
Şekil 2.2. Hacim ve işleve göre optimum yansışım süresi grafiği [3]……7
Şekil 2.3. Sesin farklı şekillerde sönme grafiği [9]……8
Şekil 2.4. Konuşmanın anlaşılabilirliği-$D_{50}$ ilişkisi [11]……9
Şekil 2.5. Anlaşılabilirlik yüzdesi ile STI ilişkisini gösteren grafik [10]……11
Şekil 3.1. Sahilden yapıların görünümü [11]……12
Şekil 3.2. Yapının iç duvarlarının söküldüğü 1950'lere ait durumunu gösteren fotoğraf[11]……13
Şekil 3.3. Yapıya ait restitüsyon projesi zemin kat planı[11]……13
Şekil 3.4. Yapının konumuna ilişkin hava fotoğrafı [17]……14
Şekil 3.5. Bina içinde salonun konumu [17]……15
Şekil 3.6. Tekel sahnesi binasının sahil yolundan görünümü [18] ……15
Şekil 3.7. Sahneden dinleyici alanına bakışa ilişkin fotoğraf [18] ……16
Şekil 3.8. Dinleyici alanından sahne ve balkonların görünümüne ilişkin fotoğraf [18] ……17
Şekil 3.9. Salon planı……18
Şekil 4.1. Salonlara ait farklı plan şeması örnekleri [8] ……21
Şekil 4.2. Farklı işlevler için kaynak-dinleyici arası max uzaklık [9] ……22
Şekil 4.3. Sahne ve dinleyici alanının dolaysız sesin iletimine katkısı [9] ……23-24
Şekil 4.4. Şaşırtmalı oturma düzeni [9] ……24
Şekil 4.5. Balkonların sahne ile ilişkisini gösteren salon kesiti ……25
Şekil 4.6. Balkon üzerinden dinleyici alanına bakış [19] ……26
Şekil 5.1. Sanatçı için hazırlanan anket örneği……30-31
Şekil 5.2. Dinleyiciler için hazırlanan anket örneği……32-33
Şekil 5.3. Dinleyicilere yönelik anket çalışmasında kişisel bilgilere ilişkin sorulara alınan yanıtlar……34
Şekil 5.4. Dinleyicilere yönelik anket çalışmasında katılımcıların salon kullanım durumuna ilişkin sorulara alınan yanıtlar……35
Şekil 5.5. Dinleyicilere yönelik anket çalışmasında salondaki işitsel konfor durumuna ilişkin anket sorusu ve alınan yanıtlar……35-36
Şekil 5.6. Dinleyicilere yönelik anket çalışmasında salonun görsel ve akustik durumuna ilişkin anket soruları ve alınan yanıtlar……36-37

Şekil 5.7. Sanatçılara yönelik anket çalışmasında kişisel bilgilere yönelik sorulara alınan yanıtlar……38
Şekil 5.8. Sanatçılara yönelik salonun akustik durumuna ilişkin sorulara alınan yanıtlar……38
Şekil 5.9. Sanatçılara yönelik anket çalışmasında salınun akustik durumuna ilişkin alınan yanıtlar……39
Şekil 5.10. Odeon programında ışın sızdırmazlık testine ilişkin görsel……40
Şekil 5.11. Modellemede salona yerleştirilen alıcı ve ses kaynağının konumu……41
Şekil 5.12. Ses kaynağının farklı frekanslardaki ses dağılımı……41
Şekil 5.13. Dinleyici alanına tanımlanan grid alanına ilişkin görsel……42
Şekil 5.14. Modelleme sonucu yansışım süresi grafiği……45
Şekil 5.15. Grid hesabo sonucu yansışım süresi dağılımı……46
Şekil 5.16. Modelleme sonucu erken düşme süresi grafiği……47
Şekil 5.17. Grid hesabı sonucu erken düşme süresi dağılımı……49
Şekil 5.18. Modelleme sonucu $D_{50}$ grafiği……51
Şekil 5.19. Grid hesabı sonucu $D_{50}$ dağılımı……52
Şekil 5.20. Modelleme sonucu $C_{80}$ grafiği……53
Şekil 5.21. Grid hesabı sonucu $C_{80}$ dağılımı……54
Şekil 5.22. Grid hesabı sonucu STI dağılımı……56
Şekil 5.23. Grid hesabı sonucu LF80 dağılımı……58
Şekil 5.24. Grid hesabı sonucu SPL dağılımı……60
Şekil 5.25. Anlaşılabilirlik-ses düzeyi ilişkisi [1]……60
Şekil 6.1. Düzgün eğimli döşeme hesabı [15]……65
Şekil 6.2. Salon öneri kesit çizimi……66
Şekil 6.3. Salon önerisi plan çizimi……67
Şekil 6.4. Öneri salon için Odeonda yapılan ışın sızdırmazlık testi……70
Şekil 6.5. Öneri salon modellemesinde salona yerleştirilen alıcı ve ses kaynağının konumu……70
Şekil 6.6. Mevcut salon, öneri salon ve optimum $T_{30}$ ilişkisini gösteren grafik……72
Şekil 6.7. Öneri salon grid hesabı sonucu $T_{30}$ dağılımı……73
Şekil 6.8. Öneri salon $T_{30}$ ve EDT değerleri ile optimum $T_{30}$ ilişkisini gösteren grafik..74
Şekil 6.9. Öneri salon grid hesabı sonucu EDT dağılımı……75
Şekil 6.10. Öneri salon, mevcut salon modelleme sonucu $D_{50}$ değerleri ile optimum $D_{50}$ değerlerini gösteren grafik……77
Şekil 6.11. Öneri salon grid hesabı sonucu $D_{50}$ dağılımı……78
Şekil 6.12. Öneri salon grid hesabı sonucu STI dağılımı……80
Şekil 6.13. Öneri salon grid hesabı sonucu LF80 dağılımı……82
Şekil 6.14. Öneri salon grid hesabı sonucu SPL dağılımı……84

# ÇİZELGE LİSTESİ


Sayfa

Çizelge 2.1. Farklı işlevli hacimlere ait optimum yansışım süreleri [4]……7
Çizelge 4.1. Farklı işlevlere ait salonlar için kişi başına düşen hacim (V/N) oranı……20
Çizelge 4.2. Tekel sahnesinde kullanılan gereçler ve alan ölçüleri……28
Çizelge 5.1. Modellemede seçilen gereçler ve yutma çarpanları……43
Çizelge 5.2. Optimum ve modelleme sonucu $T_{30}$ değerleri……44
Çizelge 5.3. Alıcı noktalarına göre modellleme sonucu $T_{30}$ değerleri……44
Çizelge 5.4. Grid hesabı sonucu $T_{30}$ için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……45
Çizelge 5.5. Optimum EDT değerleri ile modelleme sonucu $T_{30}$ ve EDT değerleri……47
Çizelge 5.6. Alıcı noktalarına göre modellleme sonucu EDT değerleri……47
Çizelge 5.7. Grid hesabı sonucu EDT için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……48
Çizelge 5.8. Modelleme sonucu $D_{50}$ değerleri……50
Çizelge 5.9. Alıcı noktalarına göre modellleme sonucu $D_{50}$ değerleri……50
Çizelge 5.10. Grid hesabı sonucu $D_{50}$ için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……51
Çizelge 5.11. Optimum ve modelleme sonucu $C_{80}$ değerleri……52
Çizelge 5.12. Alıcı noktalarına göre modellleme sonucu $C_{80}$ değerleri……53
Çizelge 5.13. Grid hesabı sonucu $C_{80}$ için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……54
Çizelge 5.14. Modelleme sonucu STI değerleri……55
Çizelge 5.15. Alıcı noktalarına göre modelleme sonucu STI değerleri……55
Çizelge 5.16. Grid hesabı sonucu STI için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……55
Çizelge 5.17. Modelleme sonucu LF80 değerleri……56
Çizelge 5.18. Alıcı noktalarına göre modelleme sonucu LF80 değerleri……57
Çizelge 5.19. Grid hesabı sonucu LF80 için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……57
Çizelge 5.20. Modelleme sonucu SPL değerleri……58
Çizelge 5.21. Alıcı noktalarına göre modelleme sonucu SPL değerleri……59
Çizelge 5.22. Orta frekanslar için modelleme sonucu akustik parametre değerleri……61
Çizelge 6.1. Öneri salon modellemesinde kullanılan gereç listesi ve yutma çarpanları……69
Çizelge 6.2. Öneri salon modelleme sonucu $T_{30}$ ve optimum $T_{30}$ değerleri……71
Çizelge 6.3. Alıcı noktalarına göre öneri salon modelleme sonucu $T_{30}$ değerleri……71
Çizelge 6.4. Öneri salon grid hesabı sonucu $T_{30}$ için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……72
Çizelge 6.5. Öneri salon modelleme sonucu EDT ve $T_{30}$ değerleri ile optimum $T_{30}$ değerleri……73

Çizelge 6.6. Alıcı noktalarına göre öneri salon modelleme sonucu EDT değerleri……..74
Çizelge 6.7. Öneri salon grid hesabı sonucu EDT için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……75
Çizelge 6.8. Öneri ve mevcut salon modelleme sonucu $D_{50}$ değerleri……..76
Çizelge 6.9. Alıcı noktalarına göre öneri salon modelleme sonucu $D_{50}$ değerleri…….76
Çizelge 6.10. Öneri salon grid hesabı sonucu $D_{50}$ için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……..77
Çizelge 6.11. Öneri ve mevcut salon modelleme sonucu STI değerleri……78
Çizelge 6.12. Alıcı noktalarına göre öneri salon modelleme sonucu STI değerleri……79
Çizelge 6.13. Öneri salon grid hesabı sonucu STI için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……..79
Çizelge 6.14. Öneri ve mevcut salon modelleme sonucu LF80 değerleri……80
Çizelge 6.15. Alıcı noktalarına göre öneri salon modelleme sonucu LF80 değerleri…….81
Çizelge 6.16. Öneri salon grid hesabı sonucu LF80 için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……..81
Çizelge 6.17. Öneri salon modelleme sonucu SPL değerleri ile fon gürültüsü değerleri……82
Çizelge 6.18. Alıcı noktalarına göre öneri salon modelleme sonucu SPL değerleri……..83
Çizelge 6.19. Öneri salon grid hesabı sonucu SPL için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri……..83
Çizelge 6.20. Orta frekanslar için öneri ve mevcut salon modelleme sonucu akustik parametre değerleri……85

# ÖZET

## İSTANBUL DEVLET TİYATROLARI ÜSKÜDAR TEKEL SAHNESİNİN AKUSTİK AÇIDAN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Sümeyye KADER

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ

Hacim akustiği, bir hacimdeki ses kaynağından çıkan seslerin tüm dinleyicilere en iyi şekilde ulaşmasını inceleyen ve amaçlayan bir bilim dalıdır. Günümüzde artan ihtiyaç doğrultusunda akustik incelemesi yapılarak inşa edilen, oditoryum, konser ve tiyatro salonu ve kültür merkezleri bulunmasına rağmen, daha önceden akustik durumu dikkate alınmadan inşa edilen bir çok salon bulunmaktadır. Akustik sorunların, inşa edilmeden proje aşamasında irdelenip önlenmesi en sağlıklı yöntemdir. Ancak günümüzde akustik açıdan yetersiz salonların da değerlendirilip akustik kalitesinin yükseltilmesi önem kazanmıştır.

Yeni tasarlanan bir salonda, akustik açıdan önem taşıyan bazı konular, salon tasarımının şekillendirmesinde etkin rol oynamaktadır. Yunan ve Roma amfi tiyatrolarından günümüze kadar salon tasarımında belli başlı plan şemalarının oluşturulması da tesadüf değil, bir ihtiyaçtır. Plan şemasında sesin dolaysız şekilde dinleyiciye ulaşması gerekliliği üzerinden birçok farklı plan şeması ortaya çıkmıştır. Tavan tasarımı, sahne tasarımı, malzeme seçimleri, dinleyici alanı gibi konular da akustik kalitenin iyileştirilmesi amacıyla irdelenen konulardır. Yeni tasarlanan bir salonda bütün bu kriterler, proje alanı içinde belli sınırlar dahilinde seçilebilir. Ancak tamamlanmış ve akustik kalitesinin iyileştirilmesi üzerine çalışılan salonlarda bazı kriterleri değiştirme imkanı bulunmadığından, sonradan

yapılacak müdahaleler kısıtlıdır. Özellikle günümüzde uygulaması yaygınlaşan kültür varlığı yapıların renovasyonları sonucunda kullanıma açılan kültür merkezi vb. kullanıma sahip yapılarda müdahale etmek daha da güçleşmektedir.

Tez çalışması kapsamında, kültür varlığı bir yapının renovasyonu sonucunda İstanbul Devlet Tiyatoları kullanımına ayrılan Üsküdar Tekel Sahnesi'nin akustik parametreler ve salon tasarım kriterleri açısından incelemesi yapılarak, akustik açıdan iyileştirme önerisi getirilmiştir.

Giriş bölümünde tez çalışmasının amacı ve kapsamı anlatılmış olup, ikinci bölümde konuşma amaçlı salonlar için önemli olan akustik parametreler incelenmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde yapının tarihi ve mevcut durumu hakkında genel bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde salonun fiziksel özellikleri salon tasarım kriterleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Tezin beşinci bölümünde ise salonun akustik parametreler açısından inceleme ve değerlendirmesi öznel ve nesnel değerlendirme yöntemleri ile yapılmıştır. Öznel değerlendirme yönteminde anket yöntemine başvurulmuştur. Anket sorularının oluşturulması ve sonuçların değerlendirilmesine ilişkin bilgiler ayrı bir başlık halinde incelenmiştir. Nesnel değerlendirme yöntemi olarak ise modelleme yöntemi ile simülasyon tercih edilmiştir. Modelleme sonuçları aynı başlık altında akustik parametreler ve optimum değerler açısından incelenmiştir. Son bölümde ise akustik değerlendirme sonucunda ortaya çıkan olumsuzluklar göz önünde bulundurularak, salon içinde ufak müdahalelerle akustik açıdan daha konforlu bir salon önerisi geliştirilmiştir. Salonun fiziksel özelliklerinin değerlendirildiği dördüncü bölümde tespit edilen salon tasarımı ile ilgili olumsuzluklar doğrultusunda, öncelikle sahne, balkonlar ve dinleyici alanı yeniden ele alınmış ve kültür varlığı yapı içinde akustik ve görsel açıdan daha konforlu bir salon önerisi sunulmuştur. Getirilen önerinin nesnel parametreler açısından uygunluğu yine modelleme yöntemi ile simülasyon yapılarak incelenmiştir. Modelleme sonuçları bu başlık altında değerlendirilmiştir.

Bu tez İstanbul Devlet Tiyatroları Üsküdar Tekel Sahnesi'nin akustik incelemesi ve iyileştirilmesine yönelik bir çalışmadır.

**Anahtar Kelimeler:** Hacim akustiği, tiyatro salonu, Tekel Sahnesi, akustik konfor.

## ABSTACT

# INVESTIGATION AND EVALUATION OF ACOUSTİC QUALITY OF THE ISTANBUL NATIONAL THEATHERS, USKUDAR TEKEL HALL

Sümeyye KADER

Department of Architecture

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ

Room acoustics, is a science branch, which studies and purposes of the arrival of the sound from a sound source inside a room to the audiance with the best features. Although there are some auditoriums, concert and theather halls, which built with investigating the acoustical features for today's increasing necessities, there are lots of rooms which are built without any acoustical investigation. The best method for avioding the acoustical problems is, investigating about the project process. But promoting the acoustical quality of an incompetent acoustical qualified and constructed room, is also more importance nowadays.

There are some subjects which has importance about acoustics that have an important role for shaping the design of the room, for new designed rooms. That's not a coincidence though it's a necessity that created fundamental plan shapes for rooms from Greek and Roman amfiteatrs to present day. There are lots of different plan shapes came up for reaching the sound to the listeners direct way. Designing the ceilling, the stage, the listerners area and the choice of the materials are the examining subject for promoting the acoustical quality of a room. All thesesubjects can be choosen in some limits in the project phase for a new designed room. In the rooms which are already been constructed, due to the lack of structurel change ability, the alteration actions are

limited. It's especially hard to interfere to the buildings, such as culture centers, etc., which are the widely implementation of cultural goods nowadays.

In this study, Üsküdar Tekel Hall, which is renovated from a cultural good building and brought to the use of National Theater of Istanbul, examined respect to acoustical parameters and room design criteria and a proposal devoloped for improving the acoustics of the room..

In the entry part, the motivation and content of the thesis study, then in the second chapter the important acoustic parameters examined for a room which is used for speech.

In the third chapter of the thesis study, information shared about the history and current situaiton of the building. In the fourth chapter, examination and estimatian of the physical characteristics of the room according to the room design criteria are explained.

In the fifth chapter, examation and estimation of the room respect to acoustical parameters with subjective and objetcive evaluation methods are explained. For the subjetcive evaluation, survey method applied. The information about the composition of the questions for survey and evaluation of the results of the survey examined in a distinct title. For the objective evaluation, simulation and modelling methods are prefered. The results of the modelling method are examined in the same title with tha acoustical parameters and optimum values. In the last chapter, a development for a room design which is more comfortable respect to acustical terms is shared with taking the negative results in the acustical evaluation into cconsidiration. According to the issues about room design which are determined in the fourth chapter where physical characteristics of the room is examined, the stage, balconies and the audiance area is re-evaluated respectively and a new design proposed for this cultural good building for a better confort and look. The new room design is also investigated according to it’s conformity to the objective parameters with the use of modelling method. The results of the modelling examined also in this chapter.

This study is about examination and estimation the acoustics of National Theater of Istanbul, Üsküdar Tekel Hall.

**Keywords:** Room acoustics, theather halls, Tekel Hall, acoustical comfort.

# BÖLÜM 1

# GİRİŞ

## 1.1. Literatür Özeti

Salon kültür varlığı yapının taş duvarlarının sınırladığı bir alanda bulunmakta olup, yapıldığı dönemde tiyatro salonu olarak yapılmamış, salon tasarım aşamasında da detaylı bir akustik analiz doğrultusunda tasarımı oluşturulmamıştır.

Salonun fiziksel durumu, akustik kaliteyi etkileyen başlıca konulardandır. Tasarım aşamasında alınacak önlemler akustik kalitesini arttırmaya yardımcı olmaktadır. Tez çalışması kapsamında, salonun hem fiziksel özelliklerinin tiyatro salonuna uygunluğu incelenmiştir, hem de akustik durumu modelleme yöntemi ile simülasyonu yapılarak değerlendirmeye alınmıştır.

Bu çalışma kapsamında, öncelikle salonun fiziksel durumunun tespit çalışmaları yapılmıştır. Salonda yapılan metrik ölçüm ve tespitlerle fiziksel durumunun krokileri ve çizimleri oluşturulmuştur. Yapılan ölçüm ve tespitler doğrultusunda salonun 3 boyutlu modellemesi yapılarak, simülasyon yöntemi ile akustik durumunun analizi yapılmıştır.

Bir salonun akustik konforunun değerlendirilmesinde kullanıcı ve icracıların tecrübeleri de önemlidir. Bu nedenle, salonu kullanan dinleyici ve icracılara anket yöntemi ile tecrübelerini paylaşmaları istenmiş ve anket sonuçları değerlendirmeye alınmıştır. Anket soruları hazırlanırken salonda olması muhtemel sorunlarla ilgili sorular hazırlanmaya çalışılmış ve kullanıcıların bu yönde tecrübelerinin iletilmesi ön planda tutulmuştur.

Bütün öznel ve nesnel değerlendirmeler sonucunda, salonun hem fiziksel hem de akustik durumu açısından daha olumlu bir duruma getirilmesi amacıyla yeni bir salon önerisi geliştirilmiştir. Önerilen salon tasarımı yine modelleme yöntemi ile incelenerek akustik parametreler açısından uygunluğu değerlendirilmiştir.

### 1.2. Çalışmanın Amacı

Yapılan araştırma ve çalışmalar 19. Yüzyıla dayanmakla birlikte hacim akustiği, gelişen teknoloji ve tekniklerle her geçen gün gelişen bir alandır. Geçmişte inşa edilen salonların zamanın teknoloji ve bilgisi ile inşa edilmesi nedeniyle günümüzdeki teknoloji ve tekniklerle incelendiğinde, bazı akustik kusur ve olumsuzluklar tespit edilebilmektedir. Bunun yanında günümüzde faaliyet göstermekte olan ülkemizdeki salonların birçoğunun akustik projesi bulunmadığı da yapılan araştırmalarla tespit edilmiştir [1]. Yeni tasarlanan bir salonun akustik açıdan uygunluğunun sağlanmasının yanında, herhangi bir akustik projesi olmaması, zaman içinde gelişen teknoloji doğrultusunda akustik koşulları sağlayamaması ya da yanlış akustik düzenlemeler nedeniyle akustik kalitesi kötü durumda olan salonların incelenerek varsa sorunların düzeltilmesi de Hacim Akustiğinin konusunu oluşturmaktadır.

Günümüzde eski işlevlerinde kullanımı mümkün olmayan bazı kültür varlığı yapıların renovasyon yöntemi ile farklı işlevlerle kullanıma açılması da önem kazanan bir konudur. Bu kültür varlığı yapılardan bazıları kamuya açık kullanımlar verilerek içinde konferans, konser salonu, tiyatro salonu bulunan okul, kültür merkezi gibi işlevlerle de kullanılmaktadır. Silahtarağa Elektrik Santrali'nin binalarının renovasyonu ile kullanıma açılan Bilgi Üniversitesi Kampüsü, ofis alanları, kültür merkezi ve eğlence alanları gibi çok fonksiyonlu kullanım için renovasyonu yapılan Bomonti Bira fabrikası, İstanbul Devlet Tiyatroları tarafından renovasyonu yapılan ve kullanılan Paşalimanı Tekel Deposu bu tip uygulamalara örnek olarak verilebilir.

Renovasyon uygulamalarında, yeni tasarlanan bir salonda olduğu gibi, tasarım aşamasındaki kritelerlerin seçilmesi ve uygulanmasında özgür tercihler yapılamayabilir. Salon büyüklüğü, bazı malzemelerin seçimi yapının kültür varlığı niteliği nedeniyle kısıtlanmış olabilir. Bu gibi durumlarda, salonun kısıtlı özellikleri göz önüne alınarak

akustik açıdan en verimli tasarımı geliştirmek önem kazanmaktadır. Salon büyüklüğü değiştirilemiyor ise, bu durumdan hacim/kişi sayısı oranı etkilenecektir. Salon yüksekliği sabit ise, dinleyici alanı eğimi oluştururken kısıtlı imkanlar oluşabilir. Mevcut bir salonun ya da salon tasarım kriterleri açısından fazla müdahale edilemeyecek durumda olan salonların bu haliyle akustik kalitesinin yükseltilmesi de Hacim Akustiği alanının konularından biridir.

Tez çalışmasına konu Paşalimanı Tekel Deposu içinde yer alan tiyatro oyunlarının sergilendiği İstanbul Devlet Tiyatroları Tekel Sahnesi de, prova salonları, idari birimler ve tiyatro sahnesinin bulunduğu bir kompleks olarak yapılan renovasyon çalışması sonucu düzenlenmiştir. Küçük ölçekli bir salon olmasına rağmen, salonun fiziksel ve akustik özellikleri açısından belli değerlere sahip olması gerekmektedir. Tadilat geçirdiği dönemde bir akustik projesi hazırlanmadığı göz önüne alınarak, olması muhtemel fiziksel ve akustik sorunlarla ilgili inceleme yapılması, varsa sorunlara çözüm üretilmesi ve hacmin akustik kalitesinin yükseltilmesi tezin amacını oluşturmaktadır.

### 1.3. Hipotez

Bir salon tasarımında, salonun akustik kalitesini etkileyen birçok farklı tasarım önerisi geliştirilebilir. Salonda kullanılan malzemelerde yapılacak farklılıklar, salonun akustik kalitesini arttırmaya yeterli olabilmekle birlikte, salonun özelliğine bağlı bazı durumlarda akustik kaliteyi yükseltmek için salon tasarımını da yeniden ele almak gerekebilir. Salon tasarımı yeniden ele alındığında, görsel konforun da attırılması hedeflenmelidir. Bu tezin hipotezi ‘mevcut durumunda akustik durumu uygun parametre aralığında olmayan salonun, salonda kullanılan malzemeler ve salon mimarisi açısından yeniden ele alınarak akustik kalitesinin yükseltilmesi mümkündür.’ şeklinde ifade edilebilir.

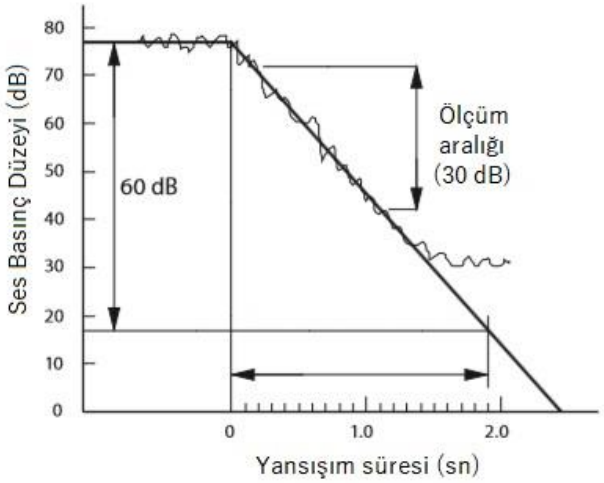
# BÖLÜM 2

# AKUSTİK KONFOR PARAMETRELERİ

Mimari Akustik biliminin alt dalı olan Gürültü Denetimi ve Hacim Akustiği alanlarının ikisi de kapalı bir hacimde gerekli akustik kalitenin sağlanmasını amaçlamaktadır. Gürültü Denetimi istenmeyen seslerin yapı içine girmesini ya da oluştuğu yerde engellenmesini amaçlarken, farklı işlevlere ait dinleme amaçlı kapalı hacimlerde, sesin tüm dinleyicilere en doğru şekilde ulaştırılması konusu ise Hacim Akustiğinin temel konusudur. Sesin dinleyiciye en doğru şekilde ulaşması için öncelikle hacmin hangi işlevle kullanılacağının belirlenmesi gerekmektedir. İşlev belirlendikten sonra işleve uygun optimum parametre değerleri tespit edilerek, yapılan tasarımın bu değerlere uygun olması için çalışmalar yapılır. Tekel Sahnesinin akustik durumunun değerlendirilebilmesi için öncelikle kullanım amacı tiyatro olması göz önünde bulundurularak, konuşma/drama amaçlı hacimler için gerekli nesnel akustik parametreler incelenmiştir.

## 2.1. Yansışım Süresi

Yansışım süresi, bir hacimdeki sesin, kaynak kapatıldıktan sonra 60 dB düşmesi için geçen süre olarak tanımlanır ve Walter.C. Sabine tarafından 1895-1900 yıllarında ortaya konmuştur [2]. Yansışım süresine ilişkin grafik Şekil 2.1'de görülebilir. Yansışım süresi ses düzeyi ve fon gürültüsünden bağımsız bir kavramdır, salonun büyüklüğü ve hacmin toplam yutuculuğu ile ilişkilidir [3].




Şekil 2. 1 Yansışım süresi grafiği

Sabine yaptığı çalışmalar sonucunda yansışım süresini aşağıdaki gibi formülize etmiştir:

$$T_{30}= \frac{0.16\mathrm{V}}{\mathrm{A}} \quad (2.1)$$

$T_{30}$: Yansışım süresi (sn)

V: Hacmin büyüklüğü ($m^3$)

A: Toplam yutuculuk ($m^2$) [4]

Toplam yutuculuk ise; yüzeylerin, havanın ve birimlerin yutuculuğunun toplamı olarak tanımlanmıştır.

$A = A_y + A_b + A_h$

$A_y$: Yüzeylerin toplam yutuculuğu

$A_b$: Birimlerin toplam yutuculuğu

$A_h$: Havanın toplam yutuculuğu

Yüzeylerin toplam yutuculuğu için Sabine'in önerdiği eşitlik şu şekildedir:

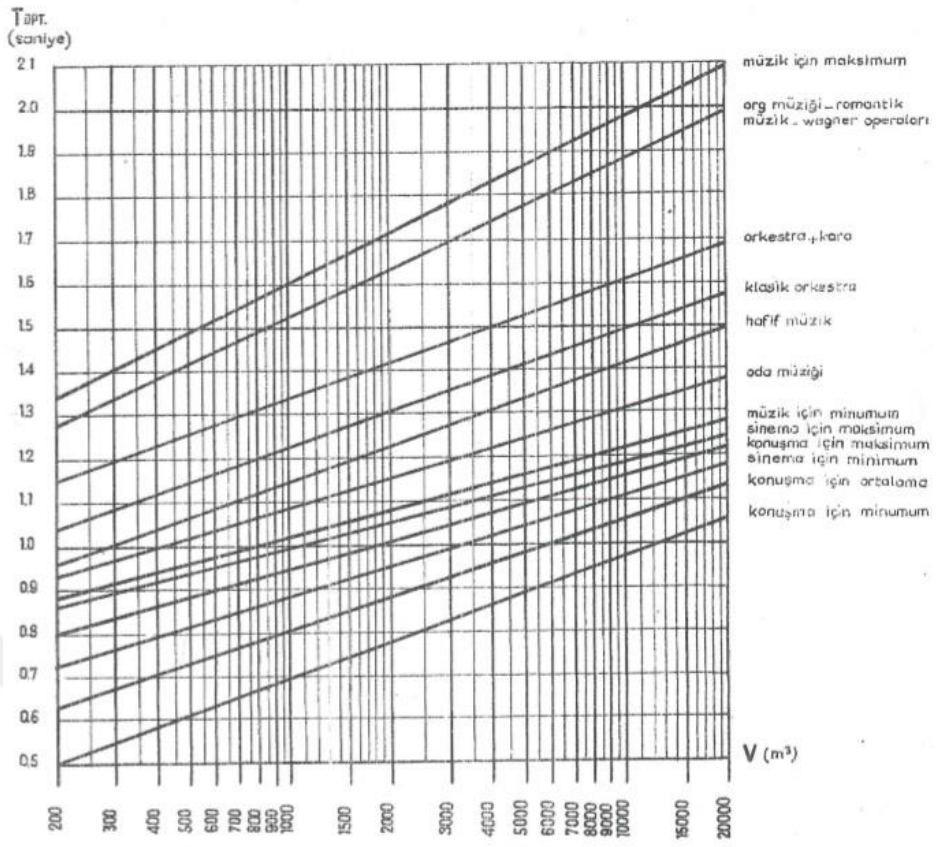
$$A_y = \sum \alpha_n \times S_n \quad (2.2)$$

Formüle göre her bir $S_n$ yüzeyi için bir yutma çarpanı ($\alpha_n$) atanmalıdır [2].

