

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
MÜZİK TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI
Yüksek Lisans Tezi

**KONSER SALONLARININ AKUSTİK VE ELEKTROAKUSTİK PERFORMANS
DEĞERLENDİRMESİNDE PARAMETRELERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Hazırlayan
Ozan KUTLUK

Danışman
Prof. Dr. Feridun ÖZİŞ

İZMİR/2019

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Konser Salonlarının Akustik ve Elektroakustik Performans Değerlendirmesinde Parametrelerin Karşılaştırılması” adlı çalışmam, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

24/10/2019

Ozan KUTLUK

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü'nün/...../..... tarih ve sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin maddesine göre Müzik Teknolojisi Bilim Dalı, Yüksek Lisans öğrencisi Ozan KUTLUK'un **“Konser Salonlarının Akustik ve Elektroakustik Performans Değerlendirmesinde Parametrelerin Karşılaştırılması”** konulu tezi incelenmiş ve aday/...../..... tarihinde, saat 'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra süre içerisinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyeleri tarafından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin olduğuna oy ile karar verilmiştir.

BAŞKAN**ÜYE****ÜYE**

ÖZET

Salonların akustik tasarımı literatürde uzun zamandır detaylı bir şekilde araştırılan bir alan olmasıyla birlikte değişen ihtiyaç ve büyüyen salon tasarımları bu mekanlarda ses destek sistemi kullanımını da beraberinde getirmiştir. Ses sistemleri genel olarak alınan mikrofon sinyalinden, hoparlörden çıkan sese kadar, sinyal yolu üzerinde bulunan tüm ekipmanları frekans karakteristiğinin toplamı bir frekans cevabına sahiptir. Bu noktada seçilen her ekipmanın frekans karakteristiği sistem performansında belirleyicidir.

Akustik tasarım söz konusu olduğunda ise mekan hacmi, mekanın formu, emici malzeme miktarı ve malzemelerin yerleştirildiği alanlar, o alanın akustik karakterinin temel belirleyicisidir. Konser salonları da tüm diğer alanlar gibi belirli tasarım prensiplerine ve akustik değer aralıklarına sahiptir.

Bu çalışma ses sisteminin toplam performansının ölçülmesi mümkün olmaması nedeniyle belirli kısıtlara sahip olmalıdır. Bu noktada tez kapsamında değerlendirilecek olan ses sisteminin tamamı yerine hoparlör performansları olacaktır. Öncelikle örnek konser salonunun akustik tasarımı gerçekleştirilecek uluslararası standartlara uygun değerler elde edilecektir. Daha sonra uygun hoparlör sistemi yerleştirilerek salonun akustik performansı ve elektroakustik sonuçları arasındaki farklar ortaya konacaktır.

Çalışmanın amacı salonun akustik ve elektroakustik performanslarının birbirine mümkün olduğunca yakın çıkması olarak belirlenmiştir. Çalışmada farklı akustik tasarım seçenekleri ve farklı hoparlör sistemleri ölçülünerek en uygun tasarım ve hoparlör sistemine ulaşılmaya çalışılacaktır.

Tez kapsamında belirlenen konser salonu üç boyutlu olarak modellenerek ODEON simülasyon yazılımına aktarılacak ve ölçümler sonucu elde edilen veriler değerlendirilecektir.

ABSTRACT

Together with being a subject for a detailed research in the literature for a long time, acoustic design of the halls, also exacted the use of sound support systems in these buildings along with the changing needs and expanding hall designs. Sounds system in general have a frequency response that is total of all the frequency characteristics including all the equipment on signal route; ranging from received microphone signal to the produced sound from the speakers. Thus, every single chosen equipment's frequency characteristic has a role in determining the system's overall performance.

On the other hand, when we are talking about acoustic designs, main determinants for the given space's acoustic character are volume and form of the space as well as the amount of absorbents used and the locations those absorbents placed. Concert halls like any other space have a certain design principles and acoustic value intervals.

This research should have some limitations regarding the fact that it is not possible to calculate the overall performance of a sound system. Thus, in this thesis, speaker performances are going to be evaluated as a substitute for the complete sound system. In the beginning, acoustics designs of the exemplary concert hall will be realized to give away the values falling within the international standards. Then, differences between the acoustic performance and electroacoustic results of the halls will be determined after the instalment of appropriate speaker systems.

The aim of this research is determined as to have the hall's acoustic and electroacoustic performances as close as possible to each other. It is within the aim to reach the optimum design and the speaker system per the calculations regarding various acoustics design options and various speaker systems.

The chosen concert hall for the research purposes will be modelled and uploaded to the ODEON simulation software and the data retrieved will be evaluated.

ÖNSÖZ

Konser salonları literatürde fazlasıyla işlenmiş bir konu olmasına rağmen elektroakustik sistemler ve bu sistemlerin akustik ortamdaki performanslarının değerlendirilmesi literatür için yeni bir araştırma alanıdır. Bu noktada akustik-elektroakustik performans değerlendirmeleri, lisans eğitimim aşamasından bu yana ilgimi çeken konulardan olmuştur.

Çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Suat Vergili'ye, Dr. Öğr. Üyesi Serhat Durmaz'a, sevgili Aslı Arıkan Saltabaş'a ve Karakutu Elektroakustik Firması'na teşekkür ederim. Tez çalışmam boyunca tüm imkanlarını bana sunan, öğrettikleri ve yol göstericiliğine minnettar olduğum danışmanım Prof. Dr. Feridun Öziş'e teşekkür ederim.

Ozan KUTLUK

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	ii
TUTANAK	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ	xii

1. BÖLÜM

KONSER SALONLARININ DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

1.1 Temel Parametreler.....	2
1.2 Yenileme Çalışmaları.....	4
1.3 Elektroakustik.....	7
1.4 Tez Kapsamında Değerlendirilecek Parametreler.....	8
1.5 EDT, T 20 ve T 30 Yansıma Süresi.....	8
1.6 D 50 (Defination-Netlik).....	9
1.7 STI(Speech Transmition İndex- Konuşma Aktarım Endexi).....	10

2. BÖLÜM

ODEON VERİ GİRİŞİ

2.1 Salon Modeli ve Yansıma Açıları.....	12
2.2 Malzeme Yerleşimi.....	15
2.2.1 Sahne Portalı.....	15
2.2.2 Emici Arka Panel Uygulama.....	15
2.2.3 Emici Yan Panel Uygulaması.....	16
2.2.4 Yan Panel Uygulama.....	16
2.2.5 Salon Kabuğu.....	17
2.2.6 Yan Duvar Uygulaması.....	18
2.2.7 Salonda Perde Uygulanması.....	18
2.2.8 Sahne Zemin Uygulaması.....	19
2.2.9 Zeminde Halı Uygulaması	19
2.2.10 Tavan Panel Uygulama.....	19
2.2.11 Dinleyici Alanları	20
2.2.12 Emicilik Katsayıları.....	21
2.3 Kaynak Alıcı Lokasyonlarının Belirlenmesi.....	22
2.4 Arka Plan Gürültüsü.....	25

3. BÖLÜM

AKUSTİK ve ELEKTROAKUSTİK ÖLÇÜM SONUÇLARI

3.1 Akustik Ölçüm Sonuçları.....	29
3.1.1 EDT Değerleri.....	29
3.1.2 T20 Değerleri.....	30
3.1.3 T30 Değerleri.....	31
3.1.4 Konuşma Anlaşılabilirliği.....	32
3.1.5 D 50 Sonuçları.....	33
3.2 Elektroakustik Ölçüm Sonuçları.....	36
3.2.1 EDT Değerleri.....	36
3.2.2 T 20 Değerleri.....	37
3.2.3 T30 Değerleri.....	38
3.2.4 Konuşma Anlaşılabilirliği (Speech Transmission Index, STI-Pa).....	39
3.2.5 Netlik, D50.....	40
3.2.6 Elektroakustik Ses Basınç Grafikleri.....	41
SONUÇ.....	44
KAYNAKÇA.....	47
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil1.1 EDT T20 ve T30 grafiği.....	9
Şekil 2.1 Akustik Simülasyon Modeli – Plan Görünümü.....	12
Şekil 2.2 Akustik Simülasyon Modeli – Kesit Görünümü.....	12
Şekil 2.3 Akustik Simülasyon Modeli – Perspektif Görünümü.....	13
Şekil 2.4 Akustik Simülasyon Modeli – Perspektif Kesit Görünümü.....	13
Şekil 2.5 Tavan ve yan yüzey yansıma açıları.....	14
Şekil 2.6 Portal Uygulama Alanı.....	15
Şekil 2.7 Emici Arka Panel Uygulama Alanları.....	16
Şekil 2.8 Emici Yan Panel Uygulama Alanları.....	16
Şekil 2.9 Yan Panel Uygulama Alanları.....	17
Şekil 2.10 Tavan Cam Tülü Kaplı Mineral Yün Uygulama Alanı.....	17
Şekil 2.11 Yan Duvar Uygulama Alanı.....	18
Şekil 2.12 Perde Uygulama Alanı.....	18
Şekil 2.13 Sahne Zemini Uygulama Alanı.....	19
Şekil 2.14 Salon Zemin Alanları.....	19
Şekil 2.15 Tavan Panelleri Uygulama Alanlar.....	20
Şekil 2.16 Dinleyici Alanları.....	20
Şekil 2.17 Kaynak-Alıcı bölgeleri.....	23
Şekil 2.18 Hoparlör Yerleşimi.....	24

Şekil 2.19 Hoparlör sisteminin frekansları bağlı ses yayılımı.....	25
Şekil 2.20 NC Noise Curve-Gürültü Eğrileri.....	27
Şekil 3.1 EDT Dağılım Grafikleri.....	30
Şekil 3.2 T20 Dağılım Grafikleri.....	31
Şekil 3.3 T30 Dağılım Grafikleri.....	32
Şekil 3.4 STI – Dinleyici Alanı Dağılım Haritası.....	33
Şekil 3.5 D50 Dağılım Grafiği.....	34
Şekil 3.6 STI – Dinleyici Alanı Dağılım Haritası	35
Şekil 3.7 EDT Dağılım Haritası @1000Hz.....	37
Şekil 3.8 T20 Dağılım Haritası.....	38
Şekil 3.9 T30 Dağılım Haritası.....	39
Şekil 3.10 STI-Pa – Dinleyici Alanı Dağılım Haritası	40
Şekil 3.11 Salon D50 Dağılım Haritası	41
Şekil 3.12 250-4K Toplam SPL Dağılım Grafikleri.....	42
Şekil 3.13 Akustik parametrelerin simülasyon sonuçları.....	43

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 STI Değer Aralıkları.....	10
Tablo 2.1 Tüm Yüzeylerin Ses Yutma Katsayıları Tablosu.....	21
Tablo 2.2 NC 25– Arka Plan Gürültü Eğrisi.....	26
Tablo 3.1 EDT Süreleri.....	29
Tablo 3.2 T 20 Süreleri.....	30
Tablo 3.3 T 30 Süreleri.....	32
Tablo 3.4 Salon D50 Sonuçları.....	33
Tablo 3.5 Salon EDT Sonuçları.....	36
Tablo 3.6 Salon T20 Sonuçları.....	37
Tablo 3.7 Salon T30 Sonuçları.....	39
Tablo 3.8 Salon D50 Sonuçları.....	40
Tablo 3.9 A Tasarımı Akustik ve Elektroakustik Parametre Sonuçları.....	44
Tablo 3.10 B Tasarımı Akustik ve Elektroakustik Parametre Sonuçları.....	45

1. BÖLÜM

KONSER SALONLARININ DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

1. BÖLÜM

KONSER SALONLARININ DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

Bilimsel bir disiplin olarak oda akustiği üzerine çalışmalar Walter C. Sabine'in laboratuvar incelemeleriyle başlar. 19. yüzyıl sonlarında Harvard Üniversitesi'nde yaptığı araştırmaları sonucunda, günümüzde de temel öneme sahip bir parametre olan yansıma süresini (Reverberation Time, RT) formüle eder. Sabine'i izleyen araştırmacılar, yüz yıl boyunca Neubauer'e dek (1999), malzeme emicilik katsayılarının bir fonksiyonu olan RT formülünün optimize edilmesi ile ilgilenir. Sabine, ünlü formülünden yola çıkarak Boston Symphony Hall'un (1900) akustiğini çalışır; salon otoritelerden büyük övgüler alır. Kısa zamanda akustik uzmanlarının ilgisi de “konser salonları akustiği” ve iyi akustik için gerekli parametrelerin saptanması konularında yoğunlaşmaya başlar.

Araştırmacıların akustik parametrelere olan merakları giderek büyür. Bunları saptamak, yeni bir şeyler söylemek adına duyulan iştahın temelinde mekanlardaki konuşmanın anlaşılabilirliği, konunun uzmanları, orkestra şefleri ve izleyiciler tarafından müzik performanslarının mükemmelliği, onların tartışmasız kabulünün bir yolunu bulmak, formüle etmek yatar. Bu ışığı erken görenlerden biri olan Beranek, 1950 sonrası dünya genelinde incelediği konser salonları ve opera binaları verilerine dayandırdığı akustik parametrelere göre 58 salonu sıralamaya koyar. Sabine'in yüzyılın başında çalıştığı Boston'daki ünlü salon, yıllar sonra rakiplerinin arasından sıyrılıp, Beranek dünya sıralamasında 2. sıraya yerleşecektir (2016: 1549).

