

THE ACOUSTIC DESIGN PARAMETERS OF CONCERT HALLS IN THE PERSPECTIVE OF AUDIENCE ORCHESTRA AND MUSICIAN

The acoustical properties of concert halls is an important research area in the science of acoustics, especially in the last 20 years. Concert halls have an important role in today's music listening practice. The acoustical properties of the hall that the music is being played defines the quality of the sound that reaches the audience and is the main factor in the performances of both the performers and conductors. Furthermore, the composers sensitivity about the halls that their compositions will be performed and the acoustical quality demands of the audience have led to extensive research about the acoustical properties of concert halls.

This text, from the audiences, performers and conductors perspective, aims to explain how the acoustical properties of a music hall enhances the perception of sound and the composition. Following this explanation it evaluates the relationship between acoustical parameters and the concert hall shupes.

Anahtar Kelimeler: Akustik, Konser Salonu, Yansıyım Süresi.

Key Words: Acoustic, Concert Hall, Audience

Bir konser salonuna girdiğimizde ne duyarız? Günümüz müzik dinleme pratiklerinin gerçekleştirildiği yerlerin başında gelen konser salonları müzisyen, şef ve dinleyiciler tarafından artan kalite istekleriyle karşı karşıyadır. Müzisyenler sahnede birbirlerini duymadıklarından, şefler orkestranın sesinin kendilerine doğru ulaşmaması sebebiyle eser yorumlamalarını diledikleri gibi yapamadıklarından, dinleyicilerse sahnede gerçekleştirilen performansın kendilerine kötü ulaşmasından yakınmaktadır. Özellikle akustiğin konser salonlarında birincil önemi olduğunun anlaşılması sonrasında bu istekler gün geçtikçe çoğalmaktadır. 1990'lı yıllar Türkiye'sinde akustiği düzenlenmiş birkaç salon bulunurken 2000'li yıllarla birlikte bu sayı giderek artmaktadır. Bu yazı temel olarak bir konser salonunun akustik özelliklerinin müziğe olan etkisini, akustik parametreler ve salon formu-akustik parametre ilişkisi perspektifinde inceleyecektir.

Sözü edildiği gibi konser salonlarında gerçekleştirilen performansta belirleyici temel kriterlerden biri de salonun akustik özellikleridir. Orkestra şefleri perspektifinden bakıldığında şefin konser salonundan ne beklediği ya da şefin müzikal performansında salon akustiği etkilerinin neler olduğu aşağıdaki örnekle daha iyi anlaşılacaktır.

Vienna Filarmoni Orkestrası, Vienna Staatsoper ve Salzburg Festivali'nin müzik direktörü dünyaca ünlü şef Herbert von Karajan farklı konser salonlarının akustikleri hakkında bilgi

sahibiymi ve bu salonların akustik özellikleri hakkındaki fikirlerimi belirtmekten çekinmezdim. Örneğin 1943'de yeni yapılmış Berlin Staatsoper salonu için kötü bir eleştiri yazmış ve şöyle demişti: "Gerçekleştirdiğim 4 konserin ardından şu sonuca varmak zorunda kalıyorum ki bu kurulum içerisinde benden beklenen performans gerçekleştirmem mümkün değildir". Karajan 1956 yılında da Berlin Filarmoni Salonunun akustik tasarımı için açılan yarışmanın jüri üyelerine yenilikçi bir tasarım için destek veren bir mektup yazdı. Bu mektupta Karajan, yarışmaya yollanan tasarımlar arasında mimar Hans Scharoun'un tasarımının diğerlerinden üstün olduğunu, bu tasarımda salonu ortasında olacak şekilde planlanan orkestra yerleşiminin Berlin Filarmoni Orkestrasının müzik stiline diğer tüm tanınmış salonlardan daha uygun olacağını belirtir. Bu yazıları ile Karajan, Senfoni müzik için tasarlanan salonlardaki geleneksel dikdörtgen salon mimarisinin tek kabul gören form olması durumunun değişmesine yardımcı olmuştur.¹

Karajan'ın, orkestrasının müzik stiline ön plana koyarak eleştiriler yazmasının önemli bir sebebi vardır. Şefler orkestralarının sürekli kullandığı salonlarda çalmayı ve bu salonların akustik özelliklerini değerlendirmeyi, yani kendilerini ve orkestralarını bu salonların "güçlerine" ve "zayıflıklarına" adapte etmeyi öğrenirler. Örneğin Philadelphia Müzik Akademisinde, hem şef Ormandy hem de ardılı olan şef Eugene,

