İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AT NALI PLAN TİPİ SALONLARIN KONSER VE OPERA İŞLEVLERİNDE AKUSTİK TASARIM AÇISINDAN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ergin GÜRKAN

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

OCAK 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AT NALI PLAN TİPİ SALONLARIN KONSER VE OPERA İŞLEVLERİNDE AKUSTİK TASARIM AÇISINDAN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ergin GÜRKAN
(50210503)

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sevtap YILMAZ

OCAK 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502101503 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ergin GÜRKAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"AT NALI PLAN TİPİ SALONLARIN KONSER VE OPERA İŞLEVLERİNDE AKUSTİK TASARIM AÇISINDAN İNCELENMESİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

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

Jüri Üyeleri : **Prof.Dr. Ayşe ERDEM AKNESİL** .....
Beykent Üniversitesi

Y. Doç. Dr. Nurgün TAMER BAYAZIT .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **17 Aralık 2012**
Savunma Tarihi : **18 Ocak 2013**

Led Zeppelin'e,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi ve yönlendirmeleriyle bana yardımcı olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Sevtap Yılmaz'a ve Araş. Gör. Mine Aşcıgil Dincer'e teşekkürlerimi sunarım.
Çalışmamda kullandığım simülasyon programını öğrenmemde bana yardımcı olan, tez metnimde sonsuz katkıları bulunan, beni yüreklendirerek her zaman yanımda olan çok sevgili Y. Mimar Ezgi Türk'e, tez yazma sürecimde anlayışla bana yardımcı olan ve her türlü desteği sağlayan çok değerli Y. Mimar Serdar Sipahioğlu'na teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.
Tüm desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyerek her zaman yanımda olan sevgili annem Aysel Gürkan'a, sevgili babam Saffet Gürkan'a, sevgili abim Mert Gürkan'a ve sevgili kardeşim Berkay Gürkan'a sonsuz teşekkür ve sevgilerimle.

Aralık 2012

Ergin Gürkan
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xiii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xv**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xvii**
SEMBOLLER ..... **xxvii**
ÖZET ..... **xxix**
SUMMARY ..... **xxxi**
1. GİRİŞ **1**
2. SES, MÜZİK VE ORKESTRA, KONSER VE OPERA SALONLARI **3**
2.1 Konuşma Sesi 4
2.2 Müzikal Sesler 5
2.2.1 Orkestralar ve özellikleri 6
2.2.1.1 Orkestraların tarih içindeki gelişimi 6
2.2.1.2 Orkestra bölümleri 8
2.2.1.3 Orkestra yerleşimi 10
2.3 Konser Salonları ve Tarih İçindeki Gelişimleri 13
2.4 Opera Salonları ve Tarih İçindeki Gelişimleri 16
3. KONSER VE OPERA SALONLARININ TASARIMINDA VE DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN HACİM AKUSTİĞİ VE TASARIM PARAMETRELERİ **21**
3.1 Hacim Akustiği Parametreleri 21
3.1.1 Nesnel parametreler 22
3.1.1.1 Çınlama süresi parametresi (T_{30}) 22
3.1.1.2 Erken düşme süresi parametresi (EDT) 32
3.1.1.3 Çınlama eğrisinin düzgünlüğü parametresi ($XI(T_{20})$ - $XI(T_{30})$) 33
3.1.1.4 Eğrilik parametresi (C) 33
3.1.1.5 Merkez süresi parametresi (T_s) 33
3.1.1.6 Ses gücü parametresi (SPL) (G) 34
3.1.1.7 Ayırt edilebilirlik parametresi (D_{50}) 35
3.1.1.8 Direktlik parametresi (C_7) 36
3.1.1.9 Konuşma için netlik parametresi (C_{50}) 36
3.1.1.10 Müzik için netlik parametresi (C_{80}) 37
3.1.1.11 Erken yanal enerji oranı parametresi (LF_{80}) 37
3.1.1.12 Yanal enerji oranı parametresi (LFC_{80}) 38
3.1.1.13 Yararlı enerji parametresi (U_{50} - U_{80}) 39
3.1.1.14 Eko parametresi (Echo(Dietsch)) 39
3.1.1.15 Konuşma iletim indeksi parametresi (STI) 40
3.1.1.16 Hızlı konuşma sesi iletim indeksi parametresi (RASTI) 42
3.1.1.17 Geç ses enerjisi oranı parametresi (Lj) 42
3.1.1.18 Bas seslerin ses düzeyi oranı parametresi (BR_{SPL}) 43

