

9.Ulusal Akustik Kongresi
ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara
26-27 Mayıs 2011

M MARİ AKUSTİK EĞİTİMİNDE BİLGİSAYAR BENZETİMİ YOLUYLA
AKUSTİK TASARIM DENEMESİ:1000 KİŞİLİK KONSER SALONU ÖRNEĞİ

Seda KARABULUT¹, Prof. Dr. Mehmet  ALIŐKAN²

¹Orta DoĐu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye; MEZZO Stüdyo Ltd., Ankara, Türkiye
Tel: 312 210 18 25, e-posta: seda@mezzostudio.com

²Orta DoĐu Teknik Üniversitesi, Makina MühendisliĐi Bölümü, Ankara, Türkiye
Tel: 210 25 72, e-posta: caliskan@metu.edu.tr

ÖZET

ODTÜ Mimarlık Fakültesi'nde Yapı Bilgisi Yüksek Lisans Programında verilmekte olan BS 575 kodlu "Mimari Akustik 1" dersinde öğrencilere müzik ve konuşma amaçlı salonlarda mimari tasarım ve detaylandırma aŐamalarında akustik tasarım kriterlerinin önemi vurgulanmaktadır. 2010-2011 eğitim yılında 27 öğrencinin katılımıyla sürdürülmüŐ olan derste öğrencilerin kuramsal olarak aktarılan bilgiyi tasarım ve benzetim ile pekiŐtirmeleri amaçıyla "bilgisayar benzetimi yoluyla" akustik tasarım gerçekleştirilmiştir. ÖĞrencilerden 1000 kişilik konser salonu tasarlamaları istenmiŐ; salon hacmi,boyutları ve malzeme seçimleri konser salonu için dikkat edilmesi gereken parametrelere göre irdelenmiŐtir. Bu makalenin ama ı, BS 575 dersinde ortaya çıkan "konser salonu" projelerinin bilgisayar benzetimi yoluyla irdelenmesi ile hem öğrencilerin kuramsal bilgiyi tasarımlarına nasıl yansıttıklarının gözlemlenmesi hem de konser salonu tasarımlarında hangi parametrelerdeki problemlerin daha çok ön plana çıktığının ortaya konulmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Hacim Akustiği, Konser Salonu, Akustik Tasarım, Akustik Benzetim.

ACOUSTICAL DESIGN EXPERIENCE BY COMPUTER SIMULATION IN
ARCHITECTURAL ACOUSTICS EDUCATION: A STUDY OF 1000 SEATED
CONCERT HALL

ABSTRACT

Within the context of "Acoustics in Architecture 1" course BS 575, offered within the curriculum of the graduate program in Building Science of Department of Architecture at METU, the emphasis is placed onto the importance of acoustical design parameters at the design and detailing phases of halls for speech and music. In the Fall Term of 2010-2011 academic year, the 27 students who took the course are asked to design a concert hall with 1000 people capacity and assess their designs by computer simulation. The volume of the halls, the dimensions and material selections are discussed according to the concert hall design parameters. The aim of this paper is to discover how the students adapt the theoretical knowledge on room acoustics to their designs and discuss on type of problems faced when designing a concert hall.

Keywords: Room Acoustics, Concert Hall, Acoustical Design, Acoustical Simulation

1. GİRİŞ

ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümünde 2010-2011 Güz Yarıyılında Yapı Bilimleri Yüksek Lisans Programı kapsamında Prof. Dr. Mehmet Çalışkan'ın yürütücüsü olduğu "Mimarlıkta Akustik 1" adlı 27 öğrencinin katıldığı ders kapsamında öğrencilere Mimari Akustik Tasarım ile ilgili teorik bilgi verildikten sonra oda akustiğiyle ilgili dikkat edilmesi gereken parametreler anlatılmıştır. Bu bilginin uygulamalı olarak pekiştirilmesi için öğrencilerden 1000 seyirci ve 80 kişilik orkestra kapasiteli ana fonksiyonu senfonik konser salonu olan, bunun yanında romantik ve barok müzik konserleri için de uygun koşulları sağlayan bir salon tasarımları istenmiştir. Öğrenciler salon tipi konusunda serbest bırakılmıştır ancak salon formu ve ölçülerinin konser salonu fonksiyonuna uygun olarak belirlemeleri gerekliliği vurgulanmıştır. Plan ve kesitleri çizilen projelerin akustik modellerinin oluşturularak Odeon adlı akustik benzetim yazılımında salon tasarımında kullanılacak malzemelerin konser salonu tasarım parametrelerini ve gerekli çınlama sürelerini sağlayacak şekilde seçmeleri istenmiştir. Proje raporunda tasarımların yeterli sayıda plan ve kesit çizimleriyle birlikte benzetim sonuçlarının sunulması istenmiştir. Tasarımda kullanılan malzemelerin listesinin salon içindeki ses kaynağına ve alıcılara göre konumlarıyla birlikte belirtilmeleri, hesaplama parametrelerinin ve yüzey sayılarının Odeon görünüşleri ve çizimleriyle birlikte gösterilmeleri, mimari ve akustik tasarımını ve benzetim sonuçlarını anlatan bir power point sunumunun da rapora eklenmesi beklenmiştir.