1.1 Temel Parametreler

İyi bir akustik için gerekli olan şey, uzun yıllar uygun bir RT ile sınırlı tutulurken geçen yüzyılda yapılan çalışmalar farklı parametrelerin de akustik algı niteliğini önemli ölçüde belirlediği sonucunu ortaya koyar. Ağırlıklı olarak 1950 sonrası yapılan araştırmalar, oda akustiğini öznel değerlendirmenin çok boyutlu bir süreç olduğu ve bunun için RT'nin bile alt bir rol üstlenebileceği gerçeğine dikkat çeker (Kaak, 2013: 1).

Konser salonlarının akustik parametreleri üzerine farklı araştırma grupları, farklı bakış açıları ile ortak bilim platformlarında bir araya gelerek kabul gören akustik değerleri paylaşmayı sürdürür. Dresden grubu (Reichardt, Schmidt, Shultz, Cremer, Kürer), Göttingen grubu (Gottlob, Siebrasse, Eysholdt ve Schroeder), Berlin grubu (Lehman ve Wilkers), Japonya grubu (Hidaka, Maekawa, Morimoto, Okano, Ando) ve Barron, Beranek, Fricke, Gade, Haan, Marshall, Kahle, Farina gibi uzmanlar, hedef parametreleri ve dinleyicilerin öznel yanıtları arasındaki ilişkiyi araştırdıkları bilimsel yayınları kamuoyu ile paylaşırlar (Lacatis vd. 2008: 3198). Zamanla akustik parametrelerin öznel ve nesnel başlık altında toplanması konusunda görüş birliği oluşur. Gerek öznel gerek nesnel, akustik parametrelerin önemli bir bölümü Leo L. Beranek tarafından yıllar içinde ortaya atılmış değerlerdir (Beranek, 2004: 19-35).

Sabine formülünden önce inşa edilmiş konser salonlarının nasıl bu kadar başarılı olabildiği yıllardır akıllardaki soru işaretidir. Geçen yüzyıl içinde, eskimiş ve/veya güzel bulunmayan akustiğe sahip konser salonlarının yenilenmesi çalışmalarında, en az RT kadar önem taşıyan başka büyüklükler de dikkate alınmaya başlar. Bunlar arasında en az RT kadar önemli olduğu anlaşılan 1) ENERJİ PARAMETRELERİ: Abdel Alim tarafından tanımlanan (1973) Netlik (Clarity, C_{80}), anlaşılabilirlik için bir enerji kriteri olan Berraklık (Deutlichkeit, D_{50}) (Thiele, 1953), 1976 yılında Lehmann tarafından tanımlanan sesin gücü Strenght, G; 2) ZAMAN PARAMETRELERİ: emicilik ve hacim ile ilişkilendirilen RT Eyring (1930), Millington (1933), Fitzroy (1959), Kuttruf (1976), Arau (1988), Neubauer (1999), EDT ile Jordan (1970), düşük frekansların yankılanma süresinin orta frekansların oranıyla ilişkili olan BR (Beranek, 1962), tınısal karakterin göstergelerinden Bas Oranı (BR) (Beranek, 1962), salonların “akustik kusur” larına işaret eden bir konuşma belirteci Eko Kriteri (Dietsch, 1986); 3) MEKAN PARAMETRELERİ: Marshall ve Jordan tarafından tanımlanan Barron tarafından geliştirilen ve ses kalitesini yükselten bir parametre Yanal Verimlilik (LE), Yanal Fraksiyon (LF) (1971), sonradan IACC3 formunu tanımlayacak olan Binaural Kalite İndeksi BQI (Keet, 1968), Schröder ve Ando tarafından IACCE, IACCL kulaklar arası çapraz korelasyon IACC (1974) sayılabilir (Lacatis vd., 2008: 3199).

1.2 Yenileme Çalışmaları

Salonları bilimsel disipline göre değerlendirme çalışmaları 1900'lerden sonra giderek popüler hale gelir. İlginçtir, Beranek'e göre küresel boyutta akustik açıdan en başarılı salonlardan ilk üç sırayı 1901 yılından önce yapılan; 19. yüzyılın efsane isimlerini sahnesinde konuk eden Vienna Musikverein (1870), Sabine tarafından çalışılan ünlü Boston Symphony Hall (1900) ve RT tahmin formülü bulunmadan önce tasarlanmış ve üretilmiş (1888) bir salon olan Concertgebouw alır (Beranek, 2016: 1549). Bu salonların üçü de dikdörtgen formundadır ve hafif döşemeli oturma birimlerine sahiptir. Zengin RT değerleri nedeniyle, müziğe genişlik katan erken yanal yansımaların miktarı, orkestra bölümleri arasındaki ton dengesi, sesin yüksekliği, sesin yönelgenliği ve dinleyicileri doyuran dinamikleri ile beğenileri topladığı düşünülür. Ayrıca, ses kalitesi oturma alanlarının yaklaşık % 90'ında neredeyse birbirinin aynıdır. Burada belirtilen akustik parametrelerin enerji, zaman ve mekana ait değişkenler olduğu dikkate alınır, ideal sonuç için salon formu, yansıtıcı bölgeler, ton dengesi, doyurucu ses yüksekliği, sesin istenilen bölgeye yönlendirilmesi gibi temel kurallar olduğu sonucu çıkarılabilir.

Geçen yüzyıl, 1900 öncesi ve sonrasına ait pek çok salon için akustik yenileme çalışmalarına tanık olur: Galler Prensi'nin 1870'de açış konuşmasını yaptığı ve konuşmasının salonda çınlamaya neden olduğu yönünde eleştirilere tanıklık eden Royal Albert Hall (RAH); oda müziği için Avrupa'nın en iyilerinden biri kabul edilen, savaş yıllarında ünlü Alman piyano üreticisi Bechstein tarafından performans salonu olarak kullanılan Wigmore Hall (WH); akustiği adeta "felaket" olarak nitelendirilen ve sonunda (2005) neredeyse yeniden inşa edilen Düsseldorf Tonhalle (DT); 1991 yılında detaylı bir akustik çalışma ile ünlü akustikçiler Beranek, Hidaka ve Ando rehberliğinde önemli düzeyde bir akustik özellik kazandırılan Tokyo Opera City Hall (TOC); New York Filarmoni'nin salonu olarak yıllarca kullanılmış Beranek, Bolt ve Newmann rehberliğinde düzeltilmeye çalışılan, akustiği için çok fazla olumsuz eleştiriye karşı inatla direnen Avery Fisher (yeni adıyla da ünlü David Geffen Hall) ilgi çekici birkaç örnektir.

Yenileme çalışmaları için ele alınan bu ve benzeri salonlarda düzeltilmeye çalışılan akustik kusurlar her salonda birbirini tekrarlar gibidir. Temel akustik sorunlar adına; salon formu ve yanlış tavan hareketleri nedeniyle kötü akustik geri dönüşler, sahne konumu ve izleyici ile olan iletişim dengesizliği, paralel ve uzak yüzeylerden kaynaklanan tekrarlı eko sorunları, uygun olmayan tavan formu nedeniyle odaklanmalar, genel ses gücünde düşüşler, anlaşılabilirlik kayıpları, sesin yönelme açılarındaki kontrolsüzlükler, denetimsiz yanal enerjilerin müzikal doku üzerindeki hasarları, uygun seçilmemiş oturma ünitelerinin emicilik üzerindeki olumsuz etkileri, arka plan gürültülerinin anlaşılabilirlik üzerindeki baskısı, anlaşılabilirliğin yıkımı sayılabilir. Bunların hepsi akustik adına ciddi sorunlar oluşturur.

RT'nin en önemli parametre oluşu ve salonun emiciliğinin bir fonksiyonu olmasından yola çıkarak başlatılan, 1871 yapımı RAH'ın yenileme çalışmalarında balkon, sıralar ve koro bölümündeki koltuk değişimleri, emilimi düzenlenmiş döşeme malzemeleri, tavana yerleştirilen emici mantar formu difüzörler, değiştirilen sahne düzeni tümüyle kontrolden çıkan emicilik oranlarını kontrol altına alma çabalarının tablosunu çizer (Metkemeijer vd, 2002: 59). Benzer biçimde WH'de yapılan değişiklikler de özellikle oturma birimlerinin yenilenmesi, duvar panellerinde emicilik düzenlemeleri, kontrolsüz yansımaların düzenlenmesi aynı kaygıları taşır (Wulfrank, 2006: 257).

Salon, özellikle de tavan formu ciddi problemlere yol açabilir. RAH'ın tavanında gerçekleştirilen düzenlemeler, orijinal formundaki tente tavan (velarium) yapısından mantar yüzeyli tavan hareketlerine dönüştüren zorlu süreç, yanlış bir tavan yapısının nelere mal olabileceğini açıkça ortaya koyar (Metkemeijer vd, 2002: 57). Deneyimler “yuvarlak sahne” özelliği taşıyan ve/veya “Üzüm Bahçesi” (vineyard) formu salonlarda sahne üzeri kanopi uygulamalarının kaçınılmaz olduğunu gösterir. Öte yandan kubbe formunda bir tavan, oval bir salon, 17m'den uzun bir duvar odaklanma ve tekrarlı eko sebebi hatta başka akustik parametrelerin de bozulma nedenidir. Bu konu RAH ve DT salonlarının tavan formlarında yapılan değişikliğin de temel nedenini oluşturmuştur. Artec Akustik danışmanı Tateo Nakajima'ya göre, “salon ve sahne formu sanatçı-izleyici ilişkisi için iyi bir anahtardır; izleyiciler sanatçılara ne

kadar yakınsa, sesi de o kadar iyi algıladıklarını düşünürler” (Steinway, 2013: 84). Ancak sorunlar sadece form veya RT ile bitmez.

Sahneden gelen müziğin tüm izleyici alanlarına dengeli biçimde ve yeterli güç (G) düzeylerinde dağıtılması, bu konu özelinde yaşamsal öneme sahiptir. Klasik müziğin ppp-fff arası dinamiklerinin 25-90 fon arasında (orta frekanslarda yaklaşık 60-70 dB) olduğu dikkate alınır, gözler arka plan gürültü düzeyine çevrilir. Havalandırma sistemleri, özensiz ve yanlış mimari bölme elemanları, ezbere akustik reflektör kullanımları, uygunsuz duvar kaplama malzemeleri gibi tercihler arka plan gürültüsünü artıran ilave ses oluşumları sağlayabilir, müziğin ppp geçitlerinde kaliteyi bozabilir. Öyleyse arka plan gürültüsü önemli konuların başında yer almalıdır. Seyircilerce karşılanması gereken enerji düzeyinin 90 dBA değerini aşması pek önerilmez (Long, 2005: 614). Başka bir deyişle en düşük düzeydeki müzik performanslarında bile, akustik “Net”liği sağlayabilmek adına salonun dinamik alanın olabildiğince geniş olması sağlanmalıdır. Yapılması gereken ilk iş arka plan gürültüsü üzerinde tam kontrolü sağlamaktır. Arkaplan düzeyi yüksek bir salonda, elektronik destek varsa, sesi yükseltmek adına yaygın tercih gören çözüm toplam etkinlik gücünü elektronik olarak yükselterek arkaplanın üzerine çıkabilme çabası olacaktır. Toplam ses düzeyinde yapılacak 3 dB'lik bir artış, orkestra büyüklüğünün iki katına eşdeğerdir. Emici ve yansıtıcı döşemeye sahip koltukların bulunduğu salonlarda G değerleri arasında 1,5 dB kadar düşüş görülebilir (Beranek, 2016: 1552). Bradley ve Soulodre salonlarda düşük frekanslardaki bas algısının RT ile değil G ile doğrudan ilgili olduğunu (Bradley, 1997: 3136), Beranek ise erken yansımalar, ses alanları, müziğin dinamikleri ve oturma kapasitesinin de mutlaka kontrol altında tutulması gerektiğini vurgular (2016: 1554).

Yukarıda anılan salonlar, akustik yenileme çalışmalarına birer örnektir. Bu salonlar zorlu yenileme süreçlerini uzmanların desteği ile aşarak uygun akustik değerlere kavuşturulmuştur. Ancak değişen ihtiyaçlar doğrultusunda bugün bu salonlarda elektronik ses üreten, destekleyen sistemler kuruludur.

1.3 Elektroakustik

Salford Üniversitesi öğretim üyesi ve akustik uzmanı Trevor Cox’a göre, “akustik tasarım bilimi önemli ölçüde değişmedi ancak araçları değişti” (Steinway, 2013: 85). Elektronik ekipmanlar yardımı ile bir salonda homojen ses dağılımını sağlamaya çalışmak, onlarca loudspeaker ile müzikal tınılar üzerinde oynamak, klasik müzikçiler tarafından uzun yıllar kabul görmedi, akustik tınılara alışkın bir orkestranın elektro-akustik tını karışımını kolayca kabullenmesi de beklenmiyor kuşkusuz. RAH gibi 5000 üzerinde oturma kapasiteli bir salonun her bölgesinde dengeli bir sound elde etmenin zorluğu gayet açıktır. Böyle bir salonda orkestra üyelerinin sayısını iki katına çıkartmak ancak sesi ikiye katlayabilirse de efektif bir çözüm olduğu tartışılır. Bu nedenle belirli salon ve belirli etkinlik tiplerinde elektroakustik destek kaçınılmaz hale gelir.

