

ADNAN SAYGUN SANAT MERKEZİNİN AKUSTİK ÖZELLİKLERİ

Prof.Dr.Mehmet Çalışkan
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Makina Mühendisliği ve Mimarlık Bölümleri

1.GİRİŞ

Adnan Saygun Sanat Merkezinin önemi, ülkemizde klasik müzik performansları amacıyla tasarlanan ve inşa edilen üçüncü yapı (İstanbul AKM ve Bilkent Konser Salonu'ndan sonra) olmasında yatmaktadır. Ne yazık ki çok sesli müzik icra edilen ülkemizdeki diğer salonların başlangıç tasarım amaçları, şimdiki kullanım fonksiyonlarından farklıdır. Bu tür salonlara, yeniden düzenlenen CSO Salonunu örnek göstermek olasıdır. Senfonik müziğin icra edileceği salonlar gerek formları, hacim gereksinimleri ve boyutlandırılmaları, gerekse iç bitirme malzemeleri ve seyirci koltukları açılarından diğer tiyatro salonlarından ve çok amaçlı salonlardan büyük farklılık göstermektedirler. Bu nedenlerle akustik tasarımlarında ele alınan akustik parametrelerin sayılarının çokluğu ve karmaşıklığı nedenleriyle bilgisayar benzetimlerine başvurulmaktadır. Özellikle 2000 kişiyi aşan kapasitelere sahip konser salonlarının tasarımında 1:10 - 1:20 ölçekli akustik modeller üzerinden alınan ölçümlerle bilgisayar benzetimi ile geliştirilen tasarımın denetlenmesi olağandır.

İzmir Büyükşehir Belediyesi Güzelyalı mevkiinde Mithatpaşa Caddesi üzerinde hem İzmir Devlet Senfoni Orkestrasını ve İzmir Operası konserlerinde kullanılmak hem de İzmir'de düzenlenecek kongre ve konferanslara ev sahipliği yapmak; bunların yanısıra içinde bale, müzikal ve vodvil türü ağırlıklı dekor gerektirmeyen drama etkinlikleri sergilemek amacıyla bir merkez oluşturarak belirtilen sanatsal etkinlikler için gerekli altyapıyı sağlamaya karar vermiştir. Ayrıca yapı içinde yer alan büyük salonda pop müzik içerikli konserler yapılabileceği de düşünülmüştür. Yapı 2000 yılında yapılan çağrılı yarışma sonucunda konkuru kazanan Tozkoparan Mimarlık tarafından projelendirilmiştir. Proje müellifi, *Arup Acoustics*'ten aldığı akustik danışmanlık çerçevesinde ihaleye esas olacak ilkeleri projeye işlemiştir. İnşaat ihalesini kazanan yüklenici ÖZTAŞ İnşaat, İnşaat Malzemeleri Ticaret A.Ş. salonların akustik tasarımı konusunda danışmanlık alma ve ihale dosyasında yer alan akustik içerikli eksiklikleri giderme ihtiyacını duymuş ve bu hizmet tarafımdan verilmiştir. ÖZTAŞ, salonların dekorasyon projelerinin de Erbuğ Mimarlık taahhüdünde gerçekleştirilmesini öngörmüştür.

2. MİMARLIKTA AKUSTİK TASARIM

Mimarlıkta akustik tasarım, mekan içinde yürütülen fonksiyona uygun akustik konfor koşullarını sağlamak amacıyla yapılan bir tasarım sürecidir. Önemi yapının fonksiyonlarının/mimari programının gerçekleştirilmesi ile doğrudan ilgilidir. Örneğin, konuşma amaçlı bir salonda akustik konfor koşulları uygun olmadığında yapılan konuşmalar dinleyiciler tarafından işitilemeyecek, işitilse bile anlaşılamayacaktır. Bu durumda mekan içinde istenen fonksiyonu/programı gerçekleştirmek mümkün olamayacaktır. Akustik konfor koşullarının en önemli olanları, mekanın programına uygun çınlama özelliklerine sahip olması, mekan içinde yankı vb akustik hata/maraz

