

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SALONLARIN MİMARİ TASARIMININ AKUSTİK PERFORMANSA
ETKİLERİ: DİKDÖRTGEN, FAN VE ELMAS SALON ÖRNEKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nuriye Nida ÇELEBİ ŞEKER

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

OCAK 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SALONLARIN MİMARİ TASARIMININ AKUSTİK PERFORMANSA
ETKİLERİ: DİKDÖRTGEN, FAN VE ELMAS SALON ÖRNEKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nuriye Nida ÇELEBİ ŞEKER
(502081526)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sevtap YILMAZ

OCAK 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502081526 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Nuriye Nida ÇELEBİ ŞEKER**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "**SALONLARIN MİMARİ TASARIMININ AKUSTİK PERFORMANSA ETKİLERİ: DİKDÖRTGEN, FAN VE ELMAS SALON ÖRNEKLERİ**" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Sevtap YILMAZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Nurgün BAYAZIT**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Teslim Tarihi : **16 Aralık 2013**
Savunma Tarihi : **21 Ocak 2014**

Eşime,

ÖNSÖZ

Bilgi, ilgi, önerileri ile beni; anlayışla, sabırla yönlendiren tez danışmanım Prof. Dr. Sevtap YILMAZ' a, ders alma sürecinde, bilgilerinden faydalanmama imkân veren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Nurgün TAMER BAYAZIT' a, her türlü desteği sağlayan sevgili Arş. Gör. Mine AŞÇIGİL DİNÇER' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca ve bu zorlu süreçte bana özveri ile yardım edip desteğini esirgemeyen sevgili aileme ve eşime teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık 2013

Nuriye Nida ÇELEBİ ŞEKER
(İç Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xxiii
SUMMARY.....	xxvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç Kapsam ve Yöntem.....	2
2. KAPALI HACİMLERDE KONUŞMAYI ETKİLEYEN PARAMETRELER.....	3
2.1 Akustik Parametreler.....	3
2.1.1 Sinyal gürültü oranı, S/N (Signal Noise Ratio).....	3
2.1.2 STI (RASTI) değerleri (Speech Transmission Index).....	4
2.1.3 Telaffuz İndeksi, AI (Articulation Index).....	5
2.1.4 Çınlama süresi, T (Reverberation time).....	10
2.1.5 Erken düşme süresi, EDT (Early decay time).....	19
2.1.6 Netlik, C (Clarity).....	21
2.1.7 Belirginlik, D (Definition).....	22
2.1.8 Merkez zaman, T _s (Center time).....	23
2.1.9 Ses yüksekliği, G (Sound strength-Loudness).....	24
2.1.10 Arka plan gürültüsü, NC (Noise criteria).....	26
2.1.11 İlk ulaşım gecikmesi, ITDG (Initial time delay gap).....	26
2.1.12 Mekânsal algılama-ferahlık ölçütleri (Measures of spaciousness).....	28
2.2 Geometrik Parametreler.....	36
2.2.1 Görüş çizgileri ve zemin eğimi.....	36
2.2.2 Oturma alanı ve koltukların tasarımı.....	46
2.2.3 Yansıtıcılar.....	51
2.2.4 Güvenlik ve çıkışlar.....	66
2.2.5 Sahne.....	70
2.3 Akustik Kusurlar.....	72
3. SALONLAR.....	85
3.1 Salon Biçimi ve Hacmi.....	85
3.2 Salonların Özellikleri.....	91
3.3 Salonların Odeon Kabulleri.....	97
4. ÖLÇÜMLER VE DEĞERLENDİRMELER.....	103
4.1 EDT-T30 (Erken Düşme Süresi-Çınlama Süresi).....	103
4.2 D50 (Belirginlik).....	114
4.3 LF80 (Yanal Yansımalar).....	121
4.4 G (SPL, Ses Yüksekliği).....	129
4.5 C80 (Netlik).....	135
4.6 T _s (Merkez Zaman).....	145

4.7 STI (Konuşma İletim İndeksi)	157
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	163
KAYNAKLAR.....	185
ÖZGEÇMİŞ.....	187

KISALTMALAR

S/N	: Sinyal Gürültü Oranı
STI (RASTI)	: Konuşma İletim İndeksi (Speech Transmission Index)
AI	: Telaffuz İndeksi (Articulation Index)
T	: Çınlama Süresi (Reverberation Time)
EDT	: Erken Düşme Süresi (Early Decay Time)
C	: Açıklık, Netlik (Clarity)
D	: Belirginlik (Definition)
T_s	: Merkez Zaman (Center Time)
G	: Ses Yüksekliği (Sound Strength-Loudness)
SPL	: Ses Basınç Seviyesi (Sound Pressure Level)
NC	: Arka Plan Gürültüsü (Noise Criteria)
ITDG	: İlk Ulaşım Gecikmesi (Initial Time Delay Gap)
ASW	: Görünen Kaynak Genişliği (Apparent Sound Width)
LEV	: Dinleyici Kuşatması (Listener Envelopment)
LEF-LF₈₀	: Yanal Enerji Oranı (Lateral Fraction)
LG	: Geç Yanal Şiddet (Late Lateral Strength)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Akustik mahremiyetin dereceleri [3, s:98].	9
Çizelge 2.2 : 3.048 m ³ bir hacim için farklı formüllerle hesaplanmış çınlama süreleri [8, s:27].	13
Çizelge 2.3 : Dinlemede çınlamanın etkisi [8, s:19].	15
Çizelge 2.4 : Önerilen pozisyon ve objektif hacim akustiği parametreleri [4, s:313].	32
Çizelge 2.5 : Hacim akustiği parametreleri için önerilen değerler [8, s:46].	34
Çizelge 2.6 : Hacim akustiği parametrelerinin optimum değerleri [8, s:47], [17, s:72]	34
Çizelge 2.7 : Hacim akustiği parametrelerinin optimum değerleri [3], [4], [7], [9], [5], [12], [13].	35
Çizelge 2.8 : Hacim akustiği parametreleri ve birbiriyle ilişkileri [8, s:45], [17, s:73]	36
Çizelge 2.9 : Geçiş ve oturma ölçüleri [1, s:54].	48
Çizelge 2.10 : Minimum Çıkış Genişlikleri [1, s:51].	67
Çizelge 2.11 : Bir Salon İçin Minimum Çıkış Sayısı [1, s:50].	67
Çizelge 4.1 : Parametreler için literatürde önerilen ve bu çalışma kapsamında kabul edilen optimum aralıklar ve değerler	103
Çizelge 5.1 : Parametreler için ölçümler ve değerlendirmeler sonucu salonlarda ortaya çıkan sıralamalar	183

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Konuşma iletişimini tanımlayan grafik [3, s:95].	4
Şekil 2.2 : STI veya RASTI ölçümlerinde prensipler ve teoremin gösterilişi [4, s:312], [5, s:228].	5
Şekil 2.3 : Farklı testlerde STI-konuşma anlaşılabilirliği arasındaki ilişki [6, s:25].	6
Şekil 2.4 : Telaffuz İndex Hesabı [3, s:96].	7
Şekil 2.5 : AI ve diğer konuşma anlaşılabilirliği testleri arasındaki ilişki [3, s:97].	8
Şekil 2.6 : AI ve mahremiyet arasındaki ilişki [3, s:99].	10
Şekil 2.7 : Çınlama Süresi ve ses düzeyi [4, s:307], [7, s:212].	11
Şekil 2.8 : 3.048 m ³ bir hacim için farklı formüllerle hesaplanmış çınlama süreleri [8, s:27].	13
Şekil 2.9 : Çınlama Süresi ve Hacim [3, s:586], [3, s:754].	14
Şekil 2.10 : Çınlama Süresi ve Hacim [6, s:13], [7, s:218].	15
Şekil 2.11 : Konuşma anlaşılabilirliğinde çınlamanın etkisi [3, s:580].	17
Şekil 2.12 : Konuşma için farklı yazarlardan alınmış olan optimum..... reverberasyon süreleri (s) ile hacim (m ³) grafiği [10].	18
Şekil 2.13 : EDT ve T tanımı [6, s:15].	20
Şekil 2.14 : C' nin tanımı: sinyal tepkisindeki erken ve geç enerjinin oranı [4, s:308].	22
Şekil 2.15 : Anlaşılabilirlik ve belirginlik arasındaki ilişki [8, s: 36], [5, s:224].	23
Şekil 2.16 : Şiddetin tanımı G:kaynaktan 10 m mesafedeki kaynaktan direkt..... sese nispeten ölçülmüş hacim tepkisindeki toplam enerji [4, s:308].	25
Şekil 2.17 : Bir sinyale karşı hacmin oluşturduğu ideal akustik..... tepki diyagramı [3, s:590], [9, s:42], [6, s:109].	26
Şekil 2.18 : Yanal ses yönünün tanımı [8, s:41], [7, s:268].	28
Şekil 2.19 : Salon şekilleri ve yönlülük [8, s:42], [7, s:269]	29
Şekil 2.20 : Yanal enerji bölümünün (LEF-LF ₈₀) tanımı:yanlardan gelen erken yansıma enerjisi ve toplam erken enerji arasındaki oran [4, s:309].	30
Şekil 2.21 : Her bir sıra için görüş çizgisi geometrisi [3, s:582], [18, s:77].	37
Şekil 2.22 : P noktası yardımıyla görüş çizgisinin hesaplanması [1, s:30].	37
Şekil 2.23 : Başarılı görüş çizgileri başarılı direkt sesi doğurur [3, s:583].	38
Şekil 2.24 : Salonda düzensiz eğime bir örnek [3, s:583].	39
Şekil 2.25 : Bu düşey görüş çizgileri salonun seyirci ve sahne kısmından geçen birkaç kesit ile kontrol edilmelidir [1, s:32].	40
Şekil 2.26 : Salondaki eğimlerin ve balkonların gösterimi [1, s:32], [18, s:79].	40
Şekil 2.27 : Salon eğimi bütün sıralarda aynı devam etmelidir [1, s:34].	40
Şekil 2.28 : Salon eğimi bütün sıralarda aynı devam etmelidir [1, s:34].	41
Şekil 2.29 : Sabit eğimlendirilmiş zemin kesiti için gerekli olan açı (α) nın hesaplanması için ilgili parametreler [4, s:326].	42
Şekil 2.30 : Sabit açıklıklı zemin eğiminin hesaplanması için ilgili parametreler [4, s:327].	43

Şekil 2.31 : Arka balkonlu ve sabit açıklıklı (clearance) bir salonun kesiti.....	44
Sonuç; yükseltilmiş balkon için artan eğim [4, s:327].	44
Şekil 2.32 : Balkon tarafından sarkıtılan koltuklarda devam eden.....	45
uygun ses için önemli parametreler [4, s:328, 7, s:56].	45
Şekil 2.33 : a) Kötü, b) İyi balkon profili tasarımı [4, s:328].	46
Şekil 2.34 : Yan duvarlarla kombinasyon içinde olan yan balkonlu bir salonun	46
yarım kesiti, yandaki balkonlar erken yansıma enerjisini yanal bir	46
açıdan koltuk alanına doğru döndürür [4, s:328].	46
Şekil 2.35 : Şaşırtmalı oturma düzeninin hesaplanması	47
metodu [1, s:35, 4, s:242-245].	47
Şekil 2.36 : Salonun bir kısmının planı [1, s:55].	49
Şekil 2.37 : Kolları olan koltuk dizilimi [1, s:55].	49
Şekil 2.38 : Kolları olmayan koltuk dizilimi [1, s:55].	49
Şekil 2.39 : Arkalıksız koltuk dizilimi [1, s:55].	50
Şekil 2.40 : Balkon önünden kesit [1, s:55].	50
Şekil 2.41 : Balkon önünden karşı koridordan kesit [1, s:56].	50
Şekil 2.42 : 2b genişliğinde bir panelden ses yansıması.	52
Q, kaynak, P alıcı ve Q' kaynağın görüntüsü [19].	52
Şekil 2.43 : Kaynağın görüntüsü [3, s:236, 8, s:104].	53
Şekil 2.44 : Sonlu Bir Yüzeyden Yansımanın Geometrisi [3, s:241].	55
Şekil 2.45 : İç bükey veya dış bükey silindirik için eğrilige bağlı azalma [19].	56
Şekil 2.46 : Küresel yüzeyden yansıyan geometri [3, s:247].	57
Şekil 2.47 : Hesaplanan ve ölçülen ΔL_{curv} değerleri [3, s:248].	58
Şekil 2.48 : Düz Tavan Kesitinden Yansımalar [3, s:584].	59
Şekil 2.49 : Bölünmüş Tavandan Yansıyan Ses [3, s:585].	59
Şekil 2.50 : Kademeli Tavandan Yansıyan Ses [3, s:585].	59
Şekil 2.51 : Bir hacimde meydana gelen sinyal tepkisinin gösterilmesi.....	60
[4, s:304], [3, s:590], [9, s:42], [6, s:109].	60
Şekil 2.52 : Tavan Panelleri Yol Farkı [3, s:584].	61
Şekil 2.53 : Salonda erken yansıma kontrolü [4, s:331]	62
Şekil 2.54 : Birinci dereceden yansımali seyirci alanını kaplamaktan	63
sorumlu olan belirli alanın çizimi [4, s:331].	63
Şekil 2.55 : Odaklanmadan kaçınmak ve daha fazla pürüzsüz ses dağılımı	64
sağlamak için tavan profilinin yeniden şekillendirilmesi [4, s:332].	64
Şekil 2.56 : Fan şekli bir salonda bölgesel olarak yeniden şekillendirme yaparak ...	64
ya da hacmin uzun eksenine paralel paneller ekleyerek yan duvar	64
yansımalarının geliştirilmesi [4, s:332].	64
Şekil 2.57 : Sahnenin önüne asılan yansıtıcı panelin.....	65
yansıma yolu üzerindeki etkisi [4, s:332].	65
Şekil 2.58 : Kaçış merdiveni [1, s:52].	68
Şekil 2.59 : Kaçış merdiveni [1, s:52].	68
Şekil 2.60 : Kaçış merdiveni [1, s:52].	69
Şekil 2.61 : Kaçış merdiveni basamakları [1, s:52].	69
Şekil 2.62 : Kaçış merdiveni [1, s:52].	69
Şekil 2.63 : Salondaki eğimlerin ve balkonların gösterimi [1, s:32].	70
Şekil 2.64 : Yanal Konuşma Yansımalarının Algısı [3, s:588].	73
Şekil 2.65 : Akustik Kusurların Örnekleri [3, s:589].	73
Şekil 2.66 : Fısıldayan Galeri [6, s:121].	74
Şekil 2.67 : Salonun planında çizilen eko elipsleri [4, s:329, 7, s:50].	75
Şekil 2.68 : İç bükey (konkav) tavanlarda odaklanma [4, s:329].	75

Şekil 2.69 : a) odaklanmış ve yavaş ilerleyen dalgalı dairesel oda.....	76
b) yüzey şekli değiştirilmiş dairesel oda,	76
bu durumlardan kaçınılır [4, s:329].	76
Şekil 2.70 : Flutter ekonun riskine sebep olan hacim şekli [4, s:330].....	76
Şekil 2.71 : a) flutter ekolu hacim, b) karşısına saçıcı koyularak ölçülmüş.....	77
c) karşısına yutucu koyularak ölçülmüş [4, s:330].	77
Şekil 2.72 : Yandan gelen tek bir yansımanın çeşitli	78
işitilebilir etkileri [4, s:306], [9, s:40].	78
Şekil 2.73 : Düşey çizgilerle belirtildiği gibi, gecikme ile ve ilgili düzeylerle bir, ...	79
iki, üç veya dört farklı yansıma içeren sinyal tepkisine eklenen yeni	79
bir yansımanın anlaşılabilirliğinin eşikleri [4, s:306].	79
Şekil 2.74 : Kulağın bölümlerinin çakışması [3, s:91].	80
a. Çok az bir maskeleme oluşur.....	80
b. B A yı maskeler	80
c. Daha şiddetli B tonu daha yüksek frekanslı	80
A' yı maskeler.....	80
d. Daha şiddetli A tonu daha alçak frekanslı.....	80
B' yi tamamen maskeleyemez.....	80
Şekil 2.75 : Belirgin tonlar için normal ses yüksekliği [3, s:83].....	80
Şekil 2.76 : Maskeleme eğrileri [3, s:92].....	81
Şekil 2.77 : Anlaşılabilirlik test sonuçları [3, s:94].....	83
Şekil 3.1 : Performansın tipine göre seyircilerin doğal yerleşimleri [4, s:324].	85
Şekil 3.2 : Temel hacim şekilleri [4, s:324].	86
Şekil 3.3 : 4 farklı hacim şekli için sahne-dinleyici mesafesi ve	86
zemin alanının verimliliği.	86
F_n , seyircilerle dolu alan, F_b toplam zemin alanı,	86
d ortalama kaynak - dinleyici mesafesi,	86
durum I için $d_I=d$ dir [4, s:325].	86
Şekil 3.4 : Farklı plan şekillerinin hacimlerde erken yanal yansıma düzeylerinin, ...	87
hesaplanmış dağılımı; fan, altıgen, dikdörtgen ve ters fan. Daha	87
koyu alanlar daha yüksek LEF düzeyleri anlamına gelir [4, s:325].....	87
Şekil 3.5 : Hacim şekline bağlı olarak yan duvar.....	87
yansımalarının izlediği yol [4, s:326].	87
Şekil 3.6 : Oditoryumun genel şekilleri [3, s:581].	88
Şekil 3.7 : Bir salon için oturma düzeni [3, s:581].	89
Şekil 3.8 : Farklı Plan Şemaları [3, s:659].	90
Şekil 3.9 : İki farklı dikdörtgen salon (solda 1x1 sağda 1x1,5)	91
ilk tavan paneli denemesi-kesitler	91
Şekil 3.10 : İlk tavan paneli denemesi için salon 1x1 ışınları.....	92
Şekil 3.11 : İlk tavan paneli denemesi için salon 1x1 alıcı - kaynak ilişkileri	93
Şekil 3.12 : İlk tavan paneli denemesi için salon dikdörtgen 1x1 gecikme süreleri ..	93
Şekil 3.13 : Salonların geometrik özellikleri	94
Şekil 3.14 : Tasarlanan salonlardan salon 1a (dikdörtgen 1x1) plan ve kesiti.....	94
Şekil 3.15 : Tasarlanan salonlardan salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) plan ve kesiti	95
Şekil 3.16 : Tasarlanan salonlardan salon 2 (fan) plan ve kesiti.....	95
Şekil 3.17 : Tasarlanan salonlardan salon 3 (elmas) plan ve kesiti.....	96
Şekil 3.18 : Tasarlanan salonların üç boyutlu modelleri	96
Şekil 3.19 : Tasarlanan salonların görüş çizgileri	97
ile belirlenmiş zemin eğimi ve tavan	97
panellerine ait ışın analizleri	97

Şekil 3.20 :	Odeon hesaplama parametreleri kabulleri	98
Şekil 3.21 :	Odeon hesaplama parametreleri kabulleri	99
Şekil 3.22 :	Tasarlanan salonların alıcı kaynak ilişkileri	100
Şekil 3.23 :	Tasarlanan salonların malzeme kabulleri	100
Şekil 3.24 :	Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı - kaynak ilişkisi ve	101
	tavan-yan duvar gecikme süreleri	101
Şekil 3.25 :	Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı - kaynak ilişkisi ve	101
	tavan-yan duvar gecikme süreleri	101
Şekil 3.26 :	Salon 2 (fan) alıcı - kaynak ilişkisi ve	102
	tavan-yan duvar gecikme süreleri	102
Şekil 3.27 :	Salon 3 (elmas) alıcı - kaynak ilişkisi ve	102
	tavan-yan duvar gecikme süreleri	102
Şekil 4.1 :	Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre EDT ve T30 değerleri.....	104
Şekil 4.2 :	Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre EDT ve T30 değerleri..	105
Şekil 4.3 :	Salon 2 (fan) için alıcılara göre EDT ve T30 değerleri	105
Şekil 4.4 :	Salon 3 (elmas) için alıcılara göre EDT ve T30 değerleri.....	106
Şekil 4.5 :	Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 4 enerji diyagramı.....	107
Şekil 4.6 :	Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 3 enerji diyagramı.....	107
Şekil 4.7 :	Salon 2 (fan) alıcı 4 enerji diyagramı.....	108
Şekil 4.8 :	Salon 3 (elmas) alıcı 4 enerji diyagramı.....	108
Şekil 4.9 :	Salonların 1000 Hz' deki ortalama EDT-T30 değerleri.....	110
Şekil 4.10 :	Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki EDT değeri için	110
	dinleyici alanının grid analizi.....	110
Şekil 4.11 :	Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki T30 değeri için.....	111
	dinleyici alanının grid analizi.....	111
Şekil 4.12 :	Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki EDT değeri için	111
	dinleyici alanının grid analizi.....	111
Şekil 4.13 :	Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki T30 değeri için.....	111
	dinleyici alanının grid analizi.....	111
Şekil 4.14 :	Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki EDT değeri için.....	112
	dinleyici alanının grid analizi.....	112
Şekil 4.15 :	Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki T30 değeri için.....	112
	dinleyici alanının grid analizi.....	112
Şekil 4.16 :	Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki EDT değeri için	113
	dinleyici alanının grid analizi.....	113
Şekil 4.17 :	Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki T30 değeri için.....	113
	dinleyici alanının grid analizi.....	113
Şekil 4.18 :	Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre D50 değerleri	114
Şekil 4.19 :	Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre D50 değerleri	115
Şekil 4.20 :	Salon 2 (fan) için alıcılara göre D50 değerleri.....	115
Şekil 4.21 :	Salon 3 (elmas) için alıcılara göre D50 değerleri.....	116
Şekil 4.22 :	Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 1 enerji diyagramı.....	117
Şekil 4.23 :	Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 1 enerji diyagramı.....	117
Şekil 4.24 :	Salon 2 (fan) alıcı 1 enerji diyagramı.....	118
Şekil 4.25 :	Salon 3 (elmas) alıcı 1 enerji diyagramı.....	118
Şekil 4.26 :	Salonların 1000 Hz' deki ortalama D50 değerleri.....	119
Şekil 4.27 :	Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki D50 değeri için	119
	dinleyici alanının grid analizi.....	119
Şekil 4.28 :	Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki D50 değeri için	120
	dinleyici alanının grid analizi.....	120

Şekil 4.29 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki D50 değeri için.....	120
dinleyici alanının grid analizi.....	120
Şekil 4.30 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki D50 değeri için.....	121
dinleyici alanının grid analizi.....	121
Şekil 4.31 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre LF80 değerleri.....	122
Şekil 4.32 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre LF80 değerleri.....	122
Şekil 4.33 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre LF80 değerleri.....	123
Şekil 4.34 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre LF80 değerleri.....	124
Şekil 4.35 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 2 enerji diyagramı.....	125
Şekil 4.36 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 2 enerji diyagramı.....	125
Şekil 4.37 : Salon 2 (fan) alıcı 2 enerji diyagramı.....	126
Şekil 4.38 : Salon 3 (elmas) alıcı 2 enerji diyagramı.....	126
Şekil 4.39 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama LF80 değerleri.....	127
Şekil 4.40 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki LF80 değeri için.....	127
dinleyici alanının grid analizi.....	127
Şekil 4.41 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki LF80 değeri için.....	128
dinleyici alanının grid analizi.....	128
Şekil 4.42 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki LF80 değeri için.....	128
dinleyici alanının grid analizi.....	128
Şekil 4.43 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki LF80 değeri için.....	129
dinleyici alanının grid analizi.....	129
Şekil 4.44 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre G değerleri.....	130
Şekil 4.45 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre G değerleri.....	130
Şekil 4.46 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre G değerleri.....	131
Şekil 4.47 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre G değerleri.....	132
Şekil 4.48 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama G değerleri.....	133
Şekil 4.49 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki G değeri için.....	133
dinleyici alanının grid analizi.....	133
Şekil 4.50 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki G değeri için.....	134
dinleyici alanının grid analizi.....	134
Şekil 4.51 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki G değeri için.....	134
dinleyici alanının grid analizi.....	134
Şekil 4.52 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki G değeri için.....	135
dinleyici alanının grid analizi.....	135
Şekil 4.53 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre C80 değerleri.....	135
Şekil 4.54 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre C80 değerleri.....	136
Şekil 4.55 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre C80 değerleri.....	136
Şekil 4.56 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre C80 değerleri.....	137
Şekil 4.57 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 1 enerji diyagramı.....	138
Şekil 4.58 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 1 enerji diyagramı.....	138
Şekil 4.59 : Salon 2 (fan) alıcı 1 enerji diyagramı.....	139
Şekil 4.60 : Salon 3 (elmas) alıcı 1 enerji diyagramı.....	139
Şekil 4.61 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 5 enerji diyagramı.....	140
Şekil 4.62 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 4 enerji diyagramı.....	140
Şekil 4.63 : Salon 2 (fan) alıcı 5 enerji diyagramı.....	141
Şekil 4.64 : Salon 3 (elmas) alıcı 5 enerji diyagramı.....	141
Şekil 4.65 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama C80 değerleri.....	142
Şekil 4.66 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki C80 değeri için.....	143
dinleyici alanının grid analizi.....	143

Şekil 4.67 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki C80 değeri için	143
dinleyici alanının grid analizi.....	143
Şekil 4.68 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki C80 değeri için.....	144
dinleyici alanının grid analizi.....	144
Şekil 4.69 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki C80 değeri için.....	144
dinleyici alanının grid analizi.....	144
Şekil 4.70 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre Ts değerleri	145
Şekil 4.71 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre Ts değerleri	146
Şekil 4.72 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre Ts değerleri	146
Şekil 4.73 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre Ts değerleri	147
Şekil 4.74 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 1 enerji diyagramı.....	148
Şekil 4.75 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 1 enerji diyagramı.....	148
Şekil 4.76 : Salon 2 (fan) alıcı 1 enerji diyagramı.....	149
Şekil 4.77 : Salon 3 (elmas) alıcı 1 enerji diyagramı.....	149
Şekil 4.78 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 5 enerji diyagramı.....	150
Şekil 4.79 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 4 enerji diyagramı.....	151
Şekil 4.80 : Salon 2 (fan) alıcı 5 enerji diyagramı.....	151
Şekil 4.81 : Salon 3 (elmas) alıcı 5 enerji diyagramı.....	152
Şekil 4.82 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 12 enerji diyagramı.....	153
Şekil 4.83 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 7 enerji diyagramı.....	153
Şekil 4.84 : Salon 2 (fan) alıcı 12 enerji diyagramı.....	154
Şekil 4.85 : Salon 3 (elmas) alıcı 12 enerji diyagramı.....	154
Şekil 4.86 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama Ts değerleri.....	155
Şekil 4.87 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki Ts değeri için	155
dinleyici alanının grid analizi.....	155
Şekil 4.88 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki Ts değeri için	156
dinleyici alanının grid analizi.....	156
Şekil 4.89 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki Ts değeri için	156
dinleyici alanının grid analizi.....	156
Şekil 4.90 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki Ts değeri için	157
dinleyici alanının grid analizi.....	157
Şekil 4.91 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre STI değerleri	157
Şekil 4.92 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre STI değerleri	158
Şekil 4.93 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre STI değerleri	158
Şekil 4.94 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre STI değerleri	159
Şekil 4.95 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama STI değerleri.....	159
Şekil 4.96 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki STI değeri için	160
dinleyici alanının grid analizi.....	160
Şekil 4.97 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki STI değeri için	160
dinleyici alanının grid analizi.....	160
Şekil 4.98 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki STI değeri için	161
dinleyici alanının grid analizi.....	161
Şekil 4.99 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki STI değeri için	161
dinleyici alanının grid analizi.....	161
Şekil 5.1 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı - kaynak ilişkisi	163
Şekil 5.2 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı - kaynak ilişkisi	163
Şekil 5.3 : Salon 2 (fan) alıcı - kaynak ilişkisi	164
Şekil 5.4 : Salon 3 (elmas) alıcı - kaynak ilişkisi	164
Şekil 5.5 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama EDT-T30 değerleri.....	165

Şekil 5.6 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki EDT değeri için.....	166
dinleyici alanının grid analizi.....	166
Şekil 5.7 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki T30 değeri için.....	166
dinleyici alanının grid analizi.....	166
Şekil 5.8 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki EDT değeri için.....	166
dinleyici alanının grid analizi.....	166
Şekil 5.9 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki T30 değeri için.....	167
dinleyici alanının grid analizi.....	167
Şekil 5.10 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki EDT değeri için.....	167
dinleyici alanının grid analizi.....	167
Şekil 5.11 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki T30 değeri için	167
dinleyici alanının grid analizi.....	167
Şekil 5.12 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki EDT değeri için.....	168
dinleyici alanının grid analizi.....	168
Şekil 5.13 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki T30 değeri için	168
dinleyici alanının grid analizi.....	168
Şekil 5.14 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama D50 değerleri	169
Şekil 5.15 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki D50 değeri için.....	169
dinleyici alanının grid analizi.....	169
Şekil 5.16 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki D50 değeri için.....	170
dinleyici alanının grid analizi.....	170
Şekil 5.17 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki D50 değeri için.....	170
dinleyici alanının grid analizi.....	170
Şekil 5.18 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki D50 değeri için.....	170
dinleyici alanının grid analizi.....	170
Şekil 5.19 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama LF80 değerleri.....	171
Şekil 5.20 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki LF80 değeri için.....	172
dinleyici alanının grid analizi.....	172
Şekil 5.21 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki LF80 değeri için.....	172
dinleyici alanının grid analizi.....	172
Şekil 5.22 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki LF80 değeri için	172
dinleyici alanının grid analizi.....	172
Şekil 5.23 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki LF80 değeri için	173
dinleyici alanının grid analizi.....	173
Şekil 5.24 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama G değerleri	174
Şekil 5.25 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki G değeri için	174
dinleyici alanının grid analizi.....	174
Şekil 5.26 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki G değeri için	175
dinleyici alanının grid analizi.....	175
Şekil 5.27 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki G değeri için.....	175
dinleyici alanının grid analizi.....	175
Şekil 5.28 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki G değeri için.....	175
dinleyici alanının grid analizi.....	175
Şekil 5.29 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama C80 değerleri.....	176
Şekil 5.30 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki C80 değeri için.....	177
dinleyici alanının grid analizi.....	177
Şekil 5.31 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki C80 değeri için.....	177
dinleyici alanının grid analizi.....	177
Şekil 5.32 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki C80 değeri için	177
dinleyici alanının grid analizi.....	177

Şekil 5.33 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki C80 değeri için.....	178
dinleyici alanının grid analizi.....	178
Şekil 5.34 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama Ts değerleri.....	179
Şekil 5.35 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki Ts değeri için.....	179
dinleyici alanının grid analizi.....	179
Şekil 5.36 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki Ts değeri için.....	180
dinleyici alanının grid analizi.....	180
Şekil 5.37 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki Ts değeri için	180
dinleyici alanının grid analizi.....	180
Şekil 5.38 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki Ts değeri için	180
dinleyici alanının grid analizi.....	180
Şekil 5.39 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama STI değerleri.....	181
Şekil 5.40 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki STI değeri için	181
dinleyici alanının grid analizi.....	181
Şekil 5.41 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki STI değeri için	181
dinleyici alanının grid analizi.....	181
Şekil 5.42 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki STI değeri için	182
dinleyici alanının grid analizi.....	182
Şekil 5.43 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki STI değeri için	182
dinleyici alanının grid analizi.....	182

SALONLARIN MİMARİ TASARIMININ AKUSTİK PERFORMANSA ETKİLERİ: DİKDÖRTGEN, FAN VE ELMAS SALON ÖRNEKLERİ

ÖZET

Konuşmanın çaba sarf edilmeden anlaşılabilmesi, konfor içinde o konuşmayı veya oyunu dinlemeye ve izlemeye yardımcı olduğundan, konuşma amaçlı salonlarda konuşma anlaşılabilirliğinin sağlanması, temel akustik gereksinimlerden biridir. Konuşma amaçlı salonlara örnek olarak; tiyatrolar, konferans salonları, derslikler, toplantı salonları verilebilir. Bu çalışma kapsamında konuşma amaçlı salonlardan konferans salonları ele alınmıştır. Konferans salonları birçok plan şemasına sahip olabilecek hacimlerdir ve bahsedilen plan farklılıkları akustik açıdan da salonlarda farklılıklara sebep olmaktadır. Bu çalışma kapsamında dikdörtgen, fan ve elmas plan şemalı salonlar ele alınmış, bu salonlar akustik açıdan karşılaştırılmıştır.

Birinci bölümde, bu çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi ele alınmıştır. Dikdörtgen (1x1), dikdörtgen (1x1,5), fan, elmas olmak üzere, yaklaşık 700 kişi kapasiteli, orta ölçekli, üç farklı tipte, dört farklı salonda akustik açıdan konuşma anlaşılabilirliğinin incelenmesi ve akustik parametrelerin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmanın yöntemi olarak; salonlar literatüre göre tasarlanmış ve bu salonların geometrik özellikleri, kişi sayıları, salon hacimleri, kişi başı m³, kişi başı m², yapı elemanları yüzey bitiş malzemesi gibi özellikleri birbirine yakın hatta aynı tutulmuştur.

Tasarlanan bu salonlar Autodesk Autocad 2012 programında çizilmiş, gerekli ışın analizleri yapılmış ve Google Sketch Up 8 programları yardımıyla üç boyutlu olarak modellenmiştir. Modellenen bu salonlarda Odeon 10.0 Combined adlı akustik simülasyon programı ile bazı akustik ölçümler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu dört salonla ilgili sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak salonların hangisinin, hangi durumlarda akustik açıdan daha verimli olduğu ya da hangisinin ne gibi akustik kusurlara sebep olduğu irdelenmiştir.

İkinci bölümde, konuşma amaçlı salonlar ve konuşma anlaşılabilirliği hakkında literatür araştırması yapılarak; objektif, subjektif, geometrik parametreler tanımlanmış, akustik kusurlardan bahsedilmiştir. Parametrelerden özellikle konuşmayı etkileyen parametreler ele alınmış, müzikle ilgili olan parametreler üzerinde durulmamıştır.

Üçüncü bölümde, yapılan literatür araştırmalarından yola çıkılarak; hacimleri, ortalama yükseklikleri, kişi sayıları, kişi başına düşen hacim ve alanları birbirlerine yaklaşık olan; dikdörtgen 1x1 (salon 1a), dikdörtgen 1x1,5 (salon 1b), fan (salon 2), elmas (salon 3) olmak üzere üç farklı tipte, dört farklı plan şemalı salon tasarlanmıştır, bu bölümde bu salonlar geometrik olarak tanıtılmış ve irdelenmiştir. Ayrıca bu tasarlanan salonlar Autodesk Autocad 2012 programı aracılığıyla çizilmiş, tavan-yan duvar ışın analizleri yapılmış, gecikme süreleri hesaplanmış ve Google Sketch Up 8 programı yardımıyla üç boyutlu olarak modellenmiştir.

Salonların tasarımında dikkat edilmesi gereken kurallar doğrultusunda tasarlanan salonlar için hacimleri, ortalama yükseklikleri, kişi sayıları, kişi başına düşen hacim ve alanları, koltuk yerleşimleri, çıkışları, koridorları, tavan panelleri, alıcı - kaynak etkileşimleri, görüş çizgileri, zemin eğimi, tavan panel ışın analizleri, gecikme süreleri, üç boyutlu modelleri hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca Odeon 10.0 Combined adlı akustik simülasyon programından, bu programda kullanılan yöntem ile kabul edilen değerlerden, malzemelerden ve ele alınan alıcı - kaynakların konumundan bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, bu salonlarda Odeon 10.0 Combined adlı simülasyon programında bazı akustik ölçümler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan bu değerlendirmeler sonucu konferans salonlarında konuşma anlaşılabilirliği açısından bu üç farklı tipteki, dört farklı plan şemalı salonlar incelenip karşılaştırılmıştır ve bu açıdan hangisinin hangi parametreyi daha iyi karşıladığı ve hangisinin ne gibi sorunlara neden olduğu sonucuna varılmıştır.

EDT, T30, D50, LF80, G, C80, Ts, STI parametreleri için 1000 Hz frekansta hem salonların geneli için hem de belli alıcılar için değerlendirmeler yapılmıştır. Geometrinin parametreler üzerindeki etkisi; salonlarda parametrelerin 1000 Hz' deki alıcılara bağlı değerleri, parametrelerin 1000 Hz' deki ortalama değerleri, alıcı alanı grid analizi ve ışın - yansıma grafikleri yardımıyla yorumlanmıştır.

Sonuç olarak konuşma amaçlı salonların bir çeşidi olan konferans salonlarında farklı plan şemalarından hangisinin; konuşma anlaşılabilirliğini etkileyen parametrelerden hangisini ne şekilde etkilediği ya da daha çok karşıladığı ve akustik açıdan hangi plan tipinin daha verimli olduğu saptanmaya çalışılmıştır. Yani salonların mimari tasarımının akustik parametrelere, gereksinimlere, kusurlara etkisi üzerinde durulmuştur. Dikdörtgen salonların daha geniş ya da uzun olmasının yol açtığı etkilerinden, fan şeklinin geometrisinden kaynaklanan bazı sorunlardan, elmas şeklinin yan duvarlarının kırılmasının sağladığı avantajlar veya fazla enerjinin sebep olduğu dezavantajlardan bahsedilmiştir. Sonuçlar da bir tablo haline getirilerek çalışmanın bu bölümünde gösterilmiştir.

Salonlar tasarlanırken, mimari tasarımın akustik performansı ve konforu etkilediği göz önünde bulundurulmalı, akustik açıdan konuşma anlaşılabilirliğinin sağlanması için geometrik şartlar da optimize edilmeye çalışılmalıdır. Hacimlerdeki geometrik 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, yanal yansımaları, gecikmiş yansımaları, toplam ses enerjisini ve dolayısıyla da EDT, T30, D50, LF80, G, C80, Ts, STI gibi konuşma için önemli olan akustik parametrelerin değerlerini etkilemektedir.

Bu çalışmanın sonucu olarak; üç farklı tipteki dört farklı plan şemalı salonlarda bazı parametrelerin nasıl farklılık gösterdiği değerlendirilmiştir. Özellikle dikdörtgen plan şemalı salonlarda kaynak pozisyonuna göre salonun oturma alanının eni ve boyu birbirine eşit olmamalı ve/veya oturma alanının boyu 25 metreyi geçmemelidir, paralel olan yüzeyler kullanmaktan kaçınılmalı ya da saçıcılık ile bu yüzeylerin paralellliği bozulmalıdır.

Ayrıca iç bükey yüzeylerin odaklanmaya sebep olduğu unutulmamalı, iç bükey yüzeyler kullanmaktan kaçınılmalı, ya da saçıcı veya yutucu bir malzeme ile kaplanmalıdır. Fan plan şemalı salonların yan duvar yansımalarının özellikle orta akstaki alıcılar için zayıf olduğu, daha çok tavandan beslendiği unutulmamalı, tavan yansımalarıyla desteklenmelidir. Elmas plan şemalı salonlarda ise kırılan yan duvarların enerji katkısından dolayı artan enerji; malzemelerle ya da diğer yapı elemanlarıyla alınacak tedbirlerle kontrol altında tutulmaya çalışılmalıdır. Çünkü salondaki fazla enerji, geciken, devam eden yansımalar demektir ve bu da salonlarda uzun gecikmiş yansımalara, ekoya sebep olabilir.

EFFECTS OF ARCHITECTURAL DESIGN ON ACOUSTICAL PERFORMANCE IN HALLS: EXAMPLES OF RECTANGULAR, FAN AND DIAMOND SHAPES

SUMMARY

Because speech understanding underlies audience's comfort, ensuring speech intelligibility in speech rooms is one of the key acoustical requirements. Theaters, conference rooms, classrooms and meeting rooms can be given as examples of speech rooms. In this study conference rooms are examined. Conference rooms can have various room shapes. These various shapes cause also acoustical differences. In this study rectangular, fan and diamond shape rooms are handled and compared from acoustical view.

In the first chapter, this study's purpose, scope and methodology are discussed. Examination of speech intelligibility and comparison of values of acoustical parameters in mid scale (approximately 700 seats) four different rooms those have three different types as rectangular (1x1), rectangular (1x1,5), fan and diamond is intended.

As the method, rooms are designed according to literature and, number of seats, room volume, volume per seat, area per seat, construction elements, surface materials and geometrical parameters are selected almost same. Drawings are done via Autodesk Autocad 2012 and Google Sketch Up 8 has been used for 3D modelling after ray analysis performed. With Odeon 10.0 Combined some acoustic measurements and evaluations are done. Results for these four rooms are compared to find out from which point which design is more effective in acoustical basis and which causes acoustic defects.

In the second chapter; objective, subjective and geometric parameters are defined and acoustic defects are mentioned according to performed literature research about speech intelligibility and speech rooms. Especially speech parameters are elaborated on and music parameters are not interpreted. Most of objective parameters can be considered as also subjective, this is why both parameters types are examined under acoustic parameters title.

Studied objective parameters are, Signal Noise Ratio, Speech Transmission Index, Articulation Index, Reverberation Time, Early Decay time, Clarity, Definition, Center Time, Sound Strength-Loudness, Background Noise-Noise Criteria, Initial Time Delay Gap, Measures of spaciousness, subjective parameters are, Reverberation Time, Early Decay time, Clarity, Center Time, Sound Strength-Loudness, Measures of spaciousness are listed. Some other subjective parameters such as intimacy, liveness, listener envelopment, warmth, timbre and tone color, brilliance, balance are not discussed because they are music parameters.

Under geometric parameters title, numbers or measurements or determination methods of sight lines, floor slope, seating area, design of seats, reflectors, safety, exits and means of escapes and stage are examined. As acoustic defects echo, flutter

echo, long delayed reflections, shadow zone, focusing, coloration, whispering gallery and masking are described.

In the third chapter; based on literature search four different shaped rooms, rectangular (1x1), rectangular (1x1,5), fan and diamond are designed which have similar volume, average height, number of seats, volume and area per seat values. In this section, these halls are introduced and discussed geometrically. Also these designed rooms are drawn via Autodesk AutoCAD 2012, and three dimensional model is created by Google Sketch Up 8 programs. Also ceiling and side wall ray analysis performed and time delay is calculated.

Some necessary information is given about Odeon 10 Combined named acoustical simulation program and assumptions of this program also about the parameters; volume, average height, number of seats, volume and area per seat, seating layout, dimensions of seats, exits, gangways, ceiling panels, receiver - source relations, sight lines, floor slope, ceiling - wall ray analysis, time delay and three dimensional models for rooms designed towards the designing rules. Some methods used, assumed values, used materials and determined position of source and receivers by Odeon 10 simulation program are also mentioned.

For the models that calculation will be done using Odeon 10.0 values of some parameters are regarded as follows; impulse response length is 3000 ms, maximum reflection order is 2000, number of early rays is recommended by Odeon for every hall, transition order is 2, background noise level is NC 25, temperature is 20°, humidity is % 50.

Measurements are done for 2 sources and 15, 16 or 17 receivers according to room. Both sources are placed at the middle axis of the stage and 150 centimeters far from end of the stage and 150 centimeters high from the stage floor which is 80 centimeters high from the room floor. Receivers are homogeneously distributed to room. Receiver related parameter values for rooms, grid analysis for receiver areas, rays reached to receivers and reflection - energy diagrams are obtained via these measurements.

In the fourth chapter; some acoustic measurements and evaluations are performed on designed rooms using Odeon 10 Combined program. Based on the evaluations, these four rooms are examined and compared in terms of speech intelligibility and from this point of view which one better meets which parameter and which one causes which problems are concluded.

For EDT, T30, D50, LF80, G, C80, Ts, STI parameters evaluations are done in 1000 Hz frequency for both specific receivers and the whole room in general. Effect of geometry over the parameters is explained according to measured values for the receivers at 1000 Hz, receiver area grid analysis and the ray reflection graphs.

As a result in conference halls which are a kind of speech rooms, which plan shape how effects or meets the parameters that effects speech intelligibility and acoustically which plan type is more efficient is determined. Namely effects of architectural design of rooms on acoustical parameters, requirements and defects are studied. These effects and defects can be exemplified as, effect of longer or wider rectangular designs, problems due to fan shape, advantage of lateral wall reflections and disadvantage of increased energy because of diamond shape. Results are illustrated in a table in this chapter.

When designing a room, acoustic effect of architectural design must be considered and geometrical conditions should be optimized for ensuring speech intelligibility. Differentiation of geometrical design directly effects acoustic parameters. Width, length, width/length ratio, contribution of lateral reflections, consistency of parallel surfaces, lateral wall design, ceiling panels shape of a room effect early reflections, delayed reflections, lateral reflections, total sound energy therefore the important speech parameters EDT, T30, D50, LF80, G, C80, Ts, STI.

As the result of this study, differentiation of some parameters in four different rooms those have three different types is addressed. Especially for rectangular shaped rooms length of seating area must be shorter than 25 meters, usage of parallel surfaces should be avoided or parallelism must be disrupted by diffraction.

In addition to this, concave surfaces cause focusing so, concave surfaces should not be used or it can be treated with diffusive or absorptive materials. In fan shaped rooms, less contribution of lateral reflections especially for the receivers in the middle should always be considered and must be supported with ceiling reflections. In diamond shape rooms energy contribution of lateral reflections should be kept down with materials and other building elements. Because increased energy means continuous delayed reflections which causes echo, flutter echo, and long delayed reflections.

1. GİRİŞ

Konuşmanın gerçekleştiği, konuşma amaçlı salonlar; restoranlar, küçük ve büyük derslikler, amfiler, toplantı salonları, ofisler, çok amaçlı salonlar, konferans salonları, tiyatro salonları şeklinde sıralanabilir. Konuşma amaçlı salonlardan bir tanesi olan tiyatrolarda yapılabilecek organizasyonların çeşitliliği çok geniştir, aynı mekân ve binada farklı birçok aktivite olabilir. Bu aktiviteler; dramalar, büyük ölçekli dramalar, opera, bale, müzikal, pandomimler, konserler şeklinde sıralanabilir. Bir tiyatronun kapasitesini sadece oturma alanı belirlemez, sahnenin boyutu, aktivitenin çeşidi ve salonun bulunduğu yerdeki sosyal ortam da salonun kapasitesini etkiler. 1500 ve daha fazla kişi kapasiteli salonlar çok büyük, 900-1500 kişi kapasiteli salonlar büyük, 500-900 kişi kapasiteli salonlar orta ve 500' den daha az kişi kapasiteli salonlar küçük salonlar olarak adlandırılabilir [1, s:13].

Oyun boyunca oyuncunun fazladan bir çaba sarf etmeden oyununu oynayabilmesi ve dinleyicinin de fazladan bir çaba sarf etmeden oyunu izleyebilmesi ve dinleyebilmesi, oyunun anlaşılması ve konsantrasyonun sağlanması açısından önemlidir. Koltuklar ne uyutacak kadar yumuşak, ne rahatsız edecek kadar sert olmalı ve standartlarda belirtilen ölçülerde olmalı, seyirci sahnenin oyun alanının her köşesini rahatlıkla görebilmeli, salonun aydınlatma düzeyi yeterli olmalı, oyundaki konuşmalar ve sesler eko yapmadan, gecikmeden, istenilen sürede seyirciye ulaşmalıdır. Burada birincil amaç; kişilerin fiziksel, görsel, işitsel konforlarının sağlanmasıdır. Tiyatro, konferans salonu gibi özellikle konuşmanın ağırlıklı olduğu salonlarda işitsel konforu sağlayan bir gereksinim olan konuşma anlaşılabilirliği akustik açıdan önemli ve gereklidir [1, s:30].

Sesin şiddeti, süresi ve açılımı, konuşmacının hitap performansı, ortam seslerinin maskeleyici etkisi ve dinleyicinin algısal hassasiyeti, insan beyninin sesi algılamasına yön veren etkenlerdir [2, s:19].

1.1 Amaç Kapsam ve Yöntem

Salonlarda konser ve konuşma aktiviteleri birbirinden farklıdır. Bu çalışma kapsamında, konuşma amaçlı salonlardan konferans salonları ele alınmıştır. Dikdörtgen (1x1), dikdörtgen (1x1,5), fan, elmas olmak üzere, yaklaşık 700 kişi kapasiteli, orta ölçekli üç farklı tip olmak üzere, dört farklı salonda akustik açıdan konuşma anlaşılabilirliğinin incelenmesi ve akustik parametrelerin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Tasarlanan salonlarda, hangi formun, hangi parametreyi, neden ve nasıl etkilediği, salonların geometrik tasarımının akustik açıdan ne gibi olumlu ya da olumsuz etkileri olduğu ortaya konulmuştur.

Yöntem olarak, bu çalışma gerçekleştirilirken salonlar literatüre göre orta ölçekli olarak tasarlanmış ve bu salonların geometrik özellikleri, kişi sayıları, salon hacimleri, kişi başı m^3 , kişi başı m^2 , yapı elemanları yüzey bitiş malzemesi gibi özellikleri birbirine yakın hatta aynı tutulmuştur. Tasarlanan bu salonlar Autodesk Autocad 2012 programında çizilmiş, gerekli ışın analizleri yapılmış ve Google Sketch Up 8 programları yardımıyla üç boyutlu olarak modellenmiştir. Modellenen bu salonlarda Odeon 10.0 Combined adlı akustik simülasyon programı ile bazı akustik ölçümler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu dört salonla ilgili sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak salonların hangisinin, hangi durumlarda akustik açıdan daha verimli olduğu ya da hangisinin ne gibi akustik kusurlara sebep olduğu irdelenmiştir.

2. KAPALI HACİMLERDE KONUŞMAYI ETKİLEYEN PARAMETRELER

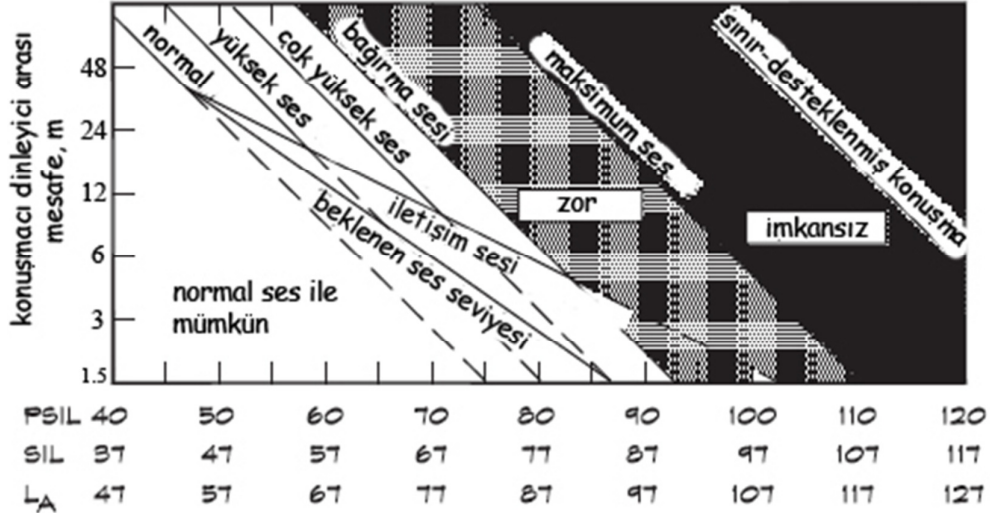
Kapalı hacimlerde konuşmayı etkileyen parametreler; objektif, subjektif ve geometrik parametreler olarak adlandırılabilir. Objektif ve subjektif parametreler, akustik parametreler başlığı altında anlatılmıştır, çünkü akustik parametrelerin birçoğu hem objektif hem subjektif parametre olarak değerlendirilir. Ayrıca samimiyet, canlılık, kucaklama, sıcaklık, tını, ton rengi, parlaklık, denge gibi subjektif parametreler müzik ile ilgili olduğundan bu çalışma kapsamında ele alınmamıştır. Bu bölümde konuşma anlaşılabilirliğini etkileyen akustik (objektif ve subjektif), geometrik parametrelerden ve akustik kusurlardan bahsedilmiştir.

2.1 Akustik Parametreler

Konuşmada anlaşılabilirliği etkileyen parametreler; sinyal gürültü oranı, konuşma iletim indeksi, telaffuz indeksi, çınlama süresi, erken düşme süresi, netlik, belirginlik, merkez zaman, ses yüksekliği, arka plan gürültüsü, ilk ulaşım gecikmesi, mekânsal algılama olarak sıralanabilir. Bu parametreler bu bölümde ele alınmıştır.

2.1.1 Sinyal gürültü oranı, S/N (Signal Noise Ratio)

Sinyal gürültü oranı, konuşma anlaşılabilirliğinin kilit noktasıdır ve konuşma frekanslarındaki gürültüyü inceleyerek parazitler hakkında daha kesin tahminlerde bulunulabilir. Speech Interference Level (SIL-Ses Parazit Seviyesi), konuşmayı maskeleyen muhtemel arka plan gürültülerinin ölçümüdür. Dört ses oktav bandındaki (500, 1000, 2000 ve 4000) gürültülerin aritmetik ortalamaları alınarak hesaplanır. Daha sonra SIL beklenen ses basınç değerleri ile karşılaştırılarak sinyal/gürültü oranı elde edilebilir. Şekil 2.1' de sağlıklı iletişim için, farklı gürültü seviyelerinde tahmin edilen mesafeler gösterilmektedir. Grafik arka plan gürültü seviyesi artarsa ses seviyesinin de artacağını hesaba katmıştır. Bu tür analizlerin düz bir gürültü spektrumu, sabit konuşma seviyesi ve çınlamasız bir ortam için yapıldığı unutulmamalıdır [3, s:94].



Şekil 2.1 : Konuşma iletişimini tanımlayan grafik [3, s:95].

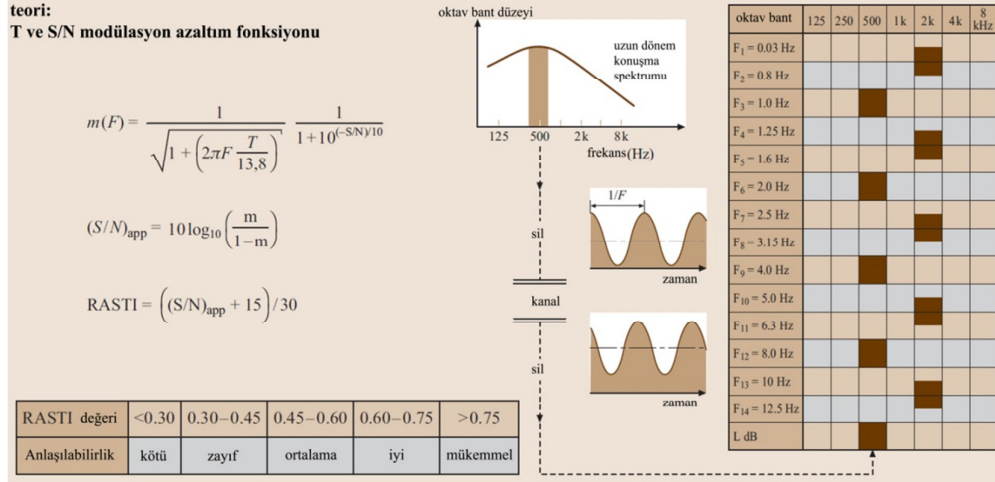
Preferred Speech Interference Level (PSIL-Tercih Edilen Ses Parazit Seviyesi), 500, 1000 ve 2000 Hz oktav bantlarındaki gürültü seviyesinin aritmetik ortalaması ile hesaplanan farklı bir ölçüttür. Gürültünün var olması durumunda konuşmanın anlaşılabilirliğini tahmin etmek için PSIL de kullanılabilir [3, s:95].

2.1.2 STI (RASTI) değerleri (Speech Transmission Index)

Günümüzde, en yaygın yöntem, hacimlerde konuşma iletim indeksinin (STI-Speech Transmission Index) ölçümleri tarafından objektif olarak konuşma anlaşılabilirliğinin değerlendirilmesidir [4, s:311].

Şekil 2.2' de gösterildiği gibi, bu ölçüm; modülasyonun derecesi, konuşma bilgisini taşıyan genlik modülasyon sinyali gibi konuşma kabul edilebilir fikri temeline dayanır. Eğer iletim yolu sinyale çınlama ve gürültü eklerse, sinyaldeki modülasyonun derecesi azalacaktır, bu da azalan anlaşılabilirlik olarak sonuçlanacaktır [4, s:312].

Modülasyon transferi 7 oktav bantta yayılan gürültü tarafından test edilir, Şekil 2.2' de her bir modülasyon 14 farklı modülasyon frekanslarıyla ve modülasyonun orjinal ve alınan derecesi arasındaki oranın hesaplanması listelenmiştir, bunların her birinin modülasyon azaltım faktörünün 98 kombinasyonu vardır. Modülasyon azaltım faktörünün ağırlıklandırılmış ortalaması 0 ile 1 arasındadır, sırasıyla çok zayıf ve mükemmel şartları temsil eder [4, s:312].



Şekil 2.2 : STI veya RASTI ölçümlerinde prensipler ve teoremin gösterilişi [4, s:312], [5, s:228].

Daha hızlı ölçüm yöntemi kullanılarak sadece gürültünün 2 taşıyıcı bantları ve 4 artı 5 modülasyon frekansları hızlı STI (RASTI) olarak adlandırılır. STI/RASTI yöntemi IEC (International Electrotechnical Commission) standardı olarak tanımlanır, IEC 286-16 [4, s:312].

STI veya RASTI ölçümlerinin orjinal yöntemi gürültü sinyallerine ayarlanmasıyla birlikte, aynı zamanda sinyal tepkisinden modülasyon azaltım faktörünü hesaplamak mümkündür. Böylece, modülasyon faktörüne karşı modülasyon transfer fonksiyonu olarak adlandırılan modülasyon frekansı F, toplam sinyal tepkisi enerjisi tarafından normalize edilen sinyal tepkisinin karesinin Fourier dönüşümü gibi bulunabilir [4, s:312].

Konferans salonlarında, amfilerde, tiyatrolarda konuşma anlaşılabilirliğini garanti altına almak için, STI/RASTI için değerler en az 0,6 olmalıdır [4, s:313].

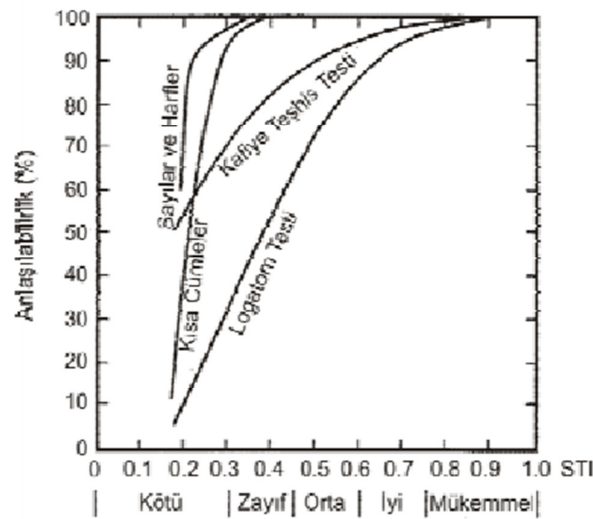
2.1.3 Telaffuz İndeksi, AI (Articulation Index)

Telafuz indeksi (AI) konuşma anlaşılabilirliğinin detaylandırılmış bir hesaplama ve ölçme yöntemidir (French ve Steinberg, 1947). AI ölçmek için, bir grup dinleyici algılama için yerleştirilir. Her bir test sesleri logaton veya cümledeki içeriğinden anlaşılamayan cümle içine gömülmüş bir grup sessiz-sesli-sessiz formunda (CVC) anlamsız hecelerden oluşur. Örnek olarak "Now try pom." hecelerin parçalarının anlaşılmasına telafuz indeksi (AI) adı verilir [3, s:95].

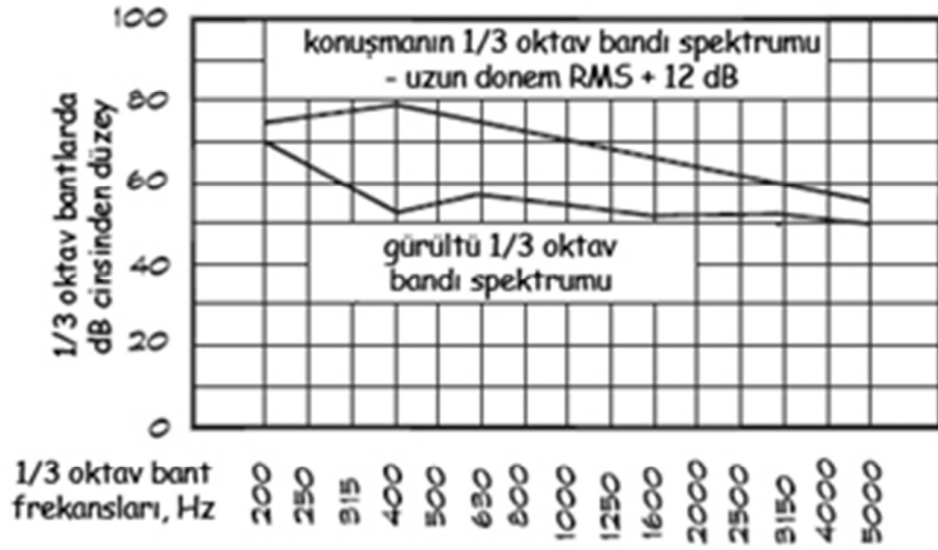
Bell Laboratuvarlarında 1920' lerin sonu 1930' ların başında Fletcher, French, Steinberg ve diğerleri tarafından geliştirilmiştir. AI aynı zamanda 1/3 oktav bantlarda sinyal gürültü oranı kullanılarak beklenen konuşma anlaşılabilirliğinin hesaplama yöntemini içerir. Bu yöntemde konuşma anlaşılabilirliği, uzun dönem rms konuşma sinyaline 12 dB eklenmesi ve her bir oktav bant için gürültü düzeyi çıkarılması ile orantılıdır. Orantılılık 0 ile 30 dB arasındaki sağlanmış terimlerin düşüşlerinin toplamına sahiptir. Şekil 2.4 her bir bantta kullanılan ağırlıklandırılmış faktörlerle birlikte hesaplanan yöntemi gösterir. 1/3 oktavlık 15 banttan her birinin sinyal gürültü oranı bir faktörle çarpılır ve sonuçlar birbirine eklenir [3, s:95].

Şekil 2.4, grafikte gösterilen verileri kullanarak tipik bir AI hesaplamasıdır. Konuşmanın 1/3 oktav bant spektrumu 12 dB ile toplanarak kullanılır ve her bir bantta gürültü spektrumu çıkarılır. Bandına bağlı olarak sonuç bir ağırlıklandırılmış faktörle çarpılır ve sonuç bir Articulation Index şeklini elde etmek için toplanır [3, s:96].

Bir AI hesaplamasının sonucu 0 ve 1 arasında değişen sayısal bir faktördür, 1 olması kelime veya cümlenin % 100 kavranması demektir. Beranek (1947) bir alanı dinlemeyi önermiştir, bu alan 0,3' ten az bir AI değerine sahip olunca anlaşılabilirlik tatmin edici veya çok az tatmin edici olacaktır, AI değeri 0,3 ile 0,5 arasında olması kabul edilebilirdir. AI değerinin 0,5 ile 0,7 aralığında olması durumunda anlaşılabilirlik iyi olacaktır ve 0,7' nin üstünde de anlaşılabilirlik çok iyi ile mükemmel arasında olacaktır.



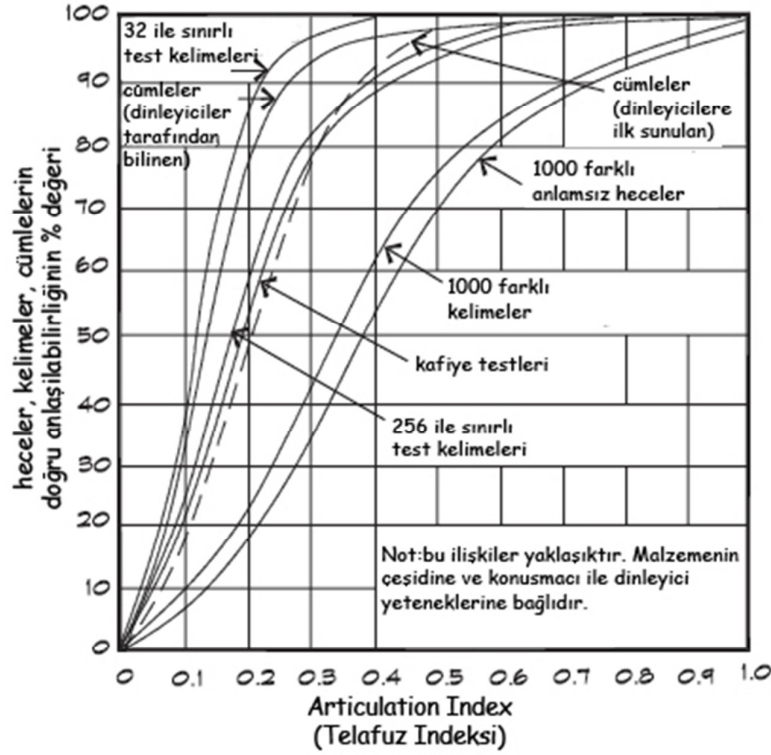
Şekil 2.3 : Farklı testlerde STI-konuşma anlaşılabilirliği arasındaki ilişki [6, s:25].



bant	konuşmanın pik noktasından gürültünün çıkarılması (dB)	ağırlık	kolon 2x3
200	5	0.0004	0.0020
250	12	0.0010	0.0120
315	18	0.0010	0.0180
400	26	0.0014	0.0364
500	23	0.0014	0.0322
630	18	0.0020	0.360
800	17	0.0020	0.0340
1000	16	0.0024	0.0384
1250	15	0.0030	0.0450
1600	14	0.0037	0.0518
2000	12	0.0037	0.0444
2500	10	0.0034	0.0340
3150	8	0.0034	0.0272
4000	6	0.0024	0.0144
5000	5	0.0020	0.0100
AI=0.4358			

Şekil 2.4 : Telaffuz İndex Hesabı [3, s:96].

Şekil 2.5 AI ile konuşma anlaşılabilirliğinin diğer ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösterir [3, s:96]. Şekil 2.3' te farklı testlerde STI ve konuşma anlaşılabilirliği arasındaki ilişkiyi göstermektedir [6, s:25].



Şekil 2.5 : AI ve diğer konuşma anlaşılabilirliği testleri arasındaki ilişki [3, s:97].

Şekil 2.5' te % ile ifade edilen sessiz harflerin telifuz kaybı (AL_{CONS}), konuşmanın anlaşılabilirliğinin nitelendirilmesinin başka bir yoludur. Telifuz indeksine benzer olarak, sessizlerin yanlış anlaşılmasının oranını ölçer. V. Peutz aynı zamanda sessizlerin kaybı arasında bir bağıntı bulmuştur, bu bağıntı sesli harflerle yapılan benzer bir testten daha güvenilirdir. Daha önceden Bell Laboratuvarlarında çalışılmış ve 1971 yılında da V. Peutz tarafından hacimlerde desteklenmemiş konuşma için anlaşılabilirliği ön görmeyi amaçlayan bir ilişki yayınlamıştır [3, s:96-97].

$$AL_{CONS} = \frac{200r^2T_{60}^2}{V} \quad (2.1)$$

$$r_1 = 0.21 \sqrt{V/T_{60}} \quad (2.2)$$

$$AL_{CONS} = 9T_{60} \quad (2.3)$$

T_{60} :Çınlama süresi (s)

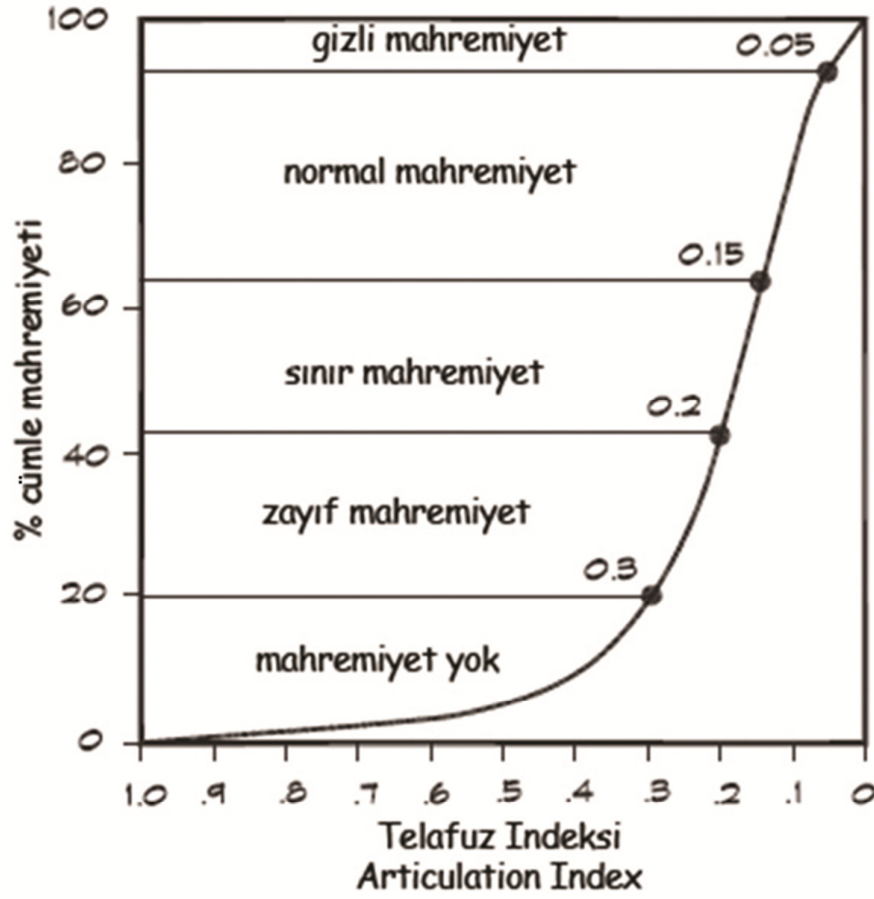
V:Hacim (m^3)

r:Konuşmacı ile dinleyici arası mesafe (m)

Anlaşılabilirliğin tersi olan mahremiyet ve telafuz indeksi anlaşılabilirlik için olduğu gibi mahremiyet hesaplamalarında da yararlıdır. Her ikisi temel olarak sinyal gürültü oranına bağlıdır. Chanaud (1983) Çizelge 2.1' de ve Şekil 2.6' da gösterilen mahremiyetin beş seviyesinden bahseder [3, s:97].

Çizelge 2.1 : Akustik mahremiyetin dereceleri [3, s:98].

mahremiyet derecesi	akustik şart	olası öznel tepki
gizli mahremiyet	*diğerleriyle sohbet edilemez *diğerlerinin konuşmaları anlaşılabilir *diğerlerinin varlığı fark edilmez *diğerlerinin aktivite sesleri duyulmaz *gizli diyaloglar mümkündür *dikkat dağılmaz	*eksiksiz mahremiyet hissedilir *izolasyon hissedilir *mahremiyet şikayetleri olmaz
normal mahremiyet	*diğerleriyle sohbet etmek zordur *diğerlerinin konuşmaları ara sıra anlaşılır *diğerlerinin varlığı fark edilir *konuşma ve makinalar duyulabilir ama dikkat dağıtmaz *gizli diyaloglar özel şartlar altında mümkündür	*mahremiyet hissedilir *kısmen izolasyon hissedilir *mahremiyet şikayetleri olmaz
sınır mahremiyet	*diğerleriyle yüksek sesle sohbet etmek mümkündür * diğerlerinin konuşmaları sık sık anlaşılır * diğerlerinin varlığı fark edilir * diğerlerinin diyalogları ara sıra anlaşılır	*iletişim hissedilir *zayıf mahremiyet hissedilir *bazı mahremiyet şikayetleri olur
zayıf mahremiyet	*diğerleriyle normal sesle sohbet etmek mümkündür *diğer aktivite sesleri, konuşmalar ve makinalar sürekli duyulur *diğerlerinin varlığı sürekli fark edilir *dikkat sık sık dağılır	*iletişim hissedilir *zayıf mahremiyet hissedilir *alanlarda bazı kayıplar olur * mahremiyet şikayetleri olur
mahremiyet yok	*diğerleriyle sohbet etmek kolaydır *makina ve aktivite sesleri net duyulur *diğer görevler tamamıyla dikkat dağıtıcıdır	*iletişim hissedilir *alan ihlali *mahremiyet hissedilmez *bir çok mahremiyet şikayetleri olur

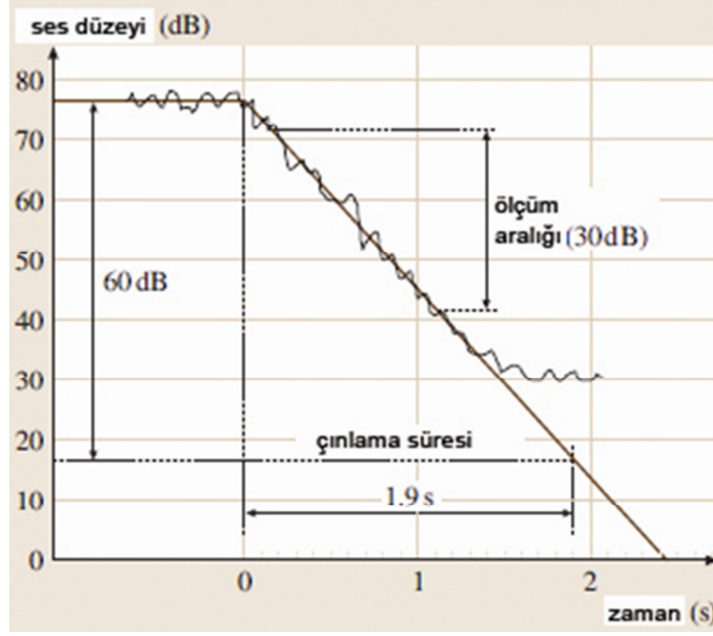


Şekil 2.6 : AI ve mahremiyet arasındaki ilişki [3, s:99].

2.1.4 Çınlama süresi, T (Reverberation time)

Çınlama süresi, T, 100 yıl önce W.C. Sabine tarafından bulunmuş objektif ölçümdür. T, bir hacimdeki, sürekli bir ses kaynağı kapatıldıktan sonra, ses seviyesinin 60 dB azalana kadar geçen süreyi simgeler. Pratik olarak, değerlendirme gecikme eğrisinin daha küçük bir aralığıyla sınırlıdır, aşağıda Şekil 2.7 başlangıç değeri -5 dB den -35 dB ye düşüşünü göstermektedir, ama hala 60 dB düşme ile ilişkilidir [4, s:307]. Yani günümüzde 60 dB'lik bir ses düzeyinin üretilmesi zor olduğundan, çınlama süresi ses kaynağının susmasından sonraki -5 dB ile -35 dB arasındaki düşüş için geçen sürenin 2 faktörü ile çarpımı olan (T_{30}) olarak ölçülmekte veya hesaplanmaktadır. T_{30} değeri çınlama süresinin asıl tanımı olan 60 dB' lik düşüş için geçen süre ile kıyaslanabilir olabilmesi için 2 faktörü ile çarpılarak T_{60} cinsine dönüştürülerek ele alınmaktadır ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır [6, s:11,12].

$$T_{30} = t_{30} \times 2 \quad (2.4)$$



Şekil 2.7 : Çınlama Süresi ve ses düzeyi [4, s:307], [7, s:212].

$$T = 60 \text{ dB} \frac{(t_{-35}) - (t_{-5})}{(-5 \text{ dB}) - (35 \text{ dB})} \quad (2.5)$$

Bu denklemde, t_x başlangıç değerinden x dB düşene kadar geçen zamanı simgeler, veya eğer $R(t)$ düşen ses basıncının kare değerini simgeler ve kaynak $t=0$ anında kapatılırsa;

$$10 \log \left(\frac{R(t_x)}{R(0)} \right) = -X \text{ dB} \quad (2.6)$$

Düşüş eğrilerinde her zaman dalgalanmalar söz konusudur, A dB/s, regrasyon çizgisinden bulunduğu gibi, T düşüş oranından belirlenmelidir. Buradan T ;

$$T = \frac{60 \text{ dB}}{A \frac{\text{dB}}{\text{s}}} = \frac{60}{A} \text{ s} \quad (2.7)$$

Çınlama süresi, T , hakkında Sabine, Eyring-Norris, Hopkins-Striker, Millington Sette, Fitzroy eşitlikleri farklı farklı durumlarda kullanılmaktadır.

Sabine eşitliği [3, s:301];

$$T_{60} = 0.161 \frac{V}{A} \text{ s} \quad (2.8)$$

$$A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + \dots S_n \alpha_n$$

T_{60} :Çınlama süresi (s)

V :Hacim (m^3)

A :hacimdeki toplam emicilik alanı (sabins)

S :yüzey alanı (m^2)

α :yüzey yutuculuk katsayısı

Eyring Norris eşitliği [3, s:301];

$$T_{60}=0.161 \frac{V}{-S_T \ln(1 - \bar{\alpha})} \text{ s} \quad (2.9)$$

Eyring Norris eşitliği hacmin ses yutuculuğu 0,2' yi aştığında kullanılır [8, s:25].

Hopkins Striker eşitliği [8, s:25] ;

$$T_{60}=0.161 \frac{V(1 - \bar{\alpha})}{S_T \alpha} \text{ s} \quad (2.10)$$

Hopkins Striker eşitliği yankı odasında ölçülen ürünlerin yutuculuğu ile kullanılır [8, s:25].

Milington Sette eşitliği [3, s:301]

$$T_{60}=0.161 \frac{V}{-S_T \ln \left[1 - \sum \left(S_i \alpha_i / S_T \right) \right]} \text{ s} \quad (2.11)$$

Millington Sette eşitliği Eyring Norris eşitliğindeki gibi ses yutuculuğu 0,2' yi aştığında kullanılır. Ancak malzemelerden herhangi bir parçanın yutuculuğunun 1 olması halinde hesaplanan değerler çok büyümekte ve çınlama süresi 0 çıkmaktadır, bu nedenle çok sık kullanılmaz [8, s:26].

Fitzroy eşitliği hem Sabine ile hem Eyring ile yazılabilir, Eşitlik (2.12) Sabine formülünü ifade ederken, Eşitlik (2.13) Eyring formülünü ifade eder [8, s:27];

$$T_{60}=0.161 \frac{V}{S^2} \left(\frac{x}{\alpha_x} + \frac{y}{\alpha_y} + \frac{z}{\alpha_z} \right) \text{ s} \quad (2.12)$$

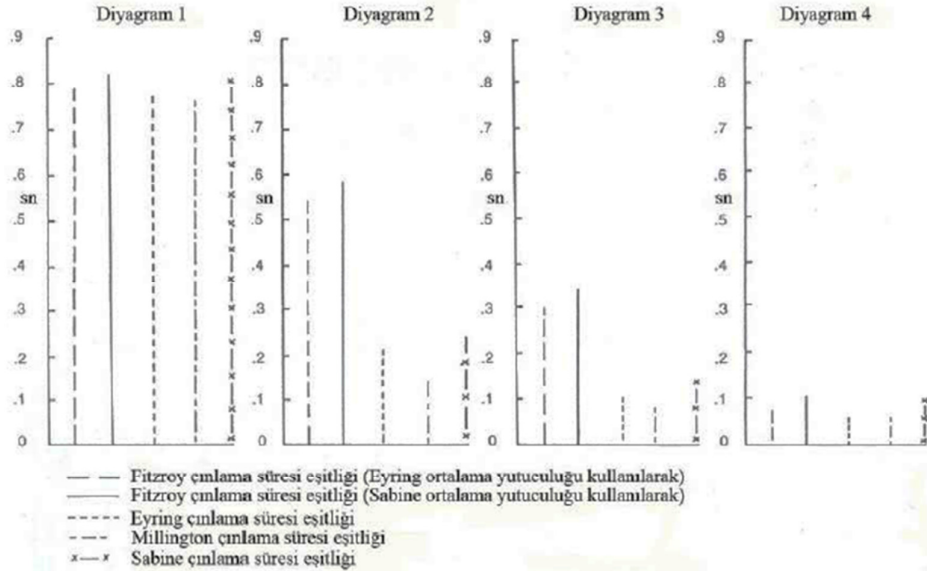
$$T_{60}=0.161 \frac{V}{S^2} \left(\frac{x}{-\log(1 - \bar{\alpha}_x)} + \frac{y}{-\log(1 - \bar{\alpha}_y)} + \frac{z}{-\log(1 - \bar{\alpha}_z)} \right) \text{ s} \quad (2.13)$$

Fitzroy eşitliği genelde duvarlar çok yansıtıcıyken, duvarlardan biri ya da iki paralel duvar veya tavan döşeme yüksek yutuculuk gösterdiğinde kullanılır [8, s:26]

Bu beş formülü karşılaştıran değerler Çizelge 2.2' de ve Şekil 2.8' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 : 3.048 m³ bir hacim için farklı formüllerle hesaplanmış çınlama süreleri [8, s:27].

Çınlama Eşitliği	Yalıtımsız Duvarlar		1 Çifti Yalıtılmış		2 Çifti Yalıtılmış		3 Çifti Yalıtılmış	
	Zaman (s)	$\bar{\alpha}$	Zaman (s)	$\bar{\alpha}$	Zaman (s)	$\bar{\alpha}$	Zaman (s)	$\bar{\alpha}$
Fitzroy (Eyring)	0,77	0,105	0,538	0,152	0,30	0,272	0,062	0,308
Fitzroy (Sabine)	0,82	0,100	0,58	0,14	0,34	0,24	0,10	0,80
Eyring	0,77	0,10	0,21	0,32	0,10	0,56	0,05	0,81
Millington	0,77	0,104	0,13	0,60	0,07	1,23	0,05	1,60
Sabine	0,82	0,10	0,24	0,33	0,14	0,57	0,10	0,80
Hopkins-Striker	0,735	0,10	0,16	0,33	0,06	0,57	0,02	0,80

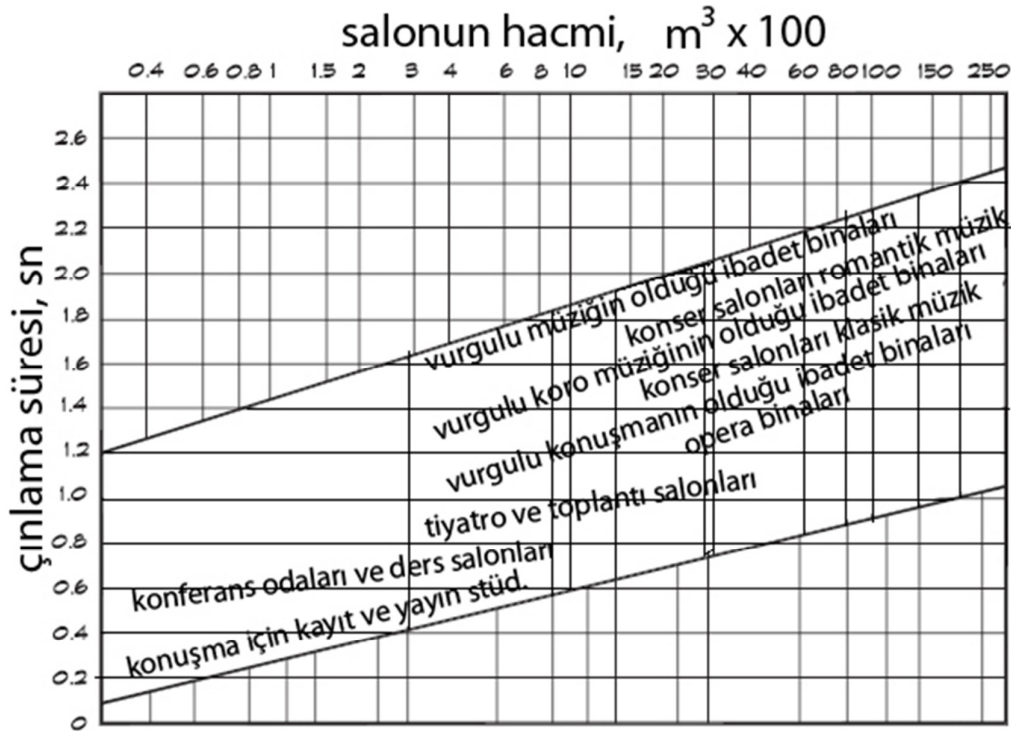


Şekil 2.8 : 3.048 m³ bir hacim için farklı formüllerle hesaplanmış çınlama süreleri [8, s:27].