Sabine'in geliştirdiği bu eşitlikten yansışım süresinin yüzey alanı, hacmin büyüklüğü ve yüzey yutuculuğuna göre farklılık göstereceği anlaşılmaktadır. Hacmin toplam yutuculuğu, yüzeylerin yüzey alanı ile yüzeylerde kullanılan malzemelerin yutuculuk katsayısının çarpımı ile elde edilir. Malzemelerin yutuculuk katsayısı, frekansa bağlı olarak değişir. Dolayısıyla yansışım süresi de farklı frekanslarda farklı değerler almaktadır. Farklı boyutlarda, farklı yutuculuktaki malzemeler kullanılarak farklı yansışım süresine sahip salonlar elde edilebilir. Hacmin toplam yutuculuğu arttıkça yansışım süresi kısalır, hacim büyüdükçe yansışım süresi uzar.

Aynı hacime sahip olsa bile farklı işlevler için farklı optimum yansışım süresi gerekmektedir. Konuşma amaçlı bir hacimle müzik amaçlı bir hacmin yansışım sürelerinin farklı olması konuşma ve müziğin yapısal olarak farklılıklar içermesiyle alakalıdır. Uzun yansışım süresi konuşma amaçlı salonlarda kelimelerin birbirini maskelemesine yol açarken, müzik amaçlı salonlarda müziğe zenginlik katmaktadır [3].

Yapılan çalışmalar sonucunda farklı işlev ve hacim büyüklüğüne ait salonlar için optimum yansışım süreleri belirlenmiş olup, Şekil 2.2'de hacim ve işleve göre optimum yansışım süresi grafiği görülebilmektedir.




Şekil 2. 2 Hacim ve işleve göre optimum yansışım süresi grafiği

Farklı hacimler için tavsiye edilen optimum yansışım sürelerine ait örnekler Çizelge 2.1'de görülebilmektedir.

Çizelge 2. 1 Farklı işlevli hacimlere ait optimum yansışım süreleri

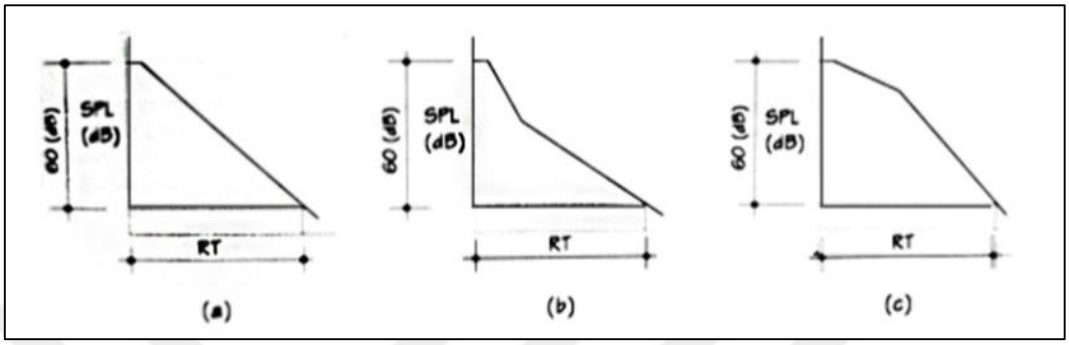
| **Hacim fonksiyonu** | **Yansışım süresi (sn)** |
|---|---|
| Opera salonu | 1,3 - 1,8 |
| Drama/ Tiyatro | 0,7 - 1,0 |
| Klasik müzik | 1,6 -2,2 |

Yansışım süresi için optimum değerlerin %5 ile %10 fazlası ya da eksiği kabul edilebilir değerlerdir.

## 2.2. Erken Düşme Süresi (EDT)

Erken düşme süresi, yansışım süresi ile benzer özellikte bir parametre olup, yansışım süresinden farklı olarak kaynak kapatıldıktan sonra ilk 10 dB'lik düşme için geçen süre olarak tanımlanır. Düzgün ses dağılmışlığına sahip salonlarda EDT ve $T_{30}$ değerleri

birbirine yakın değerler almaktadır [4]. Düzgün ses yayılmışlığı olan salonlarda sesin sönme grafiği doğrusal olarak geçekleşirken, düzgün ses yayılmışlığı olmayan salonlarda $T_{30}$ değerleri aynı olsa da sesin sönme grafiğinde farklı kırılmalar görülebilir [5]. Şekil 2.3'de aynı yansışım süresine sahip salonlardaki farklı ses sönmelerine ait grafikler görülmektedir.




Şekil 2. 3 Sesin farklı şekillerde sönme grafiği

(a) Ses enerjisinin düzgün sönmesi - (b) Ses enerjisinin önce hızlı, belli bir seviyeden sonra yavaş sönümlenmesi - (c) Ses enerjisinin önce yavaş, belli bir seviyeden sonra hızlı sönümlenmesi

### 2.3. Ayırt Edilebilirlik ($D_{50}$)

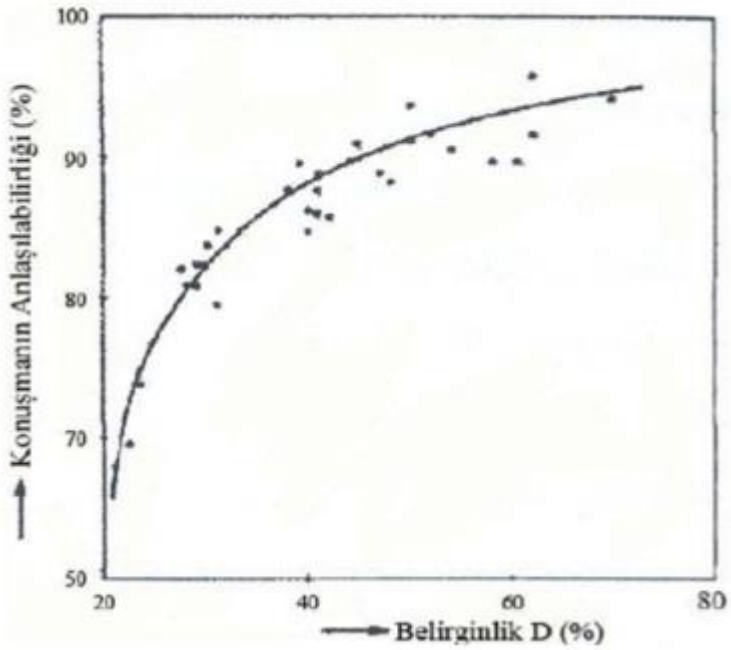
$D_{50}$ parametresi, konuşmanın belirginliği ile ilgili bir parametre olup, ilk 50 ms'lik zaman dilimi içerisinde alıcı noktasına ulaşan ilk yansımaların enerjisinin alıcıya ulaşan toplam ses enerjisine oranı olarak tanımlanır [6]. $D_{50}$ değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir:

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt} \qquad (2.3)$$

$D_{50}$ = Ayırt Edilebilirlik

p = t Anındaki Anlık Ses basıncı (N / $m^2$) [7].

$D_{50}$ değerlerinin artmasıyla konuşmanın anlaşılabilirliği artmaktadır. $D_{50}$'nin %50 üzerindeki değerleri optimum olarak kabul edilmektedir. Konuşmanın anlaşılabilirliği ile $D_{50}$ arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 2.4'de görülebilmektedir.




Şekil 2. 4 Konuşmanın anlaşılabirliği-$D_{50}$ ilişkisi

### 2.4. Netlik ($C_{80}$)

$C_{80}$ parametresi, müziğin öznel netliğinin hesaplanabilmesi için, konuşma için kullanılan $D_{50}$ parametresindeki 50 ms'nin Reichardt'ın önerisiyle 80 ms'ye çekilmiş olup, $D_{50}$ parametresine benzer şekilde, ilk 80 ms'lik zaman dilimi içerisinde alıcı noktasına ulaşan ilk yansımaların enerjisinin alıcıya ulaşan toplam ses enerjisine oranı olarak tanımlanır [8]. Netlik parametresi aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

$$C_{80} = \frac{\int_0^{80} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt} \qquad (2.4)$$

$C_{80}$ = Netlik (dβ)

p = t Anındaki Anlık Ses basıncı (N / $m^2$)

Akustikçiler arasında $C_{80}$'e ilişkin farklı optimum değer aralığı değerlendirilmekte olup, $C_{80}$'in -4dB ile +4dB ve -2dBile +2dB arasındaki değerler optimum olarak kabul edilmektedir [1].

## 2.5. Toplam Ses Düzeyi, Güç (G)

Güç parametresi, bir kaynağın bir hacim oluşturduğu ses basınç gücünün, yansımasız odada kaynaktan 10 m uzakta ölçülen ses basınç gücüne oranı olarak tanımlanır. Aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir:

$$G = 10 \log \frac{\int_0^\infty p^2(t)dt}{\int_0^\infty p^2(t)dt} \quad (2.5)$$

G = Güç (dB)

p = t Anındaki Anlık Ses basıncı (N / $m^2$)

Bunun yanında dağınık ses kuramına göre güç T ve salon hacmi ile ilişkilidir ve aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir.

$G_{exp} = 10log\ [T/V] + 45\ dB$ [3]. (2.6)

Tort:1,01 V:1786,3 $m^3$

$G_{exp=}$ 12 dB

## 2.6. Yanal Enerji Oranı (LF80)

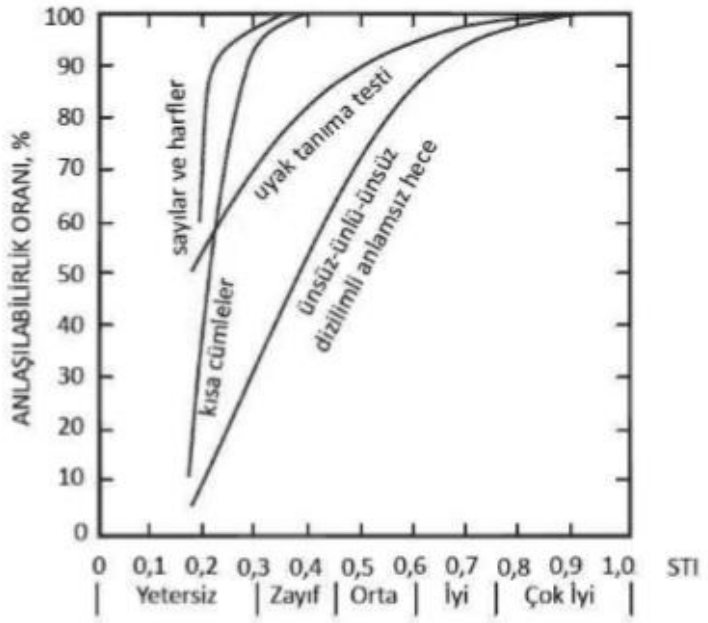
Yanal enerji oranı, yan yüzeylerden gelen ses enerjisinin bütün doğrultulardan gelen ses enerjisine oranı olarak tanımlanabilir. İlk olarak Marshall tarafından ortaya konulan bu parametre, özellikle müzik işlevli salonlarda dinleyicinin müzikle sarmalandığını hissetmesi açısından önemlidir [9].

Dört orta frekansın ortalamasında yanal enerji oranının optimum değeri 0,2 olarak kabul edilmektedir [1].

## 2.7. Konuşma İletim Katsayısı (STI)

Konuşma iletim katsayısı, konuşma amaçlı salonlar için önemli bir parametre olup, sahnede konuşmacının konuşmasının dinleyici tarafından ne oranda anlaşılabilir olduğunu belirleyen nesnel bir parametredir. Bu parametre ile ilgili farklı ölçüm

yöntemleri geliştirilmiştir. 1973 yılında geliştirilen Modülasyon İletim Fonksiyonu (MTF) metodunda konuşmayı taklit eden bir sistemle ölçüm yapılmaktaydı [10]. Daha sonra geliştirilen Hızlandırılmış Konuşma İletim Katsayısı (RASTI) metoduyla daha hızlı sonuçlar elde edilebilmektedir.




Şekil 2. 5 Anlaşılabilirlik Yüzdesi ile STI İlişkisi

Şekil 2.5'te verilen grafikten de anlaşılabildiği gibi STI parametresi için %50 ve üzeri değerler kabul edilebilir değerlerdir. Değerler yükseldikçe konuşmanın anlaşılabilirliği artmaktadır.

# BÖLÜM 3

# ÜSKÜDAR TEKEL SAHNESİ, TARİHÇESİ VE GENEL ÖZELLİKLERİ

## 3.1. Yapının Tarihi

Eski adı Öküz Limanı olan Üsküdar Paşalimanı mevkiinde sahil kıyısında yer alan ve 6 bölümden oluşan bina, 1798-1802 tarihlerinde tahıl ambarları olarak yapılmıştır. Yapılar uzun yıllar Tekel tarafından tütün deposu olarak kullanılmıştır [11]. Onaylı restitüsyon projesinde de yapının özgün halinde, günümüzde de mevcut olan taş duvarlarla ayrılan depo mekanları olarak sıralandığı görülmektedir. Şekil 3.1'de yapıların boğazdan görünümüne ilişkin fotoğraf yer almaktadır.



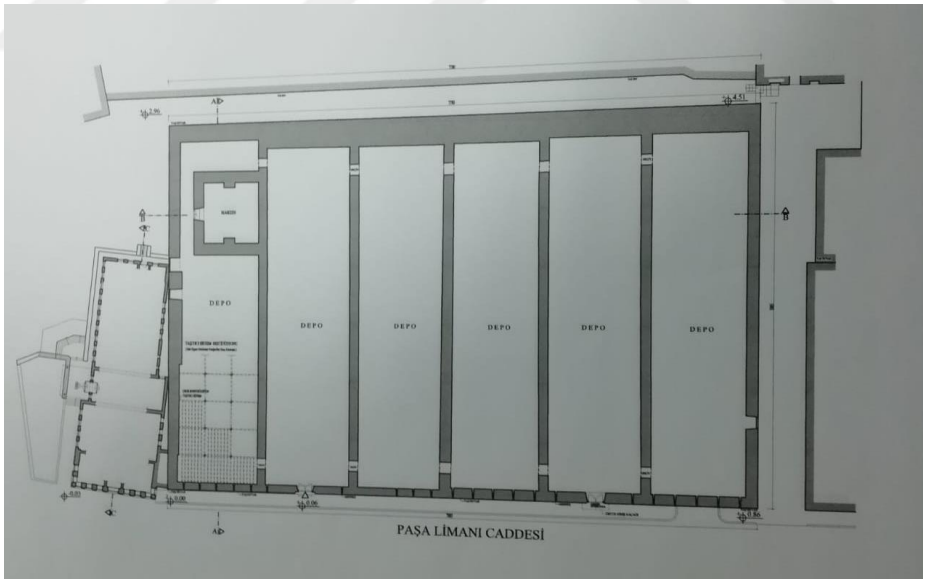
Şekil 3. 1 Sahilden yapının görünümü

1950'li yıllarda daha fazla depolama sağlamak için dış duvarları korunarak yapının iç kısmı yıkılmış, bina içine 4 katlı betonarme yapı inşa edilmiştir [11]. Yapının 1950'lere ait durumunu gösteren fotoğraf Şekil 3.2'de yer almaktadır.



Şekil 3. 2 Yapının iç duvarlarının söküldüğü 1950lere ait durumu gösteren fotoğraf

2000 yılında Mimar Halil Onur tarafından, yapıya ilişkin rölöve ve restitüsyon projeleri hazırlanmış ve projeler İstanbul III Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu tarafından uygun bulunmuştur. Şekil 3.3'de zemin kata ait plan çizimi görülen restitüsyon projesinde, Tekel Sahnesi olarak kullanılan alanın, günümüzde de korunan taş duvarlarla sınırlanan depo alanı olarak ifade edildiği görülmektedir.




Şekil 3. 3 Yapıya ait restitüsyon projesinden zemin kat plan çizimi

Rölöve ve restitüsyon projesi onay süreci sonrasında yine Mimar Halil Onur tarafından hazırlanan ve İstanbul III Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu tarafından

uygun bulunan ‘Tekel Müzesi ve Kültür Merkezi’ işlevli restorasyon projesi doğrultusunda bina içine inşa edilen betonarme katlar sökülerek projesi doğrultusunda çelik konstrüksiyonlu katlar ilave edilmiştir. Restorasyon sırasında binanın yapıldığı dönemdeki özgün haline uygun şekilde dış duvarların içine 3 kat inşa edilmiştir [11]. 2009 yılında yapılan tadilatla, bina İstanbul Devlet Tiyatroları kullanımına ayrılmıştır ve günümüzde hala bu şekilde kullanılmaktadır.

### 3.2. Üsküdar Tekel Sahnesi’nin Genel Özellikleri

Çalışmaya konu Devlet Tiyatroları Üsküdar Tekel Sanhesi, Üsküdar Paşalimanı’nda sahil yolu üzerinde eskiden tütün deposu olarak inşa edilen kargir yapının içinde yer almaktadır. Şekil 3.4’te hava fotoğrafı üzerinde yapıların konumu görülmektedir.




Şekil 3. 4 Yapının konumuna ilişkin hava fotoğrafı



Şekil 3. 5 Bina içinde salonun konumu

Geçirdiği restorasyon çalışması sonrasında bina, Kültür ve Turizm Bakanlığına tahsis edilerek İstanbul Devlet Tiyatroları Üsküdar Sahnesi kullanımına ayrılmıştır. Salon, bina içinde arka cephe tarafına konumlanmıştır (Şekil 3.5), (Şekil 3.6). Sahil yolu ile arasında kalan alanda ise fuaye ve fuaye ile ilgili alanlar bulunmaktadır. Salon için hazırlanmış bir akustik proje bulunmamaktadır.




Şekil 3. 6 Tekel Sahnesi binasının sahil yolundan görünümü

Binada aynı zamanda Devlet Opera ve Balesine ait prova salonları, bir adet deneme

salonu, ofisler, kafe ve ilgili birimler de yer almaktadır.

Çalışmaya konu Tekel Sahnesi 180 kişi kapasiteli, sahne duvarı ve yan duvarlar boyunca dolanan balkonları bulunan, dikdörtgen formlu bir salondur. Boyutları yaklaşık 28,40x11,30 m olup, yüksekliği 7,30 m'dir. Salonun iç mekanına ilişkin fotoğraflar Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de görülmektedir.



Şekil 3. 7 Sahneden dinleyici alanına bakış



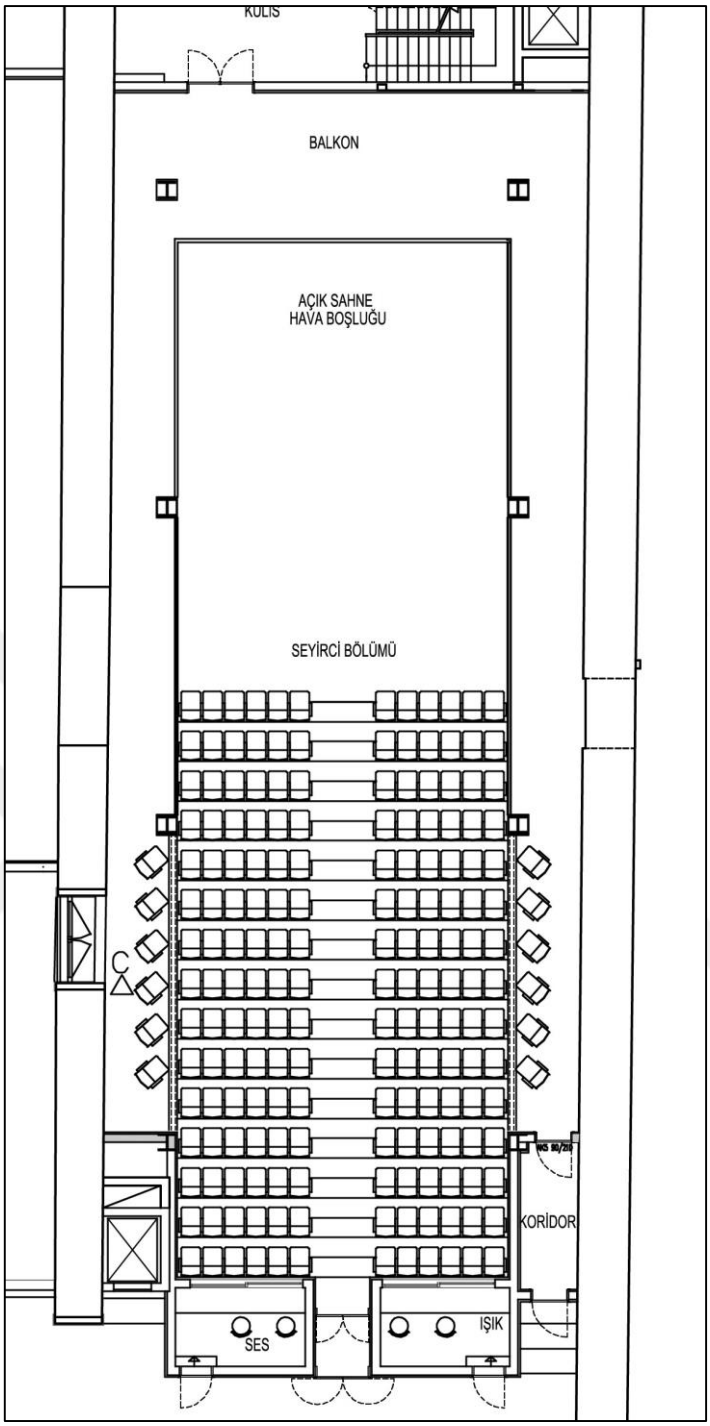
Şekil 3. 8 Dinleyici alanından sahne ve balkonların görünümü

Dinleyici alanında giriş çıkışların sağlandığı merdiven ve koridorlar sahnenin akustik açıdan en verimli olan orta alandan verilmiştir. Salonun yan duvarları yapının özgün taş duvarı iken, sahne arkası ve dinleyici arkasındaki duvarlar alçıpan panellerle bölücü duvarlar olarak düzenlenmiştir. Döşeme beton üzeri pleksi kaplamadır.

Mimari projesinde balkonlarda seyirci koltukları görülmesine rağmen, mevcut kullanımda balkonlara seyirci alınmamakta olup, balkonlar işlevsiz bir durumdadır. Ayrıca balkonların giriş çıkışları salondan bağımsız şekilde bulundukları kottan ayrı birer kapı ile sağlanmaktadır. Balkonların sahnenin arka duvarına da dönmesi nedeniyle, sahne kullanımını daraltmakta ve bazı akustik problemler oluşturabilmektedir.

Salonda sahne için bir yükselti bulunmamakta olup, özel bir sahne tasarımı yapılmadığı anlaşılmaktadır. Sahne arkasından bir kapı ile kulis bölümüne ulaşılmaktadır. İzleyici alanının bittiği yerden itibaren sahne olarak ayrılan alan, oyunlara göre farklı dekor malzemeleri ile kullanılmaktadır.

Salonda yerinde yapılan ölçümlerden yararlanılarak hazırlanan plan Şekil 3.9'da görülmektedir.




Şekil 3. 9 Salon planı

# BÖLÜM 4

# ÜSKÜDAR TEKEL SAHNESİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tiyatro, konferans, konser gibi etkinliklere hizmet eden salonlarda, mimari gereksinimlerin yanında, görsel ve akustik konfor koşullarının da sağlanmış olması gerekir. Dinleyicilerin icracıları net olarak duyabilmesi ve görebilmesi salon işlevi doğrultusunda dikkate alınması gereken hususlardır. Bu açıdan, belirlenen işlev/işlevler doğrultusunda göz önüne alınması gereken tasarım kriterleri vardır. Bu bölümde, başlıca akustik tasarım kriterleri açıklanacak, ardından Tekel Sahnesi'nin tiyatro işlevine uygunluğu değerlendirilecektir.

## 4.1. Akustik Açıdan Tasarım Kriterleri

Akustik açıdan tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması gereken kriterler; salon hacmi, salonun geometrik biçimi ve boyutları, sahne tasarımı, dinleyici alanı ve balkonlar olarak belirlenmiştir.

### 4.1.1. Salon hacmi

Salon hacmi, dinleyici sayısı ve salon işlevi göz önüne alınarak hesaplanması gereken en önemli salon tasarım kriterlerinden biridir. Havanın yutuculuğu yansışım süresini etkileyen önemli bir kriter olduğundan, salon hacmi tasarım aşamasında önem kazanmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda, salon hacmi/dinleyici sayısı arasındaki ilişkinin, farklı işlevler için farklı değerler aldığı ortaya çıkmıştır. Çizelge 4.1'de farklı

işlevlere ait salonlarda kişi başına düşen hacim görülmektedir.

Çizelge 4. 1 Farklı işlevlere ait salonlar için kişi başına düşen hacim (V/N) oranları

| İşlev | Kişi başına düşen hacim (m3) |
|---|---|
| Konuşma | 2,5 - 4 |
| Tiyatro | 4 - 6 |
| Opera | 6 - 8 |
| Çok amaçlı | 6 - 8 |
| Konser | 8 - 10 |

Üsküdar Tekel Sahnesi salonunun hacim ve kişi sayısı üzerinden V/N oranı hesaplandığında;

N= 180 kişi

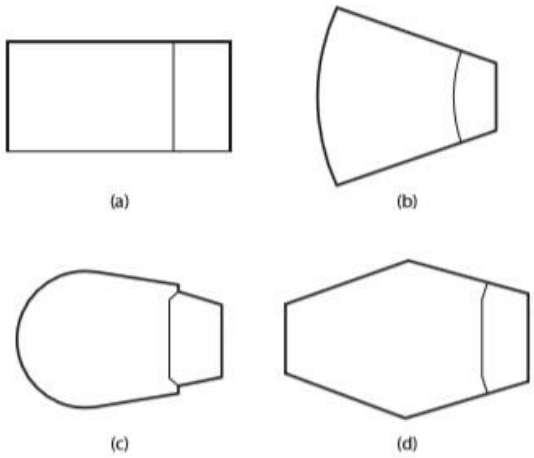
V= 1786,3 $m^3$

1786,3/180= 9,9 $m^3$ olarak bulunmaktadır.

Literatürde, tiyatro salonları için kişi başına düşen optimum hacmin 4-6 m3 arasında değişmekte olduğu görülmektedir [12]. Bu nedenle, Tekel sahnesi için kişi başına düşen hacmin optimum değerlerin çok üzerinde olduğu söylenebilir.

### 4.1.2. Salonun Geometrik Biçimi ve Boyutları

Salon tasarımında günümüze kadar at nalı, dikdörtgen, yelpaze gibi birçok plan tipi kullanılmış olup, yapılan çalışmalar sonucunda, fonksiyona göre elverişli plan tipleri belirlenmiştir. Yelpaze plan, dinleyicinin icracıya en yakın mesafeye konumlanması için elverişli olurken, dikdörtgen plan, yanal yansımalar nedeniyle müzik için daha elverişlidir. Farklı plan tiplerine örnekler Şekil 4.1'de görülmektedir.



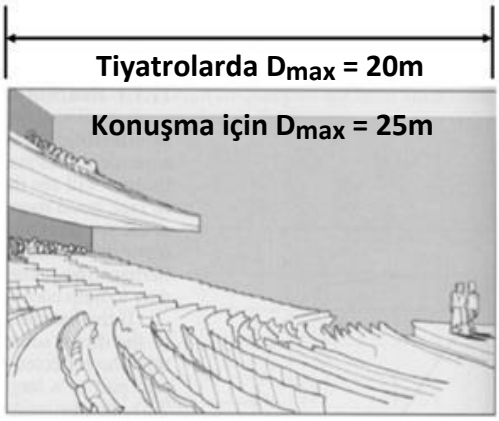

Şekil 4. 1 Plan şemaları (a) Dikdörtgen tipi plan (b) Yelpaze tipi plan (c) At nalı tipi plan (d) Gelişigüzel plan

Tekel Sahnesi salonunun dikdörtgen planlı olmasının, kuvvetli yanal yansımalar doğrultusunda algılanan kaynak genişliği ve dinleyici kuşatılmışlığı açısından olumlu sonuçlar vereceği bilinmektedir [13]. Uygun boyutlarda seçilmesi durumunda en güvenilir salon formu olabileceği gibi, fazla dinleyici olması durumunda salonun uzaması ve kaynak-dinleyici mesafesinin artması ile ilk yansımalarda ve ses yüksekliğinde arkada kalan dinleyiciler için istenen değerler sağlanamayabilmektedir [14].

Dikdörtgen formlu salonlarda sıklıkla rastlanan akustik kusurlardan biri vurgusal yankıdır (Şekil 4.2). Vurgusal yankıyı önlemek için, yüzeylerin paralelliğini bozmak, yüzeylerden birinde yutucu malzeme kullanmak ya da yüzeylerde dağıtıcı eleman kullanmak gibi yöntemler kullanılabilir [3]. Bu açıdan salonun duvarları incelendiğinde; kaba yonu taş duvar dokusu ile doğal bir dağıtıcı eleman kullanıldığı söylenebilir.

Salon hacmi ile ilgili bir diğer kriter de, salonun büyüklüğüdür. Kaynaktan çıkan sesin uzaklığın karesiyle doğru orantılı olarak azalacağı göz önünde bulundurularak, kaynak-dinleyici mesafesi de tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması gereken bir kriter olarak önem kazanmaktadır. Özellikle tiyatro amaçlı hacimlerde icracının jest ve mimikleri de konuşmanın anlaşılabilirliği kadar ortaya konulan oyunun algılanmasını etkilediğinden, akustik konfor kadar dikkat edilmesi gereken bir husus olmaktadır. Kaynak-dinleyici uzaklığı tiyatro salonları için max 20 m olarak belirlenmiştir [3],

(Şekil 4.2). Tekel Sahnesinde bu uzaklık yaklaşık 18 m olarak karşımıza çıkmaktadır.




Şekil 4. 2 Farklı işlevler için kaynak-dinleyici max uzaklığı

Salonun boyutları da, salonun akustik performansını etkileyen unsurlardandır. Tasarım sürecinin ilk aşamasında salon boyutlarının belli kriterler dikkate alınarak belirlenmesi, salonun akustik kalitesini yükseltmek için ilk adım olacaktır.

Genel bir oran olarak salon yükseliği salon genişliğinin üçte biri ile üçte ikisi arasında olmalıdır. Çok yüksek tavanlı salonlarda salon hacmi artacağından uzun yansışım süresi elde edilmesine yol açacaktır. Bu durum da salonun işlevine göre optimum değer aralığında kalmayıp, salon akustik kalitesi açısından olumsuz bir durum haline dönüşebilir [2].