Proje raporunun aşağıdaki akustik tasarım parametrelerini içermesi beklenmiştir:

1. Çınlama süreleri, orta frekanslarda çınlama sürelerinin salon içindeki dağılım grafikleri
2. Salon içinde orta frekanslarda Erken Sönümlenme Süresi dağılım grafikleri
3. Salon içinde orta frekanslarda Berraklık/Netlik dağılım grafikleri
4. Salon içinde orta frekanslarda Erken Yan Yansıma dağılım grafikleri
5. Salon içindeki A ağırlıklı ses düzeyi dağılım grafiği
6. Salon içindeki konuşma iletim indisi dağılım grafiği

Sonuçların senfonik müzik amaçlı konser salonu akustik tasarım kriterlerine göre değerlendirilerek bir rapor oluşturulması istenmiştir. Öğrencilerin form seçimleri, salon içi boyutlar ve malzeme seçimleri ile benzetim sonuçları değerlendirilerek mimari tasarım süreciyle akustik benzetim çalışmalarının birbirlerine entegre edilmesi yoluyla ortaya çıkan projelerde mimaride akustik eğitiminin yeri tartışılmıştır.

2. MİMARİDE AKUSTİK EĞİTİMİNİN AMAÇ VE KAPSAMI

Mimari akustik bilgisine lisans eğitimi müfredatında yeterli önem verilmemesine karşın her türlü fonksiyona sahip yapının mimari tasarım aşamasından uygulama aşamasına kadar akustik bilgisinin kullanılması gerekmektedir. Özellikle müzik ve konuşma amaçlı salonlar ile müzik kayıt stüdyolarında hacim akustiği bilgisi önem taşırken; bu fonksiyonların yanı sıra konut, otel, okul, ofis, hastane gibi diğer fonksiyonlar için kullanılan yapılarda yapı akustiği bilgisi büyük önem taşımaktadır.

Mimari eğitimde akustik ile ilgili detaylı bilgiye yüksek lisans düzeyinde yer verilmektedir. Hacim akustiği ve yapı akustiği iki farklı dönem dersi olarak öğrencilere sunulmaktadır. Hacim akustiği kapsamında sesin üretimi ve yayılması, salon kullanım amacına uygun kriterlerin göz önünde bulundularak salon geometrisi ve boyutlarının belirlenmesi, yansıtıcı ve yutucu malzeme seçimleri ve salon içindeki yerlerinin düzenlenmesi ile ilgili kriterler

anlatılmaktadır. Hacim akustiği özellikle konuşma ve müzik amaçlı salonlar ile ses kayıt stüdyolarında sesin kalitesini artırmaya yönelik kriterlerin göz önünde bulundurularak mekan içinin tasarlanmasını konu alır.

Yapı akustiği ise ses yalıtımı, hacim sınırlarının belirlenmesi, detaylandırılması ve ölçülendirilmesi ile doğru malzemelerin seçilmesi ile ilişkilidir. Özetle istenmeyen sesin, yani gürültünün engellenmesi için önlemlerin alınması ile doğrudan ilişkilidir.

Bu makaleye konu olan çalışmada konser salonu tasarımında salon form, boyut ve ölçüleri ile malzeme seçimlerinde içerde yürütülecek fonksiyonların gerçekleştirilmesine yönelik alınması gereken önlemlerin önceden alınabilmesini sağlayan hacim akustiği eğitiminin tasarım sürecine etkisi sorgulanmaktadır. Mimari akustik bilgisinin tasarım aşamasında bir girdi olarak kullanılması ile istenen fonksiyona uygun salonların tasarlanabileceği gerçeği ortaya konulmaktadır.

3. LİTERATÜRDEKİ KONSER SALONU FORMLARI VE TASARIM ÖLÇÜTLERİ

Konser salonlarında çınlama sürelerinin uzun olması, yan yansımaların önemi, ses basıncı düzeyi, sesin sıcaklığı gibi kriterlerin sağlanması gerekliliği ve salon tasarımında seçilen formun ve forma uygun alınması gereken tasarım önlemlerinin farklılık göstermesi sebebiyle bütün tasarım kararları önem taşımaktadır.

Klasik yunan tiyatrolarında görülen yelpaze (fan shape) formu 1950'lerde yaygın olarak konser salonu formu olarak kullanılmışken günümüzde eski popülaritesini kaybetmektedir. Seyirci kapasitesi açısından oldukça uygun olan bu formda salonun arka duvarı iç bükey bir eğri olduğundan yan yansımalar daha çok salonun arka kısmında toplanmakta ve sesin hacim içinde homojen yayılamaması problemi yaşanmaktadır. Bu problem arka duvar yüzeyi hareketli panellerle kırılarak sesin dağıtılmasının sağlanması, arka duvar açısının 15°'yi geçmemesinin sağlanması, arka duvarda yutucu malzeme kullanılması ya da arka duvarın düz olarak tasarlanması ile çözülebilmektedir. Arka duvarda yutucu malzeme kullanılması erken yan yansılardan yeterince faydalanılamamasına sebep olmaktadır. Diğer yandan ters yelpaze formu (reverse fan shape) ile yan yansımaların daha verimli kullanılması sağlarken seyirci kapasitesi açısından oldukça yetersizdir. Bu iki formun birleştirilmesiyle oluşan altıgen salon formu ile daha iyi sonuçlar alınabilmektedir[7].

