



Konser Salonlarının Mimari Biçimlenişlerinin Bütünsel Akustik Kaliteye Etkisi Üzerine Bir Değerlendirme

An Evaluation of the Effect of the Architectural Design of Concert Halls On Holistic Acoustic Quality

Burak UZUN,¹ Fatma Zerhan YÜKSEL CAN²

EXTENDED ABSTRACT

The architectural configuration of a concert hall plays an important role in the acoustic quality and overall achievement of the venue's purpose. There are many complex elements to be considered that contribute subtle yet important differences to the experience of the listener and the performer, including volume and plan type. The acoustic quality of a concert hall depends upon achieving an acceptable distribution of volume and other parameter values. That is, providing a satisfactory acoustic effect for each listener. The ratio of listener positions with acceptable results to the total listener area is an important consideration in the effort to create holistic acoustic quality. The aim of this study was to examine the effects of architectural form and acoustic parameters on the experience at all listener positions and the overall acoustic quality based on the typology of recently constructed concert halls. Concert halls around the world built since 2000 were analyzed and categorized according to plan type. The 3 most frequently used hall types, the traditional shoebox, the revised shoebox, and the vineyard style plan, were modeled with provisions for similar volume, audience capacity, volume per listener using Odeon software, version 15 (Odeon AS, Kongens Lyngby, Denmark). Four volume acoustics parameters were evaluated and compared: reverberation time (T30), clarity (C80), early decay time (EDT), and lateral energy fraction (LF). Listener areas in each hall were divided into grids and the quality of each parameter in each grid area was evaluated. Variation from the acceptable average values was observed in all 3 hall types in terms of zonal parameters and listener positions in different zones. Listener positions within zones where all of the parameters were within the acceptable range also varied in all hall types. The classic shoebox and improved shoebox types contained more positions in the optimum range and holistic acoustic quality than the vineyard plan. The average values are not an indication of the same acoustic quality at all positions of the hall, and plan typology affects the overall acoustic quality. The findings of this study show that calculations of small regions of the listener area will provide more accurate results of the effect of the objective parameter values of different concert hall plan typologies on the overall acoustic quality. This observation could contribute to the design of concert halls.

Keywords: Concert halls; room acoustics; room acoustics software.

Bu makale YTÜ, Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalında Burak UZUN tarafından Prof. Dr. Zerhan Yüksel CAN'ın danışmanlığında hazırlanan Dinleyici Konumu Parametre Değerlerinin Bütünsel Akustik Kalite Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi Üzerine Bir Yaklaşım başlıklı doktora tezi çalışmasından üretilmiştir. Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmektedir. Proje No: 2016-03-01-DOP03.

¹Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı, Doktora Programı, İstanbul
²Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı, İstanbul

Başvuru tarihi: 23 Mart 2020 - Kabul tarihi: 10 Ağustos 2020

İletişim: Burak UZUN. e-posta: burak@mhmmimarlik.com

© 2020 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2020 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

ÖZ

Mekânların mimari biçimlenişlerinin hacmin akustik kalitesi üzerinde önemli bir rolü vardır. Bilindiği gibi konser salonları farklı hacim büyüklükleri ve plan tiplerine sahiptir. Farklı tasarımların akustik açıdan farklı avantajları olmakla birlikte bazı tiplerin de keskin biçimde birbirinden ayrılamadığı bilinmektedir. Mekânların akustik kalitesi genellikle tüm dinleyici konumlarındaki parametre değerlerinin ortalamasının kabul edilebilir değerlere uygunluğunun incelenmesi ile gerçekleştirilir. Öte yandan parametre değerlerinin dinleyici noktalarındaki dağılımı, bir başka deyişle hacimde tüm parametreler açısından akustik konforun sağlandığı dinleyici bölgelerinin toplam dinleyici alanına oranı, mekânın bütünsel akustik kalitesini etkiler. Bu çalışmanın amacı, son dönemde inşa edilen konser salonu tipolojilerinden yola çıkarak, mimari biçimleniş ve akustik parametrelerin dinleyici noktalarındaki değişkenliklerinin bütünsel akustik kaliteye olan etkilerini ortaya koymaktır. Bunun için 2000 yılından itibaren inşa edilmiş konser salonları ve plan tipolojileri incelenmiştir. Bunların arasından en sık kullanılan üç farklı salon tipi Odeon programında modellenmiş ve belirlenen dört adet (T30, EDT, C80 ve LF) hacim akustiği parametresi üzerinden karşılaştırması yapılmıştır. Bütünsel akustik kalite açısından konser salonlarında en olumlu sonucu veren hacim tipinin klasik dikdörtgen olduğu, sonra yanıl yüzeyleri farklılaşan dikdörtgen, en son ise üzüm bağı plan tipinin geldiği belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: *Hacim akustiği; hacim akustiği yazılımları; konser salonları.*

Giriş

Hacim akustiği dinlemenin önemli olduğu konuşma ve müzik amaçlı mekânlarda işitsel konforun sağlanmasını hedefler. İşitsel konforun oluşturulmasında mekânın işlevine bağlı olarak geliştirilmiş bulunan hacim akustiği parametrelerinden yararlanılır. Parametrelerin kabul edilebilir değerleri literatürde yalnızca işleve ve hacmin büyüklüğüne göre verilir. Oysa mekânın mimari biçimlenişinin akustik kaliteyi doğrudan etkilediği bilinen bir gerçektir.

Bu çalışmanın amacı, son dönemde inşa edilen konser salonlarının tipolojilerinden yola çıkarak, mimari biçimlenişin bütünsel akustik kaliteye etkilerini ortaya koymaktır. Geleneksel yöntemlerle yapılan hacim akustiği çalışmaları, akustik parametre değerlerinin salon ortalamaları üzerinden yapılırken, sanal ortamda yapılan modellemeler sayesinde, hacmin istenen noktalarındaki değerler elde edilebilmektedir. Günümüzde mekânların akustik tasarımı bilgisayar ortamında gerçekleştirilmekte, yine de tasarımlarda sıklıkla hacmin tümünü kapsayan ortalama değerler dikkate alınmaktadır. Hacimlerin akustik tasarımında işleve bağlı birçok akustik parametre kullanılır ve her bir parametrenin kabul edilebilir sınırlar içinde kalması hedeflenir. Ancak ortalama değerler, tüm dinleyici noktalarında tüm parametre değerlerinin kabul edilebilir aralıkta olduğunun göstergesi değildir. Bütünsel akustik kalite kuramsal olarak tüm dinleyici konumlarında, tüm parametre değerlerinin kabul edilebilir aralıkta olması ile sağlanır. Bu nedenle dinleyici noktaları üzerindeki parametre değerlerinin ayrı ayrı hesaplanması ve salonun genel ortalaması ile karşılaştırılması, hacmin bütünsel akustik kalitesini ortaya koyacaktır. Literatüre bakıldığında salonların akustik kalitesi ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcut olmakla birlikte (Barron, 2010; Beranek, 2004; Hidaka ve ark., 1995) mimari biçimin (dinleyici noktaları üzerindeki parametreleri karşılaştırmayı hedefleyen) hacim akustiği yönünden değerlendirilmesine ilişkin Aknesil'in çalışması çıkış noktalarından birini oluşturmuştur (Aknesil, 1998).