* Öğr. Gör. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Müzik Bilimleri Bölümü, İZMİR

** Arş. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Müzik Bilimleri Bölümü, İZMİR

¹ Beranek, L. L. Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics and Architecture, 2nd Edition, Springer-Verlag, New York, 2002

Philadelphia Orkestrası müzisyenlerine salon yansımasını (reverberance) etkisini taklit edebilmek için nota bitişlerini uzatarak çalmalarını öğretmişlerdir. Bunun sebebi her iki şefin de Philadelphia Müzik Akademisi salonunun "kuru", yani salon yansımasının sağladığı dolgunluk etkisinden yoksun bırakan bir akustiğe sahip olduğunu bilmesidir.²

Şefler orkestranın gerçekleştirdiği performansın bütünü üzerine düşünürken müzisyenler daha farklı bakış açılarına sahiptir. Müzisyenler için akustik iki farklı noktada önem kazanır. Bunlardan ilki kendi enstrümanlarını ve orkestranın diğer enstrümanlarını net bir şekilde duyabilmektir. Performansı etkileyen ikinci unsur ise, çalım tekniğini farklı akustik özelliğe sahip mekânlara göre değiştirmektir. Örneğin kemancıların salonun çok canlı ya da çok kuru olmasından etkilenebilirler. Bu yüzden iyi bir denge oluşturmak zorundadırlar. Isaac Stern bunu detaylı bir şekilde açıklar: "Yansıma kemancıya çok yardımcı olur. Bir notadan başka bir notaya geçerken bir önceki nota devam eder ve bu sayede müzisyen her notanın gücü ile sarmalandığı hissine kapılır. Bu oluştuğunda kemancı çalımının "cansız" ya da "çıplak" olduğunu hissetmez. Sesin salon içinde net bir biçimde duyulmasını yanında, doğru bir biçimde kaynaşması da gereklidir".³

Dinleyiciler ise salonunun teknik hesaplamalarıyla değil kendilerine ulaşan sesin kalitesiyle ilgilendirler. Bu noktada önemli olan, konser salonunda seslendirilen eserin tüm detaylarının dinleyiciye ulaşabilmesidir. Birçok eleştirmen çoğu zaman bir eserin belirli bir akustik ortam için yazıldığını rahatlıkla fark edebilir. Bu, eleştirmenin performans hakkındaki yorumunda etkili bir parametredir.⁴

Şu ana kadar anlatılanlar perspektifinde, bir konser salonunda akustik kaliteyi belirleyen temel parametrelerin neler olduğu sorusunu incelemekte yarar vardır.

1-Yansıma(Reverberance) Kavramı ve Yansıma Süresi(Reverberation Time)

Yansıma, bir odada bulunma hissini oluşmasından ve kaynaktan olan uzaklık hissinin oluşmasından sorumlu olan akustik fenomendir. Kaynaktan çıkan sesin kaynak kesildikten sonra oda yüzeylerinden yansıyarak bir süre devam etmesi ve daha sonra sönmesi olarak tanımlanır. Yansıma odadaki yüzeylerin emiciliği ile doğrudan

ilişkilidir.

Yansıma süresi (reverberation time) ve kapalı bir mekanda akustik ve mimari özelliklere göre yansıma süresi hesaplaması ile ilgili ilk çalışmalar Wallace C. Sabine tarafından yapılmış ve yansıma süresi uzun yıllar boyunca oda akustiği değerlendirilmesinde yegane parametre olarak kabul görmüştür. Wallace C. Sabine yansıma süresini, sesin kaynaktan çıktıktan sonra 60 dB sönmesi için geçen zaman şeklinde tanımlamıştır.

Hacim V, emicilik katsayısı a ve yüzey alanı S olarak tanımlandığında yansıma süresi formülü, formül 1'de, Sabine'e göre ortalama emicilik Sa formülü ise 2'de belirtilmiştir.