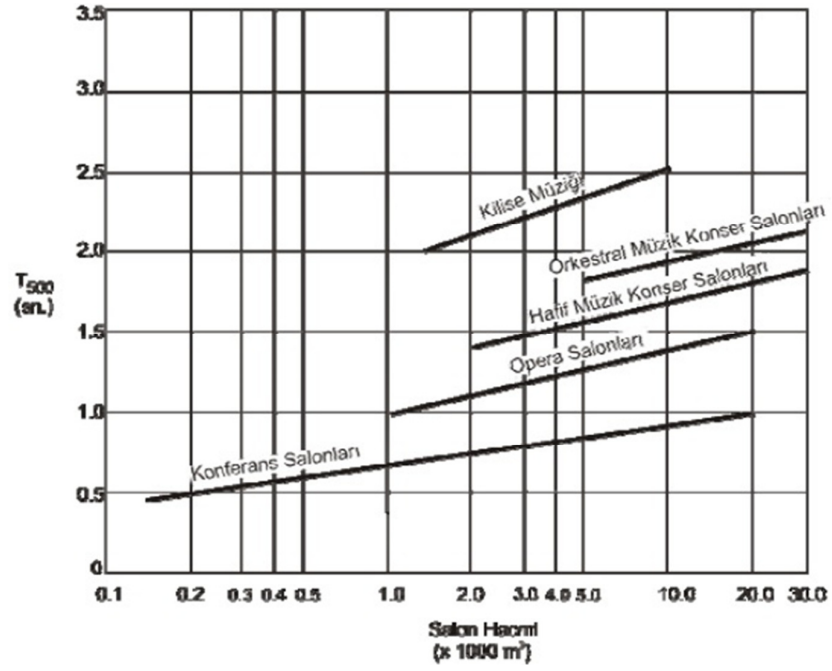
Çınlama, bir odanın akustik performansı için rahatlık ya da felaket olabilir. Genelde daha fazla konuşma içerikli seslerde, ideal olan kısa çınlama süresidir. Sınıflar için ve küçük ders salonları için bu sürenin ya 1 saniye ya da daha az olması tercih edilir [3, s:585, 586]. Genel olarak çınlama süresi baslarda artış yoksa 1 saniye olarak uygun görülür. Ancak kısa çınlama süresi, küçük bir geç enerjiye sebep olur. Bu nedenle tiyatrolarda çınlama süresinin 1 saniyeden az olması fikri tartışılabilir. 0,7

veya 0,8 saniye değerleri tiyatrolarda iyi anlaşılabilirlik sonuçları verebilir. Buna rağmen çok kısa çınlama süreleri sakıncalı da olabilir. 0,5 saniyenin altındaki değerler anlaşılabilirlik için iyi olsa bile, konfor için çok kuru olur [9, s:267]. Daha uzun çınlama süreleri müzik için istenir; ideal uzunluk hem odanın boyutuna hem de müziğin çeşidine bağlıdır. Gilbert ve Sullivan tarzı operetlerde (opera ve konuşmanın bir arada olduğu opera), telaffuzu karmaşık sözcüklerin anlaşılması önemlidir, 1-1,2 saniyelik çınlama süresi düşük olmayacaktır. Bir Mozart operası için tercih edilen çınlama süresi 1,2-1,5 saniye arasında değişir. Wagner tarzı operalarda, (müzikle şiir ve dansın bir arada olduğu opera), ideal süre 1,5-1,6 saniye aralığıdır. Romantik senfonilerde en iyi süre 1,7-2,1 saniye aralığındadır. Şarkı söylenen salonda çınlama süresi için 2,5-3,5 saniye aralığı çok uzun değildir. Birçok amaç için kullanılan bir odada net bir çınlama süresinden bahsedilemez. İdeal değerlerden % 5 - 10 değişim olağandır [3, s:585, 586].

Çeşitli yazarlar, (Doelle, 1972; Knudsen ve Harris, 1950; Long, 1999), mekânların farklı tipleri için, ideal çınlama süreleri üzerinde öneride bulunurlar. Şekil 2.9' da bu görüşlerin bazılarının sentezi verilmiştir [3, s:586]. Ayrıca başka kaynaklara göre önerilen çınlama süresi Şekil 2.10' da gösterilmiştir.



Şekil 2.9 : Çınlama Süresi ve Hacim [3, s:586], [3, s:754].



Şekil 2.10 : Çınlama Süresi ve Hacim [6, s:13], [7, s:218].

Konuşma amaçlı salonlarda çınlama süresinin bütün frekans aralıklarında mümkün olduğunca sabit olması gerekmektedir. Ama insan kulağının alçak frekanslara yeterince hassas olmamasından dolayı, alçak frekans aralıklarında (125 Hz ve 250 Hz) daha fazla yansımış seslerin sağlanması ile çınlamanın artırılması istenilmektedir. Konuşma salonları için 125 Hz' de % 30, 250 Hz için ise % 15' lik bir artış tavsiye edilmektedir [7, s:219].

$$Optimum T_{125} = (1.3) \times Optimum T_{500} \quad (2.14)$$

$$Optimum T_{250} = (1.15) \times Optimum T_{500} \quad (2.15)$$

Alçak frekanslardaki çınlamanın artması, bas seslerin maskelenme etkisini de arttırdığı için pek tercih edilmez [7, s:219].

Çizelge 2.3 : Dinlemede çınlamanın etkisi [8, s:19].

Çınlama süresi	Konuşma	Müzik
0,5 – 1 s	İyi	Çok ölü
1 – 1,5 s	İyi	Orta
1,5 – 2 s	Orta	İyi
2 s üzeri	Zayıf	Orta-Zayıf

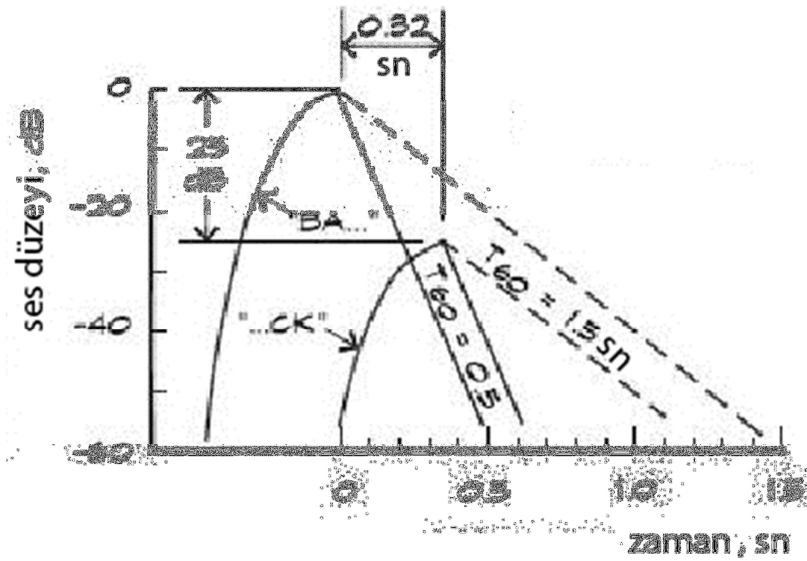
Ayrıca başka bir yazara göre, 300-12000 m³ hacmindeki konuşma odalarında en iyi anlaşılabilirlik için çınlama süresi 1 saniyeden fazla 0,5 saniyeden az olmamalıdır. Müzik için müziğin çeşidine göre daha uzun çınlama süresi gerekebilir. 1 ve 2 saniye makuldür ve böylece akustik müzik için iyi olabilir ama aynı şartlar konuşma için uygun olmaz. Çınlama salonun hacmiyle doğru orantılıdır ve emilim miktarıyla ters orantılıdır. Alçı, ahşap gibi sert malzemeler biraz emilim yapacaktır. Her seyirci koltuğu için 3 m³ hacim ayrılarak ideal konuşma şartlarını sağlayacak gerçek toplam emilim bulunur. Eğer bu basit ilkeye göre salon, hesaplanıp tasarlanabilirse odanın duvarlarına özel olarak ses emici malzeme kaplamaya gerek kalmayacaktır. Dahası, yansıtıcı yüzeylere yararlı yansımalar yaptırılabilir ve kaynaktan sesin normal düşmesine yardımcı olur. Bu yaklaşım 300 kapasiteli salon için uygundur. Eğer her kişi için sirkülasyona ayrılan alan yaklaşık 0,6 m² ise, odanın yüksekliği 5 m civarında olması sağlamır. 200 - 300 kişiyi aşan büyük bir salonda alçak tavan yüksekliği, kişi başına düşen 3m³ hacim olan bu oranlar yetersiz kalacaktır. Bu yüzden optimum çınlama süresini sağlamak için odanın yüzeylerine emiciler eklemek gerekir. Bunun aksine müzik için her koltuğa 9 m³ daha fazla hacim ayrılmalı veya yeterli uzunluktaki çınlama süresini sağlamak sert yüzeylere rağmen imkansız olacaktır [1, s:39].

Tek tabakalı 16mm alçı plaka 125 Hz frekansta, % 30 emicilik özelliğine sahip olduğundan, yükselen bas çok tabakalı alçı plaka ya da kalın sıva kullanmayı gerektirir. Konuşma için çınlama süresi sabit olmalıdır. Büyük odalarda havanın azaltıcı etkisine ve 1000 Hz in üstünde sürenin azalmasına bağlı olarak bunu sağlamak güçtür [3, s:586].

Uzun çınlama süresinin olumsuz etkilerini anlamının yolu çınlama süresini konuşma anlaşılabilirliği ile ilişkilendirerek incelemektir. Direkt sesi güçlendirmeyen bir ses enerjisi, konuşma için maskeleme etkisine ve konuşma anlaşılabilirliğinin azalmasına neden olmaktadır [6, s:12].

Duyduğumuz konuşmada anlaşılabilirlik, dışarıdan gelen seslerin maskeleyici etkisine bağlıdır. Arka plandan gelen gürültü ya da konuşulan sözcüklerin yansımaları maskelemeye sebep olur. Konuşma, sesli harflerin daha geniş tonlarıyla sessiz harflerin yüksek frekanslı seslerini bir araya getirir. Şekil 2.11' de "back" kelimesinin zaman-seviye grafiğini gösterir. Kelimenin ilk kısmı geri kalanından

daha yüksek olduğundan, bu kısmın yankısı kelimenin sessiz harflerden oluşan son kısmını maskeleyebilir [3, s:579].



Şekil 2.11 : Konuşma anlaşılabilirliğinde çınlamanın etkisi [3, s:580].

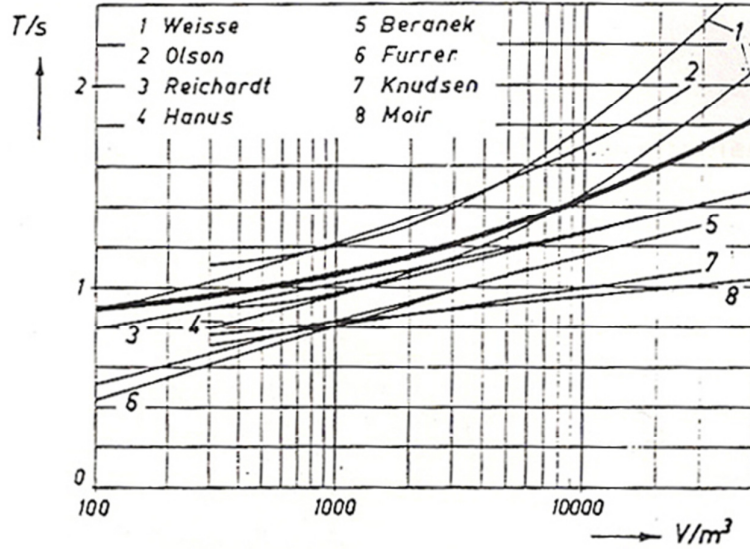
Sınıfların, konferans salonlarının ve toplantı salonlarının tasarımında konuşmanın anlaşılabilirliği çok önemlidir. Bu mekânların arka plan gürültüsünün yanında, şekil, boyut ve yüzey malzemeleri gibi mimari bileşenleri; konuşmada anlaşılabilirlik için önemlidir [3, s:579].

Konuşma odalarının tasarımında bazı temel gereksinimler vardır;

- Yeterli ses yüksekliği olmalıdır,
- Ses seviyesi oldukça tek düze olmalıdır,
- Odanın çınlama özellikleri uygun olmalıdır,
- Sinyal gürültü oranı yüksek olmalıdır,
- Arka plan gürültüsünün etrafı dinlemeyi engellemeyecek kadar düşük olması gerekir,
- Geciken yansıma, titreyen eko, sinyalin bir yere odaklanması, yankı gibi akustik sorunlardan uzak olmalıdır.

Konuşma amaçlı hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliği, optimum çınlama süresinin olabildiğince kısa tutulmasını gerektirmektedir, yani akustik açıdan ölü hacimler istenmektedir [3].

Deneyimler her boyuttaki hacim için optimum reverberasyon süreleri olduğunu gösterir ve bu hacmin kullanım amacına bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Bu optimum süre çok kesin değildir. Şekil 2.12 farklı yazarların konuşma için yayınladıkları deneysel optimum reverberasyon sürelerini göstermektedir [10].



Şekil 2.12 : Konuşma için farklı yazarlardan alınmış olan optimum reverberasyon süreleri (s) ile hacim (m³) grafiği [10].

Eğer zemin, duvar ve tavan yeterince yüksek emiciliğe sahip değilse, hacim V, (m³), bir yüzeyin eşdeğer emicilik alanı A, (m²) ve reverberasyon süresi T, (s) arasında;

$$T \sim \frac{1}{6} \frac{V}{A} \quad (2.16)$$

şeklinde bir ilişki vardır. Eşdeğer emicilik alanını her oturak (kişi) için 0,5 m² (izin verilen belirli emniyet payı) olarak kabul edersek, ve sesin emiliminin sadece insanlar tarafından belirlendiğini varsayarsak, oturak (kişi) başına hacim ve optimum reverberasyon süresi arasında şöyle bir oran elde ederiz, Eşitlik (2.17) her oturak (kişi) için m³ ifade eder [10].

$$\frac{V}{N} = V' \sim 3T_{opt} \quad (2.17)$$

Çınlama ardışık yansımalar yoluyla ses enerjisinin sürdürülmesidir. Ardışık yansımaların her birinde ses enerjisinin bir kısmı yutulur bu, ses basınç düzeyi işitilmezliğe ulaşana dek sürer. Bu süreç çınlama süresidir ve bunda hacim yüzeyler, insanlar ve döşemenin yutuculuğu etkilidir [11, s:137].

Ses dalgasının bütün enerjisi; sınırlar, nesneler veya hava tarafından yutuluncaya kadar, yansımaya ve alıcı pozisyonuna geçmeye devam etmektedir. Bu geç yansımaların yoğunluğu zamanla artar (zamanın karesiyle, t^2 , orantılı olarak), ama hacmin sınırlarındaki yutuculuğa bağlı olan azalma sonunda bütün sesin yavaş yavaş sönüp gitmesini sağlar. Bu azalma hacimde genelde çınlama olarak duyulur, Sabine in 100 yıldan daha fazla bir zaman önce Fogg Art Museum' da yaptığı ünlü deneyi gibi. Bu olay subjektif hacim akustiğinin başlangıcıdır [4, s:303].

Çınlama (reverberance) en iyi bilinen hacim akustiği subjektif parametrelerindendir. Bir hacim çok fazla çınlama oluşturduğunda, konuşma anlaşılabilirliğini yitirir çünkü önemli detaylar (sessiz harfler, consonants) daha yüksek, yavaş konuşma sesleri (sesli harfler, vowels) tarafından maskelenir. Müziğin birçok formu için, çınlama (reverberance), bir toplulukta yakın sesleri bağlayarak ve farklı enstrüman ya da kaynaklardan gelen sesleri karıştırarak sese ilgi çekici gürlük ekleyebilir [4, s:307].

2.1.5 Erken düşme süresi, EDT (Early decay time)

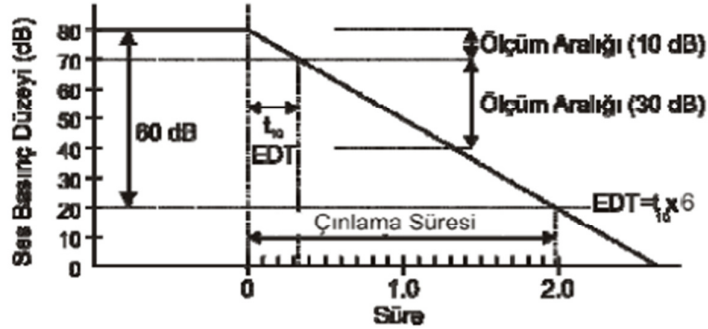
Maskelemeye göre, konuşma veya müzikteki aralar boyunca bütün düşüş süreci sadece algılanabilir. Bunun yanında, düşüşün oranı çoğunlukla başlangıçta farklıdır ve düşüş eğrisi daha aşağıdadır. Müzik veya konuşma süresince, daha sonra, çınlamanın daha zayıf bölümü hece veya müzik notaları tarafından maskelenecektir. Böylece, alternatif bir ölçüm olan erken düşme zamanı (early decay time, EDT) konuşma ve müzik süresince çınlama ile daha iyi ilişki sağlamak için devreye girmektedir. Bu parametre T' ye benzer, aynı zamanda gecikmenin oranını ölçer, ama şimdi hesaplanan kısım, sadece 0 ve -10 dB arasındaki değerdir [4, s:307]. Yani ses kaynağının susmasından sonraki ilk 10 dB' lik düşüş için geçen sürenin 6 ile çarpımıdır [6, s:14,15]. Şekil 2.13 EDT ve T tanımını göstermektedir. Konuşma amaçlı salonlardaki enellikle EDT ve T değerlerinin birbirine eşit olması tercih edilmektedir, ancak mükemmel akustik kaliteyle nitelendirilen konser salonlarında EDT' nin T 'den % 10 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [7, s:262], [6, s:62].

Böylece;

$$EDT = 6(t_{-10}) \quad (2.18)$$

veya

$$EDT = \frac{60}{A_{(0 \text{ dB} \rightarrow -10 \text{ dB})}} s \quad (2.19)$$



Şekil 2.13 : EDT ve T tanımı [6, s:15].

Çınlama eğrisinin erken bölümünün detaylı davranışı, ilişkili düzeyler ve hacimdeki alıcı - kaynak pozisyonlarına bağlı olarak çeşitlilik gösteren erken yansımaların zamanındaki dağılımlar tarafından etkilenir. Bunun gibi, EDT' nin değeri çoğunlukla çeşitlilik gösterir, T' nin olduğu durumda bu çeşitlilik daha seyrek [4, s:307].

EDT, T' den daha iyi bir çınlama tanımlayıcısı olmasına rağmen, T hala temel ve en önemli parametre olarak kabul edilir. Bu, temel olarak, T ile diğer hacim akustiği parametreleri arasındaki genel ilişkiye bağlıdır ve çünkü birçok hacim akustik teorisi bu konseptle ilişkilidir, özellikle ses gücünün ses yutuculuğunun ve ses yalıtımının ölçümleri için temel oluşturan yayılım alan teorisi. T aynı zamanda binalarda hacim akustiği düzenlemeleri ve yönetmeliklerinde de çok önemlidir [4, s:307].

Yayılım alanı teorisi (diffuse field theory), çoğunlukla kesin objektif parametrelerin ölçülmüş değerleri ile onların yayılım alan teorisine ve ölçülen veya hesaplanan çınlama süresine göre beklenen değerlerini karşılaştırmakla ilgilidir. Yayılım alan teorisinin ön gördüğü gibi, düşme sadece eksponansiyel olur, hacim tepkisinin karesinin süresinde dağılım şöyle ifade edilir;

$$h^2(t) = A \exp\left(\frac{-13.8}{T} t\right) \quad (2.20)$$

-13.8 T=t için belirlenen sabittir;

$$10 \log \left(\exp\left(\frac{-13.8}{T} t\right) \right) = 60 \text{ dB} \quad (2.21)$$

Ekspansiyel bir düşüşle, düşüş eğrisi dB de düz çizgi haline gelir. Bu nedenle, EDT nin beklenen değeri, $EDT_{exp} T'$ ye eşittir [4, s:308].

Alıcı - kaynak arası mesafe 5 metre ya da daha fazlayken, sahnedeki çınlamanın miktarı EDT ile ölçülebilir [4, s:311].

Erken düşme süresi diğer parametreler gibi hem objektif subjektif parametrelerdendir. Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde, subjektif olarak saptanan en ufak değişiklik ile farklılıkları karşılaştırmak aynı zamanda amaca uygundur. EDT için sözde subjektif farklılık eşiği % 5 civarındadır [4, s:308].

2.1.6 Netlik, C (Clarity)

Netlik, geç ulaşmalar ve çınlayan ses bileşenleri nedeniyle bulanıklaşan performansın bütün detaylarının anlaşılabilirlik derecesini belirler. Böylece, netlik, büyük bir kapsam, tamamlayıcı bir özelliktir [4, s:308].

Yansımalar, direkt sese nispeten 50 - 80 ms' den daha fazla olmamak kaydıyla geciktiğinde, kulak bu katkıları ve direkt sesi birleştirir. Böylece, 80 ms öncesi ve sonrası sinyal tepkisindeki enerji oranı karşılaştırılan bir objektif parametre netliğin iyi bir tanımlayıcısı olarak bulunur [4, s:308]. Aynı zamanda müzik için 80 ms olan sesin netliği, konuşma için de 50 ms' dir [9, s:20]. Yani C_{80} ve C_{50} tanımlarını ortaya koyar. Netliğin tanımı aşağıdaki gibi yapılabilir.

C = Erken enerji-Çınlayan enerji

$$C = (Enerji_{0-80} - Enerji_{80-\infty})$$

$$C = 10 \log \left[\frac{\int_0^{80 \text{ ms}} h^2(t) dt}{\int_{80 \text{ ms}}^{\infty} h^2(t) dt} \right] \quad (2.22)$$

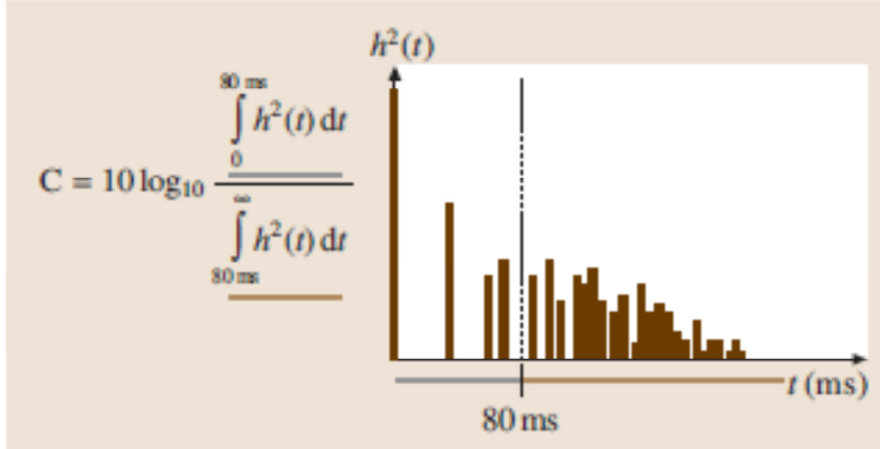
C' nin daha büyük değerleri, daha erken ses baskınlığı ve daha yüksek netlik etkisidir. Ekspansiyel düşüşle, beklenen C değeri T' nin bir fonksiyonu olur [4, s:308].

$$C_{exp} = 10 \log \left[\exp \left(\frac{1.104}{T} \right) - 1 \right] \text{ dB} \quad (2.23)$$

Netlik konuşma anlaşılabilirliği açısından önemli bir parametredir. Objektif netlik; subjektif netlik ile subjektif çınlama (reverberance) arasındaki denge ile ilgilidir.

Netlik ve Çınlama süresi arasında ters orantılı bir ilişki vardır [6, s:20]. Yani uzun T değeri düşük C değeri verir. Erken ve çınlayan enerjiler eşitse C 0 olur [8, s:31].

C için subjektif farklılık eşiği 0,5 dB civarındadır. C' nin tanımı Şekil 2.14' te gösterilmiştir [4, s:308].



Şekil 2.14 : C' nin tanımı: sinyal tepkisindeki erken ve geç enerjinin oranı [4, s:308].

C değeri birçok araştırmacıya göre farklılık gösterebilmektedir. Bundan yola çıkarak netlik aralıkları şöyle kabul edilebilir; Mehta' ya göre; (+1) – (-4), Long' a göre; (0) – (-4), Barron' a göre; (-2) – (+2), ISO 3382-1 standartına göre; (-5) – (+5), Odeon' a göre; (-1) – (+3) dB aralığında olabilir [3], [7], [9], [12], [13].

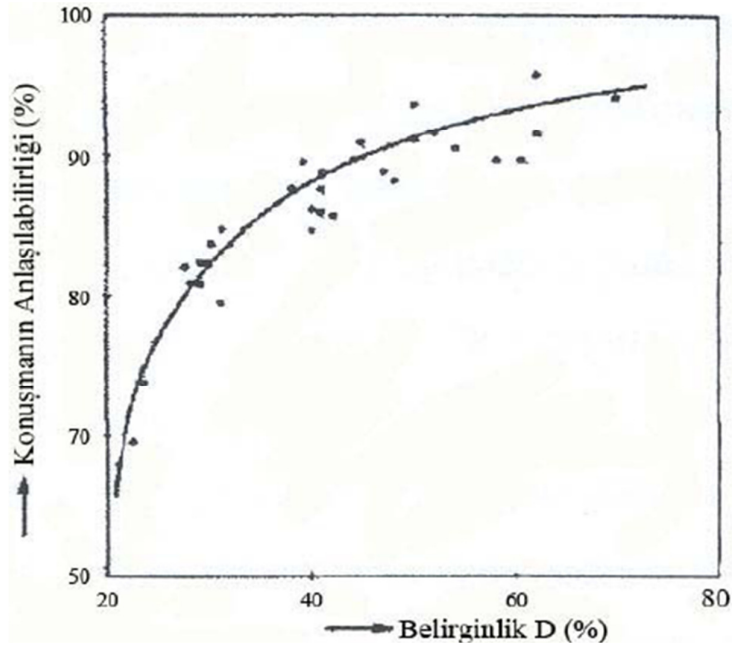
Çınlamanın olmadığı bir hacimde ses daha net anlaşılır ve netlik dB cinsinden yüksek pozitif bir değer alır. Yüksek çınlama olan bir hacimde ise ses netliğini kaybeder ve netlik dB cinsinden düşük negatif değer alır. Netliğin yüksek olması ilk yansıma enerjisinin fazla olduğunu ve subjektif olarak sesin net anlaşıldığını gösterir. Netlik farklı durumlarda farklı seviyelerde istenebilir [6, s:20].

2.1.7 Belirginlik, D (Definition)

Thiele tarafından geliştirilen belirginlik parametresi ilk 50 ms' lik zaman dilimi içerisinde alıcı noktasına ulaşan ilk yansımaların enerjisinin alıcıya ulaşan toplam ses enerjisine oranı olarak tanımlanır. Konuşma için belirginlik anlamına gelen belirginlik parametresi [8, s:35], [5, s:224], [4, s:109];

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50 \text{ ms}} h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h^2(t) dt} \quad (2.24)$$

Her iki integral de direkt sesi içermelidir. Sinyal tepkisi 50 ms' yi aşan gecikmelere sahip herhangi bir bileşen içermiyorsa, D değeri % 100' de olacaktır. D ve anlaşılabilirlik arasındaki ilişki Şekil 2.15' te gösterilmiştir. D' nin belirtilen değerleri 340 - 3500 Hz frekans aralığındaki ortalama değerler alınarak elde edilir. [5, s:224].



Şekil 2.15 : Anlaşılabilirlik ve belirlenlik arasındaki ilişki [8, s: 36], [5, s:224].

D değeri ne kadar büyükse konuşma belirlenliği dolayısıyla anlaşılabilirliği o kadar iyi olur [8, s:36]. Belirlenlik, D_{50} , diğer parametrelerden daha kolay ölçülebildiğinden konuşma anlaşılabilirliğinin tanımlanmasında büyük fayda sağlamaktadır [6, s:18]. Mesafe arttıkça, konuşma belirlenliği ve anlaşılabilirliği azalır. Belirlenlik, D_{50} , çınlama süresi, T , ile ters orantılıdır. Belirlenlik, anlaşılabilirliği belirlemede çınlamadan daha iyi bir parametredir, % 50' den daha fazla olması önerilir ve 0,3 - 0,7 arasında bir değer alması uygundur [12].

C_{50} ve D_{50} arasındaki ilişki ise şöyle tanımlanabilir [14, s:109];

$$C_{50} = 10 \log \left(\frac{D_{50}}{1 - C_{50}} \right) \quad (2.25)$$

2.1.8 Merkez zaman, T_s (Center time)

Erken ve geç ses arasındaki denge veya netlik ve çınlama arasındaki dengeyi tanımlamak için kullanılan diğer bir parametre, merkez zamandır; (center time, T_s) hacim tepkisinin karesinin yerçekiminin merkezini tanımlar [4, s:308]. Merkez

zaman, hacim içinde belli bir noktada elde edilen seslerin erken ya da gecikmiş olduğunu belirlediğinden, belirlilik (D_{50}), netlik (C_{80}) ve ilk düşme süresi (EDT) ile ilişkilidir [8,s:34]. Merkez süresinin (T_s) düşük olması, erken ses enerjisinin fazla olduğunu göstermektedir ve bu değer düştükçe sesin netliği artmaktadır. T_s ' nin fazla olması durumunda ise geç enerji fazladır ve çınlama artmaktadır [15, s:33].

$$t_s = \int_0^{\infty} t h^2(t) dt \bigg/ \int_0^{\infty} h^2(t) dt \quad (2.26)$$

yayılım alanı değeri [4, s:308];

$$t_{s,exp} = \frac{T}{13.8} \quad (2.27)$$

T_s değeri ISO 3382-1' e göre 60 - 260 ms aralığındadır [12]. T_s nin küçük değeri, duru sese (clear sound) tekabül eder oysa daha yüksek değerler gecikmenin baskınlığını, çınlayan enerjiyi (reverberant energy) gösterir. T_s nin temel avantajı, erken ve geç enerji arasında belirgin bir zaman limiti içermez, bu belirgin ayırım, bizim duyma sistemimizin fonksiyonu hakkındaki bilim tarafından doğrulanmaz. Subjektif farklılık eşiği T_s için 10 ms civarındadır [4, s:308].

2.1.9 Ses yüksekliği, G (Sound strength-Loudness)

Algılanan seste hacmin etkisi hacim akustiğinde diğer bir önemli parametredir. Bu özelliğin ilgili bir ölçümü basitçe, sürekliliğin düzeyi, hacimde kalibre edilmiş ses kaynağı ölçümü ve anekoik alanda 10 m mesafede oluşan aynı kaynağın düzeyi arasında dB cinsinden farklılıktır. Bu objektif ölçüm şiddet (G) olarak adlandırılır, aynı zamanda sinyal tepkisi kayıtlarından, sinyal tepkisinin toplam enerjisi ve etkili ses kaynağından 10 m mesafeden yapılan kayıtlı direkt sesin enerjisi arasındaki orandan da elde edilebilir [4, s:308]. Bir başka deyişle yansısız bir hacimde kaynaktan 10 metre mesafede ölçülen direkt sesin düzeyidir [8, s:31]. Aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$G = (SPL_{hacim} - SPL_{yansısız hacim})$$

$$G = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} h^2(t) dt}{\int_0^{t_{dir}} h_{10m}^2(t) dt} \quad (2.28)$$

$h^2(t)$; hacim içerisindeki ses kaynağına eş değer bir kaynağın 10 metre uzağında ve yansımaları odada ölçülen ses basıncıdır, birimi Pa' dır [8, s:32].

Paydadaki üst integrasyon limiti t_{dir} , direkt ses sinyalinin süresince sınırlanmalıdır. Eğer uzaklık azaltımı için bir düzeltme uygulanırsa, 10 metreden farklı bir mesafe kullanılabilir [4, s:308].

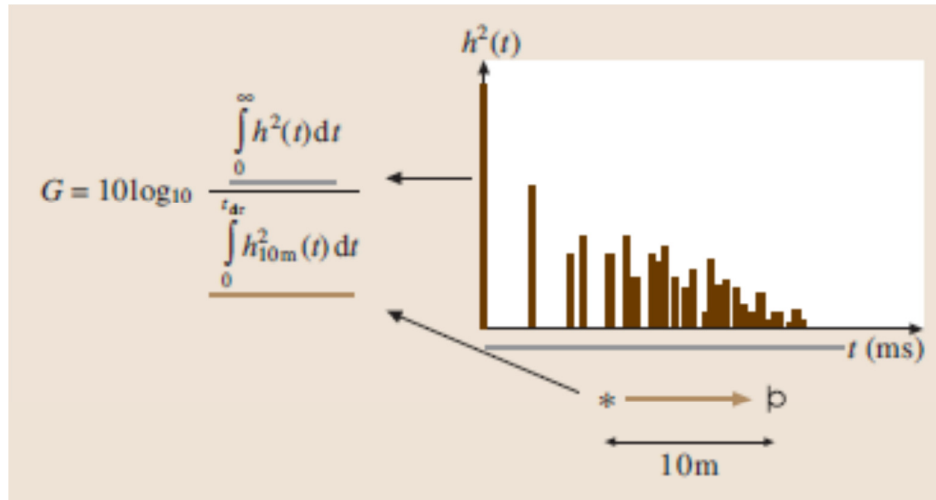
Ses yüksekliği direkt ses gücü ve çınlayan sesin gücünden oluşur [8, s:32]. Yayılım alan teorisine göre G' nin beklenen değeri EDT, aynı zamanda da T' nin bir fonksiyonu haline gelir, V salonun hacmi olmak üzere [4, s:308];

$$G_{exp} = 10 \log \left(\frac{EDT}{V} \right) + 45 \text{ dB} \quad (2.29)$$

$$G_{exp} = 10 \log \left(\frac{T}{V} \right) + 45 \text{ dB} \quad (2.30)$$

G parametresini; dinleyicinin sahneye olan uzaklığı, dinleyici alanına erken ses enerjisini yansıtacak yüzeyler, hacmin büyüklüğü ve orta frekanslardaki çınlama süresi etkiler. Salon arkasına doğru ses yüksekliği, G , azalacaktır, yani salon derinliği arttıkça G azalımı da artar. Tavan ve duvarlar dinleyici alanına erken ses enerjisini yansıtacak şekilde düzenlenirse bu azalım engellenir. Yukarıda anlatıldığı gibi ses yüksekliği salon hacmiyle ters orantılıdır, T veya EDT ile doğru orantılıdır. [6, s:16].

Bu hesaplanan G_{exp} değeri aslında G_{ort} değeridir [8, s:32]. Şekil 2.16, G' nin tanımlamasını gösterir. G için subjektif farklılık eşiği 1 dB dir [4, s:308].



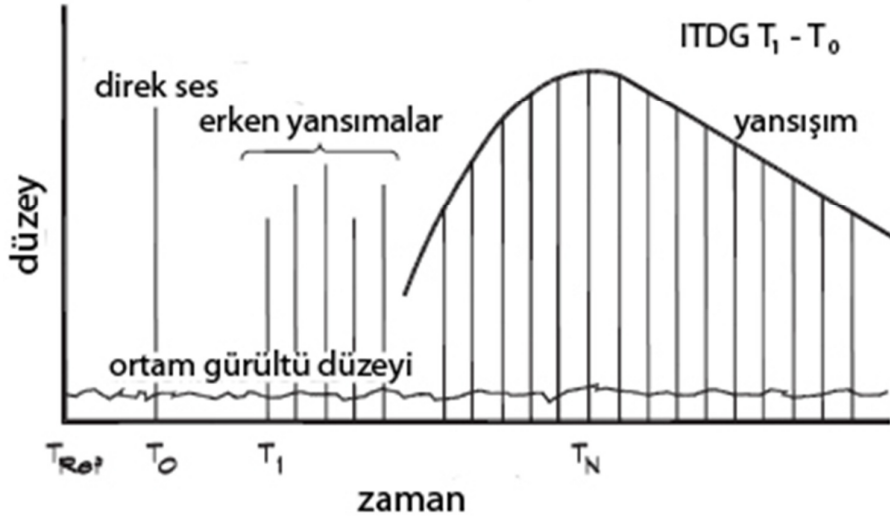
Şekil 2.16 : Şiddetin tanımı G :kaynaktan 10 m mesafedeki kaynaktan direkt sese nispeten ölçülmüş hacim tepkisindeki toplam enerji [4, s:308].

2.1.10 Arka plan gürültüsü, NC (Noise criteria)

Arka plan gürültüsü seviyesi, küçük sınıflarda ve ders salonlarında 35 dBA (NC 30), daha büyük toplantı salonlarında 30 dBA (NC 25) olacak şekilde tasarlanır. Bu farklılık daha büyük alanlarda daha büyük ses yüksekliği kaybı olmasına göredir. Bazı yazarlar (Peutz ve Klein, 1974) verimli anlaşılabilirlik için, alınan ses seviyesinin en az 25 dB, arka plan gürültüsünden daha yüksek olmasını önerir. Yayılım alanı daha yüksek bir seviyeyi maskeleyen gürültü olduğunda tolere edilebilir. Bu durumda sinyal/gürültü oranı nadiren pozitifdir ve -6 dB olan sinyal/yayılım gürültüsü iyi anlaşılabilirlik sonucunu verebilir [3, s:587]. Konferans salonları için NC değeri Beranek' e göre NC 25 olarak önerilmektedir [16, s:891].

2.1.11 İlk ulaşım gecikmesi, ITDG (Initial time delay gap)

Bir dinleyici tek bir ses kaynağından yayılan sesi, önce direk ses ve onu takip eden erken yansımalar ile dalga gibi yükselip çınlama alanını oluşturan ve sonunda hacmin özelliğine bağlı bir oranla sönen birleşmiş yansımalarından oluşan hızlı bir ses dizini olarak kavrar. Bir hacmin ideal sinyal tepkisi Şekil 2.17' de gösterilmiştir [3, s:589].



Şekil 2.17 : Bir sinyale karşı hacmin oluşturduğu ideal akustik tepki diyagramı [3, s:590], [9, s:42], [6, s:109].

Bu şekilde üç geçici bölge ayrı olarak gösterilse de pratikte bu kadar belirgin bir ayrılık söz konusu değildir. Erken yansımalar ile çınlama bölgesi birleşmiş olabilir. Eğer uzun süre gecikmiş yansımalar mevcut ise çınlamanın sönümü sırasında ortaya çıkabilir. Odaklanma ve azalma (grazing attenuation) söz konusuysa, bazen

yansımalar direk sestten daha yüksek gelebilir. Eğer alıcı ses kaynağından oldukça uzakta ise çınlama anındaki ses, direk sestten daha yüksek gelebilir [3, s:589].

Direk sesin ulaşımı ile ilk büyük yansıma arasında geçen süre direk sesin alıcıya ulaşma süresidir, (initial time delay gap, ITDG). Eğer bu süre yeterince kısa ise, erken yansımalar, sesin genişlemesine, ses düzeyinin rahatsızlık vermeden yükselmesine ve konuşma anlaşılabilirliğinin artmasına katkıda bulunacak fakat bu süre çok uzun ise, anlaşılabilirliği azalmasına neden olacaktır [3, s:590].

Arka plan gürültüsü ile birlikte uzun süren gecikmiş yansımalar ve sürekli çınlama hali anlaşılabilirliği azaltmaktadır. Bir hacimde bir takım sözcüklerin telaffuz edilmesiyle duvarlardan veya başka yüzeylerden gelen yansımalar, ya artan arka plan gürültüsünün bir parçası olarak ya da uzun süren gecikmiş yansımalar olarak konuşma anlaşılabilirliğini olumsuz etkileyecektir. Böylelikle, konuşmanın kendi çınlama alanı da gürültüyü maskeleyen bir kaynağa dönüşebilmektedir [3, s:590].

Basit bir modele göre bir hacimde oluşan çınlama alanı çınlama süresi tarafından tanımlanır. Bu model uzun süreli gecikmiş yansımalar, titreşimli eko, odaklanma gibi genel akustik kusurları göz ardı eder. Daha karmaşık analizler bu etkileri tanımlayabilir, ama belli bir denklemle ifade edilemez ve zaman kaybına yol açar. Formüllerin içermediği bu akustik sorunları yok eden adımlar izlendiği sürece, benzer yöntemler yeterince kesin sonuçlar verir. Bu yaklaşım, direk ses ve çınlama ses güç yoğunluğunu kullanmak içindir [3, s:590].

Direk alan güç yoğunluğu;

$$D_d = \frac{E}{S C_0 t} = \frac{W_s}{S C_0} = \frac{p^2}{\rho_0 c_0^2} = \frac{Q W_s}{4\pi c_0 r^2} \quad (2.31)$$

Çınlama alan güç yoğunluğu;

$$VD_r = \frac{4W_s V}{c_0 S_T \bar{\alpha}} \quad (2.32)$$

$$D_r = \frac{Q W_s}{4\pi c_c^2 c_0} \quad (2.33)$$

r_c ses basınç düzeyinin çınlama alanı düzeyine eşit olduğu kritik mesafeyi simgeler [3, s:591].

$$r_c = \sqrt{\frac{QR}{16\pi}} \quad (2.34)$$

W_s :kaynak ses gücü (W)

V :hacim (m^3 veya ft^3)

Q :yöneltim faktörü

c_0 :sesin havadaki hızı (m/s veya ft/s)

ρ_0 :havanın yoğunluğu (kg/m^3 veya lbs/ft^3)

$\bar{\alpha}$:ortalama hacim emicilik katsayısı

R :hacim sabiti (m^2 veya ft^2)

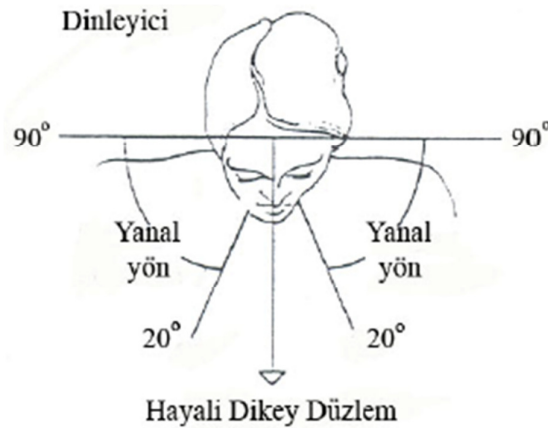
S :kontrol yüzeyinin alanı (m^2 veya ft^2)

S_T :hacmin toplam yüzey alanı (m^2 veya ft^2)

T_{60} :çınlama süresi (s)

2.1.12 Mekânsal algılama-ferahlık ölçütleri (Measures of spaciousness)

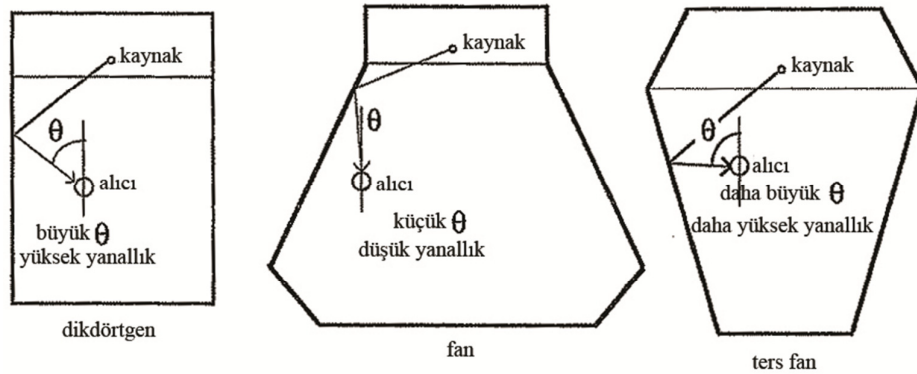
Mekânsal algılama, ferahlık; büyük oranda yayılmış ses alanının sonucundan oluşur. Yayılma alanında ses dinleyiciye bütün yönlerden eşit şiddetle gelir. Yapay oluşturulmuş yayılmış ses dinleyicide mekânsal algılama hissini uyandırmaz. Bu hissi uyandıran tek özellik yayılma değildir. Mekânsal algılama için kuvvetli erken yanal yansımaların var olması gerekmektedir. Yanal yön, Şekil 2.18' de gösterildiği gibi seyirci kafasının dikey düzleminde hayal edilen 20° ile 90° arasında uzanan yön olarak tanımlanır [8, s:40].



Şekil 2.18 : Yanal ses yönünün tanımı [8, s:41], [7, s:268].

Mekânsal algılama dar bir açıklıktan dinleyiciye varan bütün seslerin monofonik etkisine karşılık, farklı yönlerden gelen sesin hissedilmesidir. Mekânsal algılama aşağıdaki dört maddeye bağlıdır, bunlar özellikle müzik için önemlidir [4, s:309], [8, s:41], [7, s:268];

- Görünen kaynak genişliği (apparent source width, ASW) ve sesin yayılması: Ses görüntüsü görünen, sahnedeki kaynağın fiziksel kapsamından daha geniş olan etkidir [4, s:309]. Yanal yansımalar orkestranın görünen genişliğini artırmaya yöneliktir. ASW, görünen kaynak genişliği, büyüdükçe daha iyi müzik elde edilir. Sesin yayılması da dinleyiciye müzikle çevrenme hissi verir [8, s:41], [7, s:268].
- Dinleyici kuşatması (listener envelopment, LEV): İçeride ve çınlayan ses alanı tarafından çevrelenen etkidir [4, s:309]. Gecikmiş seslerin yüksekliğinin ve geliş yönünün dinleyicide uyandırdığı öznel etkidir [8, s:42], [7, s:268].
- Salon şekli ve sesin yönlülüğü (lateraty): Genel olarak dar dikdörtgen salonlar fan salonlara göre daha iyi bir akustiğe sahiptir. Çünkü yanal yansımalar yan duvarlarla üretilir, ancak fan salonlarda yan duvar yansımaları dikdörtgen salonlara göre daha önden gelir, yani sesin yönlülüğü zayıftır. Ters fan salonlar da dikdörtgen salonlardan daha büyük yönlülük sağlar. Şekil 2.19 bu durumu anlatmaktadır [8, s: 42], [7, s:268,269].



Şekil 2.19 : Salon şekilleri ve yönlülük [8, s:42], [7, s:269]

- Erken yanal yansımaların önemi: Erken yanal yansımalar müzik açısından önemlidir [8, s: 42], [7, s:268,269].

ASW ve LEV parametrelerinin her ikisi de sinyal tepkisi yansımalarının geliş yönüne bağlı olarak bulunur. Erken yansıma enerjisinin (80 ms civarına kadar) büyük bir kısmı yanal yönlerden (yanlardan) vardığında ASW artar. Gecikmenin düzeyi, yanal

yansımaların düzeyi, yüksek olduğunda, LEV değerleri şiddetlidir [4, s:309]. Yani ASW parametresini ağırlıklı olarak erken yanal yansımalar, LEV parametresini gecikmiş sesler etkilemektedir [6, s:21]

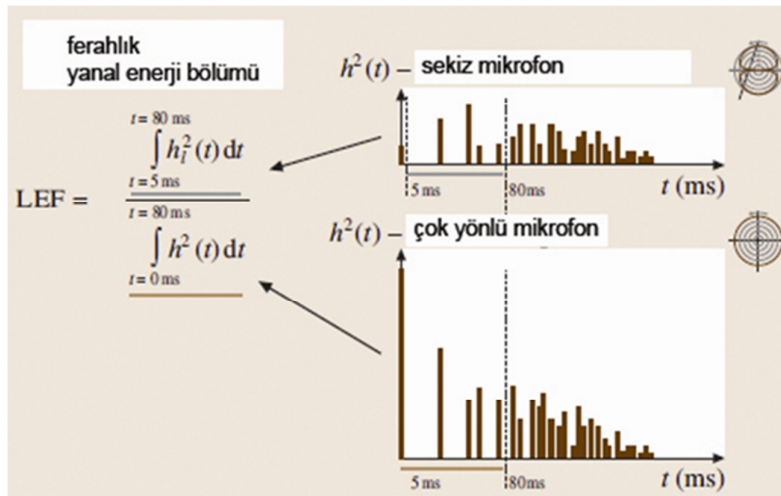
Ses kaynağına doğru yatay ve dikey yönlendirme tutan hassas eksenli sekiz mikrofona kullanılarak sinyal tepkisi enerjisinin yanal bileşenleri kaydedilir. Yanal enerji oranı (LEF-LF₈₀) ölçümleri için, bu yanal ses enerjisinin erken kısmı (80 ms' ye kadar) direkt sese bütün erken yansımaların eklenen enerjisiyle kıyaslanır [4, s:309], [14, s:109]. Başka bir deyişle direkt sestten sonraki ilk 80 ms içinde hacmin yanal yüzeylerinden gelen enerjinin direkt sestten sonraki ilk 80 ms içinde gelen toplam ses enerjisine oranıdır [6, s:21].

$$LEF = \frac{\int_{t=5ms}^{t=80ms} h_1^2(t) dt}{\int_{t=0ms}^{t=80ms} h^2(t) dt} \quad (2.35)$$

h_1 , sekiz mikrofona kaydedilen sinyal tepkisi basıncı, oysa h , çok yönlü mikrofona alınır [4, s:309], [14, s:109].

Bu, temel olarak, mekânsal algılamaya katkıda bulunan alçak ve orta frekanslardaki enerjidir. Bu nedenle, LEF normal olarak 4 oktavların 125-1000 Hz ortalamasıdır. LEF' in daha yüksek değeri, daha geniş ASW dir [4, s:309].

LEF' in T ile ilişkili bir değeri yoktur. Tamamen yayılım alanında, LEF normalde gerçek salonlardan daha yüksek olan 0,33 değeri ile sabittir [4, s:309]. LEF (LF₈₀)' in tanımı Şekil 2.20' de görülmektedir [4, s:309].



Şekil 2.20 : Yanal enerji bölümünün (LEF-LF₈₀) tanımı:yanlardan gelen erken yansıma enerjisi ve toplam erken enerji arasındaki oran [4, s:309].

Ferahlığın ASW parametresi sadece erken yanal ve toplam erken ses arasındaki oran değildir, aynı zamanda sesin toplam düzeyidir. Daha yüksek G değeri, kaynağın daha geniş akustik görüntüsü demektir [4, s:309].

Dinleyici kuşatması uzaysal yayılma ve geç yansımaların (80 ms' den sonra) düzeyi tarafından belirleniyormuş gibi görünür. Geç Yanal Şiddet (Late Lateral Strength, LG) olarak adlandırılan bir parametre, geç yanal enerji kaynaktan 10 metre mesafede direkt sesle ilgilidir [4, s:310];

$$LG = \frac{\int_{t=80ms}^{t=\infty} h_1^2(t) dt}{\int_{t=0ms}^{t=t_{dir}} h_{10m}^2(t) dt} \quad (2.36)$$

LG, ISO 3382 (2007) standardında yer almaktadır, ama şimdiye kadar LG sadece yapay ses alanları kullanılarak laboratuvarındaki deneylerde subjektif tepkiler olarak yer almıştır. Bu nedenle, gerçek salonlarda deneyler yapıp doğrulanmadıkça bu parametrede çok fazla vurgu yapmak doğru değildir [4, s:310].

Orta düzlemde gelen yansımalara karşılık, yanal yansımalar dinleyicinin iki kulağında bir anlık basınca sebep olacaktır. İki kulaktaki sinyallerin bu birbirine benzemezliği, çapraz ilişkili katsayı (interaural cross-correlation coefficient, IACC) ile ölçülebilir [4, s:310];

$$IACC_{t_1, t_2} = \max \left| \frac{\int_{t_1}^{t_2} h_L(t) h_R(t + \tau) dt}{\sqrt{\int_{t_1}^{t_2} h_L^2(t) dt \int_{t_1}^{t_2} h_R^2(t) dt}} \right| \quad (2.37)$$

t_1 ve t_2 hesaplanan bağıntılı sinyal tepkisinin zaman aralığını tanımlar, h_L ve h_R sağ ve sol kulağın girişindeki ölçülmüş sinyal tepkisini temsil eder, τ bağıntının maksimum halini aradığımız aralıktır. Normal olarak τ -1 ile +1 ms aralığında, zamanı yaklaşık olarak örten, sesin bir kulaktan diğerine gidiş mesafesi kabul edilir. h_L ve h_R nin enerjisinin çarpımı tarafından bağıntının normalize edildiği gibi, IACC değeri 0 ile 1 arasında alınır. Sonuçlar çoğunlukla söyle rapor edilir; IACC, ferahlığın (spaciousness) artan bir etkisine tekabül eden, benzemezliğin artmasıyla artan bir değer elde etmek için kullanılır. Hesaplama için zaman aralığı (t_1 ve t_2 , 0 ms ve 100 ms), IACC ASW yi ölçecektir, geç aralık için (t_1 ve t_2 , 100 ms ve 1000 ms) LEV tanımlamak için kullanılabilir. Literatürde, salonlarda ölçülmüş değerler temel olarak IACC verileri içerir, 0-100 ms zaman aralığındadır [4, s:310].

LEF ve IACC parametreleri aynı subjektif niteliklerle ilgilidir, pratikte çok fazla bağıntılı değildir. LEF ve IACC farklı frekans bölgelerini vurgular. LEF genelde 4 en alçak oktavda ölçülür, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, IACC 500 Hz üzerindeki oktav bantlarda ölçülmelidir. IACC değerleri daha alçak frekanslarda her zaman yüksek olacaktır, çünkü kulaklar arası mesafe (< 30 cm), $\frac{1}{4}$ dalga boyu (125 Hz' te, ≈ 70 cm) ile karşılaştırıldığında küçüktür [4, s:310]. Subjektif farklılık eşiği LEF için % 5 civarındadır [4, s:309].

Bölüm 2.1' de bahsedilenlere göre, çeşitli objektif akustik parametreler için tavsiye edilen değerler riskli olabilir. Diğer yandan, performansın tipine ve salon hacminin fonksiyonuna bağlı olarak, T, çınlama süresi için önerilen optimum değerler söz konusudur. Bunun yanında, diğer parametrelerin birçoğu, T nin belirlenen değeri, umulan değerinden nadiren zorlayıcı bir şekilde sapacaktır. Bu sapma, erken yansımaları kontrol etmek için salonun şekillendirilmesi tarafından etkilenir. Güçlü erken yansımalar için tasarım, netliği, ses şiddetini ve ferahlığı artırabilir. [4, s:313].

Çizelge 2.4 : Önerilen pozisyon ve objektif hacim akustiği parametreleri [4, s:313].

Parametre	Sembol	Küçük müzik gösterileri	Senfoni
Salon boyutu	V/N	2500 m ³ /300 koltuk	25000m ³ /2000 koltuk
Çınlama süresi	T	1,5 s	2-2,4 s
Erken düşme zamanı	EDT	1,4 s	2,2 s
Şiddet	G	10 dB	3 dB
Netlik	C	3 dB	-1 dB
Yanal enerji kırılması	LEF	0,15-0,2	0,2-0,25
Çapraz ilişkili katsayı	1-IACC	0,6	0,7
Erken destek	ST _{erken}	-10 dB	-14 dB

Çizelge 2.4' te küçük ve büyük salonlarda çeşitli parametreler için önerilen aralıklar gösterilmiştir. Parametrelerin ortalama değerleri klasik müzik ve boş salon içindir. Koltukların yüksek yutuculuğa sahip olduğu varsayılır, salon dolduğunda, T, 0,2 s' den daha fazla azalmayacaktır. 2,4 s olan üst limit teraslanmış arena veya kişi başı büyük hacimli DRS (directed reflection sequence) salonlar için, 2,0 s ise daha düşük T değerleri ve kişi başı daha küçük hacimlere sahip ayakkabı kutusu şeklindeki salonlar için uygundur [4, s:313].

Boş olan durumdaki değerlerle ilişkili olduğundan dolu halinde akustik ölçüm yapmak nadiren mümkün olur ve oluşan ilgili parametrelerin neredeyse bütün

referans verileri, T hariç, boş salonlardan alınmıştır. Diğer yandan iyi döşemeli koltuklar birçok durumda ses tavsiyesidir, doluluğun derecesine bağlı olarak sadece küçük değişiklikleri garanti altına alacaktır. Bu aynı zamanda diğer parametrelerin boş durumdaki tahminlerini de haklı çıkaracaktır [4, s:313].

Çizelgede listelenen değerlere, yüksek çınlamayı garanti eden T için seçilen ilk değerler aracılığıyla varılmıştır, EDT, G ve C için karşılıklı değerler, yayılım alanı beklenen değerlerinden gelir ama bunlar yüksek netlik ve yüksek düzeyleri geliştirmek için biraz değişirler. Daha büyük salonlarda bu özellikle önemli olduğundan, kullanılması önerilen EDT değeri T ($=EDT_{exp}$) den 0,1 s daha küçük ve C değeri C_{exp} den 1 dB daha büyüktür, bu 2500 m³ lük bir salon içindir, 25000 m³ lük bir salon için EDT değeri T den 0,2 s daha az olur, C değeri de C_{exp} den 2 dB daha büyük olur. Aynı şekilde, kullanılması önerilen G değeri küçük salonlarda G_{exp} den 2 dB daha küçük, ama büyük salonlarda G değeri, G_{exp} den 1 dB daha az ya da G_{exp} ye eşit olur [4, s:313].

Konferans salonlarında, amfilerde, tiyatrolarda konuşma anlaşılabilirliğini garanti altına almak için, STI/RASTI için değerler en az 0,6 olmalıdır [4, s:313].

Daha önce bahsedildiği gibi, dik eğim; hacmi ve buna bağlı olarak çınlama süresi T' yi azaltacaktır. Bunun yanında, geometrik faktörler, Sabine hesaplamasının ön gördüğünden öte T' yi azaltabilir. Bu sebep, yükseltilmiş koltuklar ve onun tavandaki ayna görüntüsü, kaynaktan görüldüğü gibi daha geniş bir katı cismi kaplayabilir [4, s:327].

Bundan dolayı, yayılan ses enerjisinin daha geniş bir bölümü hızlıca yutucu koltuklara varacak ve hacimdeki bir reverberant ses alanını çalıştırmak için daha az hareket edecektir. Sonuç, dik eğimli oturmalı salonlarda daha büyük netlik (clarity) ve daha az çınlama (reverberance) olur. Bu, T' nin bir fonksiyonu olan netlik için (C_{exp}) deneysel denklemlerle çizgidedir ve zemin eğimi Çizelge 2.5' te listelenmiştir [4, s:327].

Çizelge 2.5; hacim akustiği parametreleri için önerilen değerleri, Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7; hacim akustiği parametreleri için optimum değerleri ve Çizelge 2.8; hacim akustiği parametreleri ve birbirleri ile ilişkilerini göstermektedir.

Çizelge 2.5 : Hacim akustiği parametreleri için önerilen değerler [8, s:46]

Akustik Parametre	Sembol	Tavsiye edilen değerler Odeon 7.0
Netlik (Clarity)	C (dB)	(-1) – (+3) dB
Çınlama Süresi (Reverberation Time)	T (s)	1,7-2,3 s
Erken Yanal Enerji Kısım	LF (%)	> 0,25 dB
Erken Destek	ST _{erken}	> -13 dB
Toplam Destek	ST _{toplam}	> -12 dB
Ses yüksekliği (Loudness) 10 m Açık Alan Düzeyi	G (dB)	> 3 dB

Çizelge 2.6 : Hacim akustiği parametrelerinin optimum değerleri [8, s:47], [17, s:72]

Akustik Parametre	Sembol	Araştırmacı	Öznel Etki	Optimum Tolerans Sınırları
Erken Düşme Süresi	EDT (s) Early Decay Time	V. L. Jordan	Açıklık, netlik	1,8 - 2,6 1,5 - 2,0 1,6 1,8 - 2,2 1,8 - 2,1 $\pm \% 10 \times T$
Çınlama Süresi	T (s) Reverberation Time	W.C. Sabine	Açıklık, netlik	1,4 - 2,8 1,6 - 2,2 1,7 - 2,0 2,0 - 2,5 2,0 - 2,4 >1,9 1,7 - 2,4
Konuşmanın Belirginliği	D50 (%) Definition	R. Thiele	Anlaşılabilirlik	0,34 0,56 0,4 - 0,6 0,45 - 0,55
Netlik, Açıklık	C80 (dB) Clarity	W. Reichadth	Açıklık, netlik	0 (ideal değer) -4 - 0 -2 - +2 -1 - +1
Merkez Zamanı	T _s (s) Center Time	L. Cremer	Açıklık, netlik	130< 140<
Ses Yüksekliği	G (dB) Loudness Strength	P. Lehmann	Ses yüksekliği	>0 3 - 5 0,30 - 0,35 0 - 2,5 (-3) - (-5)
Yanal Enerji Oranı	LEF (%) Lateral Energy Fraction	V. L. Jordan H. Marshall M. Barron	Mekânsal algılama	0,1 - 0,35 0,15 - 0,25 0,35 - 0,40 0,26 0,2
İlk Ulaşım Gecikmesi	ITDG (s) Initial Time Delay Gap	L. L. Beranek	Belirginlik	<25 10 - 20

Çizelge 2.7 : Hacim akustiği parametrelerinin optimum değerleri [3], [4], [7], [9], [5], [12], [13].

	MEHTA [7]	ROSSING [4]	LONG [3]	BARRON [9]	ISO 3382-1 [12]	ODEON [13]	KUTRUFF [5]
RT				Org müziği >2,5 s		1,7;2,3 sn	
	Kilise müziği 2;2,5 s	Oda müziği 1,5 s	Konser salonu 2,5;3,5s	Klasik müzik 1,8;2,2 s			
	Konser salonu orkestral müzik 1,8;2,2	Senfoni 2;2,4 s	Romantik senfoni 1,7 ;2,5 s	Erken klasik müzik 1,6;1,8 s			
	Konser salonu hafif müzik 1,4;1,8 s	Ritmik müzik 0,8;1,5 s	Mozart opera 1,2;1,5 s	Opera 1,3;1,8 s			
	Opera tiyatrosu 1;1,5 s	Opera 1,4;1,8 s	Hafif opera 1;1,2s	Oda müziği 1,4;1,7 s			
	Konferans salonu 0,4;1 s		Sınıf, konfreans 1s' nin altı	Drama tiyatrosu 0,7;1,0 s			
EDT	RT den % 10 daha fazla	Oda müziği 1,4 s senfoni 2,2 s % 5 (subjektif farklılık)	Çınlama süresinden 0,3s fazla	1,8;2,2 s	1,0;3,0 s		
ITDG	16;31 ms		20ms ve altı; max 70 ms				
TS		10 ms			60ms; 260ms		
G	2;8 dB, önerilen değer 4;5,5 dB	Oda müziği 10 dB senfoni 3 dB 1 dB (subjektif farklılık)	4;5,5 dB	0 dB den fazla	-2; +10 dB	> 3 dB	
D50					0,3;0,7		
C50-C80	+1; -4 dB	Oda müziği 3 dB senfoni -1 dB;0,5 dB (subjektif farklılık)	0;-4 dB	-2;+2 dB	-5;+5 dB	-1;+3 dB	-5;+3 dB
LF80			0,1;0,35		0,05;0,35	> 0,25	
LEF		Oda müziği 0,15;0,2 senfoni 0,2;0,25 % 5 (subjektif farklılık)		0,1;0,35			
STI- RASTI		En az 0,6				0,0;0,3 kötü, 0,3;0,45 zayıf, 0,45;0,6 orta, 0,6;0,75 iyi, 0,75;1,0 çok iyi	
BACK GROUN D NOISE LEVEL	NC 15 to 20		Küçük salonlarda max NC20, Büyük salonlarda max NC15				

Çizelge 2.8 : Hacim akustiği parametreleri ve birbiriyle ilişkileri [8, s:45], [17, s:73]

Araştırmacı	Akustik Parametre	Sembol	Tasarım Parametresi
Gade	Netlik (Clarity)	C (dB)	w, w/h, eğim, yan duvarların açısı
	Ses yüksekliği (Loudness)	G (dB)	I/(h,w)
	Mekânsal algılama (Spaciousness)	LEF (%)	w, yan duvarların açısı
Marshall	Mekânsal algılama (Spaciousness)	LEF (%)	w,h oranı
Hawkes ve Douglas	Belirginlik (Definition)	D (%)	Alıcı - kaynak uzaklığı (m)
Barron	Ses yüksekliği (Loudness)	G (dB)	Alıcı - kaynak uzaklığı (m)
Bradley	Ses yüksekliği (Loudness)	G (dB)	Alıcı - kaynak uzaklığı (m)
	EDT	EDT	Alıcı - kaynak uzaklığı (m)
Beranek	ITDG	ITDG	Direk ses ile yansımış ışının yol farkı (m)
	Ses yüksekliği (Loudness)	G (dB)	Alıcı - kaynak uzaklığı (m)

2.2 Geometrik Parametreler

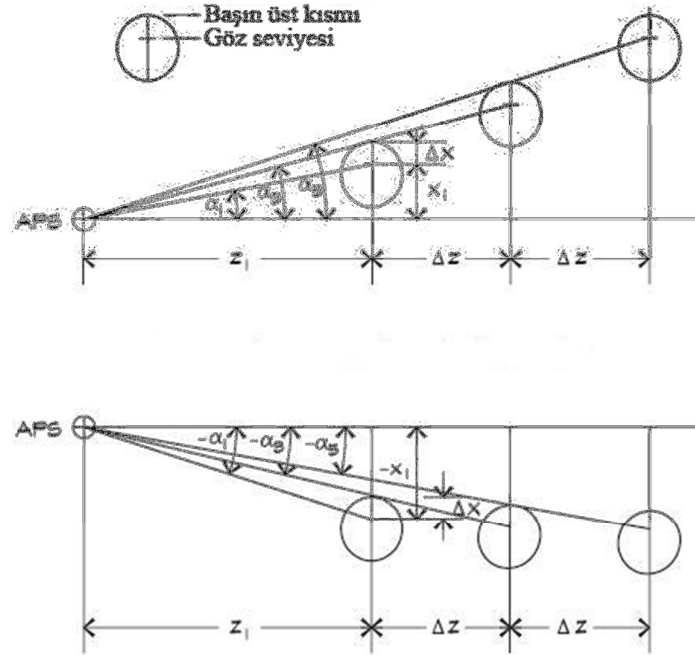
Zemin eğimi, plandaki ve kesitteki görüş çizgileri, balkonların kullanımı, oturma düzeni, koltukların tasarımı, yansıtıcılar, tavan panelleri ve serbest asılan reflektörler, çıkışlar ve güvenlik önlemleri, sahnenin tasarımı, hacmin; şekli, boyutu, ortalama yüksekliği, malzeme seçimleri, hacim akustiğini etkileyen temel geometrik faktörlerdir. Bu bölümde bu geometrik parametreler açıklanmaya çalışılmıştır.

2.2.1 Görüş çizgileri ve zemin eğimi

Yapılan aktivite çeşidine göre görsel sınırlar tartışılmaktadır. Sahnenin arkası, yanları bütün seyirciler tarafından görülmelidir. Bütün görüş çizgilerini içeren geometrik bir hacim oluşturmak mümkündür [1, s:29].

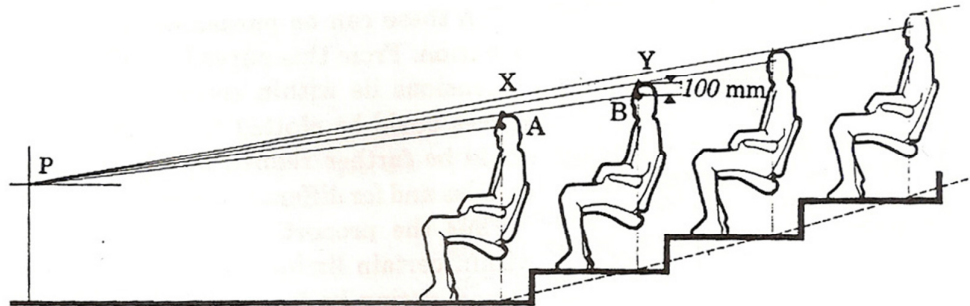
İnsanların fiziksel özellikleri birbirini tutmadığı gibi oturuş, duruş şekilleri de tutmaz. Görüş çizgisinin hesaplanması, oturan bir insan gözünün yerden yüksekliği ve kafanın gözün üstünde kalan kısmının yüksekliğine bağlıdır [1, s:29].

Bir salonunun zemin eğimi verimli görüş çizgisini sağlayacak şekilde olmalıdır. İyi görüş çizgisi demek konforlu dinleme şartları anlamına gelir. Görüş çizgileri bir ön sırada oturan izleyicinin kafasının üzerinden geçerek, izleyicinin görüşünün vardığı nokta (arrival point of sight APS) olarak adlandırılan sahnenin en alçak noktasını görecektir. Her sıra arasındaki mesafenin fazla olması teorik olarak istenen bir şey olsa da, pratik açıdan bakıldığında aşırıya kaçan bir zemin eğimine sebep olur. Şekil 2.21 tipik bir görüş çizgisi tasarımını gösterir [3, s:581].



Şekil 2.21 : Her bir sıra için görüş çizgisi geometrisi [3, s:582], [18, s:77].

Zeminin eğimi seçilen APS (görüşün olduğu nokta) noktasına bağlıdır. Sinema salonunda bulunan yüksek bir APS (görüşün olduğu nokta) noktası görünür olacak, hatta zemin eğimi oldukça sığ olacak. Sahne zemin yükseklikleri en ön sırada oturan bir insanın konuşmacının ayaklarını görece kadar alçak olarak ayarlanır, ama APS (görüşün olduğu nokta) zemin eğimini fazlaca zorlamayacak kadar olmalıdır. Göz yüksekliği ölçü aralığı; yetişkin oturan bir bayan için 1,12 metre, yetişkin oturan bir erkek için 1,22 metredir. Sahne yükseklikleri yerden 1,02 - 1,07 metre aralığında yüksekliğe sabitlenir. Zemin eğimi, APS den (görüşün olduğu nokta) bir izleyicinin kulak hizasına bir dizi görüş çizgileri çizilerek belirlenir [3, s:583].



Şekil 2.22 : P noktası yardımıyla görüş çizgisinin hesaplanması [1, s:30].

Şekil 2.22' deki P noktası bütün seyircilerin rahatlıkla gördüğü en alçak ve yakın nokta olmalıdır. Eğer bu nokta bir yatay sahnenin köşesinde yer alıyorsa en yakın

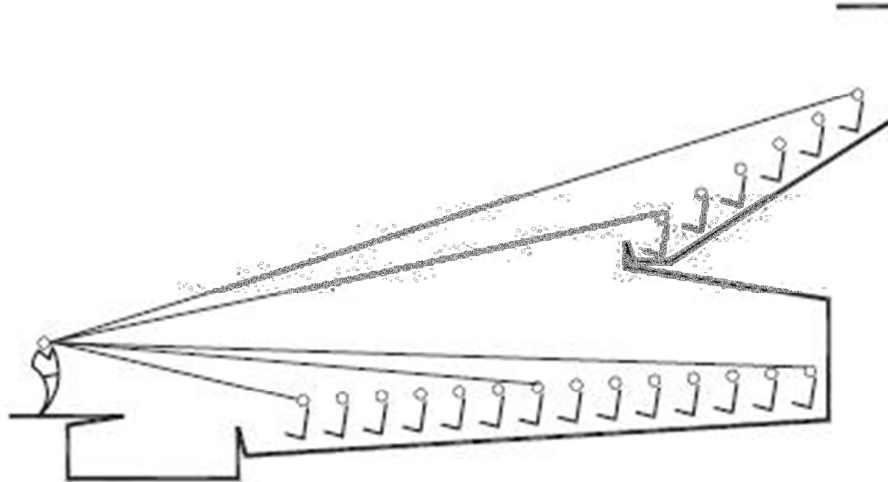
göz seviyesi yatay yüzeyin üzerinde yer almalıdır. Düşeyler sonra her bir sıradaki sandalye için göz hizasından çizilir [1, s:30].

Şekil 2.22' deki ilk sıradaki kişinin kafasının tepe noktasında gösterilen X noktası birinci düşey çizgisi üzerinde bulunan göz seviyesindeki A noktasının 100 mm üzerindedir. PX doğrusu aynı doğrultuda devam ettirildiğinde ikinci sırada ikinci düşeyi çizgiyi oluşturan göz seviyesindeki B noktasını keser. Bu da arkadaki seyircinin göz seviyesidir [1, s:31].

B noktasının 100mm üzerindeki Y noktası da ikinci kişinin kafasının tepe noktasını oluşturur. Aynı şekilde bu bütün sıralar için devam eder; bir diğeri diğerini... Böylece görüş çizgisi oluşur. Bütün sıralar için göz seviyesi belirlendiğinde, yer çizgisi çizilmiş olan düşey çizgilerden 1,12 metre mesafe olarak bulunabilir. Bu teorik çizginin adı yüzey eğrisidir. Bu 1,12 metre makul bir ölçüdür ancak daha hassas hesaplar için seçilen koltuk için antropometrik veriler kullanılabilir [1, s:31].

Bu metot zemin eğimini belirlemek için kullanıldığında, eğim çok dik olacaktır. Eğer koltukların hepsi aynı seviyede olacaksa bu sorun olmaz bu metot uygulanabilir.

Koltukların yerleştirildiği yerde, görüş çizgisinin sıyırma etkisi, geliş açısına bağlı olarak bir azaltıcı etkiye (attenuation) sebep olur. Daha düşük açı daha fazla azalmaya sebep olur. Bu açı, Şekil 2.23' teki gibi konuşmacı bir platform ile yükseltilerek veya koltukların açısına eğim verilerek artırılabilir [3, s:583].

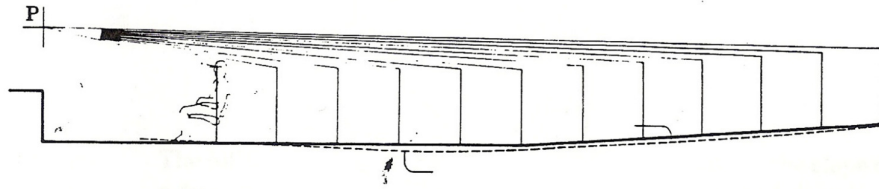


Şekil 2.23 : Başarılı görüş çizgileri başarılı direkt sesi doğurur [3, s:583].

Oturma eğimi, APS (görüşün olduğu nokta) ve her bir sıradaki koltukların yükseklikleri tarafından oluşturulmuş görüş çizgisi gereksinimleri tarafından

belirlenir. Genelde daha yüksek APS (görüşün vardığı nokta) daha düşük oturma eğimi demektir [3, s:583].

Yuvarlak geometrili (encirclement) salonlarda koltuklar sahne etrafına 210-220 lik derecelerle dizilebilir. Bu da sandalye kapasitesi açısından olumludur. Ancak yakın proscenium tipi salonlarda yatay görüş çizgileri seyirci sayısını kısıtlar bu yüzden de balkonlar yapmak doğru olacaktır, bu da düşey görüş çizgilerini meydana getirir. Şekil 2.24' te gösterilen sahnenin uç kısmından 600 – 900 mm yüksekte alınan P noktasından bütün sıralardaki seyircilerin kafaları görünmelidir. Buna göre bir eğim belirlenir [3, s:583].



Şekil 2.24 : Salonda düzensiz eğime bir örnek [3, s:583].

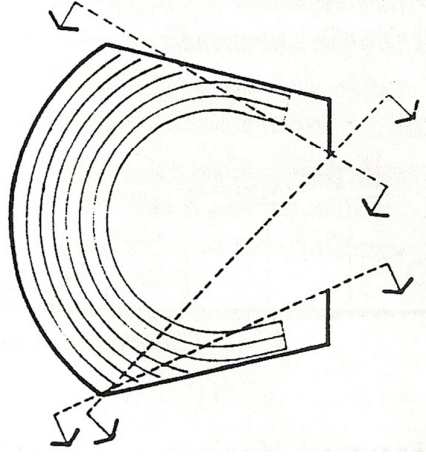
Oturma eğimi görüş için olduğu kadar ses için de önemlidir. Sesin seyirciye düşük açıyla gelmesi, seyircinin yüksek emici özelliğinden dolayı sesi büyük ölçüde azaltır. Sesin tavandan gelen yansımalarla desteklenmesi, eski klasik açık hava tiyatrolarının aksine 35° den daha düşük bir eğim kullanmayı makul kılar. Oturma alanı dairesel ya da yarı dairesel plan şeklinde oluşturulmuşsa düşey yüzeylerin iç bükey yüzeyleri sesin toplanması riskine sebep olur. Düşey yüzeyler seyirciler tarafından kapatılır ve oturakların arka kısımları sesin yansımalarını engeller, ek önlem olarak da oturakların arka kısımları ses emici malzemeyle kaplanmalıdır. Akustik açıdan sıkıntılı olabilen duvarın iç bükey yüzeyleri emici ya da saçıcı olmalıdır [1, s:37].

Salondaki eğimin şekilsiz olması farklı yüksekliklere sebep olur, bu da çoğu zaman tehlikelidir. Basamaksız salon için maksimum eğim oranı 1/10 basamaklı salon için de açı da 35° olmalıdır [1, s:31].

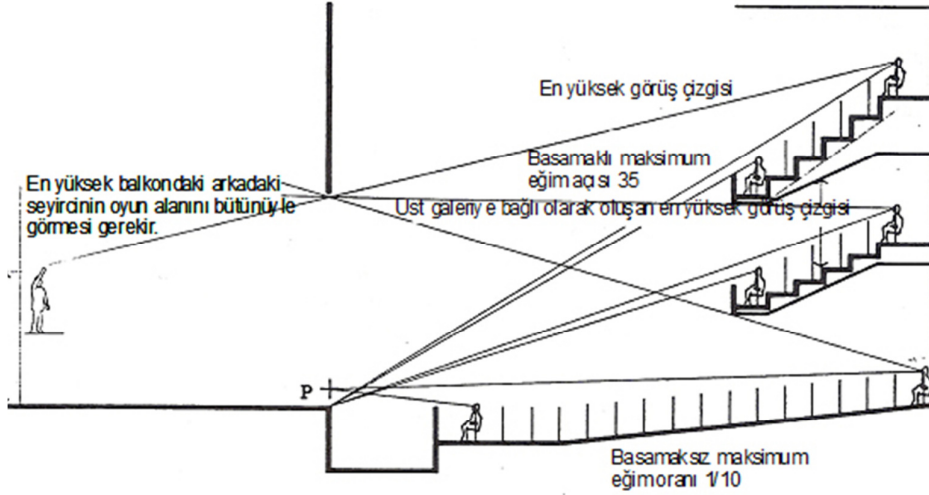
Düşey görüş çizgilerinin etkilendiğı faktörler:

- Seyircinin oyun alanına maksimum mesafesi,
- Oyun alanının derinliğı ve onun üstündeki düşey yükseklik,
- Herkes tarafından görülmesi gereken, sahnenin en yakın ve en alçak bölümünün ölçüsü,

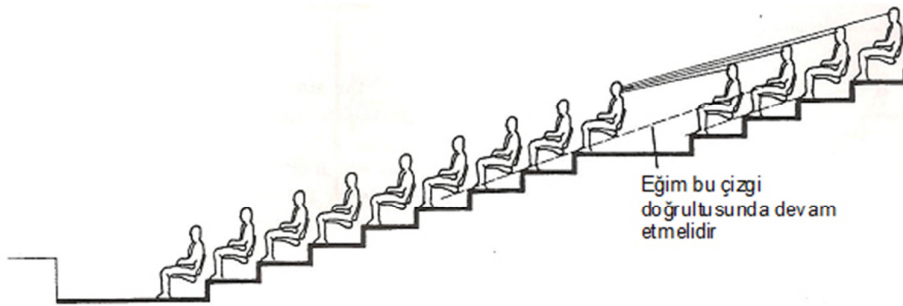
- Sahneye en uzaktaki seyirci tarafından bile görünmesi gereken oyun alanının en yüksek noktası, balkon önleri veya kemerleri, perde alınları veya bordürler görüş çizgilerini engellememelidir [1, s:32-33].



Şekil 2.25 : Bu düşey görüş çizgileri salonun seyirci ve sahne kısmından geçen birkaç kesit ile kontrol edilmelidir [1, s:32].



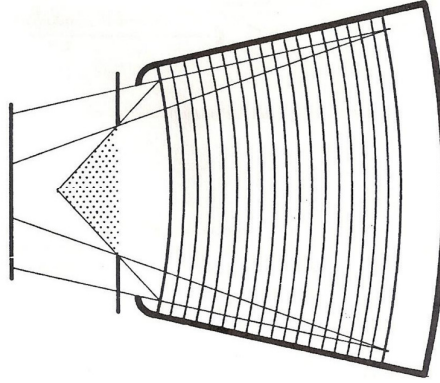
Şekil 2.26 : Salondaki eğimlerin ve balkonların gösterimi [1, s:32], [18, s:79].



Şekil 2.27 : Salon eğimi bütün sıralarda aynı devam etmelidir [1, s:34].

Görüş çizgileri çizilmiş olan Şekil 2.27' de, ilk eğimli sıralardan sonra bir koridor yapılmış ise koridordan sonra eğim tekrar eski çizgide devam etmelidir, aksi halde gönderilen ışınlar öndeki seyircinin kafasına denk gelir, bu da istenmeyen bir durumdur [1, s:34].

Yatay görüş çizgileri, proscenium tipi sahnelerde kritiktir. Oyun alanında, görüş çizgileri oturma alanının genişliğini kısıtlayacaktır. Şekil 2.28' de gösterildiği gibi yan taraftaki seyircilerden gelen görüş çizgileri sahnenin oyun oynanabilir alanını belirler. Yanlış tasarlanmış proscenium da sahnenin oyun alanını kısıtlar [1, s:34].



Şekil 2.28 : Salon eğimi bütün sıralarda aynı devam etmelidir [1, s:34].