bulunmaması, oluşan sesin programa uygun olarak berrak/net ve yüksek ya da gür olması, mekan içindeki konumlara göre büyük farklılık göstermemesi, yine fonksiyona uygun kabul edilebilir arka plan gürültüsü düzeylerinin oluşması ve varsa elektro-akustik güçlendirmeli seslerin aslına uygun olarak, bozulmadan dinleyicilere ulaştırılması şeklinde özetlenebilir. Mimari tasarım ile birlikte yürütülmek durumunda olan akustik tasarım çıktılarına özellikle mekanların iç dekorasyon projelerinin oluşturulma sürecinde başvurulur. Ancak, doğru olan akustik tasarım sürecinin mimari tasarım süreci ile eşgüdümlü olarak başından sonuna kadar birlikte yürütülmesi gerekliliğidir. Arka plan gürültüsü ile olan doğrudan ilişkisi nedeniyle ses yalıtımı çalışmaları akustik tasarımın ayrılmaz bir parçasıdır.

İçinde işitsel iletişim gereksinimi duyulan her mekanda akustik tasarım uygulanır. Akustik açıdan en duyarlı mekanlar olan konser salonları ve operalar ile kayıt stüdyoları akustik tasarımın en yoğun uygulandığı mekanlardır. Bunun yanı sıra tiyatrolar, konferans salonları, çok amaçlı salonlar, toplantı salonları, derslikler, sinema salonları, cami, kilise, sinagog vb dini yapılar, hastaneler, kütüphaneler, müzeler, alışveriş merkezleri, fabrikalar ve işyerleri, lokantalar, eğlence yerleri, atış poligonları ile anons sistemlerinden yapılan konuşmaların anlaşılabilir olması gereken hava limanı terminalleri, metro istasyonları, garlar, kapalı spor salonları, kapalı yüzme havuzları, stadyumlar akustik tasarım uygulanan mekanlardan bazılarıdır. Ofis yapıları ve özellikle çok katlı konut yapıları, ses yalıtımı odaklı akustik tasarım çalışmalarının yoğun olarak uygulandığı alanlardır.

3.ADNAN SAYGUN SANAT MERKEZİ AKUSTİK TASARIMI

Binada iki salon ve toplantı mekanları yer almaktadır. Ana salon temelde senfonik müzik amaçlı konser salonu olarak projelendirilmiştir. Bu fonksiyon, müziğin icrası sırasında çalınan notaların birbirleri üzerinden kayarcasına akıp gitmesini sağlamak amacıyla uzun çınlama sürelerine (salon iç yüzeylerinin ses yutma özelliğinin düşük olmasına) gerek duymaktadır. Diğer ana kullanım olan konferans ya da konuşma fonksiyonu açısından ise konuşmanın anlaşılabilirliğinin iyi düzeyde olması önemlidir. Bu koşul konuşmacılar tarafından sarf edilen hecelerin seyirci tarafından ayrı olarak, teker teker algılanması ile sağlanabilecektir. Salon yüzeylerin ses yutma özellikleri yüksek olan malzemelerle kaplı olması ve böylelikle salondaki ses yutumunun artırılması, konuşmanın anlaşılabilirliğini geliştirmek için gereklidir. Birbirleriyle çelişen çınlama gereksinimlerinin değişken akustik özellikli duvarlar ile sağlanması, yan duvarlar üzerine kumaş perdeler(*banner*) kaplanarak çınlama sürelerinin kısaltılması ve konferans, kongre, drama ve bale gösterimleri için altyapı oluşturulması *Arup Acoustics* tarafından planlanmıştır. Ana salonun altında yer alan küçük salon konferans ve kongre fonksiyonlarına hizmet edecek şekilde tasarlanmıştır. Ana salonda ulaşılması öngörülen kapasite 1100, küçük salonda ulaşılması hedeflenen kapasite 600 seyircidir.