Bu eşitlikte, V hacim(m³), S1 ,S2 ,S3 değerleri odadaki yüzeylerin alanları, a ise bu

$$RT60 = \frac{016V}{Sa} \quad [\text{Formül 1}]$$

$$Sa = S1 \times a1 + S2 \times a2 + S3 \times a3 \dots \dots \dots + mV \quad [\text{Formül 2}]$$

yüzeylerin emicilik katsayılarıdır. mV terimi havanın emiciliğini belirtir ve sadece 2 KHz ve üstü frekanslarda etkilidir. 2KHz altı frekanslarda bu değer dikkate alınmayacak kadar küçüktür.⁵

Dinlediği müzikten keyif alma hali bireyden bireye değiştiğinden, optimum yansıma süresi değerleri genelde büyük bir dinleyici kitlesi tarafından kabul gören değerler ile tanımlanır. Bununla beraber, yapılan araştırmalar sonucunda optimum yansıma süresi değerlerinin konser salonunun kullanım amacına, geometrisine, frekans cevabına, kaynaklara ve müzikal performans türüne de bağlı olduğunu göstermiştir ve orta (mid) frekanslarda 1.6 - 2.0 saniye arasında olduğu kabul edilmiştir. Çalınan müziğin türüne bağlı olarak ele alındığında ise barok dönem müziği için 1.5 - 1.7 saniye, klasik müzik için 1.7 - 1.9 saniye ve romantik dönem müziği için 2.2 - 2.4 saniye gibi yansıma süresi değerleri kabul görmüştür.⁶ Aşağıdaki bar grafiğinde farklı müzik türleri ve kullanım amaçlarına göre kapalı mekanlar için tercih edilen yansıma sürelerinin grafiği yer almaktadır.

Jordan, 25 salondan elde ettiği veriler üzerinde yaptığı çalışmalar sonucunda 2 saniyeden düşük yansıma süresi değerlerinde önemli olan göstergenin erken ve geç yansıyan ses enerjisi oranı olduğu sonucuna vardı⁷. Gade tarafından daha yakın zamanda yapılan çalışmalarda ise, oda hacmi ile yansıma süresinin, Gürlük (Loudness),

2 Beranek, L. L. 2002, a.g.e.

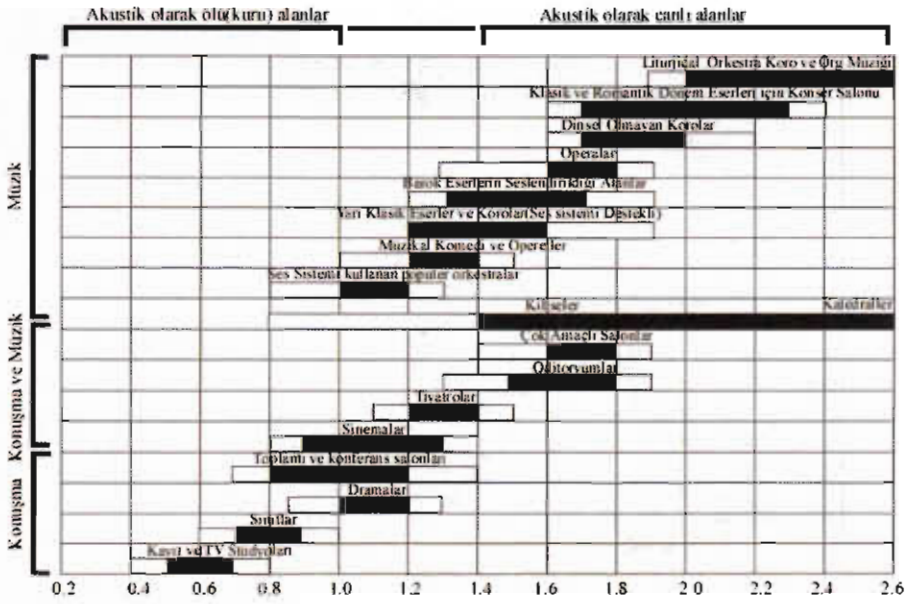
3 Beranek, L. L. 2002, a.g.e.

4 Beranek, L. L. 2002, a.g.e.

5 Mehta, M. Jonson, J. Rocafort, J. Architectural Acoustics: Principles and Design, (Simon & Schuster, New Jersey, 1999), Chap. 10, p 6 213.

6 Abdou, A. M. A. "Transient Sound Intensity Measurements for Evaluating the Spatial Information of Sound Fields in Reverberant Enclosures," (Doktora Tezi, Concordia University, Canada), (1994).