Mimari biçimlenişin akustik kaliteye etkisinin irdelendiği bu çalışmada, farklı plan tipolojilerinde, akustik parametre değerlerinin tümünün kabul edilebilir olduğu dinleyici nokta ya da bölgelerindeki dinleyici sayısının, toplam dinleyici sayısına oranının belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylelikle hem plan tipolojisinin akustik kaliteye etkisi hem de ortalama değerler üzerinden gerçekleştirilen hacim akustiği değerlendirmelerinin geçerliliği ortaya konacaktır.

Konser Salonları Plan Tipolojileri

Konser salonları, çeşitli türde müziklerin icra edilmesi ve müziği dinleyiciye özelliklerini kaybetmeden en az kayıp ve doğrulukla verebilmek için tasarlanmış hacimlerdir. Tarihçeleri oldukça eskiye dayanmaktadır. Erken dönem konser salonları XVIII. ve XIX. yüzyıllarda inşa edilmeye başlanmış, XX. ve XXI. yüzyıllarda ise son şeklini almıştır. Konser salonlarının akustik kalitesi öznel ve nesnel birçok kritere göre değerlendirilir. Ancak, bir konser salonunun başarısı sadece bu kriterlerle sınırlı değildir. Aynı zamanda onun mimari tasarımına, kullanılan malzemelere, duvar ve tavan yüzeylerindeki düzensizlikler, dinleyici koltuklarının sayısı vb. gibi birçok mimari tasarım unsuruna bağlıdır. Benzer bir tanımlamayı Beranek de kendi kitabında yapmıştır (Beranek, 2004, s.493).

İlk tasarlandığı yıllardan günümüze kadar dünya üzerinde pek çok konser salonu yapılmıştır. Bunları plan tipi, dinleyici sayısı, hacim büyüklüğü vb. gibi özellikleri ile sınıflandırmak mümkündür. Farklı tasarımların farklı avantajları bulunmakla birlikte, bazı plan tipleri keskin biçimde birbirinden ayrılamamakta veya birbirinin içinde değerlendirilebilmektedir. Bununla birlikte plan tipine göre bakıldığında dikdörtgen, arena, üzüm bağı ve yelpaze tiplerinin en yaygın kullanılan tipler olduğu literatürde görülmektedir (Barron, 2010; Talaske, 1982; Hoffman, 2002).

Jurgen Meyer 2011 yılında yayınlanan "Trends in Concert Hall Design-Experience of the Last 50 Years" adlı bildirisinde, 1960'lı yıllardan başlayarak inşa edilmiş olan, 1000 ki-

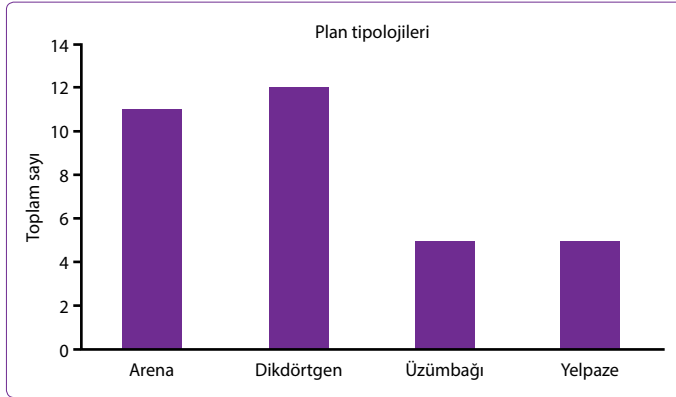
Tablo 1. 1960-2010 yılları arası inşa edilen 1000 dinleyici ve üzeri konser salonu plan tipolojileri

Yıl	Dikdörtgen	Üzüm bağı	Yelpaze	Arena
1960-1969	%19	%31	%25	%6
1970-1979	%26	%10	%41	%14
1980-1989	%46	%3	%16	%24
1990-1999	%70		%8	%13
2000-2009	%58		%8	%27

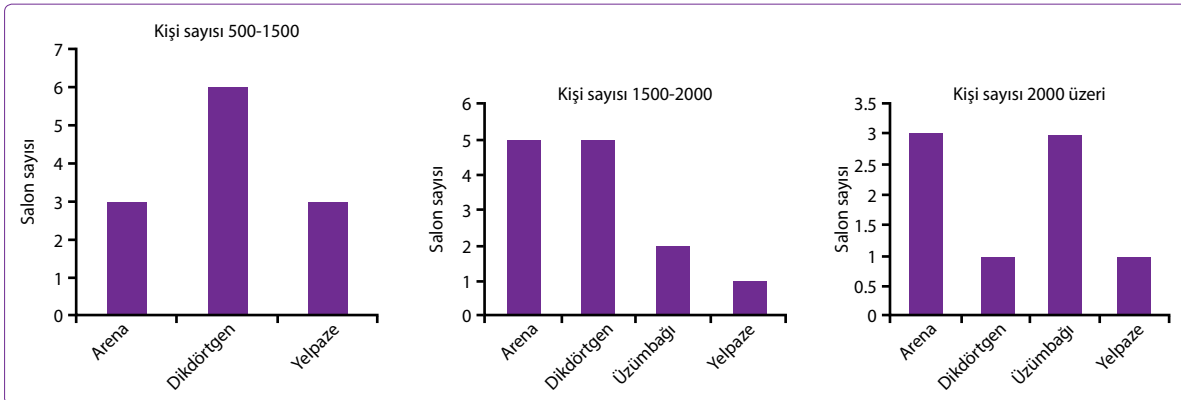
şiden büyük kapasiteli konser salonlarını incelemiş ve onar yıllık periyotlarda konser salonu tipolojilerinin dağılımının Tablo 1'deki gibi olduğunu ortaya koymuştur (Meyer, 2011).