3.1 Büyük Salonun Senfonik Müzik Amaçlı Kullanımının Akustik Benzetimi ve Değerlendirilmesi

Adnan Saygun Sanat Merkezi Ana Salonu'nun formu ve boyutlandırılması ayakkabı kutusu(*shoebbox*) şeklinde tasarlanmıştır. Bu formun akustik açıdan pek çok olumlu özellikleri bulunmaktadır. Bu özelliklerden en önde geleni, yan duvarlarından gelen güçlü yan yansımaların seyirciye sesi daha iyi algılama ve sahnede ses kaynağı lokalizasyonunu kolaylaştırma imkanları sağlaması olarak gösterilebilir. Yaklaşık hacim hesaplamalarından edinilen kişi başına yaklaşık 12 m³ hacim, salonun tasarımı

hedeflenen işlevleri için uygun bulunmuştur. *Arup Acoustics* tarafından geliştirilen akustik tasarım ile sahne arkası ve yan duvarlar üzerinde oluşturulacak düzensizliklerin ve yan balkonlardan gelen yansımaların, sesin salon içine saçılarak dağılımını kolaylaştırması ve salonun akustik özelliklerine olumlu katkıda bulunması öngörülmüştür. Duvar yüzeylerinin ses yutma özelliklerini en alt düzeyde tutabilmek için iç ahşap duvar kaplamaları doğrudan duvara monte edilmiştir. Senfonik konser amaçlı salonlarda ses yutumunun %70'i seyirci ve koltuklardan kaynaklandığı için koltukların olabildiğince az ses yutma özelliğine sahip olması salon içinde uygun ve uzun çınlama özelliklerinin oluşması açısından bir gerekliliktir. İzleyici koltuklarının düşük yoğunlukta kumaş ile tefrişli, ahşap kolçaklı ve sırt arkasının ve oturma yeri alt kısmının ahşap olması gerekli görülmüştür. Malzemelerin akustik(ses yutma ve ses geçirme) özellikleri sesin frekansına bağlı olarak değiştiğinden değerlendirmede kullanılacak temel akustik parametreler orta frekanslar için Çizelge 1'de verilmiştir. Örneğin, çınlama süresi (salonda ses kaynağı kapatıldıktan sonra ses basıncı düzeyinin 60 dB düşmesi ya da ses enerjisinin başlangıç değerinin milyonda birine düşmesi için geçen süre) için verilen aralığın alt sınırının Mozart, Vivaldi vb bestecilerin eserlerinin icrasına, üst sınır olarak verilen 2,4 s değerinin Çaykovski, Mahler vb bestecilerin eserlerinin icrasına uygun olacağını söylemek mümkündür. Çınlama süreleri salon hacmi ile doğru orantılı olarak değişmektedir.

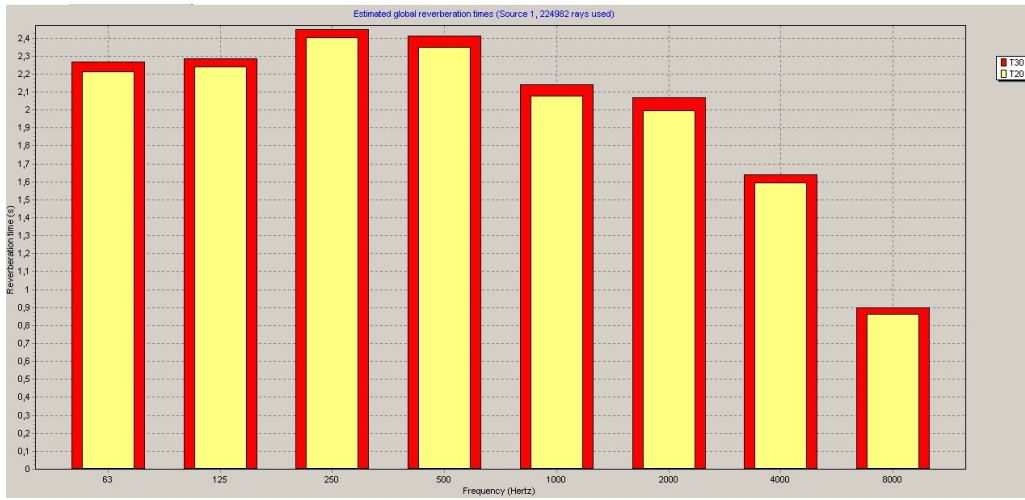
Çizelge 1. Senfonik Müzik için Temel Akustik Parametreler ve Optimum Değerleri