Bir diğer salon formu olan At Nalı (Horse-Shoe) formu klasik Roma tiyatrosundan esinlenilerek gerçekleştirilmiştir. Arka duvardan yansıyan sesin tek bir noktada odaklanması sorunu olduğundan yelpaze formu gibi konser salonu tasarımına pek uygun değildir. Arka duvarda yelpaze formunda olduğu gibi önlemler alınarak , salon arka duvarı salon içine doğru meyillendirilerek ve yan duvarlara ve sahne bağlantı kısmına dış bükey yansıtıcılar konularak akustik tasarımda iyileştirmeler yapılabilmektedir[2].

Diğer bir salon tipi de dairesel formdur. Dairesel salonlarda iç bükey duvarlardan kaynaklanan odaklanma probleminin yanı sıra hacim iç yüzeylerinde ses ya da dalga sürünmesi (fısıldayan galeri), ölü noktalar ve yankı oluşumları gibi problemler oluşmaktadır. Bu problemler iç yüzeylerde dış bükey panellerin kullanılması, dalgalı yüzeyler, petek şeklinde yüzeyler ve asılı panolar ile en aza indirilmektedir[2].

Konser salonu tasarımımda en yaygın olarak kullanılan form Ayakkabı Kutusu (Shoe Box) veya dikdörtgen formu 19.yy da ortaya çıkmıştır. Çınlama süreleri ve performans bakımından en az risk taşıyan, sesin sıcaklığının kriterlere en uygun olduğu ve yan yansıma enerjisinin en verimli olduğu salon formudur. Bu tür salonlarda modal rezonanslar rahatlıkla hesaplanabilmekte ve sorunlu frekanslara daha kolay müdahale edilebilmektedir[1].

Günümüzde dikdörtgen salon formundan sonra en popüler salon formu olan Arena (vineyard) formunda dinleyici alanlarının ve orkestranın etrafı genişliği 18m'yi geçmeyen yan duvarlarla çevrelenerek dinleyici alanlarının yan yansımalarından maksimum yararlanması sağlanırken, orkestra üyelerinin ve şefin de birbirlerini iyi duyabilmeleri sağlanmaktadır. Arena formunda sahne üstü yansıtıcı(kanopi) yüksekliği ve orkestra için yeterliliği de önem kazanan bir diğer parametredir.

Bütün salon formlarında sahne kısmı ayrıca düşünülüp tasarlanması gereken bir hacimdir. Orkestranın ve şefin birbirini iyi duyabilmesi için sahne kısmında tavan yüksekliği 8.5 m'yi , sahne genişliği de 18 m'yi geçmemelidir. Sahne etrafında yansıtıcı duvar yüzeylerinin bulunmasına özellikle sahnenin salonun ortasında olduğu arena ve dairesel salon formlarında dikkat edilmelidir.

4. BENZETİMLERDE KULLANILAN YAZILIM VE SAĞLANMASI İSTENEN AKUSTİK PARAMETRELER

ODEON yazılımında görüntü kaynak yöntemi ve ışın tarama yöntemi beraber kullanılarak birleşik hesap yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntemde önce ışın taraması ile alıcıya ulaşan olası yansımaların sırası belirlenmekte sonra yüzeylere ulaşacak sanal ses kaynaklarının yerleri saptanarak görünürlük testleri ile alıcıya gelen ses enerjisine katkısı olup olmayacağı kontrol edilmektedir[3]. ODEON yazılımı ile yapılan analizlerde salonun sanal hacmi oluşturularak ses kaynağı ile her alıcı noktasının ilişkisi tespit edilebilmektedir. Yüzeylerde kullanılan malzemelerin frekanslara göre ses yutma özelliklerinin yeterliliği kontrol edilebilmekte ve uygun malzeme seçimi hızla yapılabilmektedir. Çınlama süresinin istenen aralıklarda olması sağlandıktan sonra alıcı noktalarındaki ses basıncı düzeyi, berraklık, yan yansımalar, erken sönümlenme süreleri, çınlama süresi dağılımı, konuşma iletim indisi parametreleri hesaplanabilmektedir.

5. SÜREÇ

Öğrenciler 1000 seyirci ve 80 kişilik orkestra kapasiteli diledikleri formlardaki konser salonu tasarımlarının öncelikle iki boyutlu olarak plan ve kesitlerini oluşturmuşlardır. Bu aşamada öğrencilerden salon boyutlarını istenen kriterlerde oluşturmaları beklenmiştir. Örneğin koltuk yerleşimlerinin ve kaçış yollarının yangın yönetmeliğine uygun oluşturulması, salon boyutlarının ve hacminin uygunluğu, sahne içi tavan yüksekliği, sahne genişliği ve derinliğinin uygun aralıklarda olması gibi kriterler, mimari tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken parametrelerdir.