Marshall Long’a göre (2006:611) iyi tasarlanmış bir ses sisteminde şunlar bulunmalıdır:

- Müzik için uygun bir loudness düzeyi sağlanmalı,
- Kapsama alanı hem mekânsal hem ilgili frekans aralığında üniform olmalı,
- Feedback öncesi maksimum kazanç sağlanmalı,
- Sesin özgün lokalizasyon yanılması bozulmamalı,
- Ses yankı, tarak filtre, uzun tekrarlar gibi akustik kusurlardan arındırılmalı,
- Ses sistem tasarımı mimariye uygun olmalıdır.

Elektroakustik sistemler genelde çok kuru kabul edilen konser salonlarına kurulur. Diğer bir nedeni ise, genelde düşük bütçeli toplumlarda/projelerde çözüm üretmek adına tercih edilen çok amaçlı salonlara duyulan ihtiyaçtır. Özellikle küçük yerleşim yerlerinde çok amaçlı bir salon pratiktir çünkü tiyatro oyunları, pop müzik ve

klasik müzik ya da opera için farklı akustik koşullara ihtiyaç duyan bir mekân olarak kullanılabilir (Samodra, 2018: 246).

Bu koşullara sahip salonlarda elbette ortak ve uygun bir akustik cevap yakalamak neredeyse olanaksızdır. Elektronik ses sistemlerinden yardım almak RT ile G ve LFE değerlerini optimum düzeye çekmek, yansımaları kontrol altında tutmak, müzikal tınların içeriğini değiştirmeden, dokuyu bozmadan, lokal ses yönlendirme ve istenen güç düzeylerine yükselterek iletmek için büyük kolaylık demektir.

Akustik uzman Nakajima'ya göre “canlı ortam hiçbir zaman Hi-Fi'nin evdeki ses kalitesini yakalayamaz ancak bunun karşılığında farklı bir şey sunar; salonlarda algıladığımız işitsel şey belirli bir kaliteye ulaştığında, artık kaliteden bahsetmediğimiz, kişilikten bahsettiğimiz başka bir şey başlar”.

1.4 Tez Kapsamında Değerlendirilecek Parametreler

Akustik tasarım değerlendirilme kriterleri akustik literatüründe uzun zamandır çalışılan bir alandır. Bu noktada yapılan çalışmalar belirli standart kuruluşları tarafından belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar büyük salon olarak değerlendirilen hacimlerin parametrelerinin neler olduğu ve bu parametrelerin olması gereken değer aralıkları belirlenmiştir.

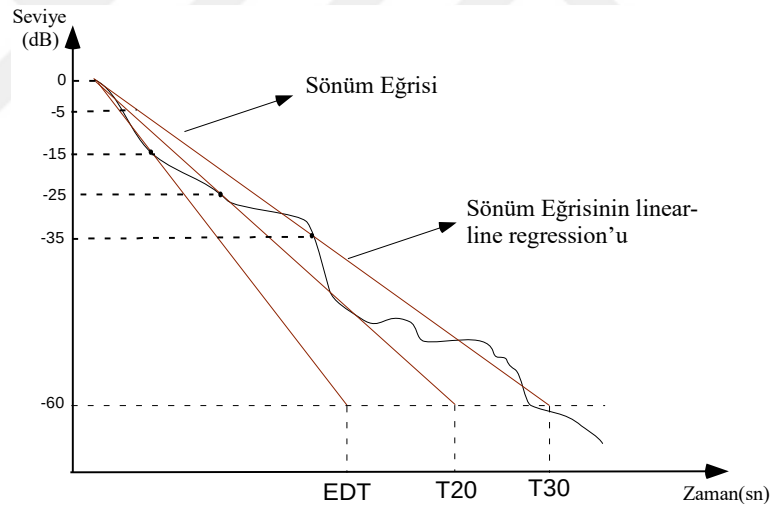
Bu tez kapsamında bu parametrelerden kısaca bahsedilecek ve olması gereken değer aralıkları üzerinden tasarımılanan salonun sonuçları değerlendirilecektir.

1.5 EDT, T 20 ve T 30 Yansıma Süresi

Yansıma süresi sesin, kaynak kapatıldıktan sonra 60 dB düşmesi için geçen süre olarak değerlendirilir ve literatürde kapalı alanların temel değerlendirme kriteridir. Tüm salonlar kendi ihtiyaçları doğrultusunda bir yansıma süresine sahiptir. Genel bir yaklaşımla konuşma alanlarında daha düşük yansıma süresine ihtiyaç duyulurken, müzik sinyali kayıt ve ev ortamları haricinde daha yüksek yansıma süresine ihtiyaç duyar. Bu müzikal kalitede hacim hissini önemli olmasından kaynaklanır. Konuşmada

düşük olma nedeni ise yüksek yansım sürelerinin hecelerin anlaşılmasını zorlaştırarak konuşma anlaşılabilirliği düşürmesidir.

Yansım süresi (RT60) sesin 60 dB’lik sönümü hakkında bize fikir verirken, ilk yansımaların öneminin ortaya çıkması sönüm eğrisinin daha detaylı incelenmesi gereğinde beraberinde getirmiştir. Bu noktada sönüm eğrisinin ilk 10-20 ve 30 dB’lik düşüş eğimleri önem kazanmıştır. Eğrini ilk 10 dB’lik düşüş eğiminin 60 dB’ye tamamlanmasıyla elde edilen parametra EDT(early decay time) olarak adlandırılır ve salonların temel değerlendirme kriteridir. Ayrıca 20 dB’lik düşüş eğiminden elde edilen T20 ve 30 dB’lik düşüş eğiminden elde edilen T30 parametreleri sönüm eğrisinin bu bölümü hakkında fikir sahibi olmamızı sağlar.



Şekil1.1 EDT T20 ve T30 grafiği

1.6 D 50 (Defination-Netlik)

Netlik, D50, parametresi, konuşmada ve aynı zamanda şarkı içindeki hecelerin netliğini ölçmek için kullanılmaktadır. D50 parametresi, alıcı noktasına doğrudan gelen sesin varışından sonraki ilk 50ms içinde ulaşan sesin enerjisinin bu noktaya ulaşan tüm ses enerjisine oranı ile bulunur.

1.7 STI (Speech Transmission Index- Konuşma Aktarım Endeksi)

Literatürde yaygın olarak kullanılan konuma anlaşılabilirliği parametresi STI'dır. Bu endex konuşma anlaşılabilirliğini 0-1 arasında çok kötü-çok iyi olarak değerlendirir. Parametre büyük ve küçük hacimlerde konuşma sinyalinin dinleyici noktasında nasıl anlaşıldığının belirlenmesinde en önemli akustik kriterdir. 0.6 değerinin üstünde çıkan değerler konuşma anlaşılabilirliğinin o hacimde iyi olduğunu belirtmektedir.

Tablo 1.1 STI Değer Aralıkları

Intelligibility (and its inverse, Speech Privacy)	Speech Transmission Index (STI) or Rapid Speech Transmission Index (RASTI)	Speech Intelligibility Index (SII or SI)
Perfect intelligibility (no privacy)	1.0	100%
Excellent intelligibility	≥ 0.80	$\geq 98\%$
Very good intelligibility	0.65–0.80	96%–97%
Good intelligibility	0.50–0.65	93%–95%
Fair intelligibility (poor speech privacy)	0.40–0.50	88%–92%
Poor intelligibility	0.30–0.40	80%–87%
Bad intelligibility (good speech privacy)	< 0.30	$< 80\%$
Completely unintelligible (confidential)	0	0%

2. BÖLÜM

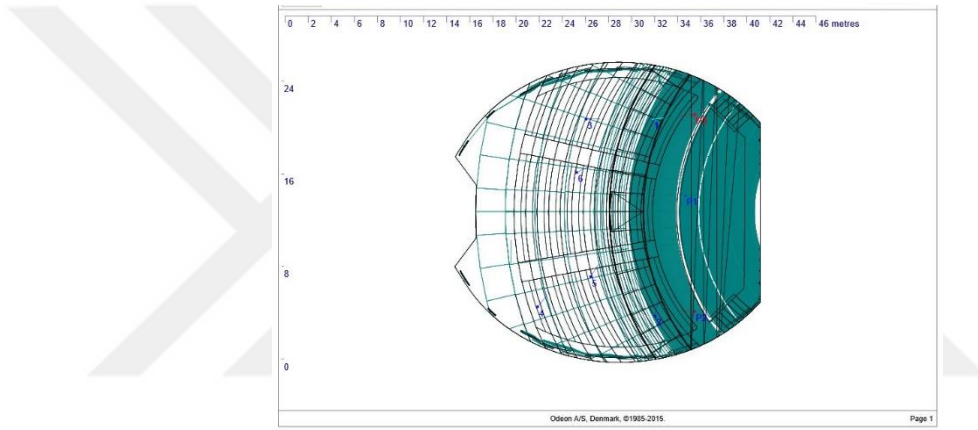
ODEON VERİ GİRİŞİ

2. BÖLÜM

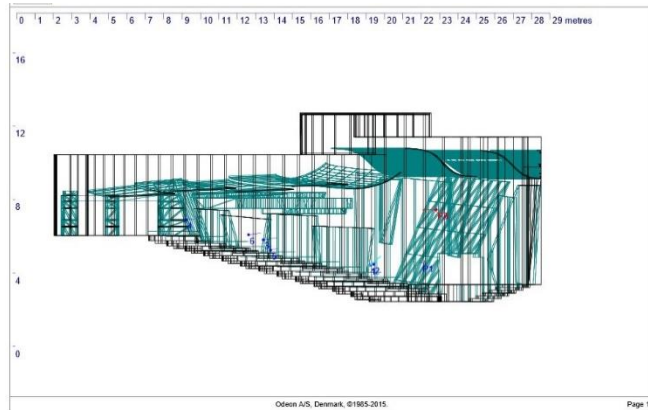
ODEON VERİ GİRİŞİ

2.1 Salon Modeli ve Yansıma Açıları

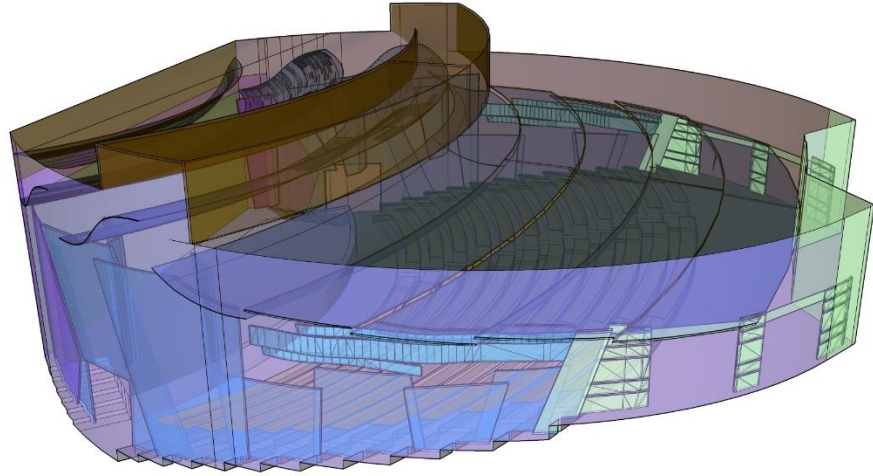
Salon Sketch up programında modellenerek üç boyutlu olarak modellenmiştir. Daha sonra bu model Odeon 10 akustik yazılımına aktarılmış ve çözümler bu model üzerinden gerçekleştirilmiştir.