Parametre	Optimum Değerleri	Hissedilebilir fark
Çınlama Süresi (T20/30-500/1000 Hz)	1,7 ile 2,4 s	yaklaşık 0,1 s
EDT-Erken Sönümleme Süresi	1,7 ile 2,4 s	yaklaşık 0,1 s
SPL(A)- A-ağırlıklı Ses Düzeyi	Ses düzeyleri dağılımında en alt düzeyde değişim (<6dBA)	2 dBA
C80-Berraklık/Netlik	-4 ile +2 dB	1 dB
LF-Yan Yansıma Oranı	0,25 ve üstü	0,05

Bilgisayar benzetimi için seçilen ODEON v8.5 yazılımında kullanılmak üzere mimari projenin AutoCAD.DXF dosyalarından basitleştirilerek elde edilen büyük salonun akustik benzetim amaçlı bilgisayar modeli 896 yüzeyden oluşmaktadır. 3 boyutlu yüzey(3-D Face) elemanlarını kullanan bu grafik model, geometri ve boyutlarda hiçbir değişiklik yapılmadan geliştirilmiştir. Ancak seyircinin oturduğu alan düz bir yüzey ile tanımlanmıştır. Sahne üzerinde bir ses kaynağı konumu tanımlanarak benzetimler gerçekleştirilmiştir. Büyük salonun akustik benzetim çalışmalarında on iki farklı malzeme kullanılmıştır. Akustik benzetim sonuçları izleyicilerle dolu salonun orkestra çukuru kapalı iken akustik davranışı dikkate alınarak değerlendirilecektir.

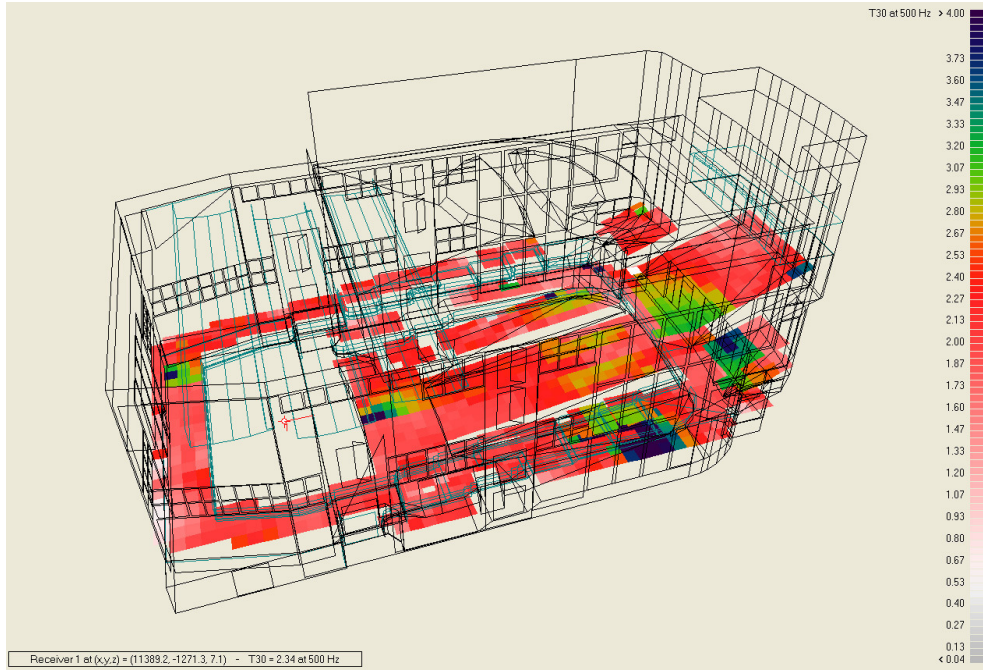
Çınlamanın öznel (subjektif) olarak algılanması daha çok erken sönümlenen seslere bağlı olduğu için değerlendirmelerin ses kaynağı kapatıldıktan sonraki ilk 20 dB sönümlemeyi temel alan T20 değerleri kullanılarak yapılmasının daha uygun olacağı ifade edilmektedir. Orkestra çukuru kapalı, seyirci ile dolu salonun orta frekanslarda(500 Hz-