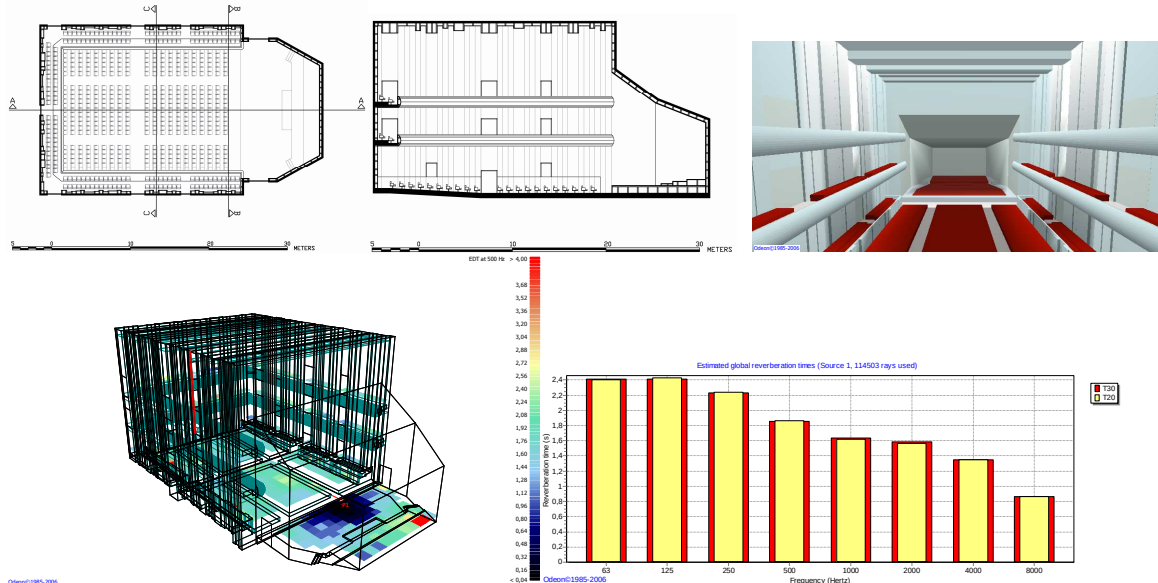
Öğrenciler bu aşamadan sonra tasarımlarını üç boyutlu olarak Autocad yazılımında ya da SketchUp yazılımında modellemişlerdir. Modelleme yapılırken küçük detaylardan kaçınılması ve seyirci yüzeylerinin basit şekilde bir yüzeyden oluşturulması gerektiği vurgulanmıştır. Bu aşamada salonun estetik görünüşünü etkileyen ve iki boyutlu tasarımların modellenmesi ile ortaya çıkan problemlerin giderilmesi beklenmiştir. Salon yan duvarlarının,

tavanın ve formun getirdiği diğer parametrelerin de irdelenmesi beklenmiştir. Salon hacminin tamamının kapatılması özellikle belirtilmiştir.

Oluşturulan modeller .dxf formatında ODEON yazılımında açılarak öncelikle ses kaynağının konumu ve kritik alıcı noktaları belirlenmiş, salon iç yüzeylerinin tamamı yansıtıcı yüzey olan beton malzemesi olarak seçilmiş ve “su kaçırma testi” yapılmıştır. Hacmin hiçbir noktasından sesin kaçmadığı bu şekilde test edildikten sonra tasarımda öngörülen malzemeler öngörülen yüzeylere tanımlanmıştır. Basitçe modellenmiş olan seyirci yüzeylerinin saçıcılık katsayısı 0.7 yapılmıştır. Frekanslara göre çınlama süreleri hesaplanmış ve hangi frekansların kriterlere uygun olduğu, hangi frekansların yetersiz ya da yüksek olduğu belirlenerek kullanılan malzemeler ve geometri uygun aralıkları sağlayacak ölçüde revize edilmiştir. Böylece konser salonu akustik tasarımı için en uygun malzemeler benzetim yoluyla seçilmiştir.

Bu aşamadan sonra benzetim için arka plan gürültüsü ölçüt değeri konser salonu tasarım kriterlerine göre verilmiş ve alıcı yüzeyleri belirlenerek kulak hizasındaki yükseklikte dinleyicilere gelen sesin kontrol edileceği karolaj oluşturulmuştur. Yapılan benzetim sonucunda salon içinde alıcı noktalarındaki ses basıncı düzeyi, berraklık, yan yansımalar, erken sönümlenme süreleri, çınlama süresi dağılımı, konuşma iletim indisi parametreleri hesaplanmıştır. Öğrencilerden çıkan sonuçları değerlendirmeleri ve yetersiz sonuçlar için alınması gereken önlemleri irdelemeleri beklenmiştir.