7 Jordan, V.L. "A Group of Objective Acoustical Criteria for Concert Halls," App. Acoust., Vol. 14, pp 253-266 (1981).



Tablo 1. Farklı Salonlarının Yansım Süresi İhtiyaçları Kaynak:Abdou, 1994

Netlik (Definition), Berraklık (Clarity) gibi pek çok akustik parametrenin değerlerini belirlediği ve bunların tasarım aşamasında önemli olduğu ortaya konuldu⁸.

2-Müzikte Netlik (Definition), Berraklık (Clarity)

Netlik (Definition) ve Berraklık (Clarity), konser salonlarının akustik kalitesi için önemli öznel parametrelerden ikisidir. Bu kriterler temel olarak dinleyicinin konser salonunda orkestra çalarken farklı çalgıların seslerini temiz bir şekilde ayırt edebilmesi olarak tanımlanır ve yansım süresi ile yakından ilişkilidir. Bu kriterlerin yeterli düzeyde sağlanamaması durumunda öznel olarak "çamur gibi ses", bu değerlerin yüksek olması durumunda ise sesin detaylarını ayırt etmeyi mümkün kılan ancak öznel olarak "çok kuru ses" olarak ifade edilebilecek akustik izlenimler oluşur.

Thiele tarafından ortaya konan Netlik⁹, ilk 50 ms'deki erken ses enerjisi oranı olarak tanımlanan D50 parametresiyle hesaplanır ve orta frekans aralığı için optimum değerler 0.40-0.60 arasında verilmiştir¹⁰.

Reichardt tarafından ortaya konan ve

alıcıya erken ulaşan (direkt sestem 80 ms sonra) ses enerjisinin alıcıya geç ulaşan ses enerjisine oranı olarak tanımlanan Berraklık hesabı C80 parametresi ile yapılır. C80 için optimum değerler orta frekans C80 değerlerine karşılık gelir ve 0 ile +2dB arasındadır¹¹. Ancak -3dB değeri de çalınan müziğin türüne göre kabul edilebilir bir değerdir¹².

3-Genişlik (Spaciousness), Sarmalanma (Envelopment), Dolgunluk (Fullness)

Konser salonlarında erken yanal yansımaların önemi ile ilgili ilk çalışmalar Marshall tarafından akustik olarak beğeni gören salonlarda yapılmıştır. Marshall'a göre bir salonun akustiğinin iyi olarak tanımlanabilmesi için o salonun "uzaysal yanıt verme" (spatial response) özelliğinin olması gerekir. Bu da geçici ve yöne bağlı dağılım gösteren erken yanal yansımalar ile mümkündür¹³. Marshall'ın bu çalışmasından sonra büyük kapalı mekanların akustik kriterlerinde genişlik izlenimi önemli bir kriter haline gelmiştir.

Uzaysal yanıt ile ilişkili parametrelerden birisi düşük frekanslardaki geç yansımaların enerjisinin yoğunluğu ile belirlenen sarmalanma (envelopment) hissidir. Sarmalanma hissi ile ilgili ikinci bir parametre ise Baron ve Marshall'ın geç yansımalar üzerine yaptıkları çalış-

8 Gade, A. C. "The Influence of Architectural Design on the Acoustics of Concert Halls," App. Acoust., Vol. 31, pp 207-214 (1990).

9 Cremer, L ve Muller, H. A. Çeviri T.J. Schultz, "Principles and Application of Room Acoustics," App. Science, Vol. 1, London, 1982

10 Giménez, A. ve Marin, A. "Analysis and Assessment of Concert Halls," App. Acoust., Vol. 25, pp 235-241 (1988).

11 Jordan, V.L. 1981 a.g.e.

12 Kuttruff, H. Room Acoustics. 3rd Edition. (Elsevier Applied Science, London and New York, 1991), Chap. VIII, p. 245.

13 Marshall, A. H. "A Note on the Importance of Room Cross Section in Concert Halls," J. Sound Vib., Vol. 5, pp 100-112 (1967).

malar sonucu buldukları ve LEF adı verdikleri Erken Yanal Enerji (Early Lateral Energy)'dir. Baron ve Marshall, LEF'yi yanal ve yanal olmayan enerjilerin oranı olarak tanımlamışlar ve yanal yansımaların artması ile 3 boyutlu mekan algısının da arttığını, müziğin dolgunluk (fullness) kazandığını bulmuşlardır¹⁴.