1000Hz ortalaması) ortalama çınlama süresi 1,99 s olarak hesaplanmıştır. Bu değer senfonik müzik türü performanslar için uygundur. Diğer yandan ses kaynağı kapatıldıktan sonraki sesteki ilk 30 dB düşmeyi temel alan çınlama süresi T30 değeri ise orta frekanslar(500 Hz-1000 Hz) için ortalama T30 çınlama süresi 2,1 s olarak elde edilmiştir. T20 ve T30 değerlerinin birbirine bu denli yakın hesaplanması, büyük salon içinde senfonik müzik performansları için gerekli olan dağınık alan koşullarının gerçekleşeceğine işaret etmektedir. Bu sınırlar değerlendirildiğinde salonun senfonik müzik amaçlı kullanımında Çizelge 1’de özetlenen çınlama süreleri gereksinimini karşıladığı anlaşılmaktadır. Şekil 1 akustik benzetim yoluyla hesaplanan çınlama sürelerinin 63 Hz – 8000 Hz arasındaki frekanslarda, oktav bantlardaki değerlerini özetlemektedir.

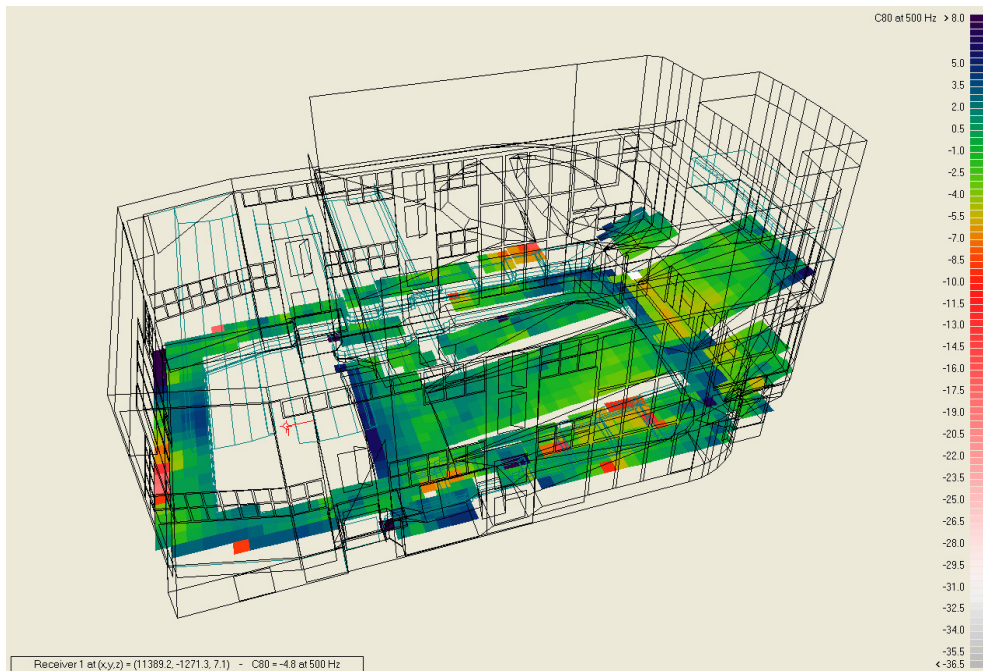


Şekil 1. Saygun Sanat Merkezi Büyük Salonu Senfonik Müzik Kullanımı Çınlama Özellikleri

Akustik parametrelerin salon içinde dağılımının büyük farklılık göstermemesi da önem taşımaktadır. Şekil 2’de T30 çınlama parametresinin 500 Hz’teki değerinin salonda izleyici konumlarına göre dağılımını gösterilmektedir. Çınlama özelliğinin yanı sıra a- ağırlıklı ses düzeyi, kaynaktan gelen sesin ilk 80 milisaniye içindeki enerjisinin 80 milisaniyeden sonraki enerjisine oranını ifade eden berraklık/netlik parametresi, C80 ve seyirci konumlarında yanlardan gelen sesin toplam ses içindeki oranını simgeleyen yan yansıma oranı, LF dağılımı da tasarımın değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Örnek olarak T30 parametresinin ve C80 parametresinin 500 Hz’teki değerleri Şekil 2 ve 3’te verilmektedir.