Oturan seyircilerin bir kaç sırası düz bir zemine yerleştirildiğinde, sahnedeki bir kaynaktan gelen direkt ses ve seyirci yüzeyinden uzak yansıma, neredeyse aynı mesafe gittikten sonra bu seyirci alanındaki bir alıcıya çarpacaktır ve yansıma seyirci yüzeyine, yüzey düzlemine oranla çok küçük bir açıyla çarpacaktır. Bu geliş açısının sıyrmasında (grazing), bütün enerji yüzeyin yayılma yutuculuk değerine bakılmaksızın yansıtılacaktır, ama yansıyan dalgadaki basıncın fazı 180° kayacaktır. Bundan dolayı, direkt ses ve sıyrılarak (grazing) gelen yansıma geniş bir frekans aralığında birbirini neredeyse iptal edecektir. Tipik olarak, azaltım değerleri, serbest bir direkt sesle ilişkili olarak, 100 - 800 Hz aralığında 10 sıra boyunca 10 - 20 dB' yi bulur. Daha fazlası 1000 Hz' in üzerindeki daha yüksek frekanslarda, öndeki sıralarda oturan insanların başlarından dolayı sesin saçılmasına bağlı olarak 10 dB ya da daha fazla azalacaktır [4, s:326].

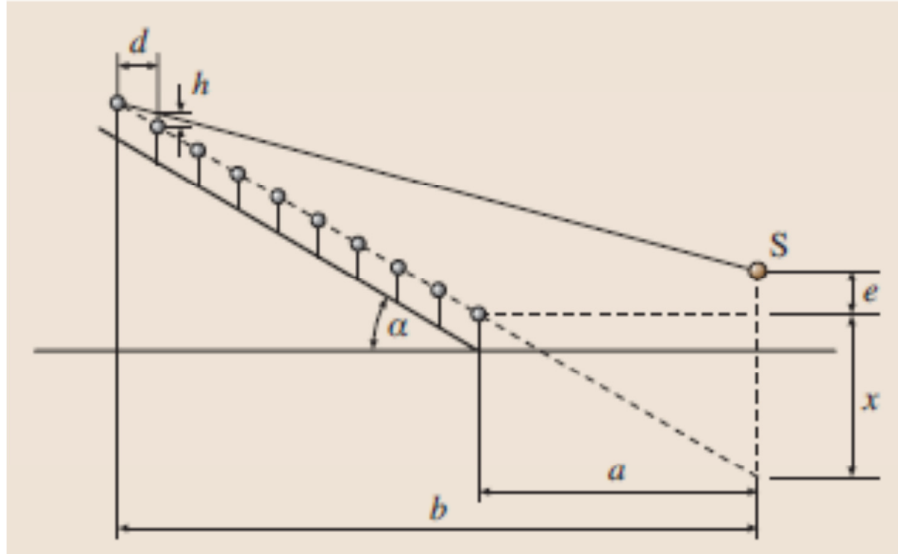
Direkt ses için bahsedilen azalmanın aynı değerleri, düşey yan duvarlardan uzak ilk yansımalar için benzer şekilde geçerlidir. Sonuç, daha zayıf direkt ses, yatay oturma alanındaki erken yansımalar ve oturma alanında azalan netliğin (clarity), samimiyetin (intimacy), sıcaklığın (warmth) subjektif etkileri demektir [4, s:326].

Bu sıyrılarak etkinin azalmasından (grazing incidence attenuation) kaçınmak için, oturmalar, kaynağa doğru yönlendirmeyeyle ilişkili olarak eğimlendirilir. Seyirci zemininin düşey açısı sabit veya mesafe ile aşamalı olarak çeşitlendirilen olabilir. Sabit bir eğim planlanırsa, son sıradaki belli açıklığı (certain clearance, (h) bu ve bir önceki sıradan gelen görüş çizgileri arasındaki düşey mesafeye eşittir) elde etmek için gerekli olan açı (α), Şekil 2.29' da gösterilen çeşitli yollardan hesaplanabilir;

$$\tan \alpha = \frac{hb}{da} - \frac{c}{a} \quad (2.38)$$

Özel olarak, bu formülü kullanmak kaynaktan ne kadar uzaklıkta olduğunu görmek ile ilgilidir, bu da belli bir eğimi devam ettirmek mümkün olur ($\alpha=0$ olduğu bir örnek yatay zemine tekabül eder);

$$b = \frac{d}{h} (e + a \tan \alpha) \quad (2.39)$$



Şekil 2.29 : Sabit eğimlendirilmiş zemin kesiti için gerekli olan açı (α) nın hesaplanması için ilgili parametreler [4, s:326].

a:kaynaktan birinci sıraya olan mesafe,

b:kaynaktan son sıraya olan mesafe,

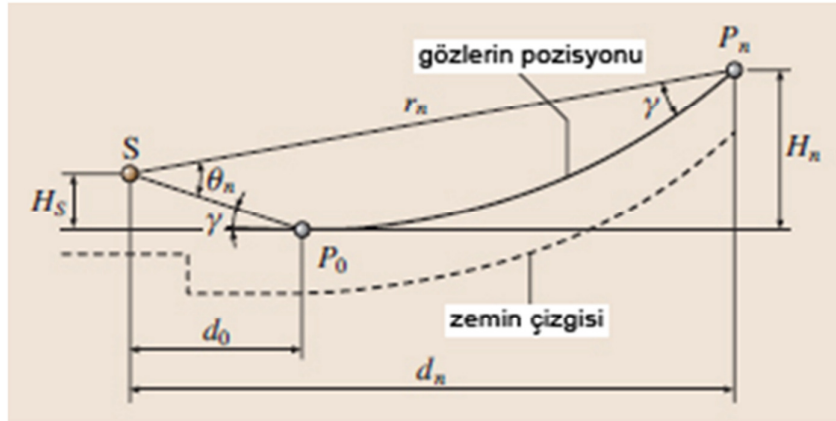
d:oturma sıraları arası mesafe,

e:birinci sıradaki dinleyicilerin başının üzerinin kaynağa olan mesafesi (koltuk alanının zemininin üstündeki sahne zemininin yüksekliği tarafından belirlenir),

h:son sıradaki görüş çizgisi açıklığı (clearance). Kaynağa daha yakın sıralar h' den daha büyük açıklık (clearance) değerlerine sahip olacaktır [4, s:326].

Normal olarak, açıklık (clearance) değeri minimum 8 cm, sıyrılarak etkinin azalmasından (grazing incidence attenuation) kaçınmak için yeterli olacaktır, ama her dinleyicinin, önde oturan bir insanın üzerinden direkt olarak değil, diğer iki başının arasından sahneye doğru bakması için, şaşırtmalı oturma uygulanmadıkça, görüş çizgileri, hala tatmin edici olmayacaktır. Bununla birlikte, eğer açıklık (clearance) 12 civarına yükselirse, hem akustik hem görsel şartlar tatmin edici olur, ama bu daha dik bir zemin eğimi demektir [4, s:326].

Ses kaynağına daha yakın sıralarda çizgisel bir eğim, tasarım hedefinden daha büyük ve istenenden daha yüksek açıklığa (clearance) sebep olacaktır. Çoğunlukla, son sıra, kaynağın üzerinde yükseğe kaldırılmış olmasına sebep olabileceğinden ve dik eğimli zemin salonun verimli hacmini azaltacağından, bu istenen bir şey değildir. Bu nedenle, Şekil 2.30' da gösterildiği gibi, sabit açıklıklı, eğrili bir zemin eğimini göz önünde bulundurmak amaca uygun olabilir [4, s:326].



Şekil 2.30 : Sabit açıklıklı zemin eğiminin hesaplanması için ilgili parametreler [4, s:327].

Şekil 2.30, n. sıradaki bir insanın başının yüksekliği H_n , birinci sıradaki başının yüksekliği ile ilişkilidir, aşağıdaki formüle göre hesaplanır [4, s:327].

$$\begin{aligned} H_n &= d_0\gamma + d(\theta - \gamma) \\ &= \gamma \left[d_n \log_e \left(\frac{d_n}{d_0} \right) - (d_n - d_0) \right] \end{aligned} \quad (2.40)$$

Bu ifadede,

d_0 : kaynaktan birinci sıraya olan mesafe,

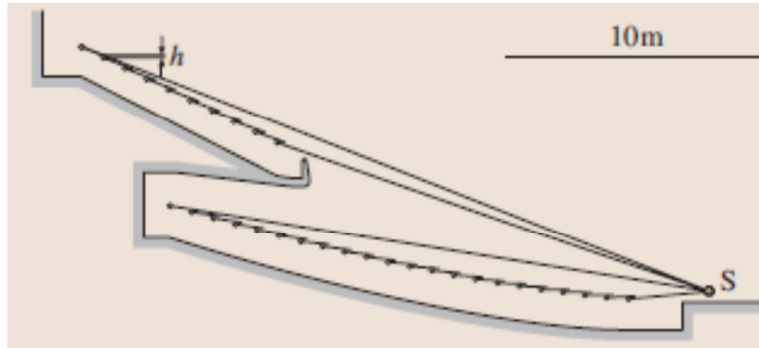
d_n : n. sıra ile kaynağa doğru görüş çizgisi ve oturma düzlemine teğet arasındaki istenen açı olan γ arasındaki mesafedir [4, s:327].

Sıralar arası 1 metrelik mesafe için, 8° lik γ açısı, 12 cm civarında bir açıklığa (clearance) tekabül eder [4, s:327].

Eğrili bir eğim, oturma sıralarının daha küçük kesitlerine basitçe uygulanan çizgisel eğim formülünden de başarılı bir şekilde elde edilebilir. Bu durumda, Eşitlik (2.40)' taki a ve e ilgili kesitteki birinci sırayı kasteder [4, s:327].

Balkonlar sayı olarak daha çok koltuklu bir salona imkân tanır, ama çoğunlukla balkonlar basit olarak sahne ve dinleyiciler arasında daha uzak mesafeden kaçınmak için yapılırlar. Ortalama sahne dinleyici mesafesi, en arkadaki oturma sıralarını yükselterek ve arka veya yan balkonlarda oturma alanlarındaki seyircilerin üst kısmındakilerini ilerleterek belirgin şekilde azaltılabilir. Bu yöntemde, direkt ses yolu azaltılarak, sadece direkt ses artmaz, ama yükseltelen koltuklar yansıyan tavana mümkün olduğunca yakın hale gelir. Sonuç daha büyük kuvvet (strength), hem de balkondaki koltuklar, alternatif olarak daha derin bir salonun arkasındaki koltukların yerleşimiyle kıyaslanınca daha yüksek netlik söz konusudur [4, s:327].

Görüşün çizgileri ve açıklık (clearance) kriterlerini, balkon oturmaları için de yerine getirmek zorunludur. Balkonlarda zemin eğimi, Şekil 2.31' de gösterildiği gibi, çoğunlukla daha az dik olur. Şekil 2.31, balkon oturmalarında ve ana zeminde sabit açıklığı (clearance) olan bir salondan alınmış uzun bir kesiti gösterir. Güvenlik nedenleri için eğim 35° den büyük olmamalıdır [4, s:327].

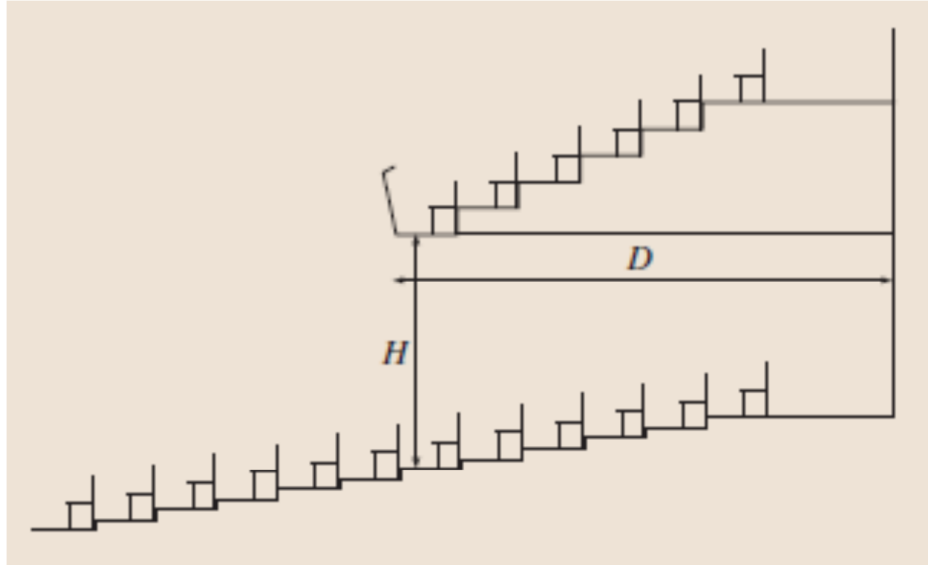


Şekil 2.31 : Arka balkonlu ve sabit açıklıklı (clearance) bir salonun kesiti. Sonuç; yükseltilmiş balkon için artan eğim [4, s:327].

Balkonlar söz konusuysa, balkonun altındaki koltuklarda akustik açıdan özel tedbire ihtiyaç duyulur. Şekil 2.31' de görüldüğü gibi, balkonun altındaki oturma alanının derinliğiyle ilişkili, balkon alınının (front) altındaki yeterli açıklık yüksekliğini garanti altına almak önemlidir. Aksi takdirde, sarkık koltuklarda özellikle çınlama enerjisinin düzeyi azalacaktır, toplam ses enerjisinin azalmasına ve gürülüğün

eksikliğine sebep olacaktır. Tasarımın baş kuralı, çınlama sesinin daha az önemli olduğu tiyatrolar için; $H \geq 2D$ ve gürülüğün daha çok önemli olduğu konser salonları için; $H \geq D$ dir. Koltuktan ana salon hacmine düşey görme açısı bakımından kriterler ifade edilebilir. Yakın zamanda Beranek bunun minimum 45° olmasını önermiştir [4, s:327].

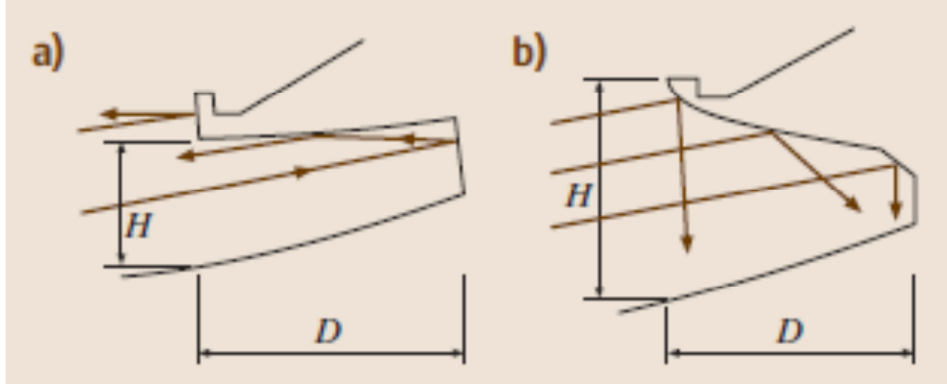
Bazen balkonların üzerine sarktığı sınırlanmış derinlik için gereksinimler belirlenmiştir; oturma alanının son sırasından tavan alanının bir yüzdesinin görülebilir olmasına ihtiyaç duyulması gibi veya son sıradan görüldüğü gibi balkon alınının (front) altındaki dinleyicinin kafası ve balkon altındaki kemer (soffit) arasındaki düşey açıklığın açısı β gibi. İkinci durum için Barron drama salonları için 25° , konser salonları için de 35° nin uygun olduğunu önerir [4, s:327].



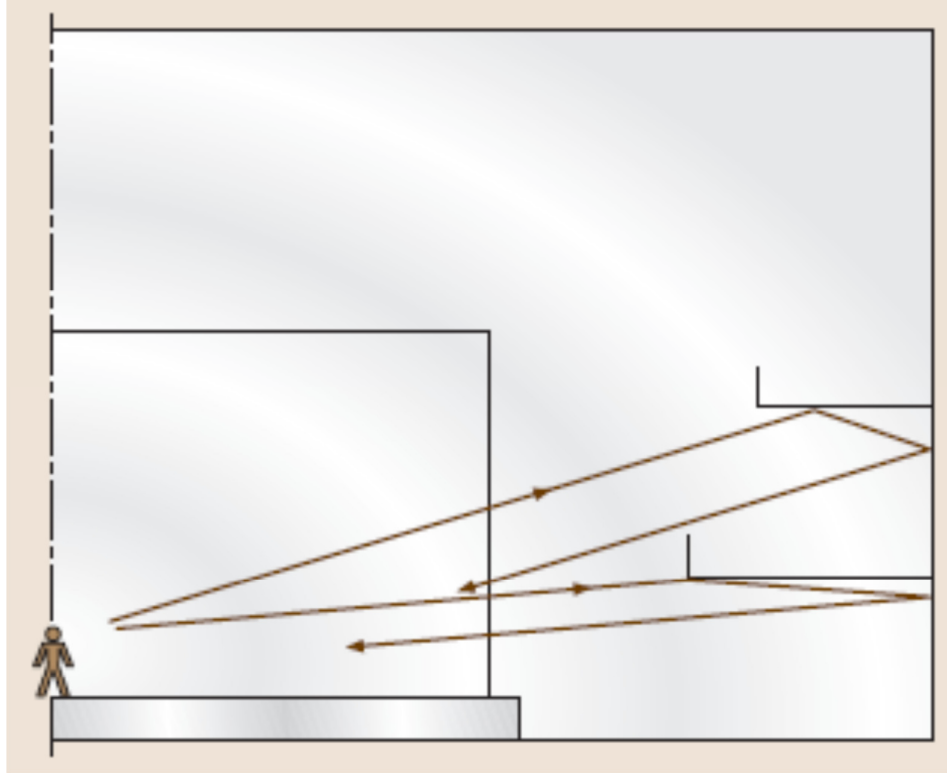
Şekil 2.32 : Balkon tarafından sarkıtılan koltuklarda devam eden uygun ses için önemli parametreler [4, s:328, 7, s:56].

Şekil 2.32' de gösterildiği gibi, balkonun altının kemerinin (soffit) eğimli olmasına izin vermek avantajlıdır, bu nedenle, yansıyan sesin sarkık koltuklara dağılmasına yardımcı olacaktır. Balkonun altının kemerine (soffit) yayılma profili (diffusing profile) eklenirse, bu yüzeyden uzak yansıma, yanal bir bileşen elde edebilir, bu nedenle ferahlık (spaciousness) azalmayacaktır. Bu çizim aynı zamanda aksi durumda, sesin sahneye geri yansımasından kaçınmak için (ekoyu oluşturur) düşey balkon alnı (front) ve arka duvar ile balkonun altının kemeri (soffit) arasındaki doğru açı değiştirilir. Bununla birlikte, yan duvarlar boyunca balkonu olan dikdörtgen bir salonda, yan duvar yüzeyiyle kombinasyon içindeki düşey kemerler (soffit), Şekil

2.33' teki yarım kesitte gösterilen oturma alanındaki erken ve yanal yansıma enerjisini artırabilir [4, s:328].



Şekil 2.33 : a) Kötü, b) İyi balkon profili tasarımı [4, s:328].



Şekil 2.34 : Yan duvarlarla kombinasyon içinde olan yan balkonlu bir salonun yarım kesiti, yandaki balkonlar erken yansıma enerjisini yanal bir açıdan koltuk alanına doğru döndürür [4, s:328].

2.2.2 Oturma alanı ve koltukların tasarımı

Koltuklar ve oturma alanları tasarlanırken güvenli bir düzenleme şarttır. Tasarımcı koltukların konforlu ve ergonomik olmasının yanında seyircilerin oturdukları yerden kalkarken ya da oturacakken oluşturacağı sirkülasyonunu da düşünmelidir [1, s:30].

Konfor için, geniş konumlanmış sıralar istenir ancak bu da hem salonun kapasitesi açısından hem de ekonomik açıdan kullanışlı olmaz veya salonun derinliği artacağından arkadaki sıralar uygun olmayan bir mesafede olur. Ayrıca bu durum tiyatro için çok fazla gerekli bir şart olan konsantrasyonu da bozar [1, s:30].

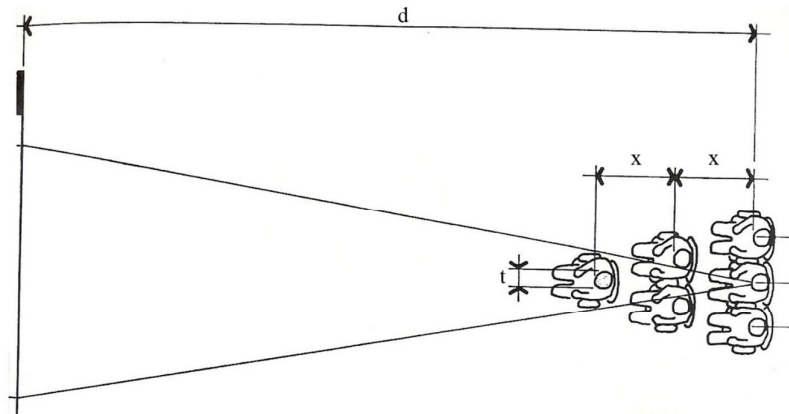
Koltuklar iki ya da üç saat boyunca oturacak kişiye konfor sağlayacak şekilde olmalıdır ki tiyatro meraklısı bir insan bile yeterli konfor sağlanmadığında huzursuz olabilir [1, s:30].

İnsanlar içgüdüsel olarak süngerli, rahat kumaşla kaplı oturaklar isterler. Bazen çok rahat görünen büyük oturaklar aslında sert görünen sandalyelerden daha konforsuz olabilir. Çünkü bu süngerli büyük oturaklar yer kapladığından bacak mesafesinin olduğu kısım küçük kalabilir [1, s:30].

Ayrıca koltukların tasarımı kişilere normal oturuş pozisyonlarında sahneyi görmeyi sağlamalıdır. Yani seyirci konforlu oturmak ve sahneyi görebilmek için ekstra çaba sarf etmek zorunda kalmamalıdır [1, s:30].

Şaşırtmalı koltuk yerleşiminde ilk olarak; sıralardaki koltuklar şaşırtmalı dizilir, sonra her seyirci için 2 sıra önündeki kişinin kafasının üzerinden önünü görebilecek görüş çizgileri hesaplanır. Ama ön sıradaki seyircilerin kafaları sahnenin görünebilen genişliğini kısıtlayacağı unutulmamalıdır [1, s:35], [7, s:242-245].

Düşey görüş çizgilerinin belirlenmesi için yapılan hesaplar, her sıradaki seyirci için önündeki seyircinin kafasının üstünden ön tarafı görebilmesi gerekli olduğunu gösterir. Bu ideal pozisyonudur ama bu her zaman mümkün olmaz [1, s:35], [7, s:242-245].



Şekil 2.35 : Şaşırtmalı oturma düzeninin hesaplanması metodu [1, s:35, 4, s:242-245].

x:Sıralar arasındaki mesafe,

y:koltuk genişliği,

a:sahnenin genişliği,

d:her hangi bir sıranın duvara mesafesi,

t:bir kafa genişliği,

k:sabit bir sayı,

$$k = \frac{(y-t)}{x}$$

$$a = k \times d$$

Mesela,

x=900, y=500 ve t=200, d=9m ise;

k=0,33

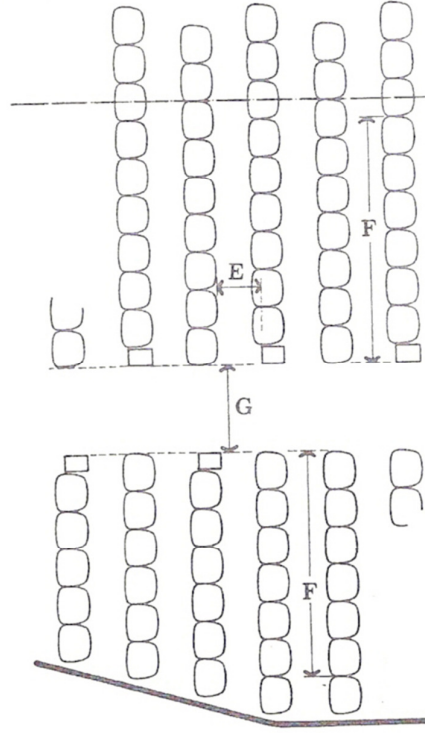
$$a = 0.33 \times 9 = 3 m$$

Sahnenin 3 metre genişlikte olması hiçbir görüş kesintisi olmadan sahne görünebilir. Şaşırtmalı oturmada eğim; görüş çizgileriyle sahnenin odağı aynı doğrultuda olacak şekilde olmalıdır. Eğer sıralar düz olursa öndeki kafalar engelleyici olacaktır, ne kadarlık zaman dilimi için oturulursa oturulsun rahatsız edici olur ve performansa odaklanmayı engeller. Eğer koltuklar sahnenin odağından geçen görüş çizgisi üzerinde yer alırsa görüş daha konforlu olur [1, s:35-36, 4, s:242-245].

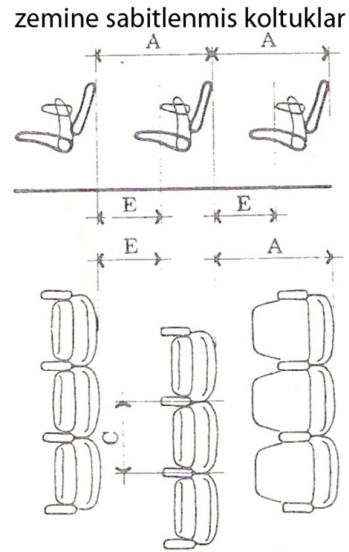
Minimum ölçüler ve geçiş gereksinimleri Çizelge 2.9' da, Şekil 2.36, Şekil 2.37, Şekil 2.38, Şekil 2.39' da gösterilmiştir [1, s:54].

Çizelge 2.9 : Geçiş ve oturma ölçüleri [1, s:54].

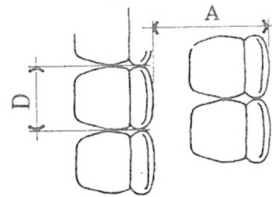
sıralar arası 2 koltuk arası minimum mesafe E (mm)	510mm genişliğinde bir koltuğun koridordan maksimum uzaklığı F (mm)	510 mm genişliğinde koltuk için her sırada olabilecek maksimum koltuk sayısı	
		2 tarafta koridor	1 tarafta koridor
305	3060	14	7
330	3570	16	8
355	4080	18	9
380	4590	20	10
405	5100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



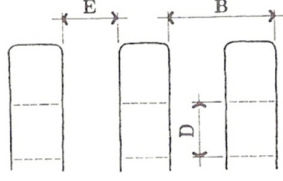
Şekil 2.36 : Salonun bir kısmının planı [1, s:55].



Şekil 2.37 : Kolları olan koltuk dizilimi [1, s:55].



Şekil 2.38 : Kolları olmayan koltuk dizilimi [1, s:55].



Şekil 2.39 : Arkalıksız koltuk dizilimi [1, s:55].

Minimum Ölçüler;

A:Sıralar arası arkalıklı koltukların arkadan arkaya olan mesafesi min:760 mm

B:Sıralar arası arkalıksız koltukların arkadan arkaya olan mesafesi min:610 mm

C:Kolluklu koltukların genişliği min:510 mm

D:Kolluksuz koltukların genişliği min:460 mm

E:Sıralar arası mesafe (seatway) 305 mm, (Çizelge 2.9)

F:Koltuklardan koridora olan mesafe, (Çizelge 2.9, 22' den fazla koltuğa sahip sıralar tehlike teşkil edebilir)

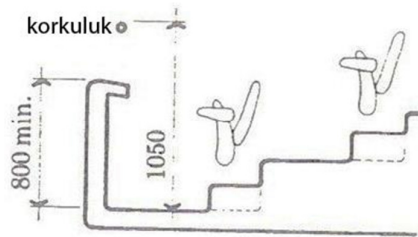
G:Koridorun genişliği min:1070 mm

Balkon önündeki duvarın üst kısmının (rester) genişliği kişilerin dürbün el çantasını gibi eşyalarını rahatlıkla koyabileceği ölçüde olmalıdır 250 mm bunun için uygun bir ölçüdür [1, s:55].



Şekil 2.40 : Balkon önünden kesit [1, s:55].

Şekil 2.41' deki gibi her koridorun sonunda koridor genişliği boyunca korkuluk sağlanmalıdır [1, s:55].



Şekil 2.41 : Balkon önünden karşı koridordan kesit [1, s:56].

Her koltuğun kapladığı hacim düşük olmalıdır, 2,24 ile 4,2 m³ aralığından fazla olmamalıdır. Her koltuk için optimum ölçü 3,08 m³ tür. Her koltuğun hacmini azaltmak ses yüksekliğini artırır ve çınlama süresini azaltır. Azalma, konuşmacının yüksekliğinin artırılması ve zemine eğim verilmesiyle kontrol edilmelidir [3, s:580].

2.2.3 Yansıtıcılar

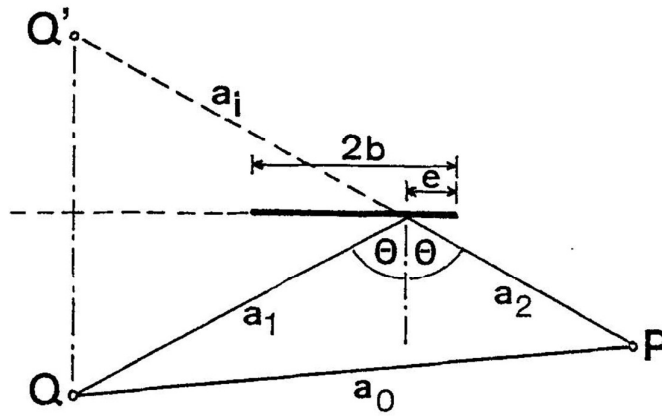
Ses yansıtıcıların kullanımı, hacim akustiğinde kullanılan eski bir çözümdür. Tamamen verimli olmak için genellikle fazla küçük olmasına rağmen, kiliselerde vaiz kürsüsünün üstündeki canopy, bir örnektir. Bilimsel bir temel üzerinde sayısal bir tasarım kriteri kanıtlama girişimi Münih'te "Herkulesaal" ile ilişkili olarak Cremer tarafından 1953'te olmuştur. Fakat dizi paneller ve tekil panellerin akustik davranışları arasındaki fark göz önünde bulundurulmadı, bu ve diğer bazı durumlarda sonuç oldukça az ve büyük yansıtıcıların tasarımıydı. Dizi paneller için farklı bir tasarım kriteri Kopenhag'ta Danish Radio Konser Salonunda yakın zamanda kullanılmıştır [19].

Bugün bilgisayar gücüne kolay erişimin anlamı karışık kırılma ve yansıma olaylarına kesin çözümler bir sorun olmamaktadır. Bununla birlikte mimar ve akustik danışman için, bazı basit tasarım kriteri ve fiziksel davranışın temel bir anlayışı çok daha yararlıdır. Bu basit metotlar bu konuda anlatılmıştır [19].

Reflektörleri kullanmak için birçok sebep listelenebilir. Reflektörlerin pozisyonları ve frekans aralığı amaca bağlı olarak göz önünde bulundurulmalıdır [19].

- Zayıf bir ses kaynağının desteklenmesi: Bu bir konuşmacının arkasına veya üzerine yansıtıcılar yerleştirilerek olabilir. Bazen konkav (iç bükey) yansıtıcılar çok verimli olabilir, özellikle açık havada. Açık hava konserleri için orkestra kabukları başka bir örnektir [19].
- Bir orkestradaki gruplar arasındaki dengenin verimli hale getirilmesi: Orkestra kabuklarının tasarımında bu en önemli kriterlerden bir tanesidir [19].
- Bir orkestra platformunda topluluğun, dengenin verimli hale getirilmesi: Yüksek tavanlı büyük konser salonlarında, orkestranın üzerine asma yansıtıcılar kullanmak gerekli olabilir. Platformun üzerinden yüksekliği 7 ile 10 m arasında olmalıdır. Eğer yansıtıcı çok alçaksa renklilik (coloration) için bir risktir. Bazen duvarlardaki orkestayı çevreleyen eğik yansıtıcılar yeterlidir [19].

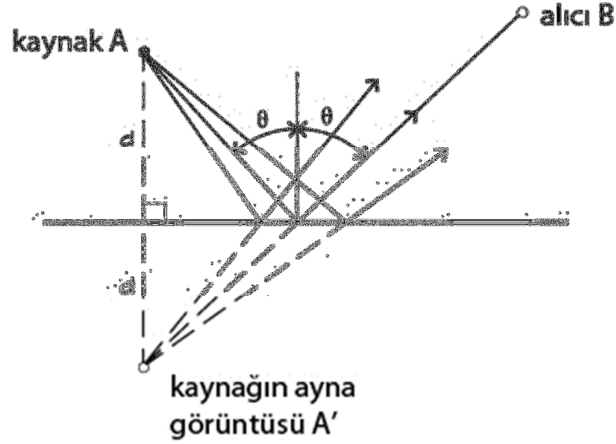
- Eko yollarını engelleme: Çok yüksek bir tavan seyirci alanının ön tarafında ekoya sebep olabilir. Yansıtıcıları yerleştirirken bundan kaçınılmalıdır. Şekil 2.42' de gösterilen en uzun yol uzunluğu= $a_1+a_2-a_0<17$ m şartı sağlanmalıdır [19].
- Uzak koltuklarda düzeyin ve netliğin artırılması: Arka duvardaki yansıtıcılar, balkon önleri gibi yerler yararlı yansımaları arka koltuklara çevirebilirler. Bu ilk maddede anlatılanla benzerdir ama burda yansıtıcılar kaynak yerine alıcıya yakındır [19].
- Yanal yansımaların oluşması: Konser salonlarında erken yanal yansımaların önemi bazen yan duvarlar boyunca yansıtıcılar kullanmaya öncülük eder. Yararlı olması için en uzun yol uzunluğu= $a_1+a_2-a_0<27$ metre şartı sağlanmalıdır [19].
- Yayılmış yansımaların oluşması: Sıklıkla yayılmış yansımalar yansıtıcı yansımalara tercih edilir. Yansımış enerjinin yayılımı demek ek emilim olmadan geometrik yansımanın azalması demektir. Küçük paneller, konveks (dış bükümlü) yüzeyler veya özellikle yayılım yüzeyi olarak tasarlanmış yüzeyler kullanılabilir. Yayılım yüzeyi tasarlamamanın metotları yüksek düzensiz formlar kullanmaktır [19].



Şekil 2.42 : 2b genişliğinde bir panelden ses yansıması.
Q, kaynak, P alıcı ve Q' kaynağın görüntüsü [19].

Yükseltilmemiş konuşma, sesi dinleyicilere dağıtabilecek pozisyonlara sert yüzeyler yerleştirilerek fiziksel olarak artırılabilir. Yansıtıcılar, ilgili frekansları dağıtabilecek kadar geniş boyuta sahip ve yansıma gecikme süresini 30-50 ms aralığından daha az tutacak kadar yakın olmalıdır. 50 - 500 kişilik bir ders salonu ya da toplantı salonunda bu desteği sağlamak için sert tavanlar tercih edilir. 50 kişiden daha küçük sınıflarda duvarların desteğiyle beraber tavanda kullanılan emici malzeme, yeterli ses yüksekliğini sağlamaya ve çınlama gürültüsünü kontrol etmeye yeterlidir [3, s:235].

Yansıtıcı elemanın ayarlanması, dağıtılacak sesin kapsayacağı alana göre belirlenir. Düz yansıma için, sapma açısı ses kaynağının ayna görüntüsünün düştüğü noktadan alıcıya yansıma noktasından geçen bir doğru çizilerek belirlenir. Şekil 2.43' te örneklendirilmiştir [3, s:236].



Şekil 2.43 : Kaynağın görüntüsü [3, s:236, 8, s:104].

Yansıtıcı sonlu uzunluğa sahipse bütün yüzeyi boyunca etkili yansıtıcı özelliği göstermez. Basit yansıma çalışmalarıyla bu durum örneklenebilir. Bu gibi durumlarda yansıma, yansıtıcının sonundan en az 1,5 dalga boyu uzaklıkta gerçekleşiyorsa dikkate alınmalıdır [3, s:247]

Sonlu düzlemsel yüzeylerden yansıma, sıklıkla panellerin orkestranın üzerine "bulutlar" gibi asıldığı konser salonu tasarımında göz önünde bulundurulması gereken bir konudur. Bu bulutlar genelde düz veya dinleyicilere doğru çok hafif tümsek şeklindedir. Tümsek yüzeyden yansıyan ses bir miktar dağılım eğilimi göstereceğinden, bu tercih hizanın bozulmasına (imperfect alignment) göz yummak demektir [3, s:240].

Bir ses dalgası sonlu bir panele çarparsa, dağılan dalgayı etkileyen birçok etken vardır. Panelin merkezi civarına etkiyen yüksek frekanslı ses için yansıma sonsuz bir yüzeyden yansıma ile aynı olacaktır. Köşelerde ise kırılma olabilir, bu durumda genlik azalır ve yansıma açısı geniş açısından farklı olur. Düşük frekanslarda dalga boyu panelden daha büyükse, bir okyanus dalgasının kaya parçasının etrafından akıp geçtiği gibi akar geçer [3, s:240].

Yukarıda anlatılanlardan yola çıkılırsa, bir ses yansımasının düzeyi, noktasal bir kaynaktan çıkan direk sesin düzeyiyle ilişkilidir. Yansımanın azalması farklı fiziksel

etkilere bölünebilir. Bu azalmalar katkı varsayılır bu yüzden düzey farkı şu şekilde yazılabilir [19];

$$\Delta L = L_{refl} - L_{dir} = \Delta L_{dist} + \Delta L_{abs} + \Delta L_{diff} + \Delta L_{curv} \quad (2.41)$$

Genelde en fazla yansıma azalmasına bağlı olarak $\Delta L < 0 \text{ dB}$ dir [19].

- Mesafe: Şekil 2.42' de tanımlanan a_1 , a_2 , a_0 mesafeleri ile azalım, noktasal bir kaynaktan enerjinin geometrik yayılımına bağlıdır [19].

$$\Delta L_{dist} = 20 \log \frac{a_0}{a_1 + a_2} \quad (2.42)$$

- Yansıtıcının malzemesi: Eğer yansıtıcı yüzeyin ses emme katsayısı α gelen enerjinin oranıysa yansıyan enerji $(1 - \alpha)$ veya [19];

$$\Delta L_{abs} = 10 \log(1 - \alpha) \quad (2.43)$$

Eğer $\alpha < 0,10$ ise azalım önemsizdir. Yansıtıcılar çoğunlukla ahşap, plexiglass veya metal gibi sert malzemelerden yapılır. Yoğun bir malzemenin bir katmanını için emilim, birim alandaki kütleyle (m) ilgili olan ve Cremer tarafından gösterilen iletme eşit olacak şekilde ayarlanır. Buradan [19];

$$\Delta L_{abs} = -10 \log \left(1 + \left(\frac{\rho c}{\pi f m \cos \theta} \right)^2 \right) \quad (2.44)$$

f:frekans

θ :gelme açısı

ρc :415 kg m⁻² s⁻¹ havanın karakteristik empedansı

- Yansıtıcının boyutu: Bir yansıtıcının ölçülerinin kaynak ve alıcı arasındaki mesafe ile ilişkili olduğu Şekil 2.42' de görülmektedir. Yararlı bir parametre olan karakteristik mesafe a^* şu şekilde ifade edilir [19];

$$a^* = \frac{2a_1 a_2}{a_1 + a_2} \quad (2.45)$$

Eğer yansıtıcı noktadan kaynağa ve alıcıya olan mesafe yaklaşık olarak aynı ise $a^* \approx a_1 \approx a_2$ olur, ama eğer $a_1 \ll a_2$ ise $a^* \approx 2a_1$ olur. Serbest asılmış bir

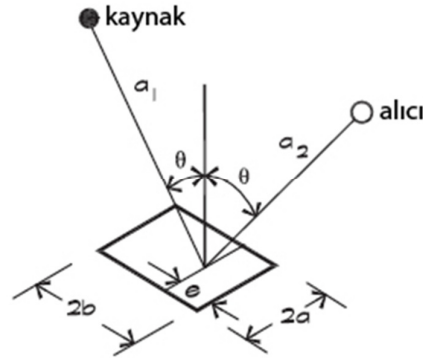
yansıtıcının ölçüleri karakteristik mesafe ve dalga boyuyla $\lambda = c/f$ ile karşılaştırılmalıdır. S alanına sahip bir yansıtıcı için basit bir tasarım kılavuzu olarak, kırılma kayıpları sınırlayıcı frekansın üstünde önemsiz olduğu göz önünde bulundurulabilir [19].

$$f_g = \frac{ca^*}{2S \cos\theta} \quad (2.46)$$

Sınırlayıcı frekansın altında, yansıma her oktav için 6 dB' lik bir oranda azaltılır. Böylece [19];

$$\Delta L_{diff} = \begin{cases} 0 \text{ dB} & f \geq f_g \quad \text{ise} \\ 20 \log(f/f_g) & f < f_g \quad \text{ise} \end{cases} \quad (2.47)$$

Yine aynı şekilde Şekil 2.44' te 2b uzunluğundaki sonlu bir panelin geometrisini göstermektedir. Ses panele köşeden bir e uzaklığında etkirse kırılmanın azaltıcı etkisi, köşeye olan uzaklığın dalga boyuna oranına bağlıdır. Yansıyan sesin alıcıdaki alanı yansıtıcının bütün parçalarının katkıları toplanarak hesaplanır. Bu toplamın çözümü Kirchhoff-Fresnel yaklaşımı ile ele alınmıştır (Leizer (1966) Ando (1985)). Yansıyan enerji, benzer sonsuz yüzeyden yansıyan enerjinin kırılma katsayısı K ile çarpımıyla ifade edilebilir [3, s:240].



Şekil 2.44 : Sonlu Bir Yüzeyden Yansımanın Geometrisi [3, s:241].

Dikdörtgensel bir yansıtıcı için kırılmaya bağlı azaltıcı etki,

K :sonlu panel için Kırılma Katsayısı

K_1 : panelin X boyutu için Kırılma Katsayısı

K_2 :panelin Y boyutu için Kırılma Katsayısı

iken

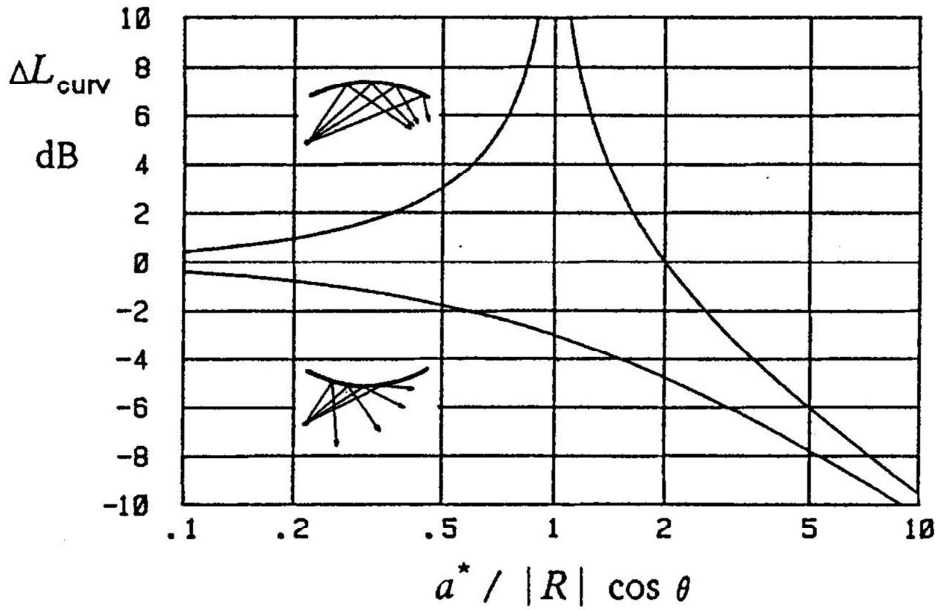
$$\Delta L_{dif} = 10 \log K = 10 \log (K_1 K_2) \quad (2.48)$$

olur [3, s:241].

- Yansıtıcının Eğriliği: Basit bir geometrik faktör R yarıçaplı eğriliğe sahip bir silindirden gelen yansıma için yaklaşık bir terime öncülük eder [19];

$$\Delta L_{curv} = -10 \log \left| 1 + \frac{a^*}{R \cos \theta} \right| \quad (2.49)$$

Dış bükey bir yüzey $R > 0$ sahiptir, iç bükey yüzey ise $R < 0$ sahiptir. İkinci durumda enerji yansıma tarafından yoğunlaştırılır ve eğer $R = -a^*/\cos \theta$ ise odaklanma etkisi görülür. Yukarıdaki eşitlik, Şekil 2.45' te verilmiş iç bükey ve dış bükey bir silindir içindir [19].



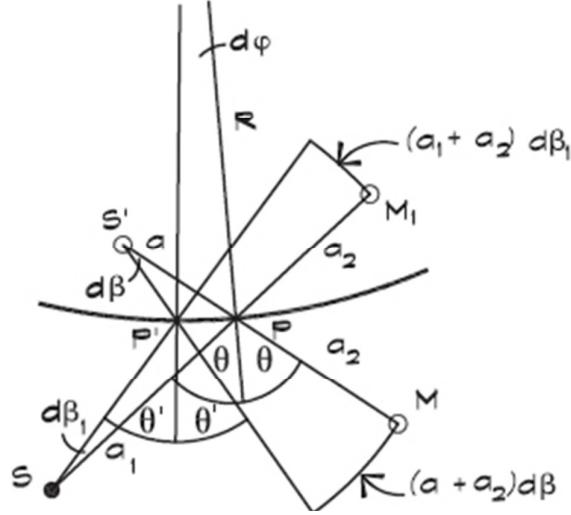
Şekil 2.45 : İç bükey veya dış bükey silindir için eğriliğe bağlı azalma [19].

İki yarıçaplı çift eğrilikli bir yüzeyin olduğu durumda azaltım terimi iki kez kullanılmalıdır [19].

Yansıyan ışınların geometrik bir yapımı için, yansıma noktasından kaynağın görüntüsüne olan mesafeyi, Şekil 2.42' deki a_i , bulmak için bu yararlı olabilir [19].

$$a_i = \left(\frac{1}{a_1} + \frac{2}{R \cos \theta} \right)^{-1} \quad (2.50)$$

Başka bir deyişle, yansıtıcının kavisli olduğu durumlarda; kaynaktan gönderilen ışın, kavisin merkezinden, ışın ve yüzeyin kesiştiği noktaya çizilen doğruya göre, geliş açısıyla yansır. Şekil 2.46' da belirtilmiştir [3, s:247].



Şekil 2.46 : Küresel yüzeyden yansıyan geometri [3, s:247].

Ses küresel bir yüzeyden yansıdığı anda eğrilik dış bükey ise dağılmaya, iç bükey ise odaklanmaya sebep olur. Eğrilığe bağlı azalma Şekil 2.46' da da görülen geometri ile hesaplanabilir. R yarıçaplı katı bir silindir ele alınırsa, enerjideki kayıp etkiyen ve yansıyan ışın demetinin alanlarının oranı ile orantılıdır (Rindel,1986). M alıcısında ses enerjisi yansıyan ışın demetinin genişliği $(a + a_2) d\beta$ ile orantılıdır. Eğer küresellik olmasaydı görüntü noktası M_1 de demetin genişliği $(a_1 + a_2) d\beta_1$ olurdu. Dolayısıyla küreselliğe bağlı azalma aşağıdaki şekilde hesaplanabilir [3, s:247].

$$\Delta L_{curv} = -10 \log \frac{(a + a_2) d\beta}{(a_1 + a_2) d\beta_1} = -10 \log \frac{(a + a_2)(d\beta / d\beta_1)}{(a_1 + a_2)} \quad (2.51)$$

Şekil 2.46' dan faydalanarak $d\beta = a_1 d\beta_1 = R d\phi \cos \theta$, and that $d\beta = d\beta_1 + 2 d\phi$ olduğunu görürüz ve aşağıdaki eşitliği elde ederiz [3, s:247].

$$\frac{d\beta}{d\beta_1} = 1 + \frac{2a_1}{R \cos \theta} \quad (2.52)$$

$$a^* = \frac{2a_1 a_2}{a_1 + a_2} \quad (2.53)$$

a^* değerini Eşitlik (2.53)' ten hesaplayarak, Eşitlik (2.52)' yi, Eşitlik (2.51)' de yerine koyduğumuzda aşağıdaki formülü elde ederiz [3, s:247].

$$\Delta L_{curv} = -10 \log \left| 1 + \frac{a^*}{R \cos \theta} \right| \quad (2.54)$$

İç bükey yüzeyler için de negatif bir R değeri ile aynı formül kullanılabilir. Şekil 2.45' te iç bükey ve dış bükey yüzeylerin her ikisi için de sonuçlar görülebilir [3, s:247].

Bu analiz, kaynak ve alıcının Normali silindirin eksenine olan bir düzlemde yer aldığını varsayar. Bu varsayımın geçerli olmadığı durumlarda a^* ve θ bu düzlem üzerine yapılacak normal yansımadan çıkarılmalıdır (Rindel, 1985). Çift eğrilik yarıçapı olan çift küreselliği olan bir yüzey varsa bu kürelerin normallerinin düzlemine etkiyen uygun yansımalar kullanılarak azaltıcı etki formülü de 2 kez uygulanmalıdır [3, s:248].

Şekil 2.47 küçük bir küresel yüzey (1,4 m x 1 m) üzerinde 0 derecelik etki açısıyla 3 ila 19 kHz frekans aralığında TDS kullanılarak yapılan ölçümlerin sonucunu verir. Bu veri Rindel' in (1985) kırılma etkilerini dayandırdığı, ölçülen değerlerin çeşitliliğini gösterir [3, s:248].

				
yarıçap R	2.0 m	0.5 m	-2.0 m	-0.5 m
$a^* / R \cos \theta$	0.5	2.0	0.5	-2.0
$\Delta L_{curv} (calc.)$	-1.8 dB	-4.8 dB	3.0 dB	0.0 dB
$\Delta L_{curv} (meas.)$	-2 ± 0.5 dB	-5 ± 1 dB	3 ± 1 dB	-1 ± 2 dB

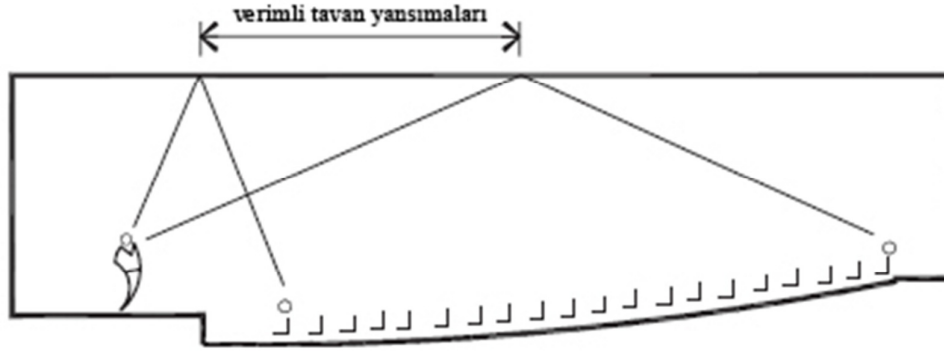
Şekil 2.47 : Hesaplanan ve ölçülen ΔL_{curv} değerleri [3, s:248].

Bunlara ek olarak, ses sonlu küresel bir panelden yansıdığına, mesafe, emicilik, boyut ve eğriliğin bileşke etkisi hesaplamalara dâhil edilmelidir. Çok yönlü bir ses kaynağı için yansıyan sesin direkt sese göre bağlı seviyesi şu şekilde hesaplanır [3, s:249].

$$L_{refl} - L_{dir} = \Delta L_{dist} + \Delta L_{abs} + \Delta L_{dif} + \Delta L_{curv} \quad (2.55)$$

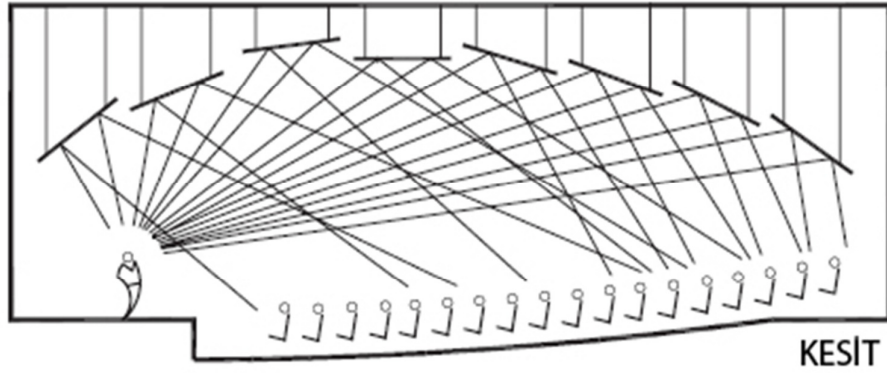
Tavanın şekli sesin salona eşit olarak dağılmasında kullanılabilir. Şekil 2.48' de basit bir düz tavan kesit örneği verilmiştir. Bu örnekte yansıyan ışınlar, orta ve ön

bölümleri kapsar, ama tavanın arka bölümlerin üzerine düşen enerjinin büyük bir bölümü, arka emici duvarların üzerinde sönümlenir [3, s:583-585].

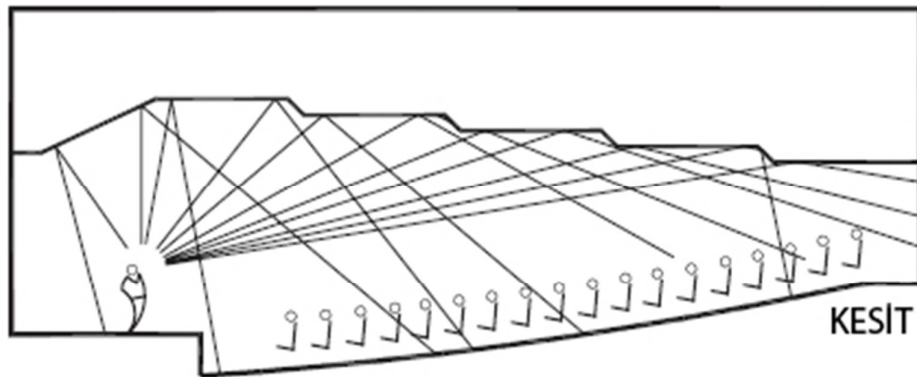


Şekil 2.48 : Düz Tavan Kesitinden Yansımalar [3, s:584].

Tasarımı geliştirmek için, tavan Şekil 2.49' daki gibi bölünebilir veya oturma yerleri yükseltilebilir ve tavan Şekil 2.50' deki gibi basamaklı şekilde tasarlanabilir. Şekil 2.49 ve Şekil 2.50' nin ikisinde de bölünmüş yansıtıcıların sonu dağınık olduğundan, tavanın sadece yarısına yakını verimli yansımalar sağlar [3, s:585].



Şekil 2.49 : Bölünmüş Tavandan Yansıyan Ses [3, s:585].

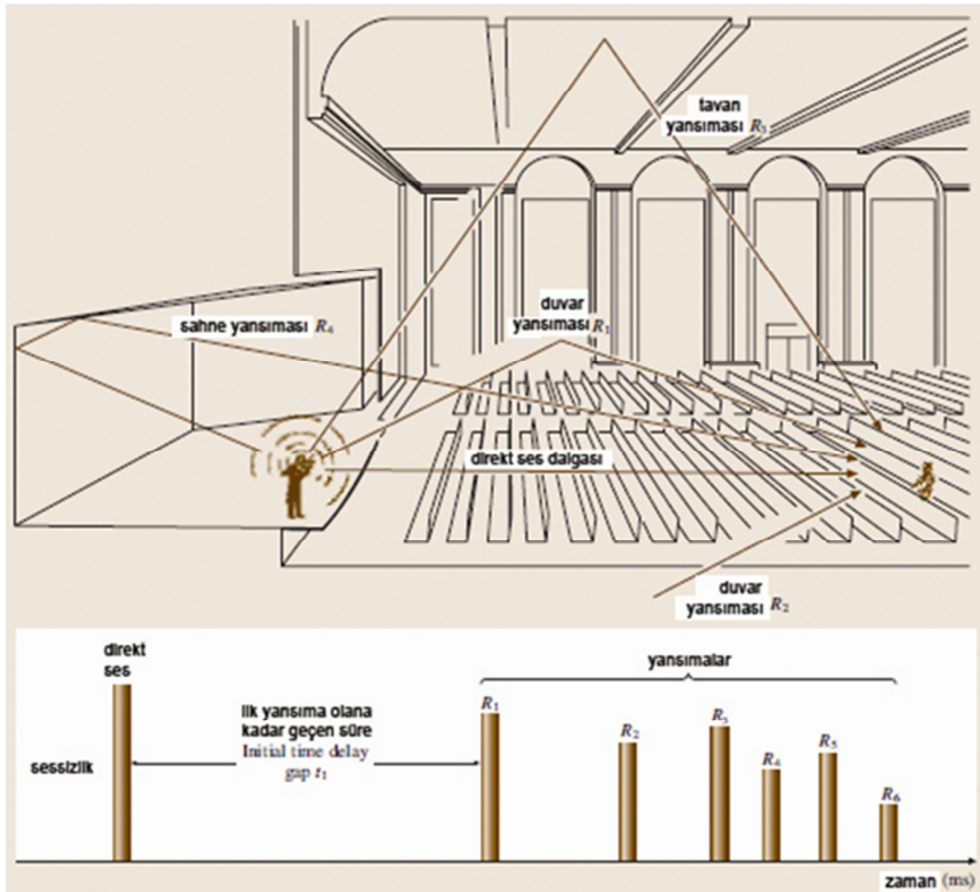


Şekil 2.50 : Kademeli Tavandan Yansıyan Ses [3, s:585].

Enerji dağılımı konuşmacının konuşması süresince değişebilen konumuna bağlıdır, dış bükey panellerden ek bir esneklik sağlanabilir. Dinleyici için ses kaynağının yerini belirlemeyi zorlaştıracağından, paneller sesi direk olarak aşağıya ve dinleyiciye arkadan yansıtmak için kullanılmamalıdır [3, s:585].

Bir hacimde ses alanının duyulabilir özellikleri konusundaki bilgilerin temel kaynağı sinyal tepkisidir. Aslında, bu sinyal belirli 2 kaynak ve alıcı pozisyonları arasında, bir hacmin akustiği hakkında bütün bilgileri içermesi için gösterilebilir [4, s:304].

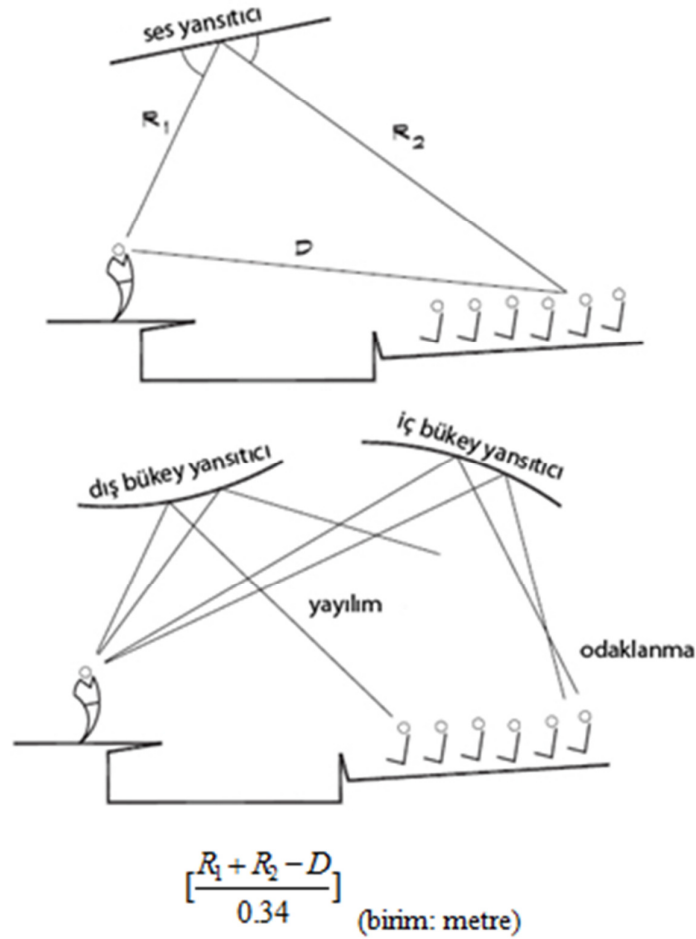
Şekil 2.51' deki gibi sahnedeki bir kaynaktan yayılan kısa bir ses sinyali göz önünde bulundurulduğunda, bir küresel dalga kaynaktan bütün yönlerde yayılır ve sesi ilk duyan dinleyici pozisyonunda, kaynaktan alıcıya direkt yayılan dalganın bir parçası ulaşır, buna direkt ses denir. Şekil 2.51' in alt kısmında, bir hacimde verilen pozisyon alınan sinyal-zaman ilişkisini gösterir [4, s:304].



Şekil 2.51 : Bir hacimde meydana gelen sinyal tepkisinin gösterilmesi [4, s:304], [3, s:590], [9, s:42], [6, s:109].

Şekil 2.52, bir dalganın kaynak - yansıtıcı (R_1), yansıtıcı - alıcı (R_2) ve kaynak - alıcı (D) yani direkt ses, olmak üzere izlediği yolu şematize eder. Şekil 2.52' nin ilk bölümünde yansıtıcılar düzlemsel, ikinci bölümünde ise iç bükey ve dış bükey olmak üzere küresel yüzeylerden oluşmaktadır. Bu anlatılanlara bağlı olarak gecikme süreleri Şekil 2.52' deki formüllerde hesaplanabilir [3, s:584].

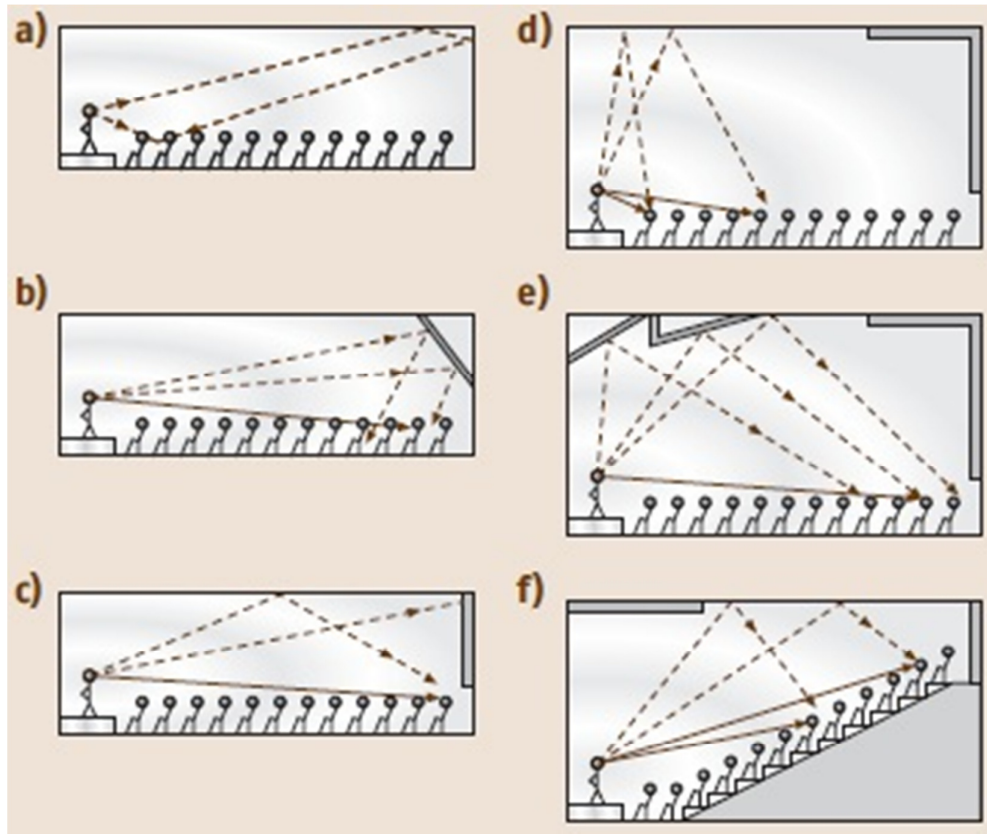
Dalganın, alıcıya ulaşmadan önce, hacmin sınırlarından ya da hacimdeki diğer nesnelerden, bir ya da daha fazla kez yansıyan bölümleri bu bileşeni (direkt ses) takip eder, bu erken yansımalar (early reflections) olarak adlandırılır. Direkt sestten daha geç varmasının yanında, normal olarak bu yansımalar, zaman ile küresel dalganın alanının artmasından dolayı (küresel mesafe azalması-spherical distance attenuation) şiddeti azalacağından aynı zamanda daha güçsüzdür ve her geçen sürede enerjinin kırılması emilir, dalga daha çok ya da daha az ses yutucu sınırlara ya da nesnelere isabet eder [4, s:303].



Şekil 2.52 : Tavan Panelleri Yol Farkı [3, s:584].

25 kişiden fazla seyircili salonların birçoğunda, erken yansımaların, kaynaktan seyircilere giden düzenli sesin dağılmasına nasıl yardımcı olacağını göz önünde bulundurmak uygundur. Bu erken yansıma enerjisini artıracaktır netliği/anlaşılabilirliği geliştirecektir ve belki hatta daha fazla ses enerjisini yutucu seyircilere karşı yönlendirerek çınlama süresini düşürecektir [4, s:330].

Konuşma amaçlı hacimlerde, tavan yüksekliği, Bölüm 3.1' de açıklandığı gibi değiştirilmelidir böylece, bu yüzey, erken yansımaların seyircilere dağılması için ana yüzey olur. Şekil 2.53, alçak ve yüksek tavanlı hacimlerde bunun nasıl başarıldığını göstermektedir [4, s:330].



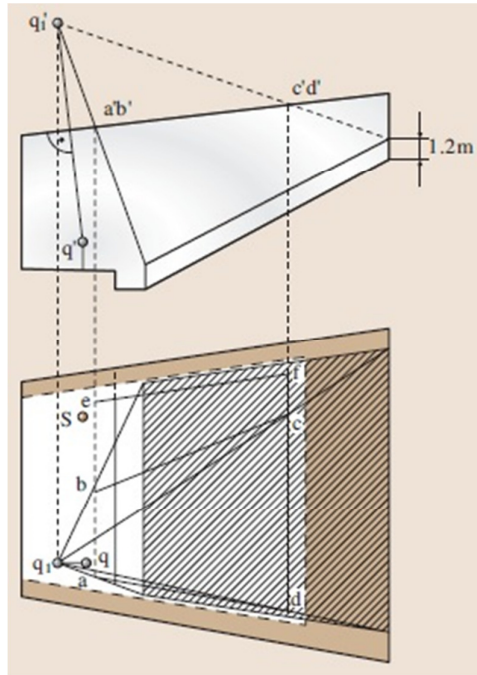
Şekil 2.53 : Salonda erken yansıma kontrolü [4, s:331]

Bu şekilde, üstteki iki durumun gelişime ihtiyacı vardır. Soldaki alçak tavanlı hacimde arka duvar ya da tavan kombinasyonundan gelen eko, köşede eğri (slanted) yansıtıcı kullanılarak kaldırılabilir. Bu yöntemde, bu büyük mesafede, güçsüz direkt sesi telafi etmeye ihtiyacı olan arka sıralara faydalı olması için, ses, yeniden yönlendirilir. Alternatif olarak, arka köşeden gelen bu enerji, köşenin yanındaki bir ya da her iki yüzeyde yutuculuk sağlanarak azaltılabilir [4, s:330-331].

Eğer tavan, hacmin ön kısmında eko oluşturacak kadar yüksekse, sağda görüldüğü gibi, ön kısma, benzer şekilde, sesi uzak sıralara yönlendiren eğri (slanted) yansıtıcılarla veya bu tavan alanı ses yutucu yapılarak çözüm bulunabilir. Şekil 2.53' teki alt sağdaki kesit zeminin hacmi azaltmak için nasıl eğimlendirildiğini ve arka koltukların faydalı yansıtıcı tavana nasıl yakın olmalarının sağlandığını gösterir [4, s:330-331].

Eğer mimari sebepler, konuşma ya da ritmik müzik amaçlı bir hacimde, tavanın daha yüksek olmasını gerektirirse, hacmin yüzeylerinin var olan alanında, çınlama süresini kontrol etmek için, ses yutucu malzeme kullanılarak tedbir alınmalıdır. Bununla birlikte, daha çok ses yutuculuk, hacimdeki toplam ses düzeyini düşürecektir bu nedenle, bu sadece eğer ses yükseltilebilirse önerilir [4, s:330-331].

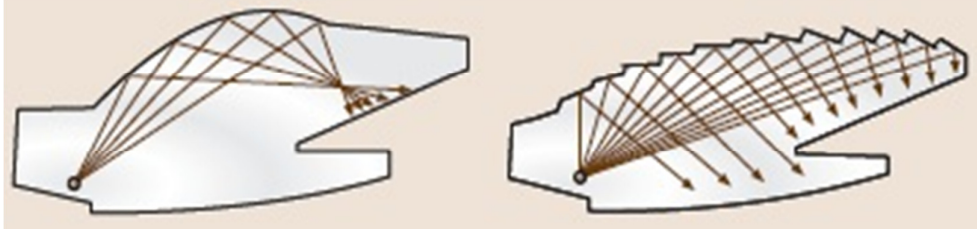
Eğer tavan kısmen yutucuysa, tavan yüzeyinde kaynağın görüntüsü çizilerek ve bu görüntü noktasından oturma alanının sınırlarına çizgileri bağlayarak, geometrik olarak bütün dinleyicilere birinci dereceden yansımaların devam etmesini sağlayan tavan alanı oluşturulabilir. Şekil 2.54' te gösterildiği gibi, bu çizgiler asıl tavandan geçiyorsa, yararlı yansıtıcı alan için sınırlarını da belirlemiş olur [4, s:330-331].



Şekil 2.54 : Birinci dereceden yansımali seyirci alanını kaplamaktan sorumlu olan belirli alanın çizimi [4, s:331].

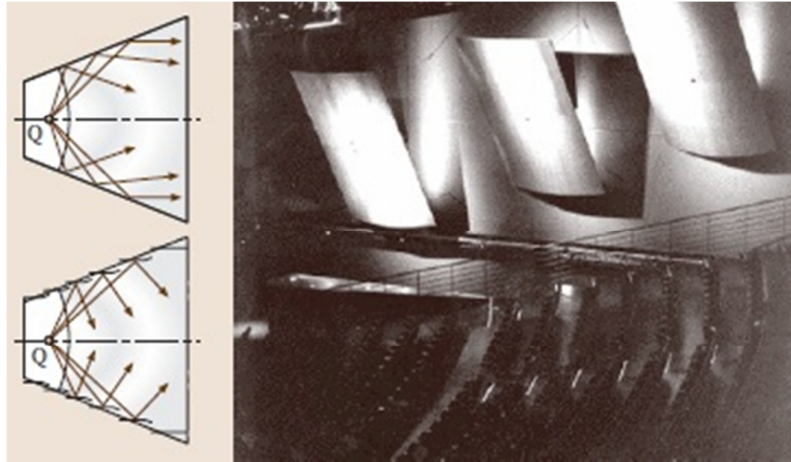
Daha büyük salonlarda, daha detaylı tavan profil şeklinin, direkt sesin dinleyicilere pürüzsüz bir şekilde dağılmasını garanti altına almaya ihtiyacı olabilir. Şekil 2.55' te

belirtildiği gibi, tavan panelinin parçalarının boyutu, makul düşük frekanslarda yansımaların yeniden yönlendirilmesi için yeterince büyükse, tavanın genel şekli olan konkavlık devam ettirilebilir [4, s:331].



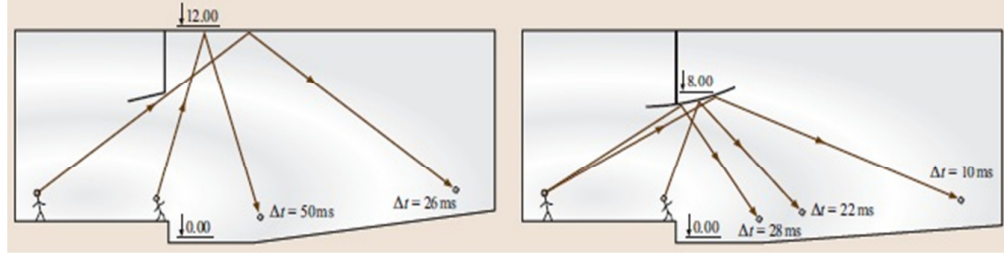
Şekil 2.55 : Odaklanmadan kaçınmak ve daha fazla pürüzsüz ses dağılımı sağlamak için tavan profilinin yeniden şekillendirilmesi [4, s:332].

Şekil 2.56' da gösterilen genel tavan formunun devam ettirilmesi sırasında, yüzeylerin bölgesel olarak yeniden şekillendirilmesi gösterilmektedir, yayvan yan duvarlar boyunca daha küçük alanların neredeyse paralel ayarlanmasıyla duvarlara zigzag şekli verilerek fan şekli bir salonda zayıf yanal yansımalar geliştirilebilir. Şekil 2.56' daki fotoğrafta gösterilen örnekte, paneller duvar yüzeyinden ayrılır ve aşağıya yönlendirilir [4, s:332].



Şekil 2.56 : Fan şekli bir salonda bölgesel olarak yeniden şekillendirme yaparak ya da hacmin uzun eksenine paralel paneller ekleyerek yan duvar yansımalarının geliştirilmesi [4, s:332].

Birçok durumda salon hacmini değiştirmeden bir yansımanın düzeyini artırmak ve gecikmeyi azaltmak avantajlıdır. Bu durumda, Şekil 2.57' de gösterildiği gibi birbirinden ayrı yansıtıcı yüzeyleri hacmin sınırlarına asmak önerilir. Eğer yansıtıcı orkestra çukurunun üzerine yerleştirilirse, sahneden koltuk alanındaki koltuklara giden erken enerjiyi artırdığı gibi, orkestra çukurundaki müzisyenler arasına giden ortak duyumları da artırır [4, s:331].



Şekil 2.57 : Sahnenin önüne asılan yansıtıcı panelin yansıma yolu üzerindeki etkisi [4, s:332].

Asma yansıtıcılar aynı zamanda var olan hacimde, Royal Albert Hall, Londra gibi, akustik iyileştirme için de uygundur, çünkü ana bina ciddi şekilde etkilenmez [4, s:331].

Verilen bir kaynak pozisyonu için, küçük bir yansıtıcı alıcı pozisyonlarının sadece sınırlı alanını kaplar. Bu nedenle, yansıtıcıların bir senfoni orkestrasında farklı kaynaklar ya da bölümler arasındaki denge duygumunu nasıl etkileyeceği tamamen göz önünde bulundurulmalıdır. Denge seyircilerin farklı kısımlarında çok farklı olduğundan, küçük yansıtıcılarla, bölümler arasındaki denge göz önünde bulundurulabilir. Yansımalar tarafından çevrelenen alanı uzatmak ve düzeyini yumuşatmak için yansıtıcılara az bir dış bükey şekil vermek çoğunlukla avantajlıdır [4, s:331].

Sınırlı boyuttaki panelden uzak yansımanın doğası fazlasıyla frekansa bağlıdır ve bazı faktörlerden etkilenebilir; alıcı - kaynak mesafesi, panel malzemesinin yutuculuğu, panel boyutu ve dalga boyu arasındaki oran tarafından kontrol edilen kırılma, panelin eğrilğine bağlı olarak odaklanma/ saçılma gibi [4, s:331].

Serbest alanda küresel bir dalga için, mesafeye bağlı azaltım, kaynaktan yansıtıcıya toplam mesafe (a_1) ile yansıtıcıdan alıcıya olan mesafe (a_2) toplamının her iki katı mesafe için 6 dB' dir. Yansıtıcılar yansıtıcı bir malzemeden yapılacağından, normal olarak, yutuculuğa bağlı azaltım ihmal edilebilir. Plastik folyo ya da kanvas gibi ince, hafif malzeme kullanıldığı durum bir istisna olabilir [4, s:331].

Ayrıca anlatılanlara ek olarak, salon büyük olduğunda ve bir seyircinin maksimum mesafesi 18 metreyi aştığında tavan yansıtıcıları çok işe yarar. Tavan yansıtıcıları yansımaları en uzak mesafedeki seyirciye daha fazla yoğunlaştıracak şekilde tasarlanmalıdır. Yansıtıcıların tasarlanmasında çeşitli olacak ses kaynaklarının yerlerini belirlemek gerekir. Özellikle bir tiyatrodan ayarlanabilir bir sahne

kullanılabilir. Yansıtıcı malzemeler pürüzsüz ve gözeneksiz olmalıdır ve ağırlığı konuşma için 5 kg/m², müzik için de 25 kg/m² 'den az olmamalıdır [1, s:40].

2.2.4 Güvenlik ve çıkışlar

Salonlarda oluşabilecek en yaygın tehlike yangındır. Kullanılan malzeme ateşin yayılmasını engelleyici nitelikte olmalıdır. Alınan önlemler alevlerin yayılmasını engellemelidir, çünkü bu yayılım patlamalara da sebep olabilir. Buna ek olarak salonun havalandırması da dumanın yayılmasını engellemeli dışarıya tahliye etmelidir. Sahne arkası birimler birbirinden izole edilmelidir. Bütün bölümler doğrudan havalandırılmalı ya da birbirinden bağımsız yangına dayanıklı bir baca ile açık havaya açılmalıdır. Sahne özel bir risk taşır ancak bir seyirci için hem salon hem de binanın sirkülasyon alanları da tehlike oluşturur [1, s:42].

Sahne önü duvarı, salon ve sahne arasında ateş ve duman bölücü görevi görür. Sahnedeki açıklıklar; geçişler, orkestra çukuru, kapılar dikkatlice detaylandırılmalıdır ki ateş ve dumanı kesmeyi engellemesin. En büyük açıklık olan sahne önü yangına dayanıklı bir perde ya da bölme ile ayrılmalıdır [1, s:43].

Her bir balkondan veya zemin kattan en az iki çıkış olmalıdır, birbirlerinden bağımsız ve biri diğerinden mesafeli olmalıdır. Salondan çıkışlar öncelikle güvenliği sağlayacak bir şekilde dağıtılmalıdır ama aynı zamanda normal sirkülasyon alanlarıyla da ilişkili olmalıdır. Çıkışlar insanlara tanıdık olursa, acil bir durumda dışarı çıkmaları daha kolay olur. Bu nedenle eğer mümkünse özel acil çıkışlardan kaçınmak doğru olacaktır. Sahnede ortaya çıkan bir yangın sonucu bina tahliye edilmek zorunda kalınırsa, yanmaz perde ya da bölme devreye girip sahneyi kapatsa bile, kaçış doğal olarak ateşe doğru olmayacaktır bu nedenle çıkışın sahne önüne yakın olması önerilmez ki daha çabuk bir tahliye sağlansın. Çıkışların arkada yer alması için diğer bir sebep de tehlike anında basamakları çıkmak inmekten daha kolay ve güvenli bir durumdur. Fuayedeki kafe ve restaurantlarda da yangın çıkma olasılığı fazladır. Bu alanda oluşacak acil bir durum olasılığına karşın, bazı çıkışların salonun ön tarafının yakınında olması iyi olacaktır [1, s:49].

Çizelge 2.11 bazı standartlara göre bir salon için minimum çıkış sayılarını, Çizelge 2.10 minimum çıkış genişliklerini gösterir.

Çıkışların sayısı ve genişlikleri, seyircinin salondan 2,5 dakika içinde çıkmasını sağlamalıdır. Bütün çıkışlar fark edilmesi için aydınlatılmalıdır. Kaçış esnasında

kapılar kaçış doğrultusunda açılmalıdır. İstisnai bir durum olarak bina giriş kapıları dönebilen çift yönlü olabilir. Dönen kapılar ve turnikeler çıkış kapısı olarak sayılmaz çünkü panik esansında kullanımı tehlikeli olabilir, tiyatro ve sinemalarda asla kullanılmamalıdır. Çıkış koridoru ve kapıları üzerindeki kapı kolu gibi aksesuarlar 7,5 cm' den fazla çıkıntı yapmamalıdır. Çıkış rotası diğer balkonların servis alanından geçmeyecek güvenli bir alan şeklinde olmalı, yangına dayanıklı yapı şeklinde tasarlanmalı, kullanılacağı sırada panik şartları da göz önünde bulundurulmalıdır. Kaçış yolu üzerinde dar geçişler, pürüzlü yüzeyler ve basamaklar olmasından kaçınılmalıdır [1, s:51].

Çizelge 2.10 : Minimum Çıkış Genişlikleri [1, s:51].