Tez çalışmasına konu Tekel Sahnesinde salon oranlarını incelemek gerekirse;

Salon boyutları;

H= 7,00 m, L= 11,30 m, W= 28,40 m

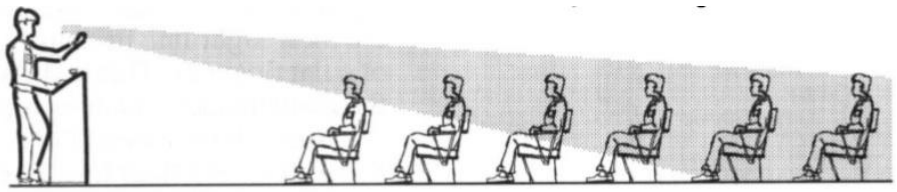
olmakta olup, yukarıdaki oran üzerinden değerlendirildiğinde, salon yüksekliği 3,76 m ile 7,53 m arasında olmalıdır. Mevcut salon yüksekliği bu aralıkta kalmaktadır, ancak 4.1.1. Salon Hacmi başlığında incelendiği üzere, salon hacmi tiyatro işlevi için belirlenen kişi başına düşen hacim açısından optimum değerlerden çok yüksektir. Tiyatro işlevi de göz önünde bulundurularak salon yüksekliğinin yukarıda hesaplanan aralıkta düşürülmesi, salon hacminin de azalmasına dolayısıyla yansışım süresinin de optimum değerlere ulaşmasına yardımcı olacaktır. Salon yüksekliğinin ve salon hacminin düşürülmesi ve ilk

yansımaların seyircilere dolaysız olarak ulaşması için uygun bir tavan tasarımı yapılması hem pratik hem de işlevsel bir çözüm olabilir.

### 4.1.3. Sahne Tasarımı

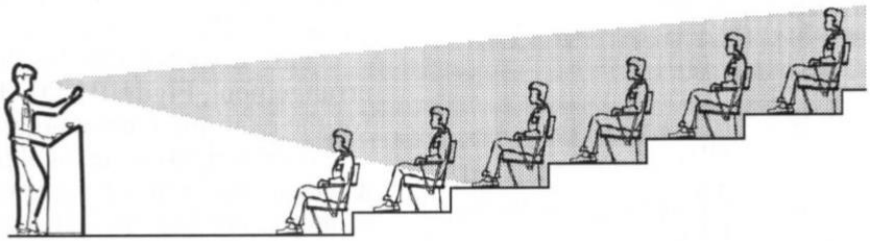
Dolaysız ses iletimi açısından olumlu olan bir diğer uygulama da kaynağın bulunduğu alanın yani sahnenin yükseltilmesidir. Tekel Sahnesinde sahne alanı, açık sahne olarak herhangi bir yükselti ve sınırlama getirilmeden düzenlenmiştir. Ayrıca sahne alanı, plan üzerinde çok büyük görünmesine rağmen, balkonlarla kısıtlanmıştır. Balkonların düzenlemesinin sahne düzeni açısından yeniden değerlendirilmesi ve sahnenin dolaysız ses iletimi açısından yükseltilmiş bir platform olarak önerilmesi yeni geliştirilecek tasarımda göz önünde bulundurulmalıdır.

Dolaysız sesin dinleyiciye daha kolay ulaşması için sahne tasarımında sahnenin yerden belli bir yükseklikte olmasının yararlı olacağı bilinmektedir. Ancak sahne yüksekliğinin de ilk sıradaki dinleyicilerin göz hizasından (1,05 m) fazla olmaması gerekmektedir [15]. Şekil 4.3.'de farklı sahne yükseklikleri ve dinleyici alanı ile dolaysız sesin iletimi bağlantısı görülmektedir. Ayrıca sahne üzerinde kullanılacak yansıtıcı yüzeylerle kaynaktan çıkan sesin ilk yansımalarla dinleyiciye ulaşması hedeflenir. İncelememize alınan salon, kapasite ve boyut açısından küçük bir salon olmasına rağmen sahne düzenlemesinin akustik parametrelere olumlu katkıda bulunacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

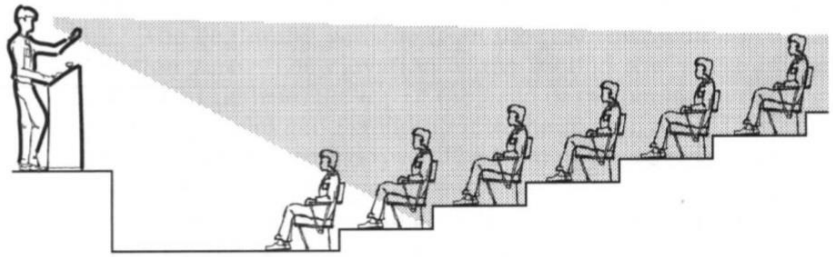


(a) Sahne yülseltisi yok – Düz döşeme

Şekil 4. 3 Sahne ve dinleyici alanının dolaysız sesin iletimine katkısı



(b) Sahne yükseltisi yok- Eğimli döşeme

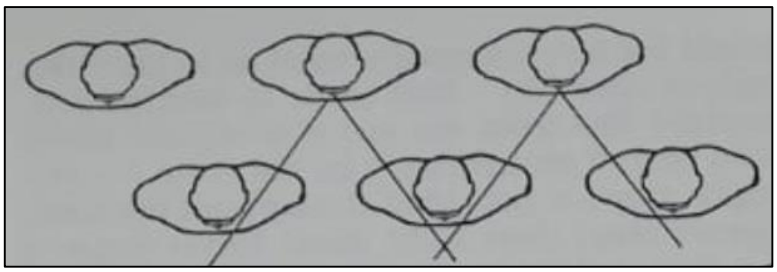


(c) Sahne yükseltisi var- Eğimli döşeme

Şekil 4. 3 Sahne ve dinleyici alanının dolaysız sesin iletimine katkısı (Devamı)

### 4.1.4. Dinleyici Alanı

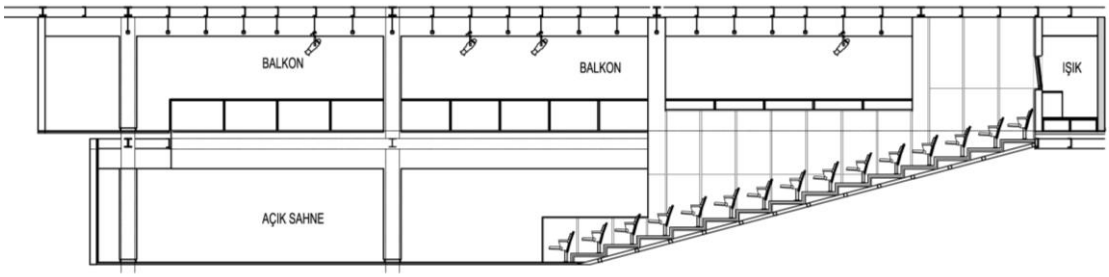
Kaynaktan çıkan dolaysız sesin yutucu özellikteki dinleyici alanından çok fazla yutulmadan arka sıralara ulaşabilmesi için, dinleyicileri amfi biçiminde ve şaşırtmalı olarak yerleştirilmeleri uygun olur (Şekil 4.4). Tekel Sahnesi salonunda, amfi biçiminde kademeli yerleştirme söz konusudur, ancak şaşırtmalı yerleşim yapılmamıştır. Ayrıca, salonun tam orta alanının, sirkülasyon alanı olarak ayrılması da akustik ve görsel açıdan en kıymetli olan bu alanın kaybına neden olmuştur.



Şekil 4. 4 Şaşırtmalı oturma düzeni

### 4.1.5. Balkonlar

Balkonlar, büyük salonlarda salon kapasitesini arttırmak için önerilen asılı alanlardır. Tekel Sahnesi'nde tam bir balkon tasarımı görülmemekte, ara kotta bulunan balkonlar dinleyici alanı üzerine denk gelmediğinden, balkon tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli kusurlardan biri olan akustik gölge gibi kusurlara yol açmamaktadır. Ancak salonun yan duvarları boyunda kesintisiz bir hat halinde düzenlenen balkonların sahne üzerine denk gelen kısmının sahne kullanımını kısıtladığı görülmektedir (Şekil 4.5).




Şekil 4. 5 Balkonların sahne ile ilişkisini gösteren salon kesiti

Balkonların kullanılmaması ve kullanılması halinde az bir kapasitesi olması durumu, balkonların sahne arka duvarına da devam etmesinin havalandırma kanallarını yerleştirmek için teknik bir ihtiyaç doğrultusunda yapıldığı fikrini güçlendirmektedir.

Kapasite arttırımı açısından incelendiğinde ise, balkonlara konulabilecek koltuk sayısının 10 kişi olduğu görülmüştür. Mevcut kullanımında balkonlara dinleyici alınmadığı görüldüğünden, balkonların kaldırılarak yeni tasarımda salonun bütün şekilde değerlendirilmesinin daha olumlu sonuç verebileceği düşünülmektedir.

### 4.1.6. Gereçler

Salon tasarım kriterlerinde akustik konforu en etkileyen parametrelerden biri de gereç seçimidir. Uygun gereç seçimleri ile akustik parametreler açısından uygun olmayan bir salonun optimum değerlere ulaşması sağlanabilir. Gereç seçimi salonun fiziksel ve akustik özelliklerine göre değişir ve birçok farklı alternatif bulunabilir.

Tekel Sahnesinde kullanılan gereçler incelendiğinde, bir renovasyon uygulaması olması nedeniyle kültür varlığı özelliğini etkileyen bazı yapı öğelerinin değiştirilemeyerek salon

tasarımında olduğu gibi kullanıldığı görülmektedir. Salonun yan duvarları kültür varlığı yapıya ait taşıyıcı yığma taş duvarlardır. Yapının özgün durumuna ait taş duvarlar olduğu gibi kullanılarak, mimari ve akustik gereksinimler doğrultusunda bölücü duvarlar ve farklı yüzey gereçleri tercih edilmiştir (Şekil 4.6).

Balkonlar, çelik taşıyıcılar üzerinde tesfiye şapı ve epoksi döşeme olarak düzenlenmiştir. Balkonların altında alçıpan kaplama ile yaklaşık 1 m'lik bir boşluk oluşturularak havalandırma kanallarının geçişi buradan sağlanmıştır. Balkon altlarında havalandırma kanallarına ait menfezler bulunmaktadır.



Şekil 4. 6 Balkon üzerinden dinleyici alanına bakış

Dinleyici alanı döşemesi bütünüyle halı kaplı, koltuklar ise kumaş kaplı ahşap malzemelidir. Salonun tam dolu olmadığı durumlarda kumaş kaplı koltuk bulunması, insan yutuculuğuna benzer şekilde çalışarak salonun dolu durumundakine benzer sonuç elde edilmesini sağlayacağından uygun bir tercihtir.

Dinleyici alanının arkasında bulunan ses ve ışık odalarının salona bakan kısmında alüminyum doğramalı, eğimli çift camlı açıklıkları bulunmaktadır. Dinleyici alanı ile teknik odalar arasındaki duvarlar ise alçıpan bölücü duvar şeklinde düzenlenmiş olup, salona bakan kısmındaki duvar yüzeyleri delikli ahşap akustik panel kaplamadır.

Dinleyici alanının yan duvarları da kademeli şekilde yükselen delikli ahşap akustik panel kaplamadır. Bu kaplama yüzeyi, balkonlarda balkon korkuluğu olarak da

kullanılmaktadır. Dinleyici alanının bittiği yerden sonrasında ise balkonlarda demir korkuluk bulunmaktadır.

Dinleyici alanının arka ve yan kısımlarında kullanılan, delikli ahşap kaplama paneller özellikle yüksek frekanslarda yüksek yutuculuk değerlerine sahiptir.

Sahne döşeme kaplaması tasfiye şapı üzerine epoksi kaplamadır. Sahne yan duvarları özgün yığma taş duvar olup, sahne arka duvarı, kulise ayrılan alan nedeniyle yeni bir alçıpan duvar olarak düzenlenmiştir. Sahne üzerinde özel bir yansıtıcı tavan düzenlemesi bulunmamaktadır.

Salonun tavanında, yapının taşıyıcı konstrüksiyonuna ait çelik kirişler açık durumdadır. Çelik kirişlerin hemen altında aydınlatma elemanlarının asılabilmesi için çelik kirişlerle ek bir konstrüksiyon oluşturulmuştur. Konstrüksiyon üzerinde yer yer açıklıkları bulunan metal delikli bir tavan bulunmaktadır.

Tekel Sahnesinde kullanılan gereçler Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 2 Tekel Sahnesinde kullanılan gereçler ve alan ölçüleri

| Eleman | Gereç | Alan ($m^2$) |
|---|---|---|
| Sahne döşemesi | Beton üzeri epoksi kaplama | 150 |
| Tavan | Beton plak | 305 |
| | Çelik taşıyıcı altında metal delikli tavan (delik çapı 3-5 cm) | 203 |
| Dinleyici alanı | Kumaş kaplı ahşap koltuk | 92,4 |
| Merdiven ve koridor döşeme kaplaması | Halı kaplama | 26,5 |
| Teknik hacim doğrama | Alüminyum doğrama | 1,1 |
| Teknik hacim cam | Çift cam | 5,8 |
| Kapılar | Ahşap kapı | 10,9 |
| Yan duvarlar | Kabayonu yığma taş duvar - sıvasız (130 cm) | 256 |
| Sahne arkası duvar | Alçıpan panel+ taşyünü | 73 |
| Dinleyici alanı arkası ve kısmen yan duvarlar | Delikli ahşap akustik panel | 140,6 |
| Dinleyici alanı yan duvarları | Ahşap panel kaplama | 65 |
| Taşıyıcılar | Çelik kolon | 36 |
| | Ahşap panel kaplamalı çelik kolon | 37,4 |
| | Çelik kiriş | 25,3 |
| Balkon döşeme | Beton plak üzeri epoksi kaplama | 101,9 |
| Balkon altı ve yan parapet - Balkon üstü tavan | Boyalı kontraplak kaplama | 260,6 |

# BÖLÜM 5

# ÜSKÜDAR TEKEL SAHNESİNİN AKUSTİK PARAMETRELER AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Salonun akustik durumu, öznel ve nesnel değerlendirme yöntemlerine başvurarak incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Öznel değerlendirme yöntemi olarak anket seçilirken, nesnel değerlendirme yönteminde modelleme ile simülasyon yöntemine başvurulmuştur.

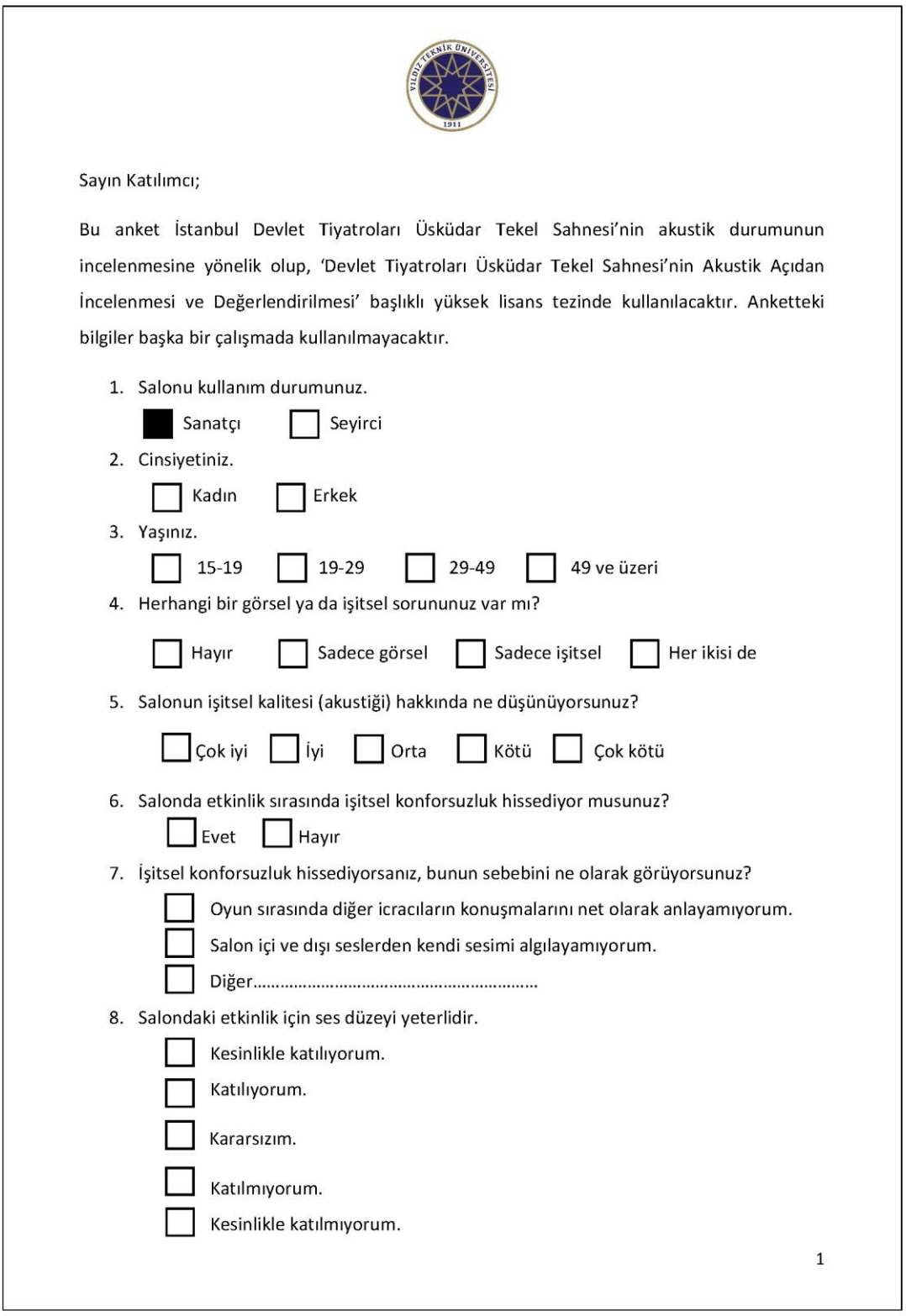
Akustik parametrelerin yanında, salonu kullanan dinleyicilerin ve icracıların etkinlik sırasındaki izlenimleri de değerlendirme açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, nesnel değerlendirmenin yanında, öznel değerlendirme de yapılmıştır.

## 5.1. Öznel Değerlendirme

Öznel değerlendirme yöntemi olarak kullanıcı ve icracıların salon hakkındaki görüşlerinin değerlendirilebilmesi amacıyla anket yöntemi tercih edilmiştir. Tiyatro etkinliği sırasında salonda bulunan dinleyici ve icracılara anket yöntemi ile değerlendirmeleri istenmiş ve anket sonuçları değerlendirmeye alınmıştır.

### 5.1.1. Anket Sorularının Belirlenmesi

Anketler açık uçlu ve çoktan seçmeli sorulardan oluşmaktadır. Sanatçı ve dinleyiciler için hazırlanan anket soruları Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de görülmektedir.



Sayın Katılımcı;

Bu anket İstanbul Devlet Tiyatroları Üsküdar Tekel Sahnesi'nin akustik durumunun incelenmesine yönelik olup, 'Devlet Tiyatroları Üsküdar Tekel Sahnesi'nin Akustik Açıdan İncelenmesi ve Değerlendirilmesi' başlıklı yüksek lisans tezinde kullanılacaktır. Anketteki bilgiler başka bir çalışmada kullanılmayacaktır.

1. Salonu kullanım durumunuz.
   ■ Sanatçı ☐ Seyirci
2. Cinsiyetiniz.
   ☐ Kadın ☐ Erkek
3. Yaşınız.
   ☐ 15-19 ☐ 19-29 ☐ 29-49 ☐ 49 ve üzeri
4. Herhangi bir görsel ya da işitsel sorununuz var mı?
   ☐ Hayır ☐ Sadece görsel ☐ Sadece işitsel ☐ Her ikisi de
5. Salonun işitsel kalitesi (akustiği) hakkında ne düşünüyorsunuz?
   ☐ Çok iyi ☐ İyi ☐ Orta ☐ Kötü ☐ Çok kötü
6. Salonda etkinlik sırasında işitsel konforsuzluk hissediyor musunuz?
   ☐ Evet ☐ Hayır
7. İşitsel konforsuzluk hissediyorsanız, bunun sebebini ne olarak görüyorsunuz?
   ☐ Oyun sırasında diğer icracıların konuşmalarını net olarak anlayamıyorum.
   ☐ Salon içi ve dışı seslerden kendi sesimi algılayamıyorum.
   ☐ Diğer.....
8. Salondaki etkinlik için ses düzeyi yeterlidir.
   ☐ Kesinlikle katılıyorum.
   ☐ Katılıyorum.
   ☐ Kararsızım.
   ☐ Katılmıyorum.
   ☐ Kesinlikle katılmıyorum.

1

Şekil 5. 1 Sanatçılara uygulanan anket

9. Salonda yankı vb. akustik kusurlar olduğunu hissediyor musunuz?

(Yankı:Sesin bir yüzeye çarpıp geri dönmesiyle duyulan ikinci ses)

☐ Evet ☐ Hayır

10. Salonda görsel konforsuzluk hissediyor musunuz?

☐ Evet ☐ Hayır

Katılımınız için teşekkür ederim...

2

Şekil 5. 1 Sanatçılara uygulanan anket (devamı)

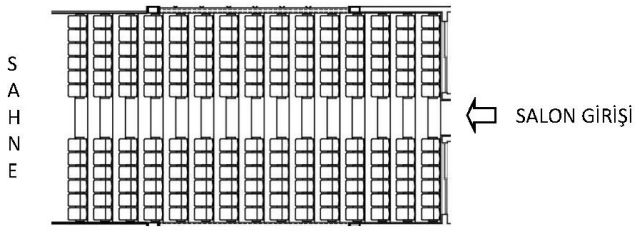
Sayın Katılımcı;

Bu anket İstanbul Devlet Tiyatroları Üsküdar Tekel Sahnesi'nin akustik durumunun incelenmesine yönelik olup, 'Devlet Tiyatroları Üsküdar Tekel Sahnesi'nin Akustik Açıdan İncelenmesi ve Değerlendirilmesi' başlıklı yüksek lisans tezinde kullanılacaktır. Anketteki bilgiler başka bir çalışmada kullanılmayacaktır.

1. Salonu kullanım durumunuz.

☐ Sanatçı ☐ Seyirci

2. Seyirci iseniz lütfen oturduğunuz koltuğu aşağıdaki şemaya işaretleyiniz.




3. Cinsiyetiniz.

☐ Kadın ☐ Erkek

4. Yaşınız.

☐ 15-19 ☐ 19-29 ☐ 29-49 ☐ 49 ve üzeri

5. Herhangi bir görsel ya da işitsel sorununuz var mı?

☐ Hayır ☐ Sadece görsel ☐ Sadece işitsel ☐ Her ikisi de

6. Bu salonu hangi sıklıkla kullanıyorsunuz?

☐ Ayda 3 kereden fazla
☐ Ayda 1-3 kere
☐ 3 ayda 1 kere
☐ Yılda 1-2 kere
☐ İlk kez

1

Şekil 5. 2 Dinleyicilere uygulanan anket

7. Salonun işitsel kalitesi (akustiği) hakkında ne düşünüyorsunuz?

☐ Çok iyi ☐ İyi ☐ Orta ☐ Kötü ☐ Çok kötü

8. Salonda etkinlik sırasında işitsel konforsuzluk hissediyor musunuz? Evet

☐ ☐ Hayır

9. İşitsel konforsuzluk hissediyorsanız, bunun sebebini ne olarak görüyorsunuz?

☐ Konuşmacıyı duyamıyorum.
☐ Konuşmacıyı tam olarak anlayamıyorum.
☐ Salon içi ve dışı sesten rahatsız oluyorum.
☐ Diğer.....

10. Salondaki etkinlik için ses düzeyi yeterlidir.

☐ Kesinlikle katılıyorum.
☐ Katılıyorum.
☐ Kararsızım.
☐ Katılmıyorum.
☐ Kesinlikle katılmıyorum.

11. Konuşmacının anlaşılabilirliği yeterlidir.

☐ Kesinlikle katılıyorum.
☐ Katılıyorum.
☐ Kararsızım.
☐ Katılmıyorum.
☐ Kesinlikle katılmıyorum.

12. Salonda yankı vb. akustik kusurlar olduğunu hissediyor musunuz?

(Yankı:Sesin bir yüzeye çarpıp geri dönmesiyle duyulan ikinci ses)

☐ Evet ☐ Hayır

13. Salonda görsel konforsuzluk hissediyor musunuz?

☐ Evet ☐ Hayır

14. Salonda görsel konforsuzluk hissediyorsanız, bunun sebebini ne olarak görüyorsunuz?

☐ Konuşmacıyı tam göremiyorum.
☐ Konuşmacının jest ve mimiklerini göremiyorum.
☐ Diğer.....

Katılımınız için teşekkür ederim...

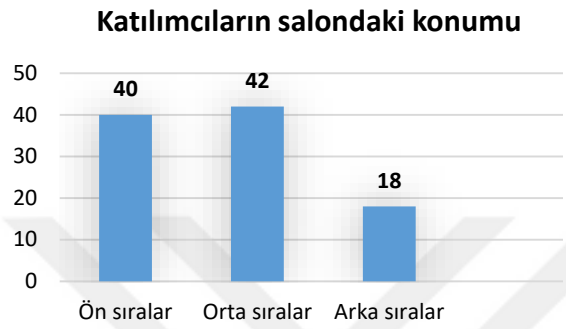
2

Şekil 5. 2 Dinleyicilere uygulanan anket (devamı)

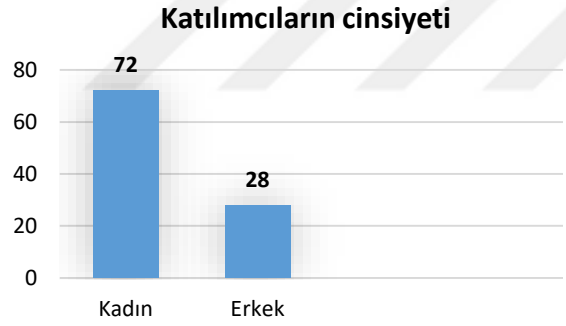
### 5.1.2. Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Anket çalışması Ekim 2018'de salonda gerçekleşen oyunlar sırasında dinleyicilere anket formları dağıtılarak yapılmıştır.

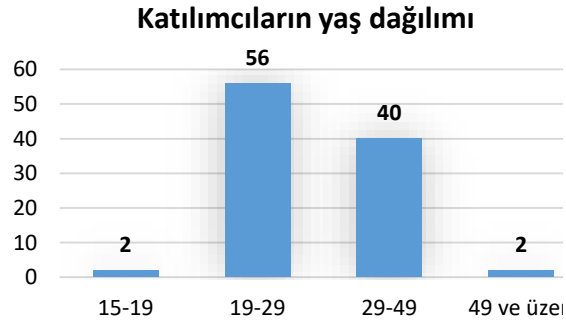
- Dinleyiciler için hazırlanan anket sonuçlarının değerlendirmesi aşağıda verilmiştir.




Anket sorularını cevaplayan dinleyicilerin %40'ı ön sıralarda, %42'si orta sıralarda, %18'i ise arka sıralarda etkinliği izlemişlerdir.



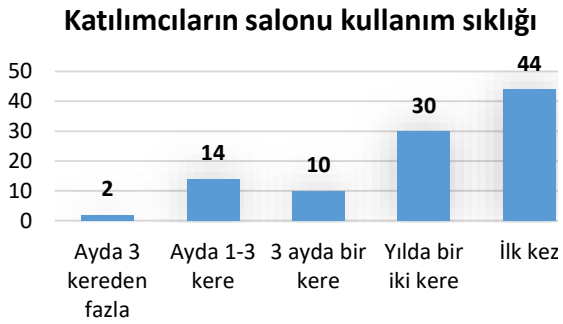

Anket katılımcılarının %28'i erkek, %72'si kadındır.




19-29 yaş aralığındaki katılımcıların yüzdesi %56 iken, 29-49 yaş aralığındaki katılımcıların yüzdesi %40'tır. 15-19 yaş arası ile 49 ve üzeri yaştaki katılımcılar %2'şerlik yüzdededirler.

Şekil 5. 3 Katılımcıların kişisel bilgilerine ilişkin anket sorularına alınan cevaplar

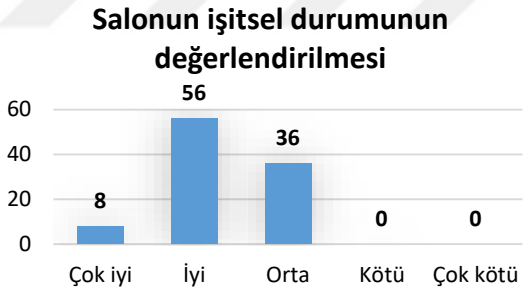
Katılımcıların %10'u sadece görsel soruna sahipken, geriye kalan %90'lık katılımcı yüzdesinin görsel ya da işitsel bir sorunu bulunmamaktadır.

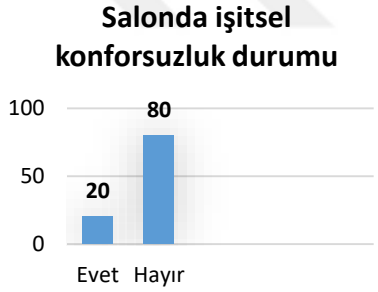



Katılımcıların salonu kullanım durumuna ilişkin sorulara alınan yanıtlar incelendiğinde, katılımcıların çoğunluğunun salonu ilk kez kullandıkları, büyük bir kısmının da yılda bir iki kere kullandığı görülmüştür.

Şekil 5. 4 Katılımcıların salonu kullanım durumuna ilişkin anket sorularına alınan cevaplar

Salonun akustik durumuna ilişkin alınan cevaplar incelendiğinde, katılımcıların salonun akustiğini olumsuz bulmadıkları anlaşılmaktadır. Salonun işitsel kalitesinin değerlendirilmesine yönelik (7) numaralı soruda, hiçbir katılımcı kötü ya da çok kötü yanıtını işaretlememiştir. Salonda işitsel konforsuzluk hissedilip hissedilmediğine yönelik (8) numaralı soruda ise katılımcıların %80'i 'hayır' yanıtını vermiştir.