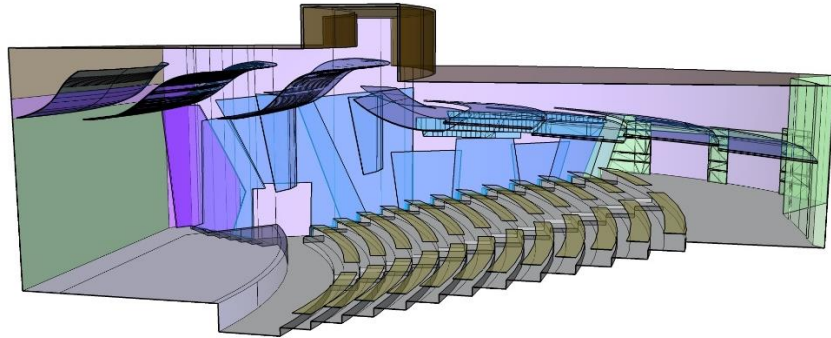
Şekil 2.1 Akustik Simülasyon Modeli – Plan Görünümü



Şekil 2.2 Akustik Simülasyon Modeli – Kesit Görünümü

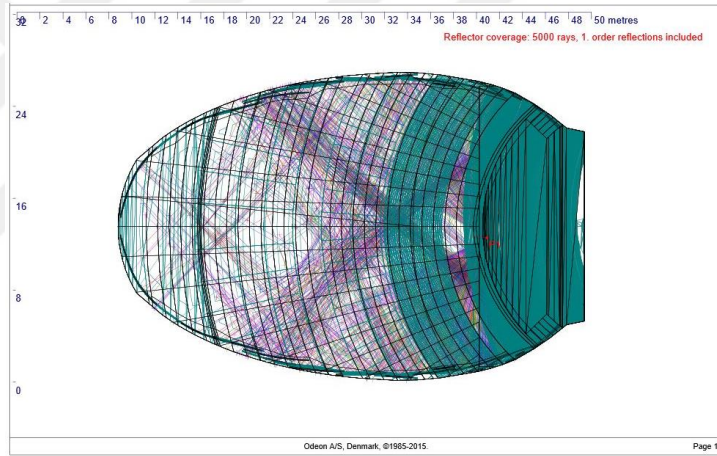
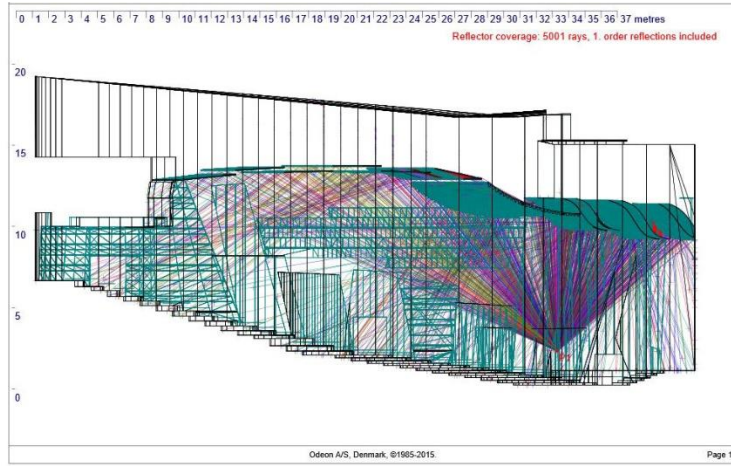


Şekil 2.3 Akustik Simülasyon Modeli – Perspektif Görünümü



Şekil 2.4 Akustik Simülasyon Modeli – Perspektif Kesit Görünümü

Salon modeline bağlı tavan ve yan yüzey yansıma yönleri Şekil x ve y de belirtilmiştir. Salon tavan ve yan yüzey formu dinleyici alanına maximum oranda ilk yansıma elde edilecek şekilde tasarlanmıştır. Yan yüzeylerde salon formundan kaynaklanan iç bükey eğimin bağlayıcılığı bu alana net bir müdahale yapılmasını engellemiştir.

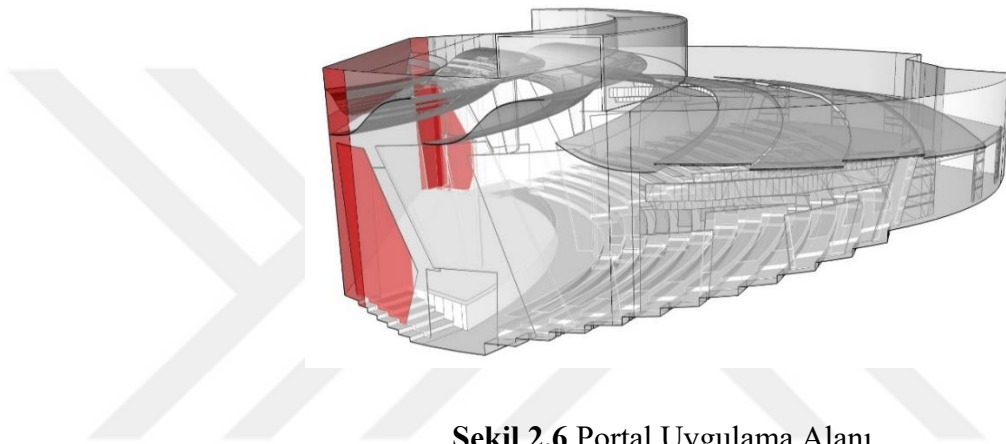


Şekil 2.5 Tavan ve yan yüzey yansıma açıları

2.2 Malzeme Yerleşimi

2.2.1 Sahne Portalı

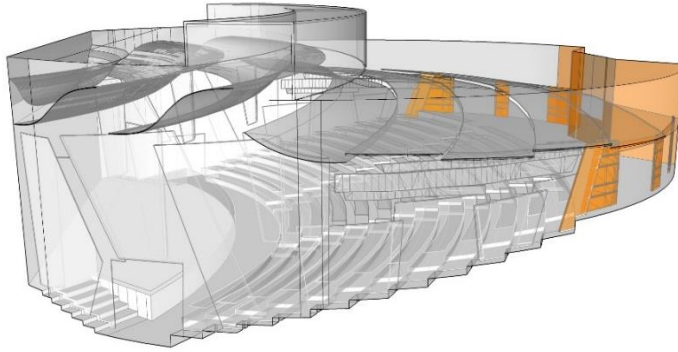
Salon portalında malzeme olarak 3mm delikli ve aks aralığı 32 mm olan MDF panel uygulanmıştır. Panel arkasına bass frekansların emiliminin sağlanması nedeniyle 50 kg/m³ taş yünü uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu sayede geniş bant bir emici elde edilmiştir.



Şekil 2.6 Portal Uygulama Alanı

2.2.2 Emici Arka Panel Uygulama

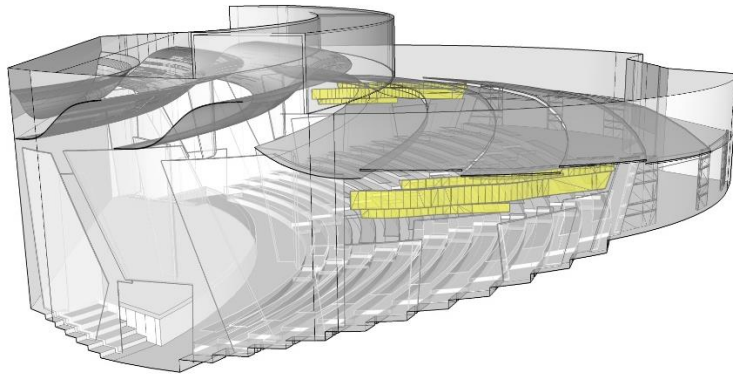
Konser salonlarının temel tasarım parametrelerinden biride salonun arka duvarından yansıma istenmemesidir. Bu yansımalar sesin alacağı yolun uzunluğu düşünüldüğünde echo problemlerine yol açmaktadır. Bu nedenle salon arka duvarında yüksek oranda emici malzemeler kullanılmalıdır. Örnek salonda 8mm delikli aks aralığı 16 mm olan MDF panel arkasına 50 kg/m³ yoğunlukta taş yünü yerleştirilerek tasarlanmıştır.



Şekil 2.7 Emici Arka Panel Uygulama Alanları

2.2.3 Emici Yan Panel Uygulaması

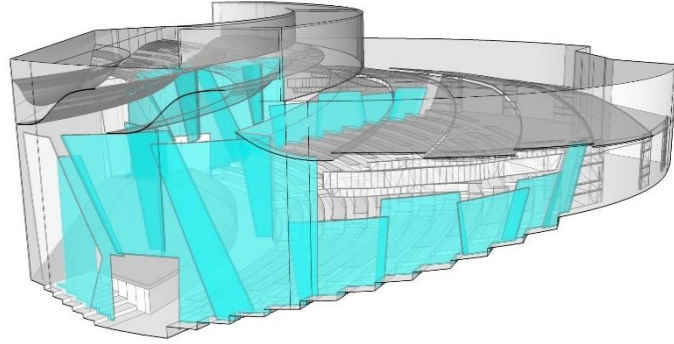
Salon yan üst bölüme yansıma süresi kontrolü amacıyla yüksek emicilik miktarına sahip emici yerleştirilmiştir. Bu malzeme 8mm yarıklı ve 58 mm aks aralıklı 8mm MDF'dir.



Şekil 2.8 Emici Yan Panel Uygulama Alanları

2.2.4 Yan Panel Uygulama

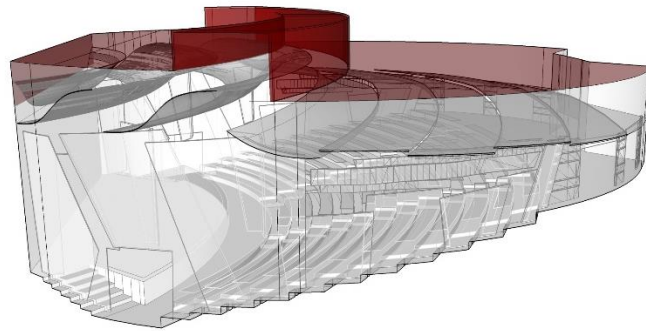
Salonun yan panelleri yayılım sağlaması açısından düşük emicilik katsayısına sahip malzemeyle kaplanmıştır. Salonda yan paneller akustik simülasyon programına ahşap olarak olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.9 Yan Panel Uygulama Alanları

2.2.5 Salon Kabuğu

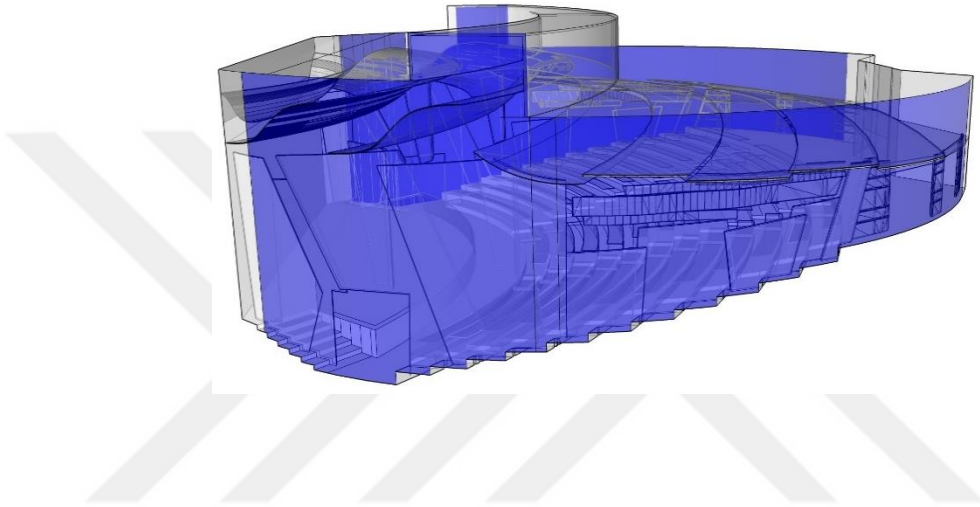
Salonun tavan bölümünün üstünde kalan kabuk bu bölümden yansıma istenmemesi sebebiyle yüksek oranda emici malzemeye kaplanmıştır. Salon tavanı cam tülü kaplı mineral yünü 50 mm kalınlığında ve 48kg/m³ yoğunluğunda taş yünü malzeme ile kaplanmıştır.



Şekil 2.10 Tavan Cam Tülü Kaplı Mineral Yün Uygulama Alanı

2.2.6 Yan Duvar Uygulaması

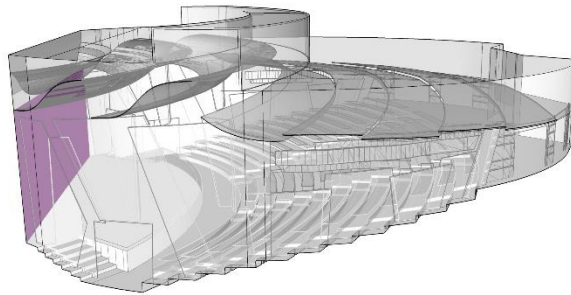
Salon yan duvarları proje detayında olduğu gibi beton malzeme olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.11 Yan Duvar Uygulama Alanı

2.2.7 Salonda Perde Uygulanması

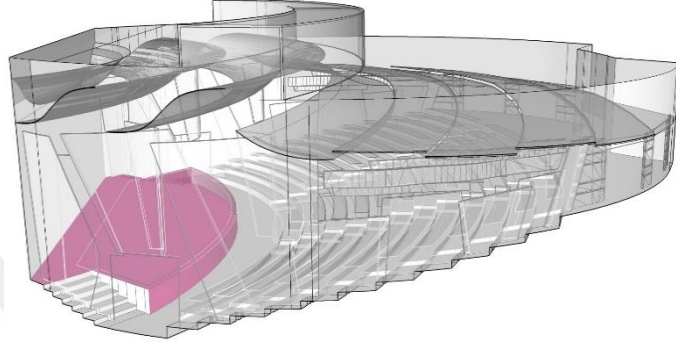
Salonda akustik emici nitelikli sahne perdesi uygulanması öngörülmüştür. Perde uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiş olup malzemeye ait emicilik detayları akustik veriler başlığındaki “ses yutma katsayısı” tablosunda verilmiştir.



Şekil 2.12 Perde Uygulama Alanı

2.2.8 Sahne Zemin Uygulaması

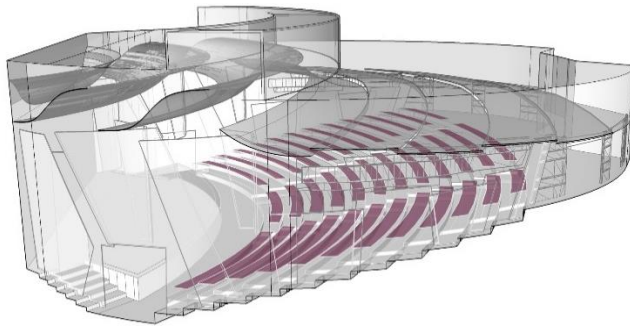
Salon zemini farklı etkinliklere uygun ahşap malzeme ile kaplanmıştır.