3.1.1.19 Konuşma engelleme düzeyi parametresi (SIL) 43
3.1.1.20 Belirgin konuşma indeksi parametresi (AI) 43
3.1.1.21 Sessiz harflerin anlaşılabilirlik kaybı indeksi parametresi (AL_{cons}) 44
3.1.1.22 Sesin yayılımı parametresi (Diffusivity(ss)) 45
3.1.1.23 Yansımaların yoğunluğu parametresi (Density(reflections)) 45
3.1.2 Öznel parametreler 45
3.1.2.1 Samimiyet (intimacy) 46
3.1.2.2 Canlılık ve orta frekanslar (liveness and mid-frequencies) 47
3.1.2.3 Kucaklama (spaciousness) 47
3.1.2.4 Öznel tanımlama (definition) yada netlik (clarity) 48
3.1.2.5 Sıcaklık (warmth) 49
3.1.2.6 Dinleyicinin çevrelenmesi (listener envelopment) 49
3.1.2.7 Tını ve ton rengi (timbre and tone color) 50
3.1.2.8 Akustik parıltı (acoustical glare) 50
3.1.2.9 Parlaklık (brilliance) 50
3.1.2.10 Rezonans (resonance) 50
3.1.2.11 Denge (balance) 51
3.1.2.12 Karışım (blend) 51
3.1.2.13 Birlik (ensemble) 52
3.1.2.14 Tepki yakınlığı (immediacy of response) (attack) 52
3.1.2.15 Doku (texture) 52
3.1.2.16 Eko (echoes) 52
3.1.2.17 Tonal kalitenin zarar görmesi (detriments to tonal quality) 52
3.1.2.18 Sesin homojenliği (uniformity of sound) 53
3.2 Tasarım Parametreleri 54
3.2.1 Salon büyüklüğü 54
3.2.2 Plan tipi 56
3.2.3 Salon hacmi 57
3.2.4 Plan tasarımı 58
3.2.5 Zemin eğimi 64
3.2.6 Yüzey malzemesi 64
3.2.7 Dinleyici oturma bölümleri 65
3.2.8 Sahne tasarımı 66
3.2.9 Orkestra kabuğu 70
3.2.10 Tavan tasarımı 72
3.2.11 Balkon ve loca tasarımı 74
3.2.12 Orkestra çukuru tasarımı 79
3.2.13 Erken yansıma tasarımı 85
3.2.14 Gürültü kontrolü tasarımı 91
4. DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ 93
4.1 Hacim ile İlgili Kabuller 93
4.1.1 Loca durumu incelemesi için hacim kabulleri 94
4.1.2 Balkon durumu incelemesi için hacim kabulleri 98
4.1.3 Küçük salon – büyük salon durumu incelemesi için hacim kabulleri 101
4.1.4 Diğer hacim kabulleri 104
4.2 Akustik Simülasyon Programı ile İlgili Kabuller 108
4.3 Kullanılan Malzemeler ile İlgili Kabuller 108
4.4 Ses Kaynağı ve Alıcılar ile İlgili Kabuller 111
4.5 Parametreler ile İlgili Kabuller 113

5. DEĞERLENDİRME KAPSAMINDAKİ SALONLAR ÜZERİNE İNCELEME 115
5.1 Konser İşlevindeki Salonlarda Loca Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi 115
5.2 Opera İşlevindeki Salonlarda Loca Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi 164
5.3 Konser İşlevindeki Salonlarda Balkon Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi 184
5.4 Opera İşlevindeki Salonlarda Balkon Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi 213
5.5 Konser İşlevinde Küçük Salon – Büyük Salon Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi 229
5.6 Opera İşlevinde Küçük Salon – Büyük Salon Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi 247
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 261
KAYNAKLAR 267
EKLER 271
ÖZGEÇMİŞ 359

