

Akustik Performansı Etkileyen Geometrik Tasarım Parametreleri ve Farklı Plan Tipi Örnekleri

Nuriye Nida Çelebi Şeker^{1*} 

Özet: Bir performansın sergilenmesi, bir araya gelme ve paylaşımında bulunma gibi sebeplerle ortaya çıkmış yapılardan biri olan konuşma amaçlı salonlar; kullanılmaya başlandığı ilk günden beri, teknolojinin gelişmesi, farklı uzmanlık alanlarının ortaya çıkması/artması ile mimari açıdan farklı bir boyuta ulaşmıştır. Tiyatrolar, konferans salonları, ofisler, derslikler, toplantı salonları, restoranlar, küçük ve büyük derslikler, amfiler, çok amaçlı salonlar vb. şeklinde sıralanabilecek konuşma amaçlı salonlarda sergilenen performans boyunca oyuncunun/konuşmacının performansını gerçekleştirebilmesi aynı zamanda izleyicinin fazladan çaba sarf etmeden performansını izleyebilmesi/dinleyebilmesi ve anlayabilmesi önemlidir. Bu bağlamda; fiziksel, görsel, işitsel konfor şartlarının iyileştirilmesi konuşma anlaşılabilirliğinin ve konsantrasyonun sağlanması için gereklidir. Bunun için de literatürde kabul görmüş geometrik parametreler sağlanarak akustik performansı yüksek hacimler tasarlanmalıdır.

Salonlar tasarlanırken salonun genişliği, uzunluğu, en/boy oranı, salonda bulunan paralel yüzeyler, yan duvarların katkısı, yan duvarların ve tavan panellerinin formu, oturma alanı gibi geometrik farklılıkların erken yansımaları, gecikmiş yansımaları, yanal yansımaları, toplam ses enerjisini, bu da akustik performansı ve işitsel konforu etkilemektedir. Bu sebeple akustik konforun ve konuşma anlaşılabilirliğinin sağlanması için geometrik şartların da rolünün göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu sebeple çalışma kapsamında, geometrik tasarım parametrelerinden; görüş çizgisi, 140o kuralı, maksimum salon uzunluğu, en/boy oranı, zemin eğimi, tavan panelleri ve yan duvar ışın analizi, oturma alanı; koltuk, koridor, sahne ölçüleri, ses ışın analizine göre yapı elemanlarının biçimleri ve boyutları; optimum çınlama süresini sağlamak için yapı elemanlarının bitiş malzemeleri, bahsedilen konfor şartlarının sağlanması amacıyla yönelik olarak irdelenmiştir. Bu doğrultuda bahsi geçen parametrelere bağlı olarak; hacimleri (m³), kişi sayıları, ortalama yükseklikleri (h), kişi başına düşen hacim ve alanları (m³-m²), yapı elemanları yüzey bitiş malzemeleri, birbirleriyle benzer olan farklı plan şemalı salonlar yazar tarafından tasarlanmış ve bu salonların işitsel konfor koşulları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Salon geometrisi, geometrik parametreler, hacim akustiği, konuşma amaçlı salonlar.

Geometrical Design Parameters That Affect on Acoustic Performance and Examination of Different Plan Shapes

Abstract: Speech halls are the structures that emerged for reasons such as performing a performance, gathering and sharing. From the first days they were used, new wrinkles added in terms of architecture with the development of technology and the emergence / increase of different areas of expertise. Speech halls can be listed as follows, theaters, conference halls, offices, classrooms, meeting rooms, restaurants, small and large classrooms, lecture halls, multi-purpose halls, etc. It is important that the actor/speaker can perform during the performance exhibited in the speech hall and the audience can watch/listen and understand the performance without any extra effort. In this context; it is essential to improving physical, visual and audial comfort conditions is necessary to ensure speech intelligibility and concentration. To ensure this comfort, halls with high acoustic performance should be designed by providing geometric parameters accepted in the literature.

Within the scope of the study, among the geometric design parameters; line of sight, 1400 rule, maximum hall length, aspect ratio, floor slope, ceiling panels and side wall beam analysis, seating area; seat, corridor, stage dimensions, shapes and sizes of building elements according to sound beam analysis; in order to provide optimum reverberation time, the finishing materials of the building elements have been examined to provide the mentioned comfort conditions. Accordingly, depending on the parameters mentioned; volume of halls (m³), number of seats, average height (h), volume per seat and area per seat (m³-m²), building elements, surface finishing materials, halls with different plan schemes that are similar to each other were designed and examined.

While the halls are designed, the width, length, aspect ratio of the hall, the parallel surfaces in the hall, the contribution of the side walls, the form of the side walls and ceiling panels, the early reflections of geometric differences such as the seating area, delayed reflections, lateral reflections, total sound energy, which effects the acoustic performance and this performance affects audial comfort. For this reason, the role of geometric conditions should be considered in order to provide acoustic comfort and speech intelligibility.

Keywords: plan geometry, acoustical and geometric parameters, room acoustics, speech rooms.

¹Address (Adres): Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, Interior Design Department, İstanbul, Turkey

***Corresponding author (Sorumlu Yazar):** nida.celebi@msgsu.edu.tr

Citation (Atf): Çelebi Şeker, N.N. (2021). Akustik Performansı Etkileyen Geometrik Tasarım Parametreleri ve Farklı Plan Tipi Örnekleri. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 5 (1): 42-54.

1. GİRİŞ

Toplanma, bir performansın sergilenmesi, bir araya paylaşımında bulunma gibi sebeplerle ortaya çıktığı bilinen yapılardan biri olan konuşma amaçlı salonlar; kullanılmaya başlandığı ilk günden beri, teknolojinin gelişmesi, farklı uzmanlık alanlarının ortaya çıkması-artması ile mimari açıdan farklı bir boyuta ulaşmıştır.

Konuşmanın gerçekleştiği konuşma amaçlı salonlar; restoranlar, küçük ve büyük derslikler, amfiler, toplantı salonları, ofisler, çok amaçlı salonlar, konferans salonları, tiyatrolar olarak sıralanmaktadır. Bir salonun kapasitesini sadece oturma alanı belirlememekte, sahnenin boyutu, yapılan aktivitenin/etkinliğin türü, salonun bulunduğu konum ve sosyal ortam da salonun kapasitesini etkilemektedir. Salonlar kişi kapasitesine göre sınıflandırılacak olursa; 500'den az kişi kapasiteli salonlar; küçük ölçekli salonlar, 500-900 kişi kapasiteli salonlar; orta ölçekli salonlar, 900-1500 kişi kapasiteli salonlar; büyük ölçekli salonlar, 1500'den fazla kişi kapasiteli salonlar; çok büyük ölçekli salonlar olarak nitelendirilebilir (Ham, 1972:13).

Aktivite/etkinlik boyunca, hem oyuncunun/konuşmacının oyununu oynayabilmesi/konuşabilmesi hem de dinleyicinin oyunu/sahneyi izleyebilmesi/dinleyebilmesi için fazladan bir çabaya gerek kalmadan etkinliğin/aktivitenin gerçekleşmesi; performansın anlaşılması ve konsantrasyonun sağlanması açısından önemlidir. Oturma elemanları ne çok yumuşak ne çok sert ve standartlarda belirtilen ölçülerde olmalı, oturma alanının her yerinden sahnenin performans alanının her köşesi rahatlıkla

görülebilmeli, salonun genel aydınlatma düzeyi yeterli olmalı, oyundaki konuşmalar ve sesler eko yapmadan, gecikmeden, istenilen sürede alıcılara ulaşmalıdır. Burada birincil amaç; kişilerin fiziksel, görsel, işitsel konforlarının sağlanmasıdır. Konferans salonu ve tiyatro gibi konuşma amaçlı salonlarda işitsel konforu sağlayan bir gereklilik olan konuşma anlaşılabilirliğinin sağlanması; akustik ve geometrik parametrelerin optimize edilmesine bağlıdır (Ham, 1972:30). Bu çalışma kapsamında salon tasarımını etkileyen geometrik parametreler anlatılmış, yapılan hesaplamaların değerlendirmeleri geometrik parametrelerin akustik parametreler üzerindeki etkisiyle yorumlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Literatürde var olan geometrik parametrelerden bahsedilmiş ve bu parametreler ışığında salonlar yazar tarafından tasarlanmış, salonlar Autodesk Autocad 2012 programında çizilmiş, tasarlanan salonlarda gerekli geometrik kontroller yapılmış, Google Sketch Up 8 programında üç boyutlu olarak modellenmiş, ODEON 10.0 Combined simülasyon programında gerekli hesaplamalar yapılmış ve bu hesaplamalar sonucunda, akustik parametrelerdeki değerler salon geometrisine bağlı olarak yorumlanmış, akustik performansta geometrik kararların rolü değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler herhangi bir salonu iyi ya da kötü gösterme çabasıyla yapılmamış, her salon için geometrinin avantaj ve dezavantajları üzerinde durulmuş, salon geometrisinin akustik performans üzerindeki etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

3. BULGULAR

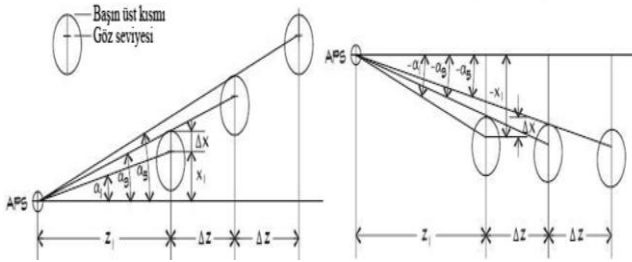
Salonların tasarımında akustik konfor için geometrik parametrelerin sağlanması ve oluşabilecek akustik kusurların engellenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında geometrik parametreler; zemin eğimi ve görüş çizgileri, oturma alanı ve elemanları, tavan / duvar yansıtıcıları başlıklarıyla ele alınmış, akustik kusurlar da çoklu ve uzun gecikmiş yansımalar, eko, titreşimli eko (flutter echo), odaklanma, gölge, fısıldayan galeri olarak sıralanmıştır.