Şekil 2.13 Sahne Zemini Uygulama Alanı

2.2.9 Zeminde Halı Uygulaması

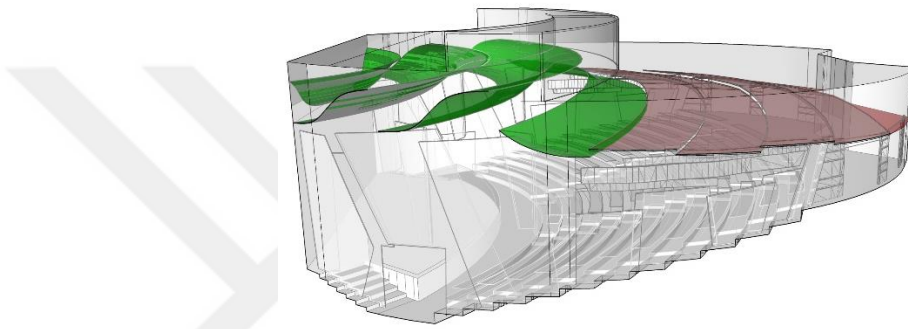
Salonda zemin akustik emici nitelikli halı uygulaması öngörülmüştür. Zemin uygulama alanları aşağıdaki görselde renklendirilerek verilmiştir.



Şekil 2.14 Salon Zemin Alanları

2.2.10 Tavan Panel Uygulama

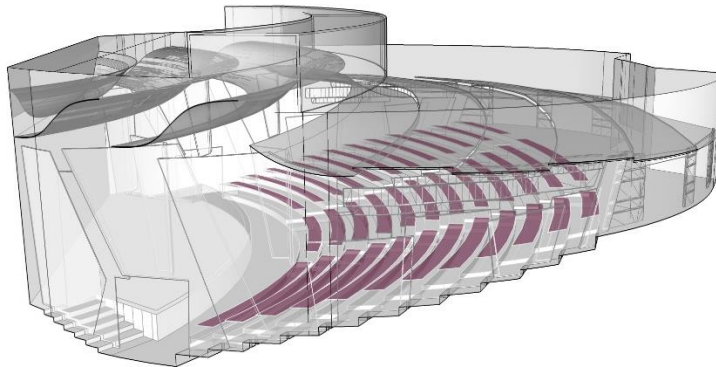
Salonun tavan malzemesi bu bölümden yansıma elde edilmesi açısından yansıtıcı malzemeye kaplanmıştır. Salonda aşağıda yeşil ile renklendirilmiş olan tavan panelleri akustik simülasyon programına fiber alçı plaka (CTP), kırmızı ile renklendirilmiş olan tavan bölümleri düz alçı – plaka olarak girilmiştir



Şekil 2.15 Tavan Panelleri Uygulama Alanlar

2.2.11 Dinleyici Alanları

Salondaki seyirci koltukları akustik simülasyon programına döşeme kaplı sabit koltuk olarak girilmiştir. Simülasyon sonucu salon dolu haliyle alınmıştır.



Şekil 2.16 Dinleyici Alanları

2.2.12 Emicilik Katsayıları

Salonda kullanılan malzemelerin emicilik katsayıları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 2.1 Tüm Yüzeylerin Ses Yutma Katsayıları Tablosu

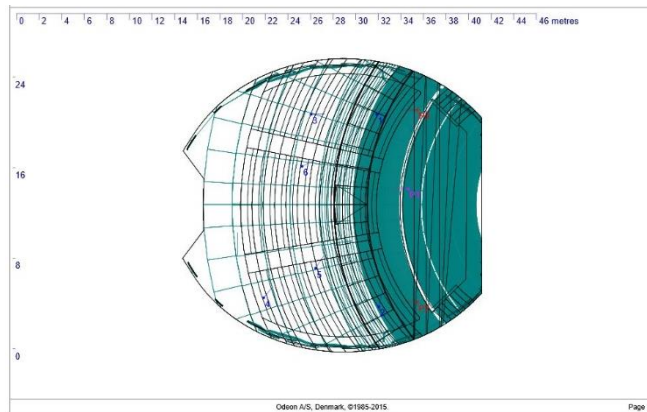
Malzeme Türü	Ses Yutma Katsayısı, α						
	125H z	250Hz	500Hz	1000H z	2000H z	4000H z	
Tavan	Cam Tülü Kaplı Mineral Yün 50 mm – 48kg/m ³	0.29	0.65	1	1	1	1
Duvar	Duvar	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08
Perde	Emici Perde	0.3	0.45	0.65	0.56	0.59	0.71
Sahne Portal	3/32 delikli panel arkası 100kg/m ³ 50mm	1	0.38	0.13	0.04	0.01	0.00
Sahne Zemin	Ahşap	0.19	0.14	0.09	0.06	0.06	0.05
Salon Zemini	Halı	0.15	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02
Dinleyici	Kumaş Kaplı Koltuk	0.72	0.80	0.86	0.89	0.90	0.90
Tavan Panel	Fiber Alçı	0.19	0.14	0.09	0.06	0.06	0.05
Tavan Panel	Alçı-plaka	0.19	0.14	0.09	0.06	0.06	0.05

Yan Duvar Panel	Ahşap	0.19	0.14	0.09	0.06	0.06	0.05
Emici Yan Panel	8mm yarıklı 58mm aks açıklı 8mm MDF arkası 100mm kalınlığında 50kg/m ³ taş yünü	0.84	0.66	0.68	0.68	0.53	0.30
Arka Duvar	8/16 delikli MDF 50kg/m ³ 50mm taş yünü	0.45	0.73	0.74	0.88	0.90	0.64

2.3 Kaynak Alıcı Lokasyonlarının Belirlenmesi

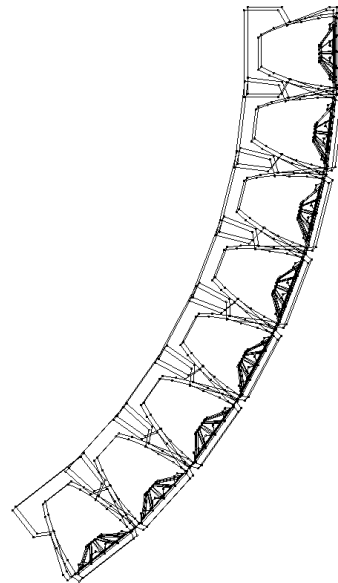
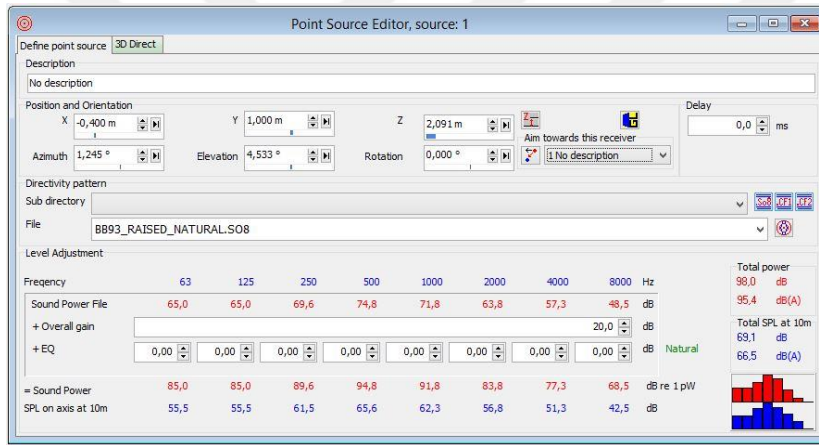
Odeon simülasyon programında kaynak ve alıcı yerleşimi gerçekleştirilmiştir. Bu noktada kaynak olarak salonun konuşma amaçlı tasarlanması dolayısıyla ilk senaryo olan akustik ölçümleme için Raised Natural ses kaynağı yerleştirilmiştir. Bu kaynağa 20 dB’lik bir kazanç verilerek bu ortamlardaki ortalama ses seviyesi yakalanmaya çalışılmıştır.

Alıcı bölgelerinin belirlenmesinde genel amaç alanın tümünü tanımlayacak şekilde bir yerleşimdir. Şekil 2.19’da belirtildiği üzere 6 adet alıcı salonun geneline yayılmıştır.

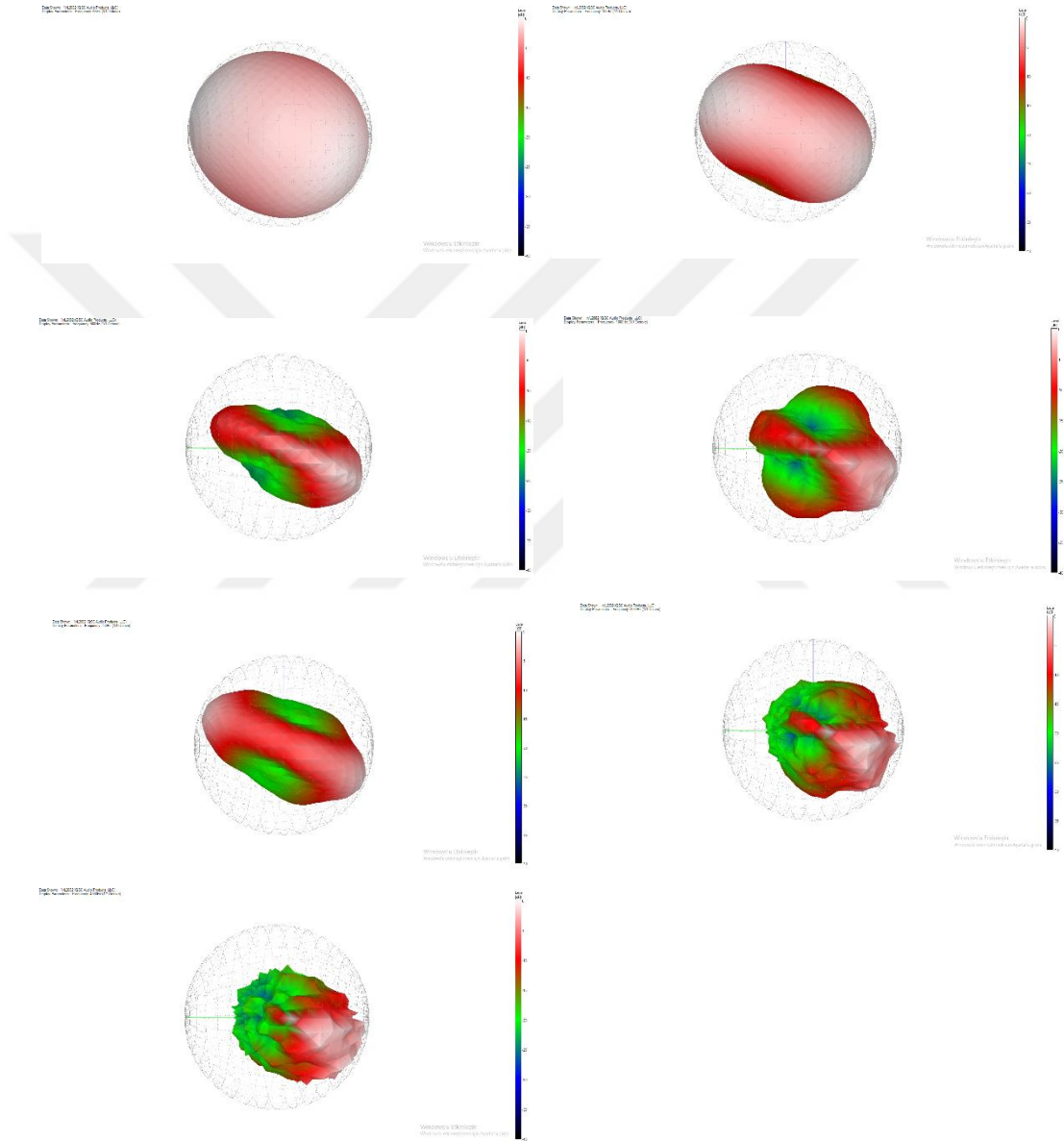


Şekil 2.17 Kaynak-Alıcı bölgeleri

İkinci senaryo olan ses destek sistemi tasarımı gerçekleştirilmiş ve kaynak olarak atanmıştır. Salonda iki adet QSC marka WL2082 model 8'li Line Array hoparlör sistemi kullanılmıştır. Array hoparlörlerin simülasyon pozisyonları, dizilişi ve frekansa bağlı olarak yönsellikleri aşağıda belirtilmiştir. Hoparlörlerin ses seviyeleri üretmeye tasarlandıkları maximum değer yakalanarak yazılıma girilmiştir. bağlı olarak yönsellikleri aşağıda belirtilmiştir. Hoparlörlerin ses seviyeleri üretmeye tasarlandıkları maximum değer yakalanarak yazılıma girilmiştir.