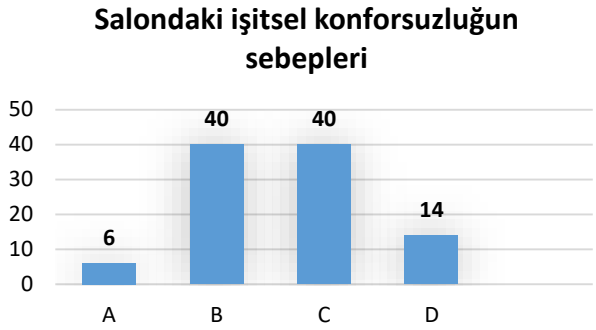



9. İşitsel konforsuzluk hissediyorsanız, bunun sebebini ne olarak görüyorsunuz?

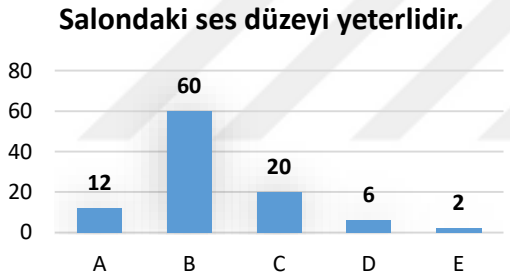
A ] Konuşmacıyı duyamıyorum.
B ] Konuşmacıyı tam olarak anlayamıyorum.
C ] Salon içi ve dışı sesten rahatsız oluyorum.
D ] Diğer.....

Şekil 5. 5 Salondaki işitsel konforsuzluğa ilişkin anket sorusu ve yanıtları



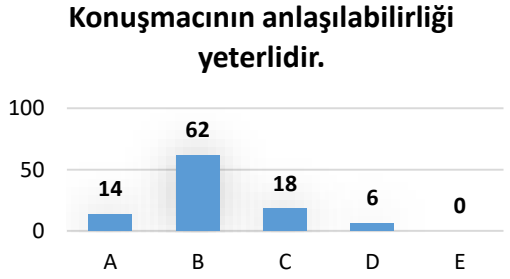

Şekil 5. 5 Salondaki işitsel konforsuzluğa ilişkin anket sorusu ve yanıtları (Devamı)

Salonda işitsel konforsuzluk olduğunu düşünen katılımcıların %40'arlık bölümü konuşmacıyı tam olarak anlayamadığını ve salon içi ve dışı seslerden rahatsız olduğu yanıtını vermiştir. %6'lık katılımcı bölümü ise konuşmacıyı duyamadığı yanıtını vermiştir. Konforsuzluğun farklı sebebi olduğunu düşünen %14'lük katılımcı kesimi ise salon şeklinin dikdörtgen olmasını olumsuzluk olarak belirtmiştir (Şekil 5.6).

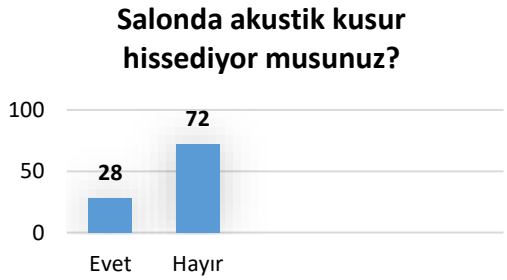



A:Kesinlike katılıyorum B:Katılıyorum C:Kararsızım D:Katılmıyorum E: Kesinlikle katılmıyorum

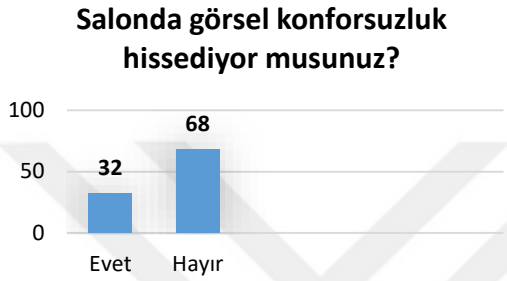
Salondaki ses düzeyinin yeterli olup olmadığına ilişkin (10) numaralı anket sorusuna, katılımcıların %12'si 'kesinlikle katılıyorum', %60'ı 'katılıyorum' yanıtını vermiştir. Toplamda %8'lik katılımcı kesimi ise salonda ses düzeyinin yetersiz olduğu yanıtını vermiştir.



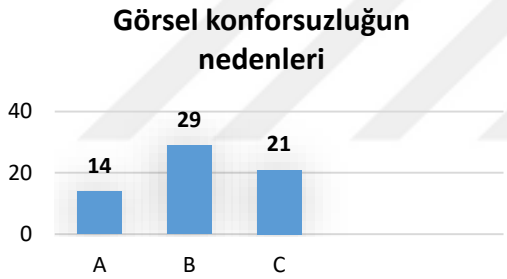

Konuşmacının anlaşılabilirliğine ilişkin (11) numaralı anket sorusuna, katılımcıların toplamda %76'lık bölümü kesinlikle katılıyorum/katılıyorum yanıtını vermiştir. Kullanıcıların büyük bölümü bu açıdan salonu yeterli görmektedir.




Anket katılımcılarının %72'lik bölümü, salonda akustik kusur (yankı vb) sorun bulunmadığı yönünde yanıt vermiştir.




Anket katılımcılarının %32'lik bölümü, salonda görsel konforsuzluk olduğu yönünde görüş vermiştir.



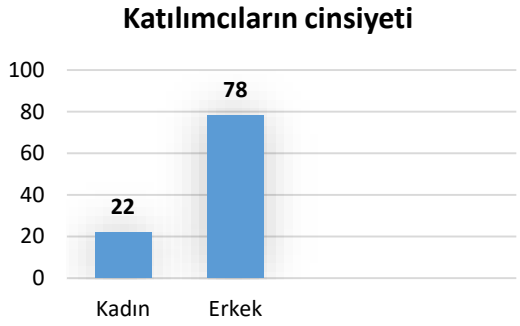

A:Konuşmacıyı tam olarak göremiyorum.
B:Konuşmacının jest ve mimiklerini göremiyorum.
C:Diğer

Salonda görsel konforsuzluk bulunduğuna dair görüş bildiren katılımcılardan toplamda %43'lük bölümü konuşmacıyı/konuşmacının mimiklerini göremediği yanıtını vermiştir. Diğer seçeneğini işaretleyen %21'lik bölümün ise sahnenin yükseltilmemiş olmasının olumsuz olduğu yönünde yanıt verdiği görülmüştür.

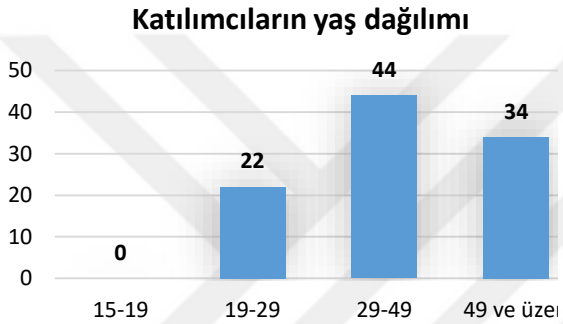
Şekil 5. 6 Salonun görsel ve akustik durumuna ilişkin anket soruları ve alınan yanıtlar

Genel bir değerlendirme yapıldığında; katılımcıların çoğunluğu salonun akustik ve görsel açıdan konforlu olduğu yanıtını verse de, katılımcıların %30 kadar bir bölümü, akustik ve görsel sorunlar olduğunu belirtmiştir. Ayrıca anket bazında yapılan değerlendirmede, olumsuz yanıt verenlerin büyük bir kısmının oturma alanının arka kısımlarında etkinliği izlediği görülmüştür.

- Salonu kullanan sanatçılara Ekim 2018'de yapılan anket çalışmasının değerlendirmesi aşağıda verilmiştir.

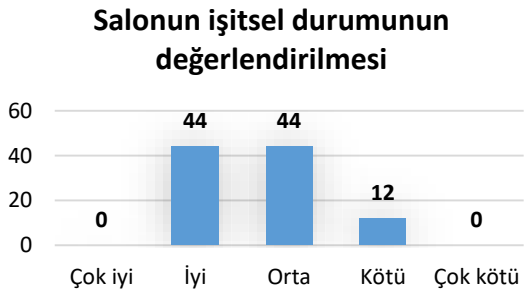



Anket 9 sanatçıya yapılabilmiş olup, sanatçıların 2'si kadın, 7 si erkektir.




Katılımcıların yaş dağılımı 29-49 yaş aralığı ağırlıklıdır. Katılımcıların hiç birinde görsel ya da işitsel bir sorun bulunmamaktadır.

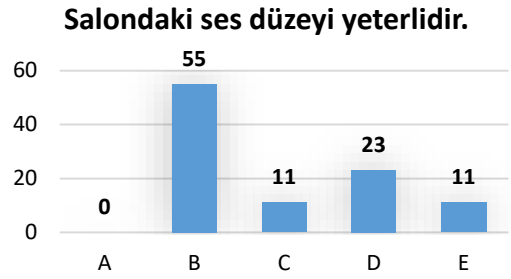
Şekil 5. 7 Sanatçılara yönelik anket çalışmasında kişisel bilgilere yönelik sorulara alınan yanıtlar

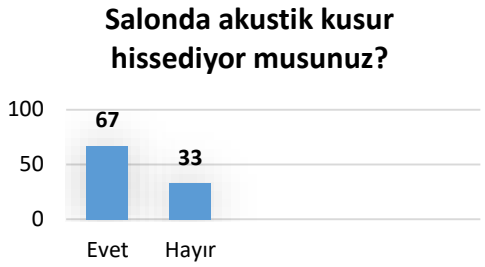



İcracıların salonun işitsel durumu hakkındaki görüşleri kötü bir akustik düzenlemeye sahip olmadığı, ancak zaman zaman dekor farkı nedeniyle sorunlar yaşayabildikleri yönünde olmuştur.

Şekil 5. 8 Sanatçılara yönelik anket çalışmasında salonun akustik durumuna ilişkin yanıtlar

Katılımcılardan, salonda işitsel konforsuzluk olduğu yanıtını verenlerin tamamının görüşü, salon içi ve dış seslerden kendi sesini algılayamadığı yönündedir.



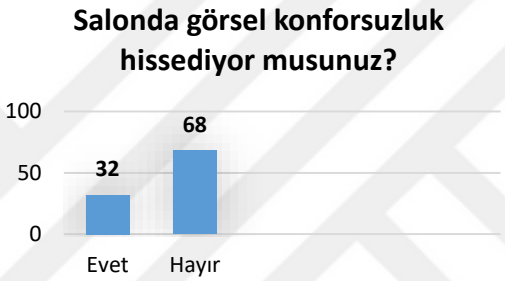




A:Kesinlike katılıyorum

B:Katılıyorum C:Kararsızım

D:Katılmıyorum

E:Kesinlikle katılmıyorum




Şekil 5. 9 Sanatçılara yönelik anket çalışmasında salonun akustik durumuna ilişkin yanıtlar

Katılımcıların, çoğunluğu salondaki ses düzeyinin yeterli olduğu yönünde cevap verirken, toplam %34'lük bölümü ise ses düzeyini yetersiz bulmaktadır. Katılımcıların %67'si salonda yankı gibi akustik kusurlar olduğu yanıtını vermiştir. Katılımcıların %68'i salonda görsel konforsuzluk olmadığı yanıtını verirken, görsel konforsuzluk yaşadığını belirten %32'lik bölümün bir kısmı balkonların düzenlemesi ile ilgili sorunlar yaşadıklarını belirmişlerdir (Şekil 5.9).

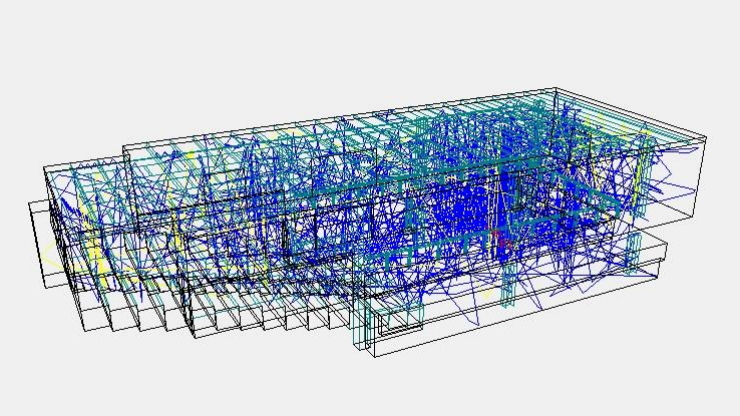
İcracılar açısından anket sonuçlarıyla ilgili genel bir değerlendirme yapıldığında, genel olarak salonun işitsel durumunun kötü bulunmadığı, ancak bazı icracıların salonla ilgili işitsel sorunlar yaşadığı, icracıların çoğunluğunun salonda yankı sorunu olduğunu düşündüğü görülmüştür.

## 5.2. Modelleme Yöntemi ile Salonun Akustik Analizi ve Değerlendirilmesi

Salonun akustik analizi ve değerlendirmesi için, modelleme yöntemi tercih edilmiştir. Modelleme yöntemi ile elde edilen sonuçlarla, anket sonuçlarının değerlendirmesi de genel bir değerlendirme olarak ele alınacaktır.

### 5.2.1. Modelleme Yöntemi ile İlgili Kararlar

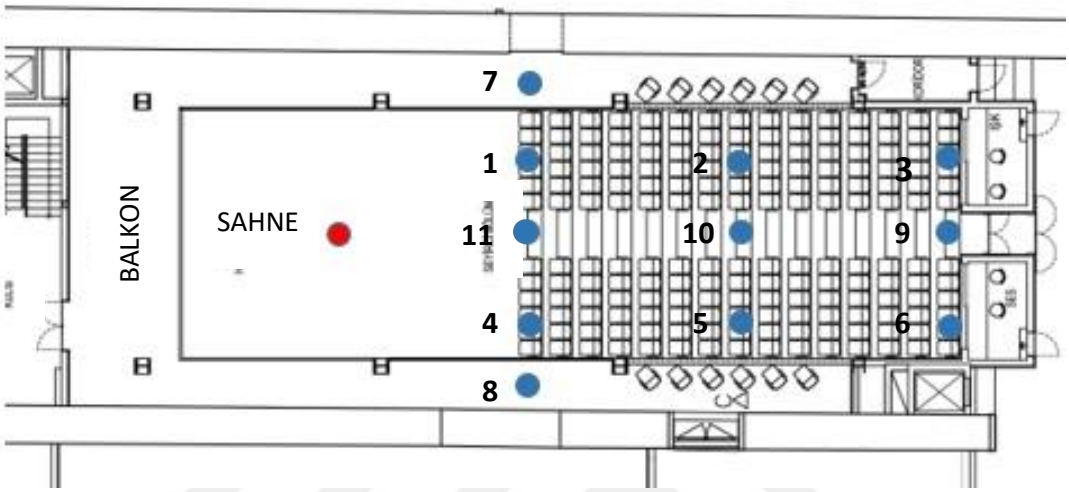
Salonun akustik açıdan değerlendirilmesinde, ODEON 9.22 Combined versiyonu kullanılmıştır. Sketch-up programında modellenen salon, programa aktarılmış ve öncelikle sızdırmazlık testi yapılmıştır (Şekil 5.3). Modellemenin ışın sızdırmadığı anlaşıldıktan sonra, salondaki malzemelerin özellikleri göz önüne alınarak Odeon programında malzeme atamaları yapılmış, ses kaynağı ve alıcılar yerleştirilerek hesaplama tamamlanmıştır. Modellemede salonun %80 dolu kullanım durumu göz önüne alınmıştır.



Şekil 5. 10 Odeon programında ışın sızdırmazlık testine ilişkin görsel

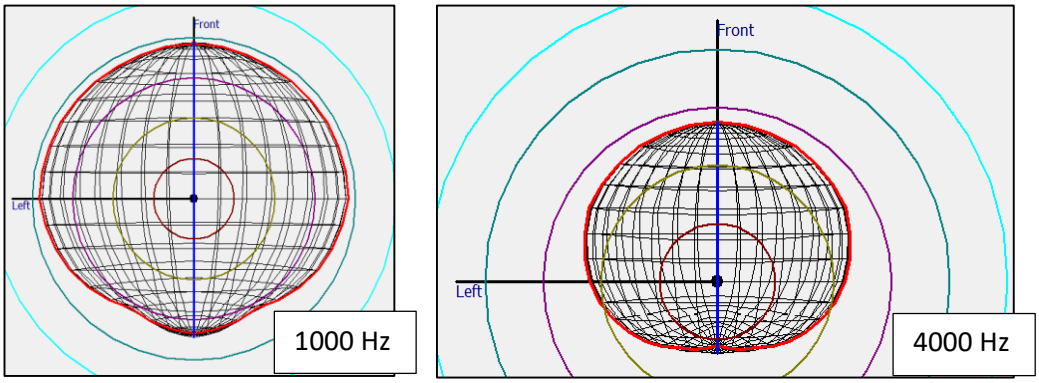
Bilgisayar modellemesinde değerlendirme, salonun tiyatro işlevi ile kullanılması nedeniyle; $T_{30}$, EDT, $D_{50}$, $C_{80}$, SPL ve STI hacim akustiği parametreleri üzerinden yapılmıştır.

Alıcı noktaları, salon simetrik bir form ve malzeme dağılımı gösterdiğinden dinleyici alanının bir kısmında oturma alanının ortasına, diğer dinleyici alanında ise duvara yakın konumlandırılmıştır. Salona yerleştirilen kaynak ve alıcı noktaları ile alıcı numaraları Şekil 5.11'de görülmektedir. Ses kaynağı olarak insan konuşmasının frekans dağılımına en yakın olan BB93_RAISED_NATURAL.SO8 kaynağı seçilmiştir (Şekil 5.12).



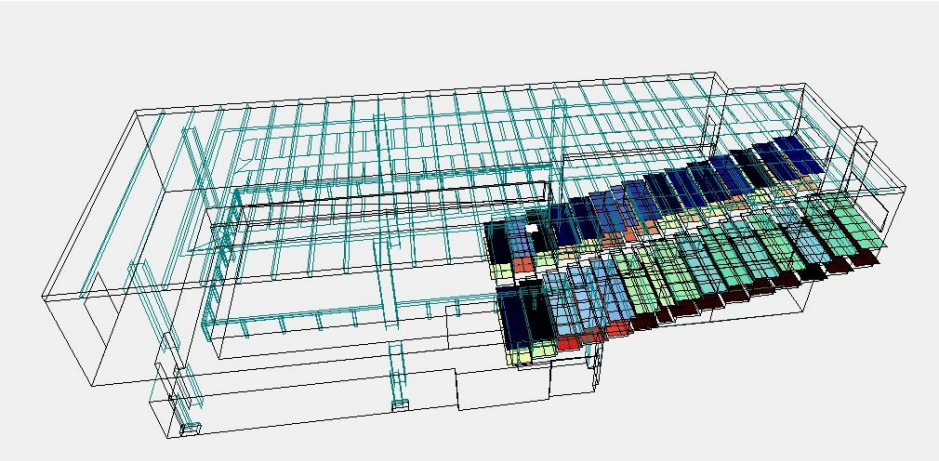

Şekil 5. 11 Modellemede salonda yerleştirilen alıcı ve ses kaynağının konumu

Noktasal ses kaynağı (78 dB)  Alıcılar




Şekil 5. 12 Ses kaynağının farklı frekanslardaki ses dağılımı

Ayrıca salonda dinleyici alanına grid alanı tanımlanarak grid hesabı da yapılmıştır (Şekil 5.13).



Şekil 5. 13 Dinleyici alanına tanımlanan grid alanına ilişkin görsel

Modellemede kullanılan malzemeler ve yutma çarpanları Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Modellemede, dinleyici alanının dağıtma çarpanı Odeon User's Manuel'de belirtildiği üzere 0,60 olarak belirlenmiştir. Kargir taş duvarın dağıtma çarpanı ise benzer malzeme dağıtma çarpanlarından yola çıkılarak, 0,10 olarak belirlenmiştir. Diğer bütün malzemelerin dağıtma çarpanı 0,05'tir.

Çizelge 5. 1 Modellemede seçilen gereçler ve yutma çarpanları

| Eleman | Gereç | Yutma çarpanı değerleri | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz |
| Sahne döşemesi | Beton üzeri epoksi kaplama | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| Balkon döşemesi | | | | | | | |
| Merdiven döşemesi | 6 mm halı kaplama | 0,03 | 0,09 | 0,25 | 0,31 | 0,33 | 0,44 |
| Sahne arkası duvar | 1,2 cm alçıpan duvar+plastik boya+5 cm taşyünü | 0,03 | 0,12 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,05 |
| Dinleyici alanı arkası duvar | Delikli ahşap akustik panel | 0,18 | 0,34 | 0,42 | 0,59 | 0,83 | 0,68 |
| Yan duvarlar | Yığma taş duvar | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| Dinleyici alanı yan duvarları | 16-22 cm ahşap panel | 0,25 | 0,15 | 0,1 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| Tavan | Betonarme döşeme | 0,01 | 0,01 | 0,015 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Balkon üzeri tavan kaplaması | 0,5 cm kontraplak kaplama+100 mm taşyünü | 0,28 | 0,14 | 0,09 | 0,06 | 0,05 | 0,05 |
| Metal asma tavan | Metal delikli tavan (delik çapı 3-5 cm) | 0,40 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,50 |
| Teknik hacim doğrama | Alüminyum doğrama | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Teknik hacim cam | 2-3 mm çift cam | 0,1 | 0,07 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| Dinleyici alanı %20 boş koltuk | Kumaş kaplı ahşap koltuk | 0,44 | 0,6 | 0,77 | 0,89 | 0,82 | 0,7 |
| Dinleyici alanı %80 dolu koltuk | Kumaş kaplı ahşap koltuk+ dinleyici | 0,62 | 0,72 | 0,8 | 0,83 | 0,84 | 0,85 |
| Taşıyıcı (kolon ve kiriş) | Çelik kolon ve kiriş | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Taşıyıcı (kolon üzeri kaplama) | Çelik kolon üzeri ahşap panel | 0,25 | 0,15 | 0,1 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| Balkon altı ve yanı kaplama | 1 cm kontraplak kaplama | 0,28 | 0,22 | 0,17 | 0,09 | 0,1 | 0,11 |

### 5.2.2. Modelleme Sonuçlarının Akustik Parametreler Açısından Değerlendirilmesi

Salon konuşma amaçlı kullanıldığından konuşma için önemli akustik parametreler ve zaman zaman müzik kullanımı olabileceği göz önünde bulundurularak müzikle ilişkili parametreler olan $T_{30}$, EDT, $D_{50}$, LF80, STI, SPL, $C_{80}$ açısından değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuçlar grid ve alıcı noktaları modelleme sonuçları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

### 5.2.2.1. Yansışım Süresi ($T_{30}$)

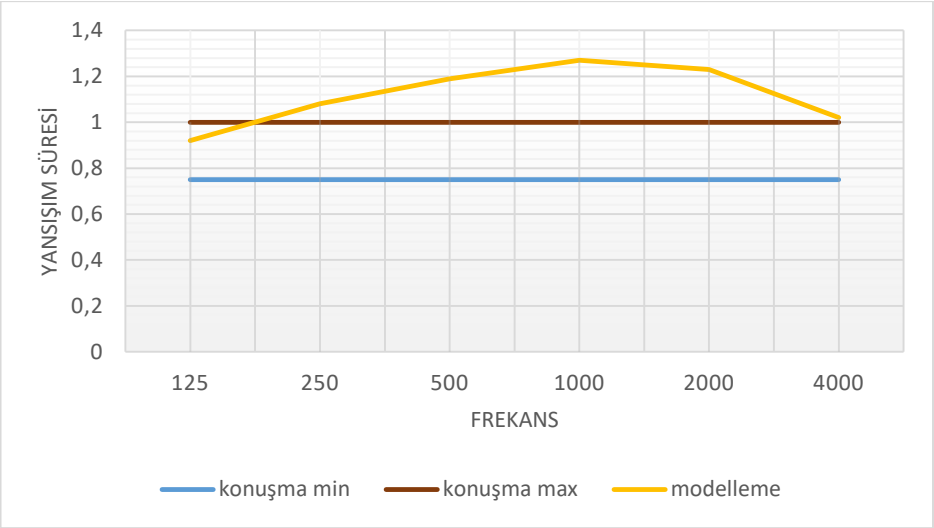
Modelleme sonucunda, değişik dinleyici noktaları için elde edilen $T_{30}$ değerlerinin ortalaması ile Şekil 2.2'de görülen grafikten konuşma amaçlı hacimler için belirlenen minimum, maksimum ve optimum $T_{30}$ değerleri Çizelge 5.2 ve Şekil 5.14'te verilmektedir. Çizelge 5.3'te ise alıcı noktalarına göre yansışım süresi dağılımı görülmektedir.

Çizelge 5. 2 Optimum ve modelleme sonucu $T_{30}$ değerleri

| $T_{30(sn)}$ | Hz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| $T_{30}$ konuşma min | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| $T_{30}$ konuşma max | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $T_{30}$ konuşma opt | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 |
| $T_{30}$ modelleme | 0,92 | 1,08 | 1,19 | 1,27 | 1,23 | 1,02 |

Çizelge 5. 3 Alıcı noktalarına göre modelleme sonucu $T_{30}$ değerleri

| $T_{30(sn)}$ | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| R1 | 0,84 | 1,05 | 1,16 | 1,21 | 1,18 | 1,06 | 1,08 |
| R2 | 0,95 | 1,03 | 1,14 | 1,19 | 1,20 | 1,00 | 1,08 |
| R3 | 0,96 | 1,09 | 1,20 | 1,26 | 1,15 | 0,99 | 1,10 |
| R4 | 0,91 | 1,07 | 1,15 | 1,30 | 1,25 | 1,00 | 1,11 |
| R5 | 1,04 | 1,07 | 1,14 | 1,27 | 1,25 | 1,06 | 1,13 |
| R6 | 1,04 | 1,27 | 1,40 | 1,45 | 1,24 | 1,05 | 1,24 |
| R7 | 0,85 | 0,97 | 1,12 | 1,20 | 1,22 | 0,98 | 1,05 |
| R8 | 0,86 | 1,22 | 1,27 | 1,39 | 1,36 | 1,04 | 1,19 |
| R9 | 0,91 | 1,07 | 1,23 | 1,27 | 1,22 | 0,97 | 1,11 |
| R10 | 0,94 | 1,05 | 1,15 | 1,23 | 1,25 | 1,05 | 1,11 |
| R11 | 0,86 | 1,04 | 1,12 | 1,21 | 1,16 | 1,01 | 1,06 |




Şekil 5. 14 Modelleme sonucu yansışım süresi grafiği

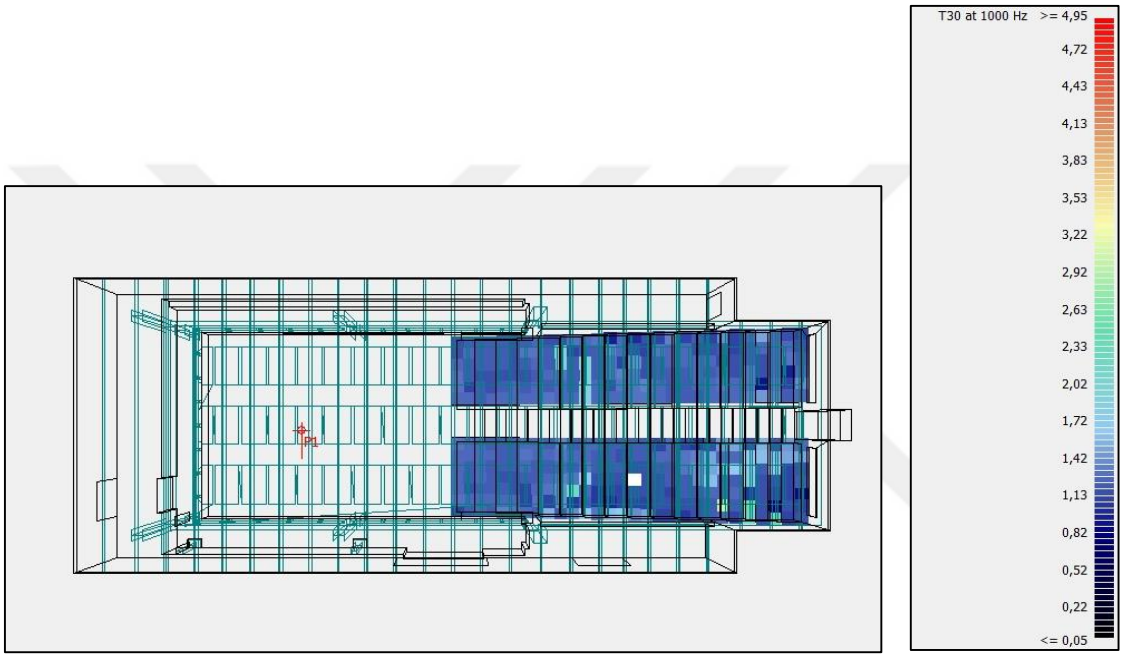
Mevcut salonun yansışım süresi değerlerine genel olarak bakıldığında 125 Hz hariç tüm frekanslarda optimum yansışım süresi değerlerinin üstünde değerler aldığı görülmektedir. Orta frekanslar (500 ve 1000 Hz) üzerinden değerlendirmek gerekirse, yansışım süresi değerlerinin konuşma için optimum yansışım süresi değerinin üstünde olduğu, bu doğrultuda salon yutuculuğunun arttırılması gerektiği söylenebilir. Salondaki alıcı noktalarına göre yansışım süresi (Çizelge 5.3) incelendiğinde, genel olarak tüm alıcı noktalarında 125 Hz hariç tüm frekanslarda maksimum yansışım süresinin üstünde değerler aldığı görülebilmektedir. Özellikle arka sıralarda orta frekanslarda yansışım süresinin 1,40 sn'ye kadar yükseldiği görülmektedir. Arka sıralarda yutuculuğun arttırılması hem salon genelinde hem de nokta bazında yansışım süresinin düşmesini sağlayabilir.