Her çıkış başına düşen kişi sayısı	SR	HO	GLC
	m	m	m
200	2,134	2,236	2,134
300	2,134	2,236	2,438
400	2,134	2,236	2,743
500	2,667	2,794	3,048
750	4,724	4,470	4,572
1000	5,334	5,588	6,096
2000	10,668	11,176	12,192
3000	16,002	16,764	18,288

Çizelge 2.11 : Bir Salon İçin Minimum Çıkış Sayısı [1, s:50].

minimum kişi sayısı	SR	HO	CSR	GLC
1-60	1		1	
500' e kadar		2		2
61-600	2		2	
750' yekadar		3		3
601-1000	3		3	
1000' e kadar				4
1250' ye kadar		4		5
1001-1400	4		4	
1500' e kadar		5		6
1401-1700	5		5	
1750' ye kadar				7
1701-2000	6		6	
2000' e kadar		6		8
2001-2250	7		7	
2250' ye kadar				9
2251-2500	8		8	
2500' e kadar		7		10
2501-2700	9		9	
2750 ye kadar	10	8		11
3600 e kadar	12			15

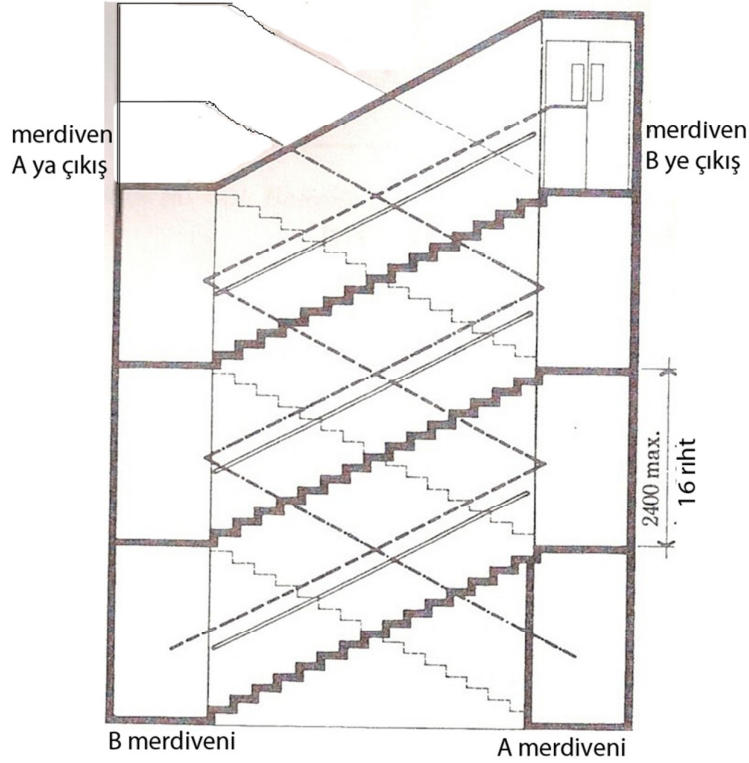
SR: Bina Standartları Düzenlemeleri (İskoçya, 1970)

HO: Tiyatro ve Diğer Eğlence Mekânlarında Güvenlik Gereksinimleri

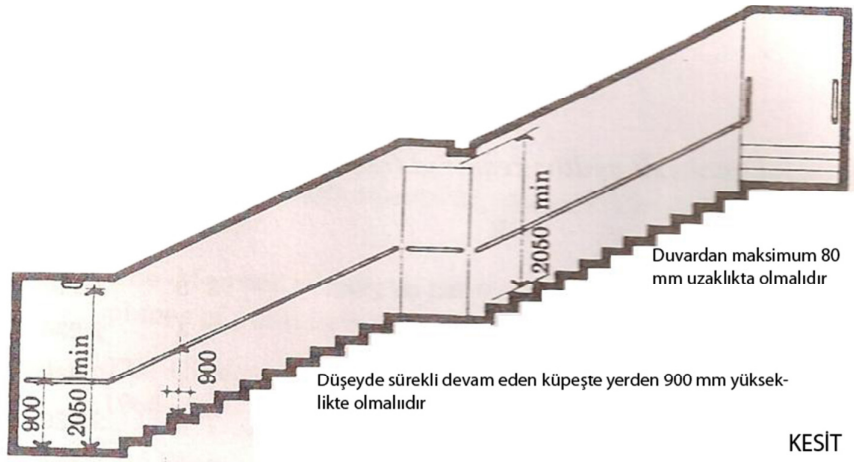
CSR: Sinematograf Güvenlik Gereksinimleri

GLC: Genel Eğlence Mekânları, Teknik Düzenlemeler

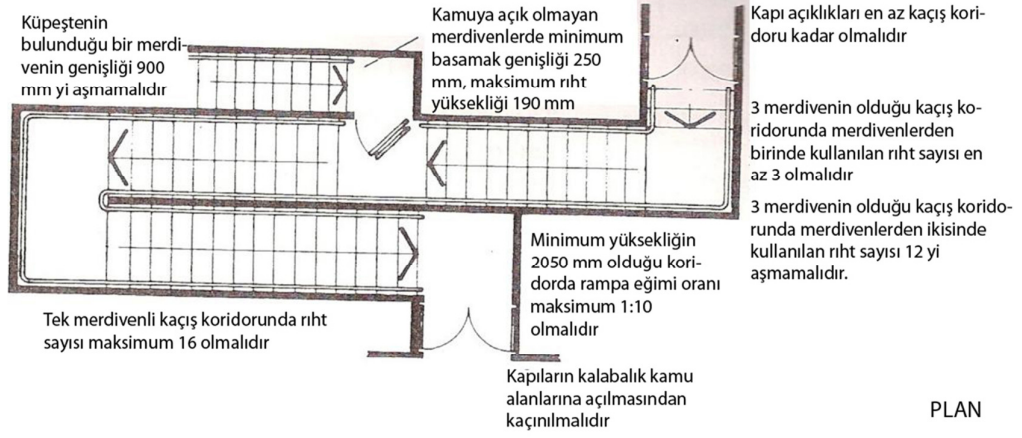
Şekil 2.58, Şekil 2.59, Şekil 2.60, Şekil 2.61, Şekil 2.62 kaçış merdivenlerini ve basamakları göstermektedir.



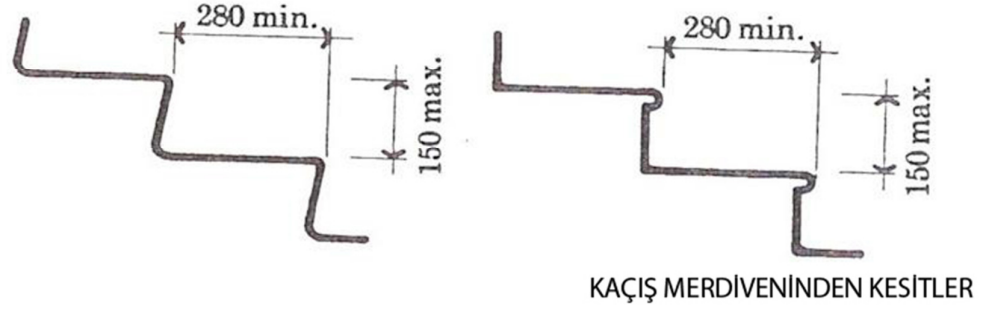
Şekil 2.58 : Kaçış merdiveni [1, s:52].



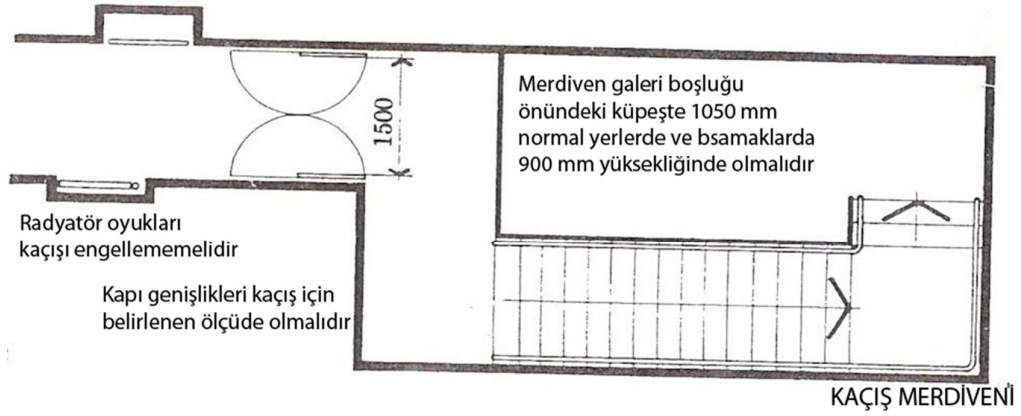
Şekil 2.59 : Kaçış merdiveni [1, s:52].



Şekil 2.60 : Kaçış merdiveni [1, s:52].



Şekil 2.61 : Kaçış merdiveni basamakları [1, s:52].



Şekil 2.62 Kaçış merdiveni [1, s:52].

Çapraz olan makas kaçış merdiveni sayesinde birbirinden bağımsız iki merdiven oluşur, bir kule diğeri için yangın bölücü özellik gösterir ve her kaçış merdiveni için 16 tane riht önerilir [1, s:53].

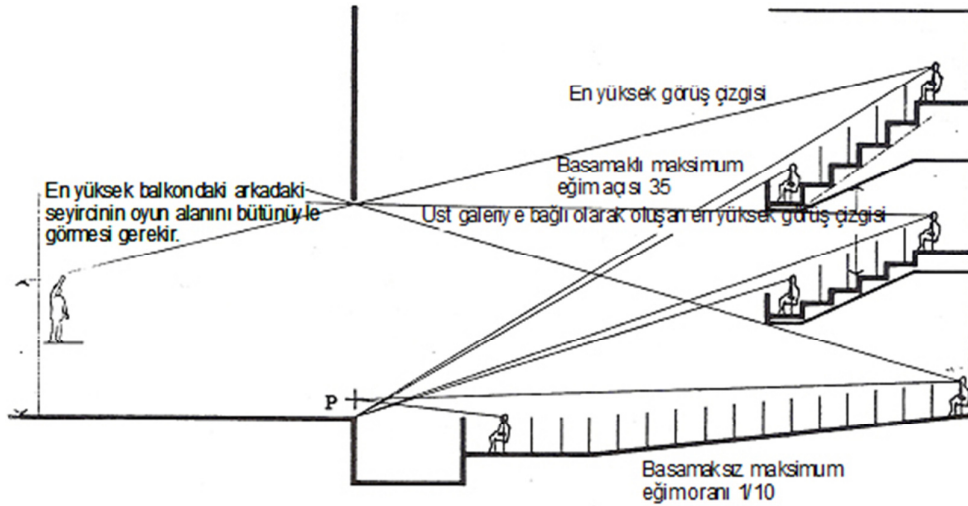
Güvenlik perdesinin birçok çeşidi vardır. Maksimum koruma tek parça olarak asılmış rijit olanları tarafından sağlanır. Rijit güvenlik perdeleri kule yüksekliğinin sınırlı olması durumunda iki hatta üç parça olarak uygulanabilir [1, s:67].

Perde çelik halatlarla asılır ve dengelenir bu nedenle serbest bırakıldığında hala kendi ağırlığının altına düşecek kadar ağır olacaktır. Sonuna geldiğinde sahneye çarpmasını engelleyen bir hava tamponu aracılığıyla yavaşlatılır. Tamamen kapatıldığında sahne açıklığını kapatır. Perde saniyede ortalama 30 cm den az yol almamalıdır ve 30 saniyede tamamen kapanmalıdır. Perde bir el vinciyle veya hidrolik ya da elektrik vinciyle yükseltilebilir [1, s:68].

Bu her zaman çok ağır olmak zorunda değildir, bir çelik çerçeveye geçirilen tekstil kumaşlar da kabul edilebilir. Perdeler bir drencher e sahip olmalıdır. Rijit çelik perdede drencher' in amacı çeliğin eğilip burkulmasını engellemek için soğuk tutmaktır. Kumaş perdelerde de drencher rüzgârdan dolayı sallanmayı önlemek için perdenin ağırlığına ağırlık ekler [1, s:68].

2.2.5 Sahne

Sahne önünün minimum yüksekliği en yüksek koltuktan gelen görüş çizgileri tarafından belirlenir [1, s:66].



Şekil 2.63 : Salondaki eğimlerin ve balkonların gösterimi [1, s:32].

Birden fazla balkona veya çok aşırı eğime sahip bir salon, tek balkonlu, az eğimli bir salondan daha yüksek bir sahne önü duvarına ihtiyaç duyacaktır [1, s:66].

Tiyatro ile ilgili bazı amaçlar için sahne önü duvarının yüksek olması gerekebilir. Sahne önü duvarı neredeyse salonun tavanına kadar yükseltilir veya bazen tavanın üzerine çıkarılırsa bina esnek olur. Perde alınlığı, house tabs veya güvenlik perdesi üst kısımda olabilecek açıklığı maskeleyebilir. Hatırlanmalıdır ki, daha yüksek açıklık daha yüksek sahne kulesi olmasını gerektirecektir [1, s:66].

Güvenlik perdesini maskelemede kullanmak, hava tampon mekanizmasının ayarlamasını zorunlu kılabilir [1, s:66].

Oyuncular için soyunma odalarından sahnenin her iki tarafına da giriş olmalıdır. Bir taraftan diğer tarafa sahneyi kullanmadan geçiş mümkün olmalıdır. Oyuncuların geçişleri sırasında arka perdede oynamalar titreşimler oluşabilir bu da seyirci için çok rahatsız edici, dikkat dağıtan bir durumdur. Sahne alanının dışında bir geçit varsa bu engellenebilir. Yine de oyun alanında sirkülasyon alanına ihtiyaç yoktur demek doğru olmaz çünkü bazı durumlarda sahnede bir taraftan diğer tarafa geçiş gerekebilir [1, s:66].

Güvenlik düzenlemeleri sahneden dışarıya en az bir tane yangın kaçışının olmasını gerektirir. Bu kaçış diğerleriyle birleşmemelidir [1, s:67].

Dekorların bazılarına ve onların değiştirilme yöntemlerine bütün canlı performanslarda ihtiyaç duyulacaktır. Geleneksel malzemeler ahşap ve kanvastır, çünkü bunlar hem ucuz hem de montajı kolaydır ancak en büyük dezavantajı yangının yayılmasını kolaylaştırır [1, s:67].

Geleneksel yapılmış dekorlar risk taşır uzmanların çoğu acil durumlarda bu dekorların seyircilerden bir yangın bariyeriyle ayrılması mümkün olmadığı sürece kullanılmasına izin vermeyeceklerdir. Fly tower' a sahip proscenium tipi sahnelerde, bu güvenlik perdesi ve drencher ile sağlanır [1, s:67].

Eğer sahnenin seyircilerden ayrılması zorunluluğu olmasaydı yetkililer dekorlarda kullanılacak malzemeler üzerinde kısıtlamalar koyacaklardı. Yanmaz, tutuşmaz olma zorunluluğu olsaydı, maliyet artacak, tasarımcıların olanakları azalacaktı [1, s:67].

Bir sahne için güvenlik ekipmanları otomatik duman menfezi, sprinkler (su püskürtme sistemi), hortum makarası, yangın kovaları, yangın söndürücüler, duman dedektörleri gibi elemanları içermelidir ama en önemlisi güvenlik perdesidir [1, s:67].

Eğimli sahnenin esas amacı dekorlardaki perspektif efektleri güçlendirmek içindir. Görüş çizgilerine de katkısı vardır. Bazılarının performansına katkıda bulunurken, özellikle dansçılar için istenmeyen bir durumdur. Bu sahnelerin paralel düzlemlere göre büyük dezavantajları sahneyi idare etmek ve hazırlamak daha karmaşıktır. Üç boyutlu dekor sahne eğimli olduğundan sahnede sağa sola ya da öne arkaya taşımak kolay olmayacaktır. Oturma düzeni hakkında tasarlanırsa, görüş çizgileri sahnedeki

eğim olmadan daha iyi olacaktır. Bazı organizasyonlarda sahnede eğim istenirse, sahnenin yüzeyinin üstüne eklenti şeklinde montajlanır veya oyun alanı mekanik olarak eğimlendirilir. Sahne tercihen düz olmalıdır özellikle sahne mekanizması kullanılacaksa gerekince sığ hafif bir eleman sahne yüzeyine eklenti yapılır [1, s:70].

Sahne zemini malzemesi seçimi, çelişen faktörler göz önünde bulundurularak belirlenir. Göz önünde bulundurulacak önemli bir parametre yangın dayanıklılığıdır ve bunun anlamı kalınlığı 32 mm' den daha az olmayan sert ahşap kullanılmalıdır. Eğer daha yumuşak ahşap kullanılırsa kalınlık artırılmalıdır. Nem ya da sıcaklıktan dolayı malzeme deforme olmamalıdır [1, s:70].

Drama tiyatrolarının oynandığı sürenin büyük bir kısmında zemin stage cloth ile kaplanır, ama dans için gerekmez. Çünkü dansçılar yumuşak ahşabın esnekliğini tercih ederler [1, s:70].

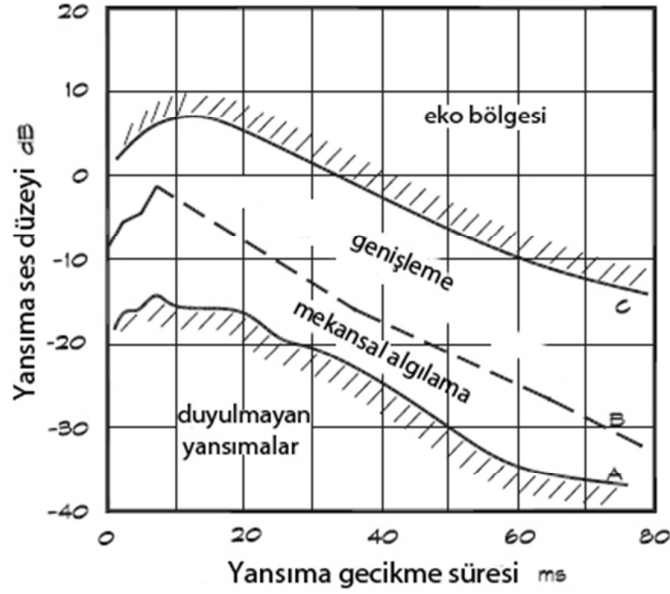
Sahnenin zemin malzemesinin seçiminde bazı problemler oluşur. Ahşap koyu renkli olmalıdır ki sahnenin aydınlatmasında istenmeyen yansımalarından kaçınılsın. Dansçıları tehlikeye sokmaması için kaygan olmamalıdır. Pürüzsüz mat yüzeyler dansçılar için istenmeyen bir durumdur, ama mat yüzeyi temiz tutmak eğer sırlanmamışsa zor olacaktır [1, s:70].

2.3 Akustik Kusurlar

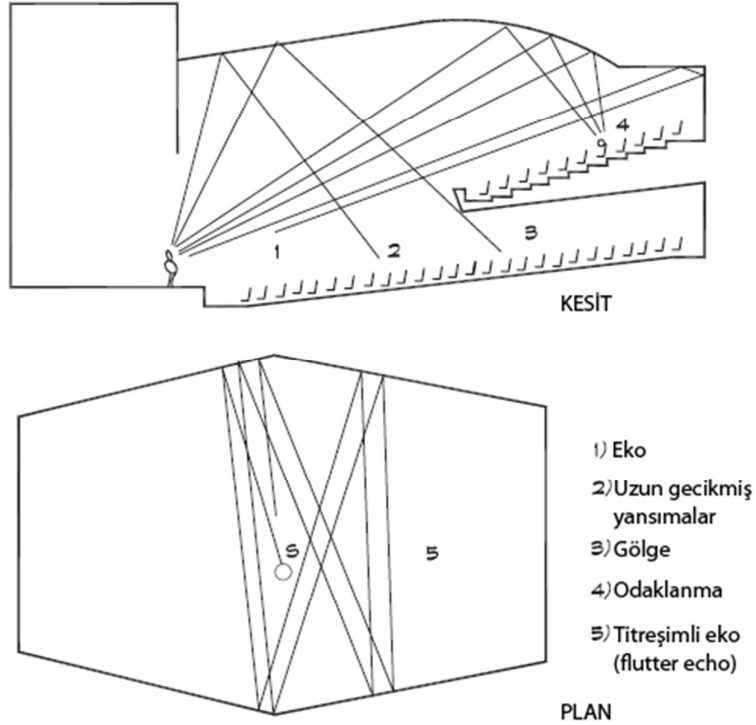
Akustik kusurlar anlaşılabilirliğin azalmasına ve genel konfor şartlarının bozulmasına neden olabilir. Belli başlı kusurlar; çoklu ve uzun gecikmiş yansımalar, odaklanma, renklilik ve hacim rezonansları gibi alçak frekans olayı ile bölgesel olarak oluşan yüksek düzeydeki ses alanları olarak sıralanabilir. Büyük toplantı salonlarında balkonların altında kalan gölgelenen alanlar, uyumsuz reverberasyon özellikleriyle birleştirilmiş alanlar ve sıyrılan etkiye bağlı olarak artan azalma da söz konusudur. Bu kusurların hepsi bütün hacimler için önemli olmayabilir ve bazıları da hacmin öncelikli kullanımını etkilemeden oluşabilir [3, s:587].

Hacimlerde anlaşılabilirliği azaltan ve önlenmesi gereken bir çok olay söz konusudur bunlar; uzun gecikmiş yansımalar, eko ve titreşim (flutter) dir. Yeteri kadar güçlü olan sesin direk ses alanından sonra ve belli bir zaman diliminden daha uzun sürede ulaşması durumunda ekolar oluşur. Salonun arka duvarından gelen tek bir yansıma da buna sebep olabilir özellikle de bu duvar iç bükeyse. Şekil 2.64 ekosuz bir

ortamda farklı büyüklük ve gecikme zamanları için simülasyonu yapılan yansımaların etkilerini göstermektedir. B eğrisinin altında gerçekleşen ekolar mekânsal algılamayı artırırken, A eğrisinin altında yansıyan sesler duyulabilirliğini kaybetmiştir. C eğrisinin üzerinde gerçekleşen yansımalar ise eko olarak algılanır [3, s:587-588].



Şekil 2.64 : Yanal Konuşma Yansımalarının Algısı [3, s:588].



Şekil 2.65 : Akustik Kusurların Örnekleri [3, s:589].

Eko ve Çınlama aynı şeyler değildir. Eko, belirgin bir şekilde algılanan orijinal sesin tekrarıdır, çınlama ise çoğul yansımalarından dolayı sesin uzamasıdır, müzik için de genelde yararlıdır. Uzun gecikmiş yansımalar ekolar gibidir, fakat gecikme zamanları biraz daha kısadır. Ayrı sesler olarak algılanmazlar ama orijinal sesin anlaşılmasında bulanıklığa yol açarlar. Titreşimli ekolar (flutter eko), paralel duvarlar, iç bükey veya ters "V" şekilli yüzeyler arasında oluşan ısrarlı yansıma sesleridir. Bu yüzeyler, iki, üç hatta daha fazla yansımalara neden olurlar. Şekil 2.65' te akustik kusurların bir kısmına örnek gösterilmiştir [3, s:588].

Renkililik (coloration) belli frekansların vurgusudur. Belli frekans aralığını emen emici malzemeler buna yol açabilir. Odaklanma, iç bükey yüzeylere bağlı olarak hacmin belirli bölgelerinde ses enerjisinin artmasıdır. Gölgeleme, kaynaktan veya kayda değer yansıtıcı bir yüzeyden alıcıya doğru giden sesin bloklanmasıdır [3, s:588].

Bir ses kaynağı dairesel bir alanda dış duvara çok yakın şekilde yerleştirilirse, sesin bir kısmı yüzeye çok sık bir açı ile etkiyip defalarca kez yansıyacaktır, böylece dar bir bant içerisinde bütün oda boyunca yayılacaktır. Odanın ters tarafında oturan bir dinleyici bile dış duvara yakın cereyan eden konuşmaları rahatlıkla duyabilecektir. Bu fenomene fısıldayan galeri adı verilir [3, s:249].

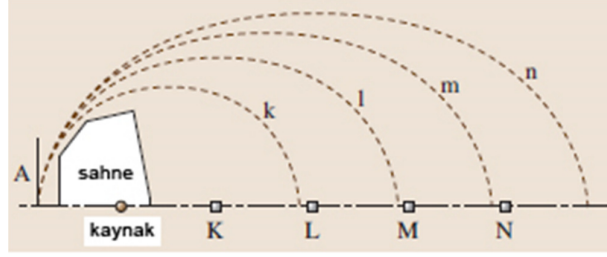


Şekil 2.66 : Fısıldayan Galerisi [6, s:121].

Erken yansımaların, konuşmanın anlaşılabilirliğine ya da müziğin netliğine katkısının olması için, direkt sese oranla konuşmada 30 ms, müzikte 80 ms civarından daha fazla geç kalmamalıdır. Birinci yansıma 50 ms' den daha geç varırsa, uyarıcı sesler yayıldığında rahatsız edici bir eko gibi algılanır [4, s:329].

Büyük hacimlerde yüzeyleri şekillendirmek zor bir iştir, bu nedenle, ana yansıma alanlarından gelen yansımalar bütün koltuklara 50 ms' de varmalıdır. Alıcı

noktasındaki hangi yüzeylerin ekoya sebep olacağını, Şekil 2.67' deki gibi, planda ve kesitteki basit geometrik çalışmalarla belirlemek mümkündür [4, s:329].

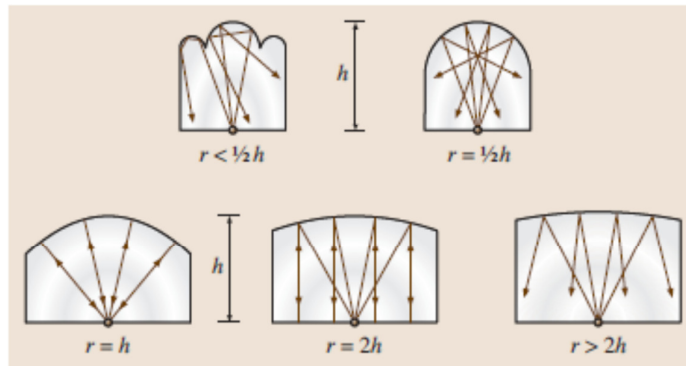


Şekil 2.67 : Salonun planında çizilen eko elipsleri [4, s:329, 7, s:50].

Elipsler çizilmiştir, böylece kaynak ve ilgili alıcı pozisyonları, odak noktalarına yerleştirilmiştir ve böylece, odak noktalarından herhangi bir noktaya olan mesafelerin toplamına veya elips odak noktaları arasındaki mesafeye 17 metre eklenmesine eşittir. Şekilde elipsin dışında kalan "m" ile işaretlenen bir yüzey, sesi M noktasının yakınındaki koltuklara doğru yönlendirir, bu yüzey yutucu saçıcı yapılmalıdır böylece yansıma, M' den daha uzak alanlara doğru yönlendirilir [4, s:329].

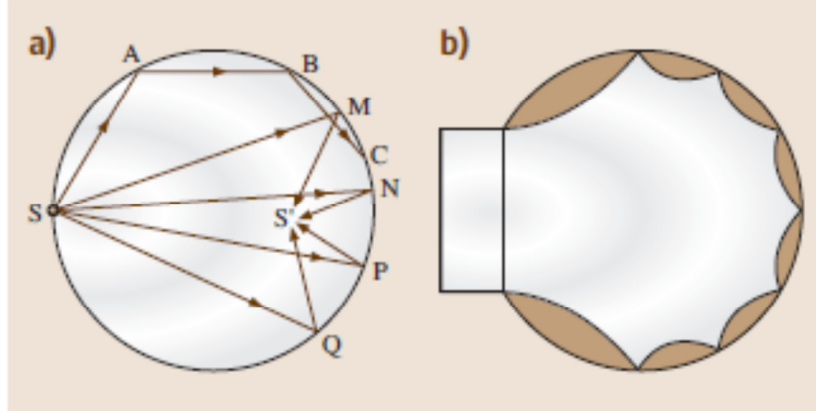
Özel olarak, yüksek bir tavandan ve seyircinin yakınındaki arka duvardan oluşabilecek eko risklerinin kontrol edilmesi önemlidir [4, s:329].

İç bükey (konkav) yüzeyler, sesi belli alanlarda odaklarken ve bazı alanlara çok az ses gönderdikleri için problemlere sebep olabilir. Şekil 2.68' de gösterilen kubbeli tavanların eğrilik yarıçapı, hacmin yüksekliğinin yarısından veya insanların başından tavana kadar olan mesafenin yarısından az ise, odak merkezi dinleyicilerin üzerinde yüksek bir yere denk gelir, bu kubbeli tavanlar kabul edilebilir. Eğer zemin yutucu oturma alanı ile kaplı ise, tavan ve zemin arasında çoklu yansımalar ortaya çıkmayacağından, küçük bir eğrilikli durum da, $r \geq 2h$, kabul edilebilir [4, s:329].



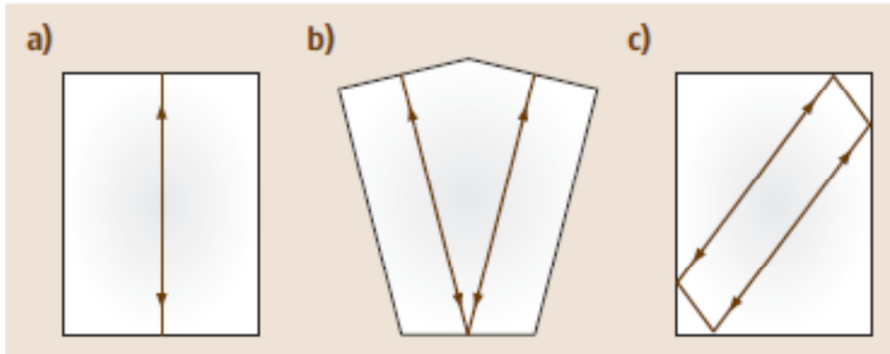
Şekil 2.68 : İç bükey (konkav) tavanlarda odaklanma [4, s:329].

Dairesel hacimler odaklanma ve fısıldayan galeri etkisi risklerine bağılı olarak elverişsizdir. Genel dairesele formulu iç bükey duvarın değışimleri şekil 2.69' da gösterilmiştir, bu değışimler prolemi en azından orta ve yüksek frekanslarda çözebilir [4, s:330].



Şekil 2.69 : a) odaklanmış ve yavaş ilerleyen dalgalı dairesele oda
b) yüzey şekli değıştirilmiş dairesele oda,
bu durumlardan kaçınılır [4, s:329].

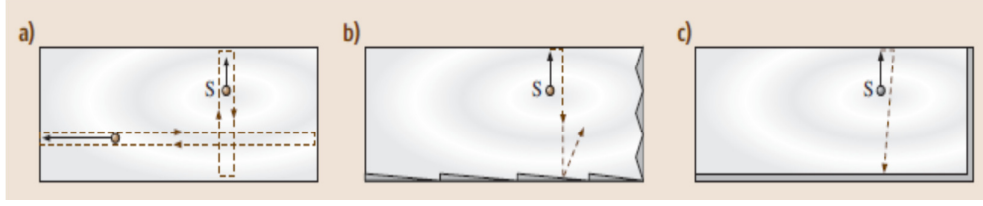
Diğeri sık görülen problem, paralel, pürüzsüz yansıtıcı duvarlar arasında veya diğeri basit yansıma yolları boyunca oluşan flutter eko diye adlandırılan Şekil 2.70' te gösterilen düzenli, tekrar eden yansımalarıdır [4, s:330].



Şekil 2.70 : Flutter ekonun riskine sebep olan hacim şekli [4, s:330].

Özellikle, küçük hacimlerde bu yansımalar sesin güçlü renkliliğine sebep olabilir. Büyük salonlarda, düzenli bir şekilde, belli zaman aralıklı farklı ekoların uzun bir serisi olarak algılanabilirler [4, s:330].

Her durumda, Şekil 2.71' de gösterildiğı gibi, yansıtıcı yüzeylerin en azından birinin karşısı yutucu veya saçıcı yapılarak flutterdan kaçınılımalıdır. Bunun yanında, karşılıklı duvarların açılarını 3 - 5° değıştirmek mümkünse, problem ortadan kalkacaktır [4, s:330].



Şekil 2.71 : a)flutter ekolu hacim, b)karşısına saçıcı koyularak ölçülmüş
c)karşısına yutucu koyularak ölçülmüş [4, s:330].

Sinyal tepkisinin, direkt ses ve direkt sesi takip eden bir takım yansımalarından oluştuğu gibi, mümkün olan en basit durum direkt sese tek bir yansıma eklenmesidir, bu belki biraz gecikmiş ve yapay çınlamaya da sebep olabilir. [4, s:305].

Bir diğer deyişle, fizik akustiğine göre, eğer yansıma direkt sestten çok sonra alıcıya ulaşırsa ve/veya yansımanın düzeyi direkt sese oranla çok az ise, yansıma duyulmayacaktır, buna maskeleye denir. Böylece, direkt sese oranla geliş yönü ve gecikmeye bağlı olarak duyulabilirliğin eşik düzeyi oluşur. Yansımanın düzeyi bu eşik düzeyinin üstünde olsa bile, yansımanın duyulabilirlik etkisine sahip olması tekrar onun düzeyine, gecikmesine geliş yönüne bağlıdır [4, s:305].

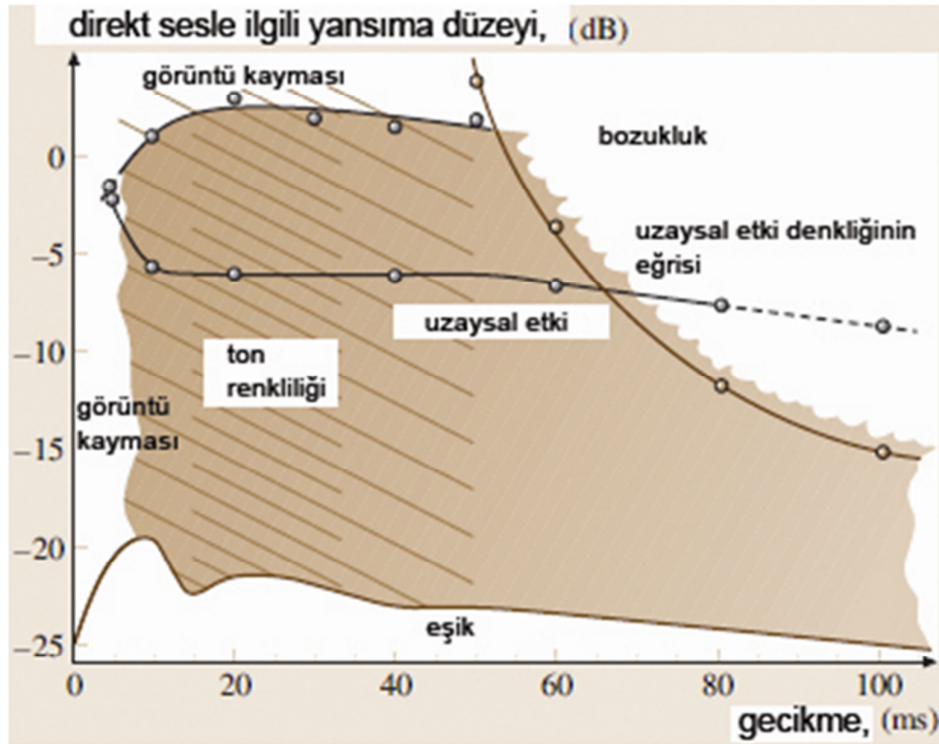
Olası etkiler;

- Artırılmış düzey (enerji eklenmesi).
- Artırılmış netlik (clarity), eğer direkt sestten 50 - 80 ms sonra varırsa.
- Artırılmış genişlik, ferahlık (spaciousness), eğer yatay düzlemde yansıma yönü direk sesinkinden farklı ise, sinyallerin iki kulağa farklı gelmesine sebep olduğundan. (Eğer direkt ve yansıyan ses arasındaki açı sadece düşey düzlemde farklılık gösterirse, etki tını (timbre) veya sesin renkliliğine (coloration) dönüşür) [4, s:305].
- Eko, tipik olarak 50 ms' nin ötesindeki gecikmeler ve yüksek yansıma düzeyleridir. Eğer gecikme çok uzun ise, mesela 200 ms, daha düşük seviyede eko oluşabilir.
- Renklilik (coloration), eğer gecikme kısa ise, mesela 30 ms, düzey yüksek ise, direkt sesin eklenen fazı ve yansıma, orjinal frekenas spektrumunu şiddetle kötüleştirilen taraklama etkisini (comb filter effect) ortaya çıkarır.
- Yansımanın direkt sestten daha yüksek olduğu durumlarda, yönünü değiştirmek, ya yansımanın konkav (iç bükey) yüzey vasıtasıyla yükseltilmesine ya da direkt sesin artan azalımına bağlıdır, mesela orkestra çukuru gibi (orchestra pit rail).

İşitilebilirlik eşikleri, eko riski ve diğer etkiler aynı zamanda sinyalin spektral ve geçici özelliklerine de bağlıdır. Böylece, ekolar, konuşmalı, hızlı, kesik kesik oynayan müzik olan bir durumda, sinyalin yavaş, legato müzik (notaların aralıksız ard arda geldiği müzik) olduğu durumdan daha kolay oluşur. Diğer yandan bu daha yavaş sinyaller renklilik etkilerinin oluşması için daha hassastır [4, s:305] .

Seslerin geçici özellikleri çoğu zaman otokorelasyon fonksiyonu tarafından tanımlanır. Ando' ya göre sadece işitebilirliğin eşikleri değil aynı zamanda tercih edilen erken yansımaların gecikmesi ve çınlama süresi sinyalin otokorelasyonuna bağlıdır [4, s:306].

Şekil 2.72 direkt sese nispeten 40° açıyla gelen tek bir yansımanın duyulabilir çeşitli etkilerini gösterir.

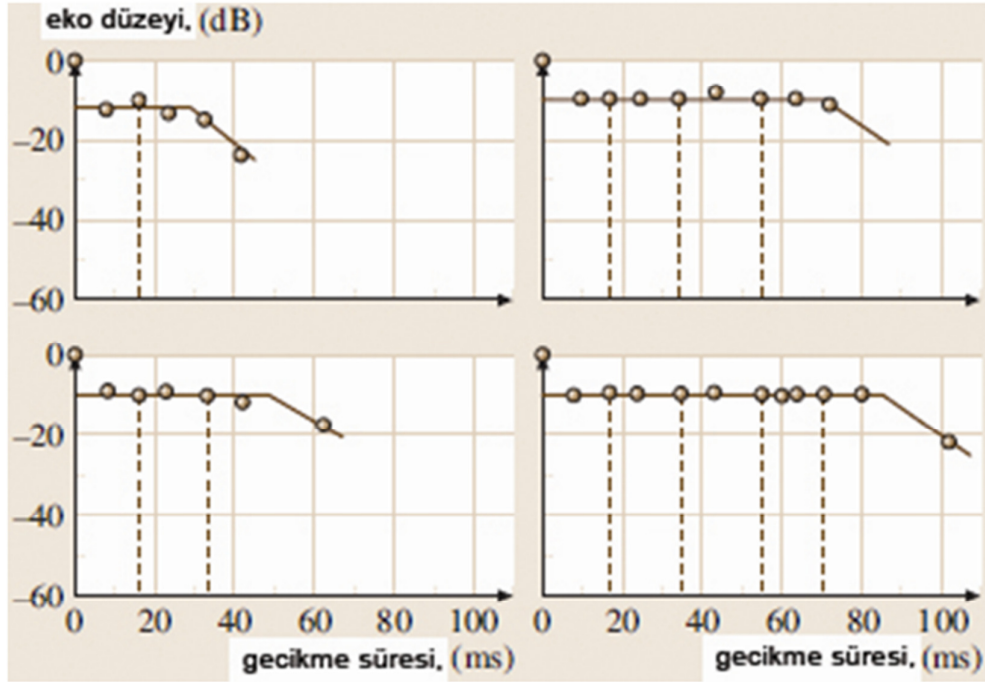


Şekil 2.72 : Yandan gelen tek bir yansımanın çeşitli işitilebilir etkileri [4, s:306], [9, s:40].

Bu deneyde müzik uyarıcı sinyal olarak kullanılmıştır. Alt eşğin altındaki yansıma duyulamaz (-20 dB nin altındaki yansıma düzeyi ve gecikmeye bağlı değil). Sağ üst bölgede berlirgin ekoya sebep olur, gölgeli alanda uzaysal etki meydana gelir. 30 ms' den daha düşük gecikmeler için, bu tek yansıma aynı zamanda, spektrumda verilen sistematik değişiklikler bir taraklama etkisini oluşturan direkt ve yansıyan sinyalin

kombinasyonuna bağılı olan, tını veya ton renginde hoş olmayan bir değişmeye sebep olur. Eğer yansımanın düzeyi direkt sestən daha yüksek olursa (0 dB nin üstünde) gecikme hala 50 ms' nin altındayken, görüntü kayması (image shift) veya direkt sesin yönünden, gelen yansımanın yönüne doğru yer belirlemede bir değişiklik oluşur [4, s:306].

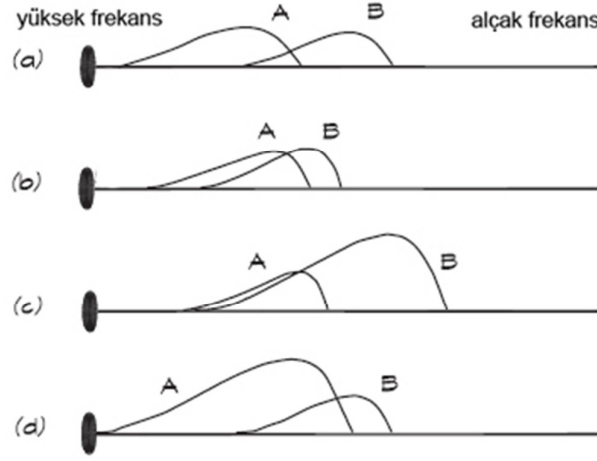
Pratik olarak, bir hacmin sinyal tepkisi birçok yansıma içerir ve sinyal tepkisinin başka yansımalar içerdiği durumlarda gelen yansıma değişimlerinin anlaşılabilirliğinin eşiğinin nasıl olduğunu bilmeye ihtiyaç duyarız. Şekil 2.73' te görüldüğü gibi eşik düzeyi diğer yansımalar tarafından oluşturulan gecikme aralığında belirgin ölçüde artar. Bu öncelikle maskelemeye bağılıdır [4, s:306].



Şekil 2.73 : Düşey çizgilerle belirtildiği gibi, gecikme ile ilgili düzeylerle bir, iki, üç veya dört farklı yansıma içeren sinyal tepkisine eklenen yeni bir yansımanın anlaşılabilirliğinin eşikleri [4, s:306].

Burdan şu sonucu çıkarabilir; karmaşık bir sinyal tepkisinde birçok detay maskelenecektir ve sadece baskın bileşenlerin bazıları veya genel karakteristiklerinin bazıları anlaşılabilirliği ciddi bir şekilde etkiler [4, s:306].

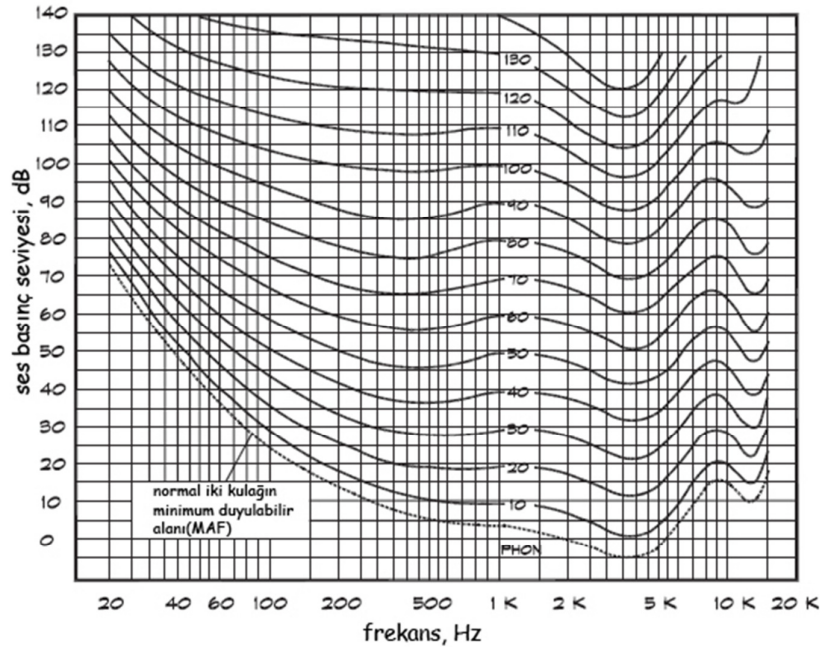
İki ya da daha fazla tonu aynı anda dinlediğimizde, düzeyleri yeterince farklıysa, daha sessiz olan tonu algılamak zorlaşır. Daha sessiz ses yüksek olan tarafından maskelenir [3, s:91].



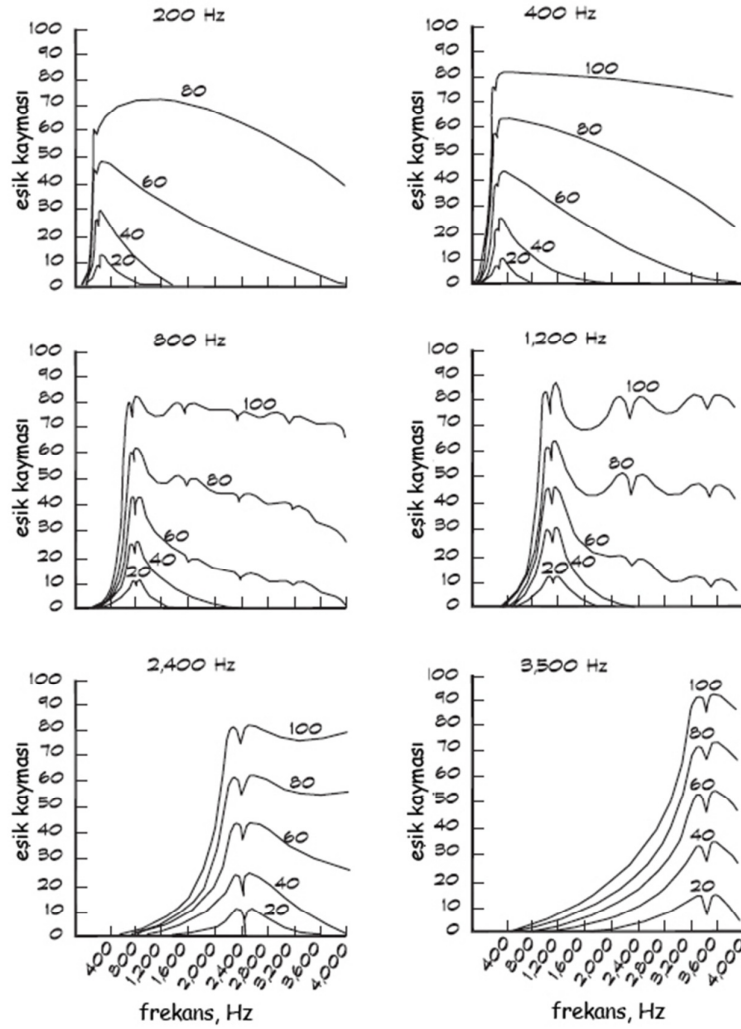
Şekil 2.74 : Kulağın bölümlerinin çakışması [3, s:91].

- Çok az bir maskeleye oluşur
- B A'yı maskeler
- Daha şiddetli B tonu daha yüksek frekanslı A'yı maskeler
- Daha şiddetli A tonu daha alçak frekanslı B'yi tamamen maskeleyemez

Yakın frekanslardaki tonlar geniş aralıklı olanlardan daha fazla birbirlerini maskelerler. Daha yüksek olan ton daha geniş frekans aralığında maskeleye yapabilir. Tonların duyulabilirliğinin gürültü tarafından maskelenmesi ile ilgili ilk deneyler Wegel ve Lane (1924) tarafından yapılmış ve Fletcher (1953) tarafından yayınlanmıştır, Şekil 2.76' te gösterilmiştir [3, s:92].



Şekil 2.75 : Belirgin tonlar için normal ses yüksekliği [3, s:83].



Şekil 2.76 : Maskeleme eğrileri [3, s:92].

Her bir nesneye iki ton verilmiştir. İlki belirli bir seviye ve frekansta sabit bir maskeleme tonudur. İkincisinde, seçilen bir frekansta, tonun seviyesi duyulamaz hale gelinceye kadar azaltılır. Şekil 2.76' da görüldüğü gibi bu testlere dayalı birçok maskeleme eğrisi çizilebilir. Her bir eğri maskelenen tonun eşik kaymasını veya duyulabilirliğin normal eşiği ile maskeleme tonunun varlığında ortaya çıkan yeni eşik arasındaki farkı gösterir. Mesela ikinci grafikte maskeleme tonunun frekansı 400 Hz' dir. 400 Hz' lik maskeleme frekansı 80 dB' de 800 Hz' lik bir ton için 60 dB' lik eşik kaymasına yol açar. Şekil 2.75' te bir tonun 800 Hz için normal duyulabilirlik seviyesi 0 dB iken, Şekil 2.76' da eşik kaymasından ötürü bu tonun duyulabilirlik seviyesi 60 dB' dir [3, s:83,93].

Maskeleme eğrilerinin ilginç hassas bir yapısı vardır. Maskeleme tonunun frekansı civarında eşik kaymasında kulağı daha hassaslaştıran küçük düşüşler olur. Bu

düşüşler maskeleme frekansının harmoniğinde tekrar eder. İki frekans çakıştığında, maskelenmiş tonun varlığını bize hissettiren titreşimlerin oluşma sebebi budur [3, s:93].

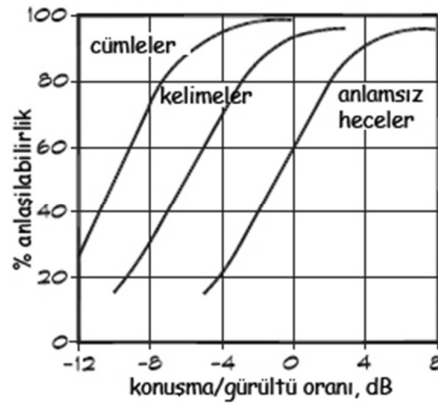
Maskeleyen tonun düzeyi arttırıldığında, tonun etkisinin genişliği artar. 400 Hz' de 100 dB' lik bir maskeleme tonu, 4000 Hz' lik tonlara kulağın tepkisini en aza indirirken, 40 veya 60 dB' lik maskeleme tonu çok küçük bir etki yapar. Düşük seviyelerde maskeleme verimliliğinin bant genişliği kritik bant genişliğine yakındır. Yüksek frekanslı maskeleme tonları düşük frekanslı tonlar üzerinde çok küçük bir etki gösterirler ya da hiç etki göstermezler. 2400 Hz' lik bir maskeleme tonu genliği ne olursa olsun 400 Hz' lik bir tonu maskelemeyecektir [3, s:93].

Maskeleme deneyleri kritik bantları tanımlamak için de kullanılabilir. Standart maskeleme testinde bir ton, maskeleme gürültüsünün varlığı durumunda, belirli bir ses seviyesini aşmadıkça duyulabilir olmaz. Maskeleme gürültüsü ayarlanabilir bir bant genişliğine sahip olmak için düzenlenebilir ve testler farklı gürültü bant genişlikleri için tekrarlanabilir. Bant genişliği belirli bir değerin altında olduğu sürece maskelemenin gürültü bant genişliğinden bağımsız olduğu keşfedilmiştir (Fletcher ve Munson, 1937). Bu ses uyumluluğu ve uyumsuzluğu (consonance-dissonance) kullanılarak elde edilen sonuçlara benzer sonuç veren yeni bir kritik bant genişliği ölçüm yolu sağlamıştır [3, s:93].

Mimari akustikte maskeleme önemli bir faktördür. Bir akustikçi için gürültü olma durumunda konuşmanın anlaşılabilir olması başlı başına ele alınması gereken bir konudur. Hava terminalleri veya spor salonları gibi büyük kapalı mekânlarda, düşük frekanslı reverberant gürültü konuşmanın anlaşılabilirliğini maskeleyebilir. Bu ses sisteminin bant genişliğini sınırlandırarak veya hacme düşük frekans emicileri ekleyerek kısmen çözülebilir. İkincisi daha ucuzdur fakat kullanımı kısıtlar. Çok amaçlı salonlarda akustik önlemler alanın kullanımını kısıtlamamalıdır [3, s:93].

Konuşma anlaşılabilirliği dinleyici tarafından anlaşılan kelime veya cümle oranının direk ölçümüdür. Anlaşılabilirliği ölçmenin en kesin yolu bağımsız kelimelerden oluşan cümleler veya anlamsız hecelerin dinleyicilere okunarak onlardan bunları tanımlamaları istenir. Cümlelerin okunması farklı seviyelerde ve arka plan gürültüsü ile çınlamanın olduğu durumlarda yapılabilir. Hem canlı hem kaydedilmiş sesler kullanılır, kaydedilmiş sesler daha tutarlı ve kontrol edilebilirdir [3, s:93].

Genellikle üç tip içerik kullanılır: cümleler, tek heceli kelimeler ve anlamsız heceler. Her tip gürültünün varlığında çok daha zor anlaşılır. Cümle testlerinde bir metin okunur. Kelime testlerinde bağımsız kelimeler önceden belirlenmiş bir listeden okunur ve dinleyicilerden doğru olanı seçmesi istenir. Bir kafiye testi 50 adet altılı kafiye veya benzer sesli İngilizce kelime gruplarından oluşur. Dinleyicilerden her konuşulan kelimeyi altı seçenek arasından bulmaları istenir. Bu kelime gruplarından bir tanesi sag, sat, sass, sack, sad ve sap tır. Bu testin sonuçları doğru olarak bulunan kelimelerin oranını 0 ile 1 aralığındaki bir kesirle ifade eder. Şekil 2.77 tipik sonuçları gösterir [3, s:94].



Şekil 2.77 : Anlaşılabilirlik test sonuçları [3, s:94].

Gürültünün anlaşılabilirliği engelleme derecesi basitçe sinyal seviyesinden gürültü seviyesinin dB cinsinden çıkarılmasıyla bulunan sinyal gürültü oranına bağlıdır. Gürültü seviyesi konuşma seviyesinden yüksekse sinyal gürültü oranı negatif olacaktır. Sinyal gürültü oranı akustikte, ses ve elektrik mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan bir kavramdır. Oran olarak isimlendirilir çünkü sinyalin gürültü tarafından bölünen enerjisini dB cinsinden ifade eder. Tipik bir testte gürültü şelale sesi gibi geniş bantlı ve kararlı bir sestir [3, s:94].

Şekil 2.77' de görüldüğü gibi sinyal/gürültü oranı negatif olsa bile konuşma hala anlaşılır olabilir. Bu şaşırtıcı değildir çünkü beyin faydalı bilgiyi seçip anlaşılan kelimelerin arasındaki boşlukları doldurabilen etkileyici bir bilgisayardır. Çoğu uygulamada eğer konuşulan kelimelerin % 85 ile % 90' ını anlayabiliyorsak iyi bir idrak seviyesine ulaşmış olup, neredeyse cümlenin tamamını anlamış oluruz. % 60 tan fazla anlama ile cümlelerin % 90' ını idrak ederiz. Bu hala iyi bir idrak seviyesidir. Kelimelerin % 60' ından daha azını anlıyorsak anlaşılabilirlik hızla düşer [3, s:94].

3. SALONLAR

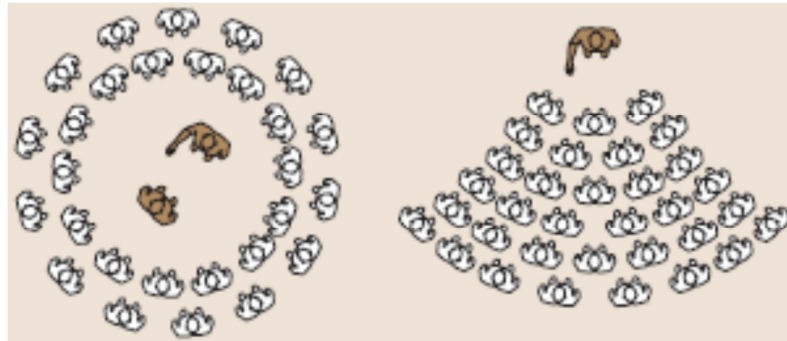
Konuşma amaçlı salonlar; salonların boyutuna, salonlarda yapılacak aktiviteye, salonun yapıldığı yerdeki fiziksel şartlara bağlı olarak birçok geometrik şekilde ve farklı plan şemasında olabilir. Bu plan şemaları, salon biçimi ve hacmi ile ilgili bilgiler bu bölümde anlatılmıştır.

Literatüre göre tasarlanan, bu çalışma kapsamında irdelenmiş olan dikdörtgen, fan, elmas olmak üzere üç farklı salonun geometrik özelliklerinden bahsedilmiştir.

Ayrıca bu salonların simüle edildiği Odeon 10.0 Combined adlı akustik simülasyon programı ile ilgili yapılan kabuller hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1 Salon Biçimi ve Hacmi

Doğal bir performansı dinlemek ya da izlemek için insanlar durduğunda, mesela şehrin açık meydanında, insanlar kendilerini performansın tipine göre ayarlarlar. Yani izledikleri ya da dinledikleri performansa göre en iyi pozisyonu bulur ve rahat etmek için kendilerini ayarlarlar. Şekil 3.1' de, iki farklı performans tipi için doğal dinleyici düzenlemeleri görülmektedir, bu insanların seçtiği pozisyonun performansçıya olan ve diğer dinleyicilere olan pozisyonları krokilenmiştir [4, s:323-324].

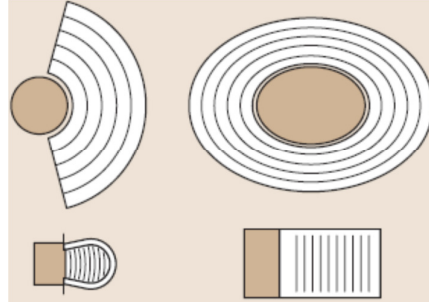


Şekil 3.1 : Performansın tipine göre seyircilerin doğal yerleşimleri [4, s:324].

- Hareket veya diyalog tiyatrosu dans, dövüş, tartışma, sirk gibi, görsel ve akustik için yayılma daha fazla ya da daha az çok yönlüdür,

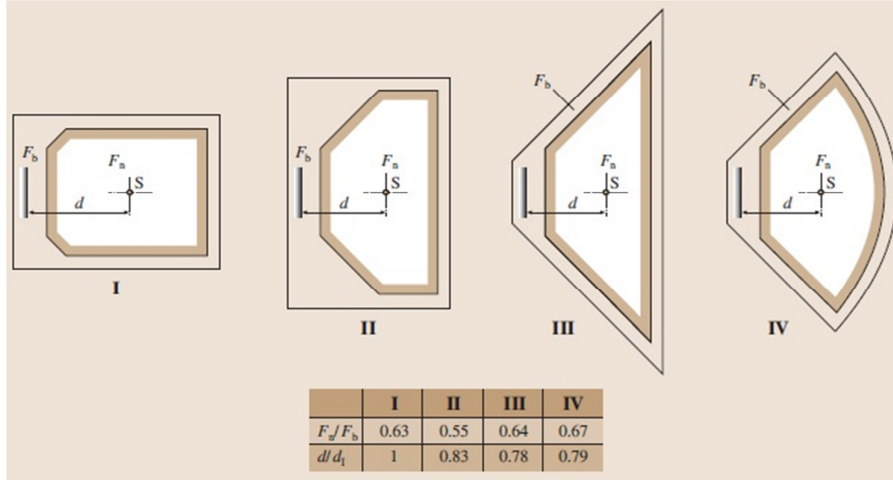
- Akustik enstrümanlı monolog veya proscenium sahne tiyatrosu performansı ve konserler daha çok limitli görsel ve/veya akustik yönlendirmeye sahiptir [4, s:324].

Bu insanların çevresine duvarlar çevrildiğinde tarih boyunca ortaya çıkan iki klasik plan şekli Şekil 3.2' de gösterilmiştir. Fan şekli Yunan/Roma tiyatrosu solda, amfiteyatro, sirk ve arena şekli sağdadır. Her ikisi de orjinal olarak açık tiyatrolardır, ama çatılı binalarda da yapılabilir. Şekil 3.2' nin altında, temel form gösterilir; at nalı, İtalyan opera planı ve dikdörtgen konser salonudur [4, s:324].



Şekil 3.2 : Temel hacim şekilleri [4, s:324].

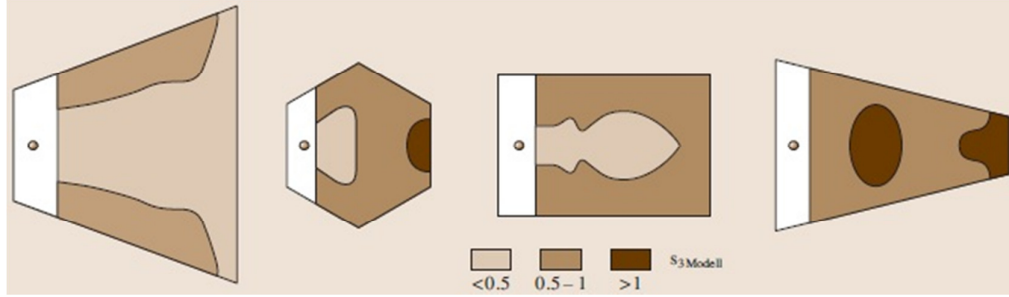
Bina konferans salonu olduğunda, kullanılan etkin zemin alanı ve seyircinin performansçılara ortalama yakınlığı çok önemli parametrelerdir. Şekil 3.3' te, hacmin plan şekline bağlı olarak farklı değerler gösterilmiştir [4, s:325].



Şekil 3.3 : 4 farklı hacim şekli için sahne-dinleyici mesafesi ve zemin alanının verimliliği.
 F_n , seyircilerle dolu alan, F_b toplam zemin alanı,
 d ortalama kaynak - dinleyici mesafesi,
durum I için $d_1=d$ dir [4, s:325].

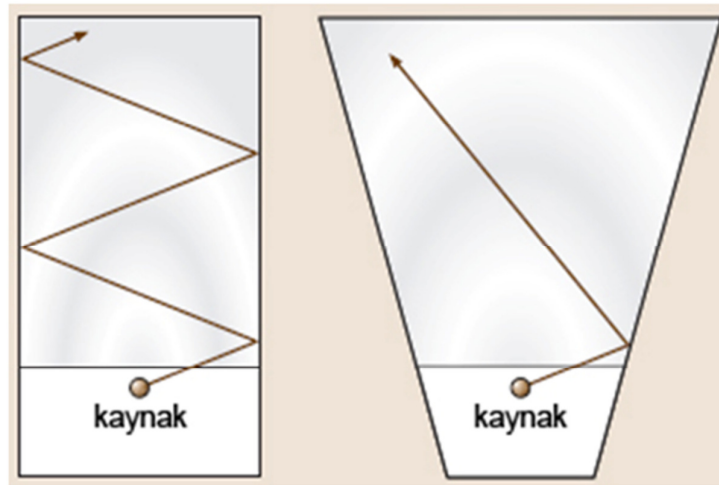
Görüş çizgilerinin niteliğini fanın açıklık açısı sınırlamasının yanısıra ses kaynaklarının yönlendirmesine rağmen, düşük ortalama mesafe, Şekil 3.3' te

gösterilen III ve IV' teki, alışılmış, sık kullanılan fan şekli için temel sebeptir. Fan şeklinin diğer bir sınırlaması, salonlarda klasik müzik için çok önemli olan güçlü yanal yansımalar vermez. Bu deneylerle ve Şekil 3.4' te doğrulanmıştır, farklı plan şekillerinin hacimlerde erken yanal yansıma düzeylerinin hesaplanmış dağılımını gösterir.



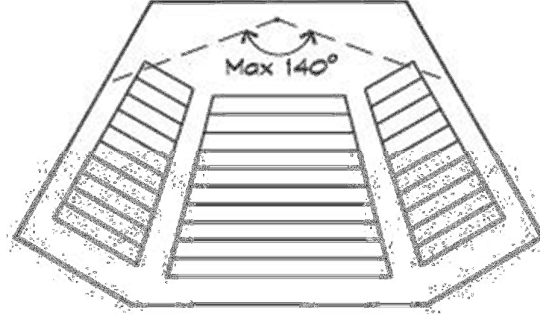
Şekil 3.4 : Farklı plan şekillerinin hacimlerde erken yanal yansıma düzeylerinin, hesaplanmış dağılımı; fan, altıgen, dikdörtgen ve ters fan. Daha koyu alanlar daha yüksek LEF düzeyleri anlamına gelir [4, s:325].

Bunun sebebi kaynaktan ses dalgaları yan duvarlara çarpıp neredeyse direkt sese paralel olacak olan yansımalar üretecektir ve neredeyse ön taraftan dinleyiciye çarpar, bu nedenle LEF' e katkısı olmaz veya iki kulak sinyali arasında ayrılığa sebep olur. Bu Şekil 3.5' te gösterilmiştir. Buna ek olarak, yan duvar yansımalarının birçoğu bütün salonun merkezine varmayacaktır [4, s:326].



Şekil 3.5 : Hacim şekline bağlı olarak yan duvar yansımalarının izlediği yol [4, s:326].

Bir hacimde yeterli ses yüksekliği için, orada yüksek dolaysız saha düzeyi olmalıdır. Sınıf gibi küçük alanlarda kaynak ve alıcı arasındaki mesafe kontrol edilmelidir. 9 -



Şekil 3.7 : Bir salon için oturma düzeni [3, s:581].

Projeksiyon perdeleri için 125° ile sınırlı olmalıdır. Veya perdenin orta çizgisinden 60° civarı olmalıdır. Çoklu açılı perdelerde görüş çizgileri artabilir [3, s:580].

Ayrıca en uzak mesafedeki alıcı ile kaynak arası mesafe 25 metreyi geçmemelidir [7, s:232]. Yani salonun boyu 25' den daha az olmalıdır.

Bir salonda sesin yutulmasının temel kaynağı salondaki insanlar olduğundan, hacim ile seyirci ve performansçılar arasındaki oran çınlama süresinin sağlanması için önemli bir faktördür.

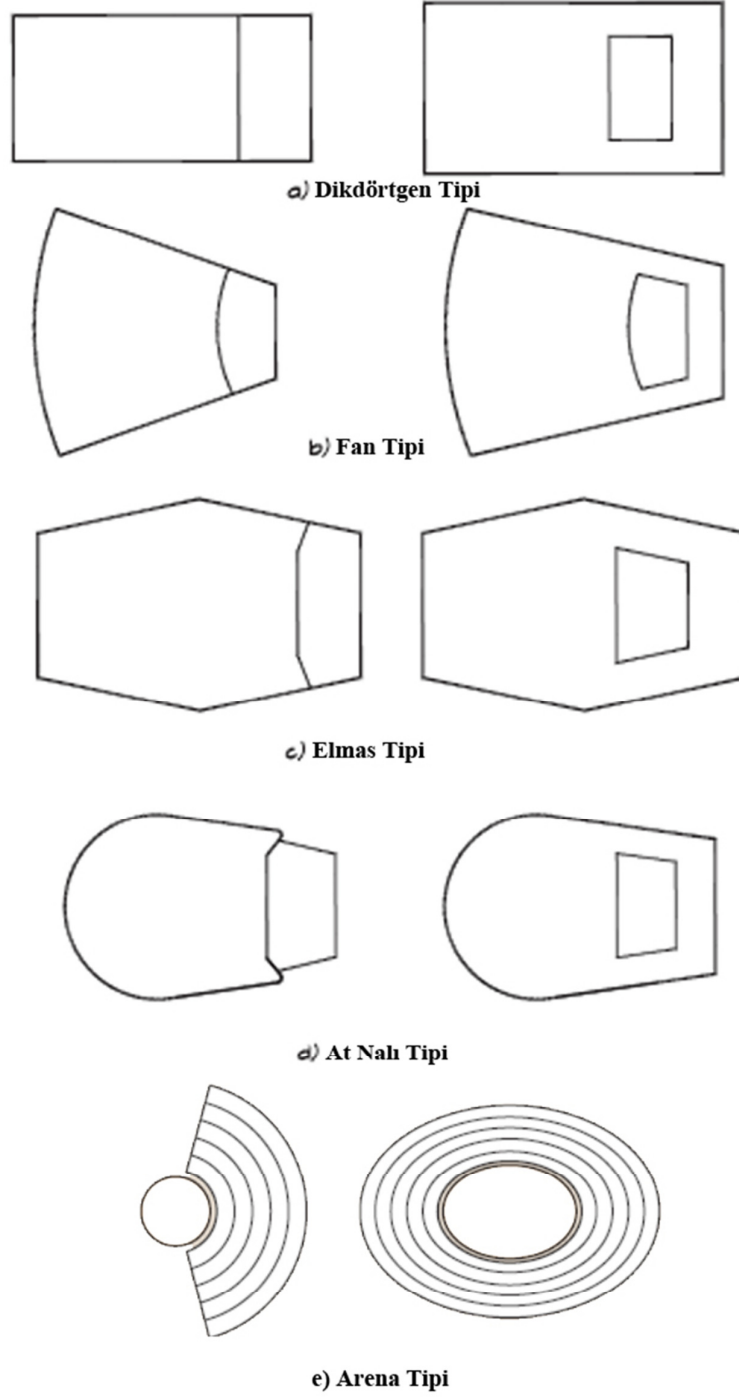
Kişi başı alandaki değişim salonlar arasında belirgin bir şekilde değişmeyeceğinden, kişi başı hacim istenen hacmin hesaplanmasında temel kural olarak da kullanılabilir. Konuşma tiyatroları için, kişi başı hacim $5 - 7 \text{ m}^3$ olursa, çınlama süresi 1 s civarında olur, oysaki T değerinin 2 s olması için, kişi başı hacim en az 10 m^3 olmalıdır [4, s:329].

Zemin alanının çoğunu seyirciler kaplayacağından, hacim kriteri tavan yüksekliği kriterine de dönüştürülebilir. T hedef değeri 2 s ise gereken tavan yüksekliği 15 m civarında olur, oysaki çınlama süresi 1 s civarında olan bir salonda, tavan yüksekliği 5 - 6 m civarında olacaktır. Yukarıda belirtildiği gibi hacmin diğer yüzeylerinin yansıtıcı olduğu varsayılır [4, s:329].

Hacimdeki bu esaslar kabaca temel kural olarak sayılmalıdır, hacim şekli, zemin eğimi, balkonların varlığı ve diğer yüzeylerdeki yutuculuğun dağılımının T için elde edilen objektif değerlerdeki belirgin değişimlere sebep olması ve diğer parametreler gibi. 1500 kişiden daha küçük salonlarda, senfoni konserleri için, salona her zaman biraz da olsa yutuculuk ekleneceğinden, istenenden daha büyük bir hacimle başlamak daha iyidir. Diğer yandan, yüksek G değeri uygun şekilde devam ettirilen daha büyük salonlarda bir endişedir, daha iyi bir strateji hacmi sınırlandırmak ve bunun

yerine yutuculuğu minimize etmektir. Yutuculuğu minimize etmenin bir yolu, koltukların bazılarının, çınlama ses alanına daha az maruz kalan balkon altlarına yerleştirilmesidir [4, s:329].

En yayginkullanılan plan şemaları Şekil 3.8' de de gösterilmiştir [3, s:659].

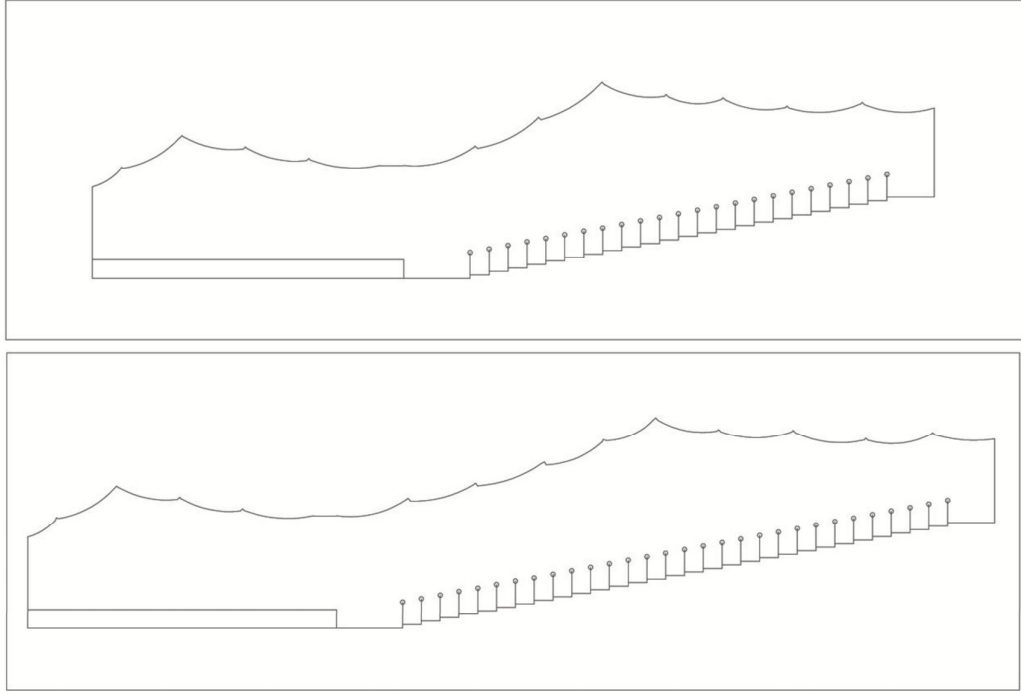


Şekil 3.8 : Farklı Plan Şemaları [3, s:659].

3.2 Salonların Özellikleri

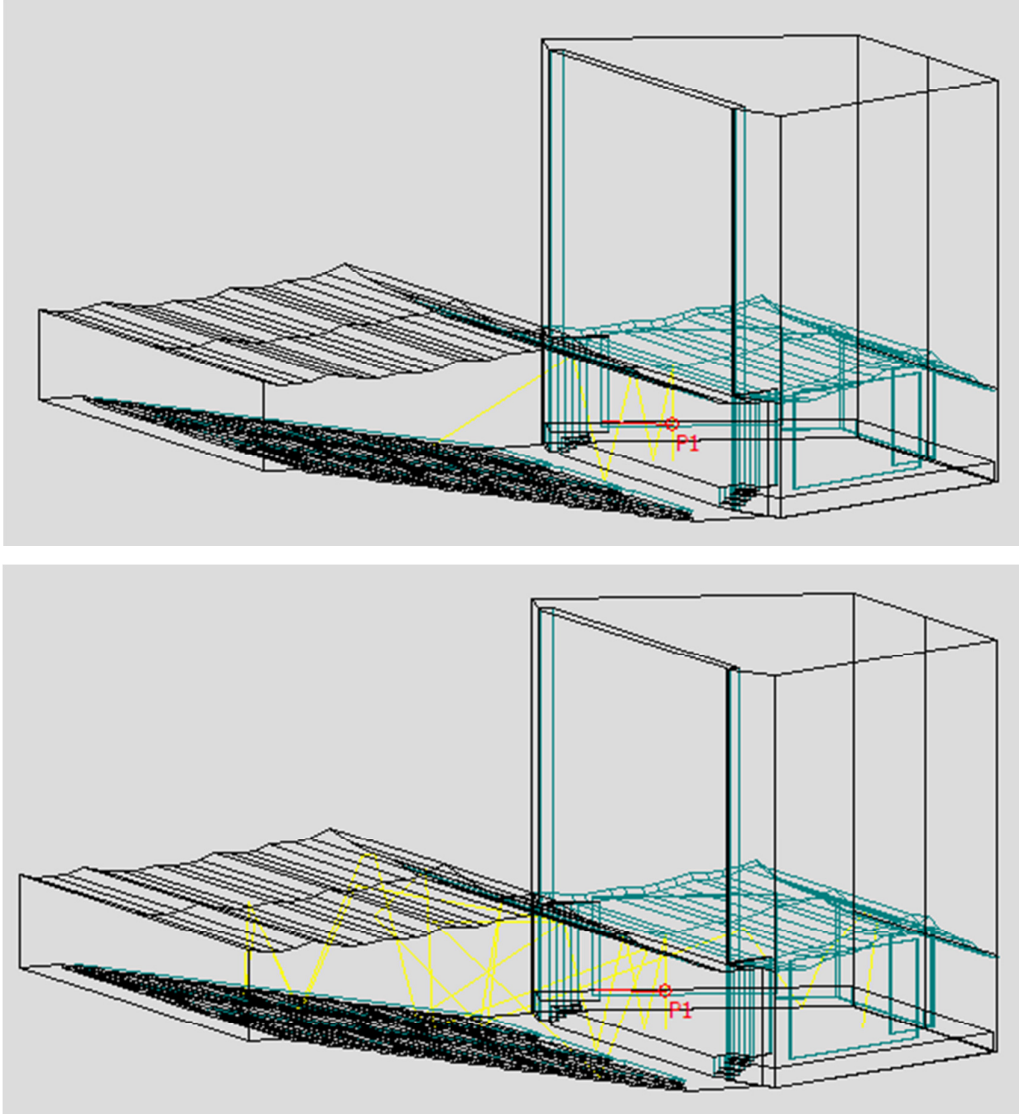
Salonlar literatürde belirtilen 140° kuralı, maksimum salon uzunluğu, en/boy oranı, zemin eğimi, tavan panelleri ve yan duvar ışın analizi, oturma alanı; koltuk, koridor, sahne ölçüleri, ses ışın analizine göre yapı elemanlarının (Sahne tavan panelleri, sahne arka duvarı, sahne yan duvarları/panelleri, salon tavan panelleri, salon arka duvarı, salon yan duvarları), şekilleri ve boyutları; istenilen çınlama süresine ulaşılması için yapı elemanlarının (Sahne tavan panelleri, sahne arka duvarı, sahne yan duvarları/panelleri, sahne zemini, salon tavan panelleri, salon arka duvarı, salon yan duvarları, salon zemini) bitiş malzemeleri gibi akustik açıdan önemi olan gereksinimler göz önünde bulundurularak optimum salonlar tasarlanmaya çalışılmıştır. Tasarlanan bu salonlar Autodesk Autocad 2012 programında çizilmiş ve Google Sketch Up 8 programı yardımıyla üç boyutlu olarak modellenmiştir.

Salonlar tasarlandıktan sonra tavan panelleri önce dış bükey olarak tasarlanmış, ancak dış bükey ışın yansıtma açısından daha verimli olmasına rağmen bu tasarımda bazı aksaklıklar olduğu ortaya çıkmıştır. İlk tasarlanan tavan panelleri kesiti aşağıdaki gibidir.

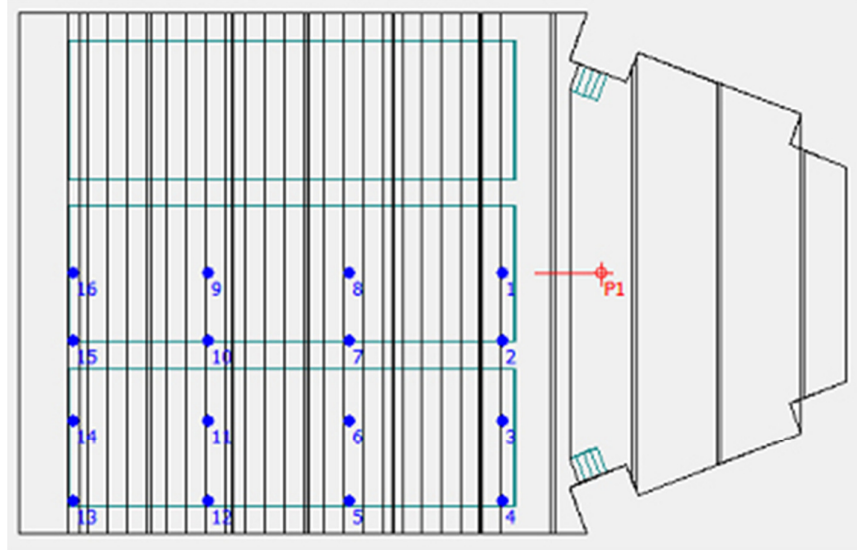


Şekil 3.9 : İki farklı dikdörtgen salon (solda 1x1 sağda 1x1,5)
ilk tavan paneli denemesi-kesitler

Bu tavan panelinde şekil itibariyle dış bükey kullanılmış olsa da özellikle sahne bitimindeki tavan panellerinde zemin ile paralellik olduğundan ışınlar salondaki alıcılara gerekli sürede ulaşamamaktadır. Şekil 3.10' da görüldüğü gibi ışınlar ön panel ile zemin arasında birkaç kez yansdıktan sonra alıcılara ulaşmaktadır, daha sonra da sahne panellerine ulaşp sahne içinde sönümlenmektedir. Şekil 3.11 bu salon için alıcı - kaynak etkileşimini göstermektedir.



Şekil 3.10 : İlk tavan paneli denemesi için salon 1x1 ışınları



Şekil 3.11 : İlk tavan paneli denemesi için salon 1x1 alıcı - kaynak ilişkileri

SALON 1x1 YAN DUVAR		
kaynak	alıcı	Gecikme süresi(ms)
1	1	41,10465
1	2	50,11628
1	3	39,01163
1	4	31,62791
1	5	23,92442
1	6	30,11628
1	7	24,76744
1	8	19,47674
1	9	15,55233
1	10	3,430233
1	11	4,302326
1	12	19,24419
1	13	25,63953
1	14	5,843023
1	15	7,383721
1	16	4,479167

SALON 1x1 TAVAN		
kaynak	alıcı	Gecikme süresi(ms)
1	1	8,866279
1	2	8,139535
1	3	6,30814
1	4	4,738372
1	5	8,72093
1	6	9,883721
1	7	10,69767
1	8	10,93023
1	9	9,563953
1	10	9,476744
1	11	8,982558
1	12	8,459302
1	13	3,69186
1	14	3,895349
1	15	3,982558
1	16	4,011628

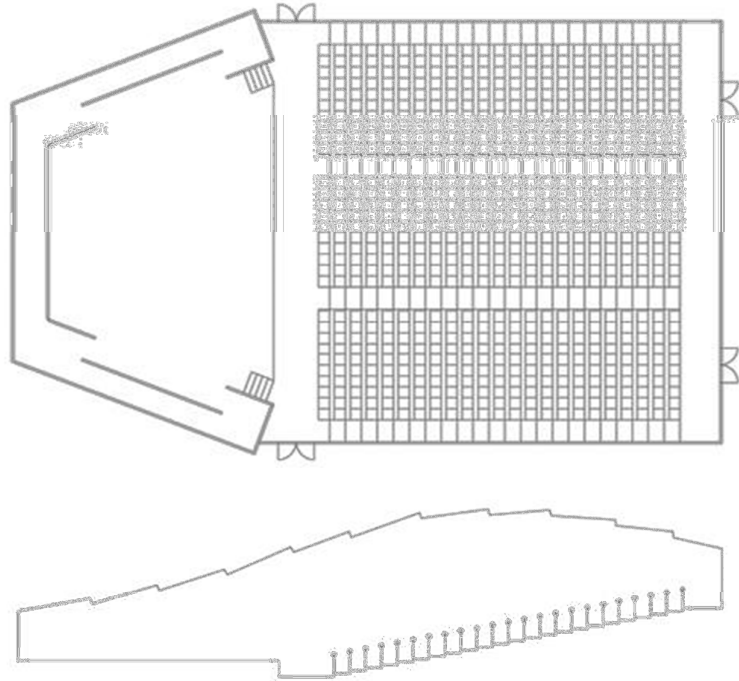
Şekil 3.12 : İlk tavan paneli denemesi için salon dikdörtgen 1x1 gecikme süreleri

Aynı hesaplamalar diğer salonlarda da yapılmış ve benzer sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle zemin-tavan paralelliği bozularak tavan panelleri yeniden revize edilmiş, yan duvarlardaki paralellik ise bir taraftaki duvara saçıcılık verilerek bozulmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak, salonlar aşağıdaki gibi tasarlanmış ve gerekli ölçümler bu salonlar için değerlendirilmiştir. Şekil 3.13 salon özelliklerini göstermektedir. Salon dikdörtgen 1x1; salon 1a, salon dikdörtgen 1x1,5; salon 1b, salon fan; salon 2, salon elmas; salon 3 olarak isimlendirilmiştir.