Öğrencilerin seçtikleri salon formları incelendiğinde 17 öğrencinin ayakkabı kutusu (shoe box) veya dikdörtgen planlı salon formunu tercih ettiği, 2 öğrencinin arena formunu ve 2 öğrencinin fan tipini tercih ettiği görülmüştür.



Şekil 1. Dikdörtgen Formu Seçen Bir Öğrencinin Örnek Çalışmaları

Çizelge 1. Dikdörtgen Formlu Tasarımların Boyut ve Hacimleri

Salon	Boyutlar (m)			Hacim(m ³)
	En	Boy	Yükseklik	
1	25	32	12.5	12552
2	23	35	17	12258

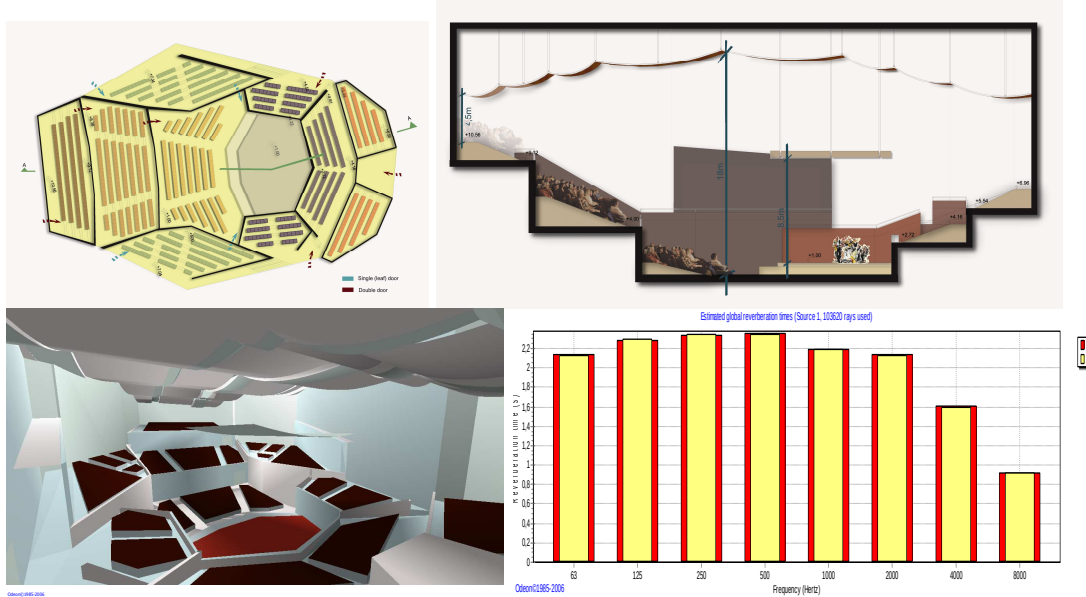
3	22	35	13	10010
4	22	35	12.5	9625
5	20.25	25	17.65	9169
6	28	35	14	11000
7	23.75	35	13	10663
8	23	35	10	10502
9	25.86	31.16	13.4	10800
10	25	30.12	12.95	10307
11	22	35	14	7944

Çizelge 2. Dikdörtgen Formlu Tasarımlarda Kullanılan Malzemeler

Salon	Duvar	Döşeme	Tavan	Sahne Döşemesi	Sahne duvarı	Kanopi
1	Beton Üzeri Ahşap	Parke	Beton	Parke	Beton	Beton
2	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	PVC Kaplama	16 mm Mineral Elyaf levha	PVC Kaplama	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	16 mm Mineral Elyaf levha
3	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	PVC Kaplama	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap
4	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	PVC Kaplama	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap
5	2x13 mm Alçıpanel	Parke	2x13 mm Alçıpanel	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap
6	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	PVC Kaplama	16 mm Mineral Elyaf levha	PVC Kaplama	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	16 mm Mineral Elyaf levha
7	Beton Üzeri Ahşap	Parke	Beton Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap
8	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	PVC Kaplama	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap
9	Alçıpanel	PVC Kaplama	Konstrüksiyon Üzeri Alçıpanel	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Alçıpanel
10	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Parke	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap
11	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	PVC Kaplama	16 mm Mineral Elyaf levha	PVC Kaplama	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	16 mm Mineral Elyaf levha

Çizelge 3. Dikdörtgen Formlu Projelerde Elde Edilen Akustik Parametre Değerleri

Salon	Orta frekanslarda					
	T30	EDT	LF80	C80	STI	SPLA
1	2.21	1.9-3	0-0.32	-5-1.5	0.60	5
2	1.65	1.5-2.1	0-0.3	-3-3.5	0.54	8.5
3	2.1	1.7-2.4	0.1-0.3	-3-3	0.5	12
4	1.75	1.7-2.2	0.2-0.3	-2-4	0.5	7
5	1.72	1.8-2.2	0.1-0.3	-2-3	0.62	10
6	2.0	1.8-2.3	0.2-0.3	-2-4	0.55	9
7	1.95	1.7-2.1	0.2-0.35	-2-2	0.52	10
8	2.05	1.5-2.3	0.1-0.3	-3-3	0.52	10
9	1.8	1.7-2.2	0-0.3	-2-3	0.55	
10	2.1	1.7-2.1	0-0.3	0-5		8
11	1.95	1.8-2.4	0.1-0.3	-4-4.5	0.58	12