Çizelge 5. 4 Grid hesabı sonucu $T_{30}$ için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| **$T_{30}$ (sn)** | **Hz** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **125** | **250** | **500** | **1000** | **2000** | **4000** | **Ortalama** |
| $x_5$ | 0,68 | 0,80 | 0,90 | 0,96 | 0,94 | 0,81 | 0,85 |
| $X_{95}$ | 1,01 | 1,46 | 1,60 | 1,67 | 1,39 | 1,23 | 1,39 |
| $x_{95}$- $x_5$ | 0,33 | 0,66 | 0,70 | 0,73 | 0,42 | 0,42 | 0,54 |
| $x_{50}$ | 0,89 | 1,05 | 1,15 | 1,23 | 1,20 | 1,04 | 1,09 |

Yansışım süresine ilişkin grid hesabı sonuçlarına bakıldığında, Çizelge 5.4'te görülen $x_5$ değerlerinin ortalamasından, salonun %5'inde yansışım süresinin 0,85 sn'nin altında olduğu, $x_{95}$ değerlerinin ortalamasından ise salonun %95'inde yansışım süresinin 1,39

sn'nin üzerine çıkmadığı görülmektedir. Salon geneline ilişkin bilgi veren $x_{50}$ değerinin ise 1,09 sn olduğu görülmektedir. Orta frekanslarda salon genelinde yansışım süresinin ciddi şekilde yükseldiği görülmektedir. Salondaki sesin yayınıklığına ilişkin bilgi veren $x_{95}$-$x_5$ farkının ise 0,54 sn olduğu görülmektedir. Noktalar arasında çok ciddi yansışım süresi farkı bulunmamakla birlikte, tam yayınık ses alanı olmadığını söylemek yanlış olmayacaktır. Grid alanındaki ses dağılımını gösteren Şekil 5.15'de da görüldüğü üzere, arka sıralarda yansışım süresi değerleri en yüksek değerlere ulaşmaktadır.




Şekil 5. 15 Grid hesabı sonucu yansışım süresi dağılımı (1000 Hz)

### 5.2.2.2. Erken Düşme Süresi (EDT)

Erken düşme süresi, yansışım süresi ile bağlantılı bir parametredir. Ancak EDT ilk 10 dB'lik düşüşle ilgili olduğundan erken yansımalar önem kazanmaktadır. Kısa EDT sesin berraklığını sağlar [15], bu yüzden konuşma amaçlı salon için yansışım süresine yakın ya da daha kısa EDT değerleri daha uygundur.

Tekel Sahnesinde modelleme sonucunda farklı alıcı noktaları ve alıcı noktaları ortamalası olarak elde edilen EDT süreleri ile optimum değerler Çizelge 5.5, Çizelge 5.6 ve Şekil 5.16'da verilmektedir.

Çizelge 5. 5 Optimum EDT değerleri ile modelleme sonucu $T_{30}$ ve EDT değerleri

| $T_{30}$ - EDT (sn) | Hz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| $T_{30}$ modelleme | 0,92 | 1,08 | 1,19 | 1,27 | 1,23 | 1,02 |
| $T_{30}$ opt | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 |
| EDT modelleme | 0,94 | 1,06 | 1,13 | 1,20 | 1,23 | 1,06 |

Çizelge 5. 6 Alıcı noktalarına göre modelleme sonucu erken düşme süresi değerleri

| EDT(sn) | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| R1 | 0,89 | 0,92 | 1,03 | 1,12 | 1,18 | 1,04 | 1,03 |
| R2 | 0,91 | 1,16 | 1,24 | 1,28 | 1,20 | 1,13 | 1,15 |
| R3 | 1,02 | 1,12 | 1,25 | 1,31 | 1,38 | 1,05 | 1,38 |
| R4 | 0,94 | 0,97 | 1,08 | 1,22 | 1,19 | 1,12 | 1,06 |
| R5 | 0,88 | 1,14 | 1,13 | 1,25 | 1,21 | 1,06 | 1,11 |
| R6 | 0,92 | 1,01 | 1,07 | 1,16 | 1,14 | 0,97 | 1,04 |
| R7 | 1,23 | 1,38 | 1,42 | 1,48 | 1,56 | 1,36 | 1,40 |
| R8 | 0,70 | 0,86 | 0,91 | 1,02 | 0,99 | 0,78 | 0,83 |
| R9 | 1,05 | 1,01 | 1,08 | 1,01 | 1,15 | 1,04 | 1,05 |
| R10 | 0,87 | 0,98 | 1,06 | 1,08 | 1,18 | 0,99 | 1,02 |
| R11 | 0,98 | 1,15 | 1,18 | 1,22 | 1,31 | 1,16 | 1,16 |



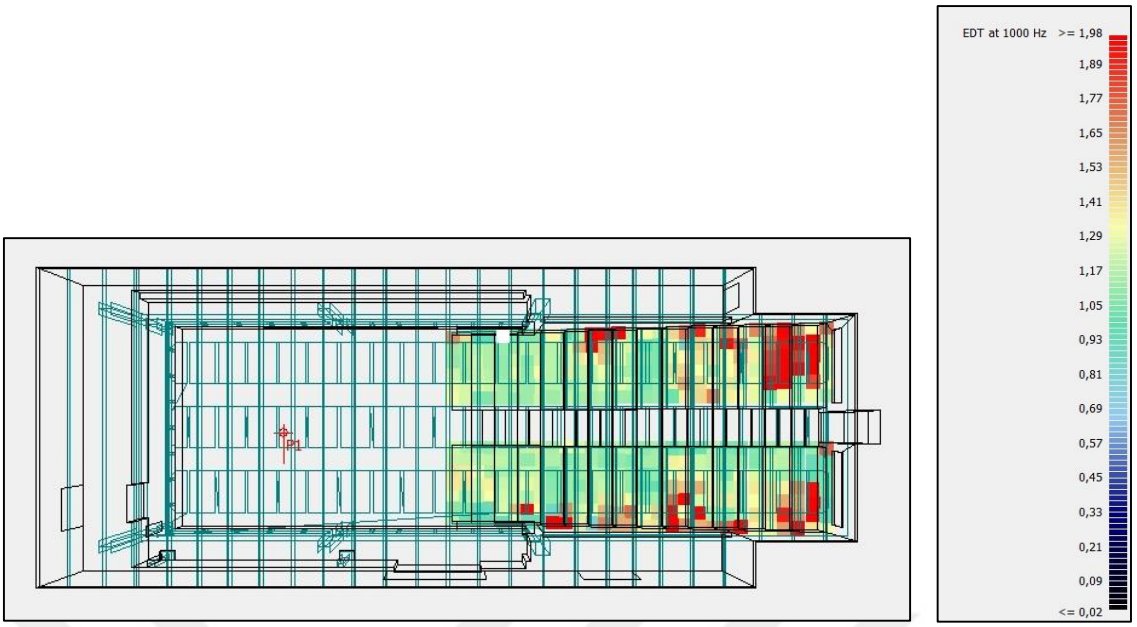

Şekil 5. 16 Modelleme sonucu erken düşme süresi grafiği

EDT ve $T_{30}$ değerleri incelendiğinde, erken düşme süresinde de sesin yansışım süresindekine benzer şekilde enerjisini kaybettiği görülmektedir. Yansışım süresinde olduğu gibi erken düşme süresi için de özellikle orta frekanslarda optimum değerlerin üstünde değerler aldığı, yutuculuğun arttırılması gerektiği söylenebilir.

Çizelge 5. 7 Grid hesabı sonucu EDT için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| EDT (sn) | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| $x_5$ | 0,65 | 0,80 | 0,86 | 0,92 | 0,88 | 0,79 | 0,82 |
| $X_{95}$ | 1,65 | 1,83 | 1,85 | 2,02 | 2,04 | 1,79 | 1,86 |
| $x_{95}$- $x_5$ | 1,00 | 0,97 | 0,99 | 1,10 | 1,16 | 1,00 | 1,03 |
| $x_{50}$ | 0,96 | 1,10 | 1,19 | 1,23 | 1,22 | 1,09 | 1,13 |

Grid hesabı sonuçları incelendiğinde, erken düşme süresi açısından salonun %5'inde 0,82 sn altında değerler aldığı, %95'inde 1,86 sn üzerine çıkmadığı, salon genelinde ise erken düşme süresinin ortalama 1,13 sn olduğu görülmektedir (Çizelge 5.7). Erken düşme süresi açısından salonun yayınık bir ses alanına sahip olduğunu söylemek mümkün değildir. Farklı frekanslarda salon içindeki noktaların erken düşme süresi açısından farkı 1 sn dolaylarındadır. Yansışım süresi ile erken düşme süresi arasındaki farklar değerlendirildiğinde, salonda sesin enerjisinin büyük bir kısmını yansışım olayının sonunda kaybettiği söylenebilir.




Şekil 5. 17 Grid hesabı sonucu erken düşme süresi dağılımı (1000 Hz)

Grid hesabı sonucu erken düşme süresi açısından dağılım Şekil 5.17'de görülmektedir.

Genel bir değerlendirme yapmak gerekirse, yansışım süresi ve erken düşme süresi değerlerinin optimum değerlerin üstünde olduğu, ancak küçük müdahalelerle optimum değerlere uygun hale gelebileceği düşünülmektedir. Sahne etrafı dışında, tavan ve dinleyici alanı etrafında yutuculuğu arttıracak gereç kullanımı optimum değerlere yaklaşmasına yardımcı olabilir.

### 5.2.2.3. Konuşmanın Anlaşılabilirliği ($D_{50}$)

Konuşmanın anlaşılabilirliği parametresi, özellikle bu salonun tiyatro amaçlı ve ağırlıklı olarak konuşma içerikli kullanılması nedeniyle önem kazanmaktadır. Konu başlığında da belirtildiği üzere ayırtedilebilirlik ($D_{50}$) değerlerinin %50 üzerinde değerler alması konuşmanın anlaşılabilirliği açısından uygun değerler olarak kabul edilmektedir. Modelleme sonucunda elde edilen $D_{50}$ değerleri Çizelge 5.8'te ve Şekil 5.18'de verilmektedir. Alıcı noktalarına göre $D_{50}$ değerleri Çizelge 5.9'da görülmektedir.

Çizelge 5. 8 Modelleme sonucu $D_{50}$ değerleri

| $D_{50}$ | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| | 0,55 | 0,51 | 0,49 | 0,49 | 0,45 | 0,49 | 0,49 |

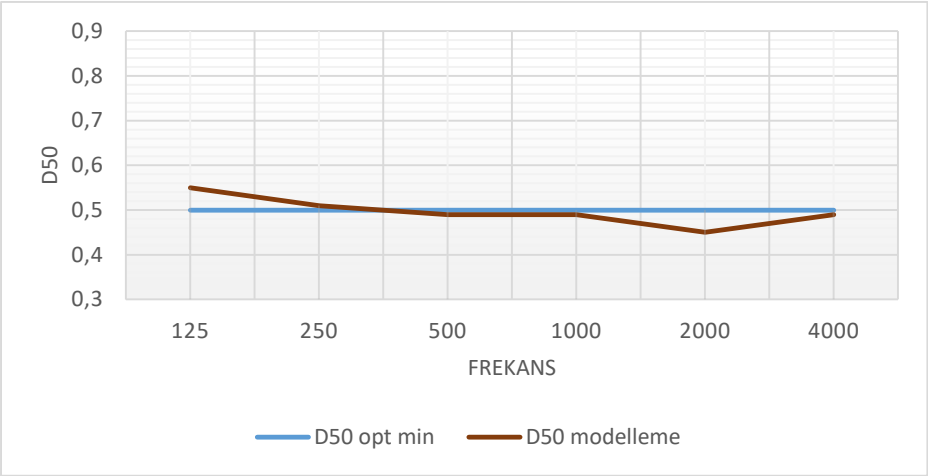
Çizelge 5. 9 Alıcı noktalarına göre modelleme sonucu $D_{50}$ değerleri

| $D_{50}$ | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| R1 | 0,42 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,34 | 0,34 | 0,38 |
| R2 | 0,52 | 0,45 | 0,42 | 0,43 | 0,36 | 0,38 | 0,42 |
| R3 | 0,57 | 0,53 | 0,51 | 0,52 | 0,46 | 0,52 | 0,51 |
| R4 | 0,59 | 0,56 | 0,50 | 0,48 | 0,46 | 0,50 | 0,51 |
| R5 | 0,53 | 0,49 | 0,48 | 0,46 | 0,42 | 0,49 | 0,47 |
| R6 | 0,53 | 0,52 | 0,49 | 0,52 | 0,49 | 0,51 | 0,51 |
| R7 | 0,43 | 0,38 | 0,34 | 0,30 | 0,34 | 0,36 | 0,36 |
| R8 | 0,68 | 0,62 | 0,61 | 0,55 | 0,59 | 0,67 | 0,62 |
| R9 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | 0,61 | 0,58 | 0,63 | 0,59 |
| R10 | 0,64 | 0,60 | 0,57 | 0,57 | 0,51 | 0,56 | 0,57 |
| R11 | 0,60 | 0,52 | 0,48 | 0,49 | 0,36 | 0,44 | 0,48 |

Salon genelindeki $D_{50}$ değerleri %50'ye yakın ve bazı frekanslarda %50'nin altında değerler almaktadır. Alıcı noktalarına göre $D_{50}$ değerleri incelendiğinde, 0,36-0,62 arasında değişen değerler aldığı, dinleyici alanının sol ön ve orta bölümü ile sol balkonda yer alan R1, R2 ve R7 alıcı noktalarında konuşmanın anlaşılabilirliğinin en düşük değerlerde olduğu görülmüştür.

Modelleme sonuçlarında ortalama değerlere bakıldığında, alçak frekanslarda değerlerin %50 sınırı üzerinde olduğu ancak %50'ye çok yakın değerler aldığı görülebilmektedir (Çizelge 5.8). Orta ve yüksek frekanslarda ise %50ye çok yakın ancak %50 altında değerler aldığı görülmektedir. Alçak frekanslardaki uzun yansışım süresi maskeleme özelliği nedeniyle diğer frekanslardaki seslerin algılanmasını da azaltmaktadır. Ayrıca tüm frekanslarda salonun maksimum yansışım değerlerinin üstünde değerler almasının da konuşmanın anlaşılabilirliğini azaltacağı açıktır. Küçük ölçekli bir salon olmasına rağmen, malzeme seçimleri ve mimari düzenlemelerdeki eksikler salonun asıl işlevi olan konuşma özelliğinin algılanmasını azaltmaktadır. İlk 50 ms'de dinleyiciye ulaşan sesin arttırılması konuşmanın anlaşılabilirliğini arttıracağından, mimarisinde yapılacak düzenlemelerle bu durumun çözülebileceği düşünülmektedir. Sahne üzerinde yansıtıcı

tavan uygulaması olmaması, sahnenin yükseltilmiş olmaması, sahne etrafındaki balkonlar sesin ulaşmasını olumsuz



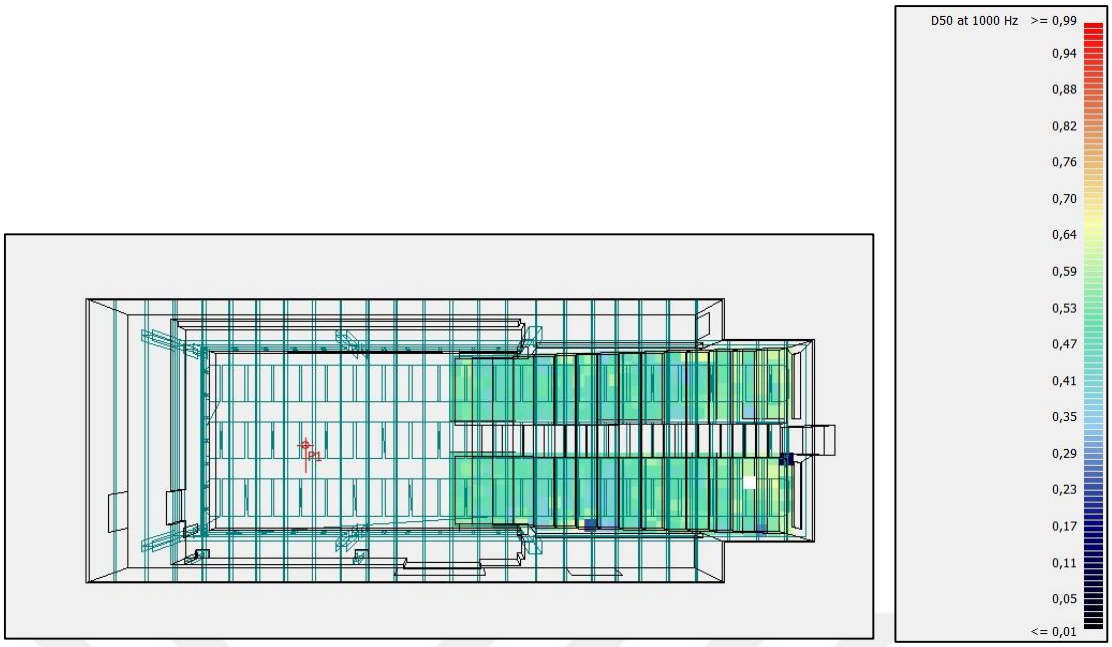

Şekil 5. 18 Modelleme sonucu $D_{50}$ Grafiği

Grid hesabı sonuçları incelendiğinde; salon genelini ifade eden $x_{50}$ değerlerinden, anlaşılabilirlik yüzdesinin %50 civarında olduğu görülmektedir (Çizelge 5.10). Salonun %5'inde anlaşılabilirlik yüzdesi %29'un altında iken, %95'inde %62'nin üzerine çıkmamaktadır.

Çizelge 5. 10 Grid hesabı sonucu $D_{50}$ için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| $D_{50}$ (%) | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| $x_5$ | 0,34 | 0,30 | 0,30 | 0,29 | 0,24 | 0,28 | 0,29 |
| $X_{95}$ | 0,68 | 0,62 | 0,61 | 0,60 | 0,59 | 0,64 | 0,62 |
| $x_{95}$- $x_5$ | 0,34 | 0,32 | 0,31 | 0,31 | 0,35 | 0,36 | 0,33 |
| $x_{50}$ | 0,57 | 0,52 | 0,49 | 0,49 | 0,44 | 0,50 | 0,50 |

Salonda yapılan grid hesabı sonucu $D_{50}$ dağılımını gösteren grafik Şekil 5.19'da verilmektedir.




Şekil 5. 19 Grid hesabı sonucu $D_{50}$ dağılımı (1000 Hz)

### 5.2.2.4. Netlik ($C_{80}$)

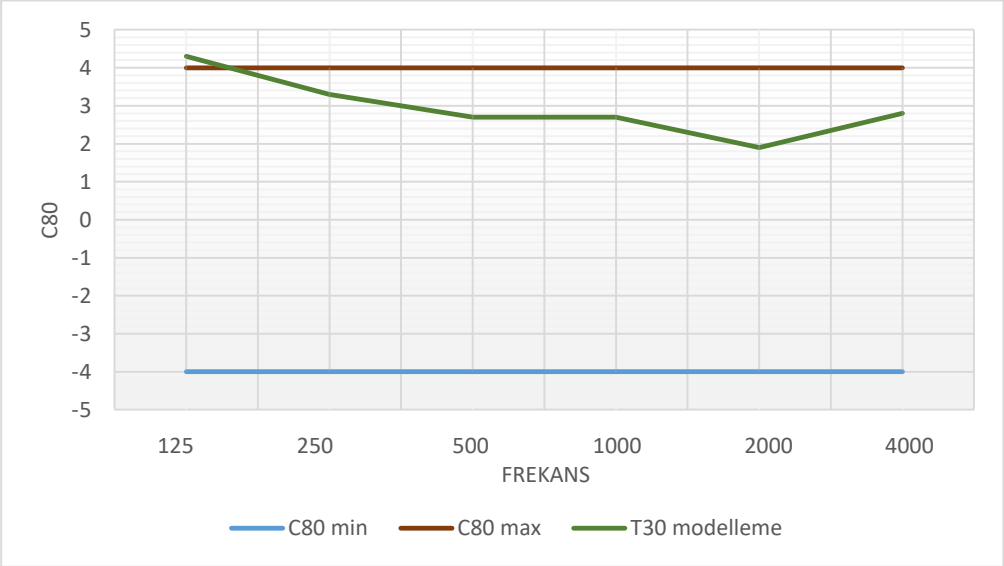
Tiyatro oyunları içerisinde zaman zaman müzik kullanımı göz önünde bulundurularak $C_{80}$ parametresi de değerlendirilmeye alınmıştır. Optimum değerler açısından farklı akustikçiler arasında farklı kabuller bulunmakta olup, Baranek'in önerisi üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Tekel sahnesi için $C_{80}$ modelleme sonuçları ve optimum $C_{80}$ değerleri Çizelge 5.11'de ve Şekil 5.20'de verilmiştir. Alıcı noktalarına göre $C_{80}$ değerleri Çizelge 5.12'de görülebilmektedir.

Çizelge 5. 11 Optimum ve modelleme sonucu $C_{80}$ değerleri

| $C_{80}$ | Hz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| $C_{80}$ modelleme | +4,3 | +3,3 | +2,7 | +2,7 | +1,9 | +2,8 |
| $C_{80}$ min | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 |
| $C_{80}$ max | +4 | +4 | +4 | +4 | +4 | +4 |

Çizelge 5. 12 Alıcı noktalarına göre modelleme sonucu $C_{80}$ değerleri

| $C_{80}$ | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| R1 | 0,7 | 0,7 | 1,3 | 1,5 | 0,2 | 0,4 | 1,70 |
| R2 | 3,9 | 2,6 | 1,9 | 1,9 | 0,8 | 1,3 | 2,06 |
| R3 | 4,1 | 3,4 | 2,7 | 3,0 | 1,9 | 2,9 | 3,00 |
| R4 | 4,7 | 4,4 | 2,7 | 2,6 | 1,8 | 2,3 | 3,08 |
| R5 | 4,2 | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 1,6 | 3,1 | 2,88 |
| R6 | 5,1 | 4,1 | 3,8 | 3,8 | 3,1 | 4,2 | 3,34 |
| R7 | 1,7 | 0,7 | 0,1 | -0,5 | -0,4 | 0,3 | 2,86 |
| R8 | 6,8 | 5,3 | 4,6 | 3,8 | 4,4 | 6,1 | 5,16 |
| R9 | 4,9 | 4,4 | 4,1 | 4,5 | 3,9 | 5,1 | 4,48 |
| R10 | 5,7 | 4,6 | 3,9 | 3,9 | 2,9 | 4,0 | 4,16 |
| R11 | 4,6 | 3,1 | 2,2 | 2,4 | 0,5 | 1,6 | 2,40 |



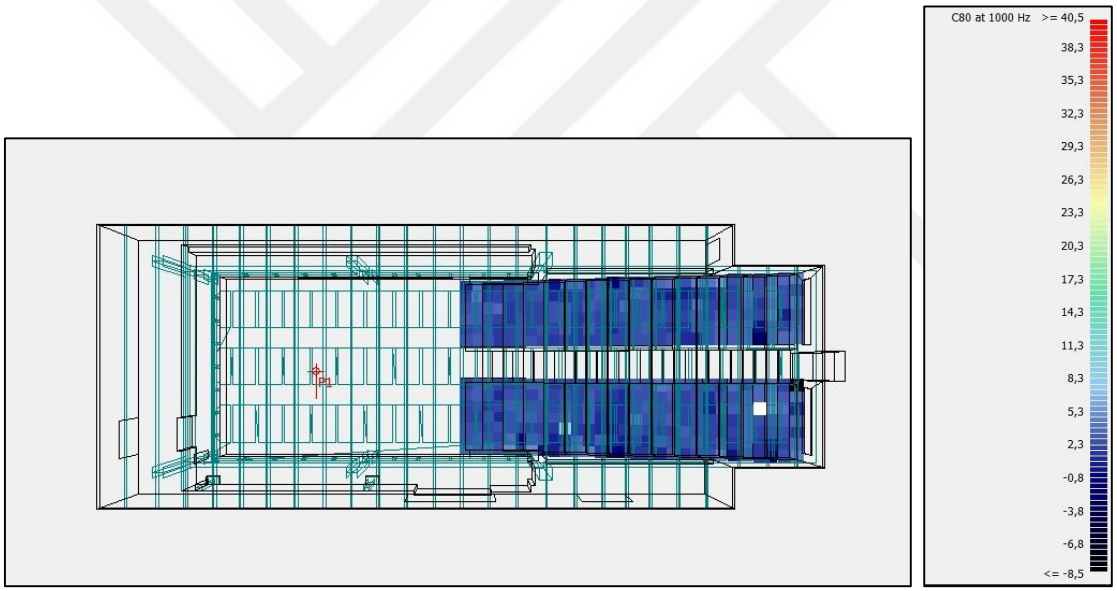

Şekil 5. 20 Modelleme sonucu $C_{80}$ Grafiği

125 Hz dışında netlik parametresi açısından salonun optimum değer aralığında kaldığı söylenebilir. Bunda salonun küçük ölçekte olması ve müzik açısından daha elverişli olan dikdörtgen formda olmasının etkisi olduğu söylenebilir.

Çizelge 5. 13 Grid hesabı sonucu $C_{80}$ için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| $C_{80}$ | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| $x_5$ | -0,5 | -0,7 | -1,7 | -1,8 | -1,0 | -1,5 | -1,0 |
| $X_{95}$ | 6,1 | 5,1 | 4,5 | 4,4 | 4,1 | 5,5 | 4,9 |
| $x_{50}$ | 4,3 | 3,1 | 2,4 | 2,5 | 1,9 | 2,8 | 2,8 |

Grid hesabı sonucunda salon genelinde $C_{80}$ değerleri ortalamasını veren $x_{50}$ değeri ortalamasının 2,8 olduğu ve netlik parametresi için uygun değer aralığında kaldığı görülmektedir (Çizelge 5.13). Grid hesabı sonucu dinleyici alanındaki $C_{80}$ dağılımı Şekil 5.21'de görülmektedir.




Şekil 5. 21 Grid hesabı sonucu $C_{80}$ dağılımı (1000 Hz)

### 5.2.2.5. Konuşma İletim Katsayısı (STI)

Konuşma İletim Katsayısı parametresi, konuşmanın anlaşılabilirliğine ilişkin önemli bir parametre olup, STI değerlerinin 0,6 ve üzerinde olması optimum değerler olarak kabul edilmektedir. Modelleme sonucu STI değerleri Çizelge 5.14'de, alıcı noktalarına göre STI değerleri Çizelge 5.15'te verilmiştir.

Çizelge 5. 14 Modelleme sonucu STI değerleri

| | |
|---|---|
| **STI min** | 0,50 |
| **STI max** | 0,63 |
| **STI ort** | 0,55 |

Çizelge 5. 15 Alıcı noktalarına göre modelleme sonucu STI değerleri

| **STI** | |
|---|---|
| R1 | 0,52 |
| R2 | 0,50 |
| R3 | 0,53 |
| R4 | 0,55 |
| R5 | 0,52 |
| R6 | 0,53 |
| R7 | 0,52 |
| R8 | 0,63 |
| R9 | 0,58 |
| R10 | 0,58 |
| R11 | 0,54 |

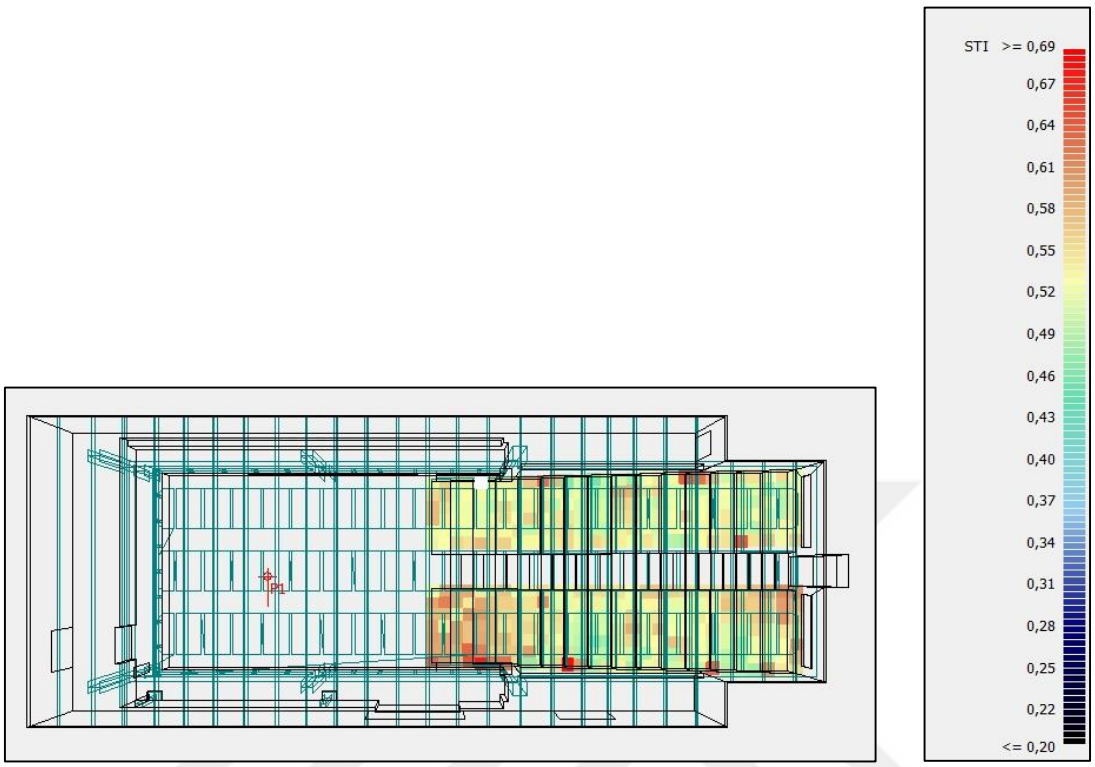
Tekel Sahnesi için STI değerlerinin kabul edilebilir düzeyin altında olduğu görülmektedir. Alıcı noktalarının maksimum değerde olanı 0,61 değerinde olup, STI parametresi açısından bu değer sınır değerdir (Çizelge 5.15). Diğer alıcı noktalarında ise 0,47 değerine kadar düşmektedir. Salonun konuşmanın anlaşılabilirliği açısından uygun olmadığı görülmektedir.

Çizelge 5. 16 Grid hesabı sonucu STI için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| **STI** | |
|---|---|
| $x_5$ | 0,48 |
| $x_{95}$ | 0,61 |
| $x_{95}$- $x_5$ | 0,13 |
| $x_{50}$ | 0,54 |

Grid hesabı sonuçlarına bakıldığında, salon genelini ifade eden $x_{50}$ değerinin 0,60 sınır değerinin altında olduğu, salonun %5'inde STI değerinin 0,48'in altında kaldığı, %95'inde ise sınır değere çok yakın olan 0,61'i geçmediği görülmüştür (Çizelge 5.16). Bu parametre konuşmanın anlaşılabilirliği açısından önemli olduğundan, değerlerin alt sınırdan ne kadar yüksek olursa konuşmanın anlaşılabilirliği artacaktır. Yeni salon tasarımında bu

durumun göz önüne alınması uygun olacaktır. Grid hesabı sonucu dağılımı gösteren grafik Şekil 5.22'de verilmektedir.