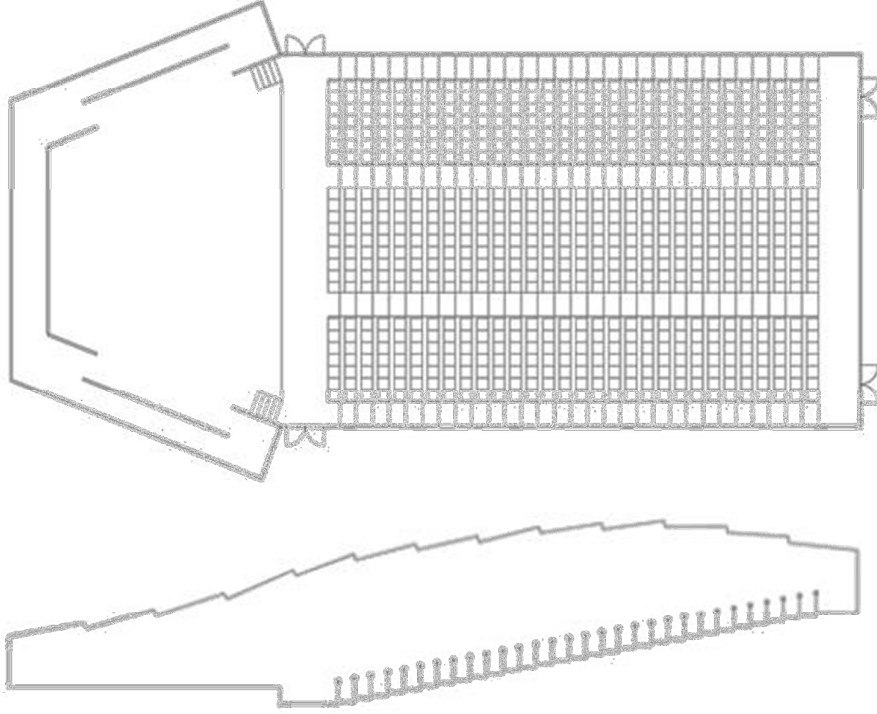
	sahne			salon								
salon 1x1	h (m)	alan (m ²)	sahne hacim (m ³)	salon hacim (m ³)	kişi	salon kişi başı m ³	salon+sahne kişi başı m ³	yüzey alanı (m ²)	kişi başı m ²	ort h (m)	ort en (m)	ort boy (m)
	3,8	165	627	2806,3	690	4,0671014	4,975797101	474,6	0,68788	5,8	21,1	22,4
	sahne			salon								
salon 1x1.5	h (m)	alan (m ²)	sahne hacim (m ³)	salon hacim (m ³)	kişi	salon kişi başı m ³	salon+sahne kişi başı m ³	yüzey alanı (m ²)	kişi başı m ²	ort h (m)	ort en (m)	ort boy (m)
	3,8	165	627	2807,46	690	4,0687826	4,977478261	485,7	0,70391	5,8	17,33	28
	sahne			salon								
salon fan	h (m)	alan (m ²)	sahne hacim (m ³)	salon hacim (m ³)	kişi	salon kişi başı m ³	salon+sahne kişi başı m ³	yüzey alanı (m ²)	kişi başı m ²	ort h (m)	ort en (m)	ort boy (m)
	3,4	177	601,8	2779,04	696	3,9928827	4,857538	467	0,67097	5,8	24,32	19,2
	sahne			salon								
salon elmas	h (m)	alan (m ²)	sahne hacim (m ³)	salon hacim (m ³)	kişi	salon kişi başı m ³	salon+sahne kişi başı m ³	yüzey alanı (m ²)	kişi başı m ²	ort h (m)	ort en (m)	ort boy (m)
	3,4	177	601,8	2616,32	684	3,8250292	4,704853801	448	0,65497	5,8	22,4	20

Şekil 3.13 : Salonların geometrik özellikleri

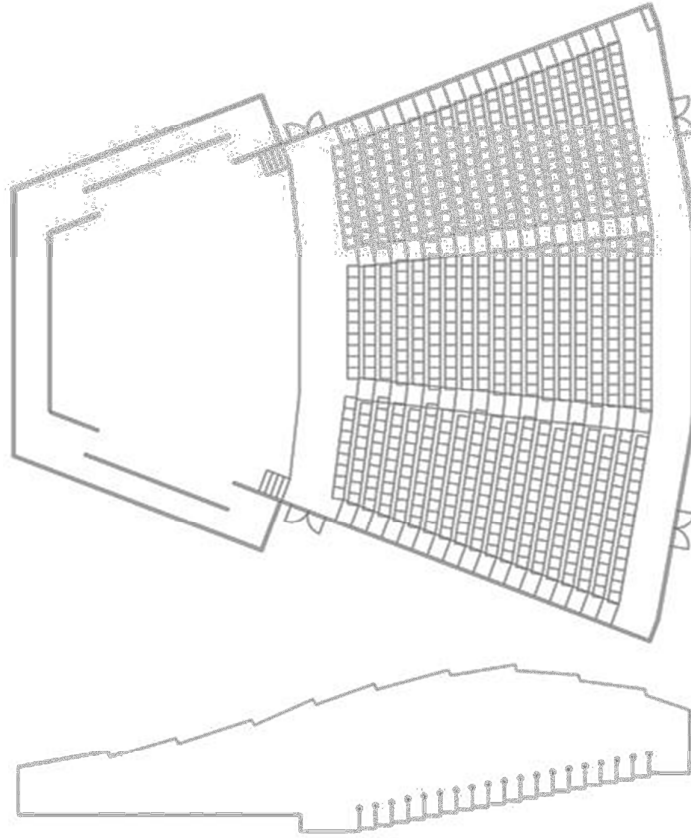
Literatürde bahsi geçen bütün geometrik kurallar ve akustik kriterler göz önünde bulundurularak tasarlanmış salonların plan ve kesitleri Şekil 3.14, Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17' de verilmiştir. Bu salonlardan dikdörtgen 1x1 literatürde belirtilen en-boy oranı ihlal edilerek, dikdörtgen 1x1,5 salonların maksimum uzunluğu kuralı ihlal edilerek, literatürde olması gerekenden biraz farklı tasarlanmış, genişlik ve uzunluğun etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Şekil 3.18 salonların üç boyutlu modellerini göstermektedir.



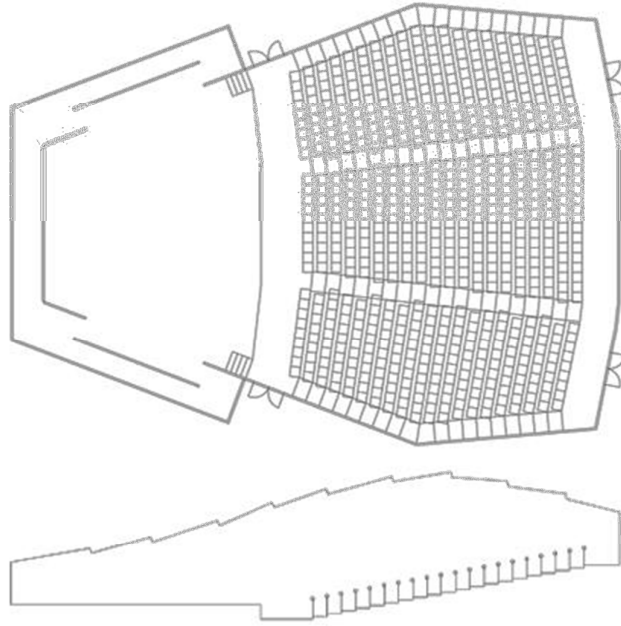
Şekil 3.14 : Tasarlanan salonlardan salon 1a (dikdörtgen 1x1) plan ve kesiti



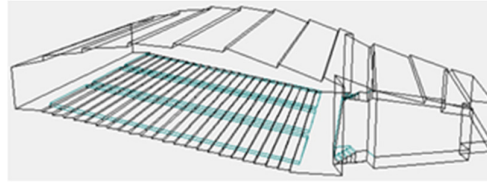
Şekil 3.15 : Tasarlanan salonlardan salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) plan ve kesiti



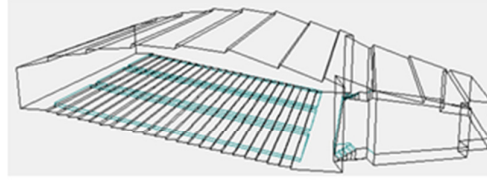
Şekil 3.16 : Tasarlanan salonlardan salon 2 (fan) plan ve kesiti



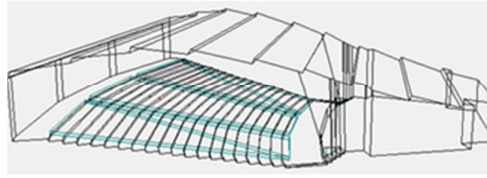
Şekil 3.17 : Tasarlanan salonlardan salon 3 (elmas) plan ve kesiti



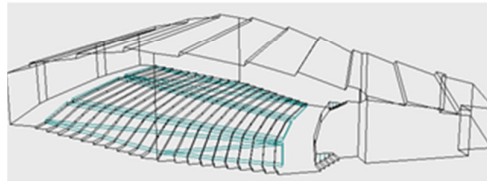
salon 1a (dikdörtgen 1x1)



salon 1b (dikdörtgen 1x1.5)



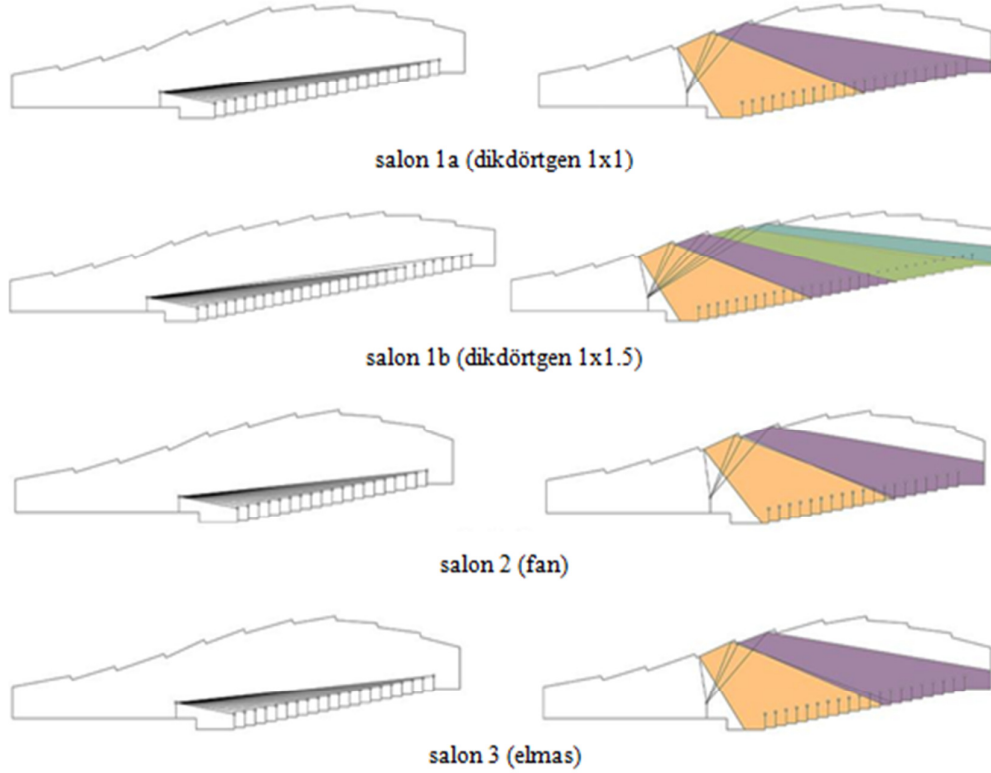
salon 2 (fan)



salon 3 (elmas)

Şekil 3.18 : Tasarlanan salonların üç boyutlu modelleri

Zemin eğimi için gerekli olan görüş çizgisi kontrolleri yapılmış, salon eğimi buna göre tasarlanmıştır. Ayrıca tavan panelleri için gerekli olan ışın analiz kontrolleri sağlanmış ve tavan panellerinin alıcılara yansıma göndermesine dikkat edilmiştir. Şekil 3.19 bu ışın analizlerini ve görüş çizgilerini göstermektedir.



Şekil 3.19 : Tasarlanan salonların görüş çizgileri ile belirlenmiş zemin eğimi ve tavan panellerine ait ışın analizleri

3.3 Salonların Odeon Kabulleri

Çalışma kapsamında Google Sketch Up 8.0 programında hazırlanan modeller ODEON 10.0 Combined isimli akustik simülasyon programına aktarılmıştır. Hesap metotları belirlenmeden önce, modeller program tarafından kontrol edilmiş (3D Geometry Debugger), üst üste binen yüzey olmadığı ve ışınların model dışına kaçmadığı tespit edilmiştir. Modellerin uygunluğu kontrol edildikten sonra ODEON Akustik Simülasyon Programı' na aktarılan modeller için Şekil 3.20' deki hesap parametreleri belirlenmiştir. Bunlar;

- Bir ışının maksimum yansıma süresi (impulse response length),
- Bir ışının maksimum yansıma sayısı (maximum reflection order),

- Işın sayısı (number of rays),
- Sanal kaynakların yansıma derecesi (transition order),
- Arka plan gürültü düzeyi, ortam sıcaklığı ve nemdir.

Hesaplama yapılacak modeller için; bir ışının maksimum yansıma süresi 3000 ms, bir ışının maksimum yansıma sayısı 2000, erken ışın sayısı her salon için programın önerdiği değer, sanal kaynakların yansıma derecesi 2, arka plan gürültü seviyesi NC 25, sıcaklık 20°, nem oranı % 50 olarak belirlenmiştir.

Calculation parameters | Air conditions / Bk. noise / model check

Suggest point response parameters

Survey Engineering Precision

General parameters

General settings

Scattering method

☐ None ☒ Lambert ☐ Full scatter

☒ Oblique Lambert

Reflection based scatter: Enabled

Key diffraction frequency: 707 Hz

Interior margin: 0,10 m

Scatter coefficients > 0,50 to be handled uniformly

☒ Decimate late rays

Number of rays (Recom.): 2000

Max. reflection order: 2000

Impulse Response Length: 3000 ms

Impulse response resolution: 3,0 ms

Angular absorption: Soft materials only

☐ Despike decays

☒ Screen diffraction

Early reflections

Transition Order: 2

Number of early scatter rays: 100

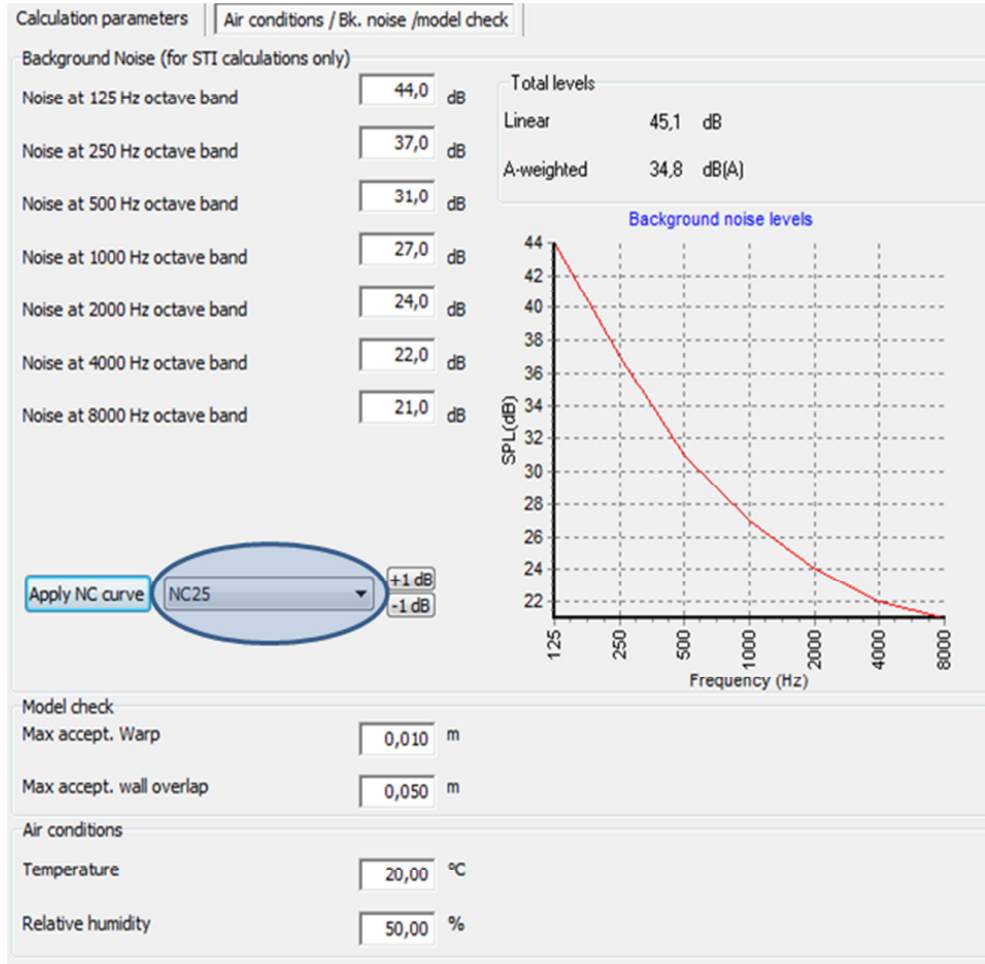
☒ Smooth early late ratios

Point and Multipoint responses

Desired late reflection density: 100 / ms

Şekil 3.20 : Odeon hesaplama parametreleri kabulleri

Bölüm 2.1.10 ' da anlatılanlar doğrultusunda ve Beranek' e göre NC değeri konferans salonları için NC 25 kabul edilmiştir [16, s:891].



Şekil 3.21 : Odeon hesaplama parametreleri kabulleri

Salonlarda 2 kaynak, salonuna göre 15, 16, 17 tane alıcı göz önünde bulundurularak ölçüm yapılmıştır. Kaynakların her ikisi de sahnenin orta aksına, sahne ucuna 150 cm mesafe olacak şekilde, yerden 80 cm yükseklikte olan sahne zemininden; 150 cm yüksekliğe yerleştirilmiştir. Alıcılar salonun her bölgesine homojen olarak konumlandırılmıştır. Salonun geneli için Job 1, G parametresi için de Job 2 ölçülmüştür. Yüksek sesli konuşma için kaynak 1' e 70 dB' lik ses şiddeti verilmiştir. Salonların alıcılara bağlı değerlerine buradan ulaşılmıştır. Ayrıca parametreler için salonlardaki dinleyici alanının grid analizleri de ölçülmüştür (bakınız Şekil 3.22 Job1). G parametresini hesaplayabilmek için kaynak 2' ye 31 dB' lik ses şiddeti verilerek SPL değeri alınmıştır, yani G değerini 31 dB' lik kaynak ile ölçülen SPL değeri karşılamaktadır (bakınız Şekil 3.22 Job2) [13]. Alıcılara gelen ışınları görebilmek ve yansıma-enerji diyagramlarına ulaşabilmek için; salonlardaki bütün alıcılar tek tek kaynak 1 ile ölçülmüştür (bakınız Şekil 3.22 Job3-19).

☐	1 kaynak1-70dB - Point source at: (x,y,z) = (96,25, 53,75, 2,30)
☐	2 kaynak1-31dB - Point source at: (x,y,z) = (96,25, 53,75, 2,30)

Job	Job description	Receiver pointing towards source	Grid	Multi	Single point response receiver
1	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☒	☒	(none) ▼
2	No description	2 kaynak1-31dB - Point source at: ▼	☐	☒	(none) ▼
3	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	1 alıcı1 (x,y,z) = (100,75, 53,75, 1,20) ▼
4	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	2 alıcı2 (x,y,z) = (100,75, 56,25, 1,20) ▼
5	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	3 alıcı3 (x,y,z) = (100,25, 59,50, 1,20) ▼
6	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	4 alıcı4 (x,y,z) = (100,00, 62,00, 1,20) ▼
7	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	5 alıcı5 (x,y,z) = (104,50, 63,75, 2,10) ▼
8	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	6 alıcı6 (x,y,z) = (105,00, 60,50, 2,10) ▼
9	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	7 alıcı7 (x,y,z) = (105,50, 56,75, 2,10) ▼
10	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	8 alıcı8 (x,y,z) = (105,50, 53,75, 2,10) ▼
11	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	9 alıcı9 (x,y,z) = (111,00, 53,75, 3,15) ▼
12	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	10 alıcı10 (x,y,z) = (111,00, 57,50, 3,15) ▼
13	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	11 alıcı11 (x,y,z) = (110,50, 61,25, 3,15) ▼
14	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	12 alıcı12 (x,y,z) = (110,00, 64,50, 3,15) ▼
15	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	13 alıcı13 (x,y,z) = (114,50, 64,00, 4,05) ▼
16	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	14 alıcı14 (x,y,z) = (115,25, 61,25, 4,05) ▼
17	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	15 alıcı15 (x,y,z) = (115,75, 58,00, 4,05) ▼
18	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	16 alıcı16 (x,y,z) = (115,75, 53,75, 4,05) ▼
19	No description	1 kaynak1-70dB - Point source at: ▼	☐	☐	17 alıcı17 (x,y,z) = (106,75, 64,75, 2,55) ▼

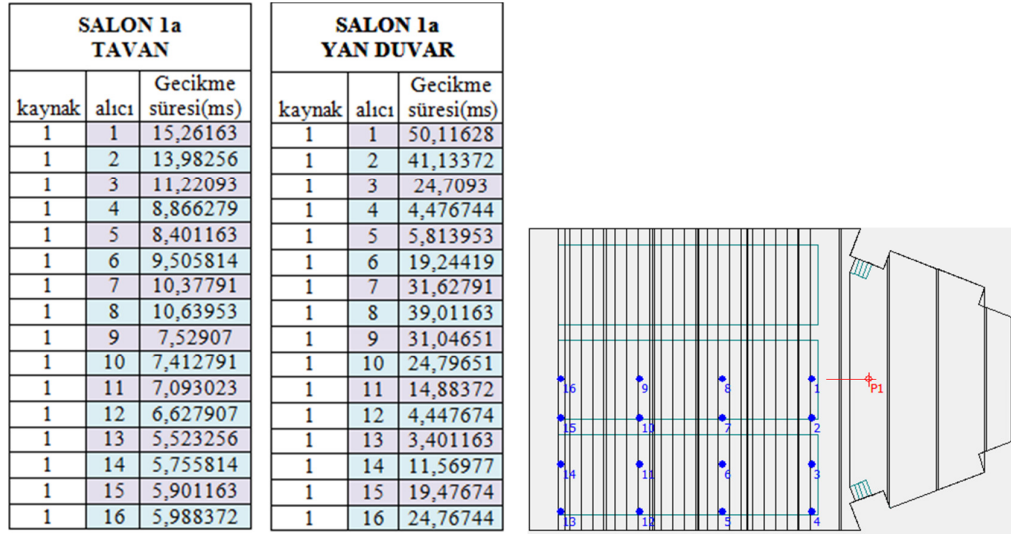
Şekil 3.22 : Tasarlanan salonların alıcı kaynak ilişkileri

	malzemelerin yutuculuk katsayıları	saçıcılık	malzeme adı																
salon zemin	<table><tr><th>63 Hz</th><th>125 Hz</th><th>250 Hz</th><th>500 Hz</th><th>1000 Hz</th><th>2000 Hz</th><th>4000 Hz</th><th>8000 Hz</th></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><tr><th>63 Hz</th><th>125 Hz</th><th>250 Hz</th><th>500 Hz</th><th>1000 Hz</th><th>2000 Hz</th><th>4000 Hz</th><th>8000 Hz</th></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><tr><th>63 Hz</th><th>125 Hz</th><th>250 Hz</th><th>500 Hz</th><th>1000 Hz</th><th>2000 Hz</th><th>4000 Hz</th><th>8000 Hz</th></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><tr><th>63 Hz</th><th>125 Hz</th><th>250 Hz</th><th>500 Hz</th><th>1000 Hz</th><th>2000 Hz</th><th>4000 Hz</th><th>8000 Hz</th></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><tr><th>63 Hz</th><th>125 Hz</th><th>250 Hz</th><th>500 Hz</th><th>1000 Hz</th><th>2000 Hz</th><th>4000 Hz</th><th>8000 Hz</th></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><tr><th>63 Hz</th><th>125 Hz</th><th>250 Hz</th><th>500 Hz</th><th>1000 Hz</th><th>2000 Hz</th><th>4000 Hz</th><th>8000 Hz</th></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><tr><th>63 Hz</th><th>125 Hz</th><th>250 Hz</th><th>500 Hz</th><th>1000 Hz</th><th>2000 Hz</th><th>4000 Hz</th><th>8000 Hz</th></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												

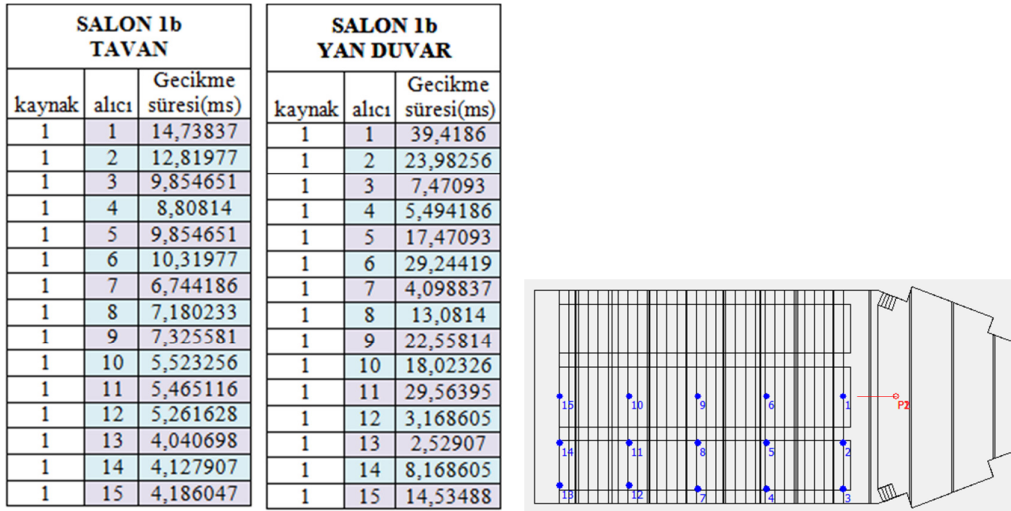
Şekil 3.23 : Tasarlanan salonların malzeme kabulleri

Salonun yapı elemanlarının bitiş yüzey malzemeleri; çınlama süresi göz önünde bulundurularak ölçümlerle Şekil 3.23' te belirtildiği gibi kabul edilmiştir. Bu malzemelerin kullanılmasına karar verilene kadar bazı ölçüm denemeleri yapılmış ve çınlama süresi açısından en verimli malzemelerin bunlar olduğuna karar verilmiştir. Özellikle iç bükey olduğu için arka duvara ve paralel olan yan duvarların sağ taraftakine saçıcılık verilmiştir.

Şekil 3.24, Şekil 3.25, Şekil 3.26, Şekil 3.27 salonların alıcı - kaynak ilişkisini ve tavan - yan duvar gecikme sürelerini göstermektedir.



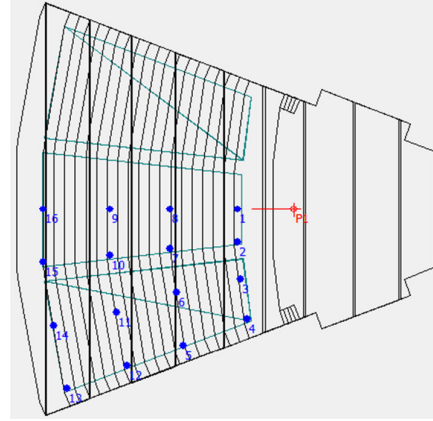
Şekil 3.24 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı - kaynak ilişkisi ve tavan-yan duvar gecikme süreleri



Şekil 3.25 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı - kaynak ilişkisi ve tavan-yan duvar gecikme süreleri

SALON 2 TAVAN		
kaynak	alıcı	Gecikme süresi(ms)
1	1	14,47674
1	2	13,51744
1	3	11,33721
1	4	8,924419
1	5	7,819767
1	6	9,447674
1	7	10,43605
1	8	10,84302
1	9	7,877907
1	10	7,645349
1	11	7,005814
1	12	6,133721
1	13	5,406977
1	14	6,104651
1	15	6,540698
1	16	6,656977

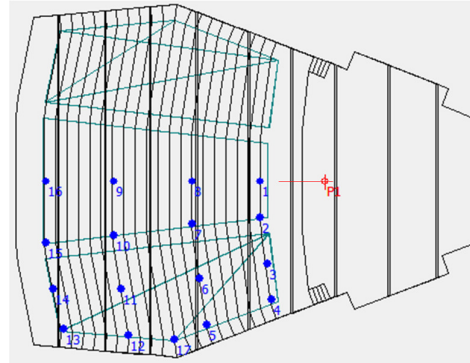
SALON 2 YAN DUVAR		
kaynak	alıcı	Gecikme süresi(ms)
1	1	38,66279
1	2	30,87209
1	3	19,7093
1	4	6,19186
1	5	3,924419
1	6	17,03488
1	7	26,5407
1	8	33,77907
1	9	30,52326
1	10	23,60465
1	11	13,63372
1	12	3,343023
1	13	2,587209
1	14	12,41279
1	15	21,39535
1	16	27,99419



Şekil 3.26 : Salon 2 (fan) alıcı - kaynak ilişkisi ve tavan-yan duvar gecikme süreleri

SALON 3 TAVAN		
kaynak	alıcı	Gecikme süresi(ms)
1	1	14,15698
1	2	13,25581
1	3	10,78488
1	4	8,895349
1	5	7,790698
1	6	9,127907
1	7	10,31977
1	8	10,69767
1	9	7,52907
1	10	7,325581
1	11	6,802326
1	12	6,22093
1	13	5,755814
1	14	5,988372
1	15	6,046512
1	16	6,162791

SALON 3 YAN DUVAR		
kaynak	alıcı	Gecikme süresi(ms)
1	1	37,81977
1	2	30,23256
1	3	17,06395
1	4	6,075581
1	5	4,360465
1	6	15,02907
1	7	26,07558
1	8	33,22674
1	9	29,50581
1	10	22,38372
1	11	14,06977
1	12	4,883721
1	13	9,273256
1	14	13,22674
1	15	20,49419
1	16	27,23837



Şekil 3.27 : Salon 3 (elmas) alıcı - kaynak ilişkisi ve tavan-yan duvar gecikme süreleri

4. ÖLÇÜMLER VE DEĞERLENDİRMELER

Bu bölümde; Bölüm 3.2 ve Bölüm 3.3' te anlatılan salon özellikleri ve odeon kabullerinden yola çıkılarak, Bölüm 2' de bahsi geçen konuşma için önemli olan; EDT, T30, D50, LF80, G, C80, Ts, STI gibi akustik parametreler salonların hepsinde ele alınmış, bu parametreler karşılaştırılmış ve geometrinin akustik performansa etkileri üzerinde durulmuştur. Bu çalışma kapsamında herhangi bir iyileştirme çalışması yapılmamıştır, bahsedilen parametrelerin değerleri optimuma yakın olana kadar malzeme ve geometri denemeleri yapılmış, optimum değerler Bölüm 3.2 ve Bölüm 3.3' te açıklanan geometri ve malzemelerle sağlanmıştır. Salonlardaki değerlendirmeler; bu parametreler için sağlanan optimum değerler üzerinden birbirleriyle karşılaştırılarak yapılmıştır. Bölüm 3.2' de belirtildiği gibi salon dikdörtgen 1x1; salon 1a, salon dikdörtgen 1x1,5; salon 1b, salon fan; salon 2, salon elmas; salon 3 olarak isimlendirilmiştir. Çizelge 4.1 parametreler için literatürde önerilen dolayısıyla bu çalışma kapsamında kabul edilen optimum aralık ve değerleri göstermektedir.

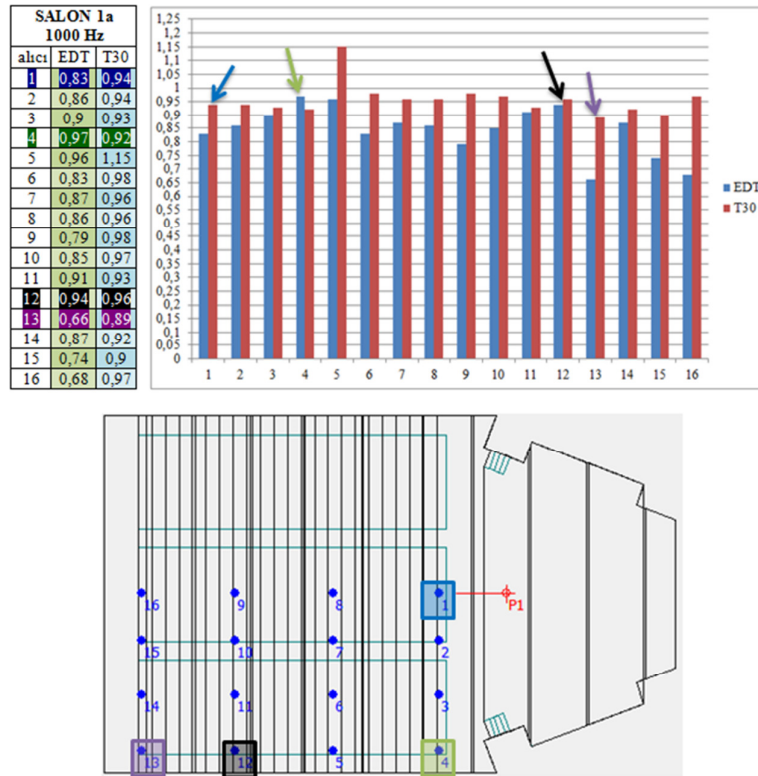
Çizelge 4.1 : Parametreler için literatürde önerilen ve bu çalışma kapsamında kabul edilen optimum aralıklar ve değerler

	LİTERATÜRDE ÖNERİLEN DEĞERLER	KAYNAK
EDT	1,1xT30 veya T30	[7], [6]
T30	0,5-1 s	[7]
D50	0,3-0,7	[12]
LF80	0,05-0,35	[12]
G	-2 ile +10 dB	[12]
C80	-4 ile +4 dB	[3], [4], [7], [9], [5], [12], [13]
Ts	60-260 ms	[12]
STI	en az 0,6	[4]

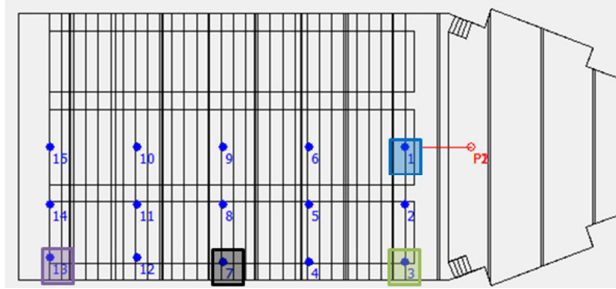
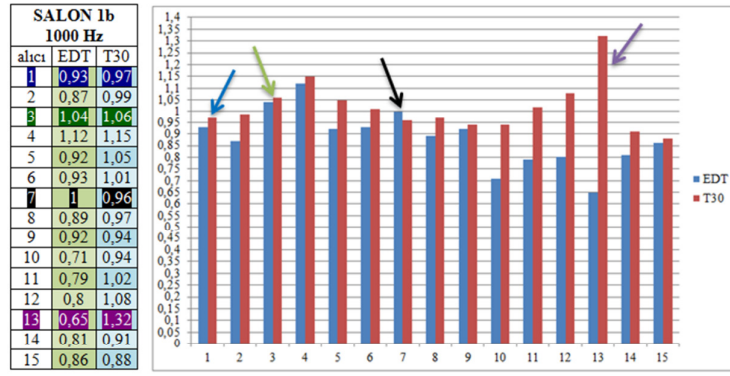
4.1 EDT-T30 (Erken Düşme Süresi-Çınlama Süresi)

Bölüm 2.1.4 ve Bölüm 2.1.5 ' te anlatılanlar doğrultusunda ve Şekil 2.9, Şekil 2.10 ve Çizelge 4.1' e bakıldığında optimum çınlama süresi değerleri 0,5 - 1 s aralığındadır, ayrıca EDT değerinin T30' un % 10' undan fazla ya da eşit olması

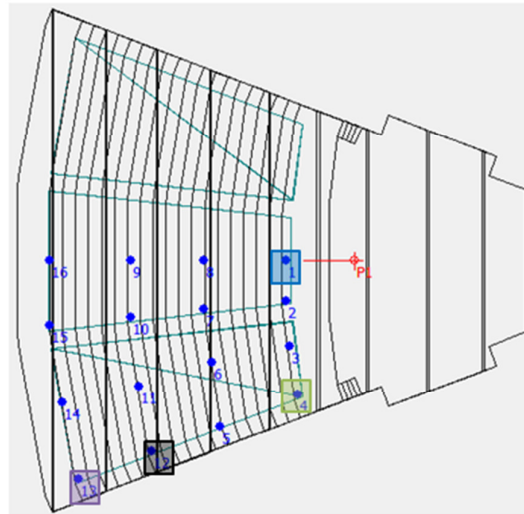
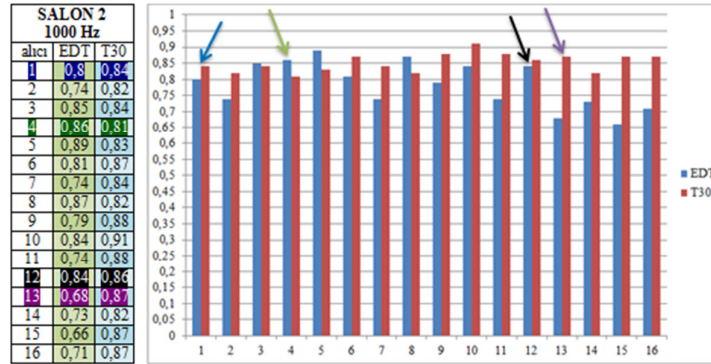
gerekmektedir. Salonlarda 1000 Hz' deki EDT ve T30 değerlerine bakıldığında EDT değerinin T30' un % 10' undan fazla ya da eşit olması beklenirken alıcıların çoğunda T30>EDT olmaktadır. Yani bu durum alıcıların ilk yansımaları alamadığını gösterir. Konuşma amaçlı salonlarda tavadan gelen yansımalar EDT değerlerini etkilemektedir. Şekil 3.24, Şekil 3.25, Şekil 3.26 ve Şekil 3.27' de belirtilen tavan gecikme sürelerine bakıldığında tavan panelleriyle ilgili herhangi bir sorun olmadığı ortaya konulmuştur. Bu sorunun salon geometrilerinden kaynaklandığı düşünülmüş, geometride en çok kritik olan ve kritik EDT-T30 değerlerine sahip olan alıcılar seçilmiştir. Salon 1a' daki alıcı 4 ve salon 1b' deki alıcı 7, EDT ve T30 için optimum değerleri sağlarken, diğer alıcılar birbirine yakın olan ama T30>EDT değerlerini göstermektedir. Salon 1b' deki alıcı 13 ise T30>EDT değerinde arada en fazla fark olan alıcıdır. Ayrıca alıcı 1 tam olarak dört salonda da aynı yerde bulunmasına rağmen farklı değerler ortaya koymaktadır. Bu nedenle salon 1a' daki alıcı 4, salon 1b' deki alıcı 7 ve dört salonda da alıcı 1 ve alıcı 13 irdelenmiştir. Alıcı -kaynak etkileşimine bakıldığında diğer üç salondaki alıcı 4, salon 1b' deki alıcı 3' e karşılık gelmektedir. Salon 1b' deki alıcı 7, diğer salonlarda alıcı 12' ye karşılık gelmektedir. Alıcı 13 ve alıcı 1 salonların hepsinde aynı isimle geçmektedir ve aynı yerdedir.



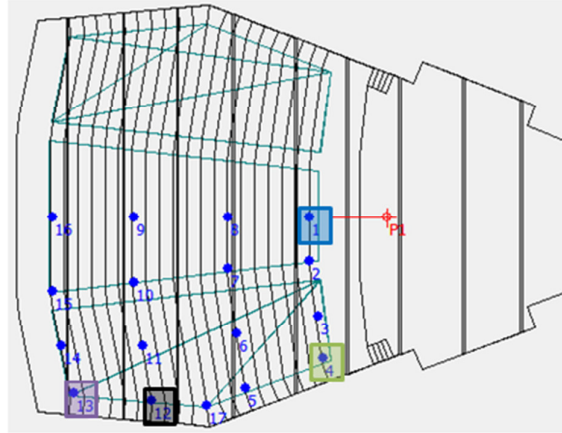
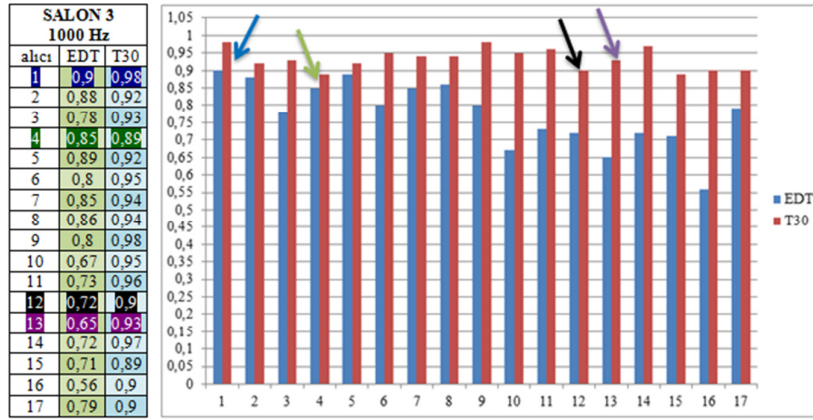
Şekil 4.1 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre EDT ve T30 değerleri



Şekil 4.2 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre EDT ve T30 değerleri



Şekil 4.3 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre EDT ve T30 değerleri

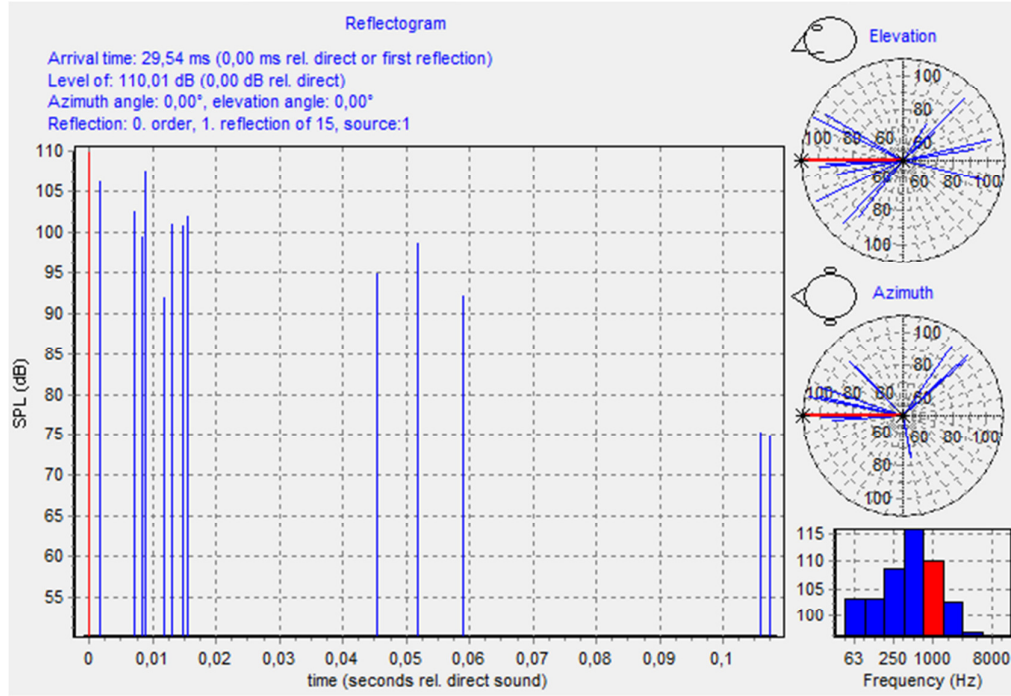


Şekil 4.4 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre EDT ve T30 değerleri

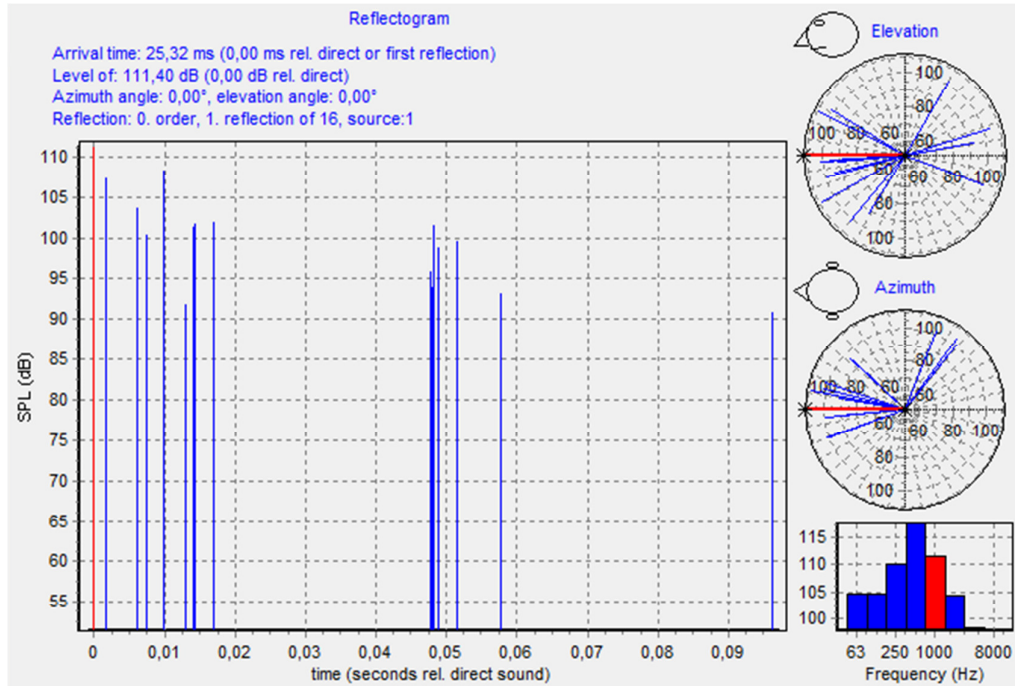
Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 salonların alıcılara bağlı EDT-T30 ilişkisini göstermektedir. Alıcıların salondaki konumlarına ve EDT-T30 değerlerine bakıldığında salon 1a ve salon 2' deki alıcı 4' ün optimum EDT-T30 değerlerine sahip olması, erken yansımaları; yani yan duvarlardan ve tavandan gelen ilk yansımaları iyi aldığını göstermektedir. Salon 1b' deki alıcı 3, salon 1a ve salon 2' deki alıcı 4 ile aynı konumda bulunmaktadır, onlar kadar olmasa da diğer alıcılara göre EDT-T30 ilişkisinde optimum değerler sağlamaktadır. Salon 3' teki alıcı 4 ise diğer salonlara oranla optimumdan daha uzak EDT-T30 ilişkisi ortaya koymaktadır. Bahsi geçen alıcı için en fazla T30 değerine sahip olan salon; salon 1b' dir.

Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8' de gösterilen salonların bahsi geçen alıcı için enerji diyagramlarına bakıldığında; salon 1b en fazla yansıma ve dolayısıyla en yüksek enerjiye sahip salon olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu da diğer salonlardan genişliğinin daha az olmasına bağlanabilir. Özellikle salon 1a ile karşılaştırıldığında genişliğin etkisi ortaya çıkmaktadır. Salon 2 ise en düşük enerjiye dolayısıyla en düşük T30 değerine sahiptir. Fan salonun formundan kaynaklanan bu durumu, bu

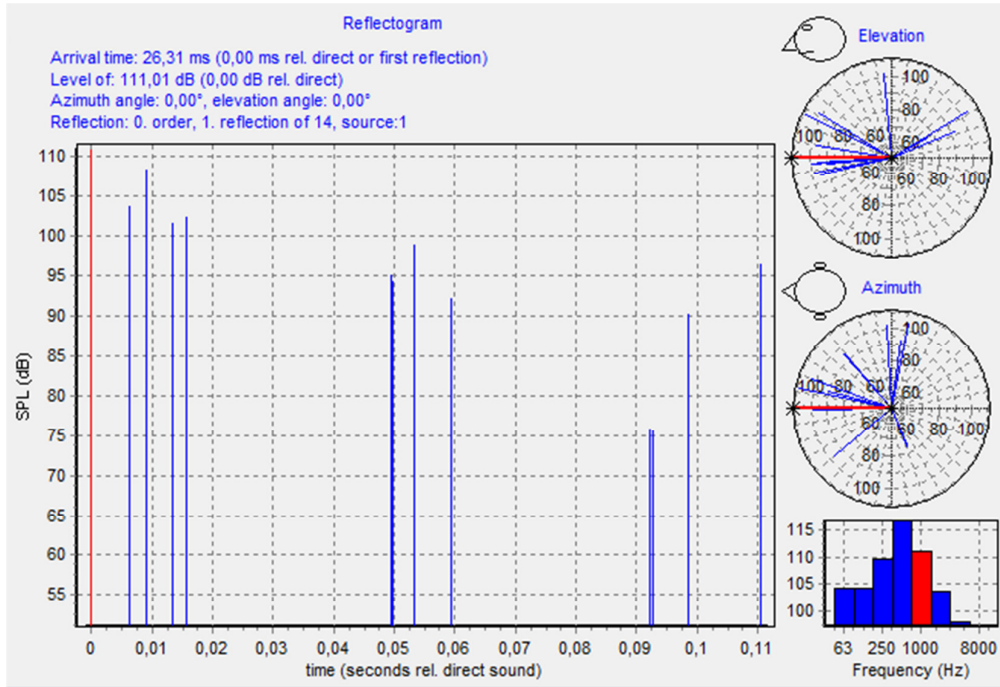
alıcı bir kez daha ispatlamaktadır. Salon 3 ise salon 2' den biraz daha fazla enerjiye sahiptir, bu da elmas salonun formundan kaynaklanan kırılan yan duvarlar sayesinde olmaktadır.



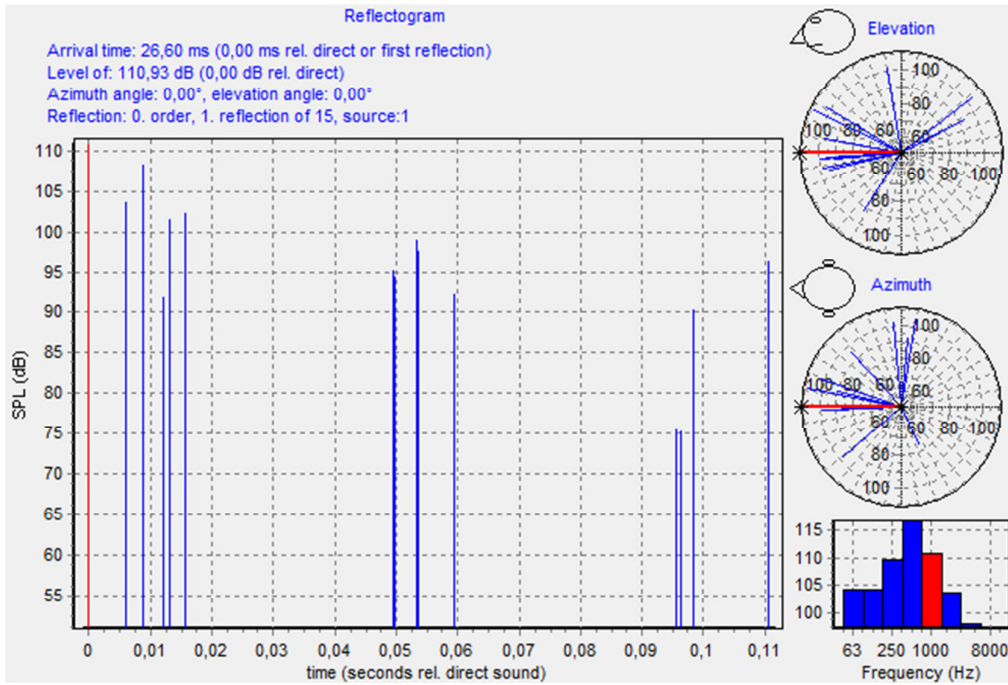
Şekil 4.5 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 4 enerji diyagramı



Şekil 4.6 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 3 enerji diyagramı



Şekil 4.7 : Salon 2 (fan) alıcı 4 enerji diyagramı



Şekil 4.8 : Salon 3 (elmas) alıcı 4 enerji diyagramı

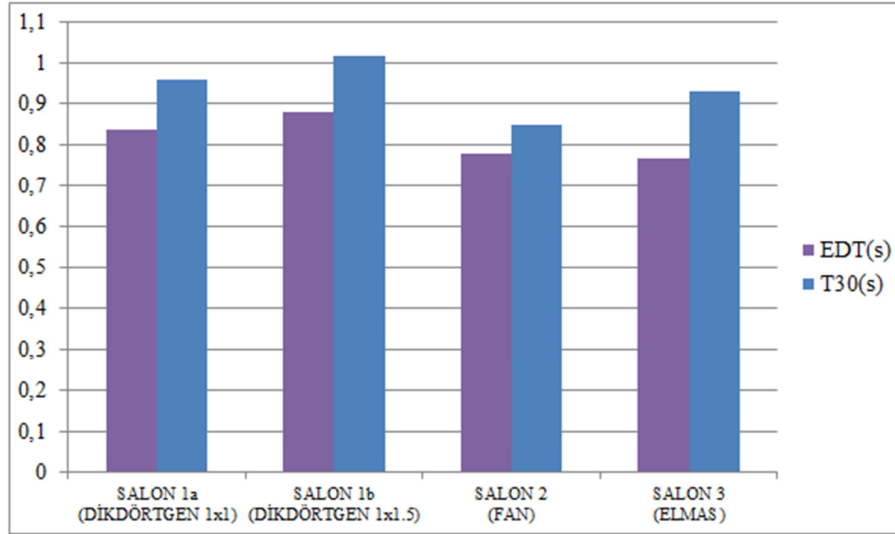
Salon 1b' deki alıcı 7 ile salon 1a ve salon 2' deki alıcı 12 optimuma yakın değerler vermektedir. Ancak salon 1b' deki alıcı 7, salon 1a ve salon 2' deki alıcı 12' den daha iyi EDT-T30 ilişkisine sahiptir, çünkü diğer salonlar daha geniş olduğu için ışınlar, salon 1b' dekinden daha uzun yansıma yoluna sahiptir. Salon 1a ve salon 2, salon 3' e

oranla daha iyi EDT-T30 ilişkisine sahiptir. Salon 3' ün yan duvarlardaki kırılma sebebiyle toplam enerjisi salon 2' den daha yüksek, dolayısıyla T30 değeri daha yüksek ve alıcı 4 için ışın yansıma yolu daha fazla olduğundan EDT değeri daha düşüktür. Bu nedenle bu alıcıda $T30 > EDT$ farkı en fazla salon 3 içindir. Ayrıca salon 1a ve salon 1b aynı T30 değerine sahip olmasına karşın, bu alıcı için daha uzun yansıma yoluna sahip olduğundan salon 1a' nın EDT değeri daha düşüktür. Bu da yine genişliğin etkisini ortaya koymaktadır.

Salonlardaki alıcı 13, bütün salonlarda erken yansımaları alamasa da yani $T30 > EDT$ olsa da, salon 1b' nin boyu çok daha uzun olduğundan daha fazla farka sahip değerler ortaya koymaktadır. Salon uzunluğunun 25 metreyi geçmemesi gerektiği literatürde söz edilen bir gerçektir [7, s:232]. Salon 1b, 28 metre uzunlukta olduğundan; alıcı 13 için salon 1a, salon 2 ve salon 3' e göre daha fazla farkı olan $T30 > EDT$ değeri görülmektedir. Alıcı 1' e baktığımızda ise salon 1b ve salon 3; salon 1a ve salon 2' ye göre daha iyi değerler vermektedir. En düşük T30 değeri salon 2 yani fan salondadır. Zaten fan salonun formundan dolayı, salonun orta aksındaki alıcılara yan duvarlardan çok fazla yansıma gelmeyeceği için orta aksdaki alıcıların enerjisi daha azdır. Ayrıca salon 1a' nın daha geniş olması yansıyan ışın yolunu uzatmaktadır, bu da yan duvarlardan gelen ilk yansımaları almayı engeller. Bunun sonucu olarak alıcı 1 için; salon 1a' daki $T30 > EDT$ farkı, salon 1b ve salon 3' tekine göre daha fazladır. Yani alıcı 1, salon 1b' de yan duvarlara daha yakın olduğundan yan duvarlardan gelen erken yansımaları daha iyi alır, salon 3' te de kırılan yan duvarların enerji katkısından dolayı T30 değeri daha yüksektir ve ilk yansımaları daha iyi alır. Böylece salon 1b ve salon 3, alıcı 1 için salon 1a ve salon 2' ye göre daha iyi EDT-T30 değeri vermektedir.

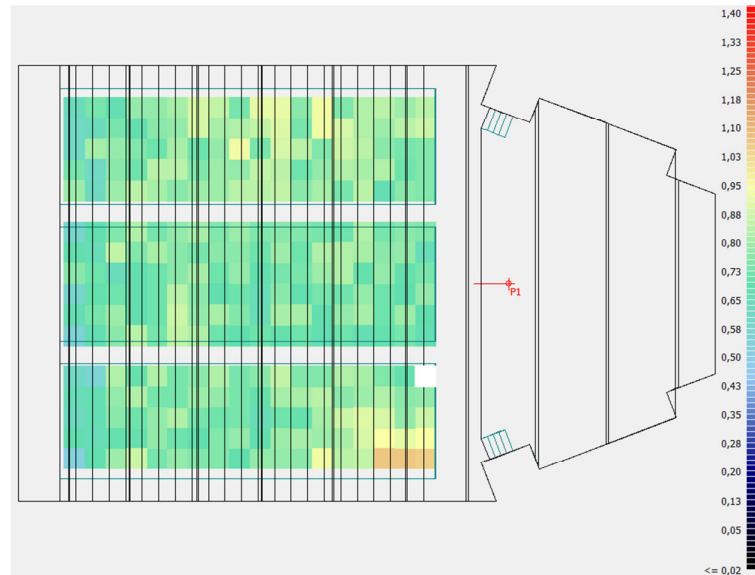
Salonun genelinde EDT ve T30 değerlerinde genişliğin ve uzunluğun etkisi görülmektedir. Salon 1b' de arkadaki alıcılar uzunluğa bağlı olarak, Salon 1a ve salon 2' de de orta aksta yer alan alıcılar yan duvarlara uzak olduğundan ve fan salonun formundan dolayı genişliğe bağlı olarak $T30 > EDT$ olmaktadır ve farkı diğer alıcılara göre daha fazladır. Salonların 1000 Hz' deki ortalama EDT-T30 değerlerini gösteren **Şekil 4.9'** a bakıldığında Salon 1b' nin yansıma yolunun kısa olmasından dolayı alıcıların genelinde T30 değerleri en yüksek salondur. En düşük T30 değerleri salon 2' ye aittir, çünkü fan salon form itibarıyla enerji bakımından zayıftır. Bu durum ise daha optimum EDT-T30 ilişkisini ortaya koymaktadır yani, T30 daha düşük olduğu

için $T30 > EDT$ farkı daha azdır. Salon 3' ün yan duvar katkısından dolayı alıcıların genelinde $T30$ değerleri salon 1a ile yaklaşık ve salon 2' ye göre daha yüksektir. En yüksek $T30 > EDT$ farkı bu salondadır.

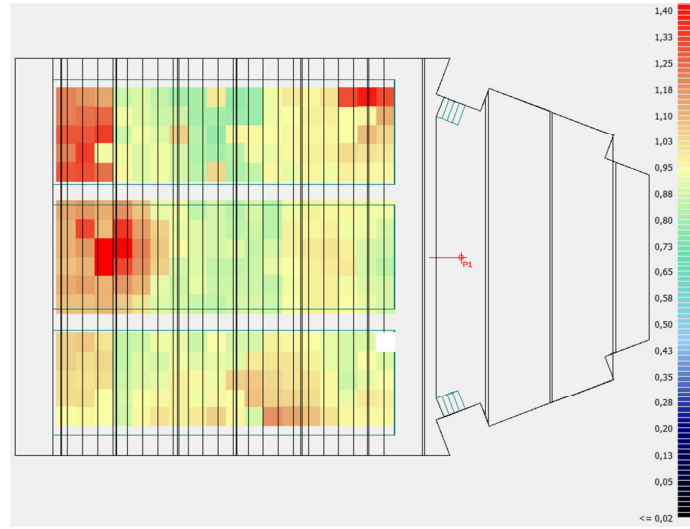


Şekil 4.9 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama EDT-T30 değerleri

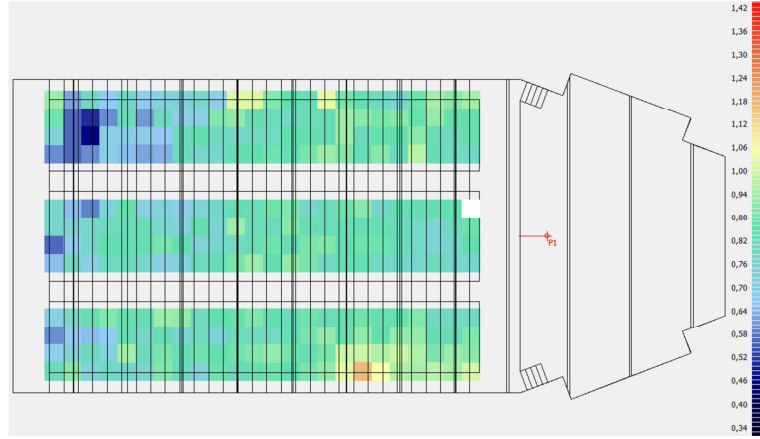
Şekil 4.10, Şekil 4.12, Şekil 4.14 ve Şekil 4.16 salonların 1000 Hz' deki EDT değeri için, Şekil 4.11, Şekil 4.13, Şekil 4.15ve Şekil 4.17 salonların 1000 Hz' deki $T30$ değeri için dinleyici alanının grid analizini göstermektedir. Bu analizlere bakıldığında da EDT-T30 parametrelerinin salonlardaki 1000 Hz' deki değerleri hakkında bahsedilen yorumlar bir kez daha doğrulanmaktadır.



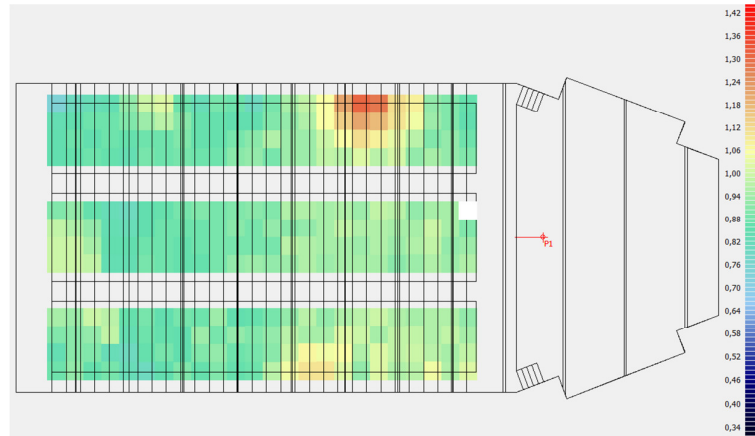
Şekil 4.10 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki EDT değeri için dinleyici alanının grid analizi



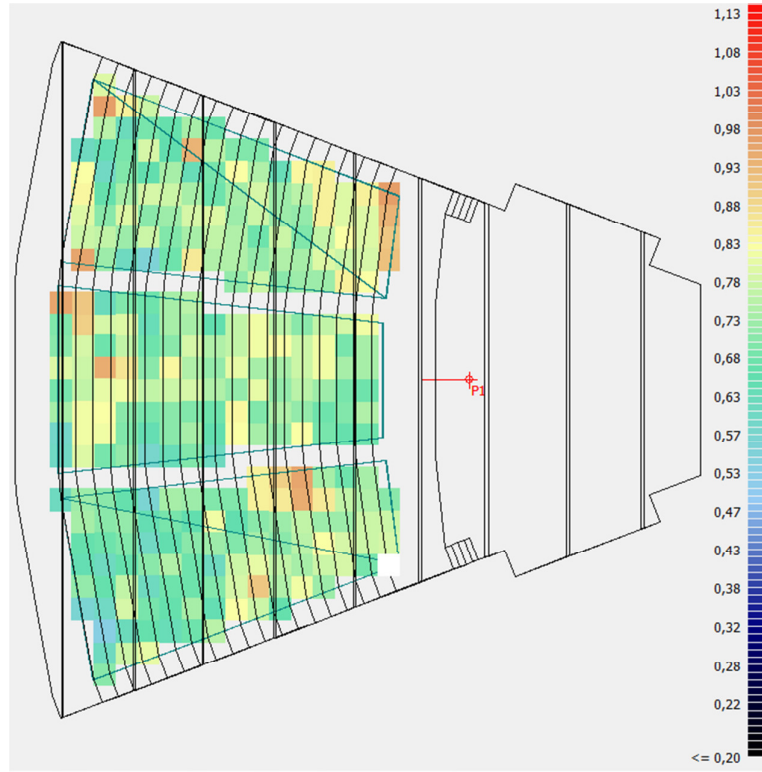
Şekil 4.11 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki T30 değeri için dinleyici alanının grid analizi



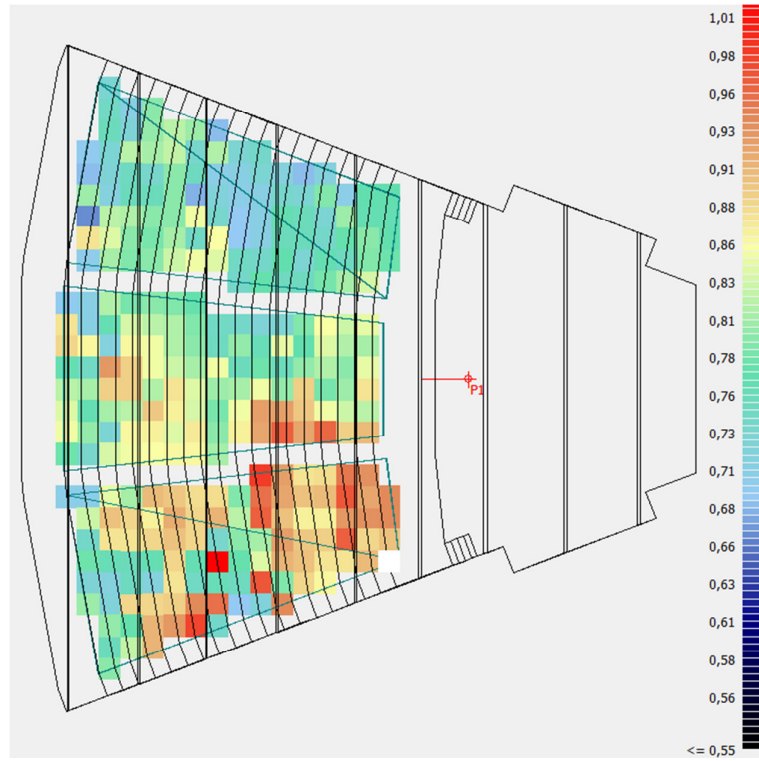
Şekil 4.12 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki EDT değeri için dinleyici alanının grid analizi



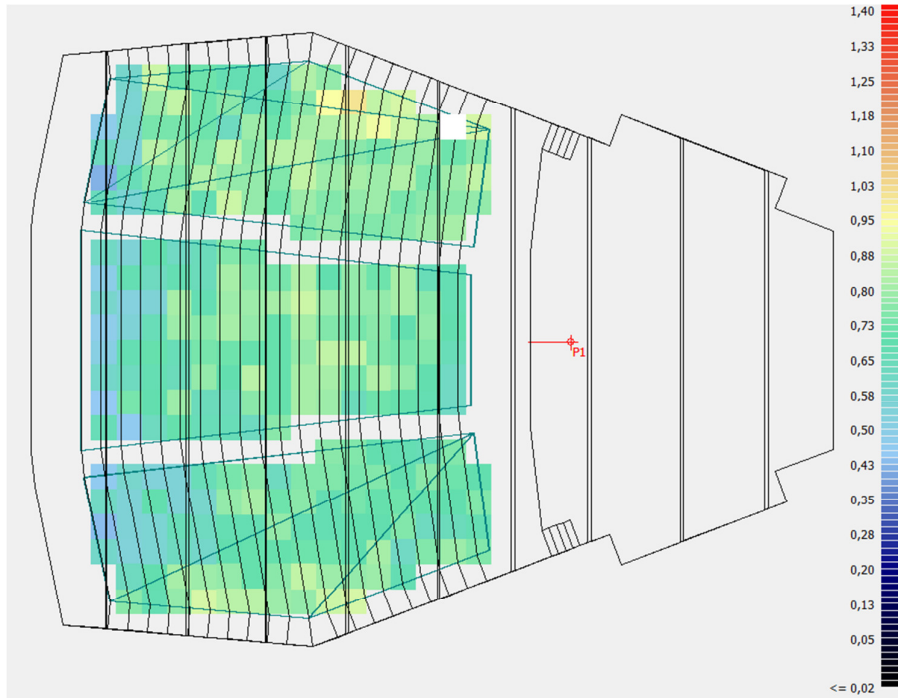
Şekil 4.13 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki T30 değeri için dinleyici alanının grid analizi



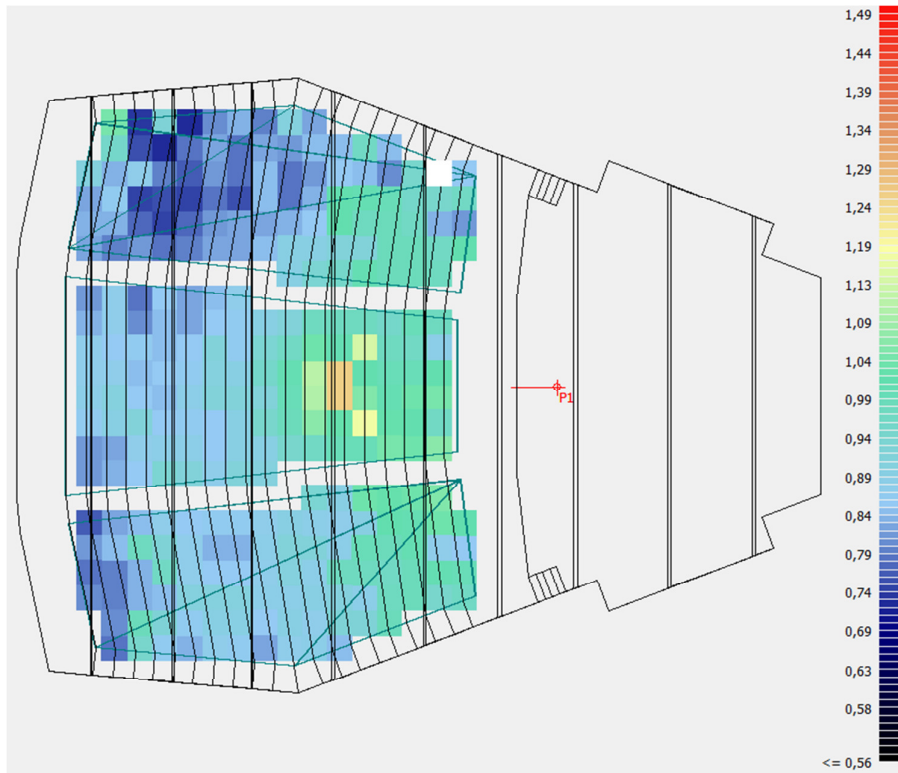
Şekil 4.14 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki EDT değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 4.15 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki T30 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 4.16 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki EDT değeri için dinleyici alanının grid analizi

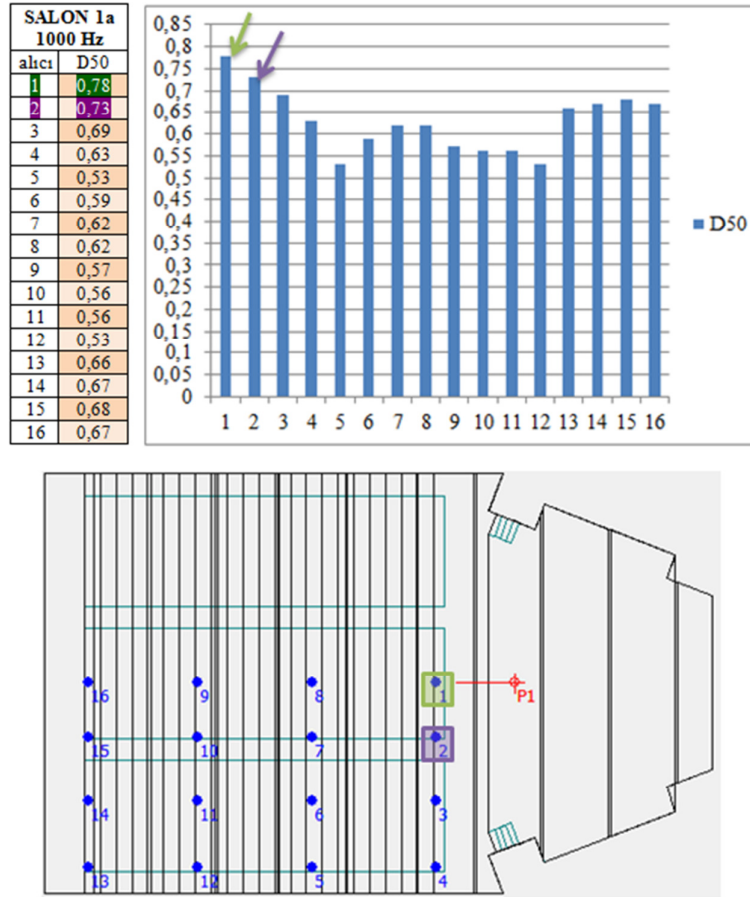


Şekil 4.17 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki T30 değeri için dinleyici alanının grid analizi

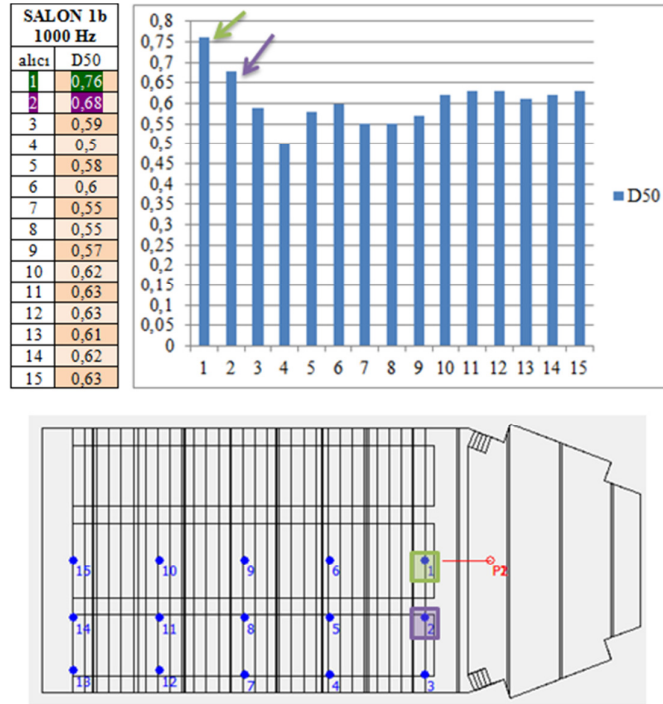
4.2 D50 (Belirginlik)

Bölüm 2.1.7 ' de anlatılanlar doğrultusunda ve Çizelge 4.1' e bakıldığında; literatüre göre önerilen optimum D50 değeri 0,3 - 0,7 arasında olabilir [12]. Bu değerlerden yola çıkarak yine 1000 Hz' de salonlardaki alıcıların değerlerine bakıldığında; salon 1x1' de alıcı 1 ve alıcı 2 irdelenmiştir. Çünkü aralıktaki değeri aşan alıcılar sadece bunlardır.

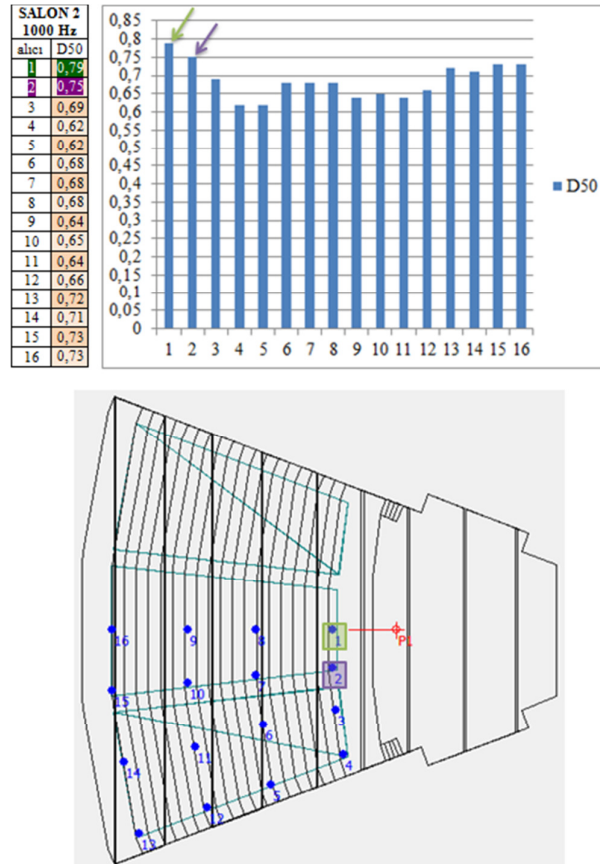
Alıcı - kaynak etkileşimine bakıldığında, alıcı 1 ve alıcı 2 salonların hepsinde aynı yerde bulunmaktadır. Sadece alıcı 2, salon 1b' de yan duvara daha yakındır. Sonuçlara baktığımızda alıcı 1, salonların hepsinde 0,7 olan üst değeri aşarken, alıcı 2 salon 1b' de yan duvara daha yakın olduğundan 0,7 olan üst sınırı aşmamaktadır. Bunun sebebi yine salon 1a, salon 2 ve salon 3' ün, salon 1b' den daha geniş olmasına bağlanabilir, çünkü alıcı 1 bütün salonlarda yan duvara uzaktadır, salonun orta aksındadır (ortadaki alıcılar yan duvarlardan enerji alamaz genelde tavandan alır) ve yan duvarlardan gereken enerjiyi alamamaktadır.



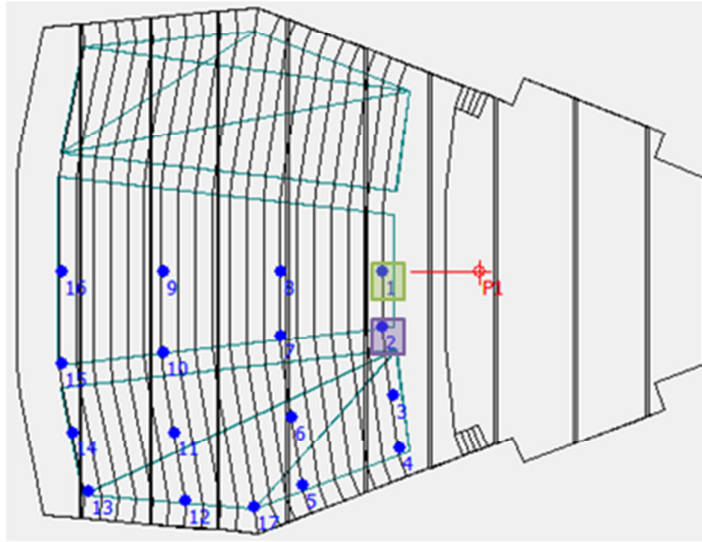
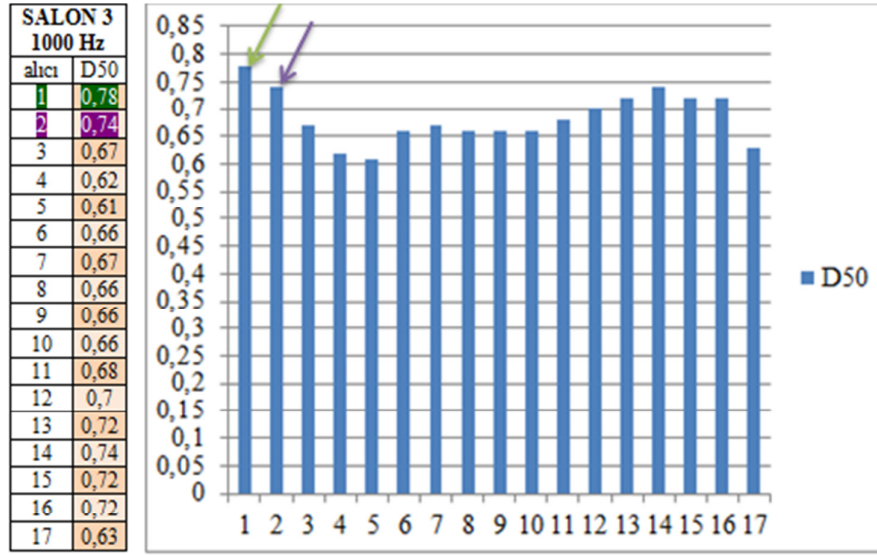
Şekil 4.18 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre D50 değerleri



Şekil 4.19 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre D50 değerleri

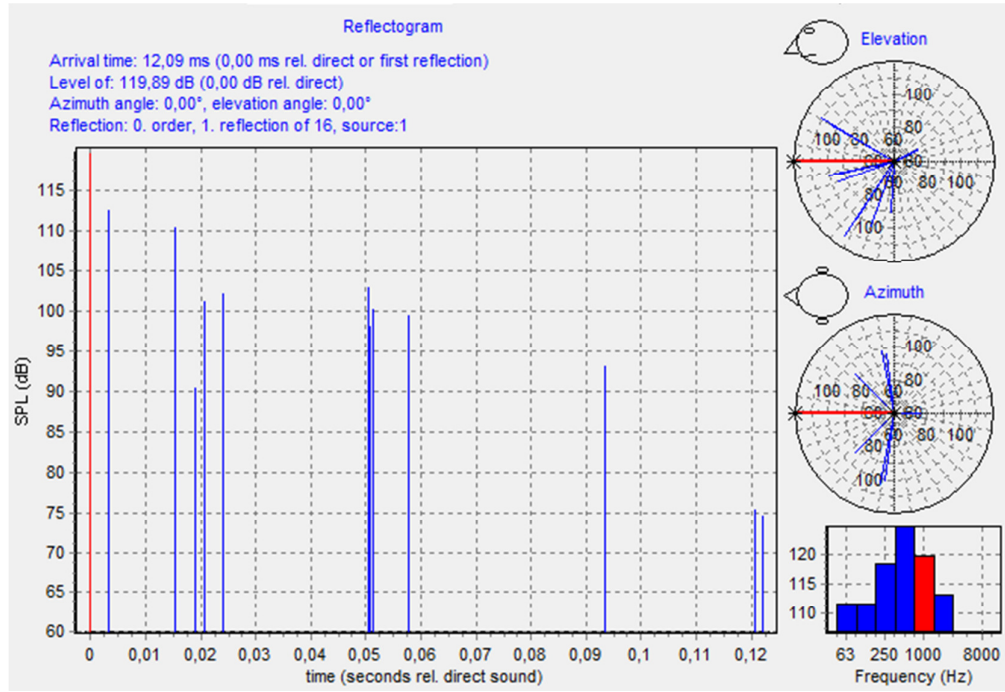


Şekil 4.20 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre D50 değerleri

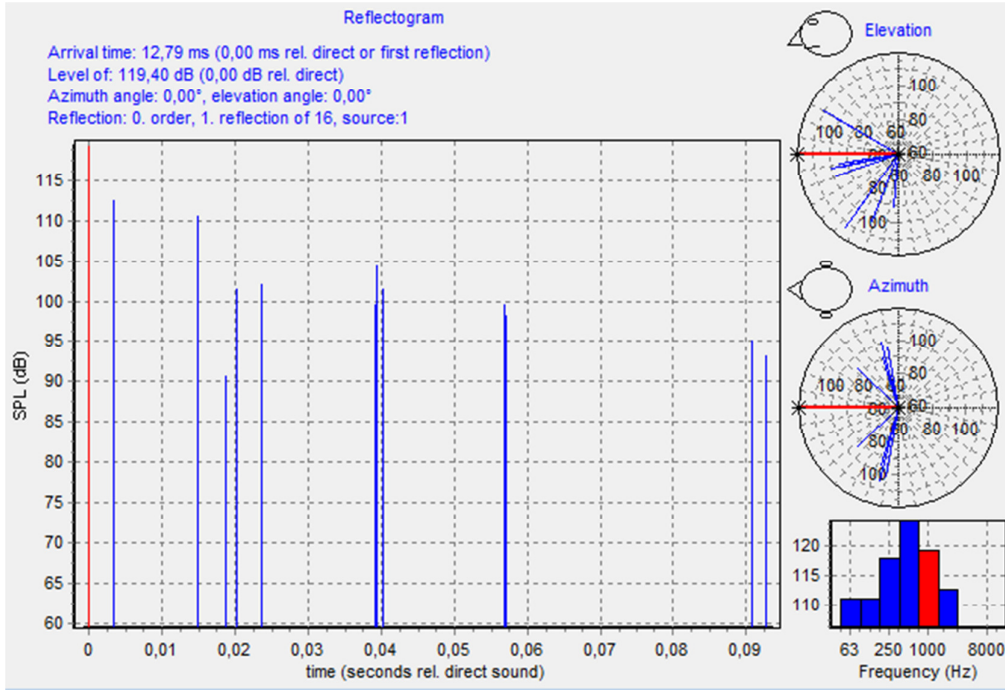


Şekil 4.21 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre D50 değerleri

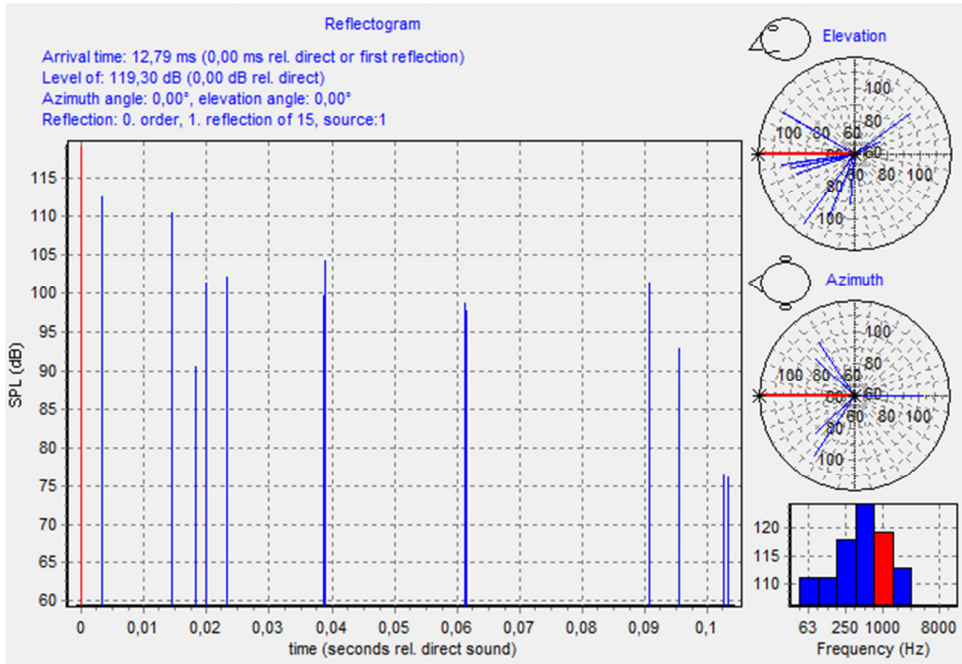
D50' nin tanımından da anlaşılacağı üzere D50 değerinin büyük çıkması demek ilk 50 ms içinde gelen yansımaların, olması gerekenden daha fazla olduğunu göstermektedir. Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25 salonların enerji diyagramını göstermektedir ve D50 tanımından yola çıkılarak salon enerjisine bakıldığında; salonların D50 değerlerini doğrulamaktadır. Salon 1b' de alıcı 2 yan duvara, diğer salonlardan daha yakın olduğundan, yan duvardan diğer salonlardaki alıcı 2' ye oranla daha çok enerji alır, böylece toplam enerjiye de katkıda bulunur ve D50 değeri biraz daha düşer.