4-Samimilik (Intimacy)

Akustikte "samimilik", mekan büyüklüğünün etkisi olarak tanımlanır. Daha açık olarak alıcının, gelen sesin kaynağını yakında hissetmesidir. Sonuç olarak küçük mekanlarda bu hissin elde edilmesi büyük mekanlara kıyasla daha kolay olur. Samimilik parametresinin akustik literatüründeki teknik adı ise ITD (Initial Time Delay)'dir. ITD direk sesle ilk yansıyan ses arasındaki zaman farkı olarak tanımlanır. İnsan beyni kulak tarafından algılanan direk sesle, ilk yansıyan ses arasındaki zaman farkı sayesinde mekanın büyüklüğü hakkında fikir sahibi olur. Özellikle büyük mekanlarda ilk yansıyan seslerin yan duvarlardan sağlandığı düşünülürse, ITD zamanını belirleyecek olan yan duvarların dinleyici noktasına uzaklığıdır.

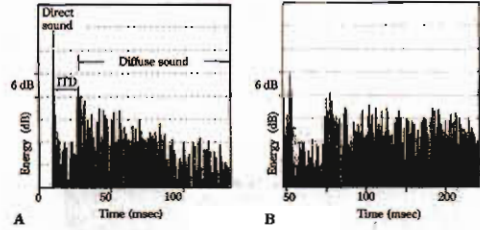
Şekil 1'de görüleceği gibi sinyal 0 anında hoparlörü terk eder ve belirli bir süre ardından dinleyiciye ulaşır. Bundan sonra dinleyici 20 dB civarında bir dip gürültüsü duyar. Ardından ilk yansıyan ses gelir ve daha sonra odanın tüm yüzeylerinden yansıyan sesler dinleyiciye ulaşarak ses yavaş yavaş yok olur.



Şekil 1-Enerji-zaman eğrisinde ITD boşluğu.

ITD kavramının bir değerlendirme kriteri olarak ortaya çıkışı, L. L. Beranek'in yaptığı çalışmalara dayanır. Beranek müzisyenlerin "iyi salon" olarak belirttiği salonlarda bazı testler yapmış ve tüm bu salonların belirli ortak özellikleri olduğunu görmüştür. Test edilen tüm salonlar yaklaşık 20 msn civarında ortak bir ITD'ye sahipti. ITD kavramını daha iyi açıklayabilmek için onu gerçek enerji zaman eğrileri üzerinde gözlemlemek daha yararlı olur. Şekil 2'de iki farklı mekânın enerji

zaman grafikleri verilmiştir. Bunlardan Şekil 2 A'da Master Sound Astoria kayıt stüdyosunun kontrol odası, B'de ise Hollanda'da bulunan ve Beranek'inde kaliteli konser salonu kategorisinde bulunan Concertgebouw konser salonuna aittir¹⁵. Konser salonunun sahip olduğu 20 msn'lik ITD ile kontrol odasının ITD'si arasındaki benzerlik oldukça dikkat çekicidir.



Şekil 2- Farklı iki kapalı mekânın enerji zaman grafikleri.

A-MasterSound Astoria Kayıt Stüdyosu enerji-zaman grafiği

B-Concertgebouw'un enerji zaman grafiği

Kaynak: Everest, 1993;36

Öznel Nitelik	Nesnel açıklama ve Fiziksel Karşılığı	İdeal Değerler
Samimilik(Intimacy)	Direk ses ve yansıyan ses arasındaki ilk zaman gecikmesi	10-20ms
Canlılık(Liveness)	Salon tam dolu iken orta frekanslardaki yansıyan seslerin ortalama süresi	1.9sn
Sıcaklık(Warmth)	Orta ve düşük frekanslardaki yansıyan seslerin süresinin oranı	1.20-1.25
Direk Sesin Gürlüğü(Loudness of Direct Sound)	Salonun dinleyici alanına ortasına olan uzaklığı	20m
Yansıyan Sesin Gürlüğü(Loudness of Reverberant Sound)	Orta frekanslardaki yansıyan seslerin salon hacmine oranı	3sn/m ³
Yayılm(Diffusion)	Uzun yansıyan süresi ve geometrik düzensizlikler	Yeterli (Yok-Az-Yeterli)
Balance and Blend (Denge Kaynaşmışlık Hissi)	Salon tasarımı ve müzisyen algısı	İyi (Zayıf-Orta-İyi)
Ensemble	Müzisyenlerin birbirlerini duyma yeterliliği	Kolay (Zor-Orta-Kolay)

Tablo 2 Beranek'in konser salonları üzerine yaptığı çalışmalardan oluşturduğu kriterler.