Şekil 5. 22 Grid hesabı sonucu STI dağılımı (1000 Hz)

### 5.2.2.6. Yanal Enerji Oranı (LF80)

Müzik için önemli olan LF80 parametresi de salonun tiyatro oyunları sırasında kısmen müzik de içermesi nedeniyle incelenmekte olup, modelleme sonucu elde edilen değerler Çizelge 5.17'de verilmiştir. Alıcı noktalarına göre LF80 değerleri Çizelge 5.18'de görülebilmektedir.

Çizelge 5. 17 Modelleme sonucu LF80 değerleri

| **LF80 modelleme** | **Hz** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **125** | **250** | **500** | **1000** | **2000** | **4000** |
| | 0,234 | 0,232 | 0,237 | 0,211 | 0,239 | 0,235 |

Çizelge 5. 18 Alıcı noktalarına göre modelleme sonucu LF80 değerleri

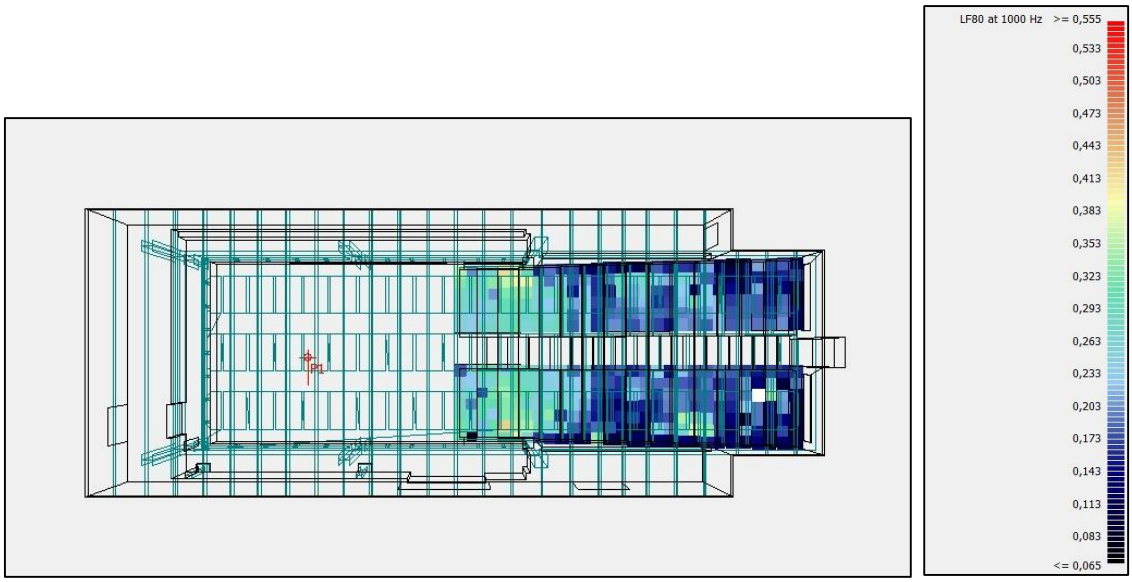
| LF80 | Hz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| R1 | 0,311 | 0,302 | 0,297 | 0,254 | 0,293 | 0,285 |
| R2 | 0,217 | 0,220 | 0,221 | 0,209 | 0,208 | 0,218 |
| R3 | 0,243 | 0,215 | 0,219 | 0,181 | 0,177 | 0,200 |
| R4 | 0,312 | 0,329 | 0,330 | 0,294 | 0,369 | 0,360 |
| R5 | 0,174 | 0,163 | 0,167 | 0,163 | 0,202 | 0,186 |
| R6 | 0,263 | 0,236 | 0,266 | 0,228 | 0,237 | 0,263 |
| R7 | 0,290 | 0,294 | 0,302 | 0,277 | 0,275 | 0,284 |
| R8 | 0,223 | 0,241 | 0,250 | 0,242 | 0,233 | 0,221 |
| R9 | 0,189 | 0,184 | 0,185 | 0,160 | 0,176 | 0,175 |
| R10 | 0,166 | 0,182 | 0,186 | 0,171 | 0,235 | 0,219 |
| R11 | 0,183 | 0,182 | 0,185 | 0,147 | 0,204 | 0,176 |

LF80 parametresi için, 4 orta frekans ortalama değerlerinin yaklaşık 0,2 olması optimum değerler olarak kabul edilir. Modelleme sonucu değerlere bakıldığında optimum değerlere yakın olduğu söylenebilir.

Grid hesabı sonuçlarında, salonun %5'lik bölümünde LF80 değerlerinin 0,101'in altında kaldığı, %95'inde ise 0,342'nin üzerinde değerler almadığı, salon genelinde ise ortalama 0,205 değerini aldığı görülmektedir (Çizelge 5.19). Salon genelini ifade eden $x_{50}$, 4 orta frekansın ortalaması ise yaklaşık 0,203'tür. Dinleyici alanında LF80 değeri dağılımı Şekil 5.23'te görülebilmektedir.

Çizelge 5. 19 Grid hesabı sonucu LF80 için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| LF80 | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| $x_5$ | 0,112 | 0,103 | 0,103 | 0,100 | 0,103 | 0,088 | 0,101 |
| $X_{95}$ | 0,330 | 0,341 | 0,339 | 0,313 | 0,371 | 0,360 | 0,342 |
| $x_{95}$- $x_5$ | 0,218 | 0,238 | 0,236 | 0,213 | 0,268 | 0,272 | 0,240 |
| $x_{50}$ | 0,208 | 0,206 | 0,206 | 0,187 | 0,214 | 0,209 | 0,205 |




Şekil 5. 23 Grid hesabı sonucu LF80 dağılımı (1000 Hz)

#### 5.2.2.7. Ses Basınç Düzeyi (SPL)

Ses basınç düzeyi uzaklıkla azalmaktadır. Salonda kaynağa en uzak noktadaki SPL değerleri bu açıdan çok önemlidir. Çizelge 5.20'de modelleme sonucunda elde edilen SPL değerleri verilmektedir. Alıcı noktalarına göre SPL değerleri ise Çizelge 5.21'de görülebilmektedir.

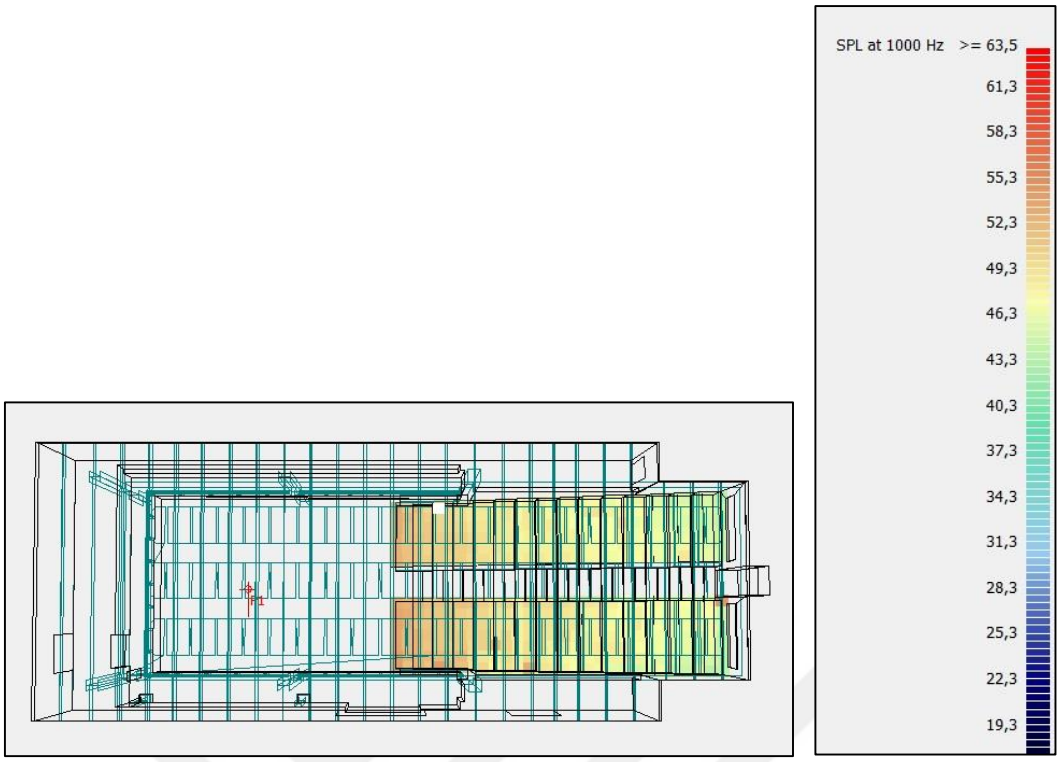
Çizelge 5. 20 Modelleme sonucu SPL değerleri

| SPL | Hz | | | | | | SPL(A) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| SPL min (dB) | 38,0 | 43,0 | 48,6 | 45,3 | 36,3 | 29,6 | 48,9 |
| SPL max (dB) | 45,5 | 52,1 | 58,1 | 54,5 | 46,8 | 40,1 | 58,3 |
| SPL ort (dB) | 41,9 | 47,2 | 52,7 | 49,6 | 41,2 | 34,2 | 53,2 |
| Fon gürültüsü (dB) | 44 | 36 | 29 | 25 | 22 | 20 | |

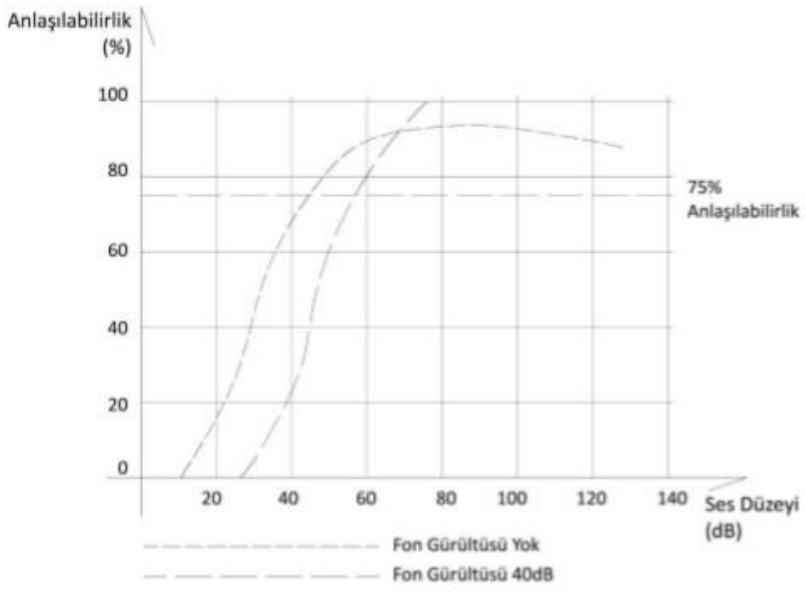
Çizelge 5. 21 Alıcı noktalarına göre modelleme sonucu SPL değerleri

| SPL (dB) | Hz | | | | | | SPL(A) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| R1 | 44,3 | 49,1 | 54,0 | 50,9 | 42,7 | 35,3 | 54,5 |
| R2 | 39,8 | 45,3 | 50,9 | 48,3 | 39,8 | 32,3 | 51,6 |
| R3 | 38,4 | 43,5 | 49,0 | 45,9 | 36,9 | 30,0 | 49,4 |
| R4 | 44,4 | 49,7 | 55,3 | 51,6 | 44,0 | 37,6 | 55,5 |
| R5 | 40,2 | 45,7 | 51,4 | 48,6 | 40,1 | 33,0 | 52,0 |
| R6 | 38,0 | 43,0 | 48,6 | 45,3 | 36,3 | 29,6 | 48,9 |
| R7 | 43,3 | 49,0 | 54,6 | 51,6 | 43,7 | 36,0 | 55,2 |
| R8 | 45,5 | 52,1 | 58,1 | 54,5 | 46,8 | 40,1 | 58,4 |
| R9 | 39,5 | 44,4 | 49,9 | 47,0 | 38,1 | 31,4 | 50,5 |
| R10 | 42,1 | 47,4 | 52,7 | 49,8 | 41,1 | 33,9 | 53,2 |
| R11 | 45,0 | 50,2 | 55,6 | 52,6 | 43,8 | 36,7 | 56,1 |

SPL değerlerinin, fon gürültüsünden 15 dB yüksek olması gerekmektedir [3]. Modelleme sonucu SPL değerleri değerlendirildiğinde, 125 ve 250 Hz için SPL değerinin kaynak-dinleyici arası mesafesinin en uzak olduğu arka sıralarda fon gürültüsünden düşük olduğu, diğer frekanslarda ise 15 dB'lik farkın sınır seviyesine yakın olduğu tespit edilmiştir. SPL uzaklıkla azalan bir değer olduğundan, salonun arka kısımlarında SPL değerlerinin azaldığı görülebilmektedir (Şekil 5.24). SPL değerlerinin yükselmesi anlaşılabilirlik ile de direk ilişkili bir parametre olduğundan (Şekil 5.25), konuşma amaçlı kullanılan salon için SPL değerlerinin olabildiğince yükseltilmesi uygun olacaktır.




Şekil 5. 24 Grid hesabı sonucu SPL dağılımı (1000 Hz)




Şekil 5. 25 Anlaşılabilirlik- Ses düzeyi ilişkisi

Salondaki gürültü düzeyi, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde [16] belirtilen sınır değer olarak kabul edildiğinden, sağlıklı bir sonuç elde edilmesi ve sağlıklı bir yorum yapılabilmesi için salonda fon gürültüsü ölçümü yapılması uygun olacaktır.

### 5.3. Genel Değerlendirme

Akustik parametrelerin tamamına ilişkin, orta frekanslardaki değerleri ile optimum değerleri Çizelge 5.22'de verilmektedir.

Çizelge 5. 22 Orta frekanslar için modelleme sonucu akustik parametre değerleri

| Akustik parametre | Optimum değer (500 Hz) | Optimum değer (1000 Hz) | Modelleme 500 Hz | Modelleme 1000 Hz |
|---|---|---|---|---|
| $T_{30}$ | 0,88 | 0,88 | 1,20 | 1,28 |
| EDT | 0,88 | 0,88 | 1,14 | 1,21 |
| $D_{50}$ | %50 ve üzeri | | 0,49 | 0,48 |
| $C_{80}$ | -4,0 / +4,0 | | +2,9 | +2,6 |
| STI | 0,6 ve üzeri | | 0,57 | |
| LF80 | 0,200 | | 0,237 | 0,211 |

Akustik parametreler açısından orta frekanslarda değerlendirme yapmak gerekirse, $T_{30}$ ve EDT'nin optimum değerlerden yüksek değerler aldığı, $D_{50}$ ve STI açısından sınır değerin altında kaldığı, $C_{80}$ açısından ise optimum değer aralığında kaldığı görülmektedir. Yansışım süresi ve erken düşme süresinin optimum aralığa yaklaştırılabilmesi için salon yutuculuğunun arttırılması uygun olacaktır. Yansışım süresi ve erken düşme süresinin uygun değer aralığına çekilmesi anlaşılabilirlik ve konuşma iletim endeksi değerlerini de etkileyecektir. Anlaşılabilirlik açısından salon tasarımı aşamasında dikkate alınmayan hacim/kişi sayısı oranı gibi kriterler de etkilidir. Yeni geliştirilecek salon tasarımında bu konular da göz önünde bulundurulmalıdır. Salon dikdörtgen formlu ve küçük hacimli bir salon olduğundan yanal enerji oranı ve netlik parametreleri istenen aralıkta kalmaktadır.

Yapılan anket çalışmasında katılımcıların arka sıralarda yer alanları işitsel açıdan salonla ilgili olumsuz cevaplar vermiş olup, modelleme sonuçları da bu durumu destekler niteliktedir. Yansışım süresi arka sıralarda en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Optimum değerlerin üstünde yansışım süresi, konuşma amaçlı salonlarda konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilgili sorunlar ortaya çıkarabilir. Ses basınç düzeyi de uzaklıkla

azaldığından, arka sıralarda en düşük değerlere ulaşmaktadır. Bu parametre de konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilişkili bir parametre olduğundan, salondaki işitsel konforun olumsuz olmasına yol açabilir.

# BÖLÜM 6

# ÜSKÜDAR TEKEL SAHNESİ İÇİN YENİ SALON TASARIMI ÖNERİSİ

Sahne ile ilgili simülasyon programı ile yapılan modelleme sonucunda optimum sınır değerlere yakın, bazı parametrelerde ise uygun olmayan sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Yapılacak ufak değişikliklerle salonun akustik parametrelerini optimum değerlere daha da yaklaştırmak elbette mümkündür. Ancak salon mimarisi incelendiğinde salondaki asıl problemin salondaki mimari tasarım hataları olduğu görülmektedir. Kültür varlığı bir yapının renovasyonu sonucunda tasarlanması nedeniyle salon formunda değişiklik yapılamayacağı açıktır. Ancak salon ana formu içinde önerilen mimari tasarım hem kullanım hem de kapasite açısından olumsuzluklar içermektedir. Akustik Açıdan Salon Tasarım Kriterleri başlıklı 4.1.Bölüm'de değinilen olumsuzluklar bu bölümde yeniden ele alınarak yeni bir salon tasarımı önerisi getirilmiştir.

## 6.1. Salon Tasarımı Önerisi Geliştirilmesi

Salon tasarım kriterleri bölümünde, kriter başlıklarında mevcut salon üzerinden yapılan değerlendirmede, salonla ilgili kusurların 3 temel başlıkta toplandığı görülmektedir. Bunlar; balkonların kaldırılması, sahne alanının yeniden değerlendirilmesi ve dinleyici alanının yeniden düzenlenmesi olarak sıralanabilir. Bu düzenlemelerin sonucu olarak, kapasite arttırımı, dolaysız sesin dinleyiciye daha kolay ulaşması ve akustik konforla birlikte görsel konforunda yükseltilmesi amaçlanmıştır.

Salondaki en büyük olumsuzluk, mevcutta da kullanıma açılmayan balkon bölümleridir.

Balkonlar, hem dinleyici alanı yan duvarlarında konumlanması nedeniyle ana dinleyici alanını, hem de sahne arka duvarında bulunan bölümü ile sahne alanını daraltmaktadır. Kullanıma açılsa bile yaklaşık 12 kişilik bir ek kapasite sağlayacağı göz önüne alındığında, yeni salon tasarımında balkonların kaldırılarak dinleyici alanının tüm salona yayılmasının kapasite açısından daha uygun olacağına karar verilmiştir. Kapasite arttırımı, hacim/dinleyici oranını da etkilemektedir. Kapasite arttırımı ile mevcutta tiyatro işlevi için optimum olan oranın çok üzerinde çıkan hacim/dinleyici oranı optimum değere yaklaştırabilecektir.

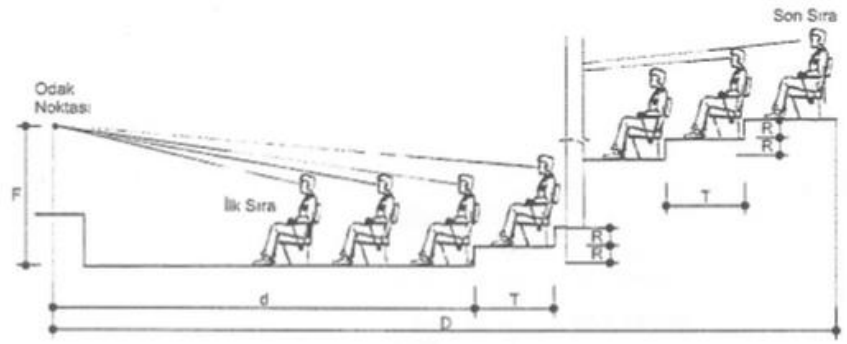
Salona giriş ve çıkışların dinleyici alanının dolaysız ışınlar açısından en verimli alanı olan orta alanından verilmesi de tasarım aşamasında dikkate alınacak bir konu olmalıdır. Balkonlar kaldırıldığında, dinleyici alanı taş duvarlar arasındaki boşluğa konumlanarak, dinleyici alanının ortasından değil iki yanından giriş çıkış koridorlarının oluşturulmasına imkan vermektedir. Ayrıca yeni oluşturulacak dinleyici alanında sıralardaki kişi sayısı artacağından sıraların iki yanından çıkış verilmesi daha uygun olacaktır.

4.1.3. Sahne tasarımı bölümünde de belirtildiği gibi, dolaysız sesin en kısa yolla bütün dinleyicilere ulaşabilmesi için sahnenin zeminden bir miktar yükseltilmesi uygundur. Mevcut salon tasarımında sahnede her hangi bir yükselti kullanılmamıştır. Yeni önerilen tasarımda bu husus dikkate alınarak akustik ve görsel açıdan en konforlu olabilecek sahne tasarımı önerilecektir. 4.1.3. Sahne tasarımı bölümünde sahnenin ilk sıradaki dinleyicinin göz hizasından fazla olmaması gerektiği belirtilmiştir. Bu doğrultuda, sahne zeminden 0,80 cm kadar yükseltilerek önerilmiştir. Sahne zemininde yansıtıcı özellikteki ahşap kaplama önerilmiştir.

Dolaysız sesin en kısa şekilde dinleyiciye ulaşması için bir diğer önemli kriter de, sahne zemininde olduğu gibi, sahne duvar ve tavanında da yansıtıcı malzeme kullanımıdır. Mevcut salon tasarımında sahne duvar ve tavanında özel bir önlem alınmamıştır. Salon tavanında aydınlatma elemanlarının asılabilmesi için delikli metal bir tavan çelik taşıyıcı kirişlerin altına asılmıştır. Delikli tavan uygulaması dalga boyları ve delik büyüklüğüne göre yutucu görev de üstlenebilir. Yapılan gözlemlerde delik çaplarının 3-5 cm dolaylarında olduğu tespit edilmiştir. Bu tür bir levha, yüksek frekanslardaki sesleri

yutma eğiliminde davranır. Sahne ve dinleyici alanına ilişkin değişiklikler yapıldıktan sonra, modelleme yöntemi akustik incelemesi yapılmış ve sahne üzerindeki tavan yeniden ele alınmıştır.

Balkonlar kaldırıldıktan ve sahne alanı düzenlendikten sonra kalan alanda dinleyici alanının konumlanması ele alınmıştır. Sahnenin yükseltilerek sınırlandırılması ve balkonların kaldırılmasıyla birlikte, dinleyici alanının konumu değişmiş olup, yeni bir eğim hesabı yapılması uygun görülmüştür. Şekil 6.1'de düzgün eğimli döşeme hesabına ilişkin formül ve çizim görülebilmektedir.




$$R = \frac{cD - T(F - E)}{d}$$

Şekil 6. 1 Düzgün eğimli döşeme hesabı

R: Rıht yüksekliği D: Son dinleyicinin odak noktasına uzaklığı

d: Düz döşeme derinliği F: Odak noktasının yerden yüksekliği

E: Gözün zemin seviyesinden yüksekliği (1,1 m)

c: Gözle kulak arasındaki mesafe (0,1 m) T: Dinleyici sıra alanı genişliği

Formüldeki mesafeler yeniden tasarlanacak alan içinde farklı değerler denenerek en uygun eğim hesaplanmaya çalışılmıştır. Buna göre konuşmacının sahnenin 2,00 m kadar içinde yer aldığı öngörülerek; son dinleyici ile odak noktası arasındaki uzaklık (D) 19,14 m, düz döşeme derinliği (d) 3,8 m, dinleyici sıra alanı genişliği (T) 0,95 m ve odak

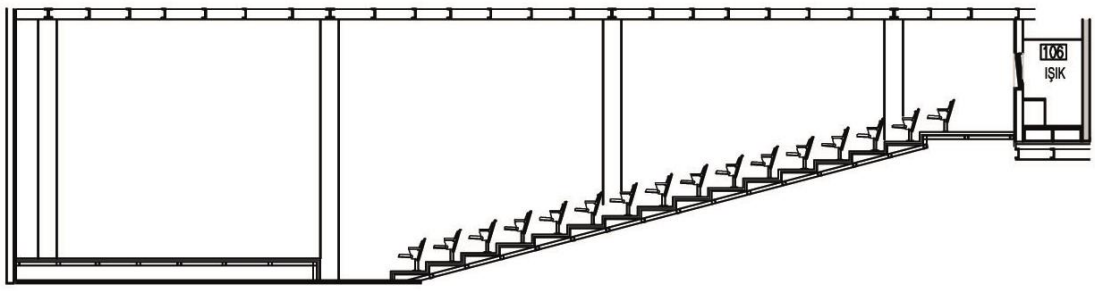
noktasının yerden yüksekliği (F) 2,1 m olarak belirlenmiştir.

Bu değerler üzerinden formüldeki hesap uygulandığında; rıht yüksekliği R=0,25 m olarak hesaplanmış olup, salon yükseklik ve derinliğine en uygun rıht yüksekliği ve eğiminin bu olacağı anlaşılmıştır.

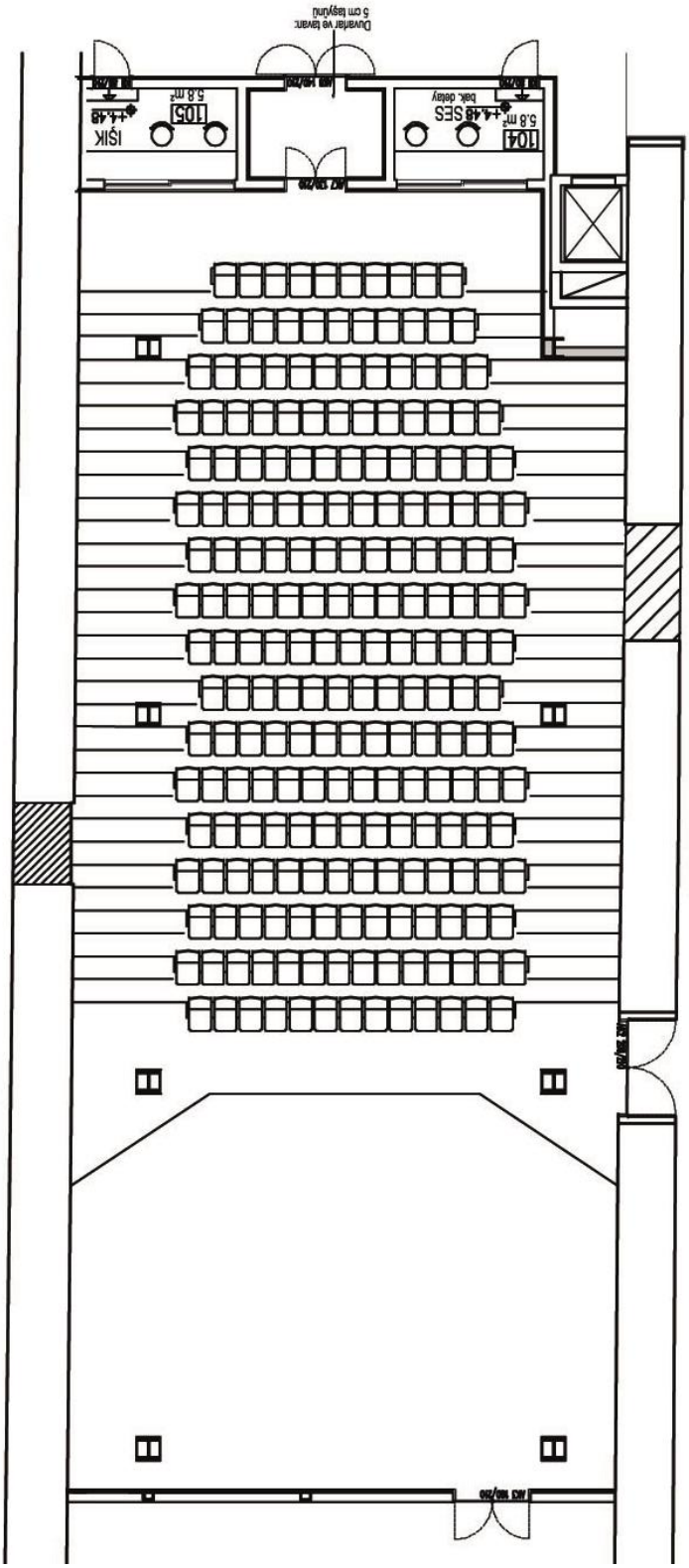
Öncelikle belirlenen rıht yüsekliği üzerinden dinleyici alanı kademelenmesi oluşturulmuştur. Bu kademelenme üzerinde, şaşırtmalı olarak dinleyici koltukları yerleştirilmiştir. Ayrıca salon içindeki balkonların da taşıyıcı olarak kullandığı çelik kolonlar yapının üst katında da devam ettiği ve taşıyıcı görevi üstlendiğinden kaldırılamamıştır. Oturma sıraları düzenlenirken mevcut kolonlar da dikkate alınmış, koltuk sıralarının iki yanında oluşturulan koridor ve merdivenlerde kolonların giriş çıkışları en az etkileyecek şekilde konumlanmasına dikkat edilmiştir.

Bu tasarım üzerinden dinleyici alanı yerleştirildiğinde, salon kapasitesinin 180 kişiden 229 kişiye yükseltilebildiği görülmüştür. Ayrıca daha önceki salon tasarımında şaşırtmalı olmayan oturma düzeni şaşırtmalı olarak düzenlenmiş olup, hem dolaysız sesin daha kolay ulaşması sağlanmış, hem de görsel konforun yükseltilmesi amaçlanmıştır.

Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'de öneri salon tasarımına ait plan ve kesit çizimleri verilmiştir.




Şekil 6. 2 Salon önerisi kesiti




Şekil 6. 3 Salon önerisi planı

## 6.2. Öneri Salonun Akustik Durumunun Akustik Modelleme Yöntemi ile Analizi ve Değerlendirilmesi

Tekel sahnesinde tespit edilen mimari sorunlarla ilgili geliştirilen salon tasarımı önerisinin salon tasarım kriterlerine uygunluğunun yanında, akustik parametreler açısından uygunluğu da akustik kalitesi açısından önemlidir. Mevcut durumunda olduğu gibi, öneri salonda da akustik açıdan uygunluğunun incelenmesi için modelleme yöntemi ile simülasyon yöntemi tercih edilmiştir.

### 6.2.1. Modelleme Yöntemi ile İlgili Kararlar

Yeni salon tasarımı bu hali ile Sketch-up programında 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Modelleme yöntemi ve kararları, 'Modelleme Yöntemi ile İlgili Kararlar' başlıklı 5.2.1 Bölümünde, mevcut salon için belirlenen şekilde uygulanmıştır. İç ortam gürültü düzeyi sınır değerleri; 30 dBA (~NC25) olarak alınmıştır. Ses kaynağı olarak insan konuşmasının frekans dağılımına en yakın olan BB93_RAISED_NATURAL.SO8 kaynağı seçilmiştir.