KISALTMALAR

T : Çınlama Süresi
T_{15} : Çınlama Süresi (15 dB)
T_{20} : Çınlama Süresi (20 dB)
T_{30} : Çınlama Süresi (30 dB)
$XI(T_{20})$: Çınlama Azalma Eğrisi Düzgünlüğü (T_{20})
$XI(T_{30})$: Çınlama Azalma Eğrisi Düzgünlüğü (T_{30})
EDT : Erken Düşme Süresi
T_s : Merkez Süresi
D_{50} : Ayırt Edilebilirlik
C_7 : Direktlik
C_{50} : KonuşmaİçinNetlik
C_{80} : Müzik İçin Netlik
LF_{80} : Erken Yanal Enerji Oranı
LFC_{80} : Yanal Enerji Oranı
SIL : Konuşma Engelleme Düzeyi
AI : Belirgin Anlaşılabilirlik
C : Eğrilik
SPL : Ses Gücü
SPL(A) : A Ağırlıklı Ses Gücü
SPL(C) : C Ağırlıklı Ses Gücü
SPL(lin) : Lineer Ses Gücü
U_{50}, U_{80} : Yararlı Enerji Oranı
Echo : Eko
STI : Konuşma İletim İndeksi
STI_{male} : Erkek Sesi İçin Konuşma İletim İndeksi
STI_{female} : Kadın Sesi İçin Konuşma İletim İndeksi
RASTI : Hızlı Konuşma Sesi İletim İndeksi
AL_{cons} : Sessiz Harflerin Anlaşılabilirlik Kaybı
Lj : Geç Ses Enerji Oranı
BR_{SPL} : Bas Seslerin Ses Düzeyi Oranı
LEV : Dinleyici Çevrelenmesi
MTF : Modülasyon Transfer Frekansı
D_{ss} : Ses Yayılımı
ITDG : İlk Gecikme Zaman Aralığı
BQI : İki Kulak Kalite İndeksi
DDC : Dinamik Difüzyon Eğrisi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Haydn'ın senfonilerinde kullanılan salonlar ve özellikleri 7
Çizelge 2.2 : Orkestra enstrümanlarının etkili olduğu frekans aralıkları..... 12
Çizelge 2.3 : Farklı enstrümanların 3 metre uzaklıktan ölçülmüş ses düzeyleri. 12
Çizelge 3.1 : Literatürden elde edilen çınlama süreleri (sn). 31
Çizelge 3.2 : Literatürden elde edilen erken düşme süreleri (sn). 32
Çizelge 3.3 : Literatürden elde edilen XI(T_{20}) ve XI(T_{30}) oranları (‰). 33
Çizelge 3.4 : Literatürden elde edilen eğrilik parametresi oranları (%). 33
Çizelge 3.5 : Literatürden elde edilen T_s parametresi süreleri (ms). 34
Çizelge 3.6 : Literatürden elde edilen G parametresi düzeyleri (dB). 35
Çizelge 3.7 : Literatürden elde edilen D_{50} parametresi oranları. 36
Çizelge 3.8 : Literatürden elde edilen C_7 parametresi düzeyleri (dB). 36
Çizelge 3.9 : Literatürden elde edilen C_{50} parametresi düzeyleri (dB)..... 37
Çizelge 3.10 : Literatürden elde edilen C_{80} parametresi düzeyleri (dB)..... 37
Çizelge 3.11 : Literatürden elde edilen LF_{80} parametresi oranları. 38
Çizelge 3.12 : Literatürden elde edilen LFC_{80} parametresi oranları..... 38
Çizelge 3.13 : Literatürden elde edilen eko parametresi oranları. 40
Çizelge 3.14 : Literatürden elde edilen STI parametresi oranları..... 41
Çizelge 3.15 : Literatürden elde edilen RASTI parametresi oranları. 42
Çizelge 3.16 : Literatürden elde edilen Lj parametresi düzeyleri (dB). 43
Çizelge 3.17 : Literatürden elde edilen SIL parametresi düzeyleri (dB). 43
Çizelge 3.18 : Literatürden elde edilen AI parametresi oranları. 44
Çizelge 3.19 : Literatürden elde edilen AL_{cons} parametresi oranları (%). 44
Çizelge 3.20 : Literatürden elde edilen sesin yayılımı parametresi düzeyleri (dB)... 45
Çizelge 3.21 : Bir salonun müzikal kalitesini etkileyen akustik faktörler. 53
Çizelge 3.22 : Salon işlevine göre koltuk başına düşen hacim oranları (m^3) 58
Çizelge 3.23 : Koltukların ortalama yutuculuk katsayıları..... 66
Çizelge 4.1 : Loca durumu karşılaştırması yapılan S2, S3 ve S4 salonlarının özellikleri. 97
Çizelge 4.2 : Balkon durumu karşılaştırması yapılan S2, S5 ve S6 salonlarının özellikleri. 100
Çizelge 4.3 : Küçük salon – büyük salon durumu karşılaştırması yapılan S1, S2 ve S7 salonlarının özellikleri. 103
Çizelge 4.4 : Tüm modellerde ortak olarak kullanılan malzemeler..... 109
Çizelge 4.5 : Modellerde kullanılan malzemelerin yutuculuk oranları. 110
Çizelge 4.6 : Arka eğri duvarda kullanılan malzemelerin yutuculuk katsayıları. ... 111
Çizelge 4.7 : Salonlarda hacimlerine göre ihtiyaç duyulan çınlama süreleri. 114
Çizelge 5.1 : Hesaplanan akustik parametrelerin karşılaştırılması 155
Çizelge 5.2 : Elde edilen yansıma sayıları ve ITDG sonuçları..... 157
Çizelge 5.3 : B7 alıcı noktasında milisaniye başına yansıma sayıları. 158
Çizelge 5.4 : Elde edilen minimum ve maksimum değerler 163
Çizelge 5.5 : 1. balkon katında elde edilen akustik parametreler 180