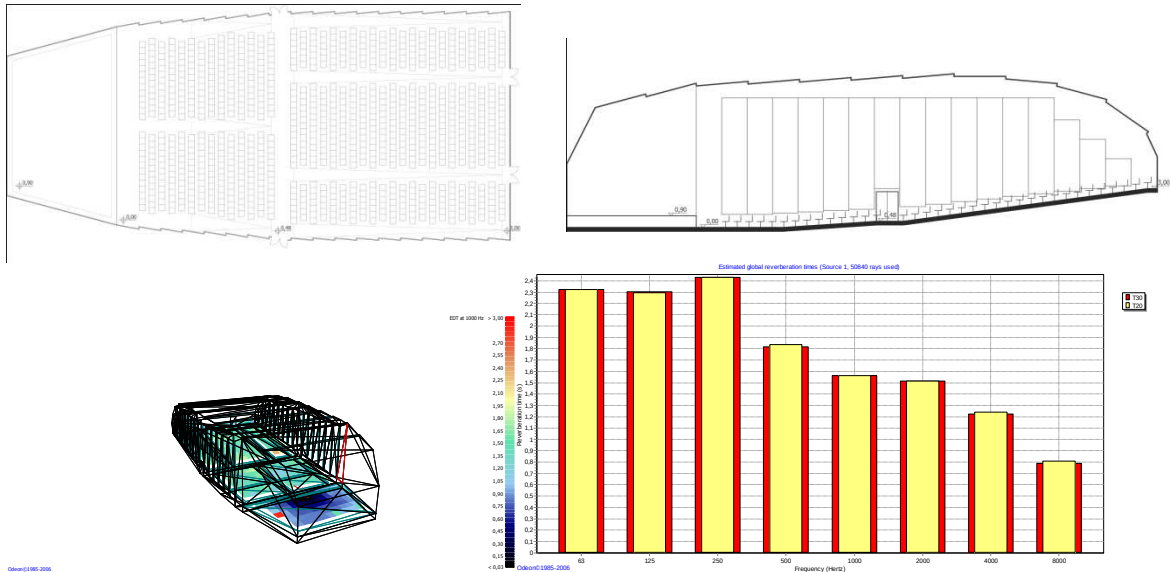
Şekil 2. Arena Formu Seçen Bir Öğrencinin Örnek Çalışmaları

Çizelge 4. Arena Formlu Tasarımlarda Kullanılan Malzemeler

Salon	Boyutlar					
	Duvar	Döşeme	Tavan	Sahne Döşemesi	Sahne duvarı	Kanopi
1	Beton Üzeri Ahşap	Parke	Beton Üzeri Ahşap	Beton Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap
2	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	2x13 mm Alçıpanel	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap

Çizelge 5. Arena Formlu Projelerde Hacimler ve Akustik Sonuçlar

Salon		Orta frekanslarda					
	Hacim(m ³)	T30	EDT	LF80	C80	STI	SPLA
1	12379	2.1	1.7-2.3	0-0.3	-3-3	0.56	12
2	10370	2	1.8-2.2	0-0.2	-4-4	0.6	9



Şekil 3. Fan Tipi Seçen Bir Öğrencinin Örnek Çalışmaları

Çizelge 6. Fan Tipi Tasarımlarda Kullanılan Malzemeler

Salon	Boyutlar					
	Duvar	Döşeme	Tavan	Sahne Döşemesi	Sahne duvarı	Kanopi
1	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Parke	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Parke	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap
2	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Parke	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	PVC Kaplama	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap	Konstrüksiyon Üzeri Ahşap

Çizelge 7. Fan Tipi Tasarımlarda Hacimler ve Akustik Sonuçlar

Salon		Orta frekanslarda					
	Hacim(m ³)	T30	EDT	LF80	C80	STI	SPLA
1	9450	1.7	1.7-2.1	0 -0.3	-3-3	0.55	10
2	7846	1.95	1.6-2.2	0.2-0.28	5	0.5	10

6. AKUSTİK TASARIM PARAMETRELERİ

6.1 Erken Sönümlenme Süresi (EDT)

Ses kaynağı kapatıldıktan sonra ses basıncı düzeylerinde 10 dB düşme için geçen sürenin 6 katına eşit süre olarak tanımlanır. Eğer hacim içindeki ses alanı dağınık alan koşullarına yakın ise EDT çınlama süresinden uzun olacaktır. Dağınık alan koşullarını tamamen sağlaması durumunda ise iki değer eşit olacaktır. EDT insanların çınlamaya nesnel tepkilerini çınlama süresinden daha iyi tarif ettiği için kullanılmaktadır[2].