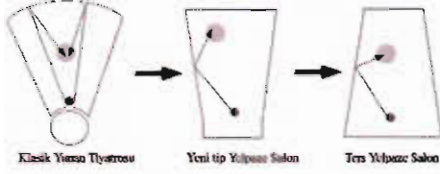
5-Konser Salonlarının Form Açısından Değerlendirilmesi

Günümüz konser salonları form açısından değerlendirildiğinde kullanılan formların tarihsel süreçlerle yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Klasik Yunan tiyatrolarında kullanılan formun günümüzde yelpaze (fanshape) olarak adlandırılan salon formlarıyla benzerlik gösterdiği oldukça açıktır. Bu tip salonlardaki temel sorun, salonun

14 Baron, M. ve Marshall, A. H. "Spatial Impression Due to Early Lateral Reflections in Concert Halls: The Derivation of Physical Measure," J. Sound Vib., Vol. 77(2), pp 211-232 (1981).

15 Everest, Alton. F. Master Handbook of Acoustics 3th Edition. McGraw-Hill, 1994

arka bölümünün eğimli olması nedeniyle buradan yansıyan seslerin odaklanmasıydı. Tasarımcılar bu sorunu salonun arka bölümünü düzleştirerek çözmüşlerdir. Ayrıca yanıl enerji oranını arttırmak için ters yelpaze (reverse fanshape) salonlar tasarlamışlardır.



Şekil3. Yelpaze tip salon örneği: Mann auditorium- Tel Aviv

Günümüzde Sidney Opera House yada Hollandada bulunan Muziek Centrum salonlarına bakıldığında ise bu formların klasik roma tiyatrosundan etkilendiği söylenebilir. Şekil olarak elipsi andıran Roma tiyatrosundaki dinleyici bölgeleri değiştirilerek günümüz üzüm bağı (vineyard) formları oluşturulmuştur. Bu tip salonlar konser salonlarında yanıl enerji oranını arttırmak için tasarlanmış salonlardır. Bu salonlar etrafı küçük yan duvarlarla çevrilmiş oturma alanları tasarlanarak gerçekleştirilir ve bu sayede yanıl enerji oranı artırılır¹⁶. Bu salonların önemli bir diğer özelliği ise direk sesin dinleyiciye ulaşma zamanıdır. Salon formu gereği ses, tüm noktalara yaklaşık olarak aynı sürede ulaşır ve bu nedenle ITD zamanı salonun tümünde yaklaşık olarak aynıdır.

16 Mehta, M. Jonson, J. Rocafort, J. 1999 a.g.e.

17 Mehta, M. Jonson, J. Rocafort, J. 1999 a.g.e.

18 Beranek, L. L. 2002. a.g.c.



Şekil 4. Üzüm Bağı (Vineyard) tip salon örneği: Muziek Centrum, Hollanda (Üstte). Sydney Opera House, Sydney (Altta)



Bir diğer salon formu olan atnalı (horseshoe) salonlar klasik roma tiyatrosundan esinlenerek gerçekleştirilmiştir. Bu salonlarda arka bölümden yansıyan seslerin tek bir noktada odaklanması sorunu bu yüzeylerin emici kaplanması sağlanarak çözülmeye çalışılmıştır. Bu salonlara örnek olarak verilebilecek mekanlar arasında Carnegie Hall ve Singapur'daki Esplanade Center sayılabilir.

Günümüzde kullanılan dikdörtgen kesitli salonlar ise 19. yy'da ortaya çıkmış ve yaygın olarak kullanılmıştır. Dikdörtgen salonlar uygun boyut oranları seçildiği takdirde akustik anlamda en güvenli salonlar olarak kabul edilir. Bunun nedeni ise dikdörtgen salonlarda modal rezonansların rahatsızlıkla hesaplanabilmesi ve doğal olarak sorunlu frekanslara daha rahat müdahale edilebilmesidir.

Dikdörtgen salonlarda yan duvarlardan gelen ilk yansımalar nedeniyle genişlik etkisi oldukça yoğun olarak hissedilir. Ancak bu salonların temel dezavantajı, dinleyici sayısı 2500'ün üzerine çıktığı durumlarda yan yansımaların ve buna bağlı olarak genişlik etkisinin azalmasıdır¹⁷.