İncelemede Kullanılan Salonlar ve Mimari Özellikleri

Çalışmada kullanılacak konser salonu plan tipolojisi ve büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla XXI. yüzyıldan günümüze kadar inşa edilmiş konser salonları ile ilgili bir araştırma yapılmıştır. Konser salonlarının biçimlenişi üzerine yapılan bu çalışmada, 2000 yılından sonraki plan tipolojileri incelenmiştir. Değerlendirme verileri elde edilebilen toplam 33 salon ile sınırlandırılmış, bazı küçük salonlar çalışmadan çıkarılmıştır. Tüm salonlar, plan tipolojileri, kişi



Şekil 1. 2000 yılından sonra inşa edilen konser salonlarının plan tipolojilerine göre dağılımları.



Şekil 2. Kişi sayısına göre salonların plan tipolojilerinin dağılımı.

sayıları ve toplam hacim cinsinden sınıflandırılmıştır (Uzun ve Can, 2017). Elde edilen verilere göre dağılım Şekil 1'de görülmektedir.

Mimari açıdan salonlar plan tipolojilerine göre değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar, konser salonlarında hala en sık kullanılan planın klasik dikdörtgen plan olduğunu göstermektedir. Ardından sırayla merkez sahneli diyebileceğimiz arena ve üzüm bağı plan tipinin geldiği, son olarak da yelpaze plan tipinin tercih edildiği görülmektedir.

Daha sonra belirlenen plan tipolojilerinin, farklı kişi sayıları üzerindeki dağılımı incelenmiş, buna göre aralarında bir bağ kurulmaya çalışılmıştır. Salonlar kişi sayılarına göre 500-1500 kişi, 1500-2000 kişi ve 2000 kişi üzeri olmak üzere üç farklı sınıfta değerlendirilmiştir (Kahle_Acoustics, 2006). Çıkan sonuca göre kişi sayısı 500-1500 kişilik salonlarda dikdörtgen plan tipinin en fazla kullanıldığı, sonrasında arena ve yelpaze plan tipinin geldiği saptanmıştır. Kişi sayısı 1500-2000 kişilik salonlarda arena ve dikdörtgen plan tipleri en fazla tercih edilirken, 2000 kişinin üzerindeki salonlarda arena ve üzüm bağı plan tiplerinin daha fazla kullanıldığı belirlenmiştir (Şekil 2).

Konser Salonu Plan Tipinin Akustik Kaliteye Etkisi

Modellenecek salon tiplerinin belirlenmesi için plan tipolojileri ile ilgili yapılan çalışmada (Şekil 1), XXI. yüzyılda inşa edilen konser salonlarında sırayla klasik dikdörtgen, arena, üzüm bağı ve yelpaze plan tiplerinin sıklıkla kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu veriler temel alınarak, karşılaştırma yapmak üzere öncelikle en fazla tercih edilen klasik dikdörtgen plan tipi modelleme için seçilmiştir. Diğer yandan klasik dikdörtgen plan tipini benzer bir plan ile karşılaştırmak için klasik dikdörtgenin yan yüzeyleri farklılaştırılarak kullanılmıştır. Son olarak ise merkezi plan tipinin yaygın olarak kullanıldığı belirlendiği için arena ve üzüm bağı plan tiplerindeki görsel etkiler de göz önüne alınarak üzüm bağı'nın kullanılmasına karar verilmiştir.

Salon hacminin tespiti için de yapılan çalışmadaki dinleyici sayıları karşılaştırmasına bakılmıştır (Şekil 2). Dikdört-

Tablo 2. Salonların karşılaştırmalı fiziksel değerleri

	Klasik dikdörtgen	Yanal yüzey farklı	Üzüm bağı
Kişi sayısı	1549	1502	1510
Hacim	13950 m ³	13650 m ³	13430 m ³
Kişi başına düşen hacim	9 m ³	9 m ³	8,9 m ³
Sahne alanı	153 m ²	143 m ²	149 m ²
Toplam dinleyici alanı	711 m ²	764 m ²	613 m ²
Kişi başına düşen dinleyici alanı	0,4 m ²	0,49 m ²	0,41 m ²

gen, arena ve üzüm bağı plan tipleri ele alındığında 1500-2000 kişilik salonların en fazla uygulanan salonlar olduğu görülmüş ve dinleyici sayısı 1500 kişi ile sınırlandırılmıştır.

Kabul Edilebilir Aralıkta Kalan Sanal Modellerin Oluşturulması

Modellenecek salonlarda dinleyici sayısı yaklaşık 1500 kişi olarak belirlendikten sonra boyutlarının tespiti için müzik amaçlı mekânlarda kişi başına düşen hacim değerleri gözden geçirilmiştir. Literatüre bakıldığında konser salonlarında kişi başına düşen hacim değerlerinin genellikle yaklaşık 6-14 m³ arasında değiştiği görülmektedir (Barron, 2010; Beranek, 2004). Buradan yola çıkarak kişi başı hacim ortalama olarak 9 m³ olacak şekilde salonların boyut oranları ele alınmıştır. Her üç salon için, 20 x 46 metre boyutunda, 15 metre yüksekliğinde bir dikdörtgen temel alınmıştır. Tablo 2'de tüm salonların verileri görülmektedir. Salonların birbirleriyle karşılaştırılması açısından fiziksel değerler birbirine yakın tutulmuştur.

Değerlendirmenin daha rahat yapılabilmesi için her üç salon da yatay orta eksenine doğrultusunda simetrik olarak tasarlanmıştır. Plan tipolojilerinin etkisinin belirgin biçimde incelenebilmesi için salonların tavanları da düz olarak tasarlanmıştır. Dikdörtgen plan tipli salonun şematik parter ve balkon kat planı ile yatay kesiti Şekil 3'te, yanıl yüzeyleri farklı dikdörtgen plan tipi Şekil 4'te, üzüm bağı plan tipi ise Şekil 5'te gösterilmiştir.

Konser salonlarının nesnel ölçümleri ISO3382 standardı kullanılarak hesaplanmaktadır (ISO 3382-1, 2009). Aynı zamanda ISO 3382'de tanımlanan dört adet (T30, EDT, C80 ve LF) nesnel hacim akustiği parametresi, literatürde yapılan tarama sonucunda çalışma kapsamında kullanılmak için seçilmiştir (Hidaka ve Beranek, 2000; Beranek, 2003). Bu parametrelerin modellenen salon için kabul edilebilir aralıkları ise Tablo 3'te belirtilmiştir.