3.1. Geometrik parametreler

Akustik konforu sağlayan faktörlerden olan; zemin eğimi, plandaki ve kesitteki görüş çizgileri, balkonların kullanımı, oturma düzeni ve koltukların tasarımı, salonlarda kullanılan yansıtıcılar, tavan panelleri, salonlarda bulunan çıkışlar, sahnenin tasarımı, salonun şekli, boyutu, ortalama yüksekliği, malzeme seçimlerine ait açıklamalar bu bölümde aktarılmış ve bu parametreler ışığında salonların tasarımı adım adım gerçekleştirilmiştir.

Zemin eğimi ve görüş çizgileri

Yapılan aktivitenin, sergilenen performansın türüne göre mekansal sınırlar değişebilmektedir, ancak aktivitenin çeşidine bakılmaksızın her koşulda sahnenin/aktivite alanı bütün seyirciler tarafından görülmeli, salonunun zemin eğimi verimli görüş açısını sağlayacak şekilde olmalıdır; çünkü iyi görüş açısı konforlu dinleme şartları anlamına gelmektedir. Zemin eğimi, Şekil 1'de gösterildiği gibi, izleyicinin göz hizasından çıkan bir ışının, ön sırasındaki izleyicinin kafasının üzerinden geçerek, izleyicinin görüş çizgisinin olduğu nokta (arrival point of sight APS) olarak adlandırılan sahnenin uç noktalarına varacak şekilde ayarlanmaktadır (Long, 2006:382; Strong, 2010:77).

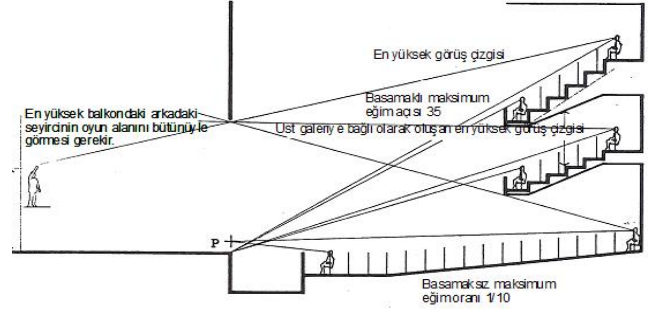


Şekil 1. Her bir sıra için görüş çizgisi geometrisi (Long, 2006:382; Strong, 2010:77).

Göz yüksekliği ölçü aralığı; yetişkinler için 112 cm (oturan bir kişinin göz/kulak seviyesinin yerden yüksekliği), sahne yüksekliği yerden 80-100 cm olarak kabul edilebilir.

Düşey görüş çizgileri;

- ✓ Alıcının sahne alanına maksimum mesafesini,
- ✓ Sahne alanının derinliği ve yüksekliğini,
- ✓ Herkes tarafından görülmesi gereken, sahnenin en yakın, en alçak, en uç noktanın konumunu,
- ✓ Sahne alanına en uzak mesafedeki alıcı tarafından bile görünmesi gereken sahne alanının en uç noktalarını, balkon önleri, perde alınlarının sınırlarını belirlemede yardımcıdır (Ham, 1972:32-33).



Şekil 2. Salondaki eğimlerin ve balkonların gösterimi (Ham, 1972:32-33; Strong, 2010:79).

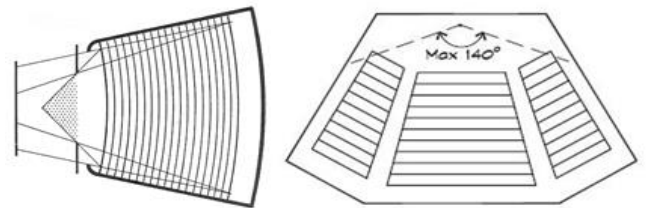
Balkonlu bir salon tasarımı gösterilen Şekil 2'de, balkonların sahip olacağı maksimum eğim açısı, balkon altında kalan dinleyicilere ses ışınlarının gidip gitmediğinin kontrolü, sahnenin en ön, en arka ve en üst kısımdaki varış noktasının; en öndeki dinleyici, balkonlardakiler, en arkadakiler olmak üzere bütün dinleyiciler tarafından görüldüğünün kontrolü, görüş çizgileriyle sağlanmıştır. Aslında bu görüş çizgileri sayesinde hacmin düşey düzlemdeki (kesit) sınırları da belirlenmiş olmaktadır.

Görüş çizgileri çizilmiş olan Şekil 3'teki gibi, ön kısımdaki sıralardan sonra bir koridor bırakılmışsa koridordan sonra başlayan oturma alanının eğimi tekrar aynı çizgide devam etmelidir, aksi takdirde arka alıcıdan gelen ışınlar öndeki alıcının kafasına denk gelmekte, bu da görme ve işitme konforu açısından rahatsızlığa sebep olmaktadır (Ham, 1972:34).



Şekil 3. Salon eğimi bütün sıralarda aynı devam etmelidir (Ham, 1972:34).

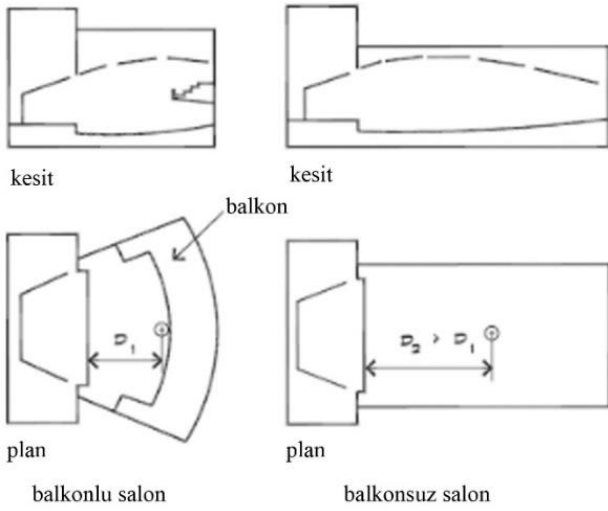
Yatay görüş çizgileri, sahne alanının ve oturma alanının genişliğini belirleyen faktörlerden bir tanesidir. Şekil 4'te gösterildiği gibi yan duvara yakın arka taraftaki alıcılardan gelen görüş çizgileri sahnenin yatay düzlemdeki (plan) performans alanını tanımlamaktadır (Ham, 1972:34). Sahne alanının orta aksındaki bir noktanın alıcı alanına doğru maksimum 140° açı oluşturacak şekilde sınırlandırılarak salon genişliği belirlenmektedir.



Şekil 4. Salonun yatayda da görüş çizgileri kontrol edilmeli (sol), sahne açısı maksimum 140° (sol) olmalıdır (Ham, 1972:34).

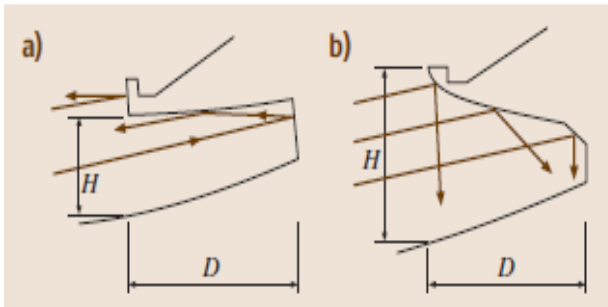
Düsey ve yatay görüş çizgileri kontrolleri sırayla değil, birlikte eş zamanlı yapılmalı, salon ve sahne sınırları bu şekilde belirlenerek tasarlanmalıdır.

Kaynak-alıcı mesafesi dairesel oturma alanı sayesinde minimize edilebileceği gibi balkon kullanımı ile sağlanmaktadır. Şekil 5'te kaynak-alıcı mesafesi balkonlu ve balkonsuz salon durumları için gösterilmiş, bu mesafe balkon kullanarak azaltılmıştır (Long, 2006:580). Salonlarda en uzaktaki alıcı ile olan mesafe 25 metreyi geçmemeli, dolayısıyla salon derinliği 25 metreden fazla olmamalıdır. [Mehta, 1999:232]. Balkonlar oturma alanını arttırmaktadır ancak çoğunlukla balkonların yapılış amacı sahne ve dinleyiciler arasında daha uzak mesafeden kaçınmaktır (Long, 2006:580).



Şekil 5. Balkonlu ve balkonsuz salon plan ve kesiti (Long, 2006:580).