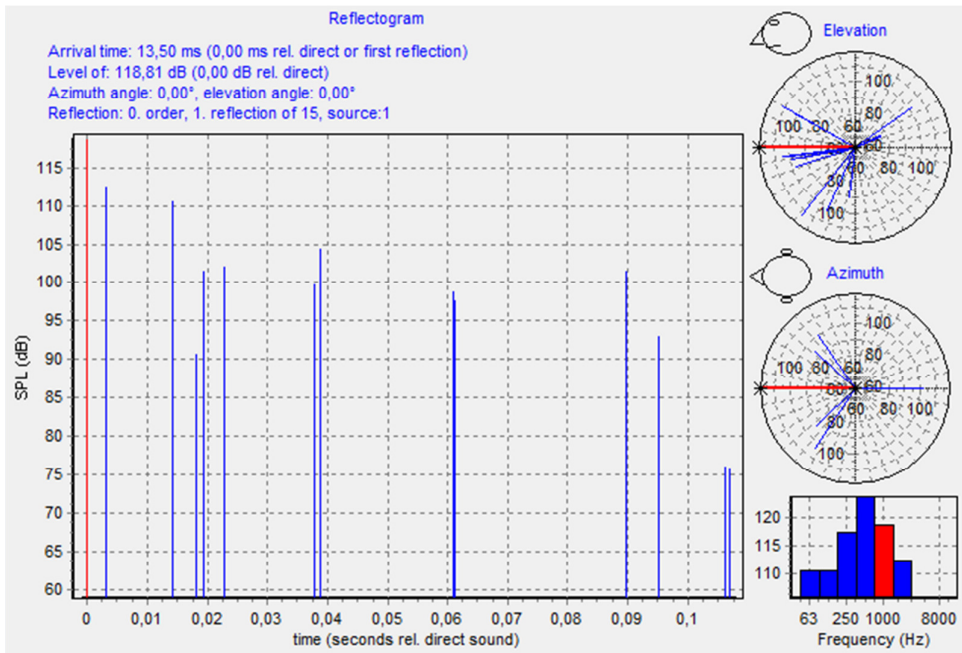
Şekil 4.22 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 1 enerji diyagramı



Şekil 4.23 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 1 enerji diyagramı



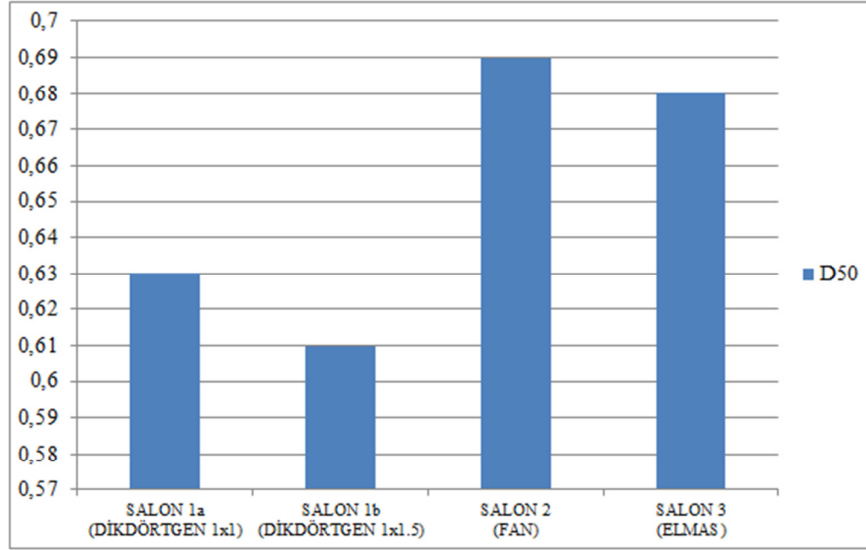
Şekil 4.24 : Salon 2 (fan) alıcı 1 enerji diyagramı



Şekil 4.25 : Salon 3 (elmas) alıcı 1 enerji diyagramı

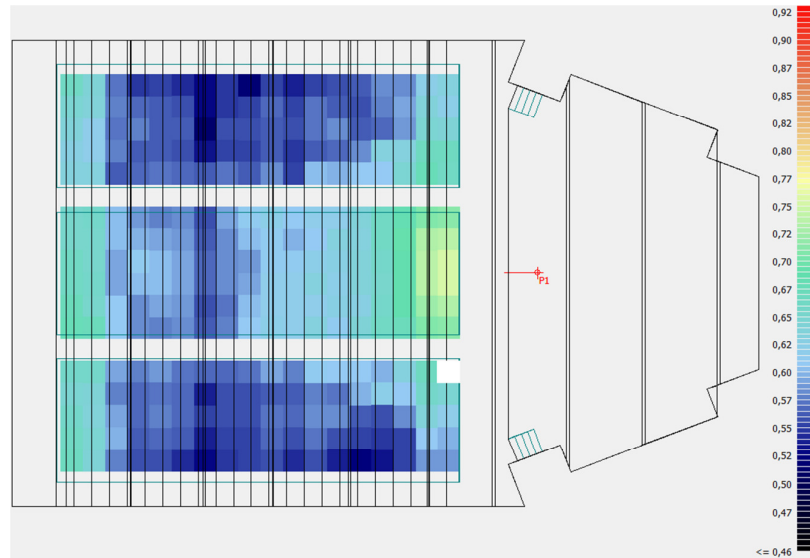
Salonun genelindeki D50 değerlerine bakılacak olursa salon 1a için en arka sıradaki alıcılar, salon 1b' dekinden, salon 2 ve salon 3 de salon 1a' dakinden daha yüksek değerlere sahiptir. Yani salonun arkasındaki alıcılar için uzunluk etkisinden dolayı salon 1b daha düşük değerler vermektedir. Elmas salondaki kırılan yan duvarların katkısından dolayı salon 3 daha yüksek D50 değerlerine sahiptir. Şekil 4.26' ya

bakıldığında salonun 1000 Hz' deki ortalama D50 değerleri görülmektedir. Salon 2 ve salon 3 birbirlerine yakın ve en yüksek değerlere sahiptir. En düşük ortalama değer salon 1b' de görülmektedir. Bunun sebebi daha önce de açıklandığı gibi toplam enerjinin bu salonda diğer salonlardan daha yüksek olmasıdır.

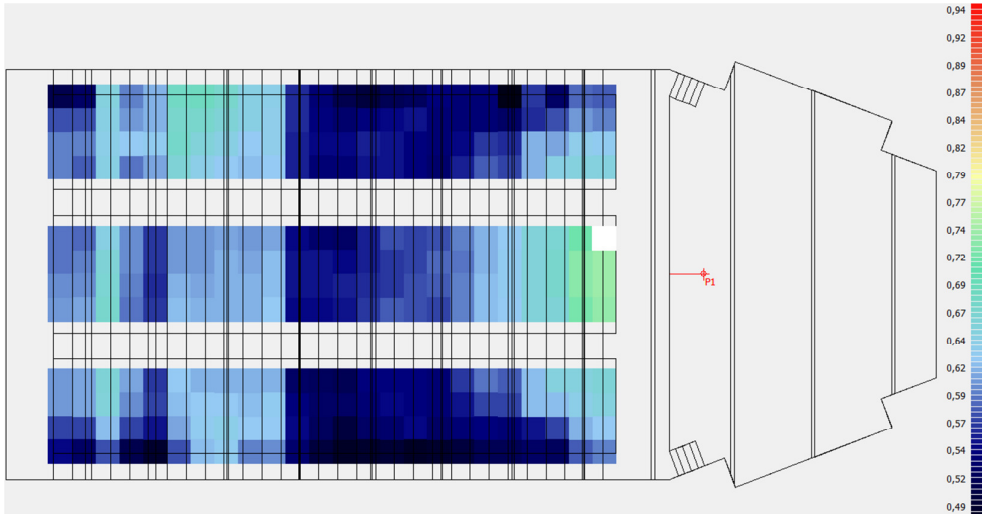


Şekil 4.26 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama D50 değerleri

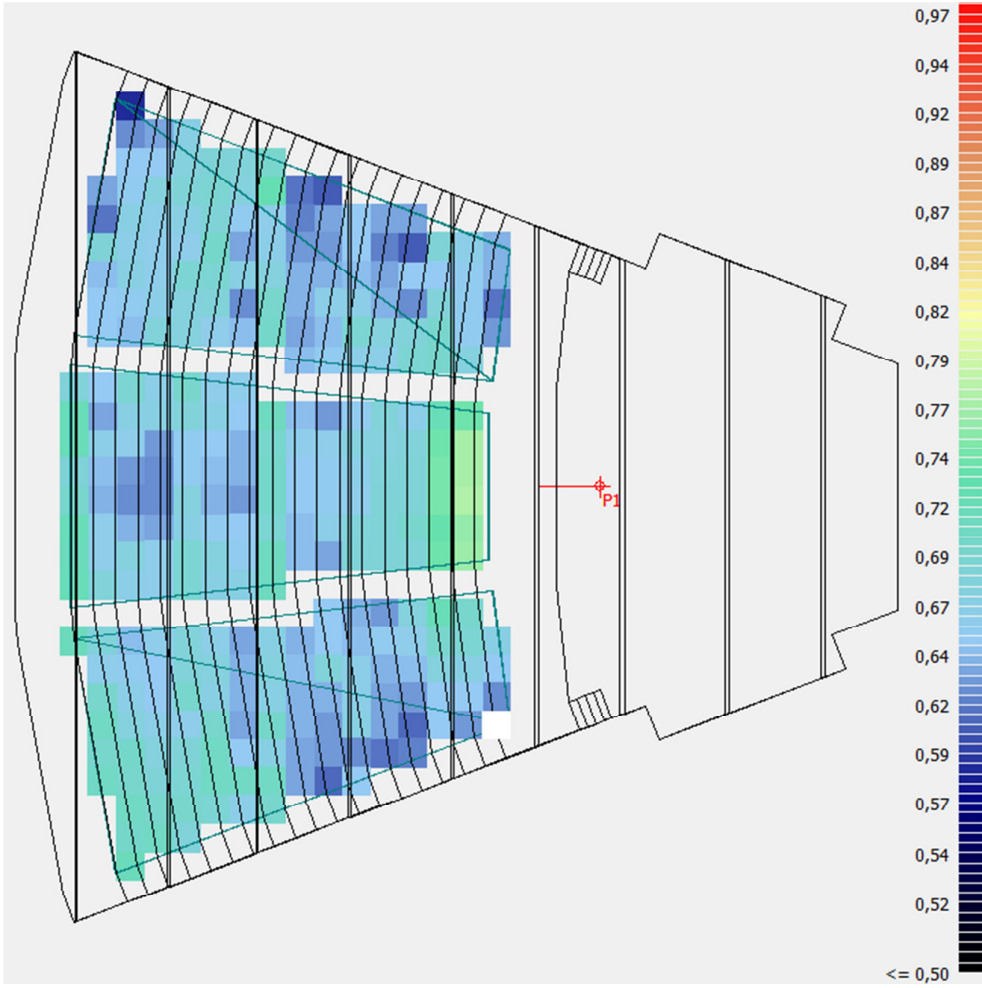
Şekil 4.27, Şekil 4.28, Şekil 4.29 ve Şekil 4.30 salonların 1000 Hz'deki D50 değeri için dinleyici alanının grid analizini göstermektedir. Bu analizlere bakıldığında da D50 parametresinin salonlardaki 1000 Hz' deki değerleri hakkında bahsedilen yorumlar bir kez daha doğrulanmaktadır.



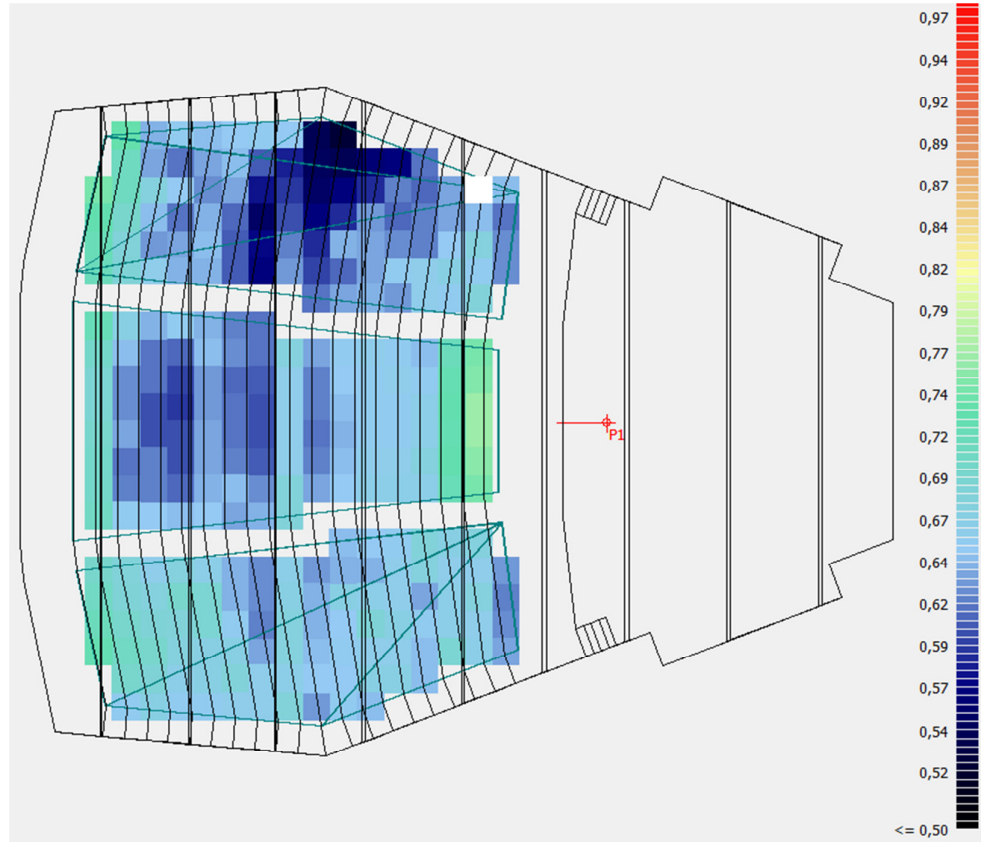
Şekil 4.27 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki D50 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 4.28 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki D50 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 4.29 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki D50 değeri için dinleyici alanının grid analizi

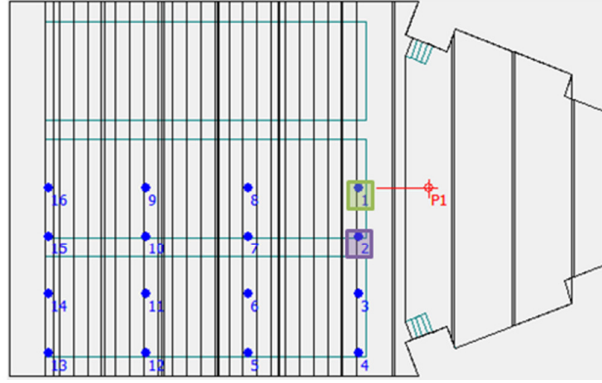
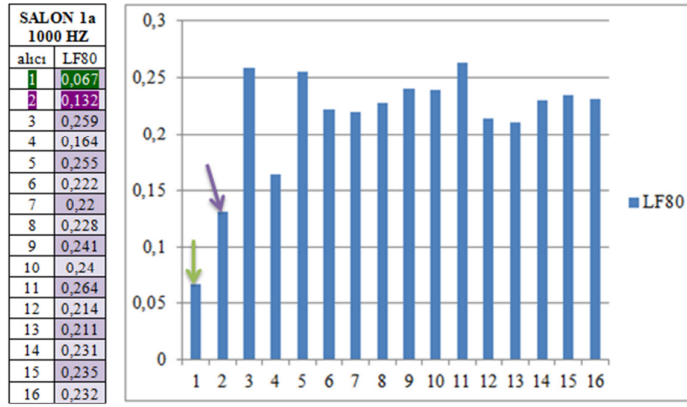


Şekil 4.30 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki D50 değeri için dinleyici alanının grid analizi

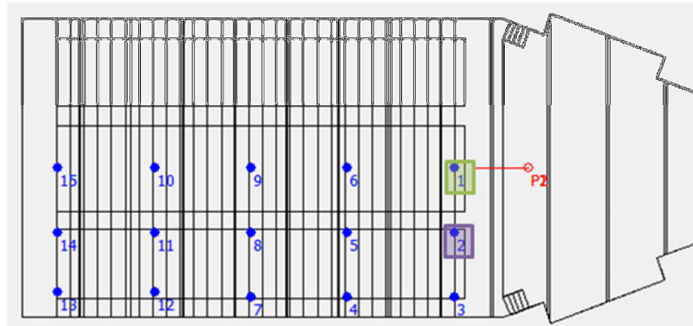
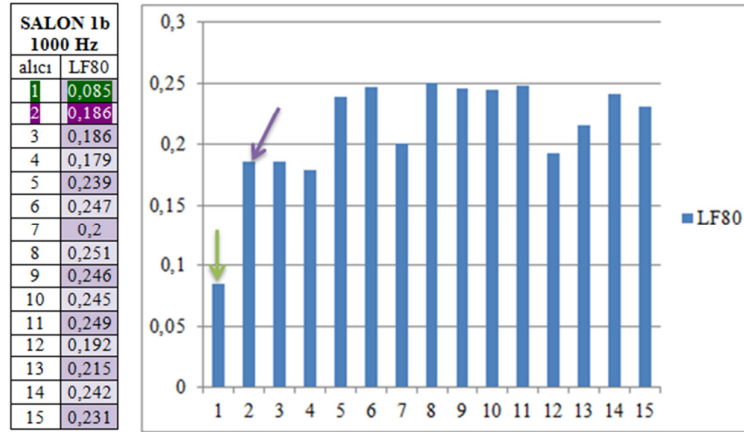
4.3 LF80 (Yanal Yansımalar)

Bölüm 2.1.12 ' de anlatılanlar doğrultusunda ve Çizelge 4.1' e bakıldığında; literatüre göre optimum aralığı 0,05 - 0,35' tir [12]. Salonlardaki 1000 Hz' de alıcıların LF80 değerlerine bakılacak olursa bütün alıcılar belirtilen aralıkta yer almaktadır.

Salonların değerleri karşılaştırıldığında alıcı 1 ve 2 irdelenmiştir. Alıcı - kaynak etkileşimine bakıldığında; alıcı 1, bütün salonlarda aynı yerdedir, alıcı 2 ise salon 1b' de yan duvarlara biraz daha yakın bulunmaktadır. Alıcı 1' in salonlardaki değerleri karşılaştırılacak olursa; salon 1a genişliğin etkisinden dolayı en düşük değerlere sahiptir. Salon 1b en yüksek, salon 2 ve salon 3 de birbirine yakın, salon 1a' dan daha yüksek değerlere sahiptir. Bunun sebebi genişliktir. Çünkü yan duvarlara en yakın olan alıcı salon 1b' dekidir. Salon 2 ve salon 3 de yan duvarlardan yansımaları daha geniş olan; salon 1a' dan daha iyi alır.

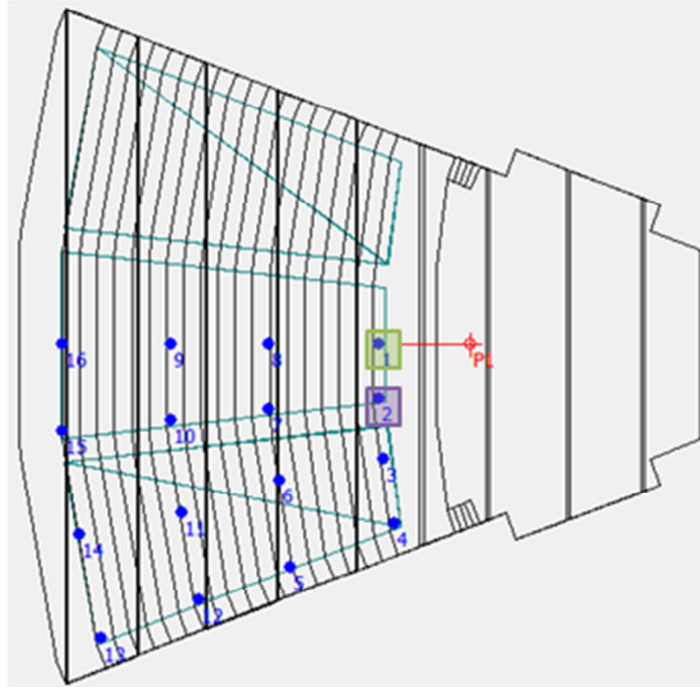
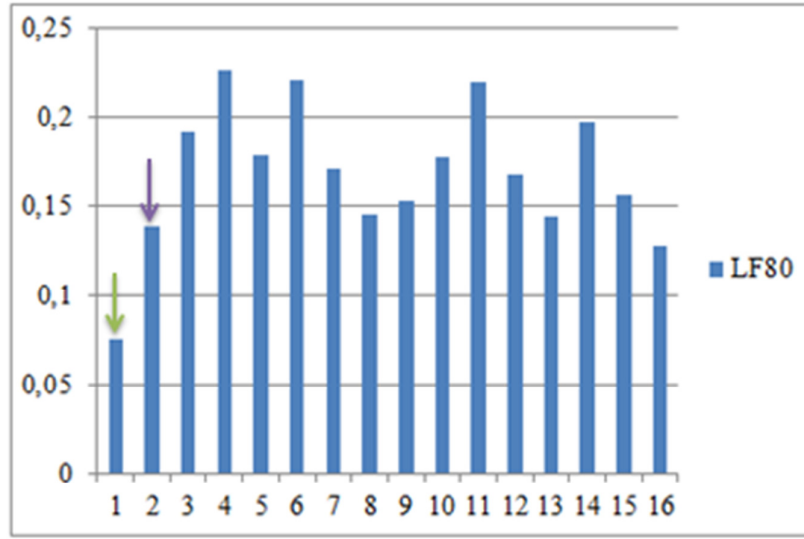


Şekil 4.31 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre LF80 değerleri



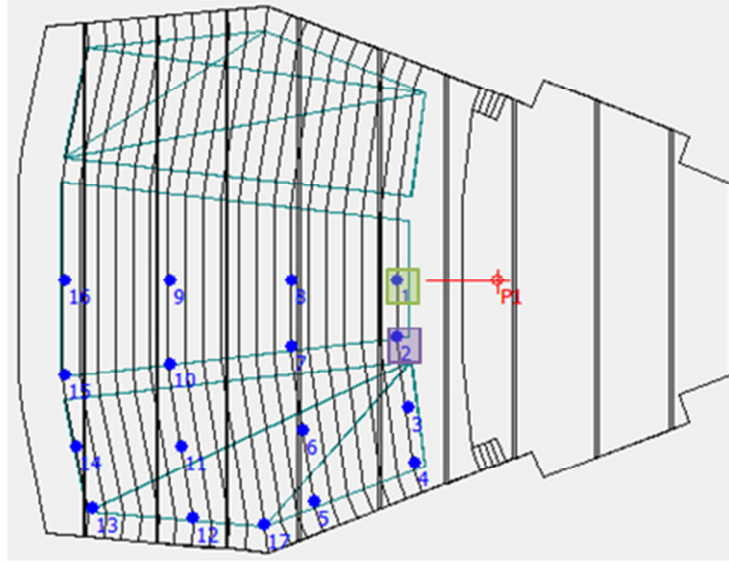
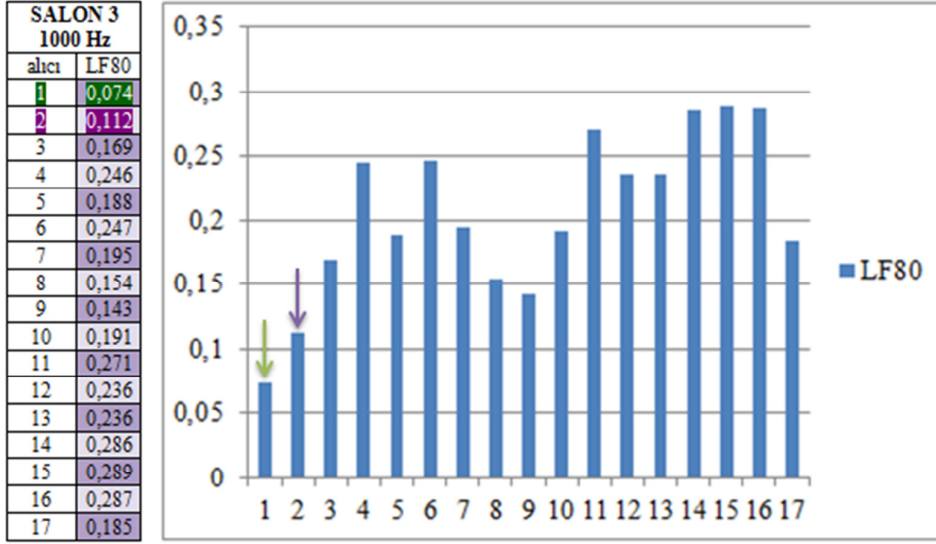
Şekil 4.32 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre LF80 değerleri

SALON 2 1000 Hz	
alıcı	LF80
1	0,076
2	0,139
3	0,192
4	0,227
5	0,179
6	0,222
7	0,171
8	0,145
9	0,153
10	0,178
11	0,22
12	0,168
13	0,144
14	0,198
15	0,156
16	0,128



Şekil 4.33 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre LF80 değerleri

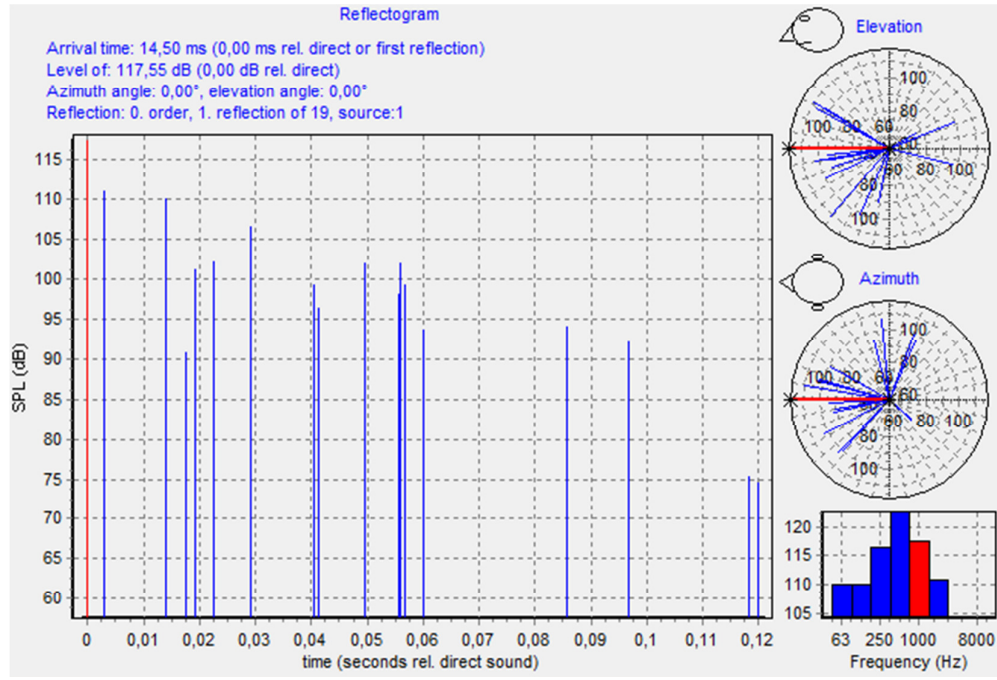
Alıcı 2' nin bütün salonlardaki değerleri karşılaştırılacak olursa; bütün salonlarda ön orta aksta yer almasına rağmen, salon 1b' de, yan duvara hem daha yakın, hem de salonun genişliği diğer salonlardan daha az olduğundan, yan duvarlardan gelen yansımaları diğer salonlardaki alıcı 2' ye oranla daha iyi almaktadır.



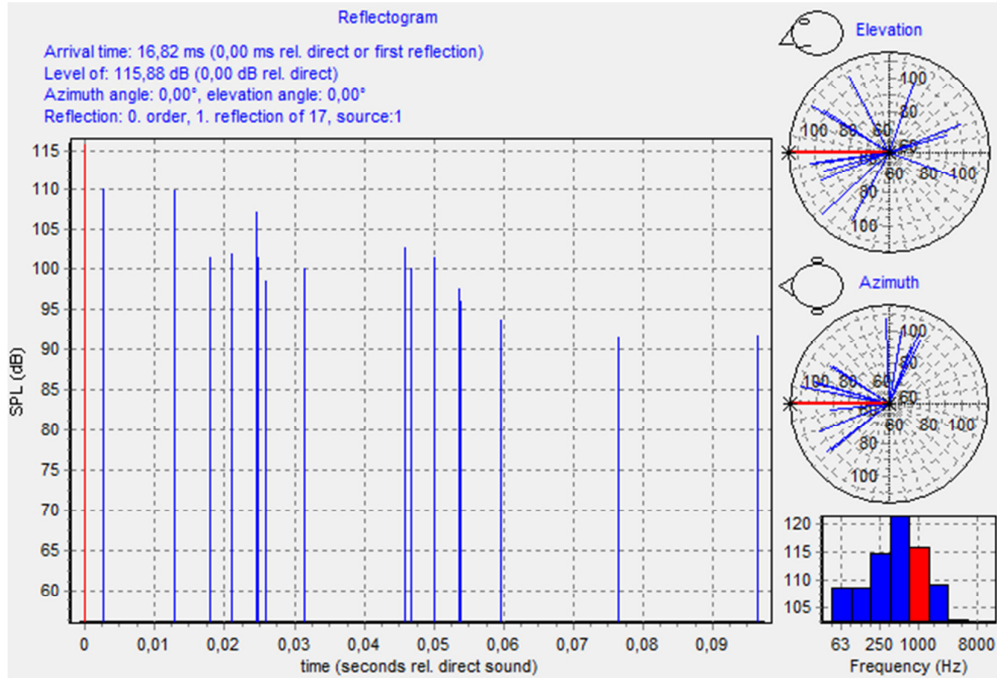
Şekil 4.34 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre LF80 değerleri

Şekil 4.35, Şekil 4.36, Şekil 4.37 ve Şekil 4.38 alıcı 2 için enerji diyagramlarını göstermektedir. Bu diyagramlara bakıldığında salon 1b' nin yansımaları diğer salonlardan daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Ayrıca salon 1a ve salon 2 yakın değerlere sahipken en düşük değerler salon 3' te ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi de yine toplam yansımaların daha uzun sürede tamamlanması ve ilk 80 ms' deki toplam enerjinin diğer salonlardan daha büyük olmasıdır. Çünkü elmas salon kırılan yan duvarların etkisiyle toplamda daha yüksek enerjiye sahip olmaktadır, bu da tanımdan anlaşıldığı gibi daha düşük LF80 değeri demektir. Salon 2' deki değerin yüksek olması da ilk 80 ms' deki toplam enerjinin daha düşük olmasıyla ilişkilidir. Çünkü fan salonda orta akstaki alıcılar toplam enerji bakımından pek zengin değildir. Zaten

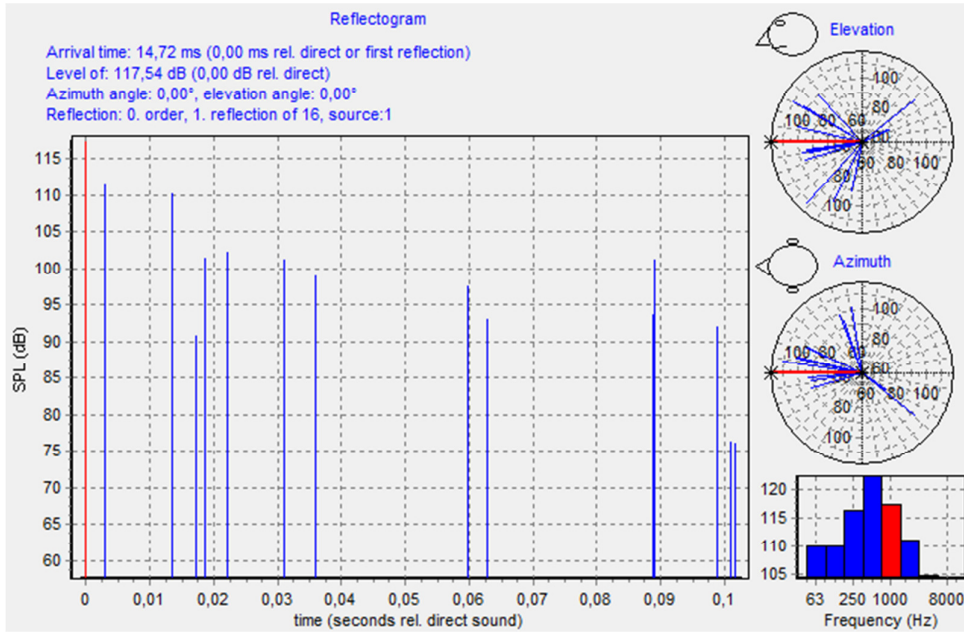
salonun geneline de bakıldığında alıcı 11, 12, 13, 14, 15, 16 yani arkadaki alıcılar için fan salon en düşük değerlere sahiptir.



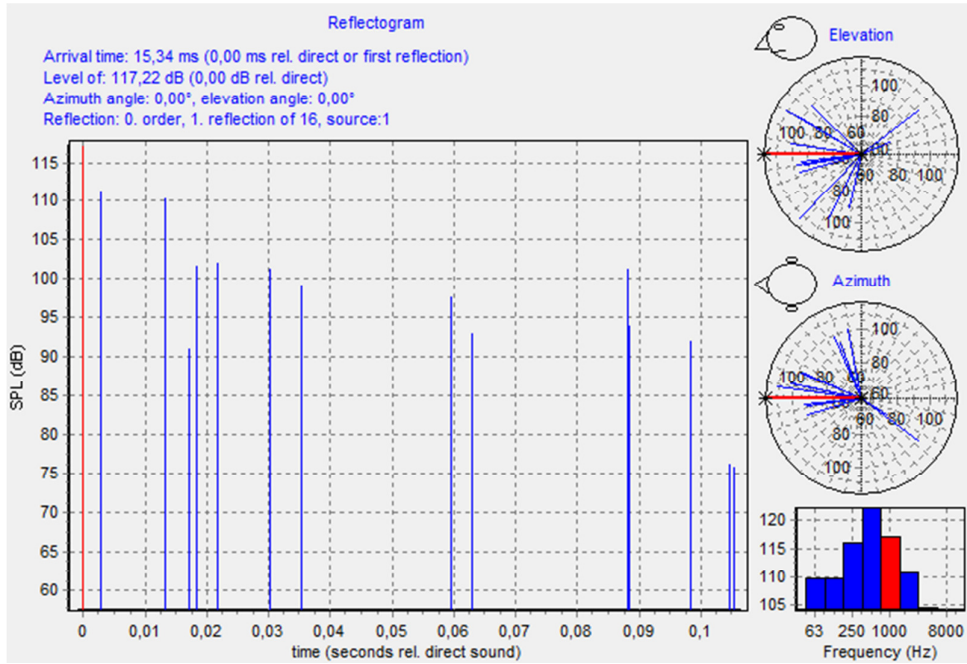
Şekil 4.35 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 2 enerji diyagramı



Şekil 4.36 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 2 enerji diyagramı



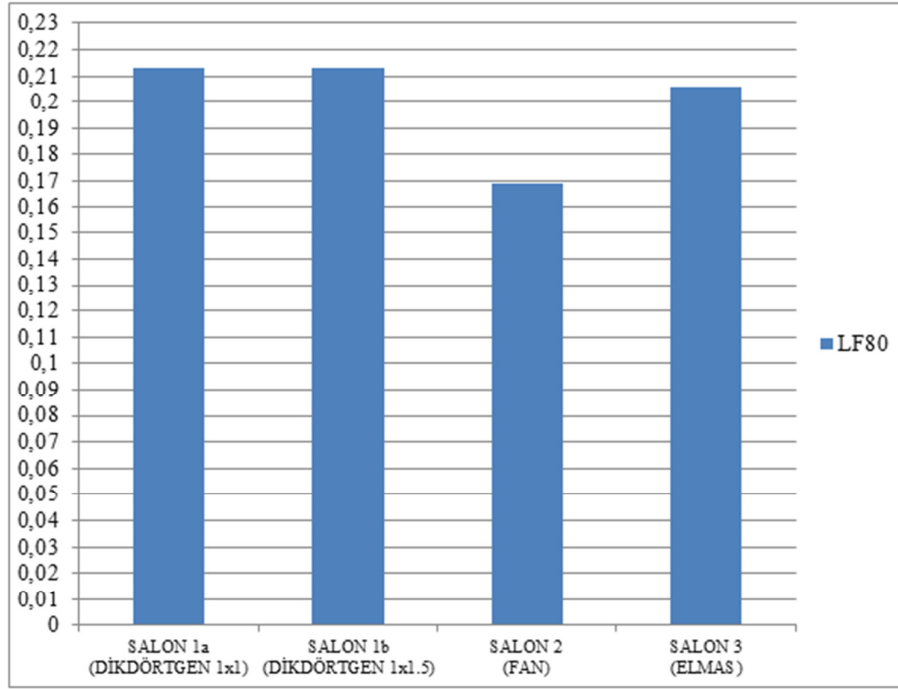
Şekil 4.37 : Salon 2 (fan) alıcı 2 enerji diyagramı



Şekil 4.38 : Salon 3 (elmas) alıcı 2 enerji diyagramı

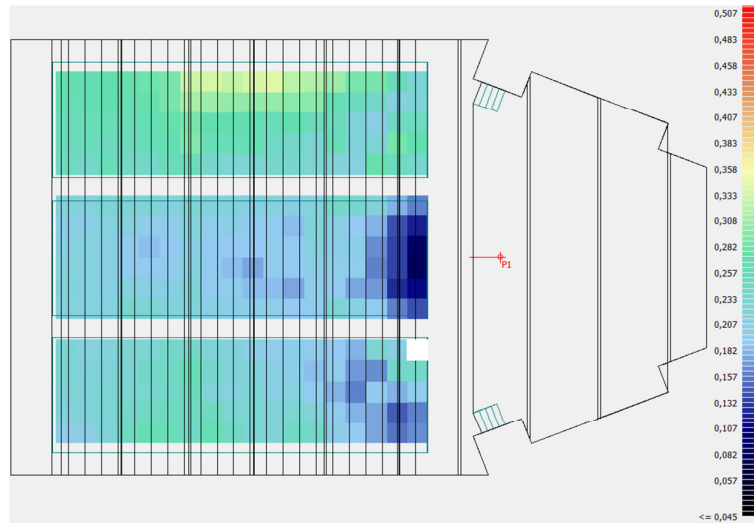
Ayrıca salonların 1000 Hz' deki ortalama LF80 değerlerini gösteren Şekil 4.39' a bakıldığında en düşük değerler fan salona aittir. Dikdörtgen salonlar birbirine yaklaşık ortalama değerlere sahiptir, çünkü salon 1b' nin uzunluktan dolayı arkalara doğru LF80 değeri düşmektedir, salon 1a' da orta akstaki alıcılar, genişlikten dolayı daha düşük değerlere sahiptir, ama ortalamada bu iki salon birbirlerine yaklaşık

LF80 değeri vermektedir. Elmas salon, fan salondan daha yüksek ancak dikdörtgenlerden daha düşük LF80 değerine sahiptir.

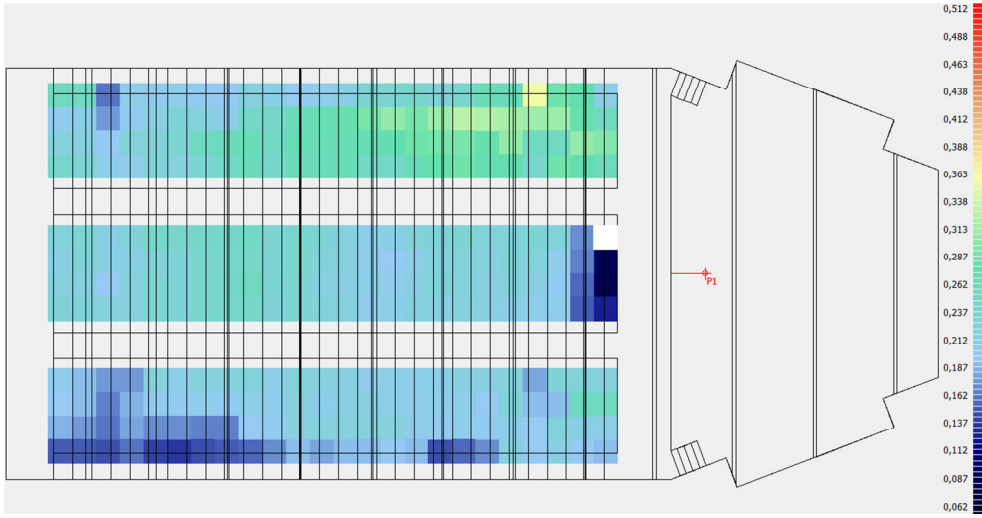


Şekil 4.39 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama LF80 değerleri

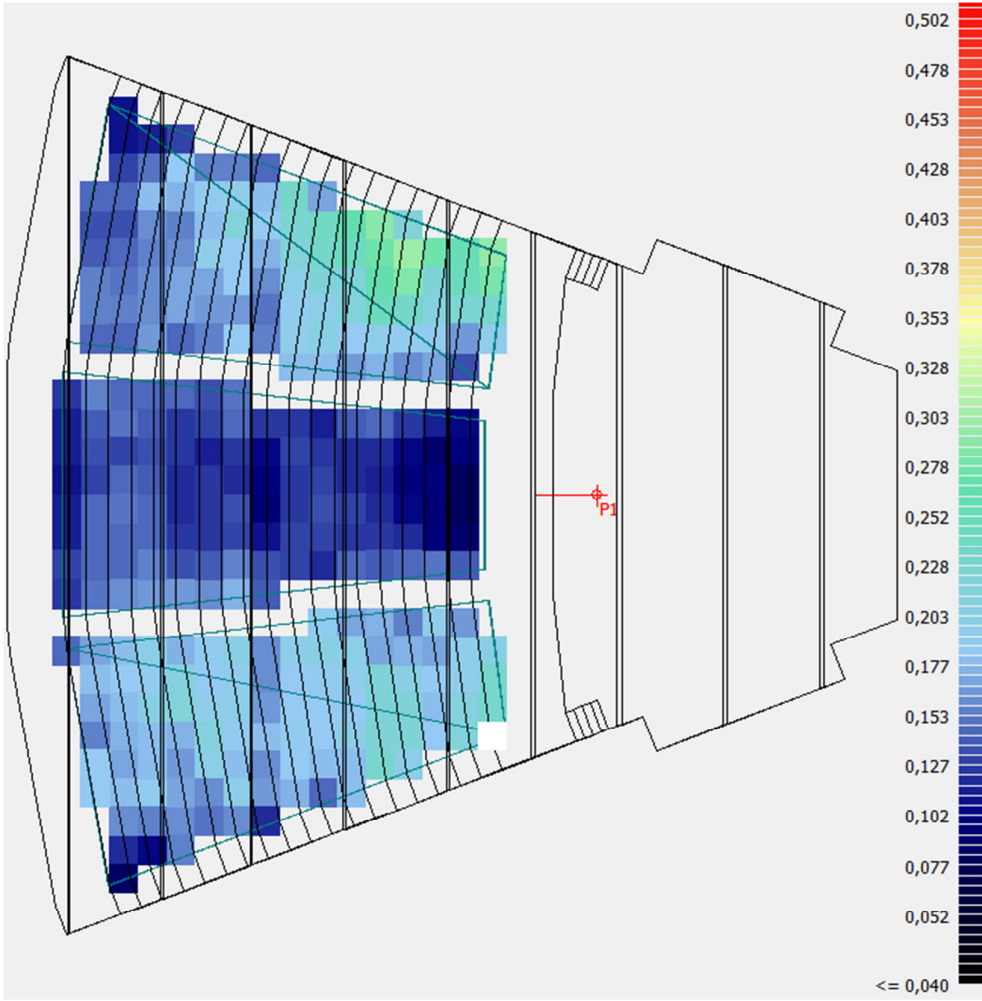
Şekil 4.40, Şekil 4.41, Şekil 4.42 ve Şekil 4.43 salonların 1000 Hz' deki LF80 değeri için dinleyici alanının grid analizini göstermektedir. Bu analizlere bakıldığında da LF80 parametresinin salonlardaki 1000 Hz' deki değerleri hakkında bahsedilen yorumlar bir kez daha doğrulanmaktadır.



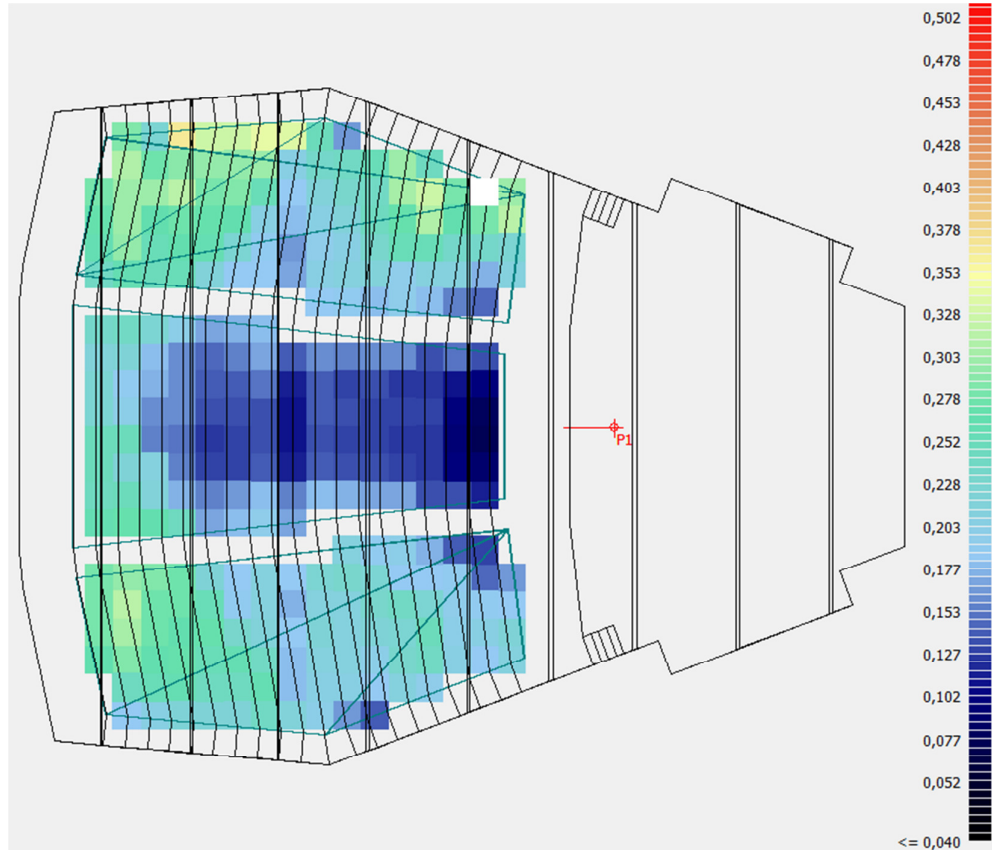
Şekil 4.40 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki LF80 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 4.41 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki LF80 değeri için dinleyici alanının grid analizi



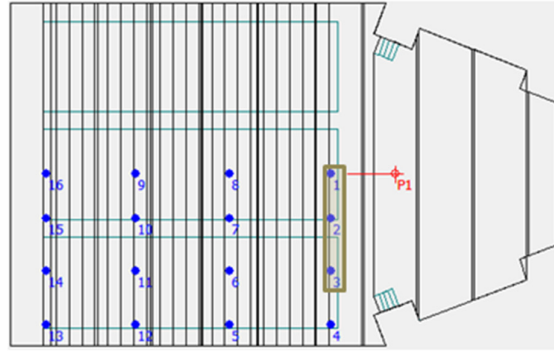
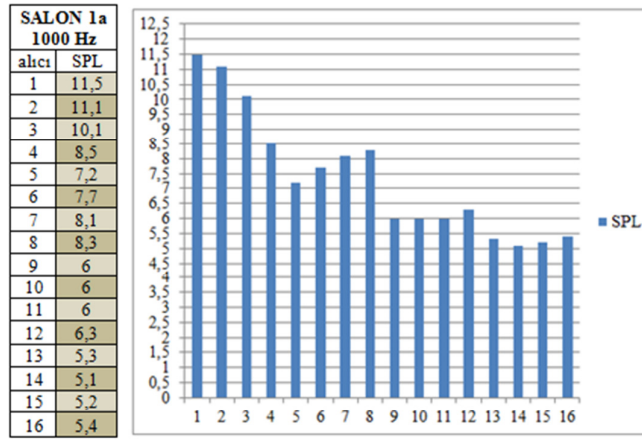
Şekil 4.42 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki LF80 değeri için dinleyici alanının grid analizi



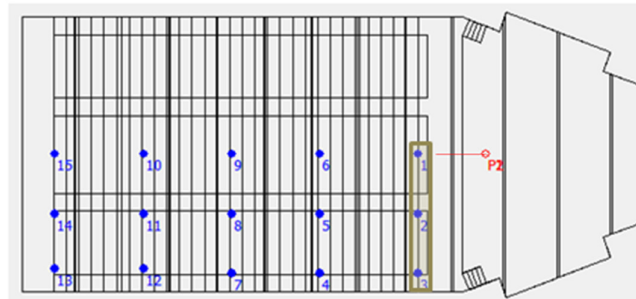
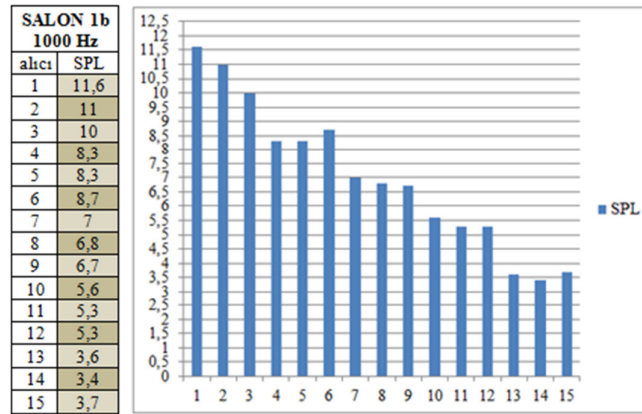
Şekil 4.43 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki LF80 değeri için dinleyici alanının grid analizi

4.4 G (SPL, Ses Yüksekliği)

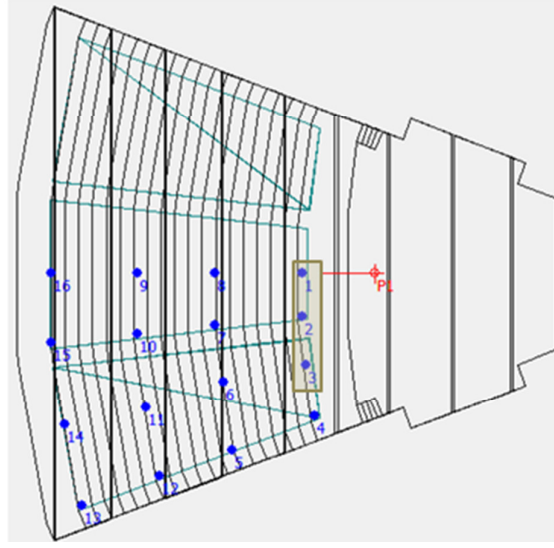
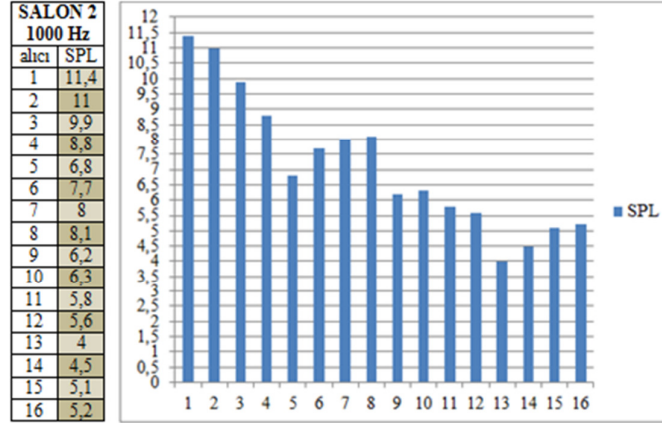
Bölüm 2.1.9 ' da anlatıldığı gibi; G parametresini; dinleyicinin sahneye olan uzaklığı, dinleyici alanına erken ses enerjisini yansıtacak yüzeyler, hacmin büyüklüğü ve orta frekanslardaki çınlama süresi etkiler. Salon arkasına doğru ses yüksekliği, G, azalacaktır, yani salon derinliği arttıkça G azalımı da artar. Tavan ve duvarlar dinleyici alanına erken ses enerjisini yansıtacak şekilde düzenlenirse bu azalım engellenir. Yayılm alan teorisine göre G' nin beklenen değeri EDT aynı zamanda da T' nin bir fonksiyonu haline gelir [4], ses yüksekliği salon hacmiyle ters orantılıdır, T veya EDT ile doğru orantılıdır [6] ve Çizelge 4.1' e bakıldığında literatürde önerilen optimum G değeri -2 ile 10 aralığıdır [12].



Şekil 4.44 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre G değerleri

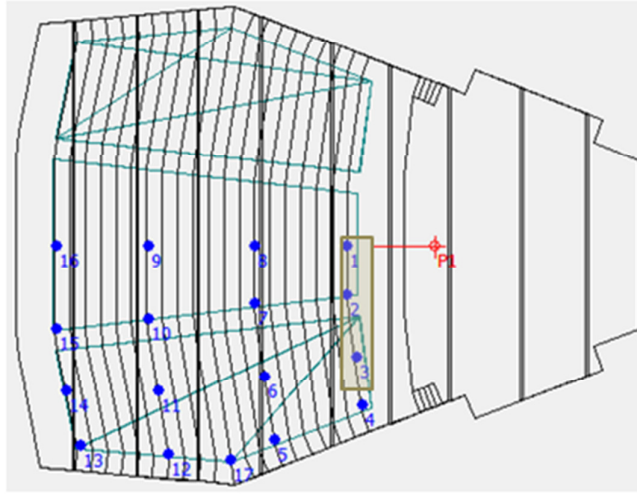
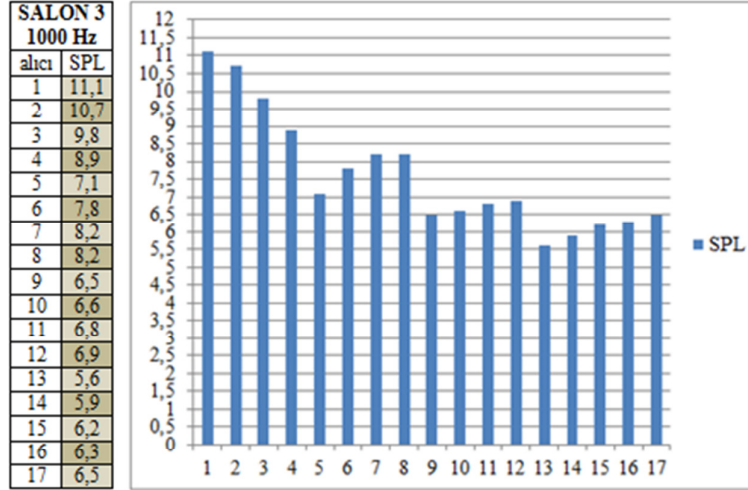


Şekil 4.45 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre G değerleri



Şekil 4.46 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre G değerleri

Salonlarda 1000 Hz' de alıcıların G (SPL) değerlerine bakılacak olursa; Alıcı 1, 2 ve 3 dışındaki diğer alıcılar belirtilen aralıktadır. Alıcı - kaynak etkileşimine bakıldığında alıcı 1, 2 ve 3 kaynağa daha yakın oldukları için G değerleri de diğer alıcılara göre daha yüksek değerlere sahiptir. Diğer alıcılar da belirtilen aralıktadır, ancak salonlardaki alıcılar kıyaslanacak olursa; arka sıradaki alıcılar bütün salonlarda belirtilen aralıktadır ama farklı değerlere sahiptir. Bunun sebebi salon 1b' de en arkadaki alıcılar kaynaktan diğer salonlara göre daha uzakta olduğundan (6 metre daha uzak) G değerleri daha düşüktür. Bu da G değerinde alıcı - kaynak arası mesafenin etkisini ortaya koymaktadır. Salonların genelinde G değeri azalımı arkaya doğru gidildikçe daha da artmaktadır. Arkadaki alıcılarda en yüksek değerler yan duvar yansımalarının katkısından dolayı elmas salonda, en düşük değerler uzunluk etkisinden dolayı salon 1b' de görülmektedir. Yani salonların geometrisindeki farklılıklar G parametresinde de farklılıklara sebep olmuştur denebilir.

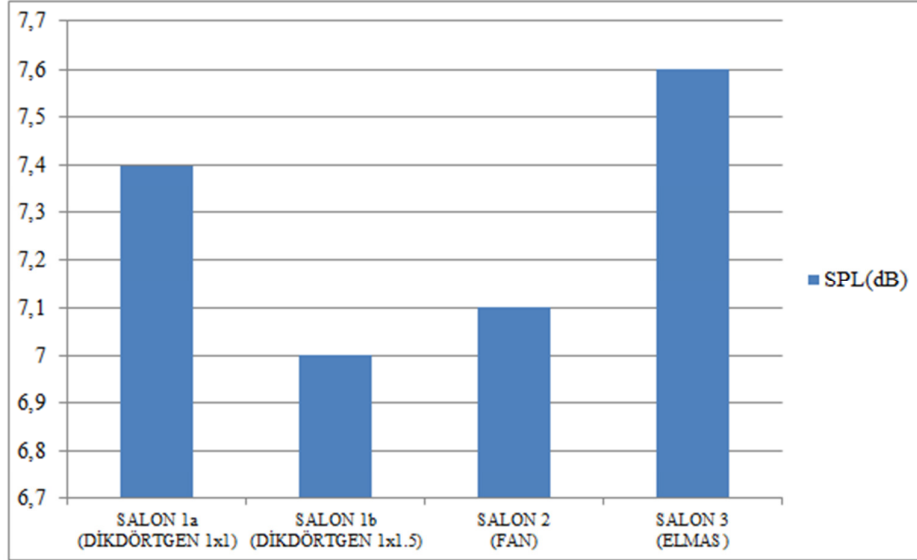


Şekil 4.47 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre G değerleri

Salon 1a, salon 2 ve salon 3' teki alıcı 4 ile salon 1b' deki alıcı 3 irdelendiğinde ise; bulundukları yer salonda aynı olmasına rağmen; salon 1b, genişliği daha az olduğundan en yüksek, salon 3 ise verimli yan duvar yansımaları sağladığından salon 1a' ya oranla daha yüksek G değerine sahiptir. Burada yine salon genişliğinden kaynaklanan fazla mesafenin G' yi nasıl etkilediği görülmektedir. Ayrıca kaynağa daha yakın olan alıcılar mesafe az olduğu için yüksek G değerine sahiptir hatta üst sınırı aşmaktadır. Bu da alıcı - kaynak mesafesinin G parametresine etkisini yine ortaya koymaktadır.

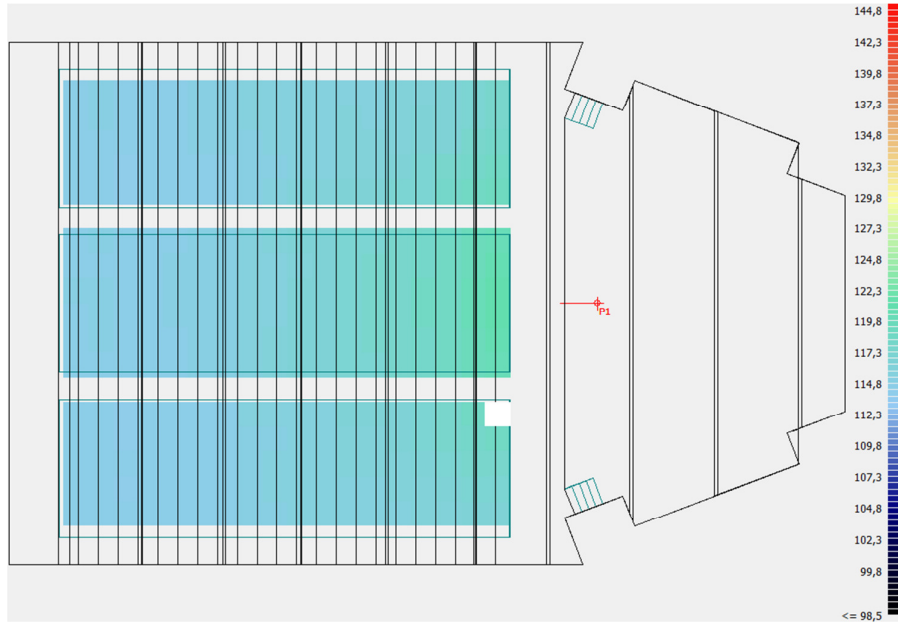
Salonların ortalama 1000 Hz' deki G değerlerini gösteren Şekil 4.48' e bakıldığında ise salonun ortalamasında en düşük değerler salon 1b' de görülürken en yüksek değerler salon 3' te ortaya çıkmaktadır. Bazı alıcılarda, en yüksek değerler salon 1b' de olmasına rağmen; salonun uzunluğundan dolayı, salon 1b ortalama olarak daha

düşük değerlere sahiptir. Salon 3 yani elmas salon ise verimli yan duvar yansımalarından dolayı ortalamada en yüksek değerlere sahiptir.

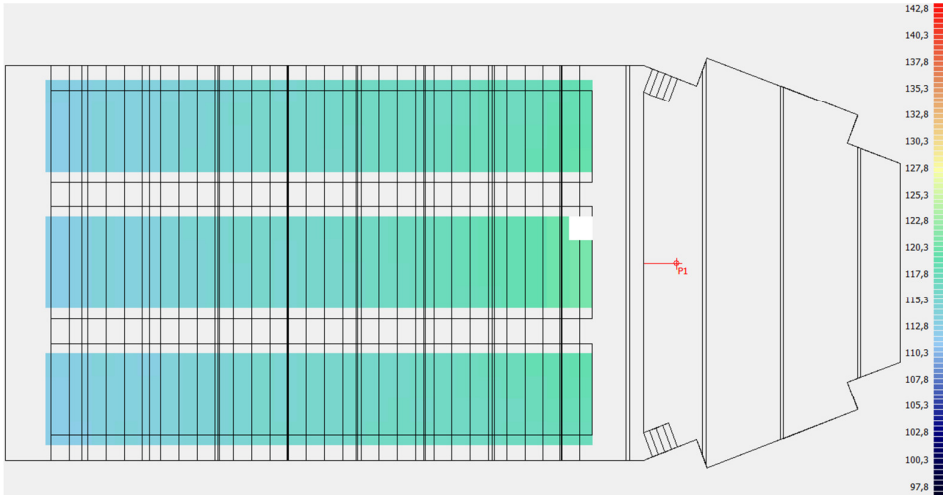


Şekil 4.48 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama G değerleri

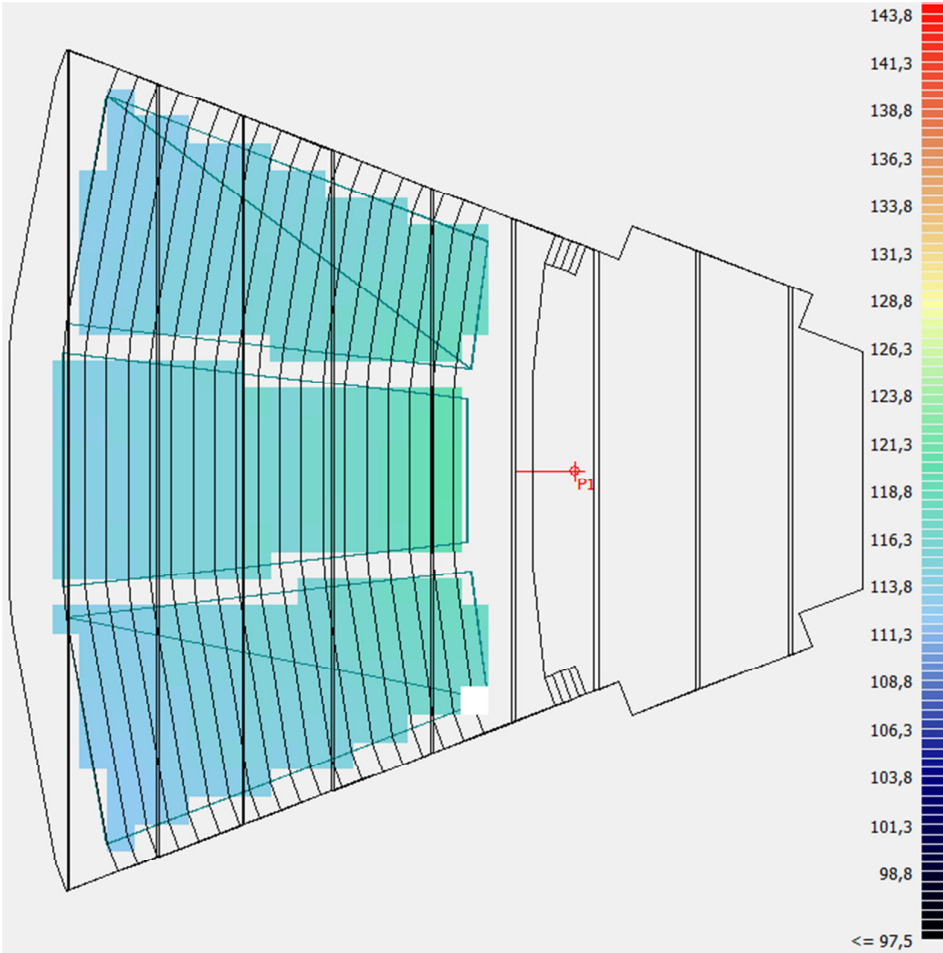
Şekil 4.49, Şekil 4.50, Şekil 4.51 ve Şekil 4.52 salonların 1000 Hz' deki G değeri için dinleyici alanının grid analizini göstermektedir. Bu analizlere bakıldığında da G parametresinin salonlardaki 1000 Hz' deki değerleri hakkında bahsedilen yorumlar bir kez daha doğrulanmaktadır.



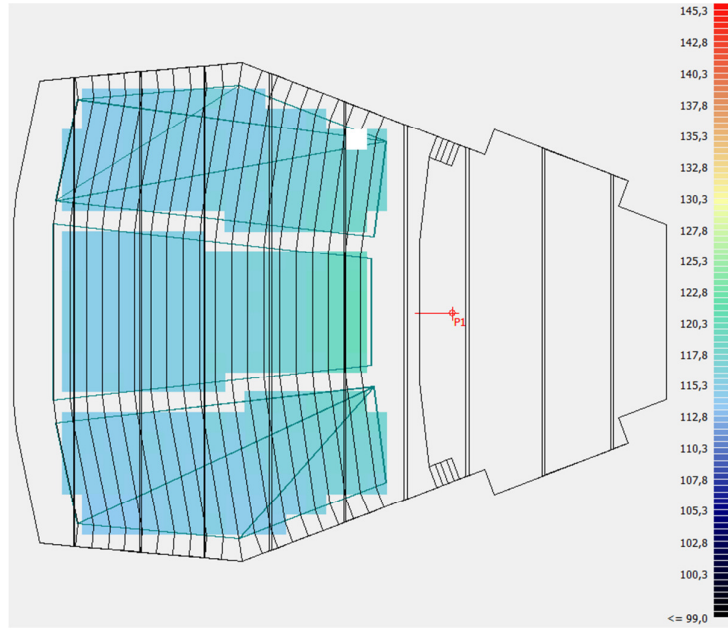
Şekil 4.49 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki G değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 4.50 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki G değeri için dinleyici alanının grid analizi



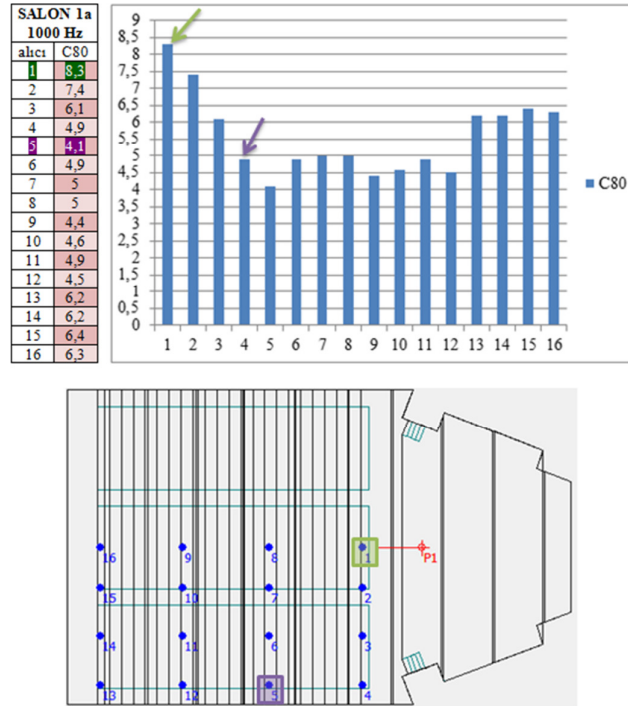
Şekil 4.51 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki G değeri için dinleyici alanının grid analizi



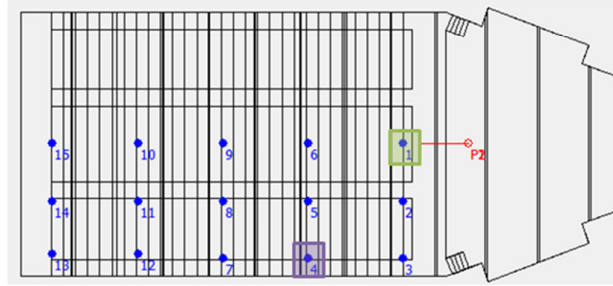
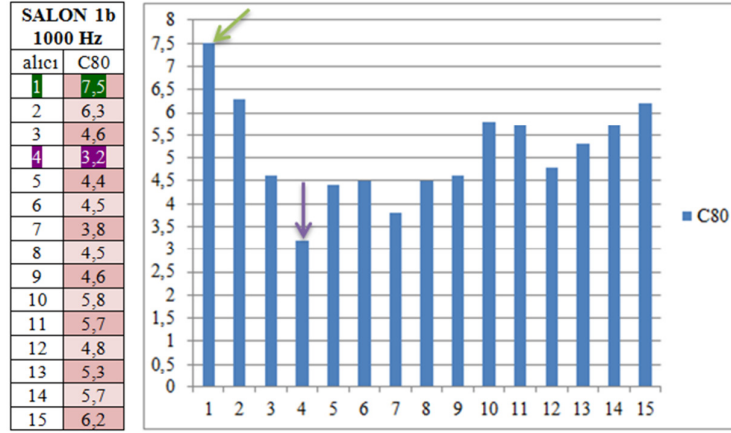
Şekil 4.52 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki G değeri için dinleyici alanının grid analizi

4.5 C80 (Netlik)

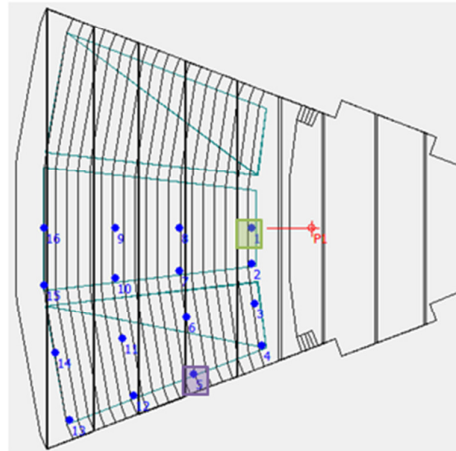
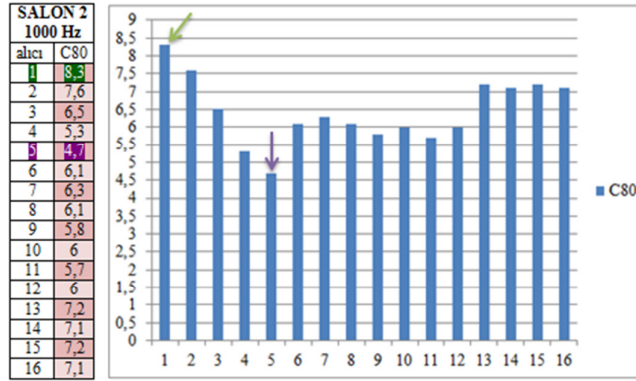
Bölüm 2.1.6 ' da anlatıldığı gibi; müzik açısından çok önemli olan C80 parametresi, konuşma açısından çok önemli değildir.



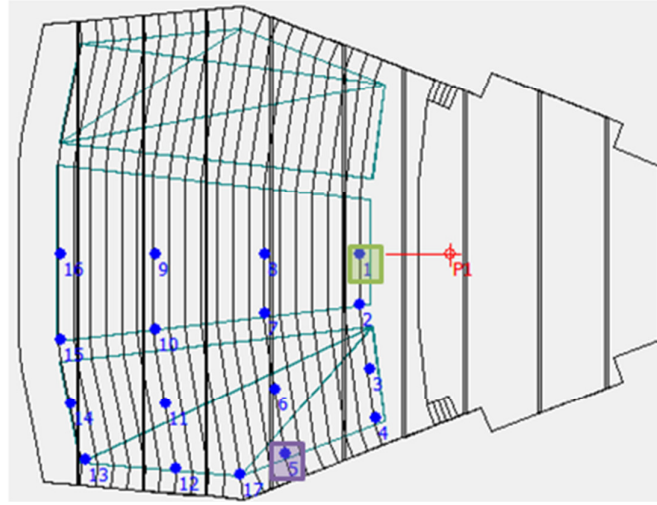
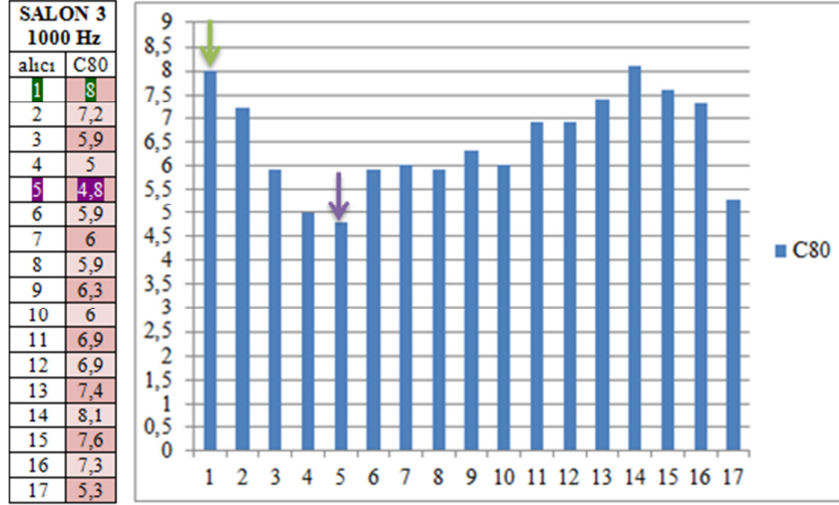
Şekil 4.53 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre C80 değerleri



Şekil 4.54 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre C80 değerleri



Şekil 4.55 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre C80 değerleri



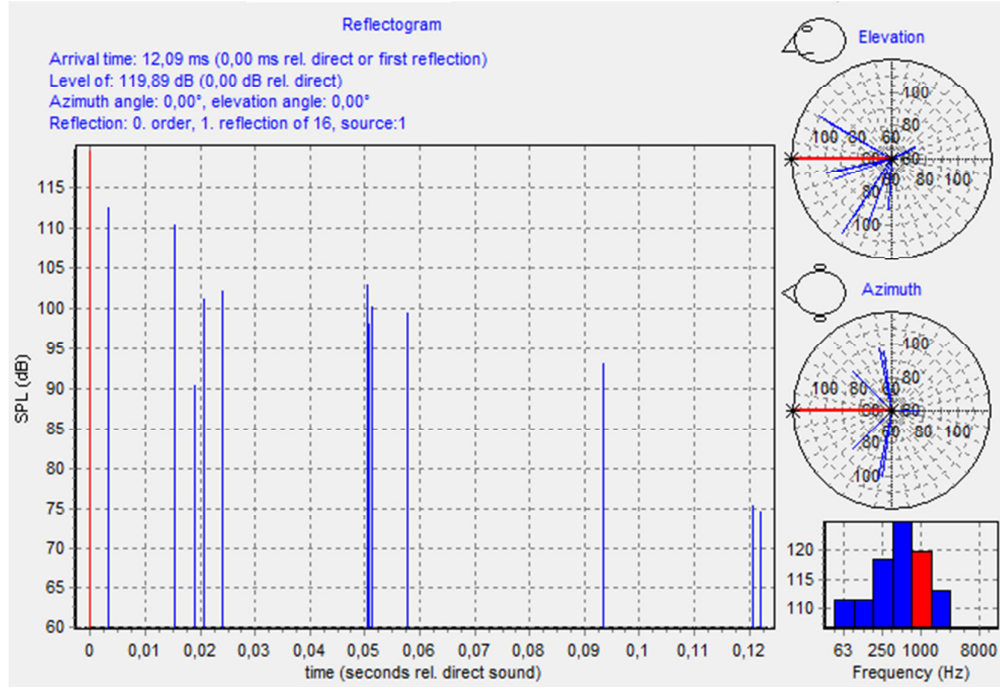
Şekil 4.56 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre C80 değerleri

C değeri birçok araştırmacıya göre farklılık gösterebilmektedir. Bundan yola çıkarak netlik aralıkları şöyle kabul edilebilir.; Mehta' ya göre; (+1) – (-4), Long' a göre; (0) – (-4), Barron' a göre; (-2) – (+2), ISO 3382-1 standartına göre; (-5) – (+5), Odeon' a göre; (-1) – (+3) dB aralığında olabilir. Çizelge 4.1' e bakıldığında optimum değeri (-4) ile (+4) aralığında kabul edilebilir.