Şekil 2 Büyük Salonda T30 Çınlama Süresinin 500 Hz'te Dağılımı



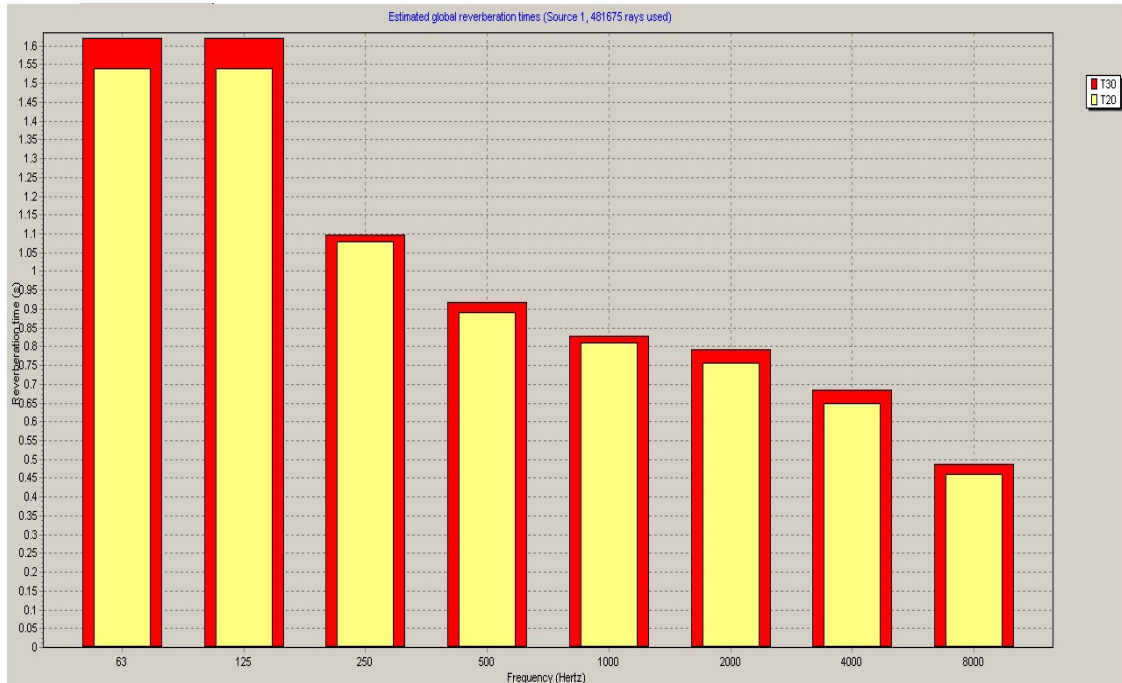
Şekil 4. Büyük Salonda C80 Berraklık/Netlik Parametresinin 500 Hz'te Dağılımı

3.2 Büyük Salonun Konferans Amaçlı Kullanımının Akustik Benzetimi ve Değerlendirilmesi

Büyük Salonun, multimedya gösterimlerin yer aldığı elektroakustik sistem destekli konferans ve konser(pop türü) kullanım senaryolarında, Arup Acoustics tarafından önerilen çift katlı perde sisteminin duvarlara yukarıdan indirildiği durumda salon içinde oluşacak akustik özellikler, ODEON 8.5 yazılımı aracılığı ile yapılan bilgisayar benzetimi yardımıyla belirlenmiştir.

Benzetim sonuçları özellikle çok düşük frekanslarda beklenenden biraz daha uzun çınlama sürelerinin oluşacağını göstermektedir (Şekil 4). Akustik tasarım ve yalıtım çalışmalarında düşük frekanslı(bas) seslerin yutulması dalga boylarının uzun olması nedeniyle fiziksel olarak oldukça güçtür. Arup Acoustics tarafından önerilen iki katlı yünlü perde sistemlerinin(*banner*) düşük frekanslarda etkin ses yutumu sağlayabilmesi için duvardan uzak mesafelere konuşlandırılması gerekmektedir. Ancak bu durumda da görünüm açısından olumsuzlukların yanısıra duvara yakın izleyici koltuklarının kullanılamaz duruma düşmesi kaçınılmaz olmaktadır. Salon kapasite kaybını önlemek için de banner sistemlerinin duvara yakın montajı zorunluluğu doğmaktadır.