Görüş çizgileri kriterlerini, balkon oturmaları için de yerine getirmek zorunludur. Balkonlarda zemin eğimi, Şekil 2'de de gösterildiği gibi, güvenlik sebebiyle 35° den büyük olmamalıdır. Ayrıca balkonlar söz konusuysa, balkonun altındaki oturma alanı için akustik açıdan özel tedbir ihtiyacı duyulmaktadır. Şekil 6'da gösterildiği gibi, balkon altında kalan oturma alanının tavanının eğimli olmasını sağlamak, yansıyan sesin balkonun altında kalan oturma alanına dağılmasına yardımcı olacaktır (Rossing, 2007:327-328).



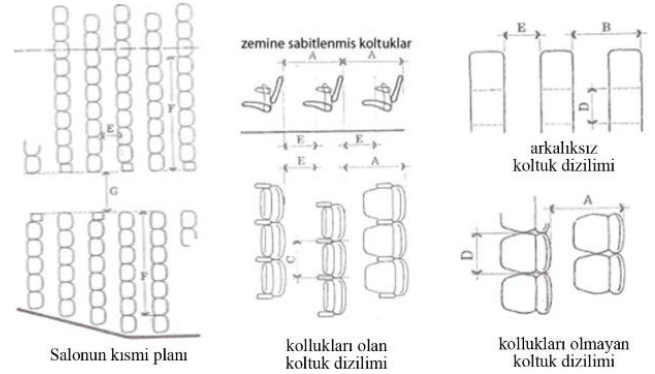
Şekil 6. a) Kötü, b) İyi balkon profili tasarımı (Rossing, 2007:328).

Oturma alanı ve oturma elemanları

Oturma alanı belirlenirken ve oturma elemanları seçilirken her durumda olduğu gibi öncelikle güvenli bir düzenleme hedeflenmelidir. Yani oturma elemanlarının konforlu olmasının yanında, kullanıcıların oturma alanını terk ederken ya da oturma alanını kullanırken sebep olduğu sirkülasyon hesaba katılmalıdır (Ham, 1972:30). Sirkülasyon, acil durum ya da beklenmeyen bir afet durumunda salonu en kısa sürede boşaltacak/terkedecek ve o anki panik anıyla tehlikeli bir duruma izin vermeyecek şekilde düşünülmelidir.

Ayrıca oturma elemanları, kullanıcılara olağan oturuş pozisyonunda sahne alanını görmeyi sağlamalı, yani kullanıcı konforlu oturmak ve/veya sahne alanını görmek için zorlanmamalıdır (Ham, 1972:30). Minimum ölçüler ve geçiş gereksinimleri Şekil 7'de gösterilmiştir (Ham, 1972:54).

sıralar arası 2 koltuk arası minimum mesafe E (mm)	510mm genişliğinde bir koltuğun koridordan maksimum uzaklığı F (mm)	510 mm genişliğinde koltuk için her sırada olabilecek maksimum koltuk sayısı	
		2 tarafta koridor	1 tarafta koridor
305	3060	14	7
330	3570	16	8
355	4080	18	9
380	4590	20	10
405	5100	22	11



Şekil 7. Minimum ölçüler ve geçiş gereksinimleri (Ham, 1972:54).

Şekil 7'de yer alan minimum ölçüler için;

A: Arkalıklı oturma elemanlarının kullanımı için gereken mesafe:760 mm

B: Arkalıksız oturma elemanlarının kullanımı için gereken mesafe:610 mm

C: Kolları olan oturma elemanlarının genişliği min:510 mm

D: Kolları olmayan oturma elemanlarının genişliği min:460 mm

E: Ayak uzatma mesafesi:305 mm

F: Oturma elemanlarının koridora olan mesafesi (22'den fazla oturma elemanı güvenli olmamaktadır)

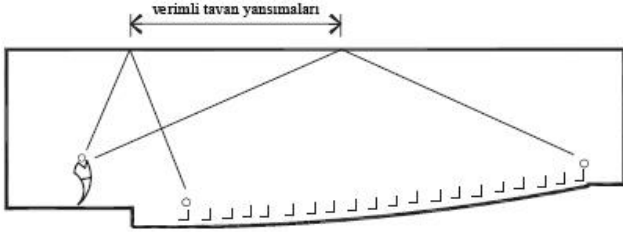
G: Koridor genişliği min:1070 mm

Yansıtıcılar

Yansıtıcılar hem tavanda hem duvarda,

- ✓ Kaynağın arkasına veya üzerine yansıtıcılar yerleştirilerek zayıf olan kaynağın desteklenmesi için
- ✓ Orkestra platformunda topluluğun, dengenin verimli hale getirilmesi için

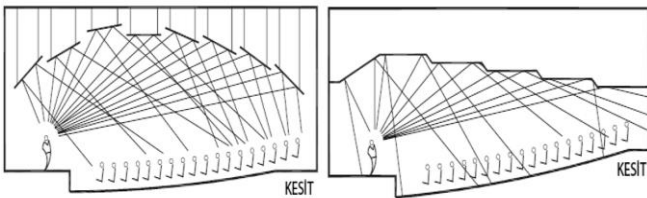
- ✓ Yüksek bir tavanın, oturma alanının ön tarafında ekoya sebep olması için
- ✓ Arka duvardaki yansıtıcılar, balkon önleri yararlı yansımaları arka koltuklara yansıtılabileceklerinden, kaynaktan uzak alıcılarda ses düzeyinin ve netliğin artırılması için
- ✓ Erken yanal yansımalar (yan duvar yansımalar) yan duvarlarda kullanılacak yansıtıcılar kullanmakla mümkün olduğu için
- ✓ Yayılmış yansımalar sağlanması için kullanılmaktadır (Rindel, 1999).



Şekil 8. Düz tavanlı salon kesitinden yansımalar (Long, 2006:584).

Şekil 8'de olduğu gibi düz tavan kesitli salon örneğinde yansıyan ışınlar, orta ve ön bölümleri kapsamakta, ancak arka alıcıların üstündeki tavan kısmına düşen enerjinin büyük bir bölümü, arka duvarların üzerinde emiciyse sönümlenmekte veya yansıtıcıysa uzun gecikmiş yansımalara sebep olmaktadır (Long, 2006:583-585). Tavan şekli ile sesin salona eşit olarak dağılması sağlanabilmekte bu kaygıyla tasarım yapmak işitsel konforu artırmaktadır.

Tasarımı geliştirmek için tavan Şekil 9'daki gibi parçalı (sol) veya basamaklı (sağ) şekilde tasarlanabilir (Long, 2006:585). Aktivitenin çeşitliliğine göre bu paneller hareket edebilmekte, yüksekliği ayarlanabilmekte dolayısıyla salonun hacmi artırılıp/azaltılabilmekte ve buna bağlı olarak da optimum çınlama süresi sağlanabilmektedir. Konuşma amaçlı salonlarda genellikle alçak tavanlı hacimler tercih edilirken, konser salonlarında biraz daha yüksek tavanlı hacimler çınlama süresi açısından tercih edilmektedir.

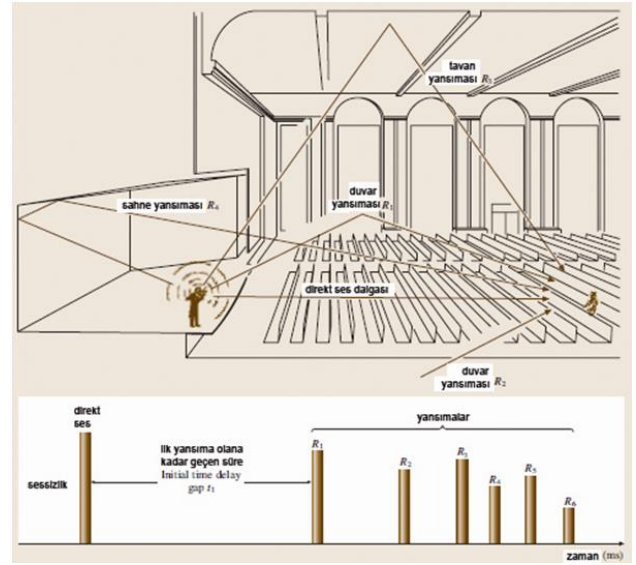


Şekil 9. Bölünmüş tavadan ve kademeli tavadan yansıyan ses (Long,2006:585).

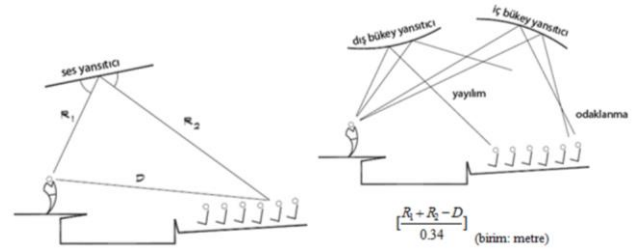
Şekil 10'daki gibi sahnedeki bir kaynaktan çıkan ve küresel yayılan ses dalgası bütün yönlerde yayılmakta ve sesi ilk duyan alıcıya direkt yayılan dalganın bir parçası ulaşmaktadır, buna direkt ses adı verilmektedir (Rossing, 2007:304). Herhangi bir yüzeyden yansıyıp alıcıya gelen ışın nereden yansıyıp ulaşıyorsa o ismi almaktadır; sahne

yansıması, yan duvar yansıması, tavan yansıması örneklerinde olduğu gibi.