Çizelge 5.6 : Opera ve konser işlevi için parametrelerin karşılaştırılması. 181
Çizelge 5.7 : Opera ve konser işlevi için parametrelerin karşılaştırılması. 181
Çizelge 5.8 : Konser ve opera işlevleri için elde edilen parametre değerleri 182
Çizelge 5.9 : Elde edilen minimum ve maksimum değerler 182
Çizelge 5.10 : Balkon ve zemin katlarda elde edilen sonuçlar 212
Çizelge 5.11 : Zemin katlarda elde edilen sonuçlar 212
Çizelge 5.12 : Balkon ve zemin katlarda elde edilen sonuçlar 226
Çizelge 5.13 : Zemin katlarda alıcı noktalarında elde edilen sonuçlar 226
Çizelge 5.14 : konser ve opera işlevi için sonuçların karşılaştırılması 227
Çizelge 5.15 : S1, S2 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması 242
Çizelge 5.16 : S1 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması. 246
Çizelge 5.17 : S1 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması 246
Çizelge 5.18 : S1, S2 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması. 257
Çizelge 5.19 : S1 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması 258
Çizelge 5.20 : S1 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması 259
Çizelge A.1 : Konser işlevi için tüm salonlarda elde edilen minimum ve maksimum parametre değerleri. 273
Çizelge A.2 : Opera işlevi için tüm salonlarda elde edilen minimum ve maksimum parametre değerleri. 274
Çizelge B.1 : S1 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 276
Çizelge B.2 : S1 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 278
Çizelge B.3 : S2 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 283
Çizelge B.4 : S2 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 286
Çizelge B.5 : S3 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 292
Çizelge B.6 : S3 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 295
Çizelge B.7 : S4 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 301
Çizelge B.8 : S4 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 304
Çizelge B.9 : S5 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 309
Çizelge B.10 : S5 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 312
Çizelge B.11 : S6 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 316
Çizelge B.12 : S6 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 319
Çizelge B.13 : S7 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 325
Çizelge B.14 : S7 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler 332