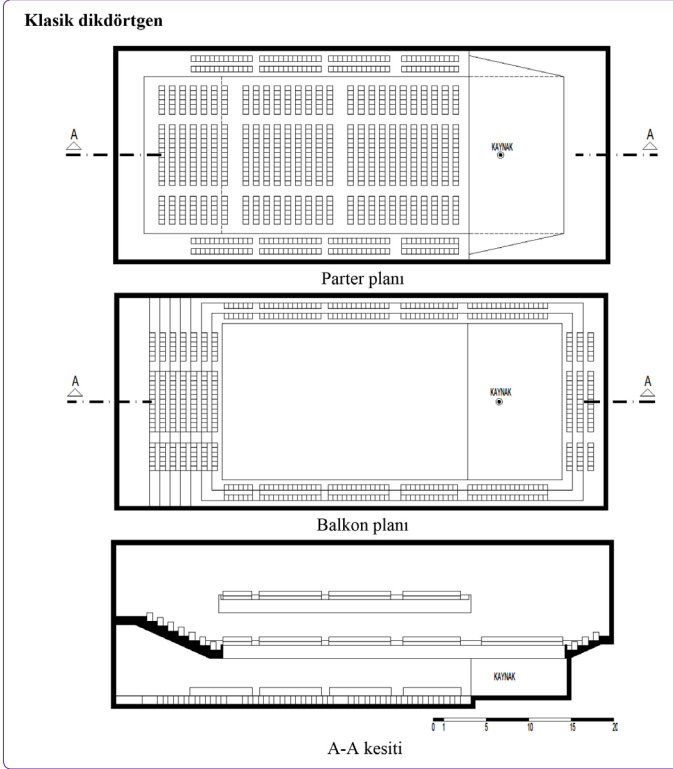
Tüm hacim akustiği hesapları Odeon yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Kaynak, sahne üzerinde yönsüz olarak ve her oktav bandında 31 dB olmak üzere toplam 40 dB güce sahip olacak şekilde seçilmiştir. Tüm hacimlerdeki yutma çarpanları, salonların yansım sürelerinin işleve göre kabul edilebilir aralıkta olmasını sağlayacak biçimde

Tablo 3. 13000 m³ hacim için kabul edilebilir parametre değerleri

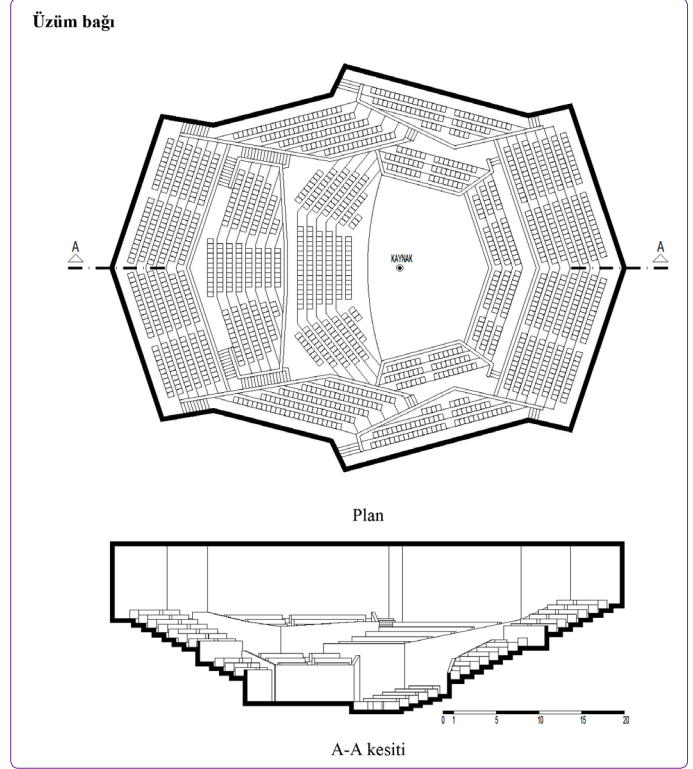
	Optimum aralık
T30 (500 + 1000)	1,8 < T30 < 2
EDT (500 + 1000)	1,62 < EDT < 1,8
C80 (3)	-4 < C80 < 1
LF (4)	0,10 < LF < 0,25

düzenlenmiştir. Aynı zamanda dinleyici alanı dolu olacak şekilde düşünülmüş ve bu duruma göre alan üzerindeki yüzeylere yutma çarpanı tanımlanmıştır (Odeon, 2020, s.28). Bununla birlikte bir konser salonunda yan duvarlar ve tavanın yüzeylerindeki düzensizliklerin yansıyan sesin kalitesini arttırdığı iyi bilinmektedir (Beranek, 2011). Bu düzensizliklerin hesaplanabilmesi için akustik simülasyon yazılımlarında, yüzeylere dağıtma çarpanı verilmesi gerekmektedir. Ancak günümüzde bu etkinin doğru hesaplanabilmesi için yapılan çalışmalar hala devam etmektedir. Bu nedenle modellenen tüm salonlarda belirlenen akustik parametrelerin kabul edilebilir değerlerini bulmak için yapılan simülasyonlar sırasında aynı zamanda yüzeylere dağıtma çarpanı da eklenerek, olası etkisi hesaba katılarak incelenmiştir.

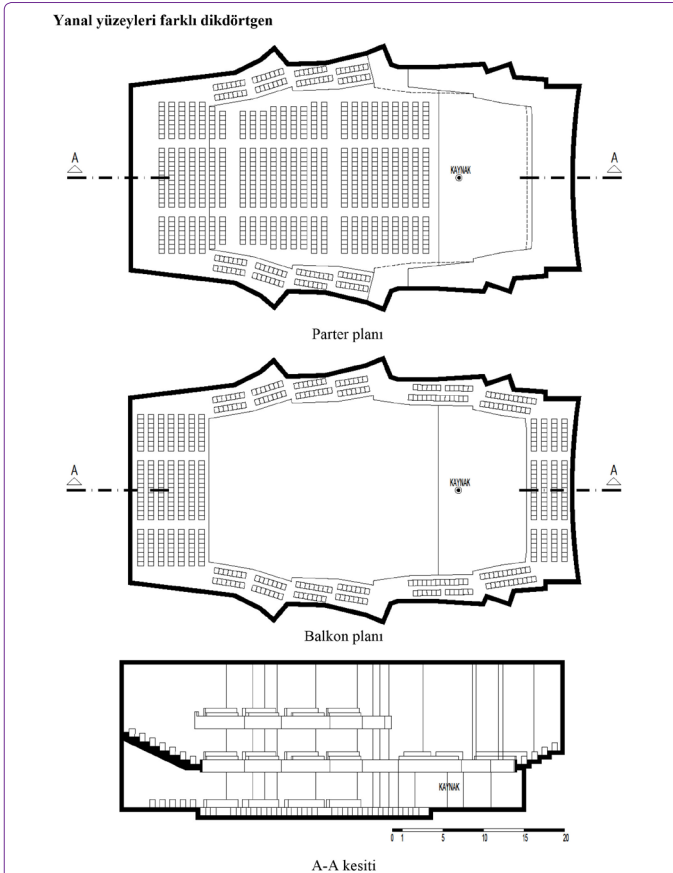
Modellenen her üç salonun hacim akustiği parametrelerinin salon ortalamalarına göre dağılımı Tablo 4'te yer almaktadır. Kullanılan dört nesnel hacim akustiği parametresinin hacim içerisindeki ortalama değerlerinin farklı salon tipleriyle karşılaştırmaları yapılmıştır. Parametrelerin tüm hacimlerdeki ortalamalarının, kabul edilebilir aralık içerisinde yer aldığı gözükmektedir. Hacim ortalamalarından sonra parametrelerin oktav bantlara göre salon bazında karşılaştırması yapılmıştır. Şekil 6'da yer alan parametrelerin grafikleri incelendiğinde salonlardaki değerlerin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Yansım süresi (T30), erken düşme zamanı (EDT) ve netlik (C80) her üç hacimde de 4 kHz oktav bandı dışında kabul edilebilir aralıkta yer almıştır. Yanal enerji oranı (LF4) ise tamamen kabul edilebilir aralık içerisinde görünmektedir.