Şekil 2.18 Hoparlör Yerleşimi



Şekil 2.19 Hoparlör sisteminin frekansları bağı ses yayılımı

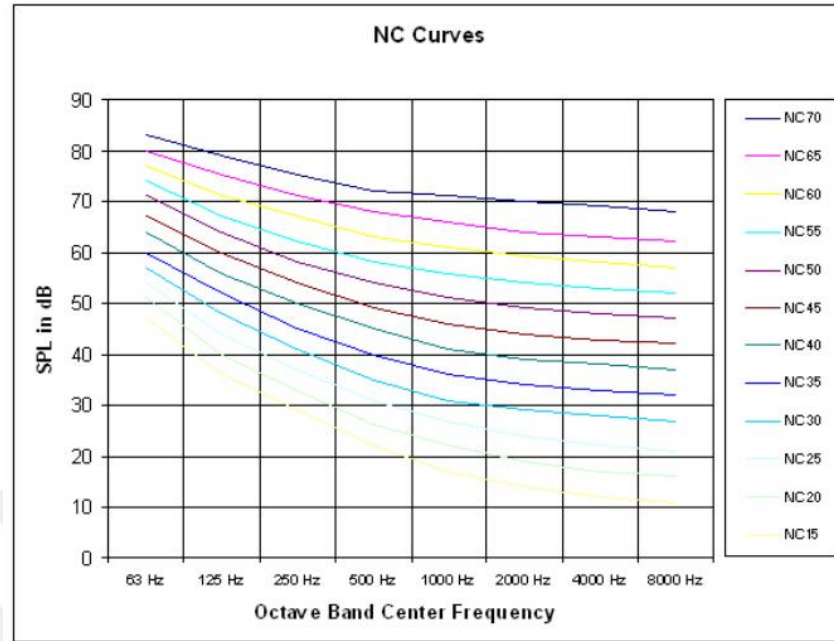
2.4 Arka Plan Gürültüsü

Arka plan gürültüsü, Gürültü Eğrileri (Noise Curve) ile tanımlanmakta olup havalandırma sistemi ve asansör, mekanik tesisatlar vb. diğer bina hizmetlerinden kaynaklanan gürültüyü kapsamaktadır. Bu tip salanlar için öngörülen gürültü eğrisi NC25 olup frekans bazındaki gürültü karakteristiği aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 2.2 NC 25– Arka Plan Gürültü Eğrisi

NC 25								
Oktav Merkez (Hz)	Bandı Frekansı	3	25	50	00	000	000	000
Ses Basınç Seviyesi SPL (dB)		4	4	7	1	7	4	2
								1

Akustik Tasarım için yapılan simülasyonda yukarıdaki NC25 gürültü eğrisi değerleri, arka plan gürültüsü olarak uygulanmıştır. Şekil 1’de farklı gürültü eğrilerinin grafikleri görülmektedir.



Şekil 2.20 NC Noise Curve-Gürültü Eğrileri

3. BÖLÜM

AKUSTİK ve ELEKTROAKUSTİK ÖLÇÜM SONUÇLARI

3. BÖLÜM

AKUSTİK ve ELEKTROAKUSTİK ÖLÇÜM SONUÇLARI

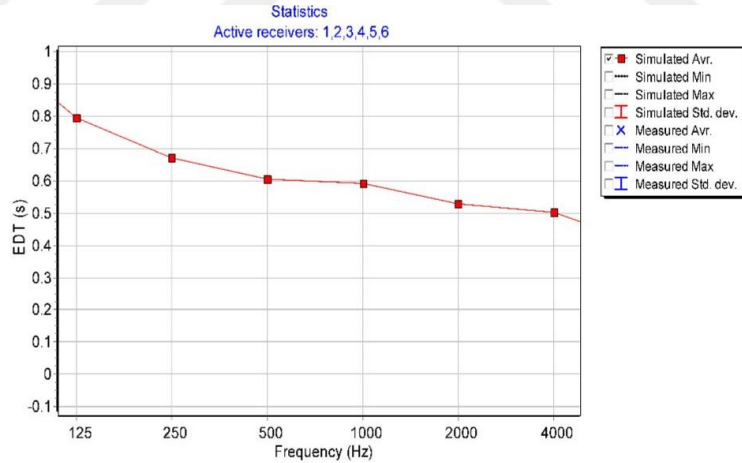
3.1 Akustik Ölçüm Sonuçları

3.1.1 EDT Değerleri

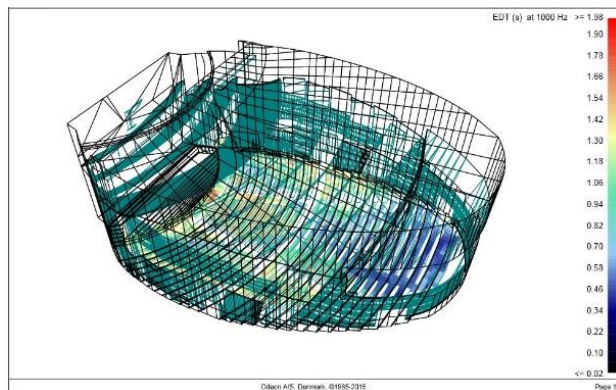
EDT parametreleri analiz edildiğinde bu değerlerin literatürde yer alan değerler aralığında olduğu görülmektedir. 500-1 K frekanslarındaki ortalama 0.72 olarak çıkmaktadır. Bu değer konferans salonlarının değer aralığında bulunmaktadır. Dağılım grafikleri incelendiğinde dağılımın salonun tüm bölgelerinde eşit olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1 EDT Süreleri

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
-----------------	-----	-----	-----	------	------	------



EDT (s)	0.79	0.74	0.72	0.72	0.67	0.60
---------	------	------	------	------	------	------



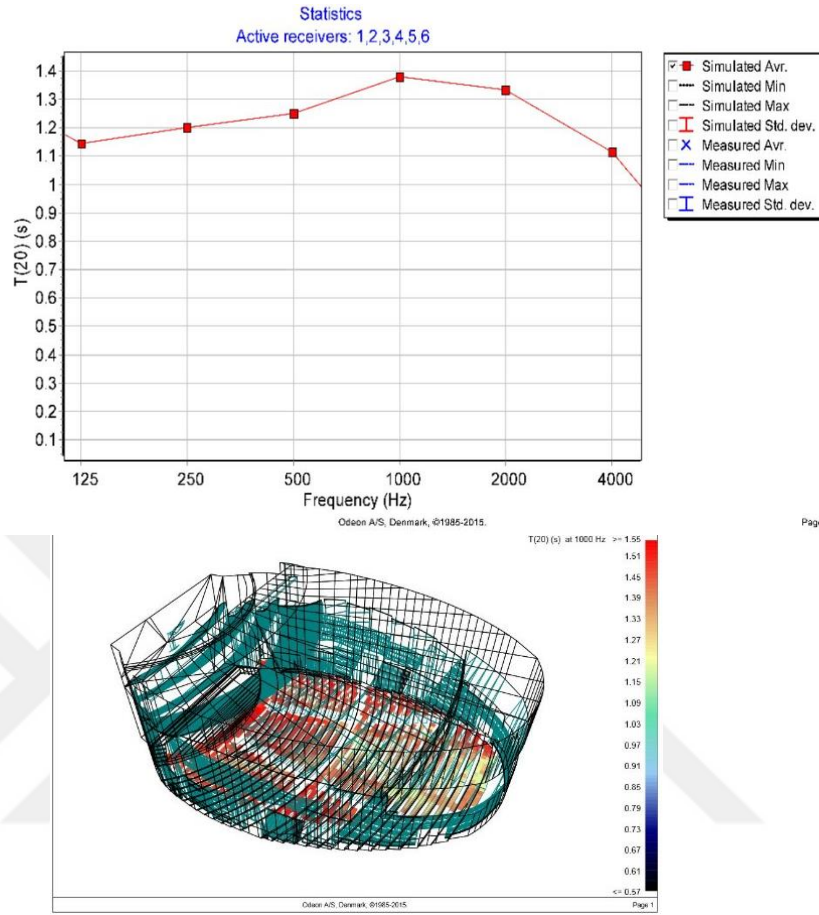
Şekil 3.1 EDT Dağılım Grafikleri

3.1.2 T20 Değerleri

T20 değeri yine yansıma süresinin 20 db'lik bölümünün düşüş eğimi hakkında fikir vermektedir. Bu değerle ilk yansımaların nasıl kulağa ulaştığını açıklar. Elde edilen değerler incelendiğinde 500-1K ortalamasının 1.31 seviyesinde olduğu gözlemlenmiştir. Dağılım grafikleri incelendiğinde dağılımın salonun tüm bölgelerinde eşit olduğu görülmektedir.

Tablo 3.2 T20 Süreleri

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T20 (s)	1.15	1.20	1.25	1.38	1.33	1.11



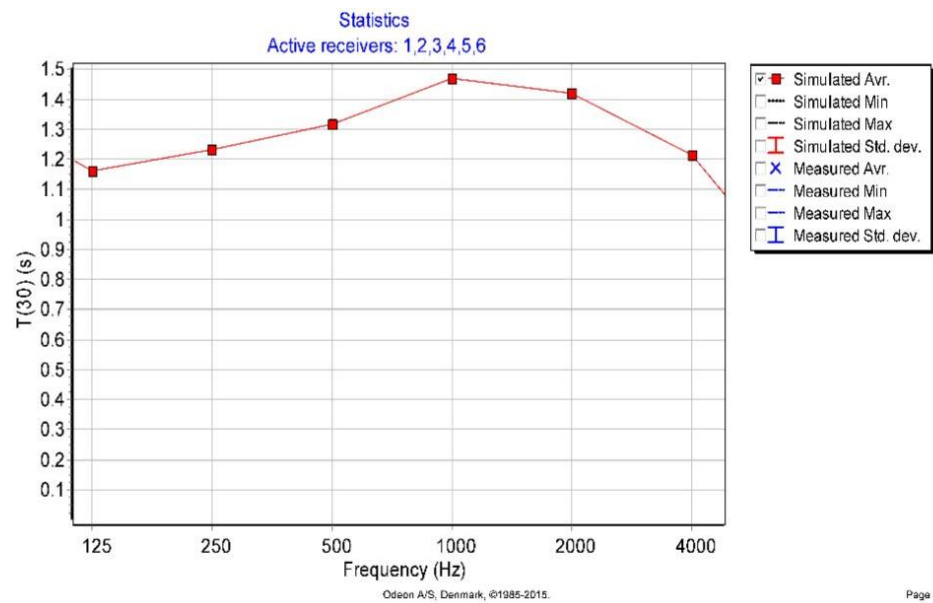
Şekil 3.2 T20 Dağılım Grafikleri

3.1.3 T30 Değerleri

T30 değeri sönüm eğrisini 30 db'lık bölümünün düşüş eğimini açıklar. Elde edilen değerler incelendiğinde 500-1K ortalamasının 1.18 seviyesinde olduğu gözlemlenmiştir. Dağılım grafikleri incelendiğinde dağılımın salonun tüm bölgelerinde eşit olduğu görülmektedir.

Tablo 3.3 T 30 Süreleri

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
-----------------	-----	-----	-----	------	------	------

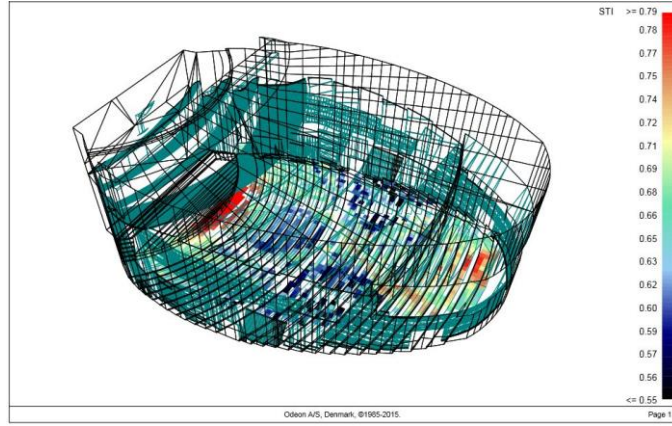


T30 (s)	1.35	1.40	1.32	1.04	1.28	1.19
---------	------	------	------	------	------	------

Şekil 3.3 T30 Dağılım Grafikleri

3.1.4 Konuşma Anlaşılrlığı

Dinleyici alanında elde edilen ortalama STI değeri 0.68 olup dağılım haritası aşağıdaki şekilde verilmiştir.