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Ses spektografı örnekleri 3
Şekil 2.2 : Sesin yönlülüğü 4
Şekil 2.3 : Orkestra yerleşim düzeni. 11
Şekil 2.4 : Kemandan çıkan sesin frekansa göre yayılma dokusu 11
Şekil 2.5 : İşitme bölgesi içinde yer alan konuşma ve müzikal sesler 13
Şekil 2.6 : Wagner'in Bayreuth Festspielhaus opera salonu orkestra çukuru kesiti. . 19
Şekil 3.1 : Dinleyicinin kulağına gelen ses azalması diyagramı 24
Şekil 3.2 : Çınlama süresinin anatomisi 25
Şekil 3.3 : Konser salonları için gerekli çınlama karakteristiği 27
Şekil 3.4 : Kaynaktan çıkan sesin yüzeylerden yansıyarak enerji kaybetmesi 28
Şekil 3.5 : ITDG ölçümü için uygun yansıma dokusu grafiği 46
Şekil 3.6 : Solda küçük salon, sağda büyük salonda gerçekleşen ses yansımaları. ... 55
Şekil 3.7 : Basit plan tipleri (at nalı, elmas, fan, ayakkabı kutusu) 57
Şekil 3.8 : Birçok salonda koltuk başına hacim oranları (m^3) 58
Şekil 3.9 : Opera salonunda (a) ve konser salonunda (b) seyirci sanatçı ilişkisi 59
Şekil 3.10 : Yansımaların opera salonu plan tasarımıyla ilişkisi 60
Şekil 3.11 : Kyoto Konser Salonu, Japonya, 1995 60
Şekil 3.12 : Kleinhans Music Hall, Buffalo, ABD, 1940 61
Şekil 3.13 : Phliharmonie, Berlin, Almanya, 1963 62
Şekil 3.14 : Christchurc Town Hall, Yeni Zellanda, 1972 62
Şekil 3.15 : KKL Luzen Konser Salonu, İsviçre, 1999 63
Şekil 3.16 : Soldan sağa; vineyard (plan), ayakkabı kutusu (kesit), DRS (kesit). 63
Şekil 3.17 : Berlin Philharmonie Konser Salonu sahnesi 68
Şekil 3.18 : Tavan geometrisinin sesi yayacak şekilde tasarlanması 72
Şekil 3.19 : Perde önü tavanın eğimli yapılmasıyla elde edilen yansımalar 73
Şekil 3.20 : Orkestra çukuru üzerindeki yatay yüzeylerden yansımalar 73
Şekil 3.21 : Deutsch Oper salonunun tavanı (1962) 74
Şekil 3.22 : Akustik açıdan iyi balkon tasarımı (Jubilee Auditoriums, Kanada). 75
Şekil 3.23 : Solda akustik açıdan orta, sağda zayıf balkon tasarımı. 75
Şekil 3.24 : İdeal balkon derinliği 76
Şekil 3.25 : Balkon çıkıntısı altında oturan dinleyiciye gelen ses açısı. 76
Şekil 3.26 : Balkon çıkıntısı altında kalan bölümde koltuklara ulaşan geç sesler. 77
Şekil 3.27 : Opera ve konser salonlarının balkon çıkıntılarının karşılaştırılması. 78
Şekil 3.28 : Tipik çevrelenmiş orkestra çukuru 80
Şekil 3.29 : Orkestra çukuru bariyer duvarında ses kırınımı 81
Şekil 3.30 : Tipik orkestra çukuru boyutları 83
Şekil 3.31 : Yansımada yüzey, kaynak ve alıcının odağını oluşturduğu elips 86
Şekil 3.32 : Yan yüzeylerden gelen yansıma açısı (a) fan (b) ters splay plan tipi. 86
Şekil 3.33 : Elipsler yarım olarak üst üste gelecek biçimde konulmuştur 87
Şekil 3.34 : Erken yansıma; (a) sahne (b) dinleyici yanında yansıtıcı yüzeyler. 87
Şekil 3.35 : Görüntü pozisyonları. (a) fan plan tipi, (b) paralele yakın yüzeyler. 88