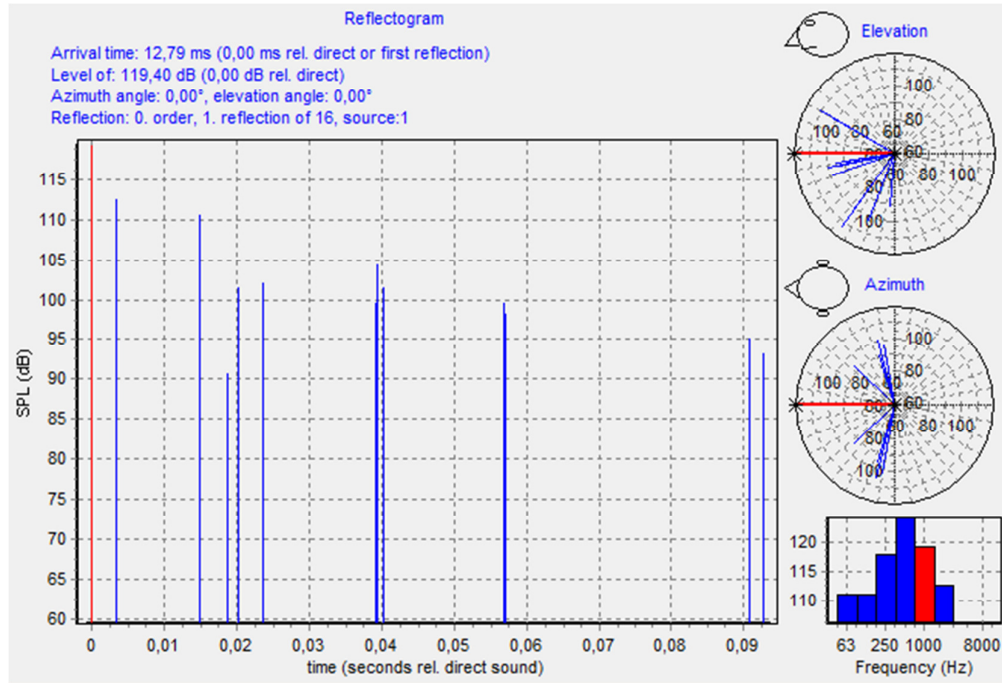
Salon 1b' de alıcı 4 ve alıcı 7 dışında bütün alıcılar üst sınırı aşarken, salon 1a, salon 2 ve salon 3' te bütün alıcılar üst sınırı aşmaktadır. Alıcı - kaynak etkileşimine bakıldığında salon 1a, salon 2 ve salon 3 için alıcı 1 ve alıcı 5; salon 1b için alıcı 1 ve alıcı 4 irdelenmiştir.

C80 tanımından da anlaşıldığı gibi ilk 80 ms' deki yansımalarla 80 ms' den sonraki yansımalar incelenmelidir. Salon yansımalarına bakarak yansımalar hakkında bilgi

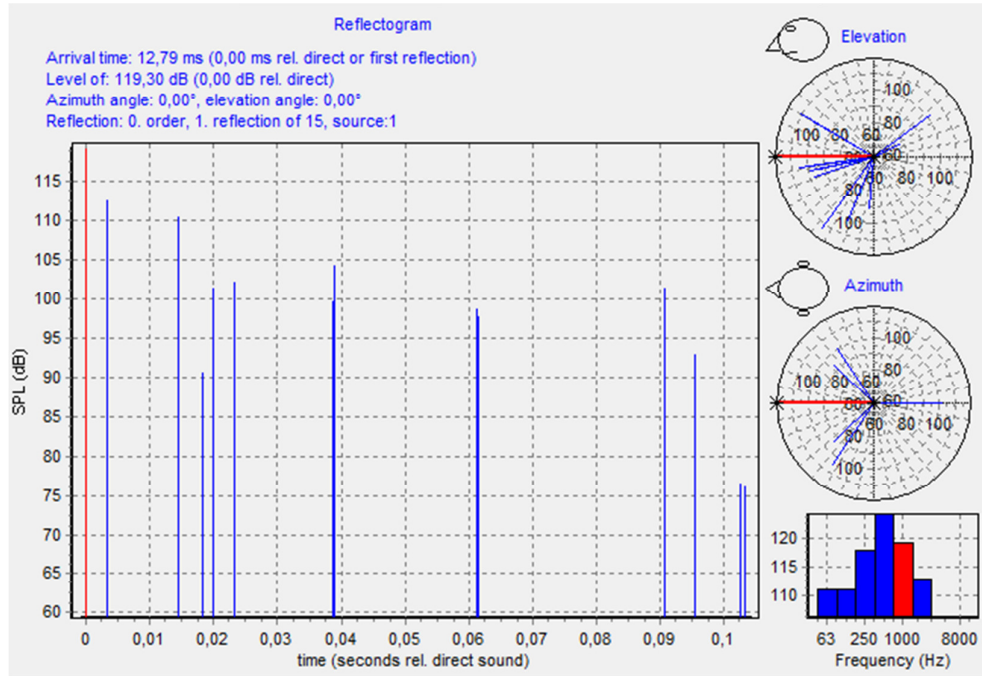
edinmek mümkün olmuştur. Salonlarda belirtilen bu alıcılar için aldıkları yansımalara bakarak değerler hakkında yorum yapılmıştır.



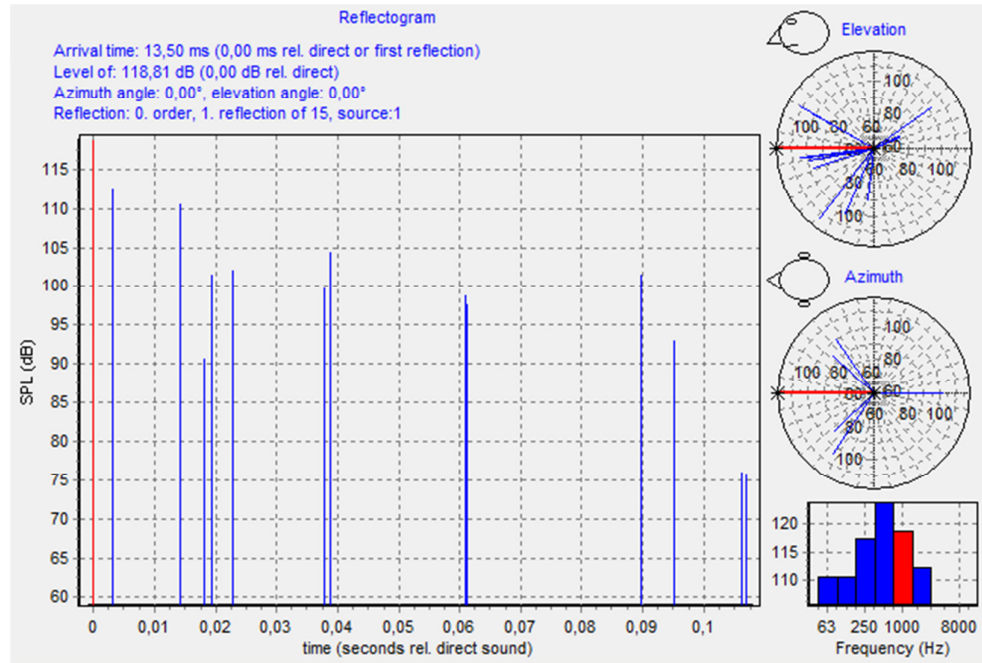
Şekil 4.57 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 1 enerji diyagramı



Şekil 4.58 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 1 enerji diyagramı



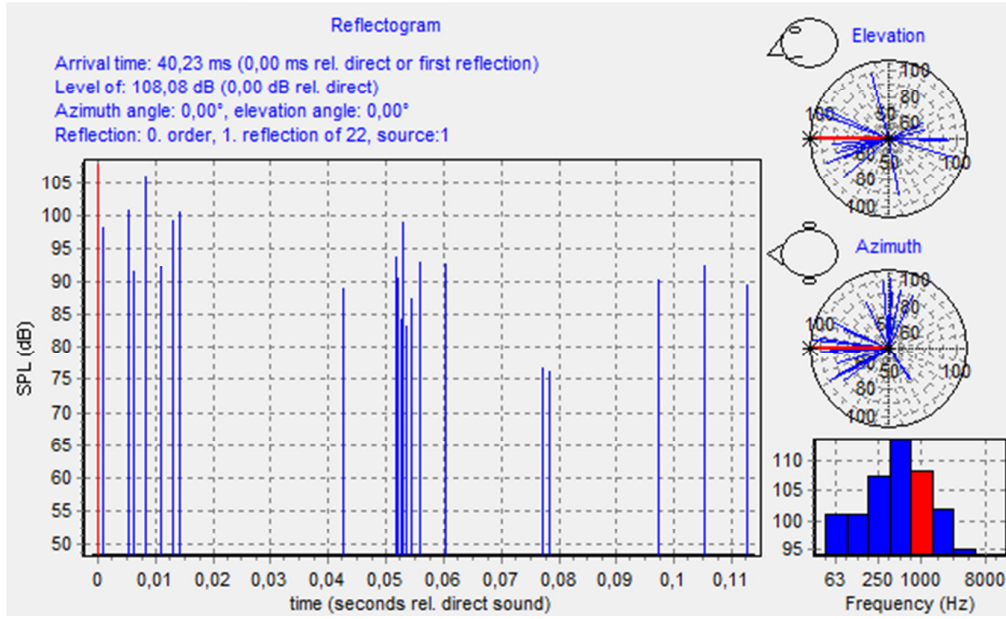
Şekil 4.59 : Salon 2 (fan) alıcı 1 enerji diyagramı



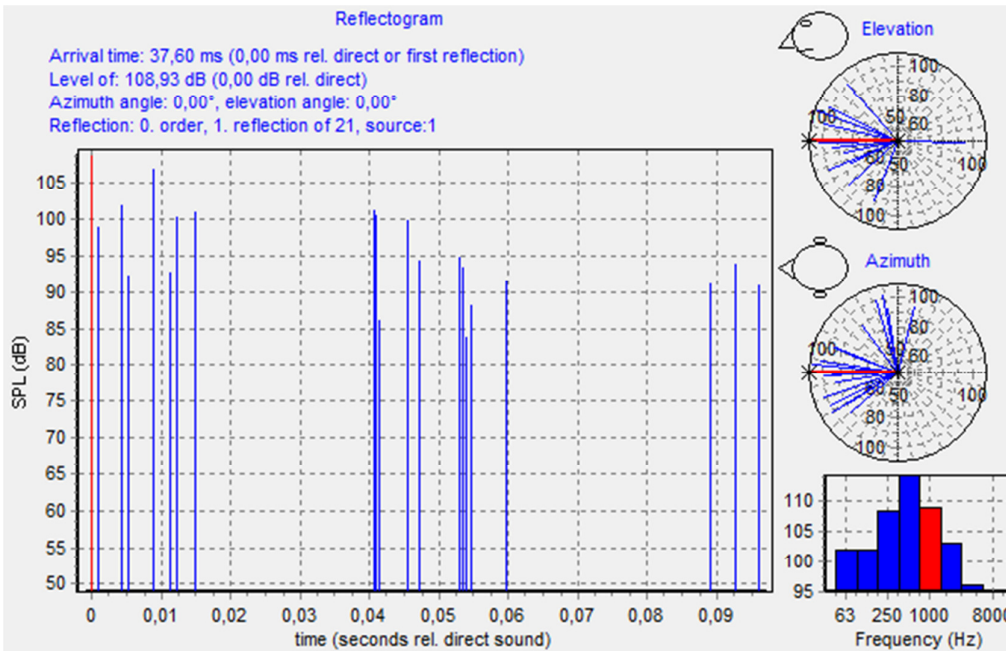
Şekil 4.60 : Salon 3 (elmas) alıcı 1 enerji diyagramı

İlk 80 ms' de alınan yansımaların hem sayısı hem şiddeti 80 ms' den sonra gelen yansılardan çok büyüktür bu nedenle C80 değeri alıcı 1 için; salonların hepsinde çok yüksektir. Ama salon 1a, salon 2 ve salon 3, salon 1b' den daha yüksek değerlere sahiptir (üst sınırı aşar), çünkü 80 ms' den sonraki enerji daha düşüktür. Bu da yine

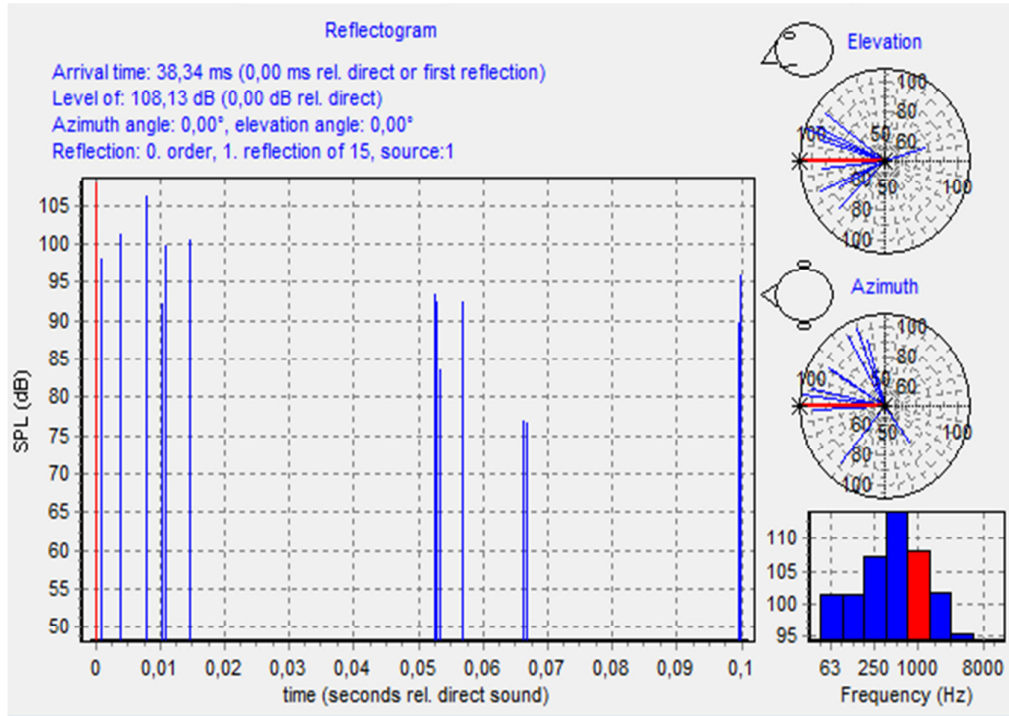
genişliğin etkisi olarak yorumlanabilir. Yan duvarların alıcıya, kaynağa mesafesi, alıcı - kaynak mesafesi yansıyan ışın yolu, enerjiyi etkiler. Ayrıca son ışınlar alıcıya salon 1a, salon 2 ve salon 3' te salon 1b' dekine göre daha geç ulaştığı grafikte görülmektedir. Bu da genişliğin etkisidir. Salon 3; salon 1a ve salon 2' den daha yüksek değerlere sahiptir. Bu da elmas salonun kırılan yan duvarlarının katkısından kaynaklanmaktadır.



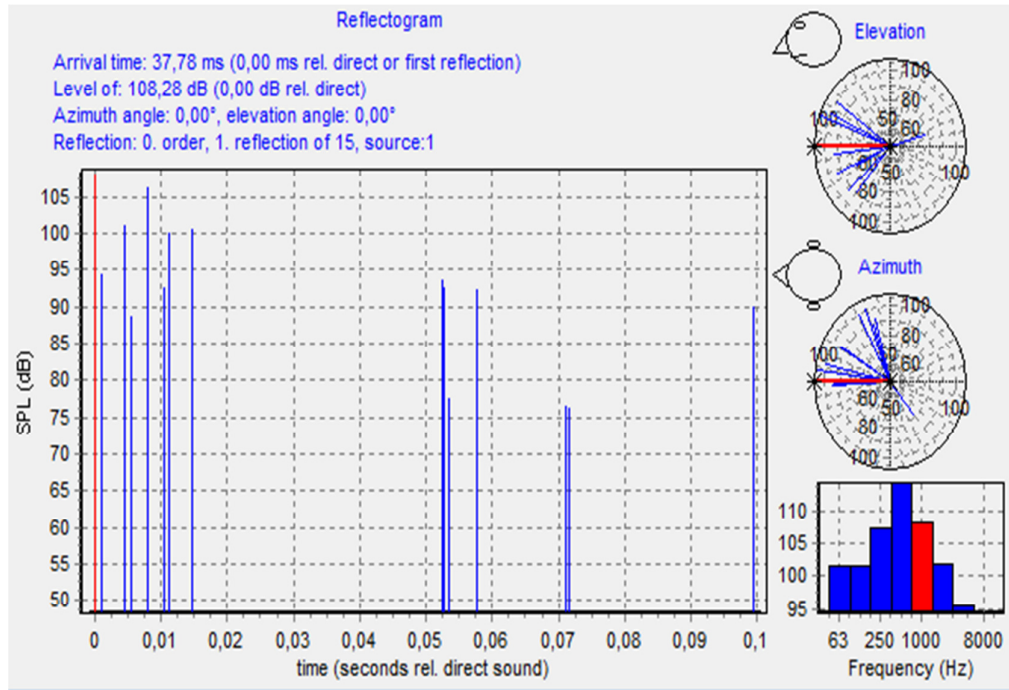
Şekil 4.61 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 5 enerji diyagramı



Şekil 4.62 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 4 enerji diyagramı



Şekil 4.63 : Salon 2 (fan) alıcı 5 enerji diyagramı

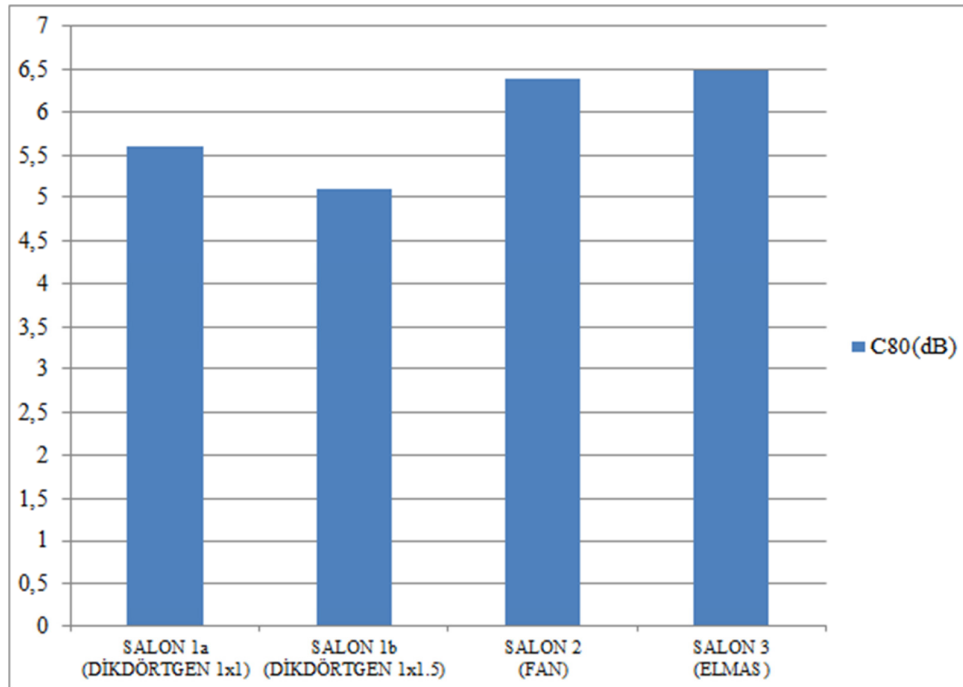


Şekil 4.64 : Salon 3 (elmas) alıcı 5 enerji diyagramı

Salon 1a' da alıcı 5 için; ilk 80 ms' de alınan yansımaların sayısı 80 ms' den sonra gelen yansımaların sayısından fazla olsa da, 80 ms' den sonraki yansımaların enerjisi yüksektir dolayısıyla C80 üst sınırı çok az aşmaktadır. Salon 1b' de alıcı 4 için; ilk 80

ms' de alınan yansımaların sayısı 80 ms' den sonra gelen yansımaların sayısından fazla olsa da, 80 ms' den sonraki yansımaların enerjisi yüksektir dolayısıyla C80 üst sınırı aşmamaktadır. Salon 2 ve salon 3 ise ilk 80 ms' deki yansımalar diğer salonlara oranla daha fazladır bu da üst sınırı aşan değerlere yol açmaktadır. Salon 1a' nın, salon 1b' den yüksek değerler vermesi; yan duvarların alıcıya ve kaynağa mesafesi, alıcı - kaynak mesafesi yansıyan ışın yolu, enerjiyi etkilediğinden; genişlik etkisine, salon 3' ün daha yüksek değerler vermesi de kırılan yan duvar etkisine bağlanabilir. Ayrıca bahsi geçen alıcıya; son ışınların, salon 1a, salon 2 ve salon 3' te, salon 1b' dekinden daha geç ulaştığı grafiklerde de görülmektedir. Bunlara ek olarak salonun arka tarafındaki alıcılar için de bütün salonlarda üst sınır aşılmış olsa da; uzunluk etkisinden dolayı salon 1b, diğer salonlardan daha düşük değerler vermektedir.

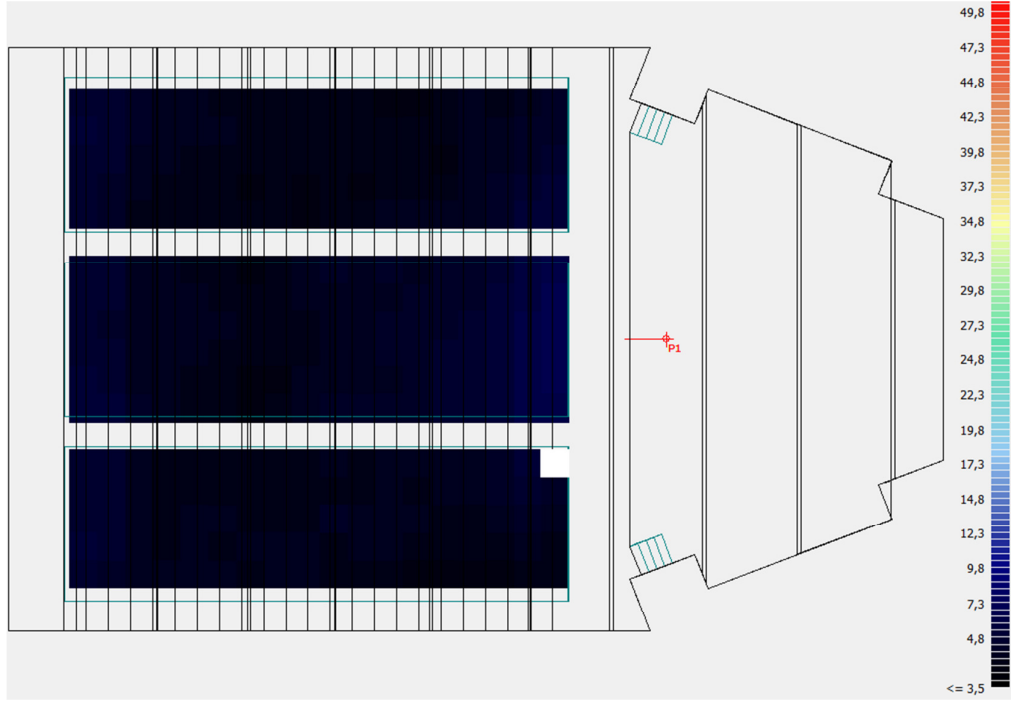
Şekil 4.65' te, salonların 1000 Hz' deki ortalama C80 değerine bakıldığında en yüksek değerlere salon 3 sahiptir. Elmas formundan kaynaklanan, kırılan yan duvarların enerji katkısından dolayı genel salon enerjisi artmaktadır. En düşük değere ise salon 1b sahiptir, çünkü uzunluğu diğer salonlardan daha fazla olduğundan; dolayısıyla yansıyan ışın yolu uzun olduğundan genel salon enerjisi düşmektedir.



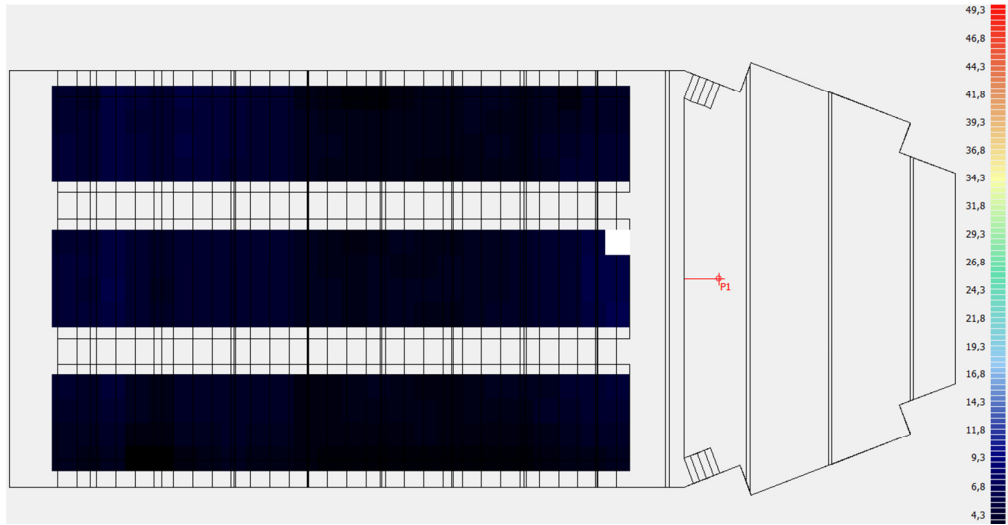
Şekil 4.65 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama C80 değerleri

Şekil 4.66, Şekil 4.67, Şekil 4.68 ve Şekil 4.69 salonların 1000 Hz' deki C80 değeri için dinleyici alanının grid analizini göstermektedir. Bu analizlere bakıldığında da

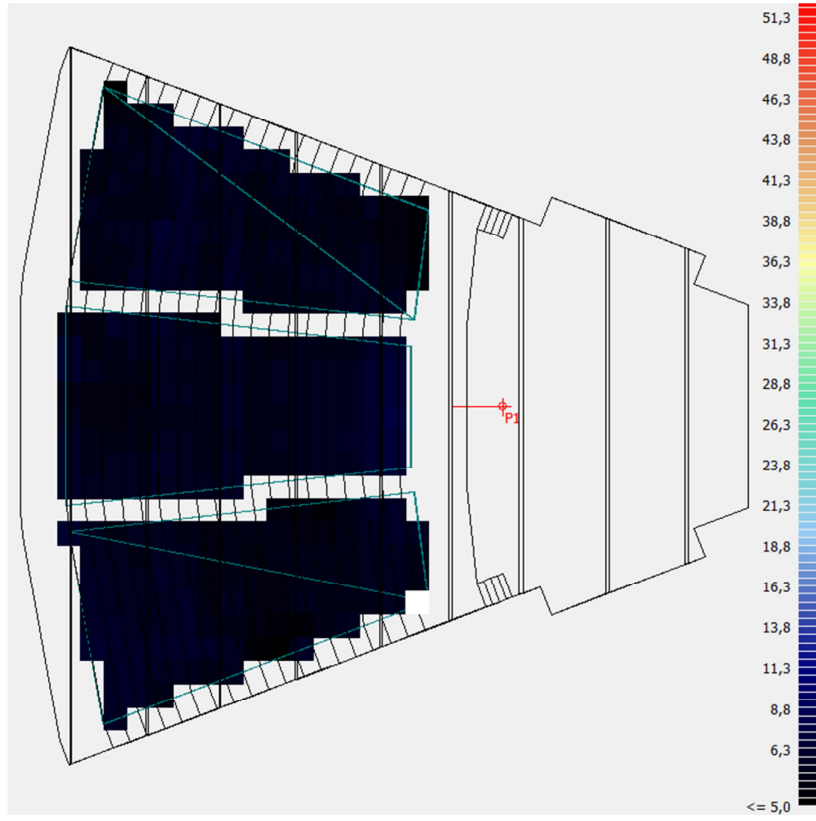
C80 parametresinin salonlardaki 1000 Hz' deki değerleri hakkında bahsedilen yorumlar bir kez daha doğrulanmaktadır.



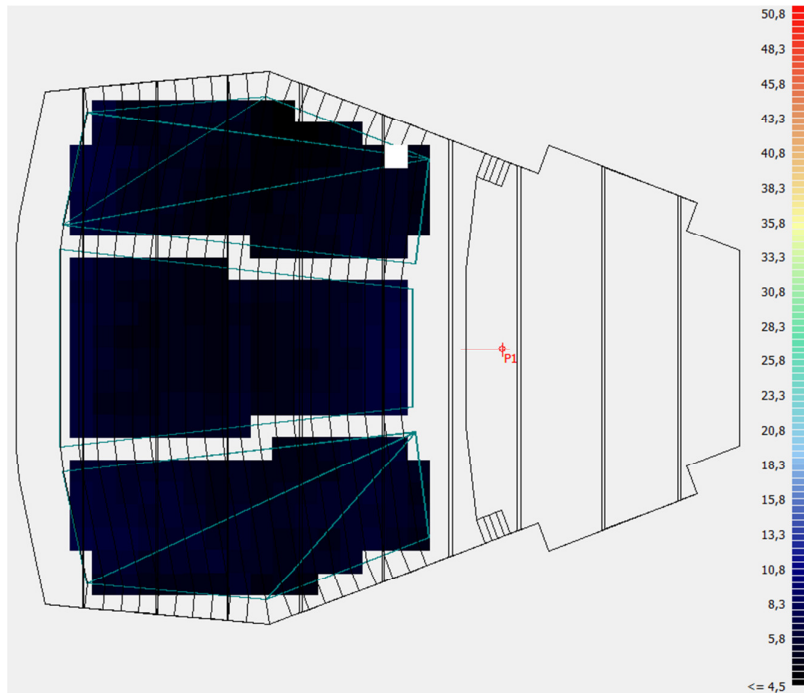
Şekil 4.66 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki C80 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 4.67 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki C80 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 4.68 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki C80 değeri için dinleyici alanının grid analizi

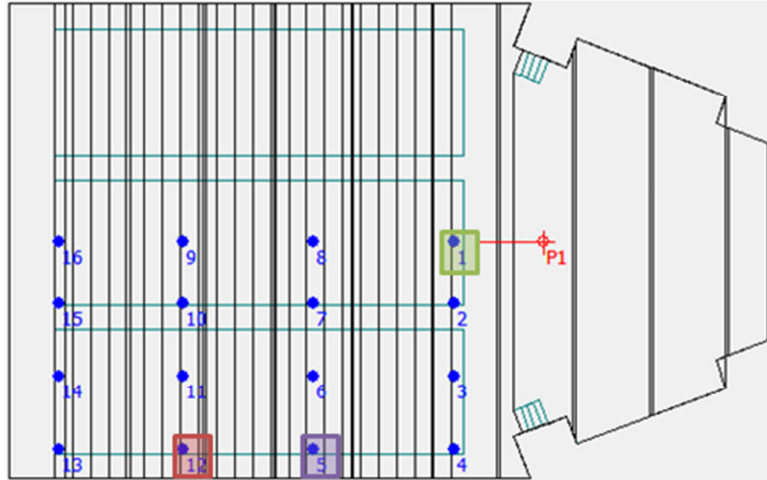
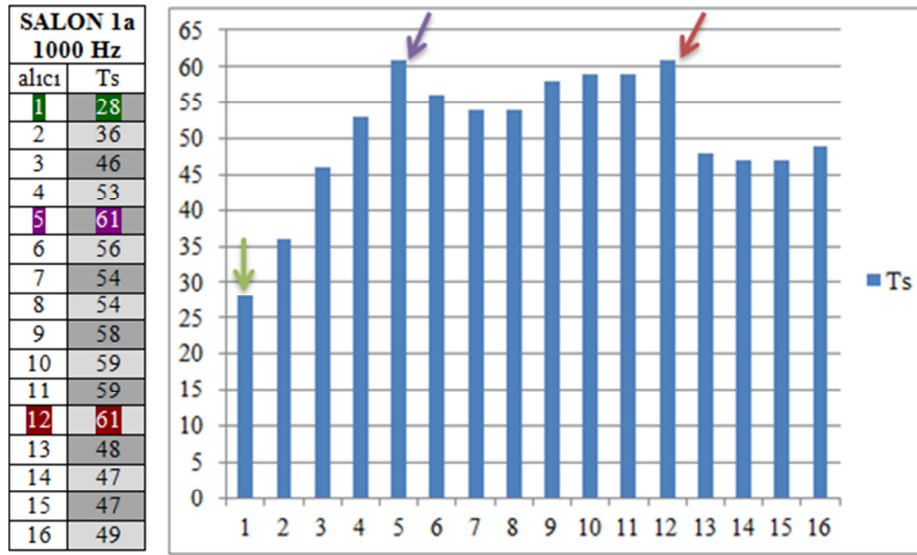


Şekil 4.69 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki C80 değeri için dinleyici alanının grid analizi

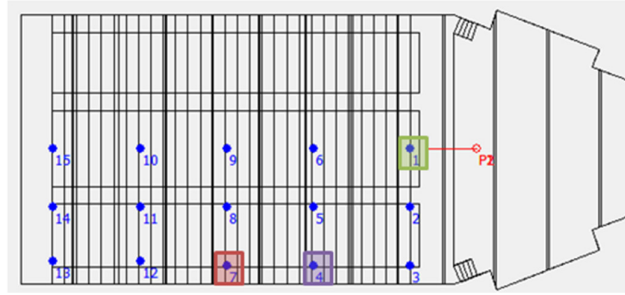
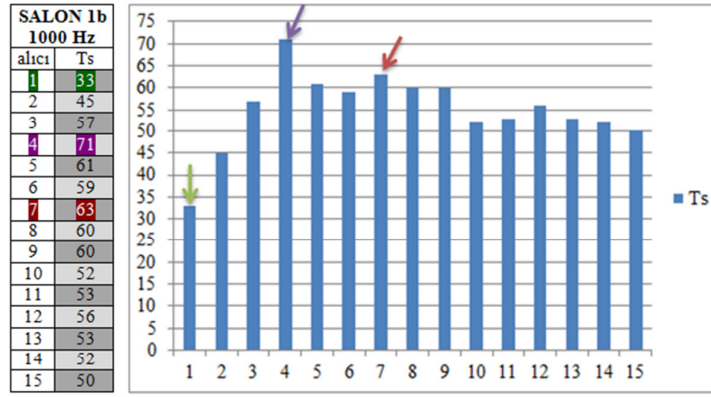
4.6 Ts (Merkez Zaman)

Bölüm 2.1.8 ' de anlatılanlar doğrultusunda ve Çizelge 4.1' e bakıldığında; Ts parametresinin optimum değeri 60 - 260 aralığındadır [12].

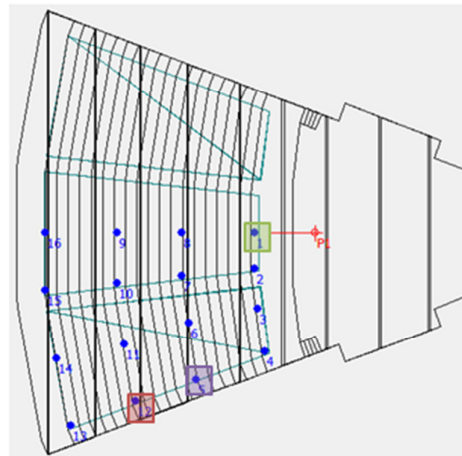
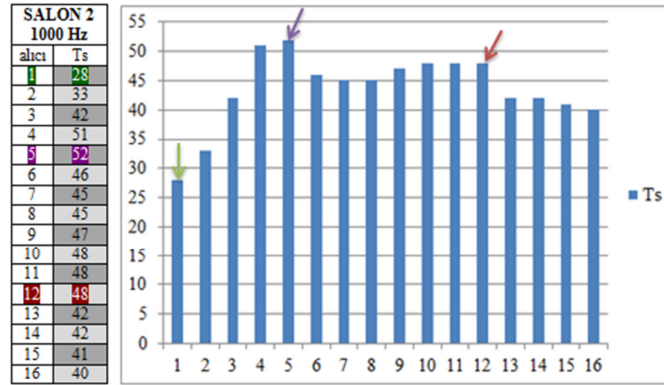
Anlatılanlar doğrultusunda C80 değerlerine de bakarak Ts değerleri yorumlanabilir. Salonun genelinde C80 yüksek olması Ts değerlerinin düşük olmasına işaret eder. Salonların genelinde Ts değeri alt sınırın da altındadır, sadece bir kaç alıcıda alt sınırın biraz üstüne çıkmıştır. Alıcı - kaynak etkileşimine bakıldığında; salon 1a, salon 2 ve salon 4 için alıcı 1-5-12, salon 1b için alıcı 1-4-7 ele alınmıştır.



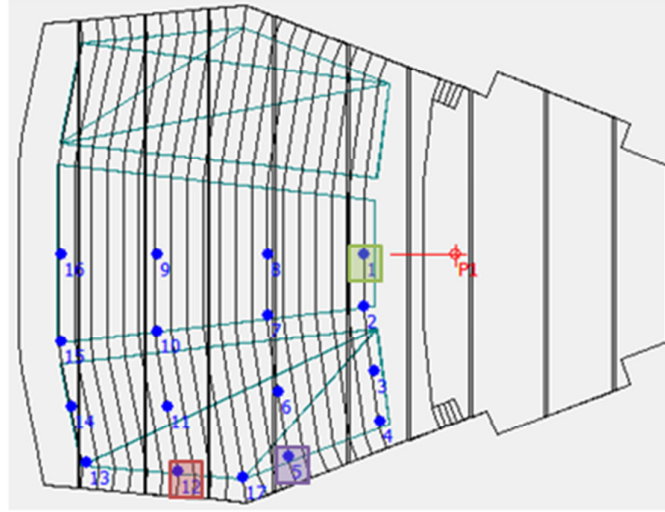
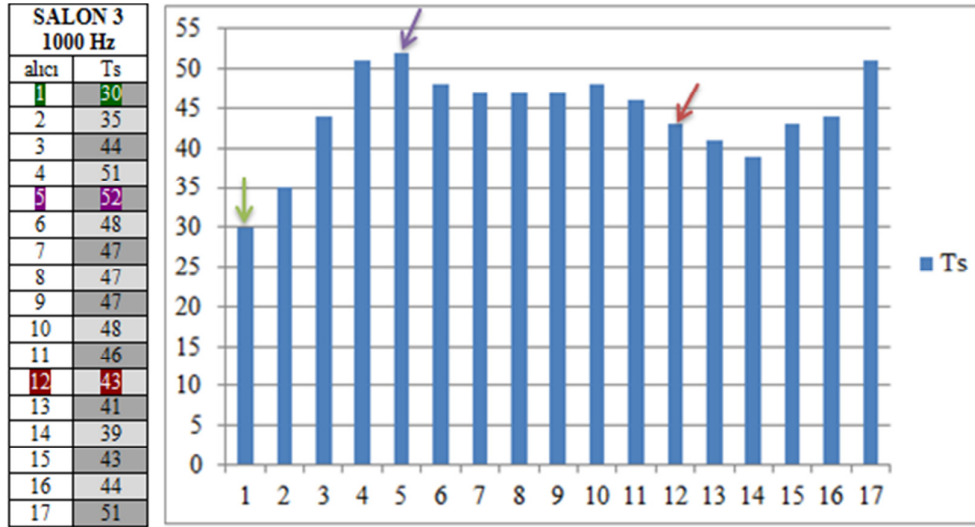
Şekil 4.70 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre Ts değerleri



Şekil 4.71 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre Ts değerleri

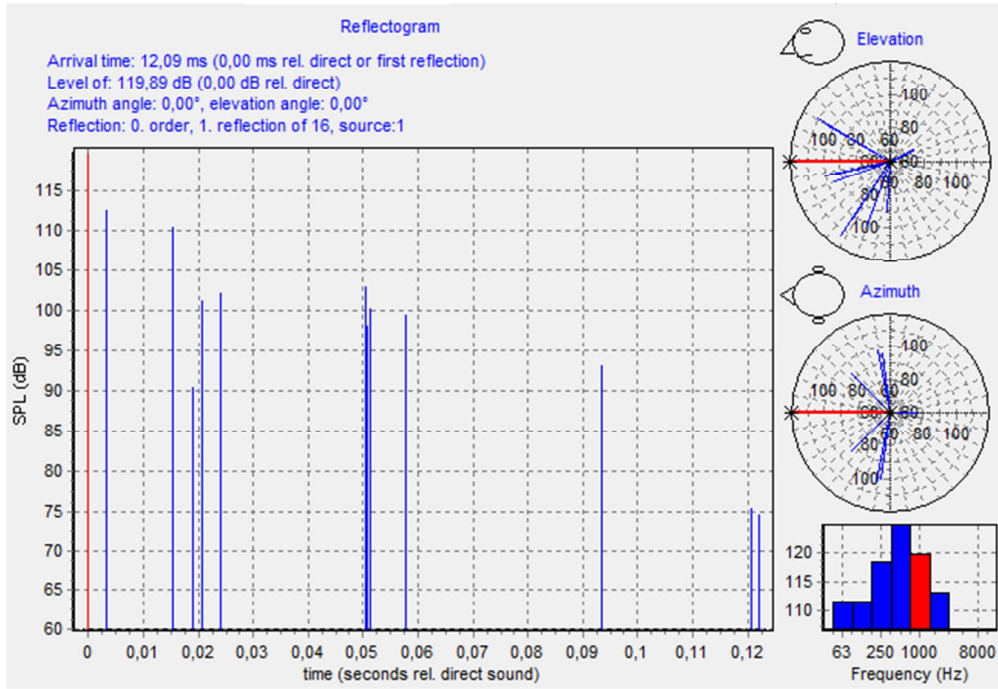


Şekil 4.72 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre Ts değerleri

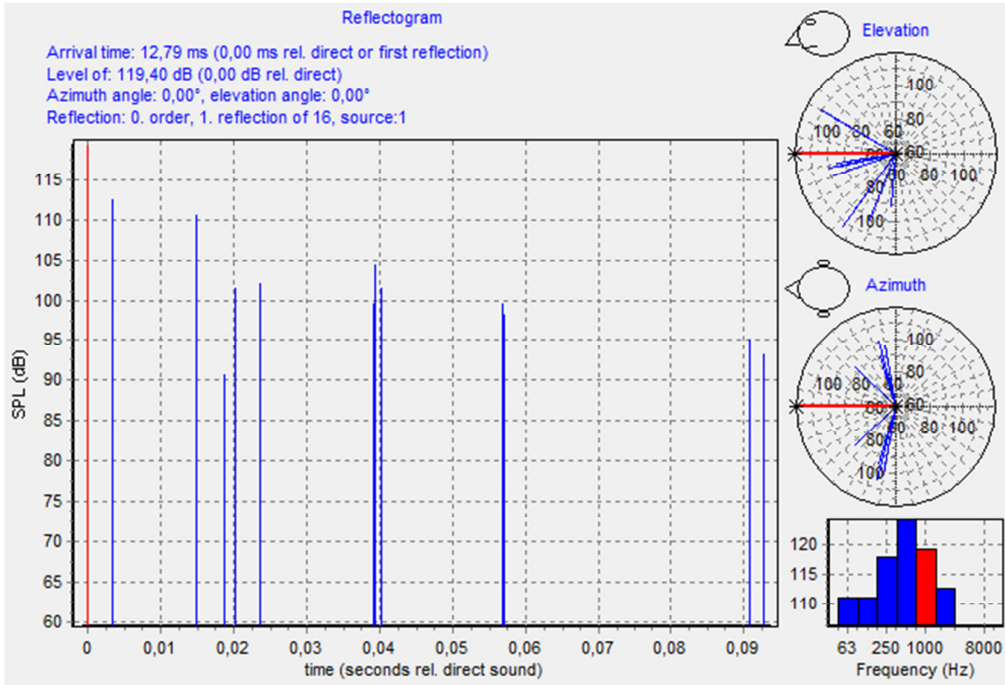


Şekil 4.73 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre Ts değerleri

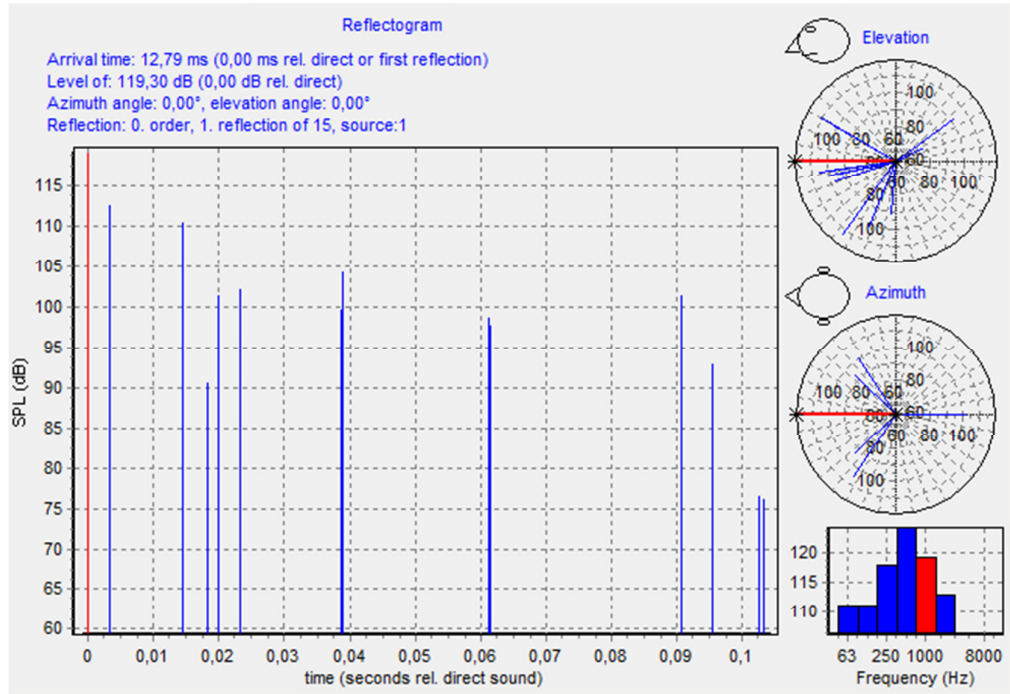
Alıcı 1 için bütün salonlardaki C80 değeri bu alıcı için çok yüksektir. Bundan yola çıkarak salonlar için en düşük Ts değeri alıcı 1 için olacaktır. Ts' nin tanımından yola çıkarak ilk 50 ms' deki yansımalar ile 50 ms' den sonraki yansımalar ele alınarak yorumlanmıştır. Yansımalar bakıldığında salon 1b, ilk 50 ms' de hem sayıca hem şiddet olarak diğer salonlardan daha fazla yansımalarla sahiptir. Dolayısıyla Ts değeri daha yüksektir. Çünkü salon 1b' deki alıcı 1 yan duvarlara diğer salonlardan daha yakındır, alt sınıra ulaşmasa da en fazla değer salon 1b' de görülmektedir. Salon 3 de yan duvarların açılı etkisinden dolayı en iyi değerleri veren ikinci salondur. Salon 2' de fan salonda orta akstaki alıcıların yan duvarlardan beslenememesinden kaynaklanan, salon 1a' da da genişlikten kaynaklanan düşük Ts değerleri söz konusudur.



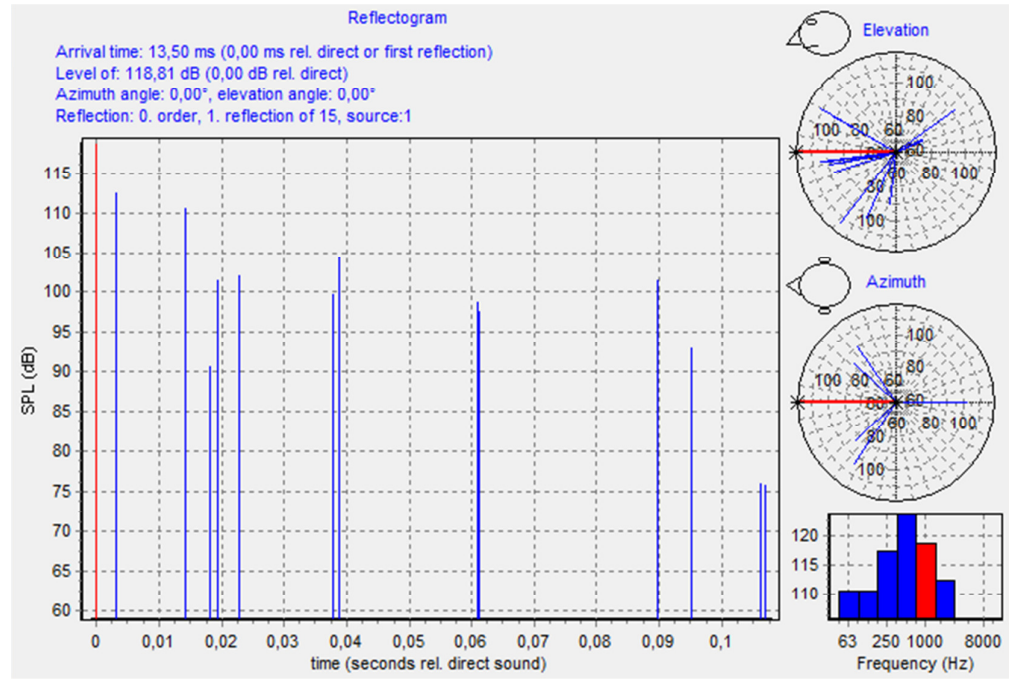
Şekil 4.74 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 1 enerji diyagramı



Şekil 4.75 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 1 enerji diyagramı



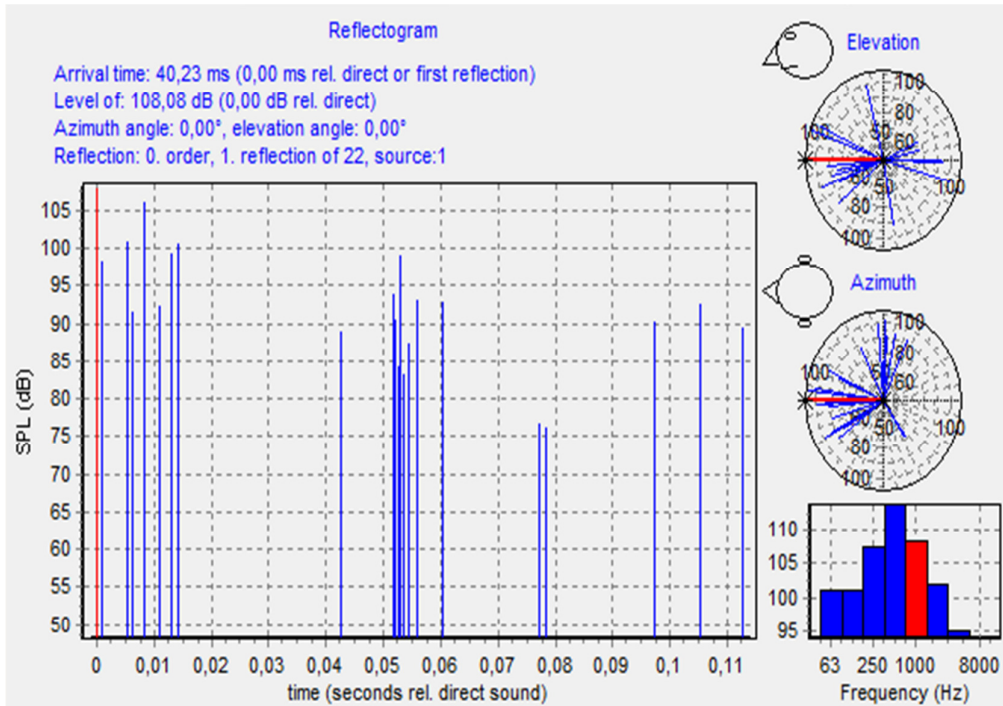
Şekil 4.76 : Salon 2 (fan) alıcı 1 enerji diyagramı



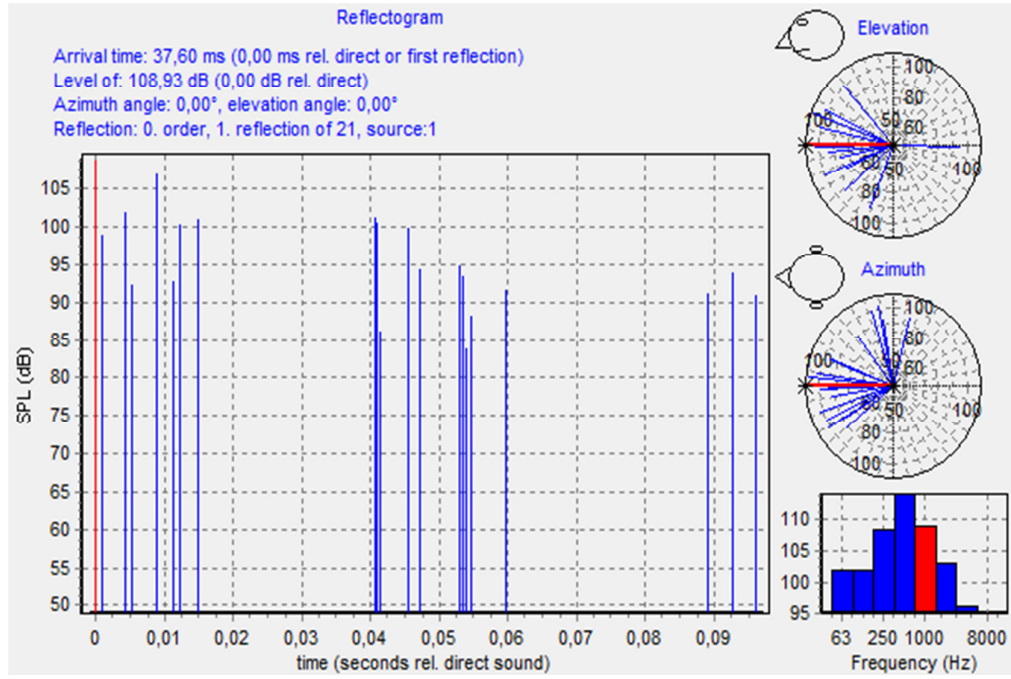
Şekil 4.77 : Salon 3 (elmas) alıcı 1 enerji diyagramı

Alıcı - kaynak etkileşimine bakıldığında; salon 1a, salon 2 ve salon3' teki alıcı 5, salon 1b' de alıcı 4' e karşılık gelmektedir. Yine C80 ile karşılaştırarak Ts değerleri yorumlanacak olursa; alıcı 5 için salon 1a' da C80 değeri üst sınırı çok az aşmaktadır. Aynı şekilde Ts değeri de tam alt sınırdadır.

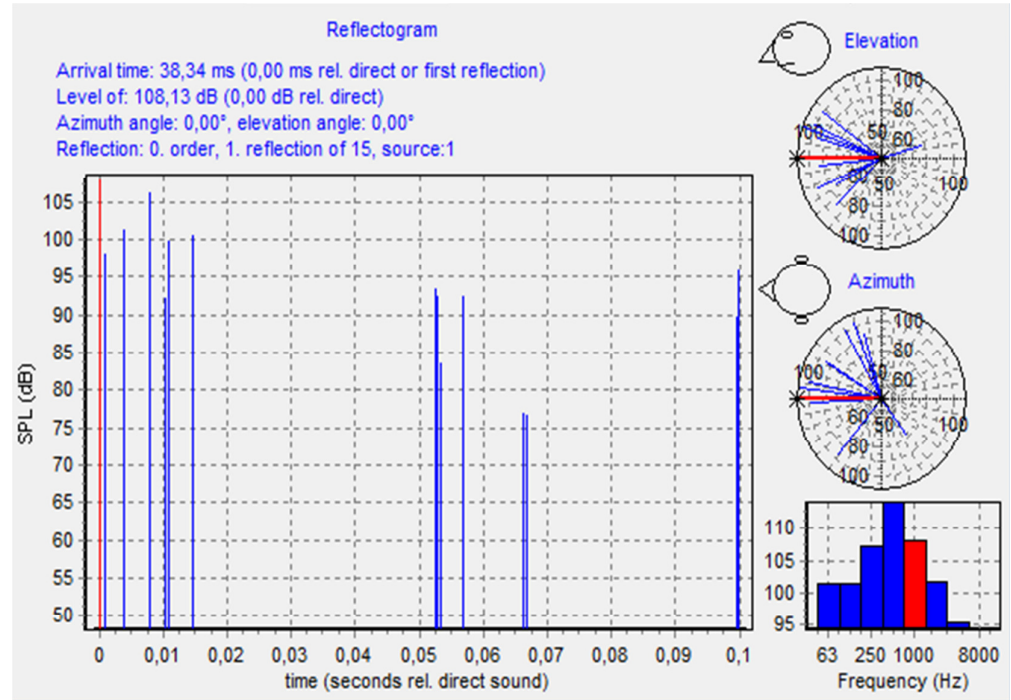
Yine yansımalarla bakıldığında; sadece yansıma sayısı değil yansıma şiddeti de Ts değerini etkilemektedir. Işın sayıları ilk 50 ms' de daha az olmasına rağmen enerjilerinin daha fazla olduğu gözükmektedir. Salon 1b' de ise alıcı 4' ün C80 değeri üst sınırı aşmamaktadır. Ts değeri de bu alıcı için en yüksek değerini alır. Yansımalarla da bakıldığında ilk 50 ms' deki yansımalar 50 ms' den sonra gelen yansımalarla daha fazladır. Salonların değerleri karşılaştırıldığında ise en yüksek Ts değeri salon 1b, en düşük değerleri ise salon 2 ve salon 3 vermektedir. En yüksek Ts değerinin salon 1b' de olma sebebi yine diğer salonların daha geniş olmasına yani genişliğe bağlanabilir. Yan duvarların alıcıya, kaynağa mesafesi, alıcı - kaynak mesafesi yansıyan ışın yolu, enerjiyi etkilemektedir. Ayrıca grafiğe bakıldığında son ışınlar alıcıya salon 1b' ye oranla salon 1a, salon 2 ve salon 3' te daha geç ulaşmaktadır.



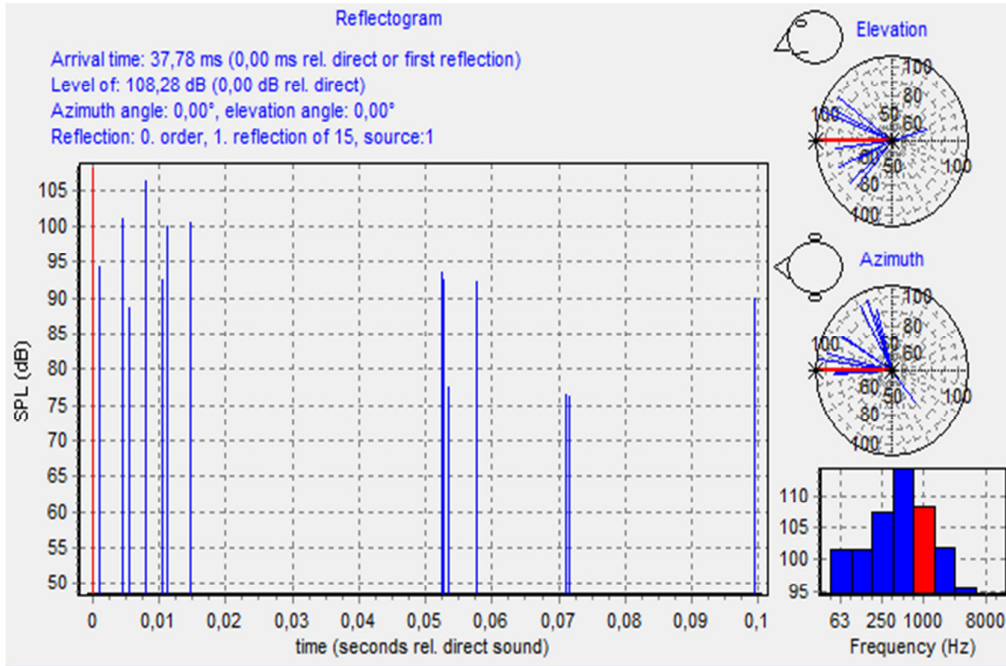
Şekil 4.78 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 5 enerji diyagramı



Şekil 4.79 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 4 enerji diyagramı

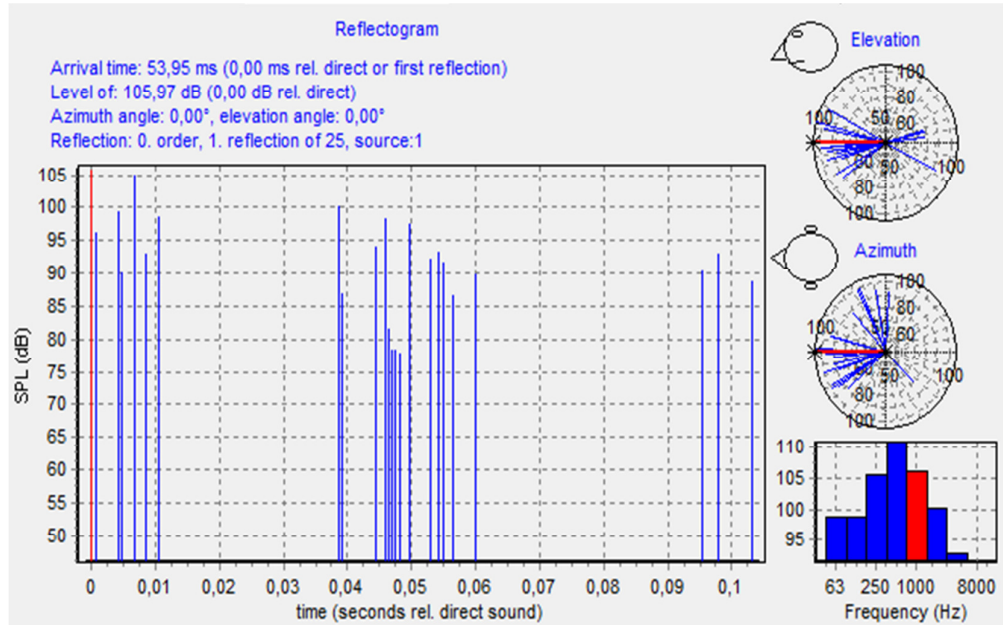


Şekil 4.80 : Salon 2 (fan) alıcı 5 enerji diyagramı

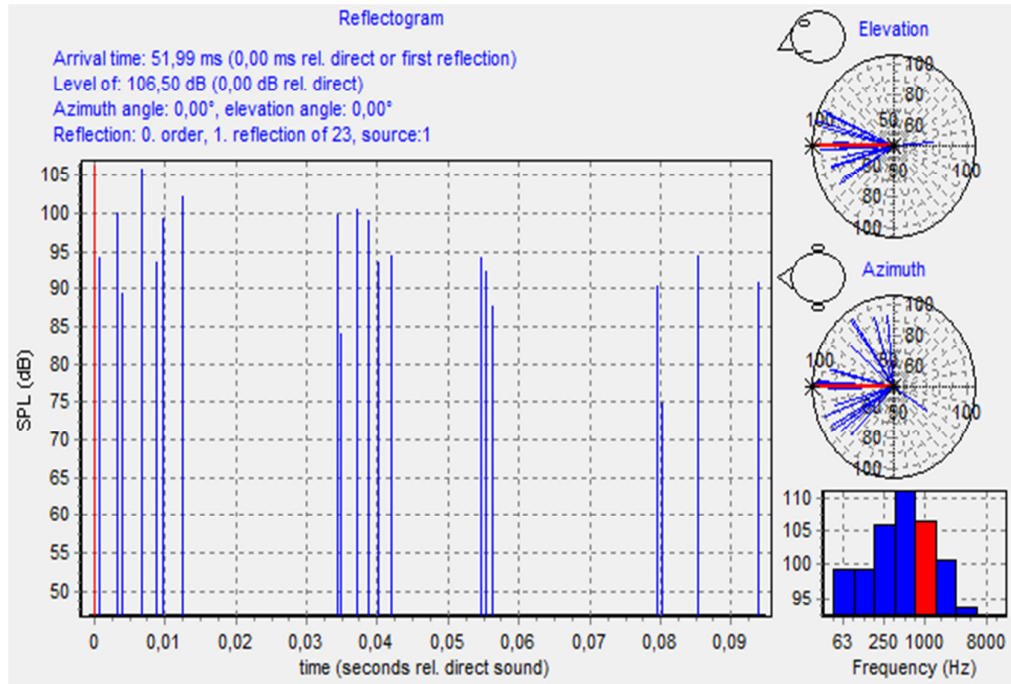


Şekil 4.81 : Salon 3 (elmas) alıcı 5 enerji diyagramı

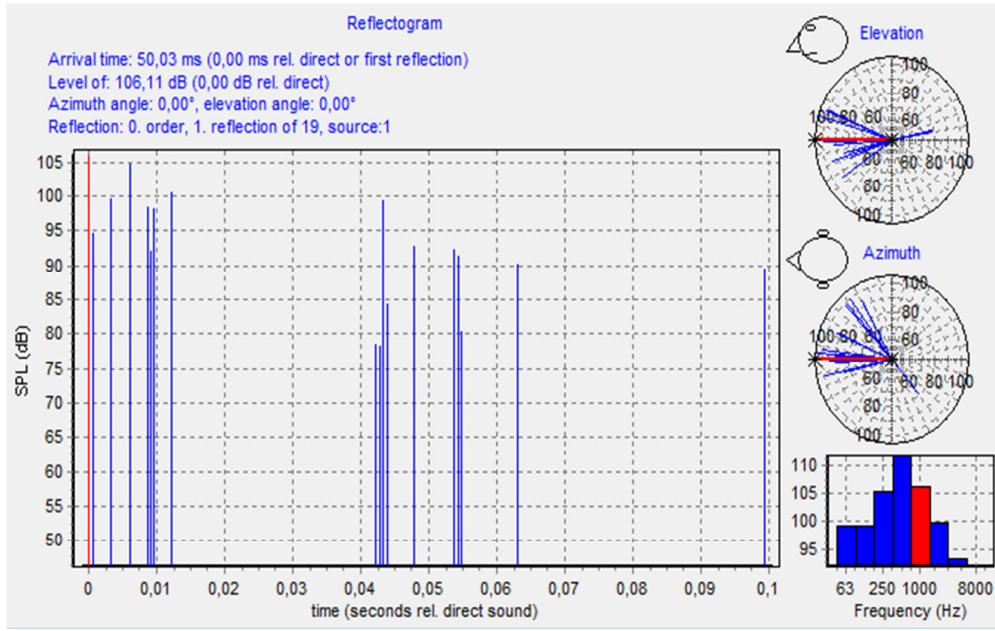
Alıcı - kaynak etkileşimine bakıldığında; salon 1a, salon 2 ve salon 3' teki alıcı 12, salon 1b' de alıcı 7' ye karşılık gelmektedir. Yine C80 ile karşılaştırarak Ts değerleri yorumlanacak olursa; alıcı 12 için salon 1a' da C80 değeri üst sınırı çok az aşmaktadır. Aynı şekilde Ts değeri de tam alt sınırdadır. Yine yansımalarla bakıldığında; sadece yansıma sayısı değil yansıma şiddeti de değeri etkilemektedir. Salon 1b' de ise alıcı 7' nin C80 değeri üst sınırı aşmamaktadır. Ts değeri de bu alıcı için en yüksek değerini alır. Yansımalarla da bakıldığında ilk 50 ms' deki yansımalar 50 ms' den sonra gelen yansılardan daha fazladır. Salonların değerleri karşılaştırıldığında ise en yüksek Ts değeri salon 1b, en düşük değerleri ise salon 2 ve salon 3 vermektedir. En yüksek Ts değerinin salon 1b' de olma sebebi yine diğer salonların daha geniş olmasına yani genişliğe bağlanabilir. Yan duvarların alıcıya, kaynağa mesafesi, alıcı - kaynak mesafesi yansıyan ışın yolu, enerjiyi etkilemektedir. Ayrıca grafiğe bakıldığında son ışınlar alıcıya salon 1b' ye oranla; salon 1a, salon 2 ve salon 3' te daha geç ulaşmaktadır.



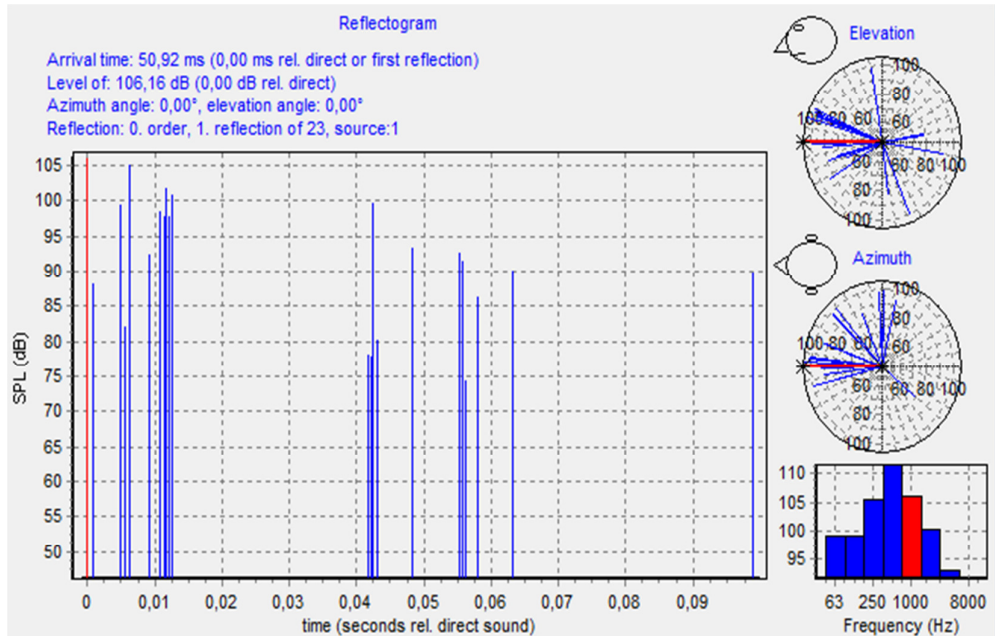
Şekil 4.82 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı 12 enerji diyagramı



Şekil 4.83 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı 7 enerji diyagramı

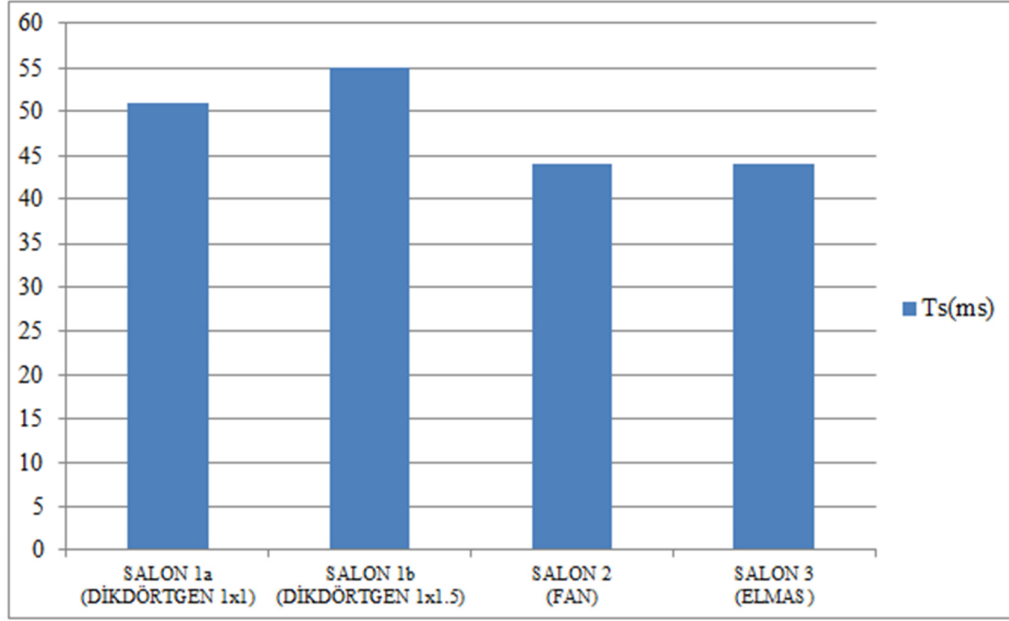


Şekil 4.84 : Salon 2 (fan) alıcı 12 enerji diyagramı



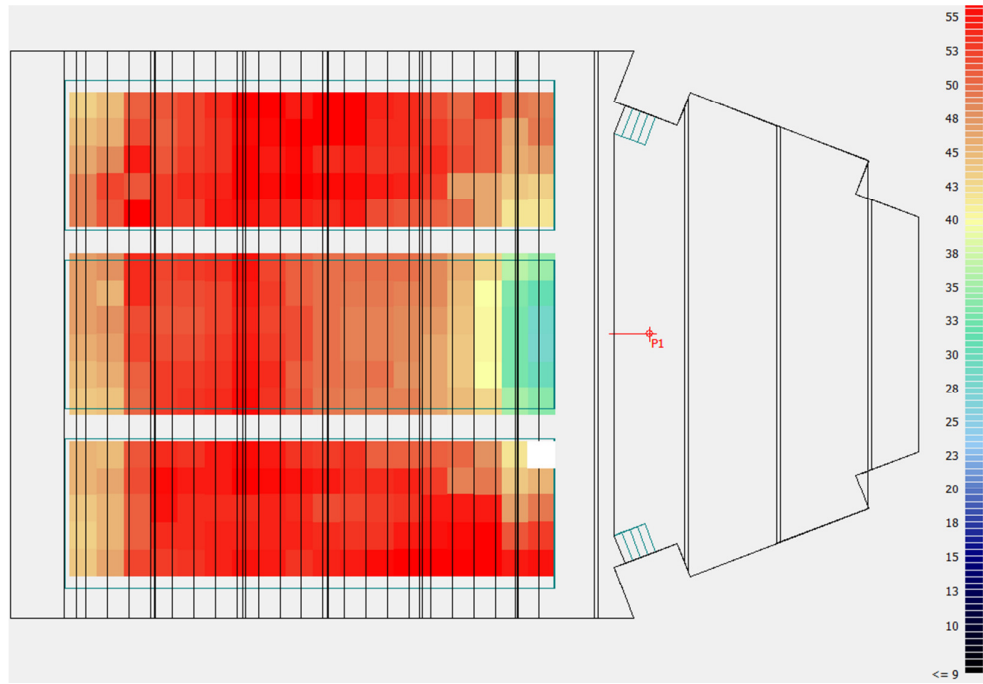
Şekil 4.85 : Salon 3 (elmas) alıcı 12 enerji diyagramı

Salonun geneline bakıldığında ise yine genel değerlerde de alıcılardaki gibi sonuçlar söz konusudur. Salon 1b en yüksek değere sahiptir, genişliği daha az olduğu için, ilk 50 ms' deki yansımalar yüksektir.fan salonun orta akstaki alıcıların yan duvarlardan beslenememesi nedeniyle salonun genelinde Ts değeri düşüktür. İlk 50 ms' deki yansımaları en iyi salon 1b alır, salon 1a ise ilk 50 ms' deki yansımaları diğer iki salondan daha iyi almaktadır.

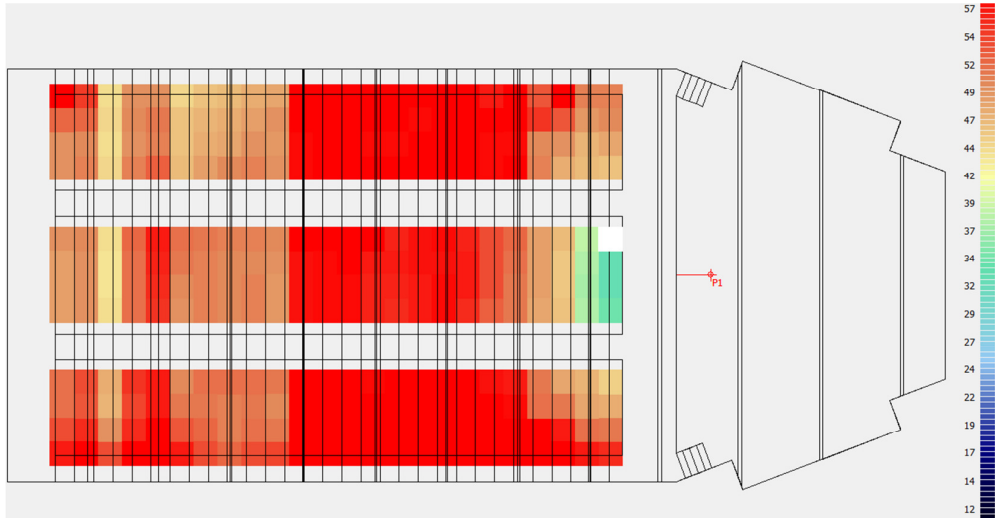


Şekil 4.86 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama Ts değerleri

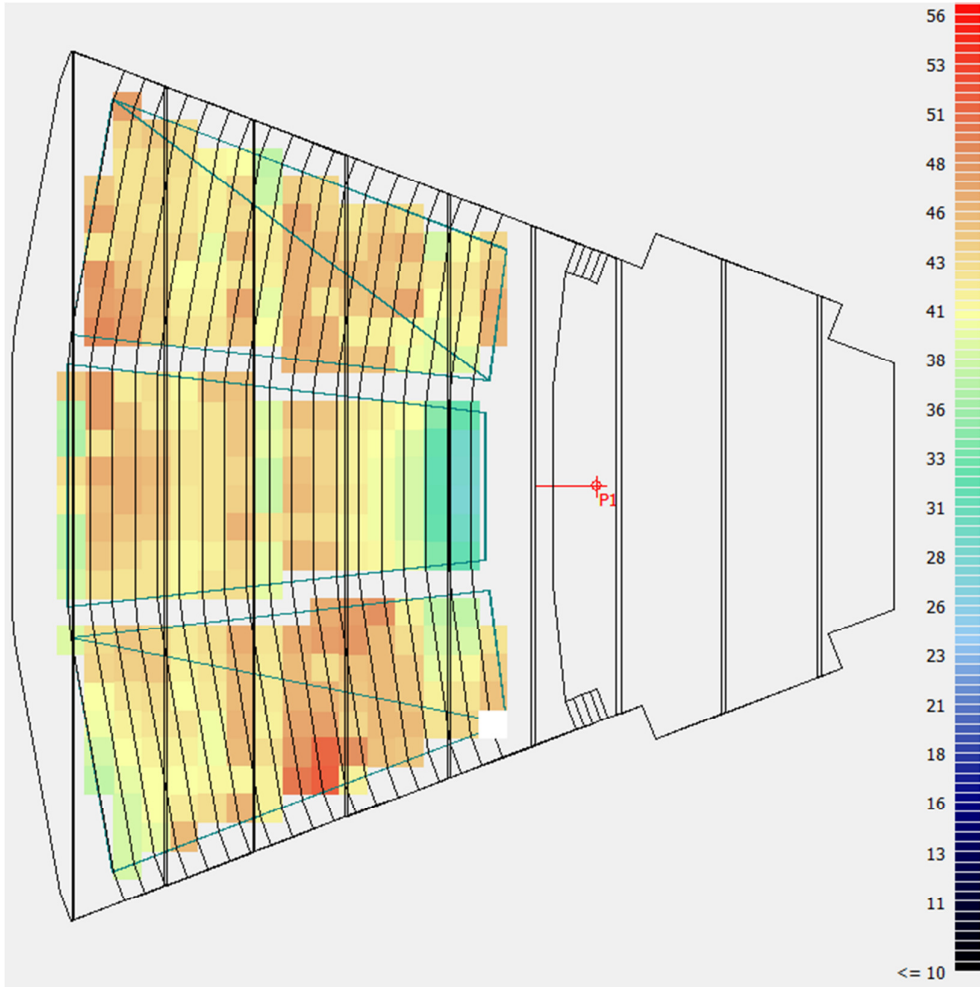
Şekil 4.87, Şekil 4.88, Şekil 4.89 ve Şekil 4.90 salonların 1000 Hz'deki Ts değeri için dinleyici alanının grid analizini göstermektedir. Bu analizlere bakıldığında da Ts parametresinin salonlardaki 1000 Hz' deki değerleri hakkında bahsedilen yorumlar bir kez daha doğrulanmaktadır.



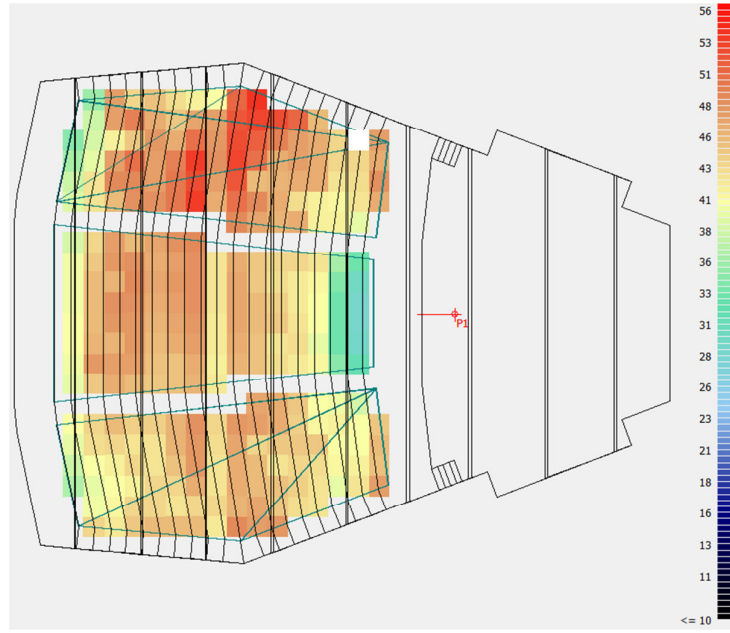
Şekil 4.87 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki Ts değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 4.88 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki Ts değeri için dinleyici alanının grid analizi



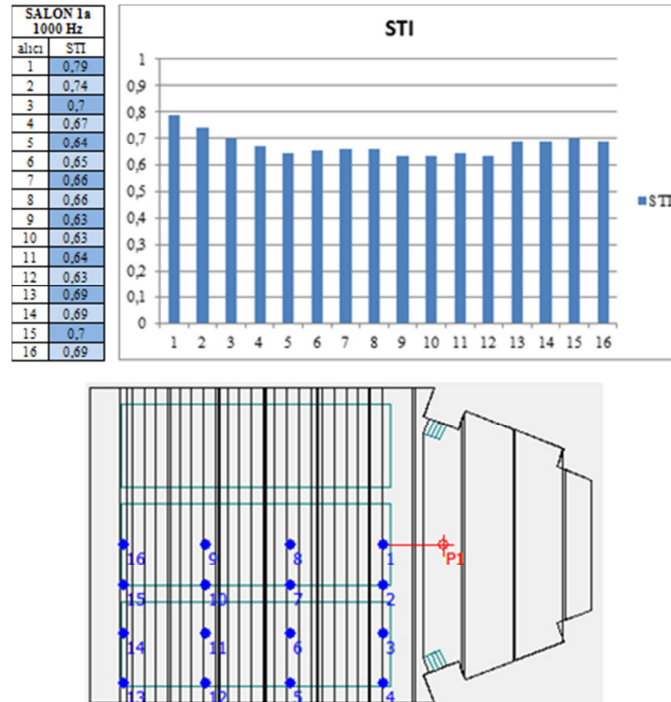
Şekil 4.89 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki Ts değeri için dinleyici alanının grid analizi



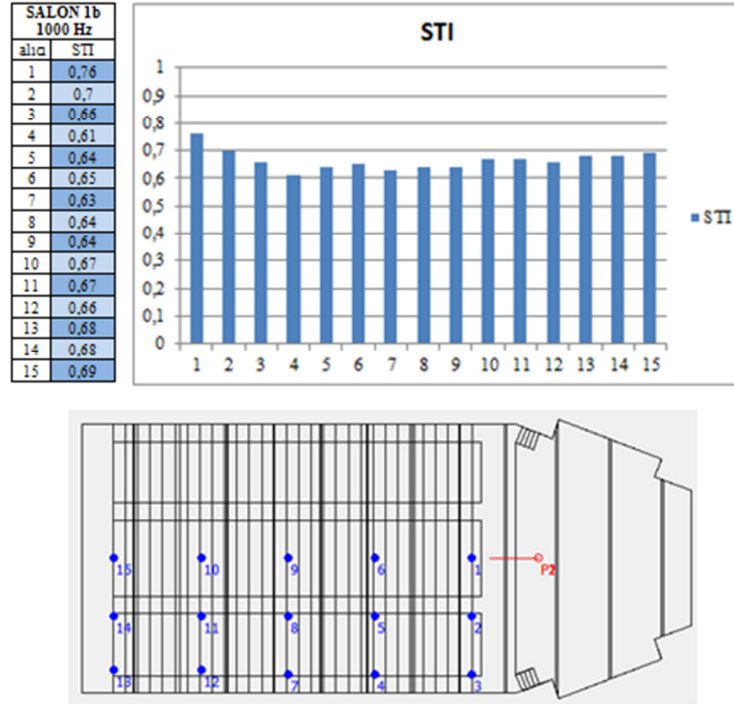
Şekil 4.90 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki Ts değeri için dinleyici alanının grid analizi

4.7 STI (Konuşma İletim İndeksi)

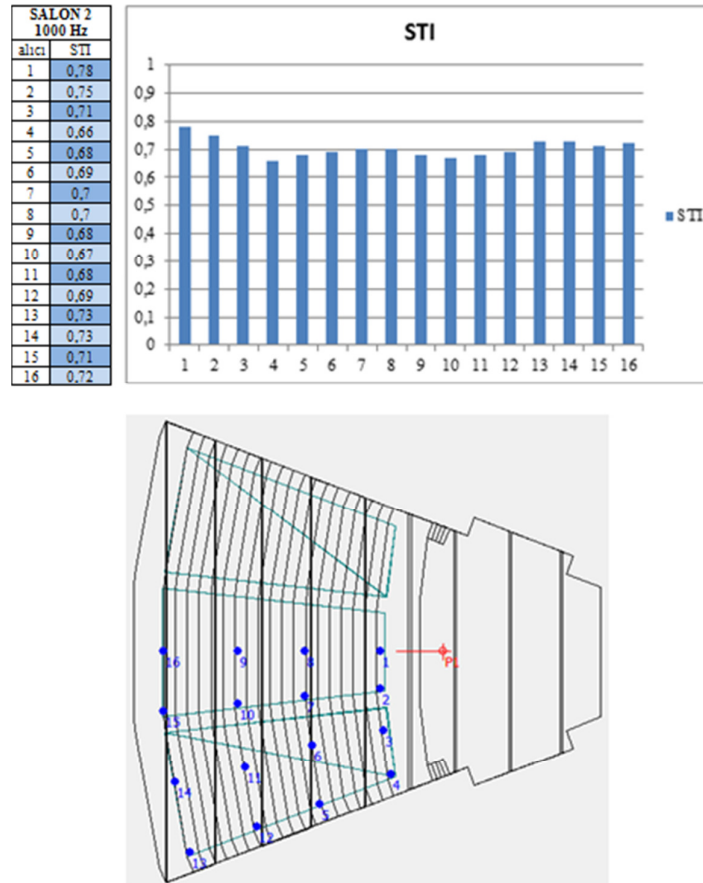
Bölüm 2.1.2 ' de anlatılanlar doğrultusunda ve Çizelge 4.1' e bakıldığında; STI parametresinin değeri en az 0,6 olmalıdır [4, s:313].