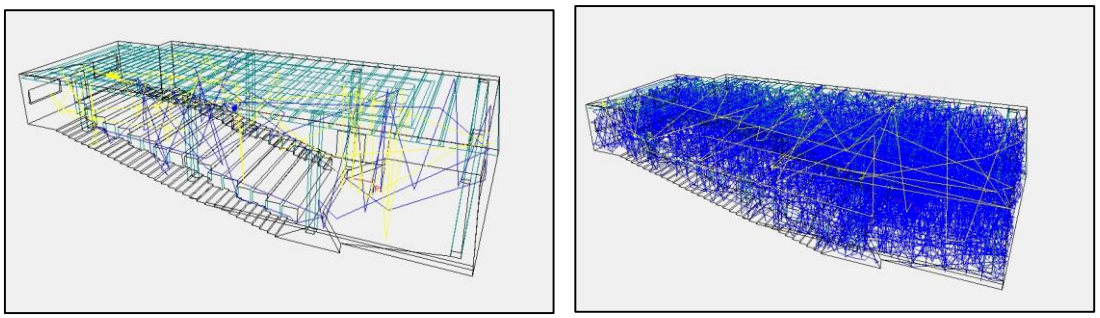
Bilgisayar modellemesinde değerlendirme, salonun tiyatro işlevi ile kullanılması nedeniyle $T_{30}$, EDT, $D_{50}$, LF80, SPL ve STI hacim akustiği parametreleri üzerinden yapılmıştır. Odeon programında yapılan hesaplama sonrasında, çıkan değerler doğrultusunda salonda akustik parametreler açısından iyileştime yapılması gerekirse malzeme ve tavan önerisi ile yeniden modelleme ve hesaplama yapılarak en uygun akustik değerlere ulaşması hedeflenmiştir.

Yeni salon tasarımında kullanılan gereçler ve yutma çarpanları Çizelge 6.1'de verilmiştir.

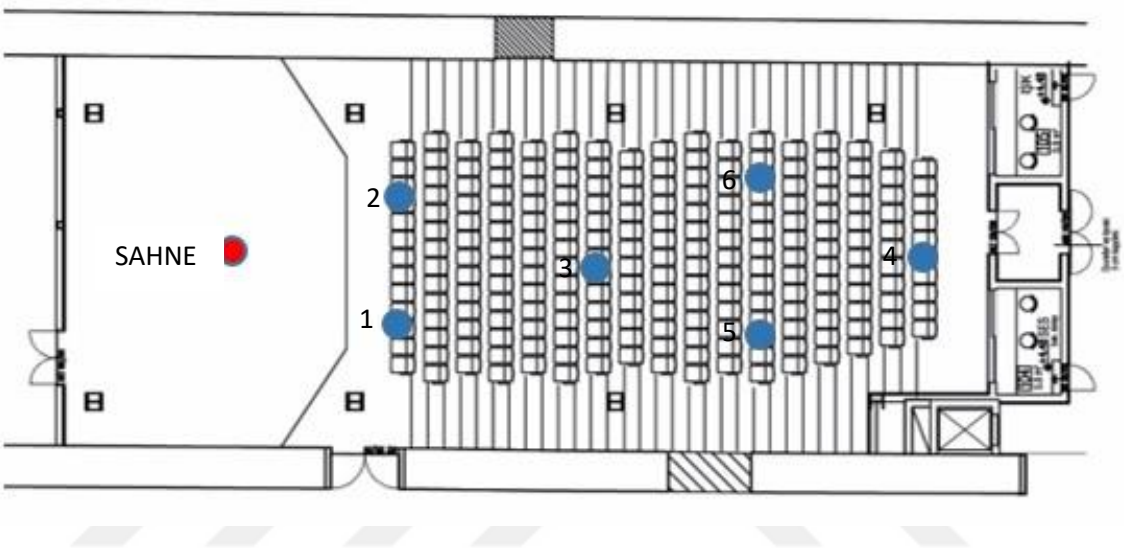
Çizelge 6. 1 Öneri salon modellemesinde kullanılan gereç listesi ve yutma çarpanları

| Eleman | Gereç | Alan ($m^2$) | Yutuculuk (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz |
| Döşeme_sahne | Ahşap kaplama | 93 | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,07 |
| Döşeme_merdiven ve sahne önü | 6 mm halı kaplama | 101,9 | 0,03 | 0,09 | 0,25 | 0,31 | 0,33 | 0,44 |
| Tavan | Betonarme döşeme | 305 | 0,01 | 0,01 | 0,015 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | Metal delikli tavan (delik çapı 3-5 cm) | 203 | 0,40 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,50 |
| Dinleyici alanı_%20 boş koltuk | Kumaş kaplı ahşap koltuk | 37 | 0,44 | 0,6 | 0,77 | 0,89 | 0,82 | 0,7 |
| Dinleyici alanı_%80 dolu koltuk | Kumaş kaplı ahşap koltuk+dinleyici | 148 | 0,62 | 0,72 | 0,8 | 0,83 | 0,84 | 0,85 |
| Teknik hacim_ doğrama | Alüminyum doğrama | 1,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Teknik hacim_cam | 2-3 mm çift cam | 5,8 | 0,1 | 0,07 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| Kapılar | Ahşap kapı | 10,5 | 0,14 | 0,10 | 0,06 | 0,08 | 0,1 | 0,1 |
| Yan duvarlar | Kabayonu yığma taş duvar (130 cm) – sıvasız) | 220,4 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| Sahne arkası duvar | 1,2 cm alçıpan duvar+5 cm taşyünü | 73 | 0,03 | 0,12 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,05 |
| Dinleyici alanı yan ve arka duvarlar | Ahşap panel (16 mm) | 47,7 | 0,18 | 0,12 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| | Delikli ahşap panel | 67,6 | 0,18 | 0,34 | 0,42 | 0,59 | 0,83 | 0,68 |
| Taşıyıcı_kolon üzeri kaplama | Çelik kolon üzeri ahşap panel | 71,5 | 0,25 | 0,15 | 0,1 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| Taşıyıcı_kiriş | Çelik kiriş | 25,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

Hazırlanan model üzerinden, Odeon programında tüm yüzeylere %20 yutucu özellikteki malzeme atanarak ışın sızdırmazlık testi yapılmıştır (Şekil 6.4). Modellemenin ışın sızdırmadığı anlaşıldıktan sonra, salondaki mevcut malzemelerin özellikleri göz önüne alınarak Odeon programında malzeme atamaları yapılmış, ses kaynağı ve alıcılar yerleştirilerek hesaplama tamamlanmıştır (Şekil 6.5).



Şekil 6. 4 Öneri salon için Odeon'da yapılan ışın sızdırmazlık testi




Şekil 6. 5 Öneri salon modellemesinde salona yerleştirilen alıcı ve ses kaynağının konumu

Noktasal ses kaynağı (78 dB)  Alıcılar

Modellemede, dinleyici alanının dağıtma çarpanı Odeon User's Manuel'de belirtildiği üzere 0,60 olarak belirlenmiştir. Kargir taş duvar için de benzer malzeme dağıtma çarpanlarından yola çıkılarak, 0,10 olarak belirlenmiştir. Diğer bütün malzemelerin dağıtma çarpanı 0,05'tir.

### 6.2.2. Modelleme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Salonda yapılan modelleme hesabı sonuçları akustik parametreler açısından ortalama değerler, alıcı noktaları değerleri ve grid hesabı sonuçları üzerinden değerlendirilmiştir.

#### 6.2.2.1. Yansışım Süresi

Üsküdar Tekel Sahnesi için hazırlanan öneri salon tasarımı için seçilen malzemeler ile yapılan model hesabında elde edilen T *30* değerleri ile ortalama ve optimum T*30* değerleri Çizelge 6.2'de verilmektedir.

Çizelge 6. 2 Öneri salon modelleme sonucu T*30* ve optimum T*30* değerleri

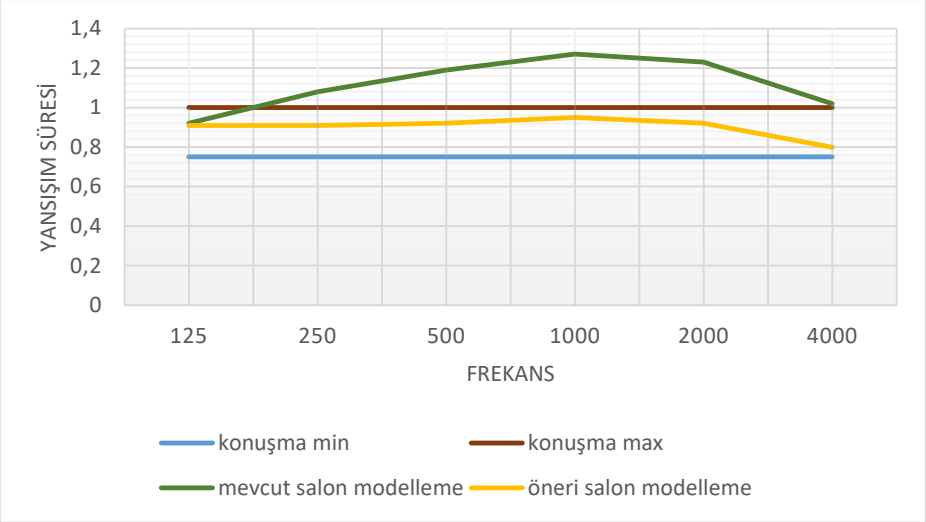
| $T_{30}$ | Hz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| $T_{30}$ konuşma min | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| $T_{30}$ konuşma opt | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 |
| $T_{30}$ konuşma max | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| $T_{30}$ modelleme (ort) | 0,92 | 1,08 | 1,19 | 1,27 | 1,23 | 1,02 |
| $T_{30}$ öneri salon modelleme (ort) | 0,91 | 0,91 | 0,92 | 0,95 | 0,92 | 0,80 |

Çizelge 6. 3 Alıcı noktalarına göre öneri salon modellemesi sonucu $T_{30}$ değerleri

| $T_{30}$ (sn) | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| R1 | 0,90 | 0,94 | 0,93 | 0,98 | 0,93 | 0,84 | 0,92 |
| R2 | 0,90 | 0,91 | 0,93 | 0,95 | 0,93 | 0,87 | 0,91 |
| R3 | 0,80 | 0,78 | 0,79 | 0,91 | 0,86 | 0,74 | 0,81 |
| R4 | 0,93 | 0,92 | 0,93 | 0,95 | 0,94 | 0,76 | 0,90 |
| R5 | 0,93 | 0,95 | 0,91 | 0,92 | 0,88 | 0,78 | 0,89 |
| R6 | 0,92 | 0,89 | 0,95 | 0,98 | 0,92 | 0,77 | 0,90 |

Mevcut salonun yansışım süresi değerleri, 125 Hz dışında optimum değer aralığının üstünde değerler almaktaydı. Mimarisi yeniden düzenlenen öneri salonun modelleme sonucu değerler incelendiğinde, optimum değer aralığına çekildiği görülmektedir. Farklı alıcı noktalarında yakın yansışım süresi değerlerine sahiptir. Arka sıralarda yer alan R3 ve R6 alıcı noktalarında, özellikle yüksek frekanslarda diğer alıcı noktalarına göre yansışım süresinin daha düşük değerler aldığı, ancak optimum değer aralığında kaldığı görülmektedir (Çizelge 6.3). Yansışım süresinin optimum değerler alması konuşmanın anlaşılabilirliği açısından da olumlu sonuçlar vermesi beklenmektedir. Yansışım süresi

optimum, mevcut salon ve öneri salon değerleri ilişkisi Şekil 6.6'da görülebilmektedir.




Şekil 6. 6 Mevcut salon, öneri salon ve optimum $T_{30}$ ilişkisini gösteren grafik

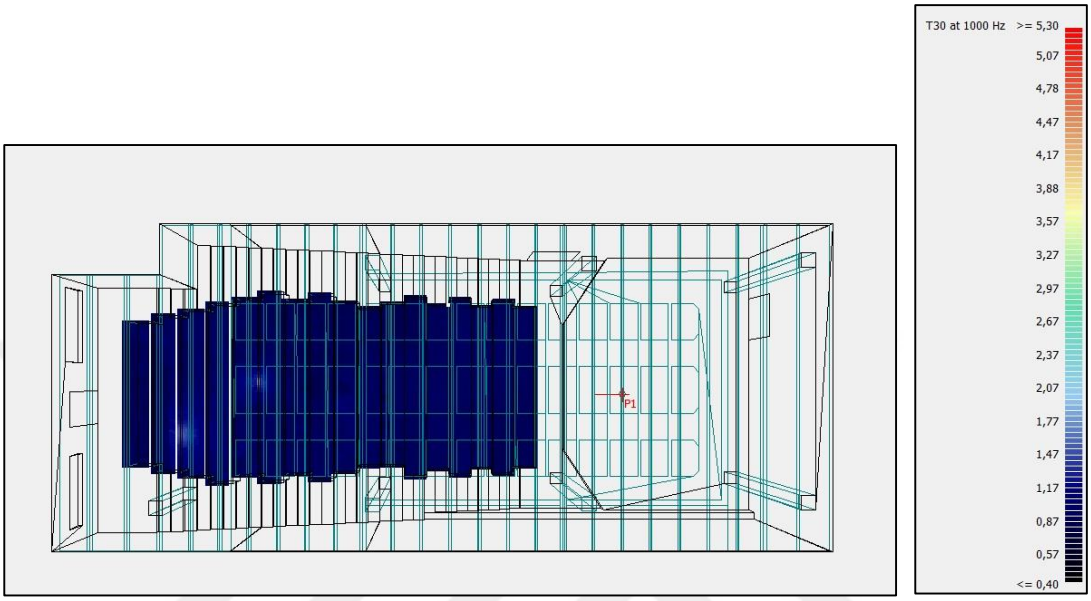
Yansışım süresine ilişkin grid hesabı sonuçlarına bakıldığında, farklı noktalarda yakın yansışım süresi değerleri aldığı söylenebilir (Şekil 6.7). Yan ve orta koltuklar arasında yansışım süresi farkı çok azdır. Salonda yansışım süresinin yayınıklığına ilişkin değerlendirme grid hesabı sonucu elde edilen, $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri üzerinden yapılmıştır.

Çizelge 6. 4 Öneri salon grid hesabı sonucu yansışım süresi için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| $T_{30}$ | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| $x_5$ | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,87 | 0,83 | 0,70 | 0,81 |
| $X_{95}$ | 1,01 | 1,02 | 1,01 | 1,05 | 1,07 | 0,93 | 1,01 |
| $x_{95}$- $x_5$ | 0,18 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,24 | 0,23 | 0,2 |
| $x_{50}$ | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 0,95 | 0,93 | 0,75 | 0,80 |

Çizelge 6.4'te görülen grid hesabı sonuçları ortalama değerlere göre ele alındığında, salonun %95'inde yansışım süresi değerlerinin 1,01'i aşmadığı, %5'inde ise 0,81'in altında değerler aldığı görülmektedir. Salonun yansışım süresi açısından, ortalaması olarak değerlendirilebilecek $x_{50}$ değeri ise frekansa göre ortalama 0,80'dir. $T_{30,}$ $x_{50}$ değerlerinin alçak frekanslı seslerde uzun olup, 4000 Hz'de ise belirgin biçimde düştüğü görülmektedir. $x_{95}$- $x_5$ farkı salonda sesin yayınıklığına ilişkin fikir edinmemizi sağlamaktadır. $x_{95}$- $x_5$ değerleri incelendiğinde, tüm frekanslarda birbirine yakın değerler

aldığı ve ortalama değerinin 0,2 sn olduğu görülmektedir. Bu durumda sesin salon genelinde yayınık bir durumda olduğu söylenebilir. Yansışım süresinin tanımlanan grid alanının renk skalası ile dağılımı Şekil 6.7'de görülebilmektedir. Bu dağılımdan da salonda sesin düzgün yayıldığı söylenebilir.




Şekil 6. 7 Öneri salon grid hesabı sonucu $T_{30}$ dağılımı (1000 Hz)

### 6.2.2.2. Erken Düşme Süresi

Öneri salonun modelleme sonucunda elde edilen EDT değerleri Çizelge 6.5'te, alıcı noktalarına göre EDT değerleri ise Çizelge 6.6'da verilmektedir.

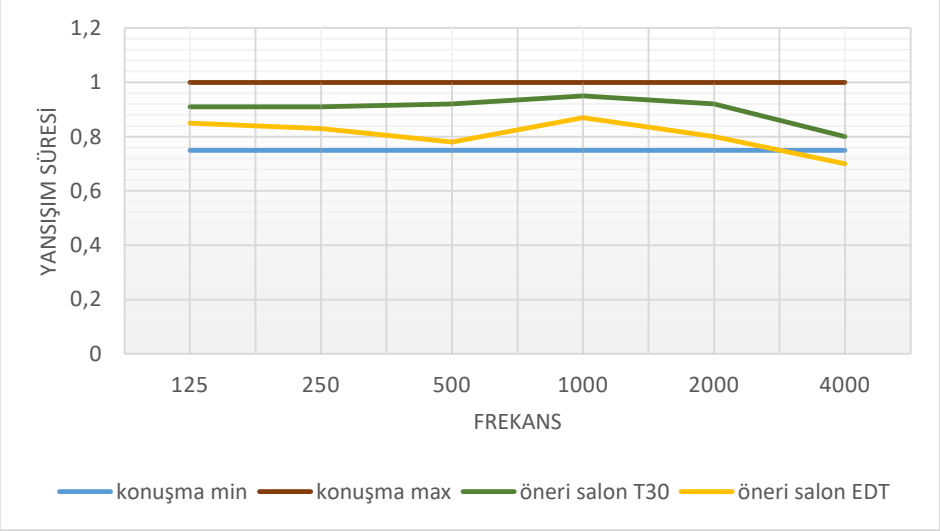
Çizelge 6. 5 Öneri salon modelleme sonucu EDT ve $T_{30}$ değerleri ile optimum $T_{30}$ değerleri

| $T_{30}$ -EDT | Hz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| $T_{30}$ konuşma opt | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,88 |
| $T_{30}$ konuşma max | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Öneri salon modelleme EDT | 0,85 | 0,83 | 0,78 | 0,87 | 0,80 | 0,70 |
| $T_{30}$ öneri salon modelleme | 0,91 | 0,91 | 0,92 | 0,95 | 0,92 | 0,80 |

Çizelge 6. 6 Alıcı noktalarına göre öneri salon modelleme sonucu EDT değerleri

| EDT (sn) | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| R1 | 0,87 | 0,85 | 0,79 | 0,88 | 0,79 | 0,68 | 0,81 |
| R2 | 0,79 | 0,71 | 0,69 | 0,81 | 0,77 | 0,70 | 0,75 |
| R3 | 0,80 | 0,78 | 0,79 | 0,91 | 0,84 | 0,72 | 0,80 |
| R4 | 0,88 | 0,87 | 0,74 | 0,78 | 0,74 | 0,67 | 0,78 |
| R5 | 0,93 | 0,91 | 0,88 | 1,00 | 0,85 | 0,75 | 0,88 |
| R6 | 0,82 | 0,84 | 0,82 | 0,84 | 0,75 | 0,69 | 0,79 |

Konuşma amaçlı hacimlerde erken düşme süresinin yansışım süresine yakın değerler alması beklenir. Öneri salon modelleme sonucu değerleri, optimum sınır aralığında kalmakla birlikte, EDT değerlerinin $T_{30}$ dan düşük olmasının sebebi ilk yansımaların hızlı sönümlenmesi olarak söylenebilir.



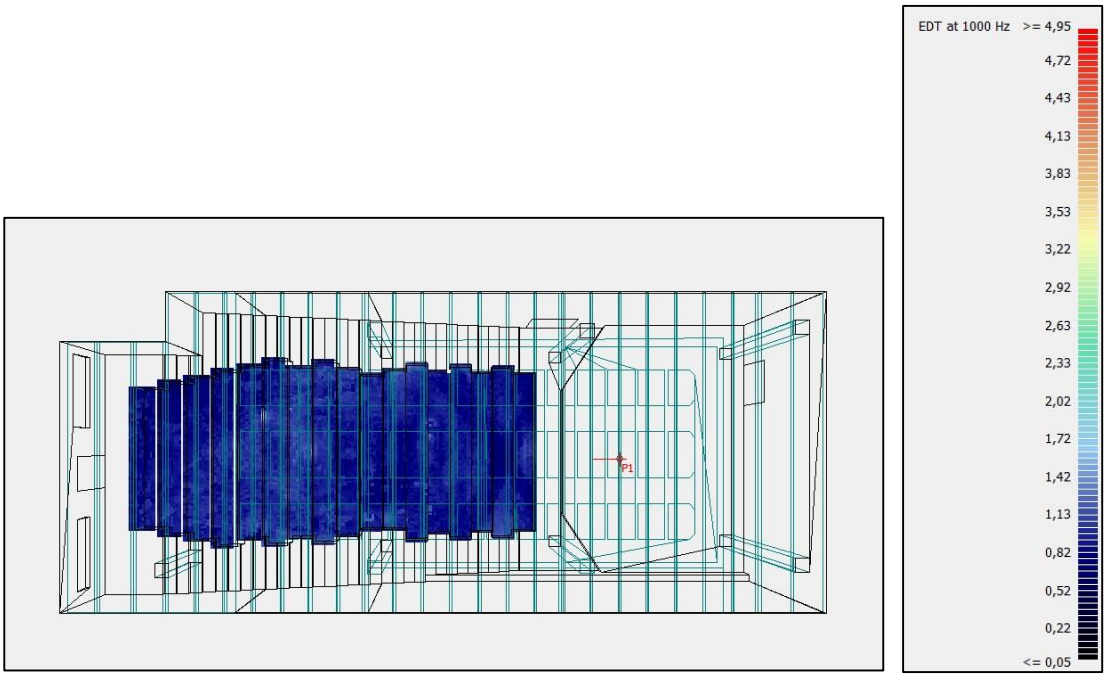

Şekil 6. 8 Öneri salon $T_{30}$ ve EDT değerleri ile optimum $T_{30}$ ilişkisini gösteren grafik

EDT değerlerine ilişkin Şekil 6.8'deki grafik incelendiğinde, 1000 Hz değerindeki ani yükseliş dışında sesin enerjisini düzgün kaybettiği söylenebilir. Aynı yükseliş 1000 Hz'de yansışım süresinde de görülmektedir. Yansışım süresine çok yakın değerler almamakla birlikte, yansışım süresinde konuşma amaçlı hacimler için sağlanması gereken optimum değer aralığının EDT için sağladığı söylenebilir.

Çizelge 6. 7 Öneri salon grid hesabı sonucu EDT için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| EDT | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| $x_5$ | 0,72 | 0,73 | 0,73 | 0,80 | 0,75 | 0,68 | 0,66 |
| $X_{95}$ | 1,11 | 1,09 | 1,07 | 1,14 | 1,06 | 0,94 | 1,06 |
| $x_{95}$- $x_5$ | 0,39 | 0,36 | 0,34 | 0,34 | 0,31 | 0,26 | 0,33 |
| $x_{50}$ | 0,90 | 0,90 | 0,89 | 0,95 | 0,82 | 0,75 | 0,86 |

Çizelge 6.7'de görülen grid hesabı sonuçları ortalama değerlere göre ele alındığında, salonun %95'inde erken düşme süresi değerlerinin 1,06'i aşmadığı, %5'inde ise 0,66'in altında değerler aldığı görülmektedir. Salonun erken düşme süresi açısından, ortalaması olarak değerlendirilebilecek $x_{50}$ değeri ise frekansa göre ortalama 0,86'dir. EDT, $x_{50}$ değerlerinde, alçak frekanslı seslerde uzundur ve yüksek frekanslara doğru düşme eğilimi göstermektedir. 1000 Hz'de ani bir yükseliş görülmektedir. $x_{95}$- $x_5$ değerlerinin ise 0,26 ile 0,39 sn arasında değiştiği görülmektedir. Salonda erken düşme süresi açısından yayınıklık durumu incelendiğinde, ilk 10 dB'lik düşüş için geçen sürede salonun $T_{30}$'da olduğu kadar yayınık bir durum göstermediği söylenebilir. Yansışım süresinin tanımlanan grid alanının renk skalası ile dağılımı Şekil 6.9'da görülebilmektedir.




Şekil 6. 9 Öneri salon grid hesabı sonucu EDT dağılımı (1000 Hz)

#### 6.2.2.3. Konuşmanın Anlaşılabilirliği ($D_{50}$)

Ayırtedilebilirlik parametresi öneri salonun da konuşma amaçlı kullanılması öngörüldüğünden önem kazanmaktadır. $D_{50}$ değerlerinin %50 üzerinde olması uygun olmakla birlikte, ne kadar yüksek olursa konuşmanın anlaşılabilirliği o derece artacaktır. Öneri salonun ve mevcut salonun modelleme sonucunda elde edilen $D_{50}$ değerleri Çizelge 6.8'te verilmektedir. Alıcı noktalarındaki D50 değerleri ise Çizelge 6.9'da görülmektedir.

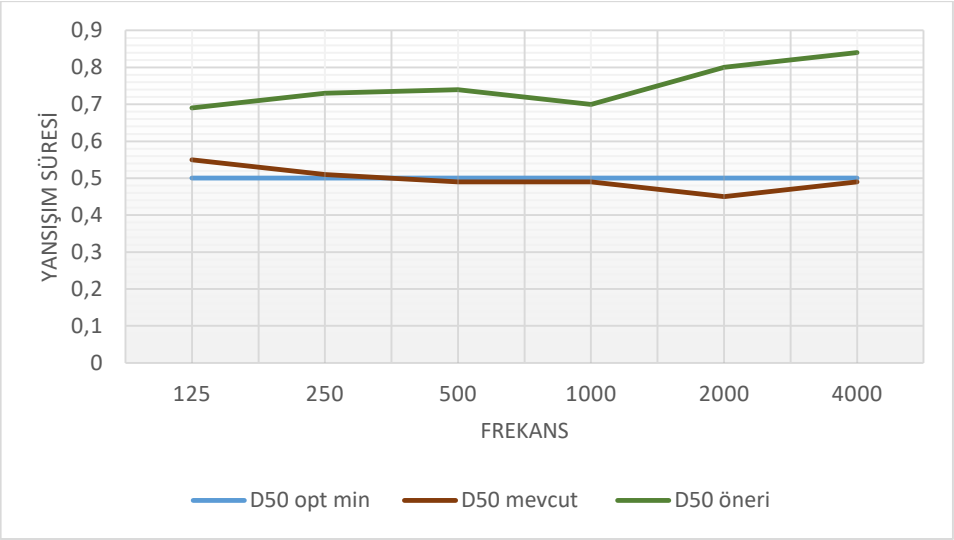
Çizelge 6. 8 Öneri ve mevcut salon modelleme sonucu $D_{50}$ değerleri

| $D_{50}$ | Hz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| $D_{50}$ mevcut salon modelleme | 0,55 | 0,51 | 0,49 | 0,49 | 0,45 | 0,49 |
| $D_{50}$ öneri salon modelleme | 0,69 | 0,73 | 0,74 | 0,70 | 0,80 | 0,84 |

Çizelge 6. 9 Alıcı noktalarına göre öneri salon modelleme sonucu $D_{50}$ değerleri

| $D_{50}$ | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| R1 | 0,73 | 0,78 | 0,80 | 0,71 | 0,84 | 0,88 | 0,79 |
| R2 | 0,75 | 0,79 | 0,81 | 0,74 | 0,85 | 0,89 | 0,80 |
| R3 | 0,71 | 0,73 | 0,73 | 0,69 | 0,77 | 0,82 | 0,74 |
| R4 | 0,66 | 0,72 | 0,74 | 0,73 | 0,82 | 0,84 | 0,75 |
| R5 | 0,61 | 0,65 | 0,65 | 0,63 | 0,74 | 0,75 | 0,67 |
| R6 | 0,69 | 0,72 | 0,72 | 0,71 | 0,82 | 0,85 | 0,75 |

Öneri salonun ayırtedilebilirlik değerleri incelendiğinde, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından oldukça iyi duruma getirildiği görülmektedir. Özellikle yüksek frekanslarda salonun $D_{50}$ değerleri %80 dolaylarına ulaşmaktadır. Mevcut salonda bu değerler %50 ve altındaydı ve anket sonuçlarında bazı katılımcılar, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından salonun kötü durumda olduğu yönünde değerlendirmelerde bulunmuştu. Bu doğrultuda değerlendirildiğinde, salonun fonksiyonuna uygun şekilde konuşmanın anlaşılabilirliği açısından bu öneri ile iyileştirilebileceği görülmüştür. Şekil 6.10'da $D_{50}$ değerlerinin grafik üzerindeki ifadesi ile $D_{50}$ değerlerinin iyileştirilmesi net bir şekilde görülebilmektedir.