6.2 Berraklık (C80)

Kapalı hacimler içinde sesin yüzeylerden erken yansımaları salonun özellikle akustik özellikleri için belirleyici olmaktadır. Doğrudan sesin alıcıya ulaşmasındaki yansımalar hacimdeki ses berraklığı ve müzik performansının tanımlanması ile ilintilidir. Berraklık müzikle ilgili salonlarda en çok müzikteki en ince detayları algılamak isteyen müzisyenler kadar dinleyiciler için de önem taşımaktadır[4].

6.3 Yan Yansıma Oranları (LF80)

Alıcıya gelen yan yansımaların enerjisinin doğrudan ses ve erken yansımaların enerjilerine göre değeri dinleyicinin müzik tarafından sarılması açısından önemlidir. Bunun için salonun uzunluğunun genişliğinden fazla olması gerekmektedir. Bunun yanında yan duvarlardan iki kulağa gelen sesin birbirinden farklı olması dinleyicinin ses kaynağını algılaması ve lokalizasyonu açısından çok gereklidir[4].

6.4 Çınlama Süresi (RT)

Salonların akustik değerlendirilmesinde kullanılan tüm kriterler içinde büyük önem taşır. Çınlama süresi kaynak kapatıldıktan sonra ses düzeyinin 60 dB düşmesi için gereken zamandır. Özellikle müzikle ilgili salonlarda çınlama süresinin belirli bir düzeyde olması ve belli oranlarda düşük frekanslara doğru bir artış göstermesi sesin dinleyici tarafından “sıcak” olarak algılanması bakımından önem taşımaktadır. Diğer yandan yüksek frekanslarda belli bir çınlamanın elde edilmesi yeterli ses berraklığı sağlarken salonda etkili bir oda izlenimi gözlemlenir[5].

6.5 A Ağırlıklı Ses (Basıncı) Düzeyi (SPLA)

Ses, kulak zarıyla temasta bulunan havanın basıncının değişmesiyle algılandığından, bir ses kaynağının ses gücünden daha çok belli bir noktada yarattığı ses basıncı önemlidir. Ses basıncı düzeyi L_p , $L_p = 10 \log(p^2 / p_0^2)$ olarak tanımlanır. Burada p ses basıncının kareler ortalamasının karekökü (root mean square), p_0 ise uluslararası referans basıncı olarak kabul edilen 20 mikropaskal ($20 \times 10^{-6} \text{ N / m}^2$) alınır. 20 mPa referans değer olarak seçilme nedeni; ortalama genç bir yetişkinin frekansı 1000 Hz olan bir ses dalgasını işitebilmesi için en az $20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ değerinde bir basıncın gerekmesidir. Yani 1000 Hz'deki işitme referans olarak alınmıştır. Ses basıncı düzeyinin tanımında basınçların değil basınçların karelerinin oranının kullanılma nedeni dB'in güç oranları için kullanılması ve basıncın karesiyle orantılı olmasıdır[6].

Ses basınç düzeyi fiziksel basınçla ilişkilendirildiği için insanın işitme özelliklerini yansıtmamaktadır. İşitme sisteminin davranışı ses basınç düzeylerine yansıtılarak Ses Düzeyleri(A-ağırlıklı, C-ağırlıklı) elde edilir.

Müzik ve konuşma amaçlı salonlarda ses düzeyinin salon içindeki değer farklılıklarının 10 dB'i geçmemesi beklenir.

6.6 Konuşma İletim İndisi (STI)

Konuşma iletim indisi konuşma iletim sistemlerinin konuşmanın anlaşılabilirliğine olan etkisinin nicel bir ifadesidir. Ses kaynağından alıcıya giden ses güzergahından oluşan ses sinyalinin yegânlilik modülasyonundaki azalmasının çözümlemesi temel olarak alınmaktadır. Arka plan gürültüsü ve kapalı hacmin çınlama süresi ile toplam ses içinde kaynaktan doğrudan sesin oranı konuşmanın anlaşılabilirliğine ya da konuşma iletim indisine etki eden en önemli etkenlerdir[2].

7. DEĞERLENDİRMELER

Öğrenciler tasarımlarında döşemelerde genel olarak ahşap parke ya da ahşap üzeri PVC kaplama kullanırken, duvar ve tavanlarda çoğunlukla konstrüksiyon üzeri ya da beton üzeri ahşap, düşük frekanslardaki çınlama sürelerini de kontrol altına alabilmek için bazı projelerde iki kat alçı panel kullanmışlardır. Öğrenciler projelerinde sahne tasarımını ayrıca düşünmüş, sahne genişliği ve kanopi yüksekliğini de kriterlere uygun şekilde tasarlamışlardır. Konser salonu tasarımında malzeme kalınlığının düşük frekansların yutulmasını etkileyeceği bilgisi, öğrencileri tasarımlardaki malzeme seçimlerinde 25mm ve üzerindeki kalınlıklarda malzemeler seçmeye yönlendirmiştir. Öğrenciler yan duvarlarda ve tavanlarda genişliği 2m'yi geçmeyen kırık yüzeyler seçerek duvarlardaki ve tavanlardaki saçınımları artırmışlardır. Çizelge 8 ve Çizelge 9'de konser salonu tasarımı için akustik parametreler ve hacmin kişi başına düşen aralıkları verilmiştir.