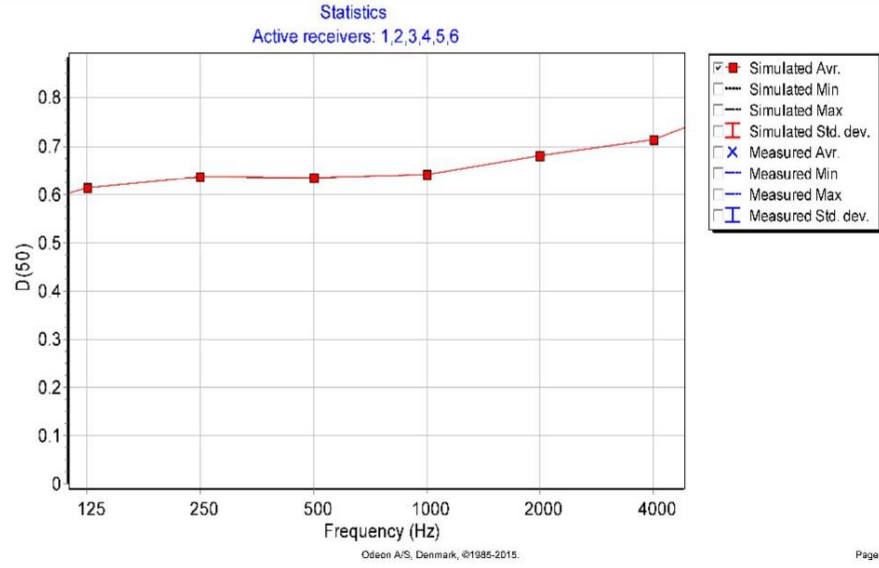
Şekil 3.4 STI – Dinleyici Alanı Dağılım Haritası

3.1.5 D 50 Sonuçları

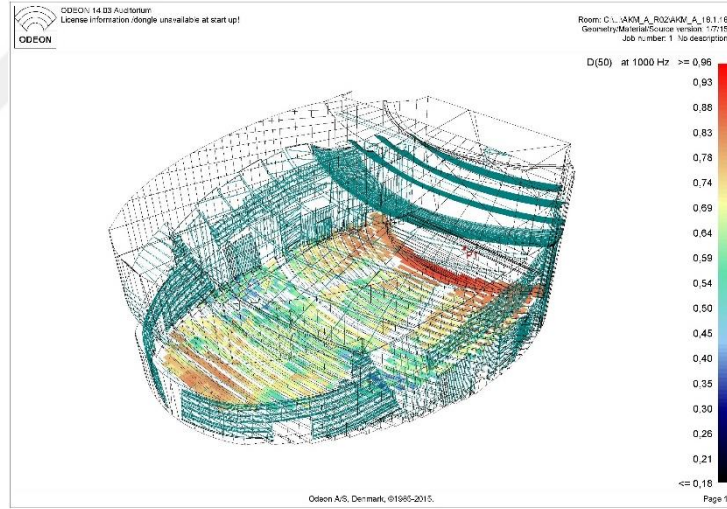
Netlik, D50 değerleri değeri 0.65 ve dağılım grafikleri aşağıdaki tablo ve şekillerde verilmiştir.

Tablo 3.4 Salon D50 Sonuçları

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
D50	0.61	0.64	0.63	0.64	0.68	0.71



Page 1



Şekil 3.5 D50 Dağılım Grafiği

3.1.6 Konuşma Anlaşılrlığı (Speech Transmission Index, STI)

Dinleyici alanında elde edilen ortalama STI değeri 0.68. olup dağılım haritası aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 3.6 STI – Dinleyici Alanı Dağılım Haritası

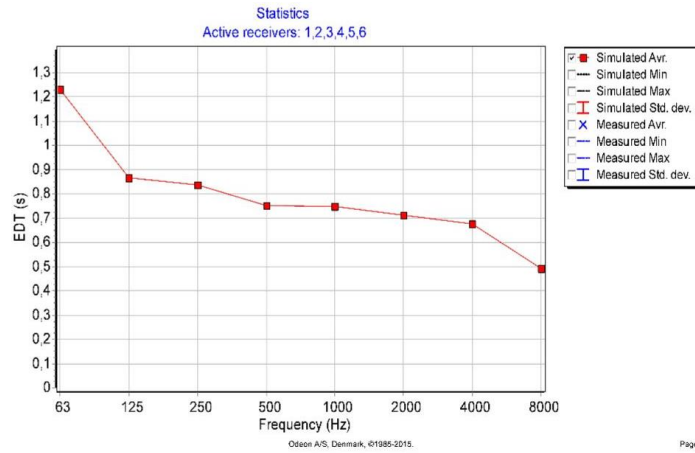
3.2 Elektroakustik Ölçüm Sonuçları

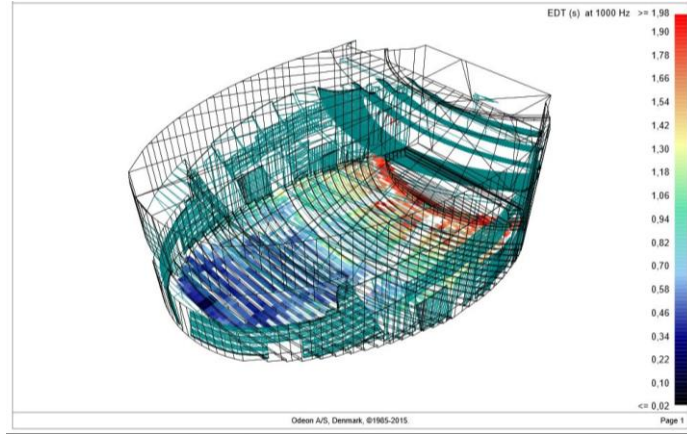
3.2.1 EDT Değerleri

125Hz – 4000 Hz oktav bantlarındaki EDT ortalaması 0.76saniyedir. Aşağıdaki tablo ve şekillerde dinleyici alanlarında dengeli bir EDT dağılımının elde edildiği görülmektedir.

Tablo 3.5 Salon EDT Sonuçları

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
EDT (s)	0.87	0.84	0.75	0.75	0.71	0.68





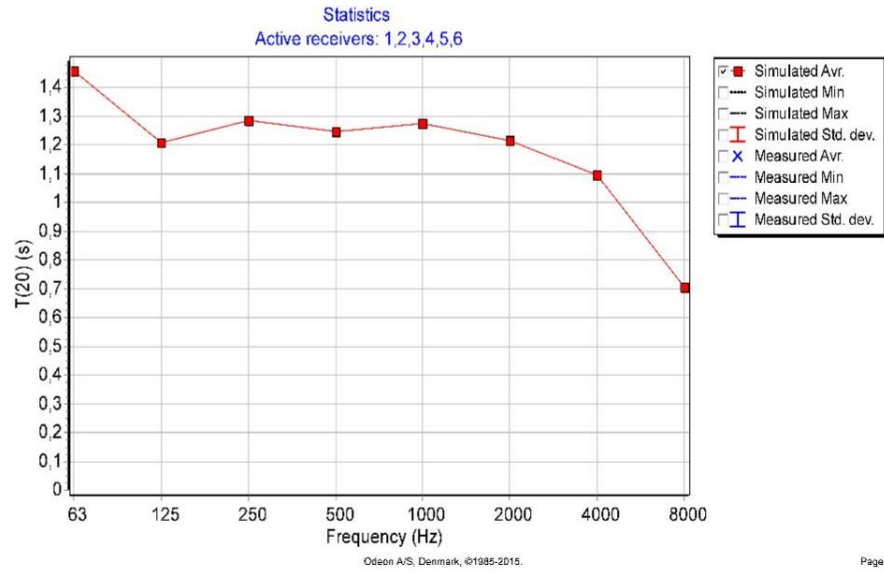
Şekil 3.7 EDT Dağılım Haritası @1000Hz

3.2.2 T 20 Değerleri

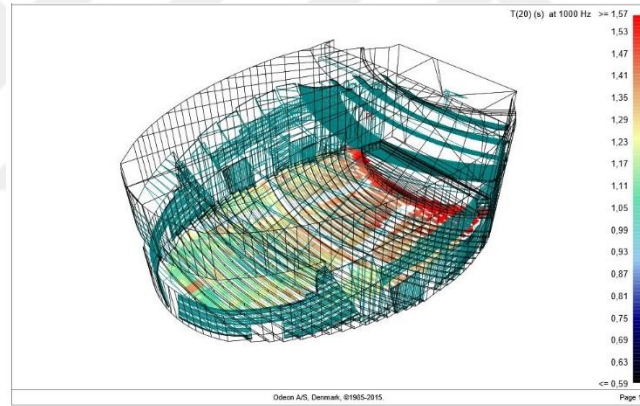
125Hz – 4000 Hz oktav bantlarındaki T20 ortalaması 1.22 saniyedir. Alıcı noktalarında ölçülen T30 sürelerinin frekansa göre dağılım grafiği aşağıda verilmektedir. Grafik tüm alıcı noktalarında elde edilen değerlerin ortalaması ile elde edilmiştir.

Tablo 3.6 Salon T20 Sonuçları

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T20 (s)	1.21	1.28	1.25	1.27	1.22	1.09



Page 1



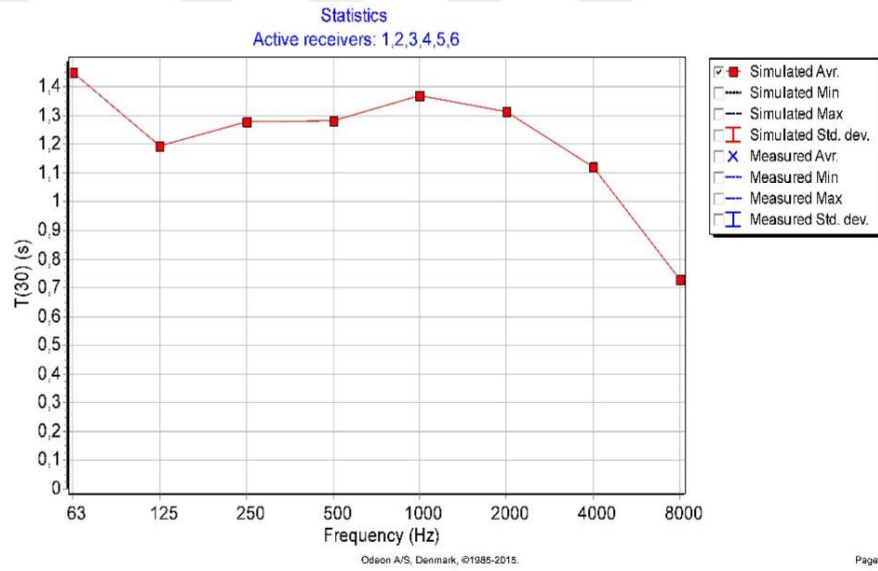
Şekil 3.8 T20 Dağılım Haritası

3.2.3 T30 Değerleri

125Hz – 4000 Hz oktav bantlarındaki T30 ortalaması 1.25 saniyedir. Alıcı noktalarında ölçülen T30 sürelerinin frekansa göre dağılım grafiği aşağıda verilmektedir. Grafik tüm alıcı noktalarında elde edilen değerlerin ortalaması ile elde edilmiştir.

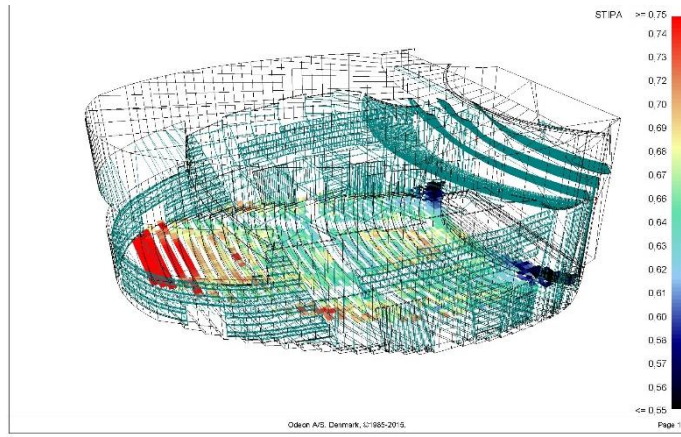
Tablo 3.7 Salon T30 Sonuçları

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T30 (s)	1.19	1.28	1.28	1.37	1.31	1.12

**Şekil 3.9** T30 Dağılım Haritası

3.2.4 Konuşma Anlaşılrlığı (Speech Transmission Index, STI-Pa)

Salondaki elektroakustik destek sistemine bağılı olarak dinleyici alanında elde edilen ortalama STI-Pa değeri 0.67 olup dağılım haritası aşağıdaki şekilde verilmiştir.



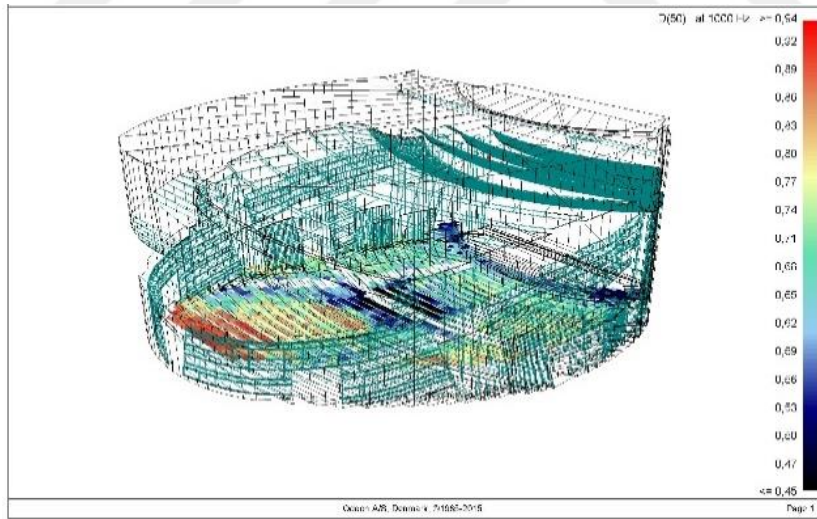
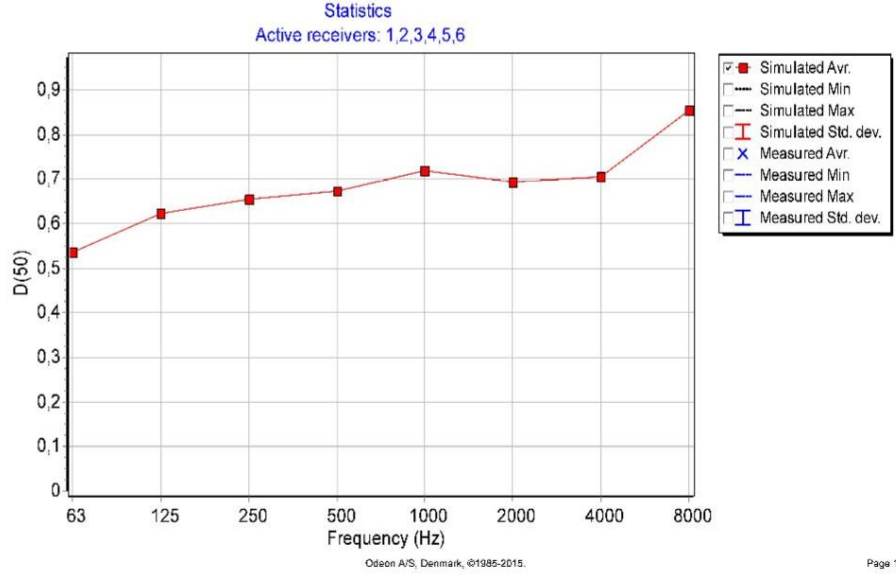
Şekil 3.10 STI-Pa – Dinleyici Alanı Dağılım Haritası

3.2.5 Netlik, D50

Netlik, D50 değerleri değeri 0.67 ve dağılım grafikleri aşağıdaki tablo ve şekillerde verilmiştir.