Şekil 3. Dikdörtgen plan tipi parter, balkon planları ve A-A kesiti.



Şekil 5. Üzüm bağı plan tipi parter, balkon alanı planı ve A-A kesiti.



Şekil 4. Dikdörtgen plan tipi (yanal yüzeyleri farklı) parter, balkon planları ve A-A kesiti.

Tablo 4. Tüm salonların ortalama parametre değerleri

	Klasik dikdörtgen	Yanal yüzeyli dikdörtgen	Üzüm bağı
T30 (500 + 1000)	1,89	1,87	1,90
EDT (500 + 1000)	1,75	1,75	1,83
C80 (3)	-0,44	-0,03	0,01
LF (4)	0,18	0,22	0,17

Salonların Bölgesel Parametre Değerleri Bazında İncelenmesi

Bu araştırmanın amaçlarından biri olan bölgesel dağılımdaki etkilerin durumu ve nasıl şekillendiği ise parametre bazında karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışma kapsamında modellenen salonlar akustik açıdan incelendiğinde, parametre bazında elde edilen değerlerin salonun genel ortalamaları olduğu görülmektedir. Ancak bu ortalamalar salondaki dağılımın nasıl olduğu konusunda fikir vermemektedir. Dinleyici alanı üzerinde bu parametrelerin değerlendirilmesi daha sağlıklı sonuç verecektir. Bölgesel değerlendirmeyi yapabilmek için ise Odeon yazılımından faydalanılmıştır. Bu değerlendirmede daha önce yapılan bazı çalışmalar temel alınmıştır (Aknesil, 1998). Dinleyici alanı detaylı bir değerlendirme yapmak için 90 x 90 cm'lik gridlere bölünerek, iki kişinin içinde bu-



Şekil 6. T30, EDT, C80 ve LF parametrelerinin oktav bant hacim ortalama değerlerinin salon tipleri bazında karşılaştırması.

lunduğu bir koltuk alanı şeklinde düşünülmüştür. Klasik dikdörtgen plan 807, yanal yüzeyleri farklı dikdörtgen plan 752, üzüm bağı plan ise 747 bölgeye ayrılmıştır. Farklı plan tiplerinde bulunan balkon bölgeleri de bu hesabın içerisine dahil edilmiştir. Bununla birlikte her bir grid bölgesi için daha evvelden belirlenen dört farklı parametrenin değerleri tablo üzerinde tek tek ele alınmıştır. Bu parametrelerin kabul edilebilir aralık içerisinde kalan değerlerinin bulunduğu bölgeler yeşil, dışında kalan değerlerin bulunduğu bölgeler ise kırmızı olarak işaretlenmiştir. Klasik dikdörtgen plan tipi için Şekil 7, yanal yüzeyli dikdörtgen plan tipi için Şekil 8, üzüm bağı plan tipi için ise Şekil 9'da dağılımlar gösterilmiştir.

Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'dan da anlaşılacağı gibi tercih edilen parametrelerin kabul edilebilir aralık içerisinde kaldığı alanların incelenen her salonda farklılık gösterdiği görülmektedir. Tüm bu farklılıkların değerlendirilmesi ise her bir bölgedeki sonuçların üst üste incelenmesi ile yapılmıştır.

Parametrelerin Tümünün Bölgesel Dağılımlarının Değerlendirilmesi

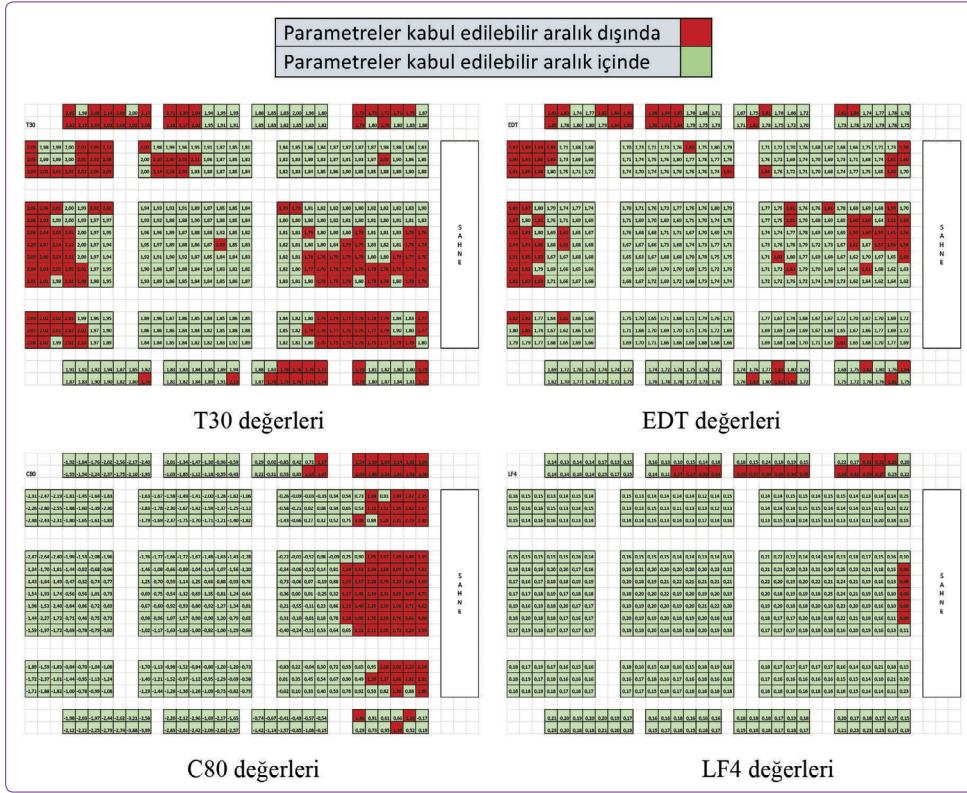
Dinleyici alanlarını yeterli sayıda bölgeye ayırıp, parametre bazında değerlendirdikten sonra, bu parametrelerin