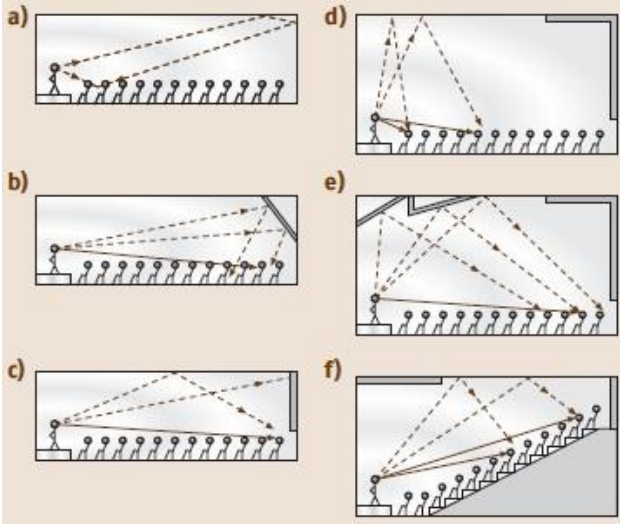
Şekil 11, bir dalganın kaynak-yansıtıcı (R1), yansıtıcı-alıcı (R2) ve kaynak-alıcı (D) yani direkt ses, olmak üzere izlediği yolu şematize eder. Şekil 11'de sol tarafta yansıtıcılar düzlemsel, sağ tarafta ise küresel (iç bükey ve dış bükey) yüzeylerden oluşmaktadır. Direkt ses ve yansımalar kullanılarak gecikme süreleri Şekil 11'deki formüllerle hesaplanabilmektedir. Gecikme süreleri sesin alıcıya ne kadar sürede ulaştığı hakkında bilgi vermektedir, bu sürenin 30 ms'den fazla olmamasına paneller tasarlanırken dikkat edilmelidir (Long, 2006:584). Gecikme süresi 30 ms'den fazla olursa, paneller yeniden şekillendirilmeli, gecikme süresi yeniden hesaplanmalı ve bu durum sağlanana kadar paneller değiştirilerek, denenerek optimum seviyeye ulaşılmalıdır.



Şekil 10. Bir hacimde meydana gelen sinyal tepkisinin ve yansımaların gösterilmesi (Barron, 1993:42; Long, 2006:590; Rossing, 2007:304).



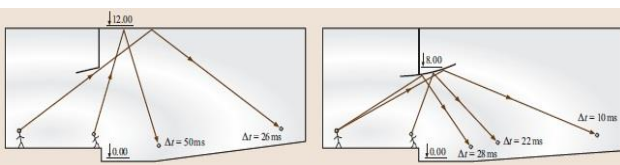
Şekil 11. Tavan Panelleri Yol Farkı ve gecikme süresi hesaplanması (Long, 2006:584).



Şekil 12. Salonda farklı tavan panelleri denenerek erken yansıma kontrolü (Rossing, 2007:331).

Şekil 12, alçak ve yüksek tavanlı salonlarda tavan panelleriyle erken yansıma kontrolünü göstermektedir. Alçak tavanlı salonda (a) arka duvar veya tavadan gelen eko, köşede eğimli yansıtıcı kullanılarak engellenebilir (b). Alternatif olarak, arka köşeden gelen bu enerji, köşedeki bir ya da her iki yüzeyde yutucu malzeme kullanılarak azaltılabilir (c). Eğer tavan, salonun ön kısmında eko oluşturacak kadar yüksekse de (d), sağda görüldüğü gibi, ön kısma, sesi arka alıcılara yönlendiren eğimli yansıtıcılar konularak veya bu tavan alanında ses yutucu malzeme kullanılarak çözüm bulunabilir (e). Alternatif olarak, zemin, salon hacmini azaltmak için eğimlendirilebilir böylece arka koltuklar faydalı yansımaların alındığı tavana yakınlaştırılmış olur (f) (Rossing, 2007:330-331).

Tavan panelleri sahne alanının üzerine veya oturma alanının ön kısımlarının üzerine asılan tekli parçalar da olabilmektedir (Şekil 13). Bulut diye adlandırılan yansıtıcılar genelde düz veya alıcılara doğru dışbükey/konveks şekilde olabilmekte ama dışbükey yüzeyden yansıyan ses bir miktar da dağılıma uğrayacağından, daha verimli bir tavan formu sağlamaktadır (Long, 2006:240). Bu sayede salon hacmini değiştirmeden yansımanın düzeyi artırılmaktadır. Eğer yansıtıcı orkestra çukurunun üzerine yerleştirilirse, sahne alanından oturma alanındaki alıcılara giden erken enerjiyi arttırabileceği gibi, orkestra çukurundaki ortak duyular da desteklenir. Yansıtıcılara dışbükey form vermek daha önce de belirtildiği gibi sesin yayılımı açısından avantajlı bir durumdur (Rossing, 2007:331).

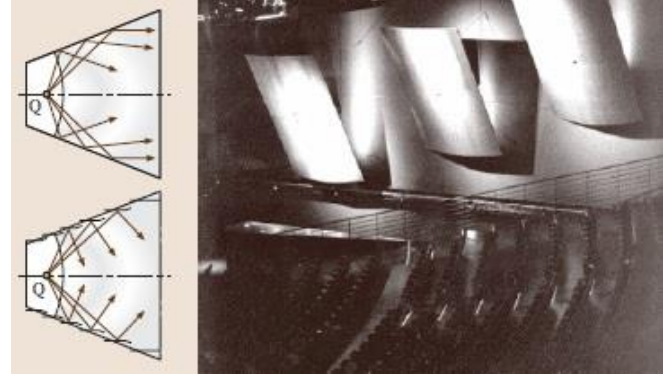


Şekil 13. Sahne alanının üstüne konumlandırılan yansıtıcı panelden yansıyan ses ışınları (Rossing, 2007:332).

Ayrıca, büyük salonlarda kaynak-alıcı mesafesi 18 metreyi aştığında tavan yansıtıcıları kullanmak alıcının gerekli

yansımaları alması bakımından çok işe yaramaktadır (Ham, 1972:40).

Şekil 14'te gösterilen örnekte (sol üst) fan salonda yan duvarlar boyunca meydana gelen yansımalar orta akstaki alıcılara ulaşmamakta, duvarlara zikzak şekli verilerek (sol alt) zayıf yanal yansımalar geliştirilebilmektedir. Yan duvarlarda paneller duvar yüzeyinden koparılabilir (sağ) gerekli olan alıcılara doğru yönlendirilebilmektedir (Rossing, 2007:332).



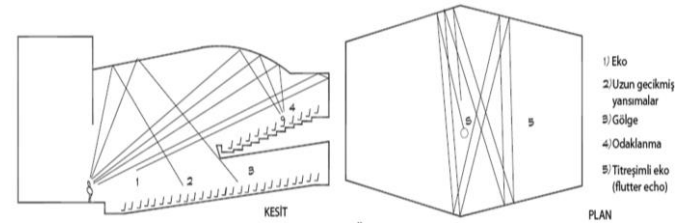
Şekil 14. Fan plan şemalı bir salonda bölgesel olarak paneller kullanılarak yan duvar yansımalarının geliştirilmesi (Rossing, 2007:332).

Akustik kusurlar

Konuşma anlaşılabilirliğinin ve genel konfor şartlarının bozulmasına sebep olabilmektedir. Şekil 15'te gösterildiği gibi bazı akustik kusurlar;

- ✓ Eko
- ✓ Çoklu ve uzun gecikmiş yansımalar
- ✓ Titreşimli eko (flutter echo)
- ✓ Gölge
- ✓ Odaklanma
- ✓ Fısıldayan galeri

şeklinde sıralanabilmektedir (Long, 2006:587).

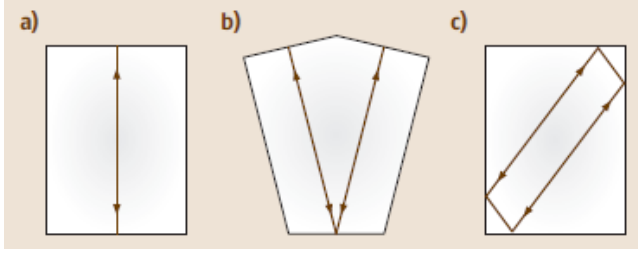


Şekil 15. Akustik Kusurların Örnekleri (Long, 2006:589).

Şiddeti yüksek olan sesin direkt sestten sonra ve belli bir zaman diliminden daha uzun sürede alıcıya ulaşması durumunda **eko** oluşmaktadır. Salonun arka duvarından gelen yansıma ekoya sebep olabileceğinden, arka duvar içbükeyse yutucu malzeme kullanılarak eko ya da gecikmiş yansımalar engellenebilmektedir (Long, 2006:588).

Uzun gecikmiş yansımalar ekoya göre daha kısa olmakta ve eko gibi ayrı sesler olarak algılanmamakta ama sesin anlaşılmasında bulanıklığa yol açmaktadır (Long, 2006:588).

Şekil 16'da gösterildiği gibi; paralel, yansıtıcı duvarlar arasında veya yansıma oluşacak diğer yüzeyler boyunca oluşan, düzenli, tekrar eden yansımalara **titreşimli eko (flutter echo)** adı verilmektedir (Rossing, 2007:330). Titreşimli ekolar; paralel duvarlar, iç bükey veya "V" biçimli yüzeyler arasında oluşan tekrar eden yansıma sesleridir. Bu yüzeyler, iki, üç hatta daha fazla yansımalara neden olmaktadır (Long, 2006:588). Bu nedenle paralel yüzeyler kullanılmaktan kaçınılmalı, kullanılıyorsa da yüzeylerden en az biri saçıcı/yutucu malzemeye kaplanmalı veya yüzeye 3-5° açı verilerek bu paralellik kırılmalıdır (Rossing, 2007:330).