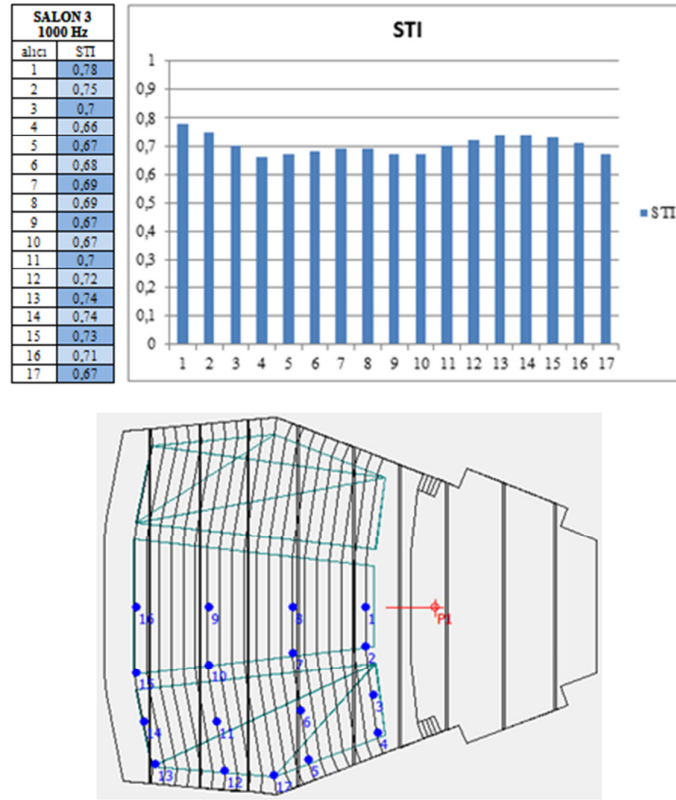
Şekil 4.91 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) için alıcılara göre STI değerleri



Şekil 4.92 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) için alıcılara göre STI değerleri

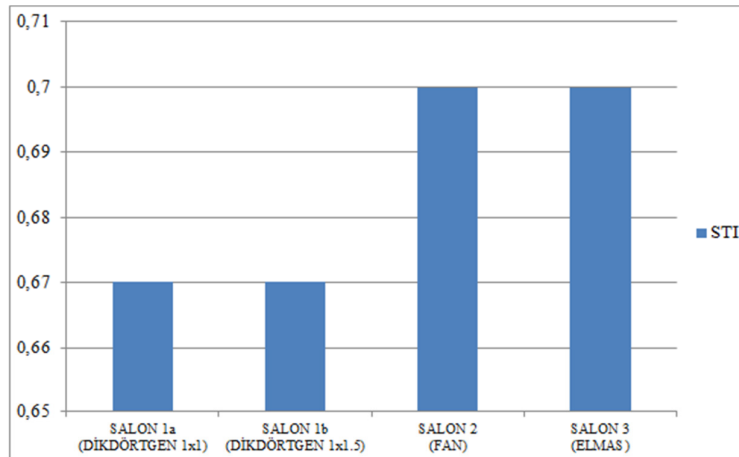


Şekil 4.93 : Salon 2 (fan) için alıcılara göre STI değerleri



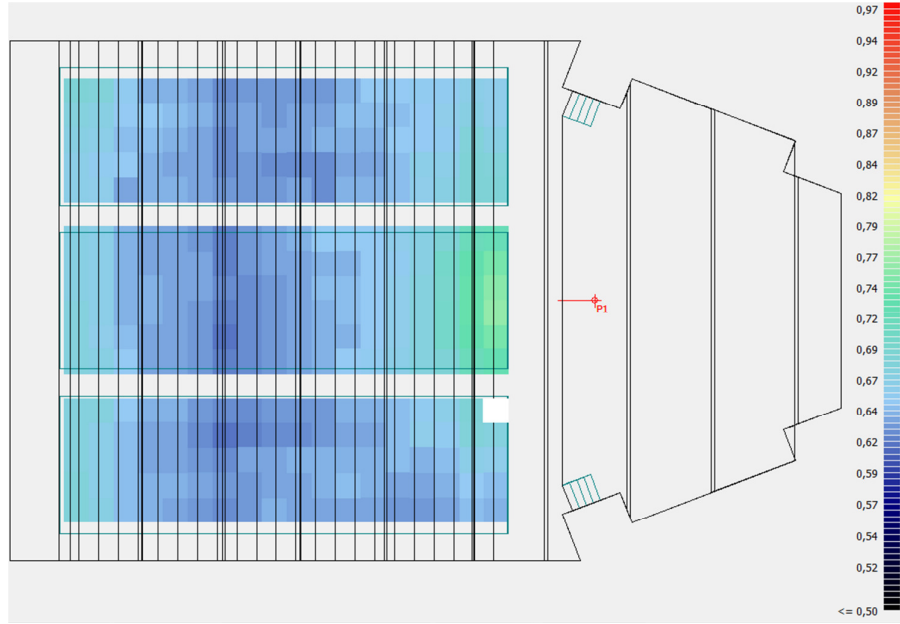
Şekil 4.94 : Salon 3 (elmas) için alıcılara göre STI değerleri

Salonların değerlerine bakıldığında bütün alıcılar optimum aralıkta ve hemen hemen aynı değerlerdedir. Bu nedenle bu parametre için alıcı bazında salonlar arasında herhangi bir karşılaştırma yapılmamıştır. Salonların 1000 Hz' deki ortalama STI değerlerine bakıldığında ise salon 2 ve salon 3 daha yüksek ve birbirine yakın değerlere sahiptir. Salon 1a ve salon 1b ise biraz daha düşük ve birbirine yakın değerlere sahiptir.

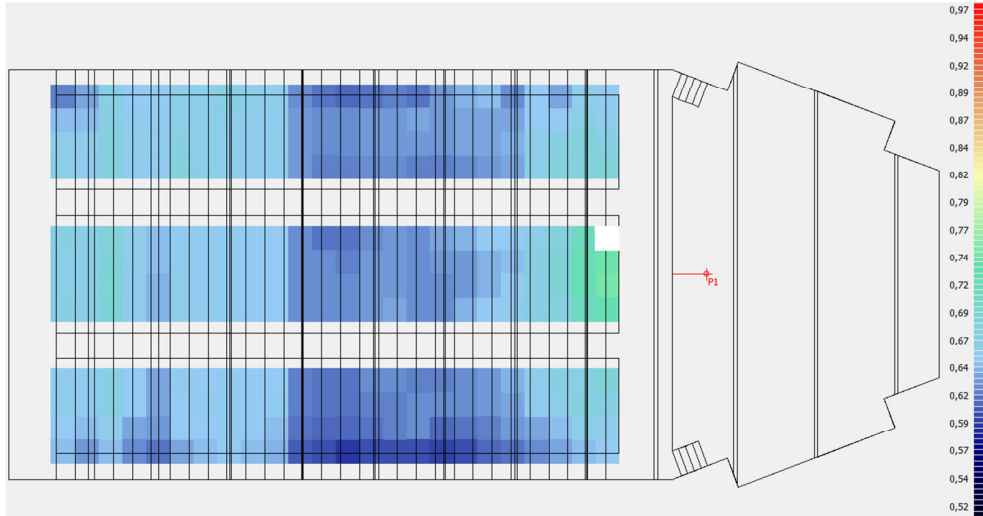


Şekil 4.95 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama STI değerleri

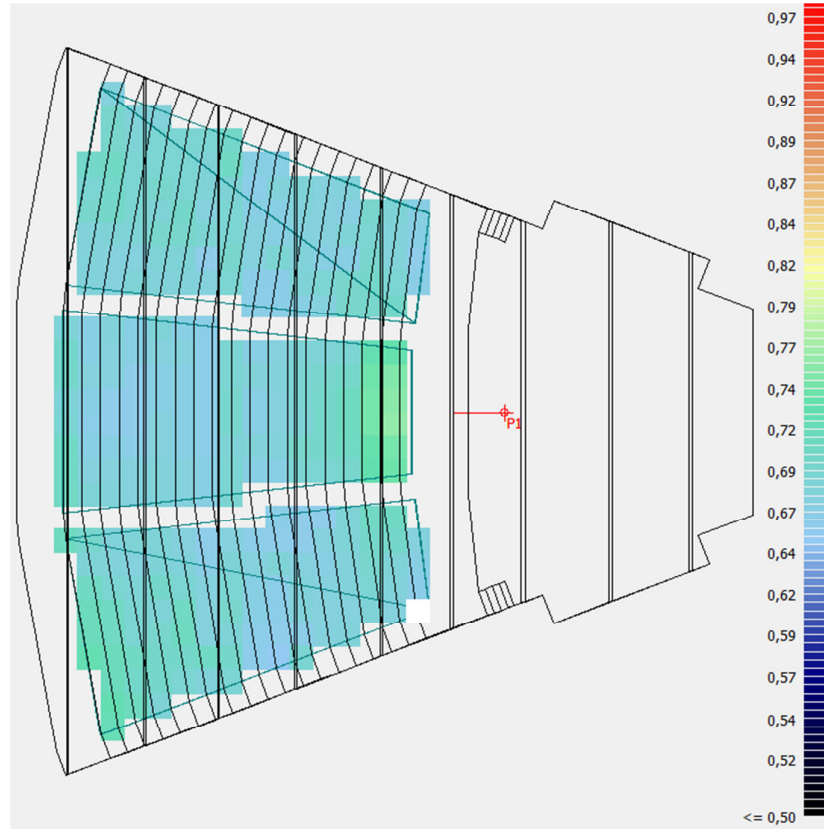
Şekil 4.96, Şekil 4.97, Şekil 4.98 ve Şekil 4.99 salonların 1000 Hz'deki STI değeri için dinleyici alanının grid analizini göstermektedir. Bu analizlere bakıldığında da STI parametresinin salonlardaki 1000 Hz' deki değerleri hakkında bahsedilen yorumlar bir kez daha doğrulanmaktadır.



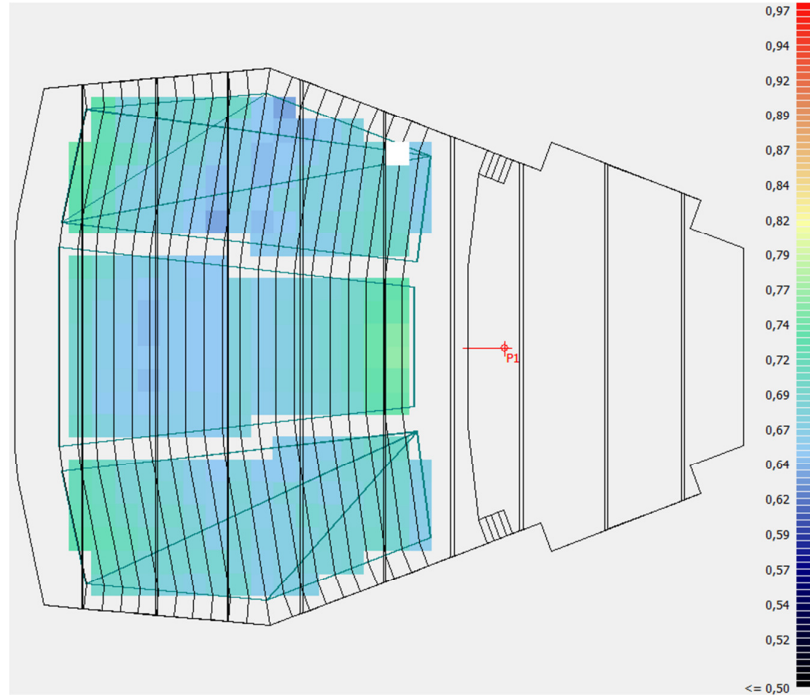
Şekil 4.96 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki STI değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 4.97 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki STI değeri için dinleyici alanının grid analizi



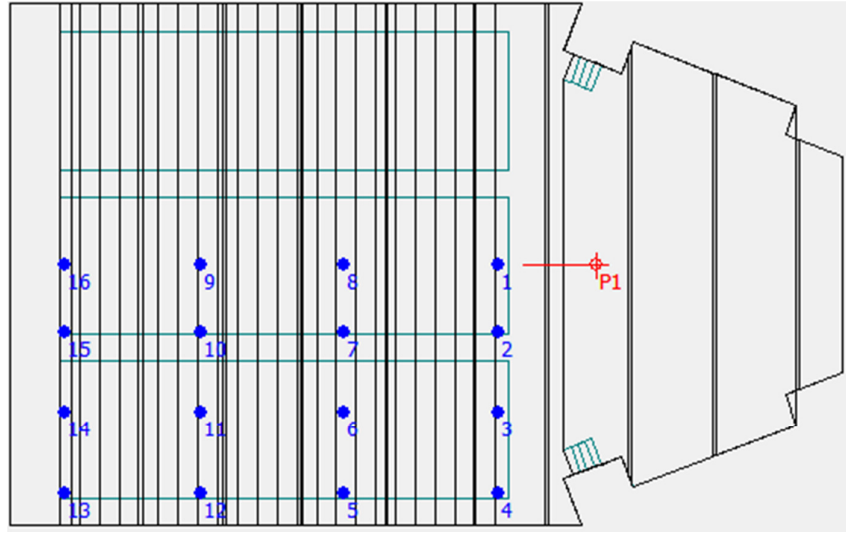
Şekil 4.98 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki STI değeri için dinleyici alanının grid analizi



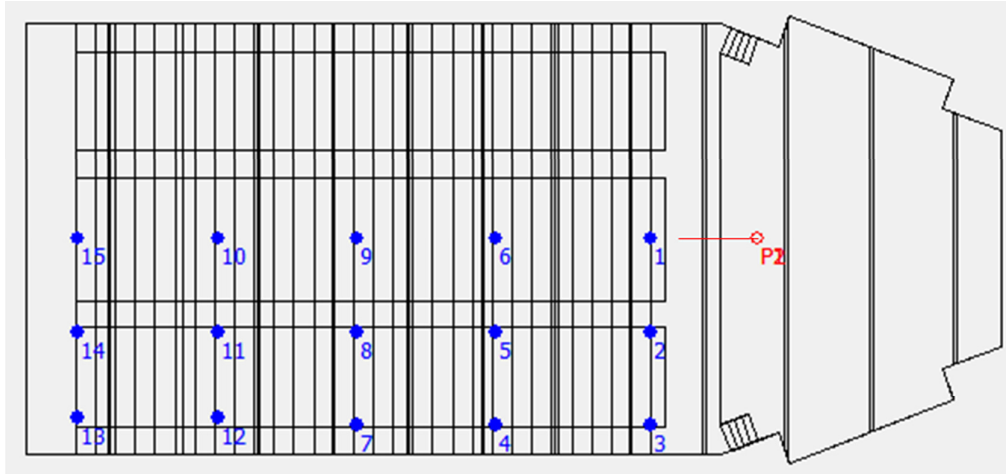
Şekil 4.99 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki STI değeri için dinleyici alanının grid analizi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

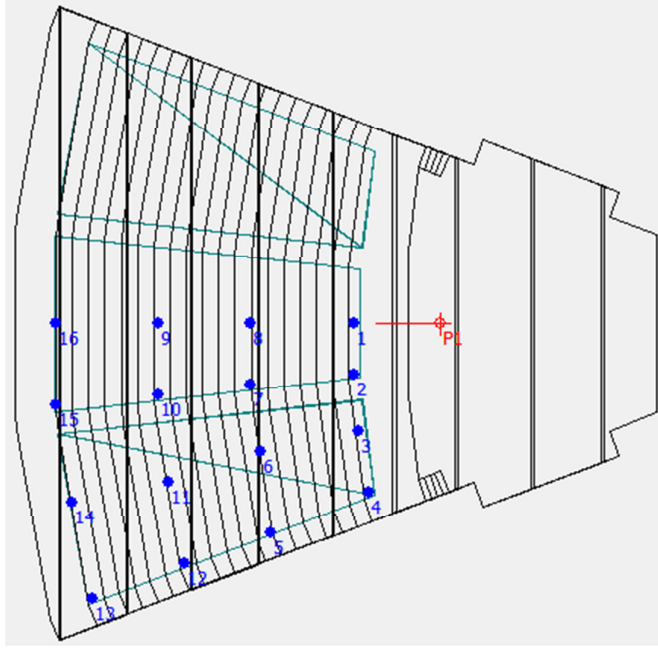
Bu çalışma kapsamında üç farklı tipte olmak üzere dört farklı plan şemalı salon için bazı alıcılar ile birlikte salonun genelindeki değerler irdelenmiş, EDT, T30, D50, LF80, G, C80, Ts gibi bazı akustik parametreler üzerinde durulmuş, geometrinin bu parametreler üzerindeki etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4 salonların alıcı - kaynak ilişkisini göstermektedir.



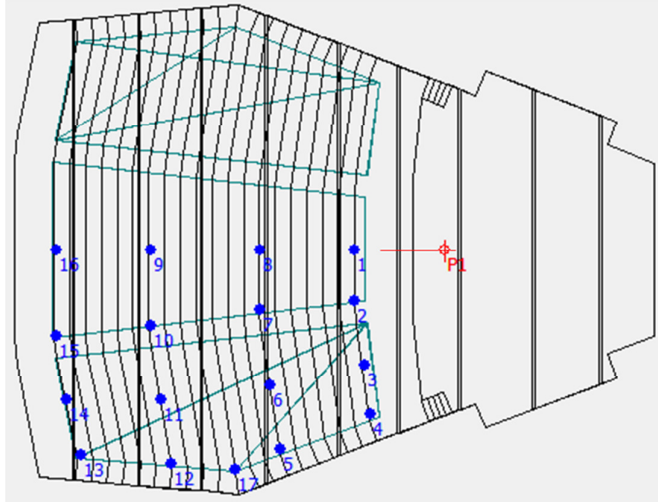
Şekil 5.1 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) alıcı - kaynak ilişkisi



Şekil 5.2 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) alıcı - kaynak ilişkisi



Şekil 5.3 : Salon 2 (fan) alıcı - kaynak ilişkisi



Şekil 5.4 : Salon 3 (elmas) alıcı - kaynak ilişkisi

EDT-T30

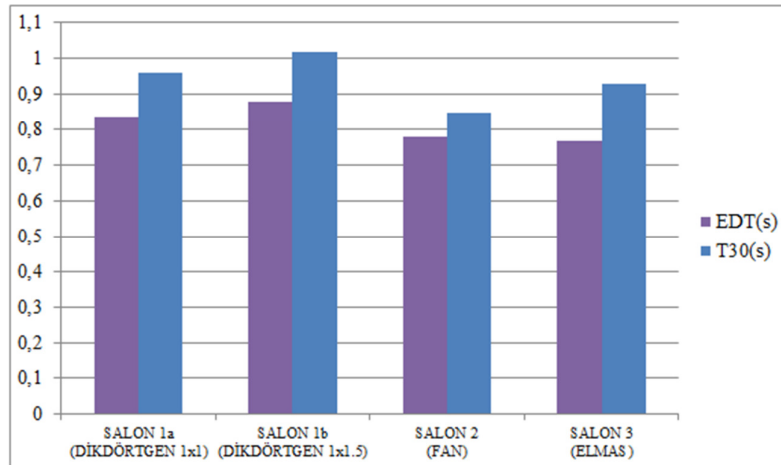
Bölüm 4.1' de anlatıldığı gibi, alıcıların enerji diyagramlarına bakıldığında salonun genelinde salon 1b en fazla yansıma ve dolayısıyla en yüksek enerjiye sahip salon olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu da diğer salonlardan genişliğinin daha az olmasına bağlanabilir. Çünkü yansıyan ışın yolunun artması değerlerin daha düşük olmasına sebep olmaktadır. Özellikle salon 1a ile karşılaştırıldığında genişliğin etkisi ortaya çıkmaktadır. Salon 2 ise en düşük enerjiye dolayısıyla en düşük T30 değerine

sahiptir. Fan salonun formundan kaynaklanan bu durum, bir kez daha burada ortaya konmuştur. Salon 3 ise salon 2' den biraz daha fazla enerjiye sahiptir, bu da elmas salonun formundan kaynaklanan kırılan yan duvarlar sayesinde olmaktadır.

Arkadaki alıcılara bakıldığında ise salon 1b' nin boyunun diğer salonlardan uzun olması ve 25 metreyi aşması $T30 > EDT$ farkını artırmaktadır. Salon uzunluğunun 25 metreyi geçmemesi gerektiği literatürde söz edilen bir gerçektir [7, s:232].

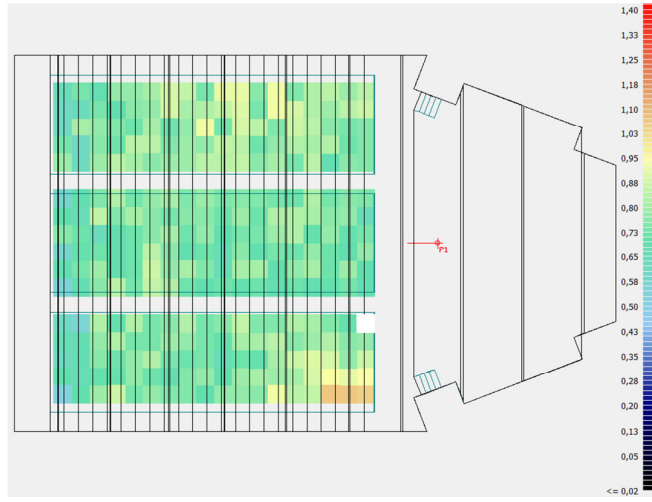
Salon 1b' de; arkadaki alıcılar için; uzunluk etkisinden dolayı $T30 > EDT$, salon 1a' da; orta aksta yer alan alıcılar için, yan duvarlara olan uzaklığın fazla olmasından yani genişlikten dolayı $T30 > EDT$, salon 2' de; orta aksta yer alan alıcılar için, fan şeklinin verimsiz yan duvar yansımalarından dolayı $T30 > EDT$ ve salon 3' te; alıcıların genelinde; elmas salonun kırılan yan duvarlarının enerji katkısının uzun gecikmiş yansımalarla sebep olmasından dolayı $T30 > EDT$ olmaktadır.

Salonların 1000 Hz' deki ortalama EDT-T30 değerlerini gösteren Şekil 5.5' e bakıldığında Salon 1b' nin yansıma yolunun kısa olmasından dolayı alıcıların genelinde T30 değerleri en yüksek salondur. En düşük T30 değerleri salon 2' ye aittir, çünkü fan salon form itibariyle enerji bakımından zayıftır. Bu durum ise fan salon için daha optimum EDT-T30 ilişkisini ortaya koymaktadır yani, T30 daha düşük olduğu için $T30 > EDT$ farkı daha azdır. Salon 3' ün yan duvar katkısından dolayı alıcıların genelinde T30 değerleri salon 1a ile yaklaşık ve salon 2' ye göre daha yüksektir. En yüksek $T30 > EDT$ farkı elmas salondadır.

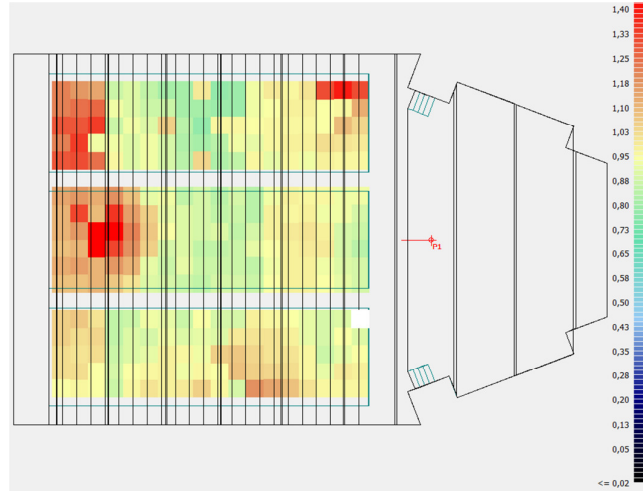


Şekil 5.5 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama EDT-T30 değerleri

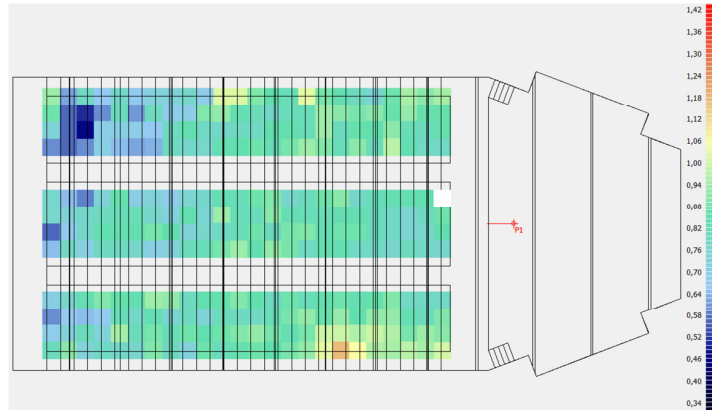
Ayrıca dinleyici alanının grid analizine bakıldığında, alıcılar ve salonun geneli hakkında bahsedilen yorumlar desteklenmektedir.



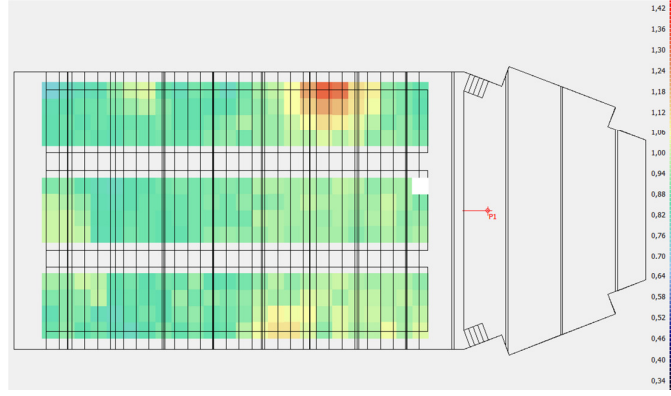
Şekil 5.6 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki EDT değeri için dinleyici alanının grid analizi



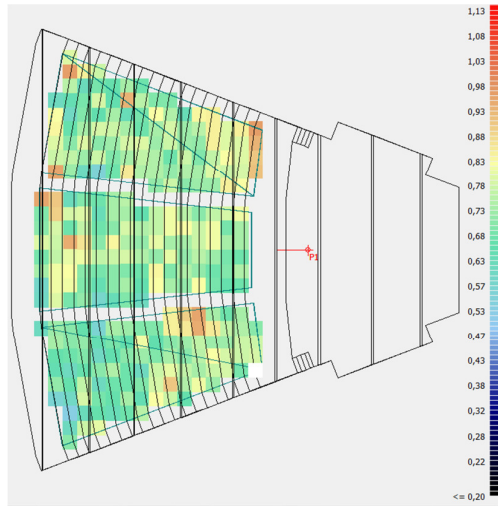
Şekil 5.7 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki T30 değeri için dinleyici alanının grid analizi



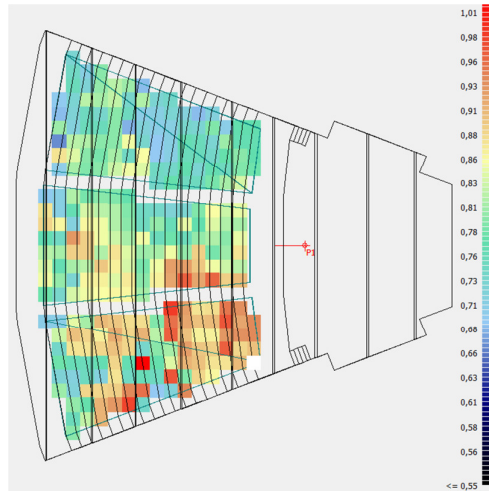
Şekil 5.8 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki EDT değeri için dinleyici alanının grid analizi



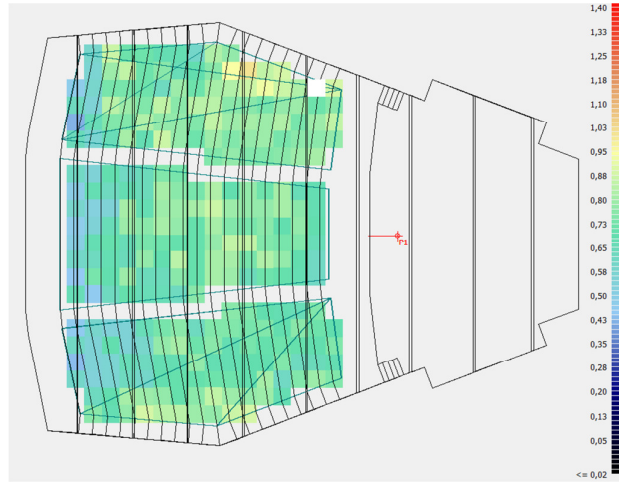
Şekil 5.9 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki T30 değeri için dinleyici alanının grid analizi



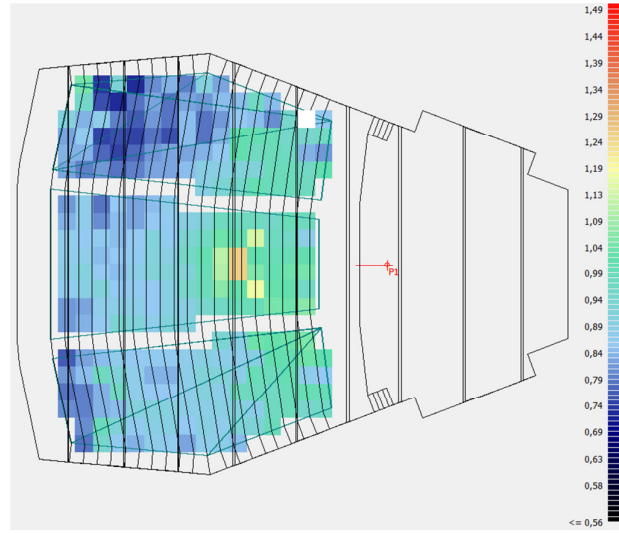
Şekil 5.10 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki EDT değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.11 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki T30 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.12 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki EDT değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.13 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki T30 değeri için dinleyici alanının grid analizi

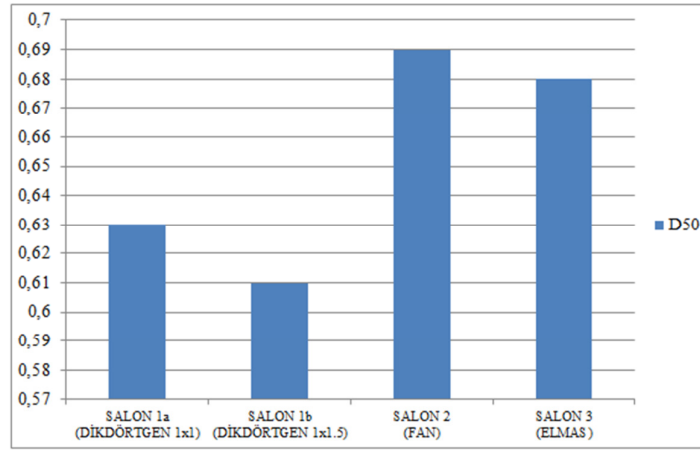
D50

D50' nin tanımından da anlaşılacağı üzere D50 değerinin büyük olması demek ilk 50 ms içinde gelen yansımaların, olması gerekenden daha fazla olduğunu göstermektedir. D50 tanımından yola çıkılarak, Bölüm 4.2' de anlatılanlar doğrultusunda, alıcıların enerji diyagramlarına bakıldığında; salonların D50 değerlerini doğrulamaktadır.

Salonun genelindeki D50 değerlerine bakılacak olursa salon 1a için en arka sıradaki alıcılar, salon 1b' dekinden, salon 2 ve salon 3 de salon 1a' dakinden daha yüksek değerlere sahiptir. Yani salonun arkasındaki alıcılar için uzunluk etkisinden dolayı

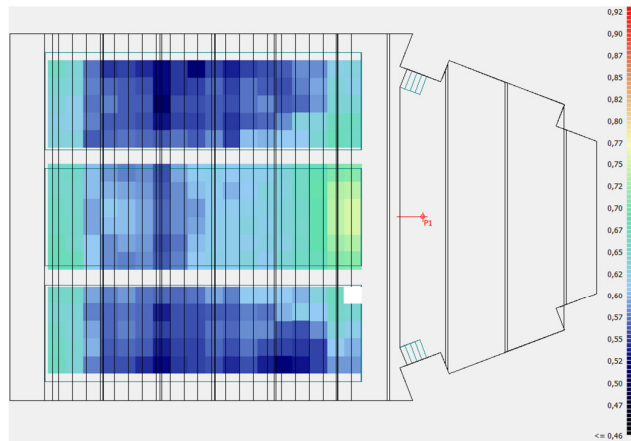
salon 1b daha düşük değerler vermektedir. Elmas salondaki kırılan yan duvarların katkısından dolayı salon 3 daha yüksek D50 değerlerine sahiptir.

Salonun 1000 Hz' deki ortalama D50 değerlerini gösteren Şekil 5.14' e bakıldığında salon 2 ve salon 3 birbirlerine yakın ve en yüksek değerlere sahiptir. En düşük ortalama değer salon 1b' de görülmektedir. Bunun sebebi daha önce de açıklandığı gibi toplam enerjinin bu salonda diğer salonlardan daha yüksek olmasıdır. Fan salonun en yüksek D50 değerine sahip olması toplam enerjisinin daha az olmasıyla ilişkilidir. Ayrıca salon 1a' da, genişliğe bağlı olarak yansıyan ışın yolunun uzun olmasından dolayı toplam enerji salon 1b' den daha düşüktür, bu da alıcıların genelinde salon 1b' den daha yüksek D50 değerini ortaya çıkarır.

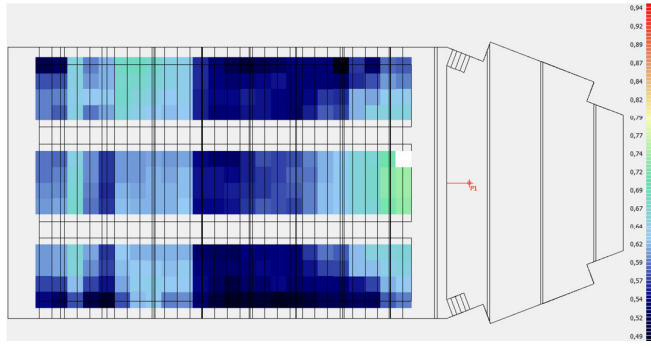


Şekil 5.14 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama D50 değerleri

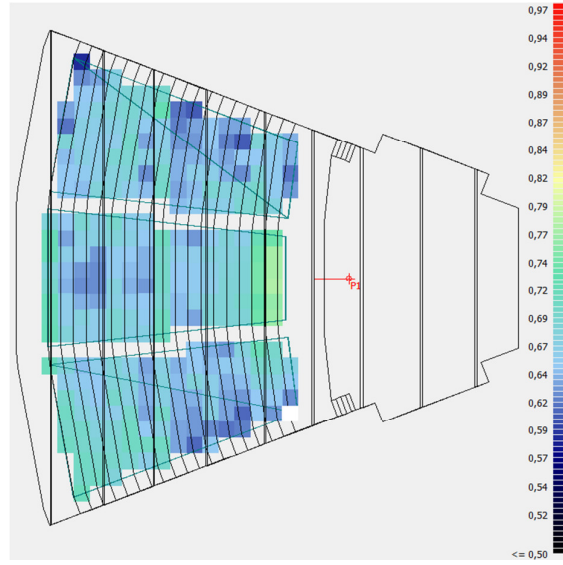
Ayrıca dinleyici alanının grid analizine bakıldığında, alıcılar ve salonun geneli hakkında bahsedilen yorumlar desteklenmektedir.



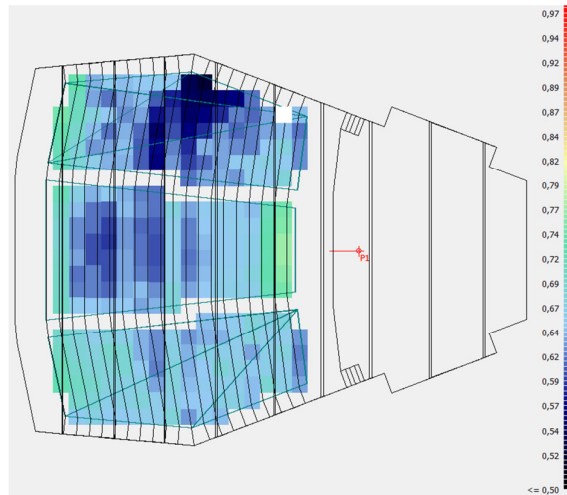
Şekil 5.15 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki D50 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.16 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki D50 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.17 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki D50 değeri için dinleyici alanının grid analizi

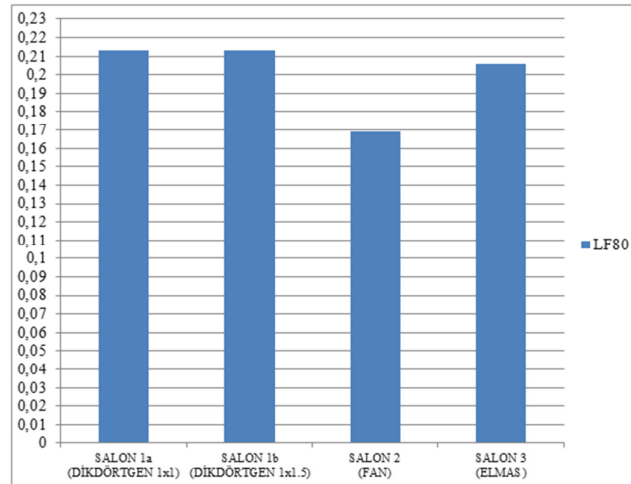


Şekil 5.18 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki D50 değeri için dinleyici alanının grid analizi

LF80

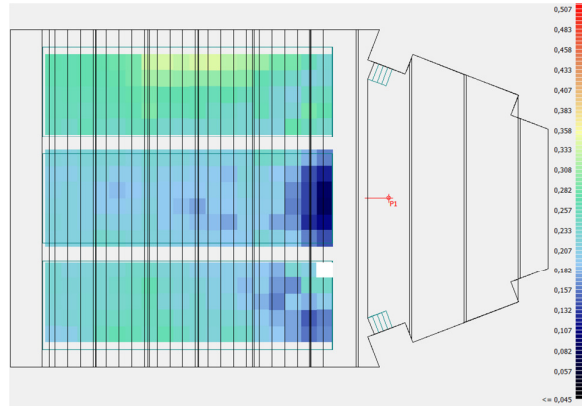
Salonların değerleri karşılaştırıldığında salon 1a genişliğin etkisinden dolayı orta akstaki öndeki alıcılarda en düşük değerlere sahip salondur. Salon 1b en yüksek, salon 2 ve salon 3 de birbirine yakın, salon 1a' dan daha yüksek değerlere sahiptir. Bunun sebebi genişliktir. Çünkü yan duvarlara en yakın olan alıcılar salon 1b' dekidir. Salon 2 ve salon 3 de yan duvarlardan yansımaları daha geniş olan; salon 1a' dan daha iyi alır. Bölüm 4.3' te anlatılanlar doğrultusunda, alıcıların enerji diyagramlarına bakıldığında; salon 1b' nin yansımaları diğer salonlardan daha kısa sürede gerçekleşmektedir.

Ayrıca salonların 1000 Hz' deki ortalama LF80 değerlerini gösteren Şekil 5.19' a bakıldığında en düşük değerler fan salona aittir. Fan salonun formundan dolayı alıcılar erken enerji bakımından pek zengin değildir, çünkü fan salon yan duvarlardan çok fazla beslenemez. Zaten salonun geneline de bakıldığında alıcıların neredeyse hepsinde fan salon en düşük değerlere sahiptir. Dikdörtgen salonlar birbirine yaklaşık ortalama değerlere sahiptir, çünkü salon 1b' nin uzunluktan dolayı arkalara doğru LF80 değeri düşmektedir, salon 1a' da orta akstaki alıcılar, genişlikten dolayı daha düşük değerlere sahiptir, ama ortalamada bu iki salon birbirlerine yaklaşık LF80 değeri vermektedir. Elmas salon, fan salondan daha yüksek ancak dikdörtgenlerden daha düşük LF80 değerine sahiptir. Bu da yine toplam enerjinin elmas salonda fazla olmasıyla ilişkilidir.

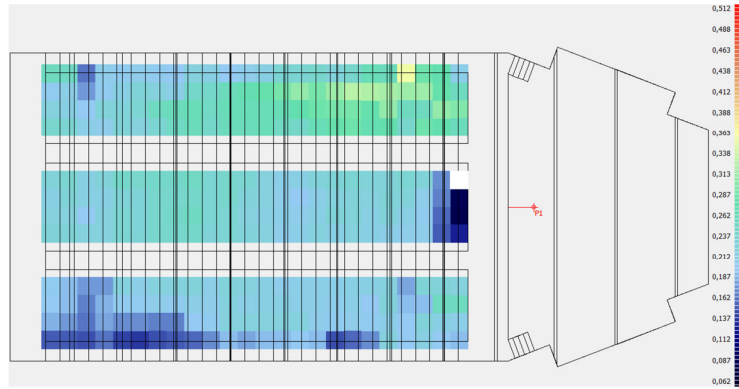


Şekil 5.19 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama LF80 değerleri

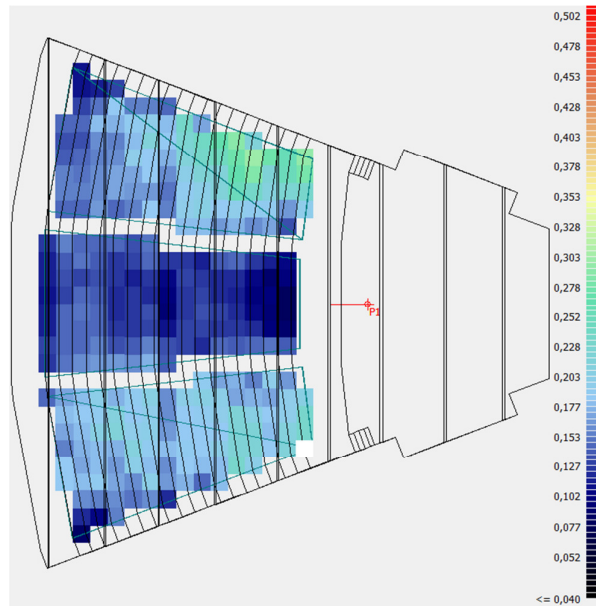
Ayrıca dinleyici alanının grid analizine bakıldığında, alıcılar ve salonun geneli hakkında bahsedilen yorumlar desteklenmektedir.



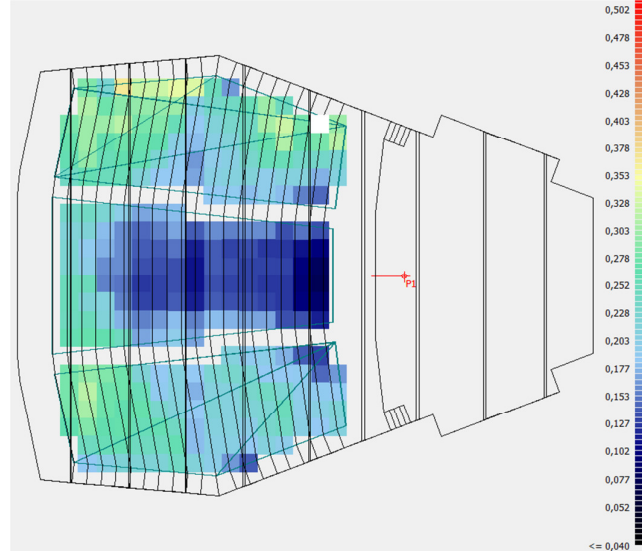
Şekil 5.20 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki LF80 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.21 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki LF80 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.22 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki LF80 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.23 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki LF80 değeri için dinleyici alanının grid analizi

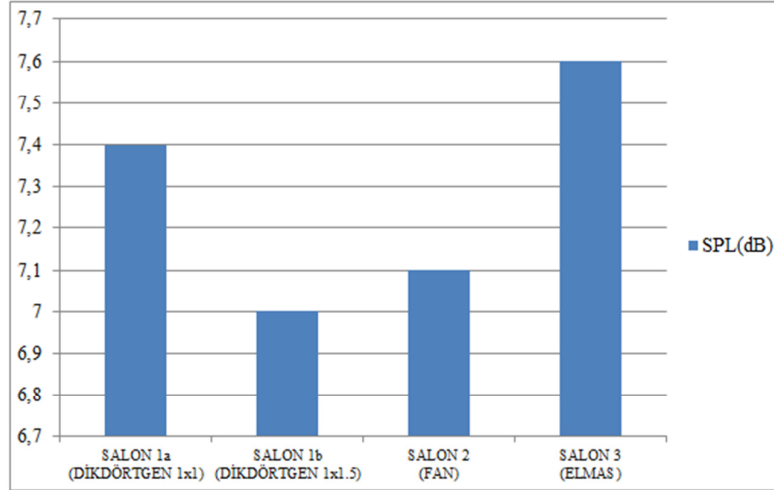
G

Salonlarda 1000 Hz' de alıcıların G (SPL) değerlerine bakılacak olursa; arka sıradaki alıcılar bütün salonlarda belirtilen aralıkta ama farklı değerlere sahiptir. Bunun sebebi salon 1b' de en arkadaki alıcılar kaynaktan diğer salonlara göre daha uzakta olduğundan (6 metre daha uzak) G değerleri daha düşüktür. Bu da G değerinde alıcı kaynak arası mesafenin etkisini ortaya koymaktadır. Salonların genelinde G değeri azalımı arkaya doğru gidildikçe daha da artmaktadır. Arkadaki alıcılarda en yüksek değerler yan duvar yansımalarının katkısından dolayı elmas salonda, en düşük değerler uzunluk etkisinden dolayı salon 1b' de görülmektedir. Yani salonların geometrisindeki farklılıklar G parametresinde de farklılıklara sebep olmuştur denebilir.

Ön orta akstaki alıcılarda; salon 1b, genişliği daha az olduğundan en yüksek, salon 3 ise verimli yan duvar yansımaları sağladığından salon 1a' ya oranla daha yüksek G değerine sahiptir. Burada yine salon 1a' nın genişliğinden kaynaklanan fazla mesafenin G' yi nasıl etkilediği görülmektedir. Ayrıca kaynağa daha yakın olan alıcılar mesafe az olduğu için salonların hepsinde yüksek G değerine sahiptir hatta üst sınırı aşmaktadır. Bu da alıcı - kaynak mesafesinin G parametresine etkisini yine ortaya koymaktadır.

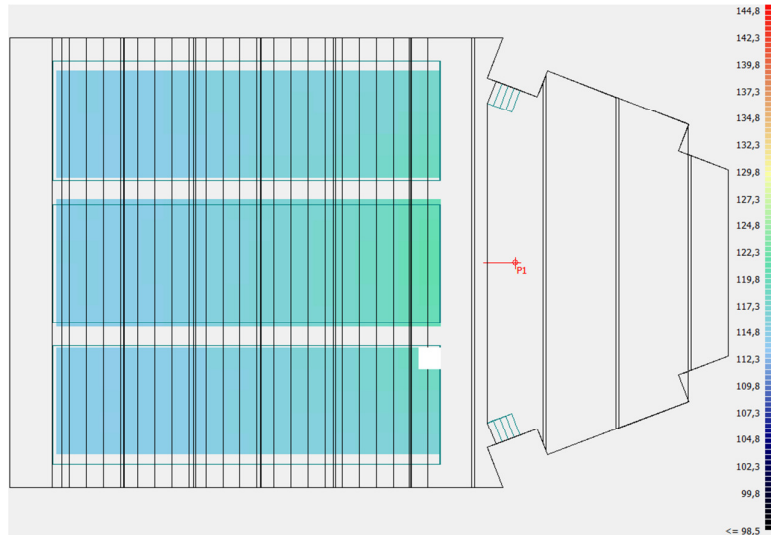
Salonların ortalama 1000 Hz' deki G değerlerini gösteren Şekil 5.24' e bakıldığında ise salonun ortalamasında en düşük değerler salon 1b' de görülürken en yüksek

değerler salon 3' te ortaya çıkmaktadır. Bazı alıcılarda, en yüksek değerler salon 1b' de olmasına rağmen; salonun uzunluğundan dolayı, salon 1b ortalama olarak daha düşük değerlere sahiptir. Salon 3 yani elmas salon ise verimli yan duvar yansımalarından dolayı ortalamada en yüksek değerlere sahiptir. Fan salon yan duvar yansımalarını diğer salonlar kadar alamadığından, sıralamada uzunluğu fazla olan salondan yani salon 1b' den daha yüksek ama diğer iki salondan daha düşük değerlere sahiptir.

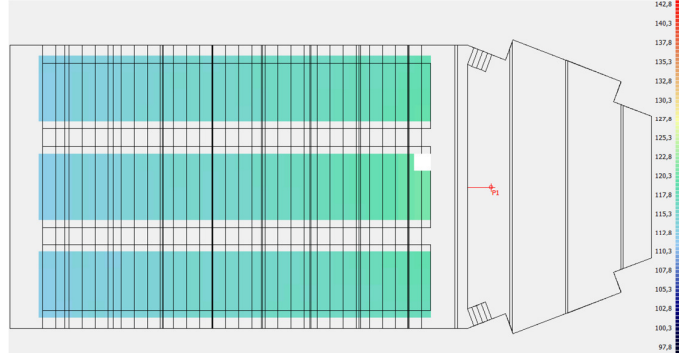


Şekil 5.24 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama G değerleri

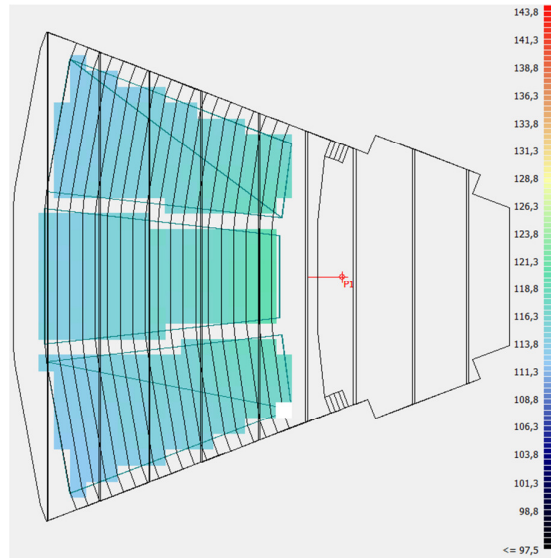
Ayrıca dinleyici alanının grid analizine bakıldığında, alıcılar ve salonun geneli hakkında bahsedilen yorumlar desteklenmektedir.



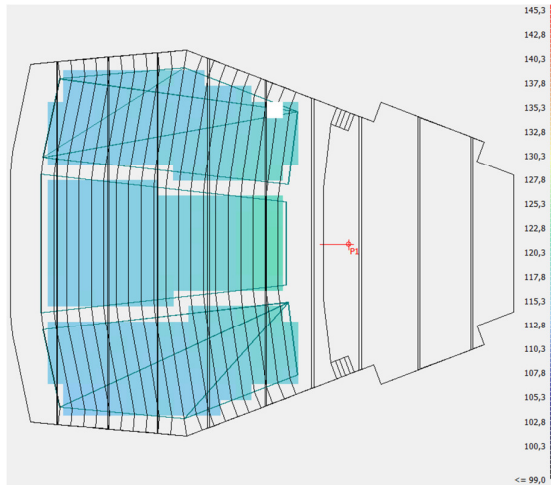
Şekil 5.25 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki G değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.26 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki G değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.27 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki G değeri için dinleyici alanının grid analizi



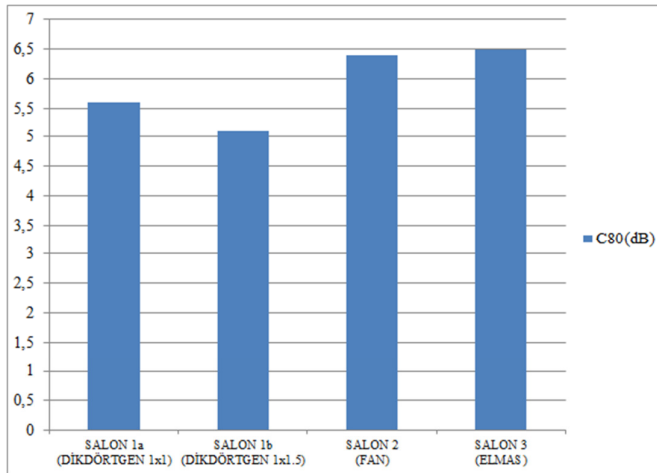
Şekil 5.28 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki G değeri için dinleyici alanının grid analizi

C80

C80 tanımından da anlaşıldığı gibi ilk 80 ms' deki yansımalarla 80 ms' den sonraki yansımalar incelenmelidir. Salon yansımalarına bakarak yansımalar hakkında bilgi edinmek mümkün olmuştur. Salonlarda belirtilen bazı alıcılar için aldıkları yansımalarla bakarak değerler hakkında yorum yapılmıştır.

İlk 80 ms' de alınan yansımaların hem sayısı hem şiddeti 80 ms' den sonra gelen yansımalarla çok büyüktür bu nedenle C80 değeri ön orta akstaki alıcılar için; salonların hepsinde çok yüksektir. Ama salon 1a salon 2 ve salon 3; salon 1b' den daha yüksek değerlere sahiptir (üst sınırı aşar), çünkü 80 ms' den sonraki enerji daha düşüktür. Bu da yine genişliğin etkisi olarak yorumlanabilir. Yan duvarların alıcıya, kaynağa mesafesi, alıcı - kaynak mesafesi yansıyan ışın yolu, enerjiyi etkiler. Bölüm 4.5' te anlatılanlar doğrultusunda, alıcıların enerji diyagramlarına bakıldığında; son ışınlar alıcılara salon 1a, salon 2 ve salon 3' te salon 1b' dekine göre daha geç ulaştığı grafiklerde görülmektedir, bu da genişliğin etkisidir. Salon 3; salon 1a ve salon 2' den daha yüksek değerlere sahiptir. Bu da elmas salonun kırılan yan duvarlarının katkısından kaynaklanmaktadır.

Salonun arka tarafındaki alıcılar için de bütün salonlarda üst sınır aşılmış olsa da; uzunluk etkisinden dolayı salon 1b, diğer salonlardan daha düşük değerler vermektedir.

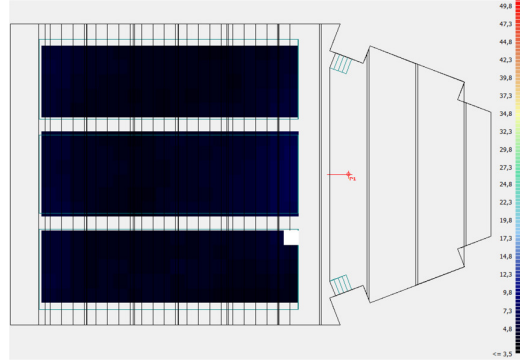


Şekil 5.29 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama C80 değerleri

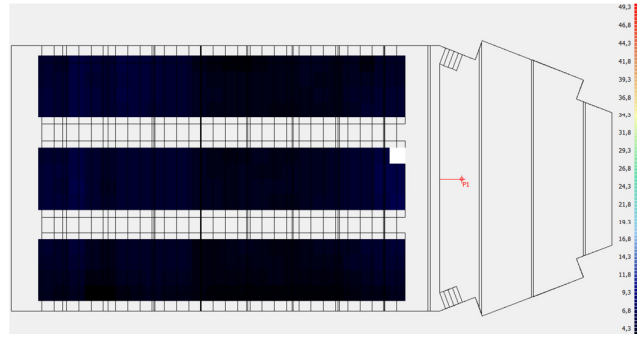
Salonların 1000 Hz' deki ortalama C80 değerlerini gösteren Şekil 5.29' a bakıldığında en yüksek değerlere salon 3 sahiptir. Elmas formundan kaynaklanan, kırılan yan duvarların enerji katkısından dolayı genel salon enerjisi artmaktadır. En düşük değere

ise salon 1b sahiptir, çünkü uzunluğu diğer salonlardan daha fazla olduğundan; dolayısıyla yansıyan ışın yolu uzun olduğundan genel salon enerjisi düşmektedir.

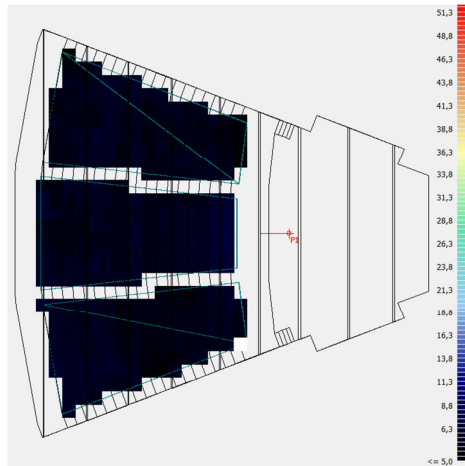
Ayrıca dinleyici alanının grid analizine bakıldığında, alıcılar ve salonun geneli hakkında bahsedilen yorumlar desteklenmektedir.



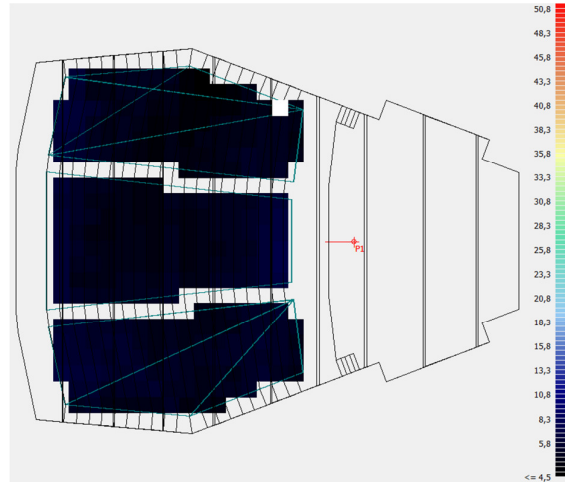
Şekil 5.30 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki C80 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.31 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki C80 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.32 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki C80 değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.33 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki C80 değeri için dinleyici alanının grid analizi

Ts

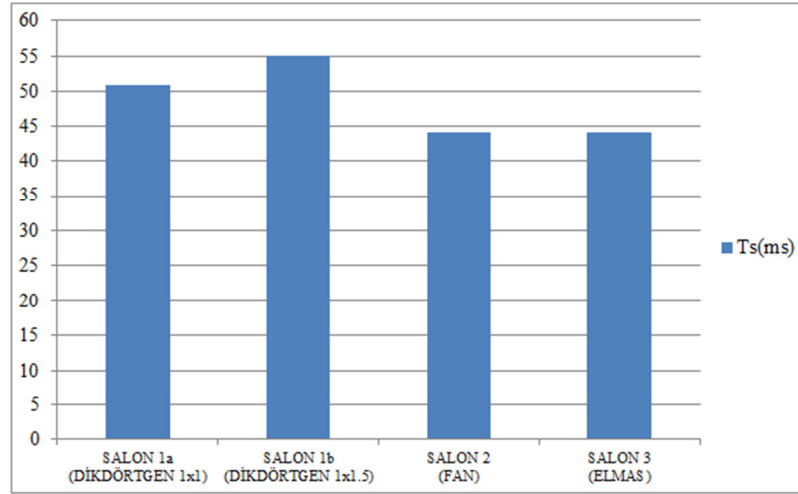
Anlatılanlar doğrultusunda C80 değerlerine de bakarak Ts değerleri yorumlanabilir. Salonun genelinde C80 yüksek olması Ts değerlerinin düşük olmasına işaret eder. Salonların genelinde Ts değeri alt sınırın da altındadır, sadece bir kaç alıcıda alt sınırın biraz üstüne çıkmıştır. Ts parametresinin tanımından da anlaşıldığı gibi ilk 50 ms ile 50 ms' den sonraki yansımalar da bakılarak Ts değerleri yorumlanabilir.

Yansımalar bakıldığında ön orta akstaki alıcılar için; salon 1b, ilk 50 ms' de hem sayıca hem şiddet olarak diğer salonlardan daha fazla yansımalar sahiptir. Dolayısıyla Ts değeri daha yüksektir. Çünkü salon 1b' deki alıcılar yan duvarlara diğer salonlardan daha yakındır, alt sınıra ulaşmasa da en fazla değer salon 1b' de görülmektedir. Salon 3 de yan duvarların açılı etkisinden dolayı en iyi değerleri veren ikinci salondur. Salon 2' de fan salonda orta akstaki alıcıların yan duvarlardan beslenememesinden kaynaklanan, salon 1a' da da genişlikten kaynaklanan daha düşük Ts değerleri söz konusudur.

Bölüm 4.6' da anlatılanlar doğrultusunda, ön sırada duvara yakın alıcıların enerji diyagramlarına bakıldığında; sadece yansıma sayısı değil yansıma şiddeti de Ts değerini etkilemektedir. Işın sayıları ilk 50 ms' de daha az olmasına rağmen enerjilerinin daha fazla olduğu gözükmemektedir. Salonların değerleri karşılaştırıldığında ise en yüksek Ts değeri salon 1b, en düşük değerleri ise salon 2 ve salon 3 vermektedir. En yüksek Ts değerinin salon 1b' de olma sebebi yine diğer salonların daha geniş olmasına yani genişliğe bağlanabilir. Yan duvarların alıcıya,

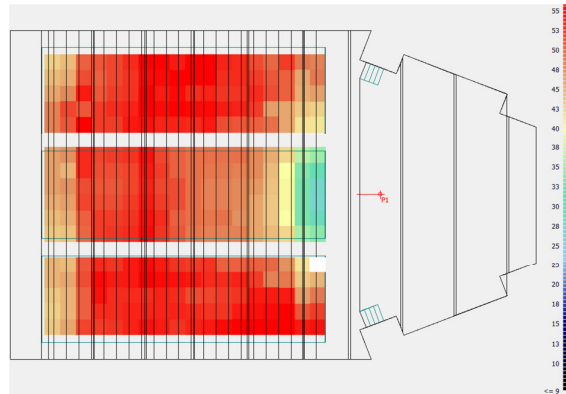
kaynağa mesafesi, alıcı - kaynak mesafesi yansıyan ışın yolu, enerjiyi etkilemektedir. Ayrıca enerji grafiklerine bakıldığında son ışınlar alıcıya salon 1b' ye oranla salon 1a, salon 2 ve salon 3' te daha geç ulaşmaktadır.

Salonların 1000 Hz' deki ortalama Ts değerlerini gösteren Şekil 5.34' e bakıldığında; salon 1b en yüksek değere sahiptir, genişliği daha az olduğu için, ilk 50 ms' deki yansımalar yüksektir. Fan salonun alıcılarının yan duvarlardan beslenememesi nedeniyle salonun genelinde Ts değeri düşüktür. İlk 50 ms' deki yansımaları en iyi salon 1b alır, salon 1a ise ilk 50 ms' deki yansımaları diğer iki salondan daha iyi almaktadır. Elmas salonda değerin düşük olması da 50 ms' den sonraki yani geç yansımaların fazla olmasındandır.

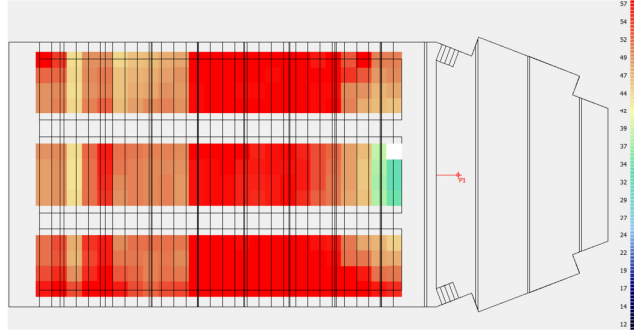


Şekil 5.34 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama Ts değerleri

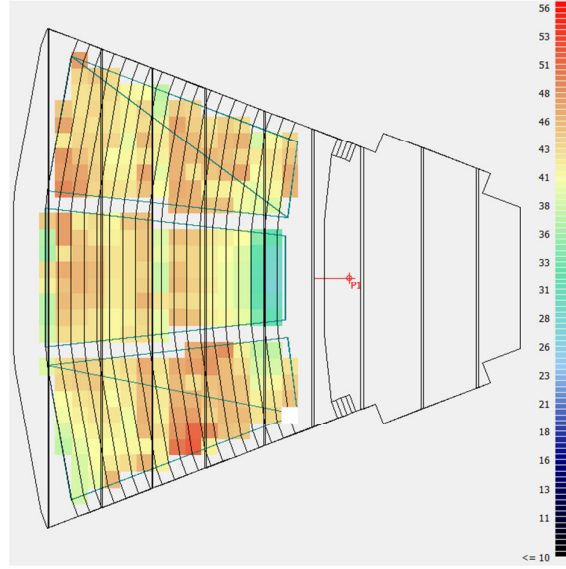
Ayrıca dinleyici alanının grid analizine bakıldığında, alıcılar ve salonun geneli hakkında bahsedilen yorumlar desteklenmektedir.



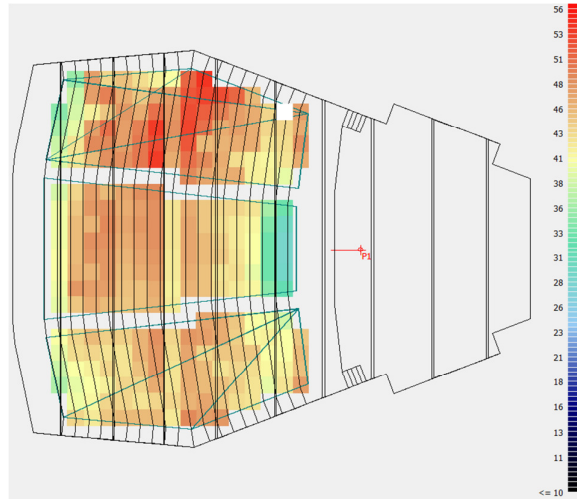
Şekil 5.35 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki Ts değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.36 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki Ts değeri için dinleyici alanının grid analizi



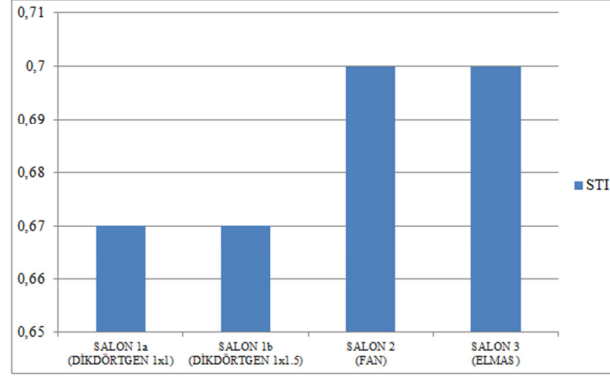
Şekil 5.37 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki Ts değeri için dinleyici alanının grid analizi



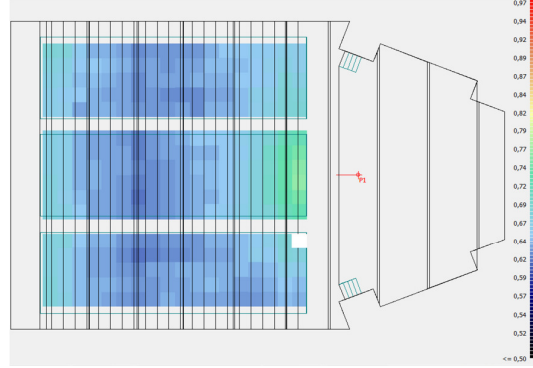
Şekil 5.38 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki Ts değeri için dinleyici alanının grid analizi

STI

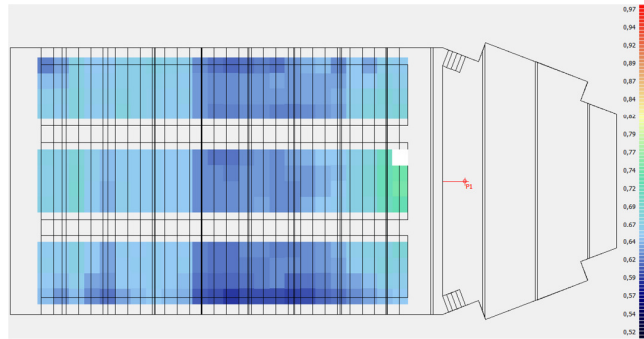
Salonların 1000 Hz' deki ortalama STI değerlerine bakıldığında ise salon 2 ve salon 3 daha yüksek ve birbirine yakın değerlere sahiptir. Salon 1a ve salon 1b ise biraz daha düşük ve birbirine yakın değerlere sahiptir. Ayrıca dinleyici alanının grid analizine bakıldığında, alıcılar ve salonun geneli hakkında bahsedilen yorumlar desteklenmektedir.



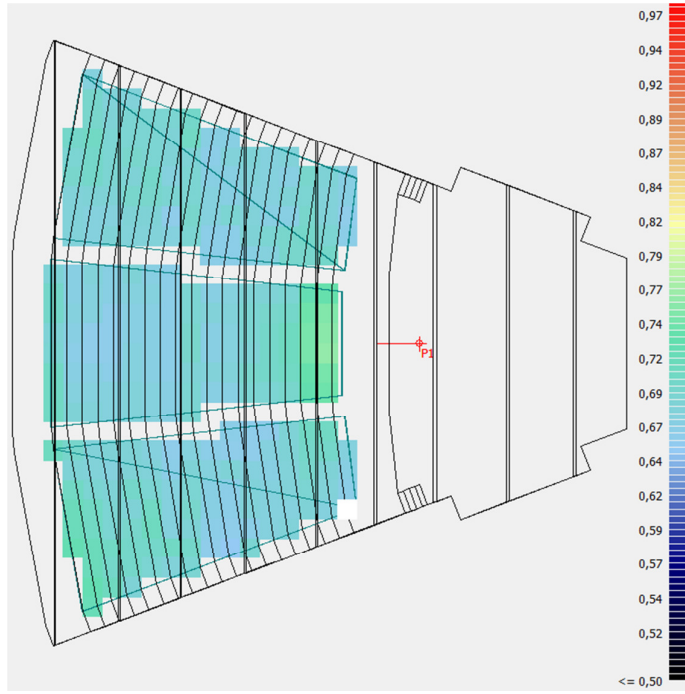
Şekil 5.39 : Salonların 1000 Hz' deki ortalama STI değerleri



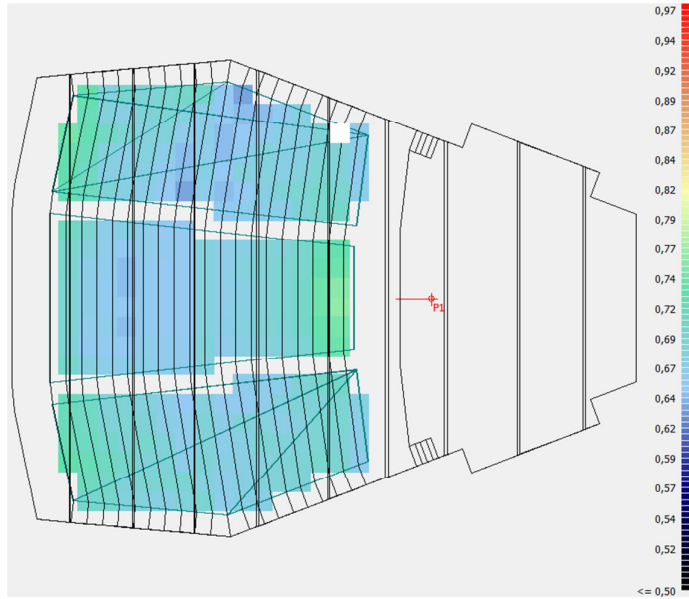
Şekil 5.40 : Salon 1a (dikdörtgen 1x1) 1000 Hz' deki STI değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.41 : Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5) 1000 Hz' deki STI değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.42 : Salon 2 (fan) 1000 Hz' deki STI değeri için dinleyici alanının grid analizi



Şekil 5.43 : Salon 3 (elmas) 1000 Hz' deki STI değeri için dinleyici alanının grid analizi

Salonların 1000 Hz' deki alıcılara bağlı parametre değerleri, parametrelerin 1000 Hz' deki ortalama değerleri, alıcıların yansıma ışın grafikleri doğrultusunda elde edilen sonuçlar Çizelge 5.1' de gösterilmiştir. Literatürde istenen değerlere en yakın olan salona 1, daha uzak olan salonlara da sırasıyla 2, 3, 4, numaraları verilmiştir.

Çizelge 5.1 : Parametreler için ölçümler ve değerlendirmeler sonucu salonlarda ortaya çıkan sıralamalar

	Salon 1a (dikdörtgen 1x1)	Salon 1b (dikdörtgen 1x1,5)	Salon 2 (fan)	Salon 3 (elmas)
EDT	2	1 Genişliği diğer salonlardan daha az olduğundan dolayı istenene yakın değerler	3 Formdan dolayı alıcılar zayıf enerjiye sahip olduğu için istenenden uzak değerler	4
T30	2	1 Genişliği diğer salonlardan daha az olduğundan dolayı istenene yakın değerler	4 Formdan dolayı alıcılar zayıf enerjiye sahip olduğu için istenenden uzak değerler	3
EDT-T30 ilişkisi	2	3 Genişliği diğer salonlardan daha az olduğu için	1 Formdan dolayı alıcılar zayıf enerjiye sahip olduğu için T30 değeri de düşük	4 Kırılan yan duvarların enerji katkısı olduğu için T30 değeri yüksek
D50	3 Genişlik etkisinden dolayı, D50 düşük	4 Uzunluk etkisinden dolayı, D50 düşük	1 Formdan dolayı alıcılar zayıf enerjiye sahip olduğu için toplam enerji düşüktür, D50 yüksek	2 Kırılan yan duvarların enerji katkısı olduğu için ilk 50 ms yansımaları çok olduğundan, D50 değeri yüksek
LF80	1 Yan duvar katkısı Yan duvar katkısından dolayı yüksek	1 Yan duvar katkısından dolayı yüksek	3 Yan duvar katkısı formdan dolayı düşük	2 Kırılan yan duvarların enerji katkısından dolayı yüksek
G	2	4 Uzunluk etkisinden dolayı, G düşük	3 Formdan dolayı alıcılar zayıf enerjiye sahip olduğu için, G düşük	1 Kırılan yan duvarların enerji katkısından dolayı, G yüksek
C80	2	1 Genişliği diğer salonlardan daha az olduğundan dolayı istenene yakın değerler	3 Formdan dolayı alıcılar zayıf enerjiye sahip olduğu için, C80 değeri istenenden uzak	4 Kırılan yan duvarların enerji katkısından dolayı C80 değeri istenenden uzak
Ts	2	1 Genişliği diğer salonlardan daha az olduğundan dolayı istenene yakın değerler	3 Formdan dolayı alıcılar zayıf enerjiye sahip olduğu için, C80 değeri istenenden uzak	4 Kırılan yan duvarların enerji katkısından dolayı C80 değeri istenenden uzak
STI	2	2	1	1

Salonlar tasarlanırken, mimari tasarımın akustik performansı ve konforu etkilediği göz önünde bulundurulmalı, akustik açıdan konuşma anlaşılabilirliğinin sağlanması için geometrik şartlar da optimize edilmeye çalışılmalıdır. Hacimlerdeki geometrik 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, yanal yansımaları,

gecikmiş yansımaları, toplam ses enerjisini ve dolayısıyla da EDT, T30, D50, LF80, G, C80, Ts, STI gibi konuşma için önemli olan akustik parametrelerin değerlerini etkilemektedir.

Bu çalışmanın sonucu olarak; üç farklı tipteki dört farklı plan şemalı salonlarda bazı parametrelerin nasıl farklılık gösterdiği değerlendirilmiştir. Özellikle dikdörtgen plan şemalı salonlarda kaynak pozisyonuna göre salonun oturma alanının eni ve boyu birbirine eşit olmamalı ve/veya oturma alanının boyu 25 metreyi geçmemelidir, paralel olan yüzeyler kullanmaktan kaçınılmalı ya da saçıcılık ile bu yüzeylerin paralelliği bozulmalıdır. Ayrıca iç bükey yüzeylerin odaklanmaya sebep olduğu unutulmamalı, iç bükey yüzeyler kullanmaktan kaçınılmalı, ya da saçıcı veya yutucu bir malzeme ile kaplanmalıdır. Fan plan şemalı salonların yan duvar yansımalarının özellikle orta akstaki alıcılar için zayıf olduğu, daha çok tavandan beslendiği unutulmamalı, tavan yansımalarıyla desteklenmeye çalışılmalıdır. Elmas plan şemalı salonlarda ise kırılan 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, ekoya sebep olabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Ham, R.**, 1972, Theatre Planning, Architectural Press, London.
- [2] **Yıldırım, E.**, 2003, Yen, Cami' nin akustik açıdan performans değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] **Long, M.**, 2006, Architectural Acoustics, Elsevier Academic Press, USA.
- [4] **Rossing, T., D.**, 2007, Handbook of Acoustics, USA.
- [5] **Kuttruff, H.**, 1999, Room Acoustics, Elsevier Applied Sciences, London.
- [6] **Balcı, H.**, 2007, Antalya Cam Piramiti' nin Hacim Akustiğinin Bilgisayar Simülasyon Yöntemiyle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] **Mehta, M., Johnson, J., and Rocafort, J.**, 1999, Architectural Acoustics Principles and Design, Prentice Hall, New Jersey
- [8] **Ateş, E. G.**, 2007. Kültürel Mirasımız Olan Yerebatan Sarnıcı' nın Akustik Sorunlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] **Barron, M.**, 1993, Auditorium Acoustics and Architectural Design, E & FN SPON, London
- [10] **Aschoff, V.**, Planning the large lecture theatre, Institut für Nachrichtentechnik, Aachen, Germany
- [11] **Prof. Dr. Yılmaz, S.**, 2007, Çevre ve Yapı Akustiği, Birsan Yayınevi, İstanbul
- [12] **BS EN ISO 3382-1**, 2009. Measurement of room acoustic parameters-Part 1: Performance spaces, International Standard, Switzerland.
- [13] **Christensen, C., L.**, 2009, Odeon Room Acoustics Program User Manual, Denmark.
- [14] **Vigran, T., E.**, 2008, Building Acoustics, Routledge Taylor & Francis Group, New York, USA
- [15] **Gürkan, E.**, 2013, At Nalı Plan Tipi Salonların Konser Ve Opera İşlevlerinde Akustik Tasarım Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16] **Ver, L., I., Beranek, L., L.**, 2006, Noise and Vibration Control Engineering, John Wilwy & Sons, Inc., New Jersey.
- [17] **Bayazıt Tamer, N.**, 1999. Dikdörtgen Kesitli Konser Salonlarının Akustik Değerlendirmesi için Bir Tasarım Yöntemi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] **Strong, J.**, 2010, Theatre Buildings, Routledge Taylor & Francis Group, New York, USA

- [19] **Rindel, J. H.**, 1999 Acoustic Design of Reflectors, Department of
AcousticTechnology Technical University of Denmark, Denmark.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Nuriye Nida ÇELEBİ ŞEKER

Doğum Yeri ve Tarihi: Erzurum/21.05.1984

E-Posta: nuriyenida@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi-Mimarlık Fakültesi-İç Mimarlık Bölümü

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- Çelebi Şeker, N., N., Yılmaz, S., 2013: Salonların Mimari Tasarımının Akustik Performansa Etkileri: İki Farklı Dikdörtgen Salon Örneği. *10. Ulusal Akustik Kongresi*, Aralık 16-17, 2013 İstanbul, Türkiye.
- Çelebi Şeker, N., N., Yılmaz, S., 2014: Salonların Mimari Tasarımının Akustik Performansa Etkileri: Fan ve Elmas Plan Şemalı Salon Örnekleri. *1. Ulusal Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi*, Mart 13-14, 2014 İstanbul, Türkiye. (Bildiri hazırlanmış, sunumu *1. Ulusal Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi*, Mart 13-14, 2014 te yapılacaktır).