kabul edilebilir değerlerinin aynı anda ne kadarının olumlu aralık içinde kaldığının görülebilmesi için ise ayrı bir tablolama çalışması yapılmıştır. Tüm parametreler, daha evvelden bölgelere ayrılan dinleyici alanları üzerinde üst üste çakıştırılmıştır. Parametrelerin aynı anda kaç tanesinin kabul edilebilir aralık içerisinde kaldığını belirlemek için bir renk ölçeği kullanılmıştır. Renklerin ifade ettiği parametrelerin anlamı Tablo 5'te lejant olarak verilmiştir. Bununla birlikte, renklere göre kaç parametrenin bölgeler üzerinde kabul edilebilir aralık içerisinde kaldığının farklı plan tiplerini üzerindeki dağılımı ise Şekil 10'da grafiksel olarak ifade edilmiştir.

Salonlardaki dinleyici alanları üzerinde yapılan plan düzenindeki bu çalışma sonrasında toplam grid sayılarının kabul edilebilir aralığa oranlarını veren ayrı bir tablo düzenlenmiştir. Burada tüm parametreler içerisinde kabul edilebilir aralık dışında olan gridler sayısal olarak gösterilmiştir (Tablo 6).

Genel Değerlendirme ve Sonuç

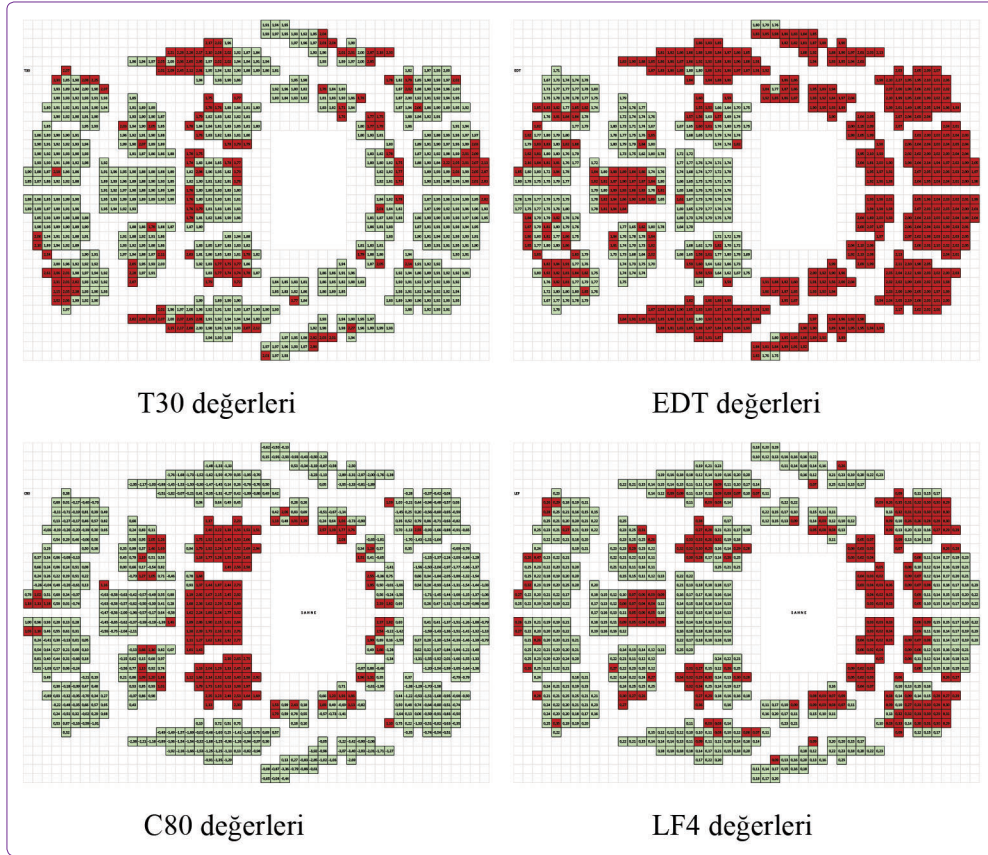
Çalışma süresince seçilen mimari formlarda üç farklı salon modellenmiş ve orkestral müzik için hacim akustiği



Şekil 7. Klasik dikdörtgen için tüm parametrelerin grid düzeninde kabul edilebilir aralık içerisinde dağılımı.



Şekil 8. Yanal yüzeyleri farklı dikdörtgen için tüm parametrelerin grid düzeninde kabul edilebilir aralık içerisinde dağılımı.



Şekil 9. Üzüm bağı plan için tüm parametrelerin grid düzeninde kabul edilebilir aralık içerisinde dağılımı.

parametreleri hesaplanmıştır. Her bir salon için dört adet nesnel parametre belirlenerek bunların kabul edilebilir aralıklar içerisinde olup olmadığı tespit edilmiştir. ISO 3382'de tariflenen T30, EDT, C80, LF parametreleri bu çalışma için

seçilmiştir (ISO 3382). Her salonun oturma grupları kendi içerisinde 90 x 90 cm'lik iki kişinin oturduğu grid alanlara bölünmüş ve bu alanlarda seçilen tüm parametreler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Önce seçilen her parametrenin kabul edilebilir aralıklar içerisinde olup olmadığı tespit edilmiş, sonra da aynı grid üzerinde kaç parametrenin aynı anda kabul edilebilir aralık içerisinde olduğu bulunmuştur. Bu değerlendirme sonucunda dinleyici alanı üzerinde bir harita çıkarılmıştır. Her üç hacim için yapılan bu değerlendirmede ortaya çıkan sonuçlar ise Tablo 7'de gösterilmiştir.