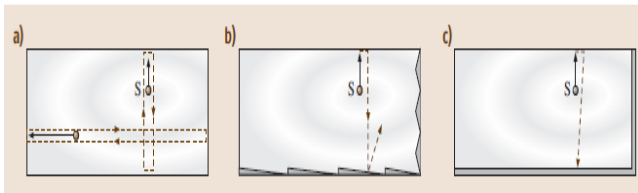


Şekil 16. Plan formlarının sebep olduğu titreşimli ekolar (Rossing, 2007:330).

Şekil 17'de (a) durumu için bütün yüzeyler paralel olduğundan S kaynağından çıkan ses ışını paralel yüzeyler arasında sürekli yansımalar, bu da titreşimli ekoya yani sesin bulanıklaşmasına sebep olur.

Şekil 17'de (b) durumunda da aynı sorun söz konusudur, paralel olan yüzeylerden birer tanesinde saçıcı malzeme kullanıldığında S kaynağından çıkan ışının daha kısa sürede sönmelenmesi ve yön değiştirdiği için de istenen yöndeki alıcılara hizmet etmesi sağlanmaktadır.

Şekil 17'de (c) durumunda da yine aynı sorun söz konusudur, paralel olan yüzeylerden birer tanesinde yutucu malzeme kullanıldığında S kaynağından çıkan ışının (b) durumundan daha kısa sürede ve herhangi bir yönlendirme yapmadan sönmelenmesi görülmektedir, (b) ya da (c) durumu salondaki ihtiyaca göre kullanılacak çözümlerdir.

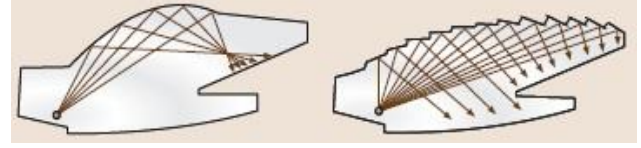


Şekil 17. Titreşimli ekoya sebep olan hacim (a), duvarlarında saçıcı malzeme kullanılmış hacim ve (b) duvarlarında yutucu malzeme kullanılmış hacim ve kaynaktan çıkan sesin davranışı (c) (Rossing, 2007:330).

Gölge, kaynaktan veya yansıtıcı bir yüzeyden alıcıya doğru giden sesin engellenmesidir (Long, 2006:588 ; Rossing, 2007:328). Özellikle balkon altlarındaki oturma alanında gölge oluşacağından, çalışmanın önceki bölümünde de

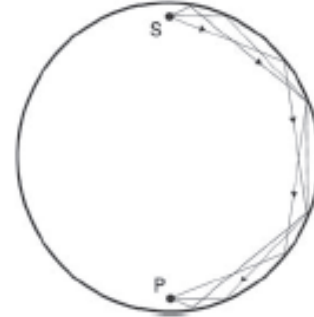
belirtildiği ve Şekil 2 ve Şekil 6'da gösterildiği gibi tedbirler alınmalıdır.

Odaklanma, iç bükey yüzeyler sebebiyle salonun belirli bölgelerinde ses enerjisinin toplanmasıdır (Rossing, 2007:332). Şekil 18'de genel tavan formunun devam ettirilmesi sırasında, yüzeylerin bölgesel olarak yeniden şekillendirilmesi gösterilmektedir.



Şekil 18. Solda gerçekleşen odaklanmayı engellemek ve alıcı alanına daha fazla katkı sağlamak için tavan panellerinin tasarlanması (Rossing, 2007:332).

Ses kaynağı dairesel bir alanda yüzeye yakın şekilde yerleştirildiğinde, sesin bir kısmı yüzeye çok az bir açı ile etkiyip birkaç kez yansımaktadır, böylece bütün hacmin yüzeyi boyunca yayılmaktadır. Hacmin diğer tarafında oturan bir alıcı dahi ortaya çıkan konuşmaları rahatlıkla Şekil 19'da gösterildiği gibi duyabilmektedir. Buna **fısıldayan galeri** adı verilmektedir (Long, 2006:249). Bu durumda da yine geometriyi uygun şekilde değiştirmek veya uygun malzeme ile tedbir almak çözüm olmaktadır.

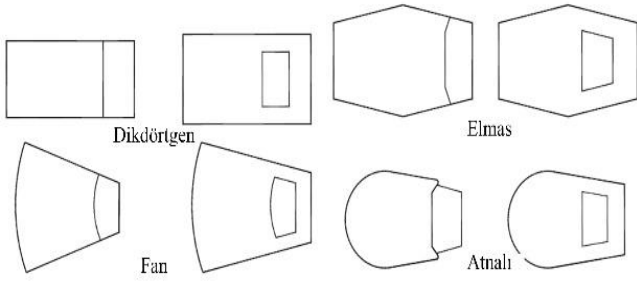


Şekil 19. Fısıldayan Galerisi (Balçı, 2007:121).

Akustik kusurların hepsi hacmin akustiğini, bu hacimdeki aktivitenin anlaşılabilirliğini ve işitsel konforu olumsuz etkileyeceğinden tasarım aşamasında dikkate alınmalı, tasarlanmış bir hacim ise; dış bükey formlarla desteklenerek, saçıcılık/yutuculuk kullanılarak, paralel ve/veya iç bükey yüzeylerden kaçınarak, en önemlisi de doğru tedbirin hangisi olduğuna karar vererek desteklenmelidir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Konuşma amaçlı salonlar; salonların boyutuna, salonlarda yapılacak aktiviteye, salonun fiziki şartlarına bağlı olarak birçok geometride veya farklı plan şemasında olabilmektedir. En yaygın olarak kullanılan salon tipleri Şekil 20'de gösterilmiştir.



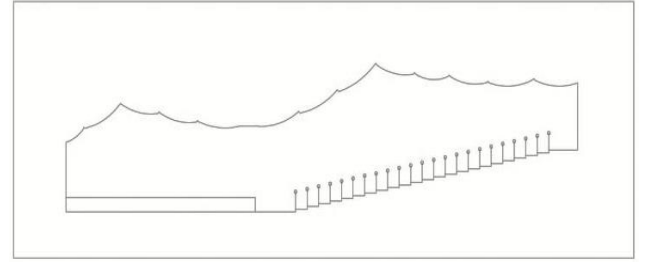
Şekil 20. Salonlar için temel plan formları (Ham, 1972:13).

Çalışmada kişi sayısı bakımından orta ölçekli (700 kişilik), aktivite bakımından konuşma amaçlı, en yaygın plan şeması olan dikdörtgen, fan ve elmas salon tipleri ele alınmıştır. Bu kapsamda dikdörtgen tipi salonların birinin en/boy oranı¹ değerinin maksimum salon uzunluğu² literatürde belirtilenden farklı olacak şekilde iki salon tasarlanmıştır. Dikdörtgen salonlardan biri dikdörtgen 1x1 değeri dikdörtgen 1x1.5 olarak nitelendirilmiş, anlatım kolaylığı ve anlaşılır olması açısından salonların hepsi numaralandırılmıştır; dikdörtgen 1x1 plan tipi: **Salon 1**, dikdörtgen 1x1.5 plan tipi: **Salon 2**, fan plan tipi: **Salon 3**, elmas plan tipi: **Salon 4**.

4.1. Salonların Özellikleri

Salonlar bahsi geçen 140° kuralı , maksimum salon uzunluğu, en/boy oranı, zemin eğimi, tavan panelleri ve yan duvar ışın analizi, oturma alanı; koltuk, koridor, sahne ölçüleri, ses ışın hesaplarına göre yapı elemanlarının (salon tavan panelleri, salon yan duvarları, salon arka duvarı, sahne tavan panelleri, sahne arka duvarı, sahne yan duvarları/panelleri), şekilleri ve boyutları; optimum çınlama süresini sağlamak için yapı elemanlarının (salon tavan panelleri, salon arka duvarı, salon yan duvarları, salon zemini, sahne tavan panelleri, sahne arka duvarı, sahne yan duvarları/panelleri, sahne zemini) bitiş malzemeleri göz önünde bulundurularak tasarlanmaya çalışılmıştır. Tasarlanan bu salonların Autodesk Autocad 2012 programında iki boyutlu (plan, kesit, zemin eğimi, görüş çizgileri vb.) çizimleri yapılmış ve Google Sketch Up 8 modelleme programı ile üç boyutlu modeli çıkarılmıştır.

Salonlar tasarlandıktan sonra, Salon 1 için tavan panelleri önce dış bükey olarak yerleştirilmiş (Şekil 21), dış bükey form ışın yansıtma bakımından daha verimli olmasına rağmen yapılan ışın analizleri (Şekil 23) ve hesaplanan gecikme süreleri (Şekil 22) sonucunda bu yansıtıcılarda bazı aksaklıklar olduğu ortaya çıkmıştır.