Çizelge 8. Konser Salonları için akustik parametreler ve optimum değerler(Orta frekanslarda)

Parametre	Optimum Değerler
T30 (Çınlama Süresi)	1,7s < T30 < 2,3s
LF80 (Yan Yansıma Oranları)	>0,25
SPLA (Ses Basıncı Düzeyi)	0 < G < 10dB
EDT(Erken Sönümlleme Süresi)	1,8 < EDT < 2,2
STI(Konuşma İletimi İndisi)	>0,75 çok iyi, >0,60 iyi
C80 (Berraklık)	-2 < C80 < 4

Çizelge 9. Konser Salonlarında Kişi Başına Düşen Optimum Hacim Değerleri

İşlev	Hacim (m ³ / Kişi)			
	Doelle			Maekawa
	En Düşük	Önerilen	En Yüksek	Önerilen Aralık
Konser	6.2	7.8	10.8	8-10

Öğrencilerin farklı boyutlarda ve formlarda tasarladıkları bu projeler üzerinden bir değerlendirilecek olursa, her form için öğrenciler kendi projelerinde başta çınlama süreleri için optimum değerleri gerek malzeme gerekse hacimle ilgili kararlarında değişiklikler yaparak aşağı yukarı sağlamışlardır.

Erken Sönümlenme Süresi ve berraklık değerleri projelerde beklenen aralıkları sağlamıştır. Salon içindeki A ağırlıklı ses düzeyi değerleri farklılıkları bir iki projede 10 dBA’ın üzerine çıkmakla birlikte genel olarak projelerde beklenen değerleri sağlamıştır. Ortalama konuşma iletim indisi değerlerinin projelerde genelde 0.60’ın altında kalması konser salonu işlevi için beklenen bir durumdur. Konser salonu tasarımlarında sesin konuşmacıya net ulaşmasından çok enstrümanların seslerinin birbirlerine karışarak bir ahenk oluşturması asıl hedeftir. Konser salonu tasarımlarında yanal yansımalar optimum değer 0.25 'dir. Bir kaç projede ortalama olarak bu değer sağlanmışken projelerin çoğunda salon içindeki dağılımlara bakıldığında dinleyicilerin çoğuna ulaşan yanal yansımalar 0.25’nin altında kalmıştır. Bu sonucun sebebi projelerde salon yan duvarlarında kullanılan saçıcı yüzeylerin yetersiz kalmasıdır.

Sonuç olarak öğrencilerin kuramsal bilgiyi tasarım aşamasında gerek salon boyut seçimlerinde gerekse malzeme seçimlerinde kullanmaları akustik açıdan istenen özellikte konser salonu tasarımlarını ortaya çıkarmıştır. Akustik bilgisinin tasarım aşamasında bir girdi olarak kullanılması projeleri olumlu yönde etkilemiş, alınması gereken önlemlerin projenin oluşum aşamasında alınabilmesini sağlamıştır. Projelerin tasarım aşamasındaki plan kesit çizimleriyle ve hacim oluşumlarıyla akustik parametrelerin sağlanması koşullarının birbirinden ayrı düşünülmemeyeceği açıktır. Akustik tasarım, salon tasarım kararları alındıktan sonra projeye sonradan eklenecek önlemlerle sağlanacak bir parametre değildir. Gerek lisans, gerekse yüksek lisans eğitiminde mimar adaylarının daha kaliteli ortam koşulları sağlayabilmek için alması gereken bir eğitimidir.

8. KAYNAKÇA

- [1] Öziş,F, Suat Vergili;Dinleyici-Orkestra-Müzisyen Perspektifinde Konser Salonlarının Akustik Tasarım Parametreleri,
- [2] Çalışkan,M; İYEM Mimari Akustik SES-C ders Notları, Gebze, 2002
- [3]Beyazıt,N;Dikdörtgen Kesitli Konser Salonlarının Akustik Değerlendirilmesi için Bir Tasarım Yöntemi, Doktora Tezi, 34-37 ,1999
- [4]Sü, Z, Semra Arslan; Mimari Akustik Eğitiminde Bilgisayar Benzetiminin Tasarım Sürecine Katkısı: 500 Kişilik Konser Salonu Örneği
- [5]Sü,Z; Acoustical Preformance Anlaysiais of Bilkent University amphitheater “ODEON” Yüksek Lisans Tezi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı, Bilkent Üniversitesi, Ankara, p.5-27,2004.
- [6]Söylemez,M;Temel Bilgisi Ders Notları.İTÜ, İstanbul
- [7] Çalışkan,M; Odtü Mimarlık Fakültesi Yapı Bilimleri Yüksek Lisans Programı Mimari Akustik 1 Ders Notları, Ankara, 2010