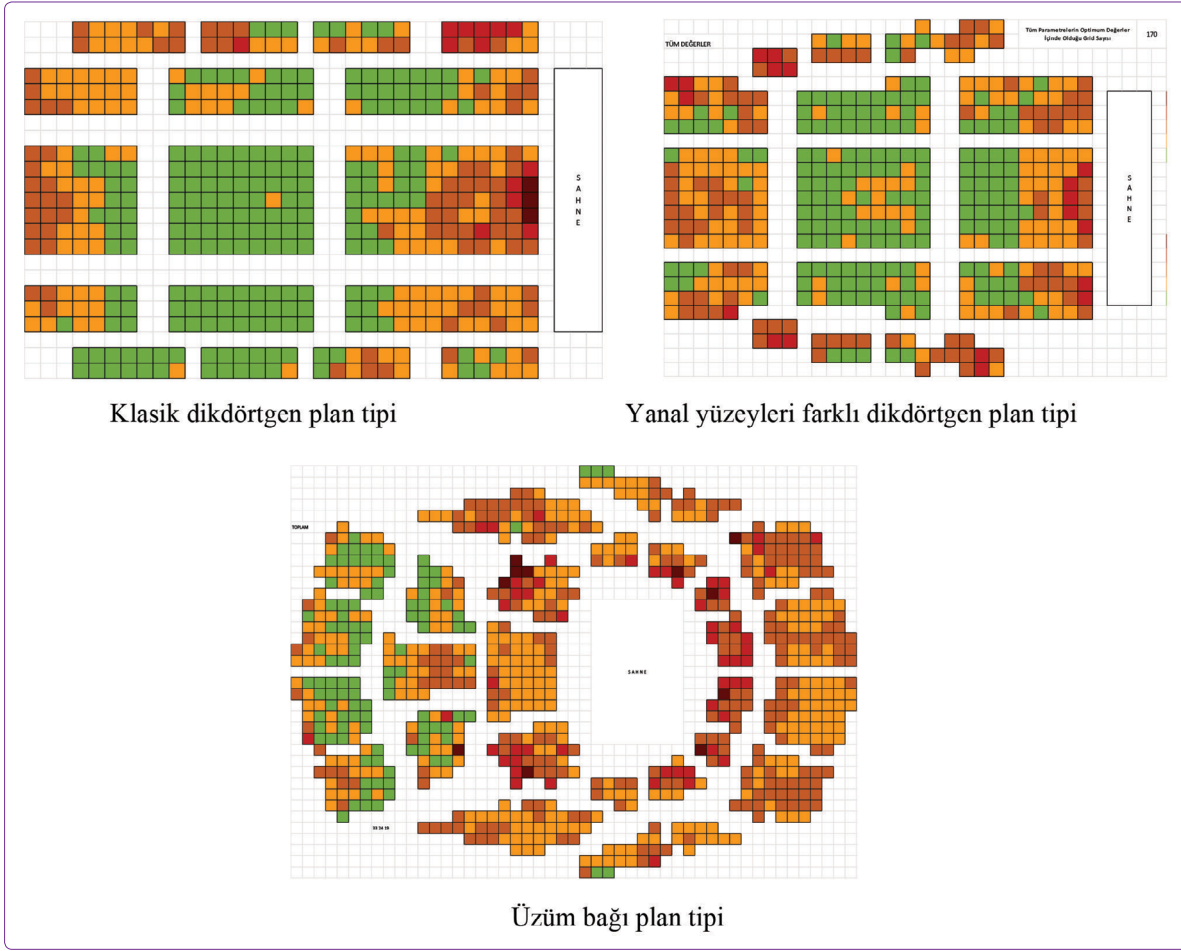
Buna göre dinleyici alanlarında tanımlanan grid bölgelerinde, kabul edilebilir aralık içinde kalan yansım süresi (T30) değerinin, üç salon içinde oran olarak en fazla olan

Tablo 5. Kabul edilebilir aralıklar için renk lejandı

4 Parametre kabul edilebilir aralık dışında	Dark Red
3 Parametre kabul edilebilir aralık dışında	Red
2 Parametre kabul edilebilir aralık dışında	Orange
1 Parametre kabul edilebilir aralık dışında	Yellow
Tüm parametreler kabul edilebilir aralık içinde	Green

Tablo 6. Parametrelerin aynı anda kabul edilebilir aralık içerisindeki yüzdeleri

	Klasik dikdörtgen		Dikdörtgen yanal		Üzüm bağı	
	Toplam grid 807		Toplam grid 752		Toplam grid 741	
4 Parametre kabul edilebilir aralık dışında	3	%0	0	%0	11	%1
3 Parametre kabul edilebilir aralık dışında	23	%3	30	%4	55	%7
2 Parametre kabul edilebilir aralık dışında	133	%16	162	%22	244	%33
1 Parametre kabul edilebilir aralık dışında	310	%38	273	%36	325	%44
Tüm parametreler kabul edilebilir aralık içinde	338	%42	287	%38	106	%14



Şekil 10. Her salon için parametre değerlerinin üst üste çakıştırılması sonucunda aynı grid üzerinde kaç parametrenin kabul edilebilir aralık içerisinde kaldığı gösterilmektedir.

yanal yüzeyleri farklı dikdörtgende, sonra üzüm bağında en son olarak ise klasik dikdörtgen plan tipinde yer aldığı görülmektedir. Erken düşme zamanı (EDT) ise bu kez klasik dikdörtgen plan tipinde oran olarak en fazla iken üzüm bağı plan tipinde en düşük olduğu görülmektedir. Müzik için netlik, C80 parametresinde plan tipleri arasında çok büyük farklar görülmezken, yanal enerji oranı, üzüm bağı plan tipinde kabul edilebilir aralıktaki oran olarak en düşük seviyede yer almıştır. Yukarıda bahsi geçen dört parametrenin aynı anda kabul edilebilir aralık içinde yer aldığı yerlere bakıldığında; klasik dikdörtgen %42'lik oran ile

en üstte, klasik dikdörtgen plan tipinin bir versiyonu olan yanal yüzeyleri farklı dikdörtgen plan %38 ile ikinci sırada gelmektedir. Üzüm bağı plan tipi ise %14'lük bir oran ile dinleyici alanında çok az bir bölgede tüm parametrelerin aynı anda kabul edilebilir aralık içerisinde yer aldığı plan tipi olmuştur.