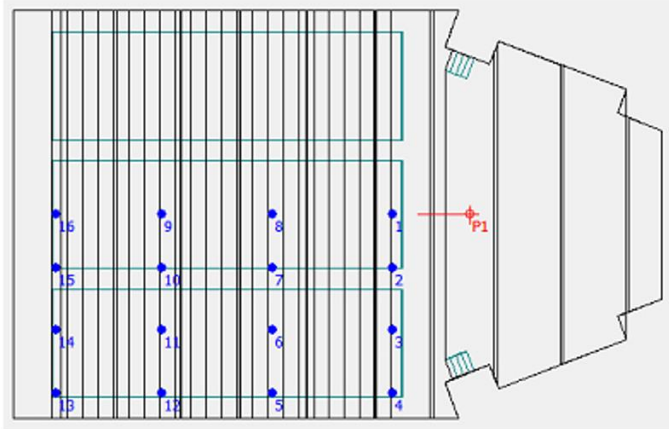


Şekil 21. Salon 1 için ilk tavan paneli denemesi-kesit (Çelebi Şeker, 2014).

Tasarlanan tavan panelleri dış bükey formda kullanılmış ancak özellikle sahnenin alıcılara bakan kısmında tavan panellerinde zemin ile paralellik olduğundan ışınlar salondaki alıcılara gerekli sürede ulaşamamıştır. Şekil 23'te görüldüğü gibi ışınlar ön panel ile zemin arasında birkaç kez yansdıktan sonra alıcılara ulaşmış, daha sonra da sahne panellerine ulaşıp sahne içinde sönmüştür.

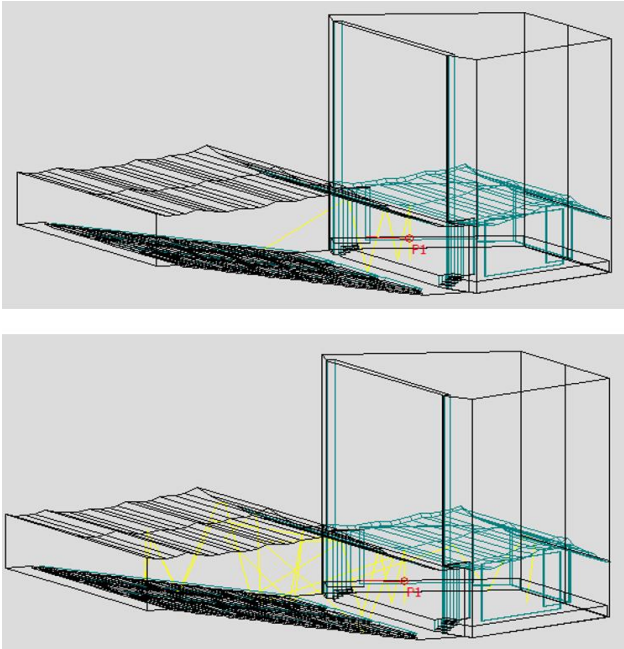
¹ Dikdörtgen salonlarda uzunluk genişlikten daha fazla olmalıdır (Mehta, 1999:232).

² Kaynak-alıcı arası maksimum mesafe 25 metreyi geçmemelidir (Mehta, 1999:232).

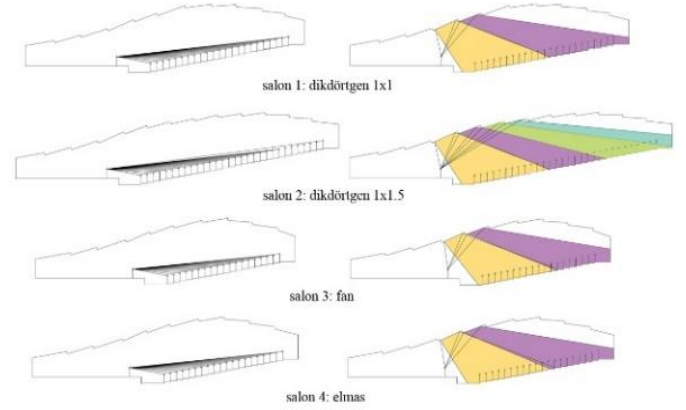


SALON 1x1 YAN DUVAR			SALON 1x1 TAVAN		
kaynak	alıcı	Gecikme süresi(ms)	kaynak	alıcı	Gecikme süresi(ms)
1	1	41,10465	1	1	8,866279
1	2	50,11628	1	2	8,139535
1	3	39,01163	1	3	6,30814
1	4	31,62791	1	4	4,738372
1	5	23,92442	1	5	8,72093
1	6	30,11628	1	6	9,883721
1	7	24,76744	1	7	10,69767
1	8	19,47674	1	8	10,93023
1	9	15,55233	1	9	9,563953
1	10	3,430233	1	10	9,476744
1	11	4,302326	1	11	8,982558
1	12	19,24419	1	12	8,459302
1	13	25,63953	1	13	3,69186
1	14	5,843023	1	14	3,895349
1	15	7,383721	1	15	3,982558
1	16	4,479167	1	16	4,011628

Şekil 22. Salon 1'de tasarlanan ilk tavan panelleri için kaynak-alıcı yerleşimleri ve gecikme süreleri (Çelebi Şeker, 2014).



Şekil 23. Salon 1'de tasarlanan ilk tavan panelleri için kaynaktan çıkan ve yansıyan ses ışınları



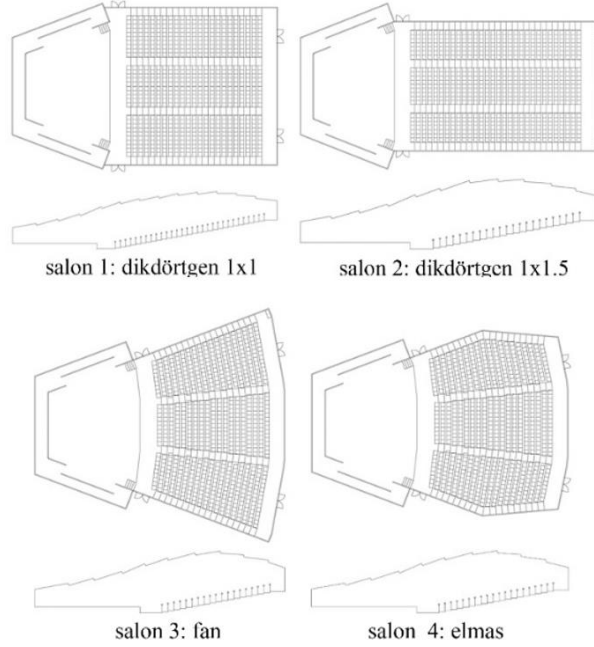
Şekil 24. Salonların görüş çizgileri ile belirlenmiş zemin eğimi ve tavan panellerine ait ışın analizleri

Aynı hesaplamalar her salon için yapılmış ve benzer sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu sebeple tavan-zemin paralelliği kırılarak tavan panelleri yeniden tasarlanmış, yan duvarların birbirlerine paralelliği ise bir taraftaki duvara saçıcılık verilerek bozulmaya çalışılmıştır. Şekil 24'te gösterildiği gibi zemin eğimi için gerekli olan görüş çizgisi kontrolleri yapılmış, salon eğimi buna göre tasarlanmış, tavan panelleri için gerekli olan ışın analiz kontrolleri sağlanmış ve tavan panellerinin alıcılara yansıma göndermesine dikkat edilmiştir.

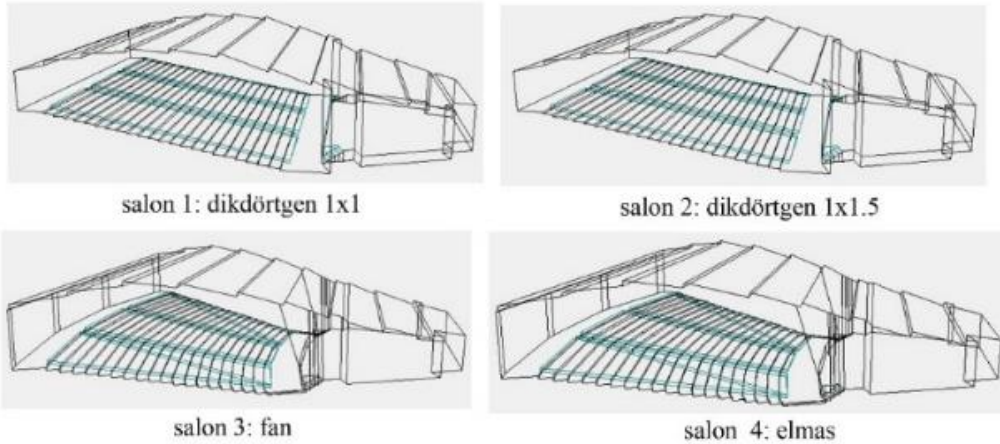
Sonuç olarak, özellikleri (Şekil 25), literatürde ve bu çalışmada bahsi geçen geometrik gereksinimler karşılanarak tasarlanmış salonların plan-kesitleri (Şekil 26) ve üç boyutlu modelleri (Şekil 27) ortaya çıkmıştır. Salonlardan salon 1, eni boyuna eşit yani literatürde belirtilen en-boy oranı ihlal edilerek, salon 2, uzunluğu 28 metre olarak yani salonların maksimum uzunluk kuralı ihlal edilerek, olması gerekenden farklı tasarlanmış, genişlik ve uzunluğun etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır.