Şekil 3.36 : Fan plan tipinde basamaklanmış yan duvarlar 88
Şekil 3.37 : De Doelen Concert Hall, Rotterdam, yarım plan şeması 89
Şekil 3.38 : Trapez teraslı salon, yarım plan (Cremer, 1986) 89
Şekil 3.39 : İki konser salonu en kesiti a) eğimli tavan b) düz tavan 90
Şekil 3.40 : Konser salonları için gürültü seviyesi kriterleri 91
Şekil 4.1 : Solda Teatro Colon, ortada Teatro Alla Scala ve sağda S3 salonu. 94
Şekil 4.2 : S2, S3 ve S4 salonlarının genel özellikleri. 95
Şekil 4.3 : Solda S2, ortada S3, sağda S4 salonunun balkon katı planı gösterilmiştir. 96
Şekil 4.4 : S2, S5 ve S6 salonlarının genel özellikleri. 98
Şekil 4.5 : S1, S2 ve S7 salonlarının genel özellikleri. 101
Şekil 4.6 : Tasarımın ilk aşamasını oluşturan 500 ve 1000 kişi kapasiteli salonlar. 104
Şekil 4.7 : Küçük salon - büyük salon durumu incelemesi için hazırlanan modeller. 105
Şekil 4.8 : Balkon durumu incelemesi için hazırlanan modeller. 105
Şekil 4.9 : Loca durumu incelemesi için hazırlanan modeller. 106
Şekil 4.10 : Solda salonların sahne planı, sağda da sahne kesiti gösterilmiştir. 107
Şekil 4.11 : Solda konser, sağda opera işlevinde kaynak yerleşimi. 112
Şekil 4.12 : S2 salonu zemin katında bulunan alıcı ve kaynak noktaları. 112
Şekil 4.13 : Salonların hacmi ve işlevine ile çınlama süresi grafiği.(500 Hz) 113
Şekil 5.1 : Salon geneli için T_{30} grafiği. 116
Şekil 5.2 : Zemin katlar için T_{30} grafiği. 117
Şekil 5.3 : Salon geneli ve balkonlar için T_{30} grafiği. 118
Şekil 5.4 : S3 salonunda B7 numaralı alıcı noktası ışın etütleri. 119
Şekil 5.5 : S2 salonunda B7 numaralı alıcı noktası ışın etütleri. 119
Şekil 5.6 : Solda S2 salonu, sağda S3 salonu için T_{30} parametresi grid hesabı. 120
Şekil 5.7 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen T_{30} değerleri. 121
Şekil 5.8 : Salon geneli için XI(T_{30}) grafiği. 121
Şekil 5.9 : Zemin katlar için XI(T_{30}) grafiği. 122
Şekil 5.10 : Salon geneli ve balkonlar için XI(T_{30}) grafiği. 122
Şekil 5.11 : Üç salonda alıcı noktalarında elde edilen XI(T_{30}) değerleri. 123
Şekil 5.12 : Salon geneli için EDT grafiği. 124
Şekil 5.13 : Zemin katlar için EDT grafiği. 124
Şekil 5.14 : Salon geneli ve balkonlar için EDT grafiği. 125
Şekil 5.15 : Salon geneli için EDT ile T_{30} sonuçları karşılaştırılması. 126
Şekil 5.16 : Salon geneli için T_s grafiği. 127
Şekil 5.17 : Zemin katlar için T_s grafiği. 128
Şekil 5.18 : Salon geneli ve balkonlar için T_s grafiği. 128
Şekil 5.19 : S3 salonu için T_s parametresi grid hesabı. 129
Şekil 5.20 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen T_s değerleri. 130
Şekil 5.21 : Salon geneli için C_{80} grafiği. 131
Şekil 5.22 : Zemin katlar için C_{80} grafiği. 131
Şekil 5.23 : Salon geneli ve balkonlar için C_{80} grafiği. 132
Şekil 5.24 : S3 salonu için C_{80} parametresi grid hesabı. 133
Şekil 5.25 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen C_{80} değerleri. 133
Şekil 5.26 : Salon geneli için LF_{80} grafiği. 134
Şekil 5.27 : Zemin katlar için LF_{80} grafiği. 135
Şekil 5.28 : Salon geneli ve balkonlar için LF_{80} grafiği. 135
Şekil 5.29 : S3 salonu için LF_{80} parametresi grid hesabı. 136
Şekil 5.30 : S2 salonu için LF_{80} parametresi grid hesabı. 137