Salonun senfonik müzik kullanım senaryosu için hesaplanan çınlama süreleri(Şekil 1) ile karşılaştırıldığında, öngörüldüğü gibi özellikle yüksek ve orta frekanslarda yaşanan çınlama süresindeki düşmelerin boyutları oldukça yüksektir. Bu frekanslarda çınlama süreleri 2 saniye mertebelerinden 1 saniyenin altına kadar düşmektedirler. Konuşmanın anlaşılabilirliği açısından son derece yararlı görülen çınlama sürelerindeki bu azalma 125 Hz frekans bandında 2 s mertebesinden 1,65 s'ye düşme olarak gerçekleşmektedir. Bu frekansta beklenen ideal çınlama süresinin 1,3 s-1,4 s aralığında olması gerekmektedir.



Şekil 4. Saygun Sanat Merkezi Büyük Salonu Konferans Kullanımı Çınlama Özellikleri

4.DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇ

Saygun Sanat Merkezi Büyük Salonundan hareketle akustik açıdan hassas hacimlerin akustik tasarımı ile ilgili yöntemler açıklanmaya çalışılmıştır. Akustik tasarım parametrelerinin salon formu, boyutları ve yüzey bitirme malzemelerinin akustik özellikleri ile ilintileri anlatılmıştır. Burada ele alınan akustik tasarım parametreleri, tasarımda kullanılan onlarca parametreden yalnızca birkaçıdır. Büyük salon özelinde bilgisayar benzetimi ile elde edilen tasarım sonuçları irdelendiğinde, aşağıda özetlenen değerlendirmelerde bulunmak olasıdır:

1. Seyirci ile dolu salonun orta frekanslarda çınlama ve erken sönümlleme karakteristiği, senfonik müzik amaçlı performanslara uygun bulunmuştur. Düşük frekanslarda (125 Hz ve 250 Hz) oluşan *sıcaklık* parametresi (düşük frekanslardaki çınlama sürelerinin orta frekanslardaki çınlama sürelerine oranı) değeri 1.03 mertebesinde gerçekleşmiştir. Bu tür salonlar için önerilen değer 1.1 mertebesinde dir. Ancak, konferans ve konser kullanımında düşük frekanslarda sıkıntılar oluşturabileceği kaygısıyla elde edilen sıcaklık parametresi 1,03 değeri yeterli görülmektedir.
2. Erken yan yansıma oranlarının orta en ön sıralar dışında-ki bu tür salonlarda beklenen bir sonuçtur- tüm salonda çok düzenli ve senfonik müziğe de uygun değerlerde gerçekleştiği anlaşılmıştır.
3. Berraklık parametresinin salondaki dağılımı oldukça düzenli ve normlara uygundur.
4. Salondaki göreceli A-ağırlıklı ses düzeyleri dağılımlarının düzenli ve normlara uygun olduğu görülmüştür. Salon içinde A-ağırlıklı ses düzeyleri arasındaki en yüksek farkın 6 dBA'dan küçük olması ölçütü sağlanmıştır.
5. Öznel değerlendirme açısından salon içinde sesin sıcaklığı ve parlaklığının günümüzde kullanılan uluslararası normlara uygun olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Büyük Salon içinde ölçülen ısıtma, havalandırma ve klima sistemi kaynaklı gürültü uluslararası normları sağlamaktadır. Tasarımda NC-20 Gürültü Ölçütü eğrisi olarak belirlenen hedef, salonun devreye alınması sürecinde *Arup Acoustics* ve benim tarafından NC-18 olarak ölçülmüştür. Böylelikle salonda hedef gürültü ölçütünün çok altında arka plan gürültü düzeylerinin oluştuğu anlaşılmıştır.

Sonuç olarak Saygun Sanat Merkezi Büyük Salonunun akustik özelliklerinin senfonik müzik açısından mükemmel yakın düzeyde tasarlandığı ve sonradan yapılan ölçümlerle bu durumun doğrulandığı anlaşılmıştır. Perde(*banner*) uygulamasıyla salon konferans, kongre vb konuşma odaklı fonksiyonlar için de uygun imkanlar sunmaktadır. Diğer müzik içerikli fonksiyonlar perdelerin farklı kombinasyonları ile salon akord edilerek rahatlıkla gerçekleştirilebilir. Ancak pop müzik konserleri açısından düşük frekanslarda(bas seslerde) sorun yaşanabileceği gözardı edilmemeli, karşılaşılabilecek olası olumsuzluklar elektroakustik önlemlerle giderilmelidir.