SALON 1 dikdörtgen 1x1	SAHNE			SALON								
	yükseklik (m)	alan (m ²)	sahne hacim (m ³)	salon hacim (m ³)	kişi sayısı	salon kişi başı hacim (m ³)	salon+sahne kişi başı hacim (m ³)	alan (m ²)	kişi başı (m ²)	ortalama yükseklik (m)	ortalama en (m)	ortalama boy (m)
	3.8	165	627	2806	690	4.07	4.98	475	0.69	5.8	21.1	22.4
SALON 2 dikdörtgen 1x1.5	SAHNE			SALON								
	yükseklik (m)	alan (m ²)	sahne hacim (m ³)	salon hacim (m ³)	kişi sayısı	salon kişi başı hacim (m ³)	salon+sahne kişi başı hacim (m ³)	alan (m ²)	kişi başı (m ²)	ortalama yükseklik (m)	ortalama en (m)	ortalama boy (m)
	3.8	165	627	2807	690	4.07	4.98	486	0.70	5.8	17.33	28
SALON 3 fan	SAHNE			SALON								
	yükseklik (m)	alan (m ²)	sahne hacim (m ³)	salon hacim (m ³)	kişi sayısı	salon kişi başı hacim (m ³)	salon+sahne kişi başı hacim (m ³)	alan (m ²)	kişi başı (m ²)	ortalama yükseklik (m)	ortalama en (m)	ortalama boy (m)
	3.4	177	601.8	2779	696	3.99	4.86	467	0.67	5.8	24.3	19.2
SALON 4 elmas	SAHNE			SALON								
	yükseklik (m)	alan (m ²)	sahne hacim (m ³)	salon hacim (m ³)	kişi sayısı	salon kişi başı hacim (m ³)	salon+sahne kişi başı hacim (m ³)	alan (m ²)	kişi başı (m ²)	ortalama yükseklik (m)	ortalama en (m)	ortalama boy (m)
	3.4	177	601.8	2616	684	3.83	4.70	448	0.65	5.8	22.4	20

Şekil 25. Salonların özellikleri



Şekil 26. Tasarlanan salonların plan ve kesitleri



Şekil 27. Tasarlanan salonların üç boyutlu modelleri

4.2. Salonların Simülasyonu

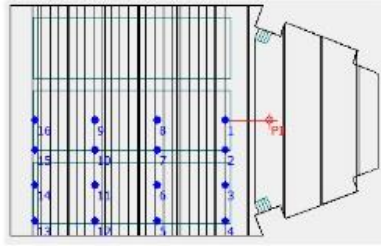
Çalışma kapsamında üç boyutlu modelleri çıkarılan salonlar, ODEON 10.0 Combined akustik simülasyon programına aktarılmıştır. Hesap metotları belirlenmeden önce, modeller program dahilinde 3D Geometry Debugger komutuyla kontrol edilmiş, üst üste binen yüzey olmadığı ve ışınların model dışına kaçmadığı tespit edilmiştir. Modellerin uygunluğu kontrol edildikten sonra simülasyon hesap parametreleri;

- ✓ Işının maksimum yansıma süresi:3000 ms
- ✓ Işının maksimum yansıma sayısı:2000
- ✓ Işın sayısı:program tarafından önerilen değer
- ✓ Sanal kaynakların yansıma derecesi:2
- ✓ Arka plan gürültü düzeyi: NC25

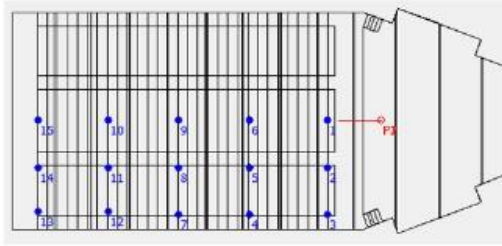
- ✓ Ortam sıcaklığı:20 °C
- ✓ Nem oranı:%50

olarak belirlenmiştir.

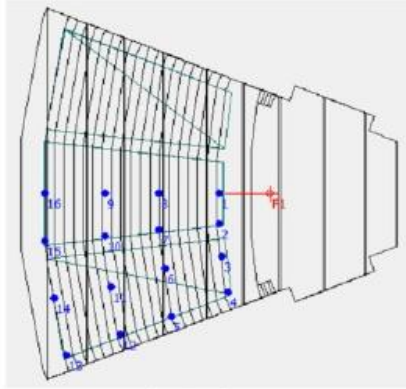
Salonlara 1 kaynak ve salonuna göre 15, 16, 17 tane alıcı, uygun şekilde yerleştirilerek hesaplamalar yapılmıştır. Kaynak sahnenin ön ucuna 150 cm mesafe olacak şekilde orta aksına, 80 cm yükseklikteki sahne zemininden de 150 cm yüksekliğe (ayaktaki bir insanın yerden ağız seviyesi yüksekliği) yerleştirilmiştir. Alıcılar salonun her bölgesine yerden 112 cm yüksekliğe (oturan bir insanın yerden göz-kulak seviyesi yüksekliği) Şekil 28'de gösterildiği gibi homojen olarak konumlandırılmıştır. Salonun bir tarafında alıcılar olması yeterlidir, çünkü salonlar simetrik olduğundan aynı sonuçları verecektir.



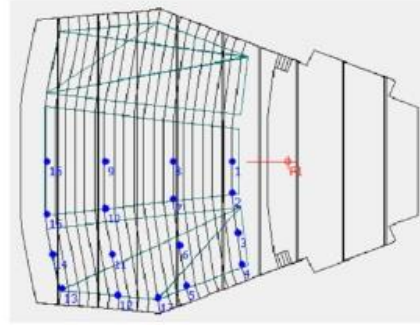
salon 1: dikdörtgen 1x1



salon 2: dikdörtgen 1x1.5



salon 3: fan










salon 4: elmas

Şekil 28. Salonların alıcı-kaynak dizilimleri

Salonun yüzey bitiş malzemeleri; çınlama süresi göz önünde bulundurularak hesaplamalarda Şekil 29'da belirtildiği gibi kabul edilmiştir. Bu malzemelere karar vermek için bazı hesaplama denemeleri yapılmış ve çınlama süresi açısından en uygun malzemelerin bunlar olduğuna karar verilmiştir. Özellikle arka duvara iç bükey olduğu için ve yan duvarlar paralel olduğu için sağ taraftakine saçıcılık değeri eklenmiştir.

Salonun zemini, oturma alanı ve arka duvar yutuculuk katsayısı daha yüksek malzemelerle (daha yutucu), yan

duvarlar, tavan panelleri, sahne zemini, sahne duvarları, sahne tavanı yutuculuk katsayısı daha düşük malzemelerle (yani yansıtıcı) kaplanmıştır. Bu malzemelerle optimum çınlama süresi ve ışın analizleri elde edilmiştir. Ayrıca simülasyon programı kapsamında salonun oturma alanı 1/3 ünün dolu olduğu, 2/3 ünün dolu olduğu ve boş olduğu durumlar göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılmış, Şekil 29'da sadece boş olduğu durum (seyircisiz ağır döşemeli koltuk) gösterilmiştir.