Beranek'in konser salonları üzerine yaptığı çalışmalar A*(mükemmel) kategorisine giren salonların %67'si ve B(iyi) kategorisine giren salonların %20'sinin dikdörtgen kesitli salonlar olduğunu göstermiştir. Yine Beranek'in yaptığı çalışmalarda müzisyenlerin %70'i ve eleştirmenlerin % 60'ı dikdörtgen salonları tercih etmektedirler¹⁸. Dikdörtgen salonların akustığı çok iyi



Şekil 5. Atnalı salon örnekleri: Carnegie Hall (Solda). Atwood Center (Sağda)

olarak değerlendirilen uygulamalarından biride Viyana 'daki dünyaca ünlü Vienna Musikvereinssaal salonudur. Bu salon dışında iyi akustiğe sahip diğer dikdörtgen salonlar arasında Concertgebouw ve Boston Symphony Hall sayılabilir.

Sonuç ve Değerlendirme

Bir konserdeki temel unsur müzisyen ve şefin performansıdır. Ancak bu performansın dinleyiciye ulaşmasındaki ilk belirleyici nokta salonun akustik özellikleridir. Bir salonun akustik kalitesi çalınan eserde şef ve müzisyenin göstermeye çalıştığı detayları ortaya çıkararak eserin yorumuna önemli katkı sağlar.

Konser salonlarının akustik özelliklerinin belirlenmesinde iki temel unsur vardır. Salon formu genel kriterleri belirlerken, parametre değerleri salon akustiğinin detaylarını şekillendirir. Ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre formda gerçekleştirilecek küçük değişiklikler akustik kalitenin yükselmesini sağlayacaktır.

Günümüz konser salonlarının akustik ölçümler ve hesaplamaları ISO¹⁹ tarafından standartlaştırılmıştır. Yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçların nasıl değerlendirileceği mekanın işlevi ve tasarımcının yaratıcılığı ile doğru orantılıdır. Yukarıda açıklanan akustik parametreler ve salon formunun akustik parametrelere katkısı tasarım aşamasında bir arada değerlendirilmesi gereken kriterlerdir.



Şekil 6. Dikdörtgen salon örnekleri: Concertgebouw (Solda). Boston Symphony Hall (Sağda)

¹⁹ ISO 3382, "Measurement of reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters", 2003

Kaynakça:

Abdou, A. M. A. "Transient Sound Intensity Measurements for Evaluating the Spatial Information of Sound Fields in Reverberant Enclosures," (Doktora Tezi, Concordia University, Canada), (1994).

Baron, M. ve Marshall, A. H. "Spatial Impression Due to Early Lateral Reflections in Concert Halls: The Derivation of Physical Measure," J. Sound Vib., Vol. 77(2), pp 211-232 (1981).

Beranek, L. L. Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics and Architecture, 2nd Edition, (Springer-Verlag, New York, 2002)

Cremer, L ve Muller, H. A. Çeviri T.J. Schultz, "Principles and Application of Room Acoustics," App. Science, Vol. 1, London, 1982

Everest, Alton. F. Master Handbook of Acoustics 3th Edition, McGraw-Hill, 1994

Gade, A. C. "Prediction of Room Acoustical Parameters," J. Acoust. Soc. Am., Vol. 89, No.4, Pt. 2, p. 1857 (1991).

Gade, A. C. "The Influence of Architectural Design on the Acoustics of Concert Halls," App. Acoust., Vol. 31, pp 207-214 (1990).

Giménez, A. ve Marin, A. "Analysis and Assessment of Concert Halls," App. Acoust., Vol. 25, pp 235-241 (1988).

ISO 3382, "Measurement of reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters", 2003

Jordan, V.L. "A Group of Objective Acoustical Criteria for Concert Halls," App. Acoust., Vol. 14, pp 253-266 (1981).

Jordan, V.L. "Auditoria Acoustics : Developments in Recent Years," App. Acoust., Vol. 8, pp. 217-135 (1975).

Kuttruff, H. Room Acoustics, 3rd Edition. (Elsevier Applied Science, London and New York,

1991), Chap. VIII, p. 245.

Marshall, A. H. "A Note on the Importance of Room Cross Section in Concert Halls," J. Sound Vib., Vol. 5, pp 100-112 (1967).

Mehta, M. Jonson, J. Rocafort, J. Architectural Acoustics: Principles and Design, (Simon & Schuster, New Jersey, 1999), Chap. 10, p 213.