Parametrelerin bölgesel dağılımı ise Şekil 10 ve Tablo 6'da gösterilmiştir. Klasik dikdörtgen planlı salonda ön bölümde sahneye yakın dinleyicilerin en olumsuz akustik şartlara sahip olduğu görülmektedir. Kaynaktan uzaklaştıkça orta bölümlerde tüm parametrelerin her grid bölgesin-

Tablo 6. Parametrelerin kabul edilebilir aralık içerisindeki yüzdeleri

	Klasik dikdörtgen		Dikdörtgen yanal		Üzüm bağı	
	Toplam grid 807		Toplam grid 752		Toplam grid 741	
T30 Kabul edilebilir aralık içerisinde	598	%74	664	%88	594	%80
EDT Kabul edilebilir aralık içerisinde	552	%68	439	%58	250	%34
C80 Kabul edilebilir aralık içerisinde	656	%81	623	%83	580	%78
LF4 Kabul edilebilir aralık içerisinde	765	%95	594	%79	520	%70
Tüm parametreler kabul edilebilir aralık içinde	338	%42	287	%38	106	%14

de kabul edilebilir aralık içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Arka tarafta sahneye en uzak dinleyici alanları ise ön taraftaki bölgelere göre daha az olumsuz tablo sergilemektedir. Yan taraftaki balkon bölgelerinde ise sahneye yakın bölgelerin yine akustik açıdan daha fazla parametrenin kabul edilebilir aralık dışında olduğu, orta bölümlerin ise daha iyi olduğu anlaşılmaktadır. Yanal yüzeyli dikdörtgen planlı salona bakınca klasik dikdörtgen plan tipinde olduğu gibi kaynağa yani sahneye yakın bölgelerin en olumsuz akustik şartlara sahip olduğu, orta kısımların ise aynı şekilde en olumlu bölgeler olduğu görülmektedir. Ancak klasik dikdörtgenden farklı olarak sahneye yakın ön kısımlarda daha az parametrenin kabul edilebilir aralık dışında kaldığı tabloda yer almıştır. Yine klasik dikdörtgen plan tipinden farklı olarak planda orta bölgelerde görülen kabul edilebilir aralık dışındaki tek parametrenin ise LF4 yanal enerji olduğu tespit edilmiştir. Üzüm bağı plan tipinde diğer ikisinden farklı olarak sahne yerleşimi, görsellik açısından, daha merkezi olarak tasarlanmıştır. Bu salonda kabul edilebilir aralık içerisinde kalan bölgeler sahneye en uzak, kot olarak daha yukarıda yer alan dinleyici bölgeleri olmuştur. Sahneyi çevreleyen yakın dinleyici alanlarındaki akustik parametrelerin ise kabul edilebilir aralık dışında olduğu görülmektedir.

Her üç plan tipine bakıldığında bütünsel akustik kaliteyi etkileyen hacim akustiği parametrelerinin, salon bazında ortalamalarının kabul edilebilir aralık içerisinde olduğu görülmektedir. Bölgesel olarak dinleyici alanları incelendiğinde ise kabul edilebilir aralık içerisinde olan bölgelerin değişkenlik gösterdiği, sadece hacim ortalamaları ile değil, dinleyici bölgelerini de kendi içerisinde daha ufak bölgelere ayırarak akustik hesapların yapılmasının daha sağlıklı sonuçlar vereceği görülmüştür.

Yapılan çalışma sonucunda; ortalama değerlerin salo- nun tüm noktalarında aynı akustik kalite olduğunun bir göstergesi olmadığı ve plan tipolojilerinin bütünsel akustik kaliteyi etkilediği ortaya konmuştur.

Bu çalışmada elde edilen nesnel verilerin bütünsel akustik kalite üzerindeki etkisini tam olarak ölçmek için, aynı zamanda öznel değerlendirilmelerle desteklenmesi gerekmektedir. Öte yandan çalışmada kullanılan dört akustik parametrenin algısal etkilerinin farklı olması da söz konusudur. Bundan sonra yapılması planlanan çalışmada ele alınan plan tipleri üzerinde tüm parametrelerin kabul edilebilir aralık içerisinde ve dışarısında olduğu noktalar belirlenecek ve bu noktalarda işitselleştirmeler (auralisation)

yapılacaktır. Deneyimli dinleyicilerin yer alacağı dinleme testleri ile nesnel ve öznel değerlendirmelerin tutarlılığı ortaya konmuş olacaktır. Kişisel tercihlerin altında yatan algısal faktörlerin nesnel değerlendirmeler ile ilişkisi, konser salonu tasarımlarına da yardımcı olacaktır.

Kaynaklar

- Aknesil, A. E. (1998). Salonların hacim akustiği yönünden değerlendirilmesinde akustik koşul dağılımlarının öneminin ortaya konulması ve irdelenmesine yönelik bir yaklaşım. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Barron, M. (2006). The development of concert hall design - A 111 year experience. Spring Conference Futures in Acoustics 2006: Today's Research - Tomorrow's Careers. 28 Pt.1. Institute of Acoustics (IOA).
- Barron, M. (2010). Auditorium acoustics and architectural design. Spon Press.
- Beranek, L. (2003). Subjective rank orderings and acoustical measurements for fifty-eight concert halls. Acta Acoustica United With Acustica, 89.
- Beranek, L. (2004). Concert halls and opera houses. Springer.
- Beranek, L. (2011). Concert hall acoustics. Architectural Science Review, 54(1), 5-14.
- Hidaka, T. ve Beranek, L. (2000). Objective and subjective evaluations of twenty-three opera houses in Europe, Japan and Americas. Journal of Acoustical Society of America.
- Hidaka, T., Beranek, L. ve Okano, T. (1995). Interaural cross-correlation, lateral fraction, and low- and high-frequency sound levels as measures of acoustical quality in concert halls. Journal of Acoustical Society of America.
- Hoffman, I. B. (2002). Halls for music performance another two decades of experience: 1982-2002. Journal of Acoustical Society of America.
- ISO 3382-1. (2009). Acoustics, measurement of room acoustic parameters, part -1, performance spaces. ISO.
- Kahle_Acoustics. (2006). Kahle acoustics philharmonie de paris acoustic brief. http://www.kahle.be/articles/AcousticBrief_PdP_2006.pdf
- Meyer, J. (2011). Trends in concert hall design-experiences of the last 50 years. Forum Acusticum. Aalborg, Denmark.
- Odeon. (2020, 03). Odeon user's manual. Odeon Software: <https://odeon.dk/download/Version15/OdeonManual.pdf> adresinden alındı
- Talaska, R. H. (1982). Halls for music performance, two decades of experience: 1962-1982. Journal of Acoustical Society of America.
- Uzun, B. ve Can, Z. Y. (2017). 21. yüzyılda inşa edilen konser salonlarının akustiği üzerine bir inceleme. 12. Ulusal Akustik Kongresi. Urla, İzmir.