Tablo 3.8 Salon D50 Sonuçları

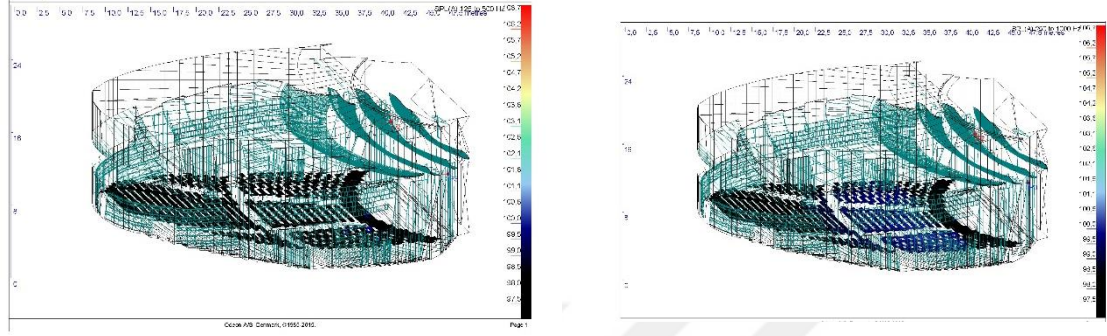
Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
D50	0.62	0.65	0.67	0.72	0.69	0.70



Şekil 3.11 Salon D50 Dağılım Haritası

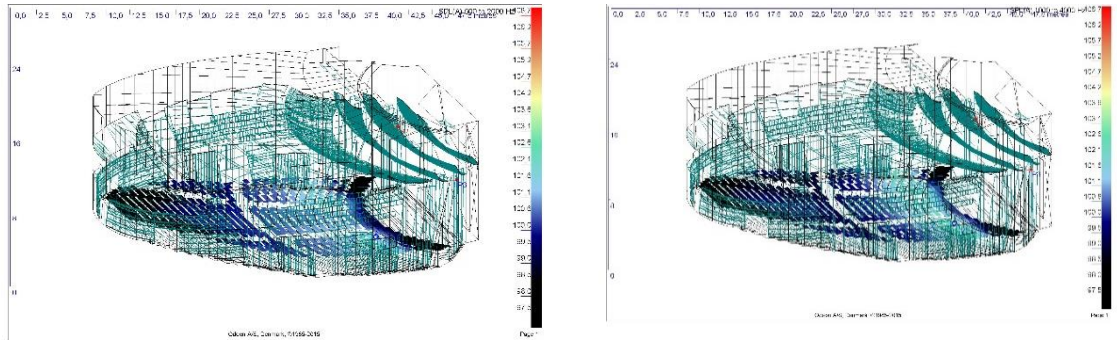
3.2.6 Elektroakustik Ses Basınç Grafikleri

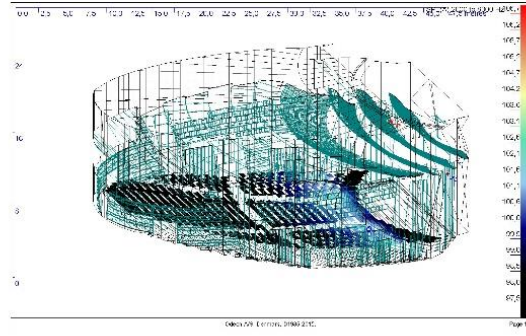
Aşağıda 250Hz 3 -oktava bantta (125Hz to 500Hz) direkt ses basınç dağılım haritaları verilmiştir.



Şekil 3.12 250-4K Toplam SPL Dağılım Grafikleri

Akustik parametrelerin simülasyon sonuçları tasarım ölçütleri ile karşılaştırmalı olarak aşağıdaki tabloda sunulmuştur.





Şekil 3.13 Akustik Parametrelerin Simülasyon Sonuçları

SONUÇ

Tablo 3.9 A Tasarımı Akustik-Elektroakustik Parametre Sonuçları

Parametre	Tasarım Ölçütü	Simülasyon Sonucu
EDT	Error! Reference source not found.	0.76
T20	Error! Reference source not found.	1.22
T30	Error! Reference source not found.	1.22
STI-Pa	0.67	0.67
D50	Error! Reference source not found.	0.65
Echo	Error! Reference source not found.	Error! Reference source not found.

Tablo 3.10 B Tasarımı Akustik-Elektroakustik Parametre Sonuçları

Parametre	Tasarım Ölçütü	Simülasyon Sonucu
EDT	Error! Reference source not found.	0.76
T20	Error! Reference source not found.	1.22
T30	Error! Reference source not found.	1.22
STI	0.67	0.68
D50	Error! Reference source not found.	0.65s
Echo	Error! Reference source not found.	Error! Reference source not found.

Konser/konferans salonları, akustik literatürünün önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu salonlar konuşma ve müzik amaçlı olarak tasarlanmakta ve bu

amaçlar için farklı akustik değerlere sahiptirler. Ancak salon hacimlerinin aşırı büyümesi ve akustik sinyalin salonun tüm bölümlerine ulaştırılamaması bu salonlarda elektro akustik düzenlemeleri zorunlu kılmıştır. Ayrıca hangi amaçla tasarlanırsa tasarlanırsa özellikle ülkemiz salonlarında ses destek sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada düşünülmesi gereken akustik ve elektro akustik parametrelerin birbirine yakın sonuçlar elde edilmesidir.

Tez kapsamında örnek bir konser/konferans salonunun akustik tasarımı uluslararası standartlar ve tasarım prensipleri çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu salonun akustik değerleri elde edildikten sonra salona hoparlör sistemi yerleştirilmiş ve salonun ses destek sistemi performansı incelenmiştir.

Elde edilen değerler kapsamında ortaya çıkan ilk sonuç salonun akustik ve elektro akustik tasarım sonuçlarının birbirine yakın değerlere sahip olduğudur. Elektro akustik değerlerin akustik değerlere yakın oluşu salonun her iki performans türüne de aynı cevabı vereceği anlamına gelmektedir ki bu salonlar için istenen bir özelliktir.

Ayrıca salon akustik ve elektro akustik performanslarının eşit olması hoparlör tercih ve yerleşimlerinin doğru olduğunu kanıtlamaktadır.

Salon A tasarımı yansıma süresi değerleri karşılaştırıldığında akustik tasarım EDT değerinin akustik tasarımda 0.70 elektro akustik tasarımda ise 0.76sn seviyesinde olduğu görülmüştür. Bu değerler salonlardaki konuşma sinyali için uluslararası değerler aralığındadır. T20 ve T30 değerleri incelendiğinde 1.22 seviyesinde çıktığı görülmüştür. T20 ve T30 değerleri EDT değerine göre nispeten daha geç yansımaları açıklaması nedeniyle EDT değerine göre daha yüksek değerler alabilir. Salon büyüklüğü düşünüldüğünde bu değerlerin 1.22 seviyesinde olması kabul edilebilir.

Salon B tasarımı değerlendirildiğinde her iki tasarımın da 0.80 sn aralığında sonuçlar verdiği görülmektedir. Önemli bir sonuç ise A tasarımıdaki akustik ve elektroakustik tasarımlar arasındaki bas yansıma süresi farklarının B tasarımına göre daha yüksek çıkmasıdır. Bu, emiciliğin artırıldığı durumlarda bas yansıma süresi değerlerinin birbirine yaklaştığını göstermektedir.

Konuşma anlaşılrlığı bu salonların temel tasarım parametrelerini başında gelmektedir. Temel olarak konuşmanın alıcı noktasındaki anlaşılrlık miktarını tanımlamaktadır. Değer aralığı olarak 0-1 arasında tanımlanır ve 0.6'nın üzerindeki değerler iyi olarak kabul edilir. Salon A tasarımından elde edilen akustik sonuçlarda bu değer 0.68, elektro-akustik sonuçlarda 0.67'dir. Bu, her iki tasarım için de konuşma anlaşılrlığının 'iyi' kategorisinde olduğunu belirtmektedir. B tasarımında da akustik ve elektroakustik anlaşılrlık parametresi 0.67 seviyesinde çıkmıştır. Bu durum da, salonun anlaşılrlığının iyi kategorisinde olduğunu açıklar.

KAYNAKÇA

Abdel Alim, O. (1973). *Abhängigkeit der Zeit- und Registerdurchsichtigkeit von Raumakustischen Parametern bei Musikdarbietungen (Dependence of time and register definition of room acoustical parameters with music performances)* Dissertation, TU Dresden.

Beranek, L.L. (2004). "Concert Halls and Opera Houses-Music", *Acoustic and Architecture*, Springer-Verlag New York, ISBN 0-387-95524-0.

Beranek, L.L. (2011). "The Sound Strength Parameter G and its Importance in Evaluating and Planning the Acoustics of Halls for Music," *Journal of the Acoustical Society of America* 129, 3020-3026.

Beranek, L. L. (2016). "Concert Hall Acoustics: Recent Findings", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139 (4), 1548-1556.

Bradley J.S and Soulodre G.A, (1997). "Factors Influencing the Perception of Bass," *JASA*, 101, 3135.

Jordan, V.L., 1970. "Acoustical Criteria for Auditoriums and Their Relation to Model Techniques", *JASA*, Vol. 47, No. 2 (Part 1), pp. 408-412.

Kaak, Stephan (2013). *Zur Standardisierung der Akustik Musikalischer Aufführungsräume*, (yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Deutschland- Institut für Sprache und Kommunikation, Technische Universität. Berlin.

Lacatis, R., Giménez, A., Barba Sevillano, A., Cerdá, S., Romero, J., & Cibrián, R. (2008). “Historical and Chronological Evolution of the Concert Hall Acoustics Parameters”, *JASA*, 123 (5), 3198.

Long, M. (2006). *Architectural Acoustics*. Elsevier.

Metkemeijer, R. A., Peutz, A., & Associés, B. V. (2002). “The Acoustics of the Auditorium of the Royal Albert Hall Before and After Redevelopment”, *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 3, 57-66.

Neubauer, R.O. (1999). “Prediction of Reverberation Time in Rectangular Rooms with a Modified Fitzroy Equation”, *ISSEM'99, 8th International Symposium on Sound Engineering and Mastering*, Gdansk, Poland, 115 – 122.

Samodra, F. T. B., & Badai, T. (2018). “Optimization of Architectural Electroacoustics Design for the Interior Mezzanines of Vertical Buildings”, *International Journal of Technology*, 9 (2), 246-256.

Steinway & Sons, (2013). “Music to Your Ears”, *Owner's Magazine*, Issue one. 82-87 (<https://issuu.com/artpaully/docs/stwy13na1>).

Wulfrank, T., & Orlowski, R. J. (2006). “Acoustic Analysis of Wigmore Hall, London, in the Context of the 2004 Refurbishment”, *In Proceedings of the Institute of Acoustics Conference*.

ÖZGEÇMİŞ

2015 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Müzik Bilimleri Bölümü Müzik Teknolojisi Anabilim Dalı'ndan mezun oldu. Öğrenimi boyunca ulusal ve uluslararası sempozyumlarda bildiri sundu, proceeding gerçekleştirdi. Konser Soslendirme Sistemleri, Stüdyo Ses Kaydı, Akustik Ölçümlemeler ve Akustik Simölasyonlar konularında uzmanlaştı. Meyer Sound and Asimetrik'in düzenlediğı "Comprehensive System Design" Semineri'ne katıldı. 2014-2015 yıllarında Metallica, Hugh Laurie, Buica Pink Martini ve Mogwai gibi isimlerin sahne kurulum ve prodüksiyonlarında görev aldı. Halen ICMC'de (The International Catholic Migration Commission) Cultural Orientation Trainer olarak çalışmakta.