	malzemelerin yutuculuk katsayıları	saçıcılık	malzeme adı																
salon zemin	 <table border="1"> <tr> <td>63 Hz</td><td>125 Hz</td><td>250 Hz</td><td>500 Hz</td><td>1000 Hz</td><td>2000 Hz</td><td>4000 Hz</td><td>8000 Hz</td> </tr> <tr> <td>0.08000</td><td>0.80000</td><td>0.24000</td><td>0.57000</td><td>0.69000</td><td>0.71000</td><td>0.73000</td><td>0.73000</td> </tr> </table>	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	0.08000	0.80000	0.24000	0.57000	0.69000	0.71000	0.73000	0.73000	0,05	arkası yoğun köpüklü halı
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz												
0.08000	0.80000	0.24000	0.57000	0.69000	0.71000	0.73000	0.73000												
yan duvar	 <table border="1"> <tr> <td>63 Hz</td><td>125 Hz</td><td>250 Hz</td><td>500 Hz</td><td>1000 Hz</td><td>2000 Hz</td><td>4000 Hz</td><td>8000 Hz</td> </tr> <tr> <td>0.28000</td><td>0.28000</td><td>0.22000</td><td>0.17000</td><td>0.09000</td><td>0.10000</td><td>0.11000</td><td>0.11000</td> </tr> </table>	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	0.28000	0.28000	0.22000	0.17000	0.09000	0.10000	0.11000	0.11000	sol tarafı 0,05 sağ tarafı 0,6	50 mm ayak üzerine 8 mm ahşap panel
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz												
0.28000	0.28000	0.22000	0.17000	0.09000	0.10000	0.11000	0.11000												
arka duvar	 <table border="1"> <tr> <td>63 Hz</td><td>125 Hz</td><td>250 Hz</td><td>500 Hz</td><td>1000 Hz</td><td>2000 Hz</td><td>4000 Hz</td><td>8000 Hz</td> </tr> <tr> <td>0.83000</td><td>0.83000</td><td>0.72000</td><td>0.80000</td><td>0.90000</td><td>0.87000</td><td>0.70000</td><td>0.70000</td> </tr> </table>	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	0.83000	0.83000	0.72000	0.80000	0.90000	0.87000	0.70000	0.70000	0,6	500mm hava boşluğu 25mm cam yünlü %28 perforeli 5mm panel
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz												
0.83000	0.83000	0.72000	0.80000	0.90000	0.87000	0.70000	0.70000												
salon tavan	 <table border="1"> <tr> <td>63 Hz</td><td>125 Hz</td><td>250 Hz</td><td>500 Hz</td><td>1000 Hz</td><td>2000 Hz</td><td>4000 Hz</td><td>8000 Hz</td> </tr> <tr> <td>0.25000</td><td>0.25000</td><td>0.15000</td><td>0.10000</td><td>0.08000</td><td>0.06000</td><td>0.05000</td><td>0.05000</td> </tr> </table>	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	0.25000	0.25000	0.15000	0.10000	0.08000	0.06000	0.05000	0.05000	0,05	arkada büyük bir hava boşluğu olan 12 mmlik ahşap panel
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz												
0.25000	0.25000	0.15000	0.10000	0.08000	0.06000	0.05000	0.05000												
oturma	 <table border="1"> <tr> <td>63 Hz</td><td>125 Hz</td><td>250 Hz</td><td>500 Hz</td><td>1000 Hz</td><td>2000 Hz</td><td>4000 Hz</td><td>8000 Hz</td> </tr> <tr> <td>0.72000</td><td>0.72000</td><td>0.79000</td><td>0.83000</td><td>0.84000</td><td>0.83000</td><td>0.79000</td><td>0.79000</td> </tr> </table>	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	0.72000	0.72000	0.79000	0.83000	0.84000	0.83000	0.79000	0.79000	0,7	seyircisiz ağır döşemeli koltuk
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz												
0.72000	0.72000	0.79000	0.83000	0.84000	0.83000	0.79000	0.79000												
sahne zemin	 <table border="1"> <tr> <td>63 Hz</td><td>125 Hz</td><td>250 Hz</td><td>500 Hz</td><td>1000 Hz</td><td>2000 Hz</td><td>4000 Hz</td><td>8000 Hz</td> </tr> <tr> <td>0.20000</td><td>0.20000</td><td>0.15000</td><td>0.10000</td><td>0.08000</td><td>0.07000</td><td>0.05000</td><td>0.05000</td> </tr> </table>	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	0.20000	0.20000	0.15000	0.10000	0.08000	0.07000	0.05000	0.05000	0,05	ahşap sahne döşemesi
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz												
0.20000	0.20000	0.15000	0.10000	0.08000	0.07000	0.05000	0.05000												
sahne duvar	 <table border="1"> <tr> <td>63 Hz</td><td>125 Hz</td><td>250 Hz</td><td>500 Hz</td><td>1000 Hz</td><td>2000 Hz</td><td>4000 Hz</td><td>8000 Hz</td> </tr> <tr> <td>0.01000</td><td>0.01000</td><td>0.05000</td><td>0.05000</td><td>0.04000</td><td>0.04000</td><td>0.04000</td><td>0.04000</td> </tr> </table>	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	0.01000	0.01000	0.05000	0.05000	0.04000	0.04000	0.04000	0.04000	0,05	7 cm kalınlığında masif ahşap
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz												
0.01000	0.01000	0.05000	0.05000	0.04000	0.04000	0.04000	0.04000												

Şekil 29. Salonların yüzey bitiş malzemeleri

4.3. Salonların Hesaplama Yorumları

Salonların simülasyon programında hesaplanan akustik parametreleri için elde edilen sonuçlarda ortaya çıkan farklılıklar bir kez daha göstermektedir ki salon geometrisi ve tasarımı akustik performans üzerinde etkili olmaktadır. Hesaplama sonuçlarına göre;

- ✓ Salon 2'nin ön kısmındaki alıcılara, tavan ve yan duvarların katkısıyla, genişliği daha az olduğundan yan al yansımaları daha iyi almakta ve salon 2'de parametreler optimuma daha yakın değerler sergilemekte, genişliği diğer salonlardan daha az olduğundan salonun genelinde ortalama enerji en yüksek bu salonda görülmektedir.
- ✓ Genişliği fazla olan salonlar uzun yansıma yoluna sahip olduğundan değerler düşük, optimumdan biraz daha uzaktır. Yani genişliği boyuyla aynı olan dikdörtgen salonlarda (salon 1 gibi) genel olarak değerler, diğer tip dikdörtgene (salon 2) göre istenmeyen noktalardadır. Uzun dikdörtgen salonda (salon 2) ön ve ortaldaki alıcılarda problem yaşanmazken, salon uzunluğu 25 metreyi aştığından arkadaki alıcılarda, geniş dikdörtgen salonda özellikle orta akstaki alıcılarda değerler olması gerekenden uzaktır.
- ✓ Fan salon tipinde, ön yan alıcılara oranla daha iyi değerler vermektedir, ancak orta akstaki alıcıların sadece tavandan beslenmesi, yan duvarlardan fazla yansıma alamaması sebebiyle orta akslardaki alıcıların sahip olduğu değerler, diğer salonlara göre biraz daha optimumdan uzaktır. Ayrıca salonun ortalama enerjisi de daha düşüktür.
- ✓ Elmas salon tipinde ise kırılan arka yan duvar katkısı sebebiyle yan duvar yansımaları alıcılara

fazlasıyla ulaşmakta salonun ortalama enerjisi yüksek olduğundan bazı parametre değerlerinde optimuma yakınsama söz konusuysen, çoğu paramterelerde enerji fazlalığından dolayı optimumdan uzaklaşmaktadır.

4.4. SONUÇ

Salonların geometrisini oluşturan oturma alanı, sahne, yansıtıcı paneller vb. öğelerin akustik performansı ve konforu etkilediği göz önünde bulundurulmalı, akustik anlamda konuşma anlaşılabilirliğinin sağlanması için bu öğelerin uygun şekilde konumlandırılması, tasarlanması gerekmektedir. Salonlardaki geometrik ve fiziksel farklılıklar akustik parametrelerde de farklılıklara yol açmaktadır. Hacmin genişliği, uzunluğu, en/boy oranı, hacimde paralel yüzeylerin bulunması, yan duvar katkısı, yan duvarların açısı ve tavan panellerinin şekli; erken yansımaları, yan al yansımaları, gecikmiş yansımaları, toplam ses enerjisini ve dolayısıyla da konuşma için önemli olan akustik parametrelerin değerlerini etkilemektedir.

Bu çalışmanın sonucu olarak; üç farklı tipteki (dikdörtgen-fan-elmas), dört farklı (salon1-salon2-salon3-salon4) plana sahip salonlarda geometriye bağlı olarak akustik performansın nasıl etkilendiği değerlendirilmiştir. Özellikle dikdörtgen plan tipinde kaynak pozisyonuna göre salonun oturma alanının eni ve boyu birbirine eşit olmamalı ve/veya oturma alanının boyu 25 metreden fazla olmamalıdır. Birbirine paralel olan yansıtıcı yüzeyler kullanmaktan kaçınılmalı ya da saçıcılık ile bu yüzeylerin paralellığı bozulmalıdır. Ayrıca odaklanmaya sebep olan iç bükey yüzeyler kullanılmışsa, saçıcı ve/veya yutucu bir malzeme ile kaplanmalıdır. Fan plan şemalı salonların yan duvar yansımalarının özellikle orta akstaki alıcılara için zayıf

olduğu, daha çok tavadan beslendiği unutulmamalı, tavan panelleri bu kaygıyla tasarlanmalıdır. Elmas plan şemalı salonlarda kırılan arka yan duvarların enerji katkısından dolayı artan enerji; malzemelerle ya da diğer yapı elemanlarıyla alınacak tedbirlerle kontrol altında tutulmaya çalışılmalıdır. Çünkü salonlardaki fazla enerji, geciken, devam eden yansımalar demektir ve bu da salonlarda uzun gecikmiş yansımalara ve ekoya sebep olabilmektedir.

Hesaplamalar ve değerlendirmeler tekrar göstermektedir ki, herhangi bir formun diğerine bir üstünlüğü yoktur, bazı parametrelerde bir plan tipi verimliyken diğer parametre için diğer plan tipi elverişli olabilmektedir. Salonlarda enerjinin çok düşük olması veya çok yüksek olması avantaj da olabilir dezavantaj da. Önemli olan formun getirdiği katkı ve/veya olumsuzlukları bilerek tedbir almak veya en baştan buna göre tasarım yapmaktır. Gerekli hesaplamaların yapılarak, salonlardaki yanal yansımalar, tavan yansımaları, zemin eğimleri, görüş çizgileri, malzemeler kontrol edilerek ve akustik kusurlar göz önünde bulundurularak salonlar tasarlanırsa veya tasarlanmış olan salonda uygun tedbirler alınırsa, hangi form kullanılırsa kullanılsın optimum değerler ve kullanıcı için esas olan, başta işitsel olmak üzere, konfor şartları sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

Balcı, H. (2007). *Antalya Cam Piramiti'nin Hacim Akustiğinin Bilgisayar Simülasyon Yöntemiyle Değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Barron, M. (1993). *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. E & FN SPON.

Çelebi Şeker, N.N. (2014). *Salonların Mimari Tasarımının Akustik Performansa Etkileri: Dikdörtgen, Fan ve Elmas Salon Örnekleri* [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ham, R. (1972). *Theatre Planning*. Architectural Press.

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

Mehta, M., Johnson, J. & Rocafort, J. (1999). *Architectural Acoustics Principles and Design*. Prentice Hall.

Rindel, J.H. (1999). *Acoustic Design of Reflectors*. Department of Acoustic Technology Technical University of Denmark.

Rossing, T.D. (2007). *Handbook of Acoustics*. Springer Science+Business Media.

Strong, J. (2010). *Theatre Buildings*. Routledge Taylor & Francis Group.