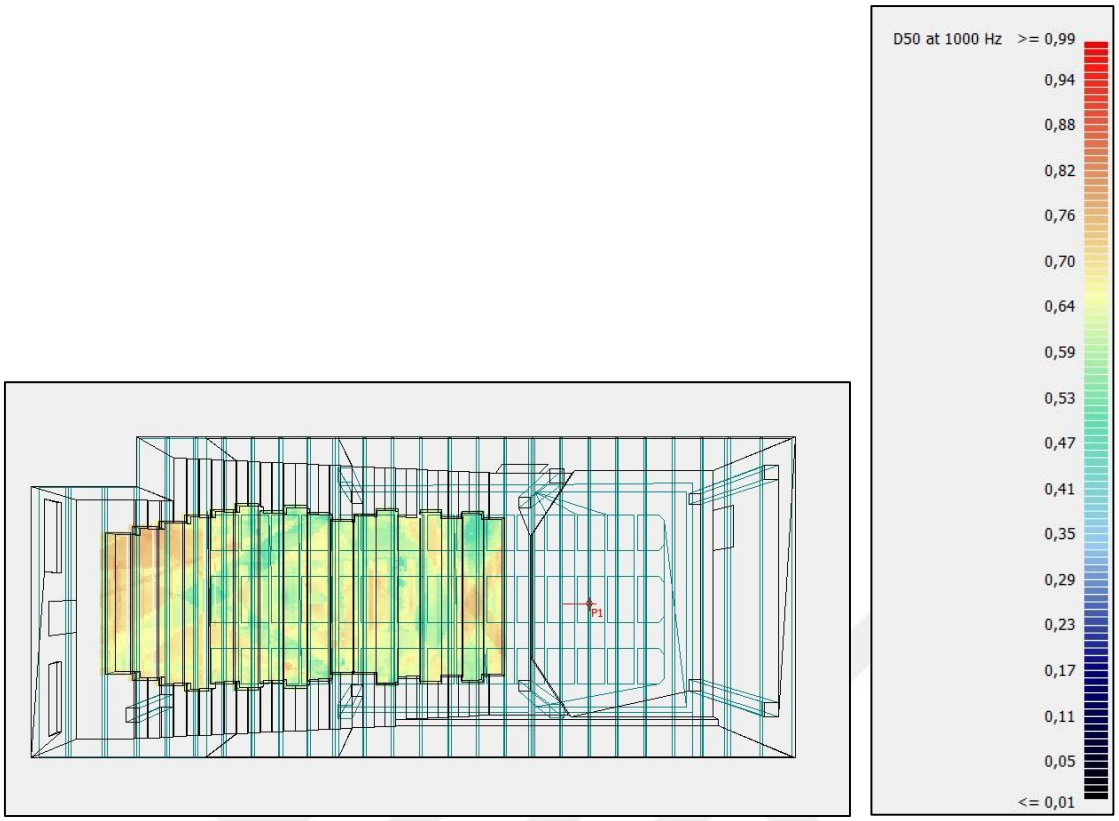



Şekil 6. 10 Öneri salon ve mevcut salon modelleme sonucu $D_{50}$ değerleri ile optimum $D_{50}$ değerlerini gösteren grafik

Çizelge 6. 10 Öneri salon grid hesabı sonucu $D_{50}$ için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| $D_{50}$ | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **125** | **250** | **500** | **1000** | **2000** | **4000** | **Ortalama** |
| $x_5$ | 0,52 | 0,57 | 0,58 | 0,55 | 0,67 | 0,71 | 0,60 |
| $X_{95}$ | 0,73 | 0,75 | 0,76 | 0,72 | 0,82 | 0,87 | 0,77 |
| $x_{95}$- $x_5$ | 0,21 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,15 | 0,16 | 0,17 |
| $x_{50}$ | 0,63 | 0,67 | 0,68 | 0,64 | 0,75 | 0,80 | 0,69 |

Çizelge 6.10'da görülen grid hesabı sonuçları ortalama değerlere göre ele alındığında, salonun %95'inde anlaşılabilirlik yüzdesinin 0,77'yi aşmadığı, %5'inde ise 0,60'in altında değerler aldığı görülmektedir. Anlaşılabilirliğin ortalaması olarak değerlendirilebilecek $x_{50}$ değeri ise 0,69'dur. $x_{95}$- $x_5$ değerlerinin ise ortalama 0,17 olduğu görülmektedir. Salonda geliştirilen öneri doğrultusunda, 0,50 ve altında olan anlaşılabilirlik yüzdesinin, 0,69'lara yükseldiği görülmektedir. $X_{95-x5}$ farkı salonda farklı alanlardaki anlaşılabilirlik yüzdesi farkını vermekte olup, farklı alanlarda yaklaşık değerler aldığı söylenebilir. Anlaşılabilirlik parametresinin tanımlanan grid alanının renk skalası ile dağılımı Şekil 6.11'de görülebilmektedir.




Şekil 6. 11 Öneri salon grid hesabı $D_{50}$ dağılımı (1000 Hz)

#### 6.2.2.4. Konuşma İletim Katsayısı (STI)

Konuşmanın anlaşılabilirliği açısından önemli diğer bir parametre olan konuşma iletim katsayısı için mevcut salonda elde edilen modelleme değerlerinin sınır değer olan 0,6'nın altında yer aldığı görülmüştü. Çizelge 6.11'de mevcut ve öneri salonun STI değerleri görülebilmektedir.

Çizelge 6. 11 Öneri ve mevcut salon modelleme sonucu STI değerleri

| STI | Mevcut salon | Öneri salon |
|---|---|---|
| **STI min** | 0,50 | 0,68 |
| **STI max** | 0,63 | 0,76 |
| **STI ort** | 0,55 | 0,73 |

Çizelge 6. 12 Alıcı noktalarına göre öneri salon modelleme sonucu STI değerleri

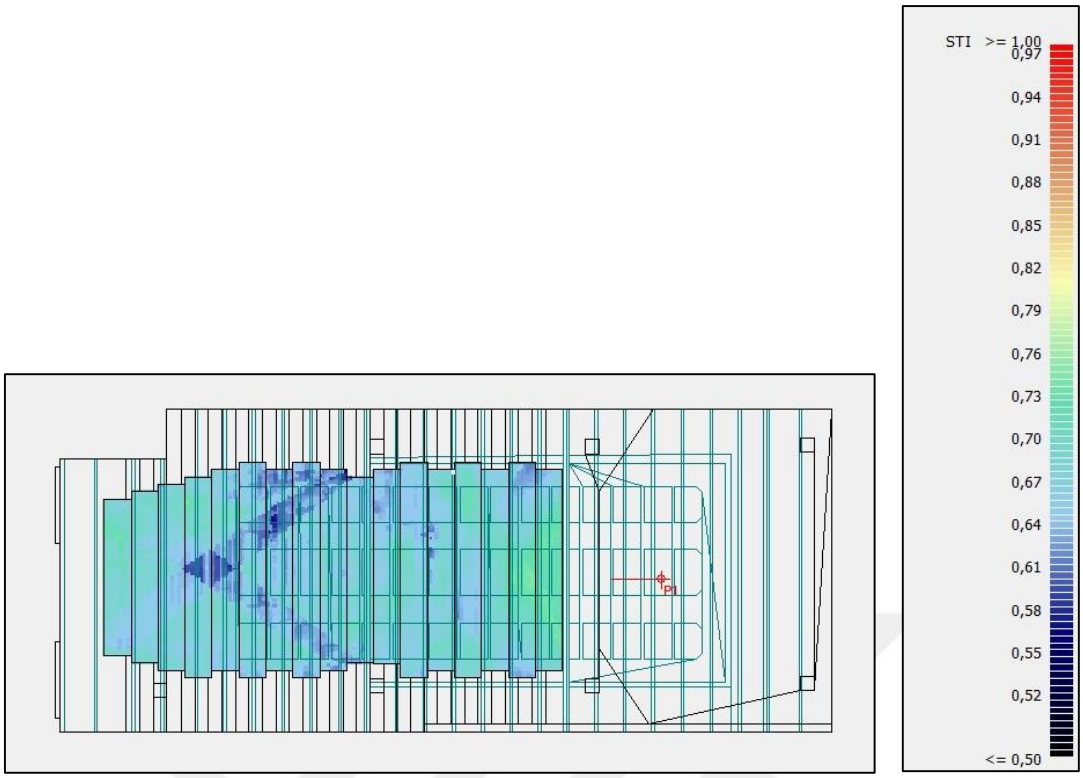
| STI | |
|---|---|
| R1 | 0,75 |
| R2 | 0,76 |
| R3 | 0,71 |
| R4 | 0,72 |
| R5 | 0,68 |
| R6 | 0,73 |

Mevcut salonda $D_{50}$ parametresinde olduğu gibi konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen STI parametresi değerlerinin de sınır değer altında olması anket çalışması ile desteklenerek, salonda konuşmanın anlaşılabilirliği açısından olumsuzluklar olduğu tespit edilmişti. Öneri salon ve alıcı noktaları açısından STI değerleri incelendiğinde, sınır değer olan 0,6'nın üstünde değerler aldığı görülmektedir (Çizelge 6.12).

Çizelge 6. 13 Öneri salon grid hesabı sonucu STI için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| STI | |
|---|---|
| $x_5$ | 0,65 |
| $X_{95}$ | 0,74 |
| $x_{95}$- $x_5$ | 0,09 |
| $x_{50}$ | 0,69 |

Salonun %95'inde STI yüzdesinin 0,74'ü aşmadığı, %5'inde ise 0,65'in altında değerler aldığı görülmektedir (Çizelge 6.13). $x_{50}$ değeri ise 0,69'dur. $x_{95}$-$x_5$ değerlerinin ise ortalamasının ise 0,69 olduğu görülmektedir. Salonda geliştirilen öneri doğrultusunda, 0,60'ın altında olan STI değerlerinin 0,69'lara yükseldiği görülmektedir. $X_{95-x5}$ farkının 0,09 değerlerinde olması bu parametre açısından salonda düzgün bir dağılım olduğu sonucunu vermektedir. STI parametresinin tanımlanan grid alanının renk skalası ile dağılımı Şekil 6.12'de görülebilmektedir. $D_{50}$ parametresinde olduğu gibi STI için de olabildiğince yüksek değerler alması konuşmanın anlaşılabilirliği açısından olumlu kabul edilmektedir. Mevcut salonun bu salon önerisi ile konuşmanın anlaşılabilirliği açısından iyileştirildiği söylenebilir.




Şekil 6. 12 Öneri salon grid hesabı sonucu STI dağılımı (1000 Hz)

### 6.2.2.5. Yanal Enerji Oranı (LF80)

Müzik için önemli olan LF80 parametresi, mevcut salonda optimum değerlere yakın değerler almaktaydı. Salon geometrisinde değişiklik yapılmadığından, malzemelerdeki değişikliklerin LF80 değerlerinde büyük değişikliklere yol açmayacağı düşünülmekteydi. Öneri salon modelleme sonucu elde edilen LF80 değerleri Çizelge 6.14'te görülebilmektedir.

Çizelge 6. 14 Öneri ve mevcut salon modelleme sonucu LF80 değerleri

| LF80 | Hz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| Mevcut salon modelleme | 0,234 | 0,232 | 0,237 | 0,211 | 0,239 | 0,235 |
| Öneri salon modelleme | 0,280 | 0,278 | 0,286 | 0,277 | 0,237 | 0,238 |

Çizelge 6. 15 Alıcı noktalarına göre öneri salon modelleme sonucu LF80 değerleri

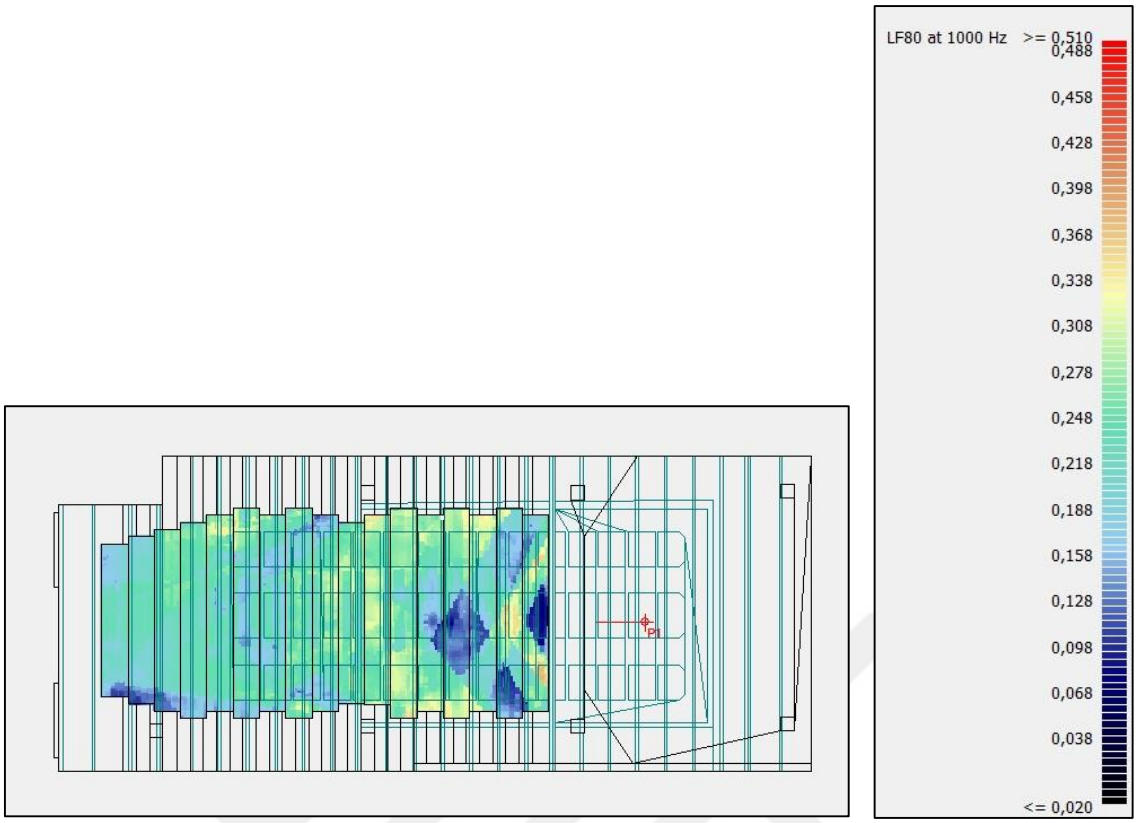
| LF80 | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| R1 | 0,296 | 0,301 | 0,305 | 0,358 | 0,254 | 0,265 | 0,79 |
| R2 | 0,329 | 0,316 | 0,309 | 0,345 | 0,258 | 0,250 | 0,80 |
| R3 | 0,316 | 0,303 | 0,307 | 0,266 | 0,247 | 0,242 | 0,74 |
| R4 | 0,270 | 0,259 | 0,255 | 0,224 | 0,221 | 0,232 | 0,75 |
| R5 | 0,243 | 0,253 | 0,275 | 0,248 | 0,244 | 0,242 | 0,67 |
| R6 | 0,228 | 0,236 | 0,264 | 0,222 | 0,200 | 0,195 | 0,75 |

LF80 için, 4 orta frekans ortalama değerlerinin yaklaşık 0,2 olması optimum değerler kabul edilmekte olup, mevcut salonda olduğu gibi, öneri salon modelleme sonucunda da LF80 değerleri optimum değerlere yakın değerler almaktadır (Çizelge 6.15).

Çizelge 6. 16 Öneri salon grid hesabı sonucu LF80 için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| LF80 | Hz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | Ortalama |
| $x_5$ | 0,150 | 0,134 | 0,148 | 0,151 | 0,094 | 0,080 | 0,126 |
| $X_{95}$ | 0,340 | 0,331 | 0,348 | 0,328 | 0,293 | 0,290 | 0,321 |
| $x_{95}$- $x_5$ | 0,190 | 0,197 | 0,200 | 0,177 | 0,199 | 0,210 | 0,195 |
| $x_{50}$ | 0,261 | 0,258 | 0,271 | 0,248 | 0,231 | 0,228 | 0,249 |

Yapılan grid hesabı sonucunda, salonun %95'inde LF80 değerlerinin 0,321'i aşmadığı, %5'inde ise 0,126'nın altında, salon genelinde ise $x_{50}$ değerinden anlaşıldığı üzere 0,249 dolaylarında olduğu görülmektedir (Çizelge 6.16). Salon genelinde 4 orta frekansın ortalaması ise 0,252 dolaylarındadır. LF80 parametresinin tanımlanan grid alanında renk skalası ile dağılımı Şekil 6.13'de görülebilmektedir.




Şekil 6. 13 Öneri salon grid hesabı sonucu LF80 dağılımı (1000 Hz)

#### 6.2.2.6. SPL (dB)

Ses basınç düzeyi açısından mevcut salon modellemesinde, dinleyici-kaynak mesafesinin en fazla olduğu arka sıralarda SPL değerlerinin fon gürültüsünden düşük değerler aldığı görülmüştür. Öneri salon modellemesi SPL değerleri Çizelge 6.17'de görülebilmektedir.

Çizelge 6. 17 Öneri salon modelleme sonucu SPL değerleri ve fon gürültüsü değerleri

| SPL | Hz | | | | | | SPL (A) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| SPL min | 38,6 | 43,5 | 48,0 | 44,6 | 37,9 | 31,1 | 48,5 |
| SPL max | 47,0 | 52,0 | 57,3 | 53,3 | 46,5 | 40,1 | 57,2 |
| SPL ort | 42,5 | 47,6 | 52,6 | 49,1 | 42,3 | 35,5 | 53,0 |
| Fon gürültüsü | 44 | 36 | 29 | 25 | 12 | 20 | |

Çizelge 6. 18 Alıcı noktalarına göre öneri salon modelleme sonucu SPL değerleri

| SPL (dB) | Hz | | | | | | SPL (A) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| R1 | 45,9 | 51,2 | 56,6 | 52,6 | 46,0 | 39,5 | 56,9 |
| R2 | 47,0 | 52,0 | 57,3 | 53,3 | 46,5 | 40,1 | 57,5 |
| R3 | 43,2 | 48,1 | 53,2 | 50,0 | 42,4 | 35,6 | 53,8 |
| R4 | 38,6 | 43,5 | 48,0 | 44,6 | 37,9 | 31,1 | 48,6 |
| R5 | 40,2 | 45,0 | 49,9 | 46,8 | 39,8 | 32,8 | 50,6 |
| R6 | 40,5 | 45,5 | 50,5 | 47,5 | 40,9 | 33,9 | 51,3 |

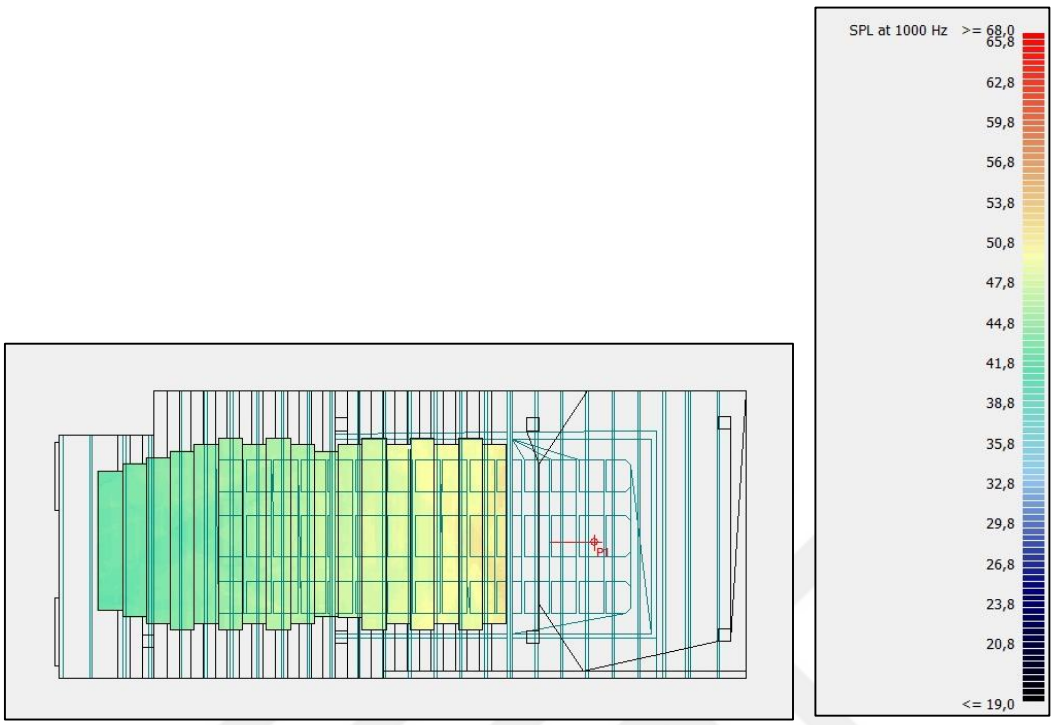
Öneri salon modelleme sonucu SPL değerleri değerlendirildiğinde, 125 Hz için SPL değerinin kaynak-dinleyici arası mesafesinin en uzak olduğu arka sıralarda fon gürültüsünden düşük olduğu, diğer frekanslarda ise 15 dB'lik farkın sınır seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Alıcı noktaları açısından ise ön sıralarda bulunan R1 ve R2 alıcıları dışında fon gürültüsü altında değerler almaktadır (Çizelge 6.18). Bu durumda fon gürültüsünün dolaysız sesi maskeleyeceği söylenebilir. Ancak, salon içinde fon gürültüsü ölçümü yapılamadığından, yönetmelikte belirtilen sınır değerler üzerinden değerlendirme yapılmakta olup, hem mevcut salonun hem de öneri salonun güç parametresi açısından olumsuz olduğuna dair sağlıklı bir değerlendirme yapılamayacaktır. Fon gürültüsü ölçümlerinde elde edilen değerler, hesaplama sırasında kabul edilen değerlere yakın değerler alıyor ise, salon içi ve dışında fon gürültüsünün önlenmesi için önlemler alınmalıdır.

Çizelge 6. 19 Öneri salon grid hesabı sonucu SPL için $x_5$, $x_{95}$ ve $x_{50}$ değerleri

| SPL (dB) | Hz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| $x_5$ | 38,5 | 43,3 | 47,8 | 44,5 | 37,5 | 30,6 |
| $X_{95}$ | 46,0 | 51,1 | 56,3 | 52,6 | 45,5 | 39,2 |
| $x_{50}$ | 42,0 | 46,9 | 52,0 | 48,9 | 41,6 | 34,6 |

Salon genelinde grid hesabı sonucu SPL değerlerinin dağılımı Şekil 6.19'da görülebilmektedir. Salonun %5'inde ses gücünün 4000 Hz'de 30 dB'e kadar düştüğü ancak fon gürültüsü değerinden yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 6.19). Alçak frekanslarda ise Salonun %95'inde 46,0 dB'in üzerinde değerler almadığı ve alçak frekanslardaki fon gürültüsünden düşük olduğu görülmektedir.

Ses gücü uzaklıkla azalan bir parametre olduğundan grid dağılımında da salonun arka sıralarına doğru ses gücü düzeyinin azaldığı görülebilmektedir (Şekil 6.14).




Şekil 6. 14 Öneri salon grid hesabı sonucu SPL dağılımı (1000 Hz)

## 6.3. Genel Değerlendirme

Öneri salon modellemesi sonucu akustik parametrelerin tamamına ilişkin, orta frekanslardaki değerleri ile optimum değerleri Çizelge 6.20'de verilmektedir.

Çizelge 6. 20 Orta frekanslar için öneri ve mevcut salon modelleme sonucu akustik parametre değerleri

| Akustik parametre | Optimum değer (500 Hz) | Optimum değer (1000 Hz) | Modelleme mevcut salon | | Modelleme öneri salon | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 500 Hz | 1000 Hz | 500 Hz | 1000 Hz |
| $T_{30}$ | 0,88 | 0,88 | 1,20 | 1,28 | 0,92 | 0,95 |
| EDT | 0,88 | 0,88 | 1,14 | 1,21 | 0,78 | 0,87 |
| $D_{50}$ | %50 ve üzeri | | 0,49 | 0,48 | 0,74 | 0,70 |
| STI | 0,6 ve üzeri | | 0,57 | | 0,73 | |
| LF80 | 0,200 | | 0,237 | 0,211 | 0,286 | 0,277 |

Akustik parametreler açısından orta frekanslarda değerlendirme yapmak gerekirse, salonun $T_{30}$ ve EDT açısından optimum değer aralığına getirildiği, konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilişkili parametreler olan $D_{50}$ ve STI açısından olumlu sonuçlar elde edildiği ve değerlerin sınır değer üzerine çıkarıldığı görülmektedir. Salon geometrisinde bir değişiklik yapılmadığından LF80 değerlerinde büyük bir değişim görülmemiştir.

Salon tasarımında akustik kriterler açısından yapılan değişiklikler sayesinde, konuşma amaçlı etkinlikler için kullanılan salonda hem işitsel açıdan salonun akustik kalitesi arttırılmaya, hem de görsel açıdan daha konforlu bir salon önerisi geliştirilmeye çalışılmıştır.

# BÖLÜM 7

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında, İstanbul Devlet Tiyatroları Tekel Sahnesi üzerinden konuşma amaçlı salonlar için önemli akustik parametreler incelenmiştir. Salonun akustik açıdan iyileştirilmesi amaçlanırken salon tasarımı da yeniden ele alınmış, bu doğrultuda akustik açıdan salon tasarım kriterlerine de değinilmiştir.

Çalışmada öncelikle salonun mevcut durumu üzerinden modelleme yöntemi ile akustik değerleri saptanmıştır. Konuşma amaçlı salonun akustik parametreler açısından uygun olmayan değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Salonla ilgili öznel değerlendirme yapılabilmesi amacıyla da anket yöntemi tercih edilmiştir. Anket sırasında oyuncu, izleyici ve tiyaronun yönetim ve teknik ekibinden kişilerle birebir iletişim kurularak, salonla ilgili sorunları da dinlenmiştir. Modelleme hesap sonuçları da çok ciddi fark oluşturacak sonuçlar vermemekle birlikte, optimum değerler açısından uygunsuzluğuyla ilgili kullanıcılardan da olumsuz geri dönüşler alınmıştır. Anket yönteminde elde edilen sonuçlar, modelleme hesap sonuçlarını destekler nitelikte olmuştur.

Mevcut salonun analizi sonrasında, akustik kriterler açısından yeni bir salon önerisi getirilmeye çalışılmıştır. Salon önerisi geliştirilirken, mevcut salonda olumsuzluk olarak görülen sahne, balkonlar ve dinleyici alanı yeniden ele alınmıştır. Sahne alanı yükseltilerek yeniden düzenlenmiş, aktif bir kullanımı olmayan ve sahne alanını daraltan balkonlar salon önerisinde kaldırılmıştır. Bunun yanında en büyük değişikliğin dinleyici alanında yapıldığı söylenebilir. Balkonlar kaldırıldığında açığa çıkan alanda dinleyici

alanının iki yanından çıkışlar verilerek, akustik açıdan en verimli olan orta alanı da kullanan yeni bir dinleyici alanı önerilmiştir. Mevcut salonda kullanılmayan şaşırtmalı oturma düzeni öneri salonda uygulanmıştır. Bu değişikliklerle salon kapasitesi de 180 kişiden 229 kişiye çıkarılmıştır.

Daha sonra yeni geliştirilen salon önerisinin, akustik parametreler açısından uygunluğunun analizi için yeniden bir modelleme çalışması yapılmıştır. Modelleme sonucunda salonun konuşma amaçlı parametreler açısından optimum değerlere ulaştığı görülmektedir. Çalışmanın sonunda akustik ve görsel açıdan daha konforlu bir salon elde edilmiştir.

Salonda fon gürültüsüyle ilgili ölçümler yapılamadığından, SPL parametresi ile ilgili gerçekçi bir yorum yapmak mümkün olmamıştır. Bu açıdan sağlıklı sonuç elde edilebilmesi için, fon gürültüsüyle ilgili ölçümlerin gerekli izinler alındıktan sonra uygun bir tarihte yapılması hedeflenmektedir.

Bir salonun akustik kalitesinin yükseltilmesi için bir çok farklı yöntem bulunmakla birlikte, Tekel Sahnesi üzerinden salon tasarımı ve malzemeleri ele alınarak bir salonun akustik kalitesinin iyileştirilmesi örneği verilmesi hedeflenmiştir. Akustik parametreler ve tasarım kriterleri açısından yapılan çalışmanın, bu yöndeki başka çalışmalar için örnek teşkil edeceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR


[1] Türk, E., (2011), İstanbul'daki Salonların Akustik Kalitesinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[2] Everest, F. A., (2001). Master Handbook of Acoustic, Fourth Edition, McGraw Hill, New York.

[3] Yüksel Can, Z., (2010). Yapı Fiziği 2 Ders Notları, İstanbul.

[4] Barron, M., (1993). Auditorium Acoustics & Architectural Design, E&Fn Spon., Londra.

[5] Kurtulan, Z., (2009), M.S.G.S.Ü. Sedad Hakkı Eldem Oditoryumunun Hacim Akustiği Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[6] Jaramillo, A.M. ve Steel, C., (2015). Architectural Acoustics, Routledge, New York.

[7] Vural, A., (2009), İstanbul'da Bulunan Dört Konser Salonunun Akustik Açıdan Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[8] Dilmen, H., (2004). Aspendos AntikTiyatrosunun Mimari ve Akustik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[9] Marshall, A.H., (1967), A Note on the Importance of Room-Cross Section in Concert Halls, Journal of Sound and Vibration, Academic Press, London.

[10] Long, M., (2006). Architectural Acoustics, Elsevier Academic Press., Burlington.

[11] Onur, H., Kişisel Arşiv, Ekim 2018.

[12] Maekawa, Z., & Rindel, J. H. & Lord, P. (2011), Environmental and Architectural Acoustics, Spon Press, Version.

[13] Doelle, L.L., (1972), "Environmental Acoustics", McGraw-Hill, USA.

[14] Gade, A.C., (1989), Acoustical Survey of Eleven European Concert Halls, Denmark Technical University, Report no: 44, Denmark.

[15] Mehta, M., Johnson, J., Rocafort, J., (1999), "Architectural Acoustics Principles

and Design 1st ed.", Prentice Hall, New Jersey.

[16] T.C. Resmi Gazete, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 04.06.2010.

[17] İstanbul Şehir Haritası, Hava Fotoğrafı, https://sehirharitasi.ibb.gov.tr/, 5 Eylül 2018.

[18] İstanbul Devlet Tiyatroları, Tekel Sahnesi, http://www.istdt.gov.tr/ SahneDetay/uskudar-tekel-sahnesi, 8 Ekim 2018.

[19] Akdağ Mimarlık, Tekel Sahnesi, http://www.akdagmimarlik.com/uskudartekelsahneleri.html, 13 Kasım 2018.

[18] David, C.N. ve Clifford, G.H., A Criteria and Indicators Approach to Community Development,http://sfm-1.biology.ualberta.ca/english/pubs/PDF/WP_2002_2.pdf, 21 Mart 2010.

## ÖZGEÇMİŞ

**KİŞİSEL BİLGİLER**


**Adı Soyadı** : Sümeyye KADER

**Doğum Tarihi ve Yeri** : 02.07.1986 Kayseri

**Yabancı Dili** : İngilizce

**E-posta** : sumeyyegengec@yahoo.com


**ÖGRENİM DURUMU**

| Derece | Alan | Okul | Mezuniyet Yılı |
|---|---|---|---|
| Lisans | Mimarlık | İstanbul Teknik Üniversitesi | 2008 |
| Lise | Fen Matematik | Nuh Mehmet Baldöktü Anadolu Lisesi | 2004 |

**İŞ TECRÜBESİ**

| Yıl | Firma | Görev |
|---|---|---|
| 2010- | Kültür Bakanlığı/İstanbul III Numaralı Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü | Mimar |
| 2008-2009 | SEÇKİN Mimarlık | Mimar |
| 2007-2008 | MGT Mimarlık ve Görsel Tasarım (Part time) | Mimar |