Şekil 5.31 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen LF_{80} değerleri. 137
Şekil 5.32 : Salon geneli için Echo grafiği. 138
Şekil 5.33 : Zemin katlar için Echo grafiği..... 139
Şekil 5.34 : Salon geneli ve balkonlar için Echo grafiği. 139
Şekil 5.35 : S4 salonu için Echo parametresi grid hesabı..... 140
Şekil 5.36 : Salon geneli için D_{50} grafiği..... 141
Şekil 5.37 : Zemin katlar için D_{50} grafiği. 141
Şekil 5.38 : Salon geneli ve balkonlar için D_{50} grafiği. 142
Şekil 5.39 : S3 salonu için D_{50} parametresi grid hesabı. 143
Şekil 5.40 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen D_{50} değerleri..... 144
Şekil 5.41 : Salon geneli için STI grafiği. 144
Şekil 5.42 : Zemin katlar için STI grafiği..... 144
Şekil 5.43 : Salon geneli ve balkonlar için STI grafiği..... 145
Şekil 5.44 : Salon geneli için AL_{cons} grafiği. 146
Şekil 5.45 : Zemin katlar için AL_{cons} grafiği..... 146
Şekil 5.46 : Salon geneli ve balkonlar için AL_{cons} grafiği. 147
Şekil 5.47 : S3 salonu için AL_{cons} parametresi grid hesabı..... 148
Şekil 5.48 : S4 salonu için AL_{cons} parametresi grid hesabı..... 148
Şekil 5.49 : Salon geneli için G grafiği. 149
Şekil 5.50 : Zemin katlar için G grafiği..... 150
Şekil 5.51 : Salon geneli ve balkonlar için G grafiği..... 150
Şekil 5.52 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen G değerleri. 151
Şekil 5.53 : Salon geneli için SIL grafiği. 152
Şekil 5.54 : Zemin katlar için SIL grafiği..... 152
Şekil 5.55 : Salon geneli ve balkonlar için SIL grafiği..... 153
Şekil 5.56 : Üstte S2, altta S3 salonunda seçilen alıcı noktaları konumları. 154
Şekil 5.57 : S2, S3 ve S4 salonlarında B1 alıcı noktalarına gelen yansımalar. 156
Şekil 5.58 : S2, S3 ve S4 salonlarında B7 alıcı noktalarına gelen yansımalar. 157
Şekil 5.59 : S2, S3 ve S4 salonlarında B14 alıcı noktalarına gelen yansımalar. 158
Şekil 5.60 : B7 alıcı noktalarında elde edilen yansıma yoğunlukları. 159
Şekil 5.61 : B7 alıcı noktalarında elde edilen çınlama düşüş eğrileri..... 160
Şekil 5.62 : S2, S3 ve S4 salonlarında B7 alıcı noktalarında elde edilen eko eğrileri..... 161
Şekil 5.63 : S2, S3 ve S4 salonlarında B7 alıcı noktalarında elde edilen DDC eğrileri..... 162
Şekil 5.64 : S2 salonu için AL_{cons} parametresi grid hesabı..... 163
Şekil 5.65 : Salon geneli için T_{30} grafiği. 165
Şekil 5.66 : S3 salonu için T_{30} parametresi grid hesabı..... 165
Şekil 5.67 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen T_{30} değerleri 166
Şekil 5.68 : Salon geneli ve balkonlar için XI(T_{30}) grafiği..... 167
Şekil 5.69 : Üç salonda alıcı noktalarında elde edilen XI(T_{30}) değerleri..... 168
Şekil 5.70 : Salon geneli ve balkonlar için EDT grafiği..... 168
Şekil 5.71 : Salon geneli için EDT ile T_{30} sonuçları karşılaştırılması. 169
Şekil 5.72 : Salon geneli ve balkonlar için T_s grafiği. 170
Şekil 5.73 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen T_s değerleri..... 170
Şekil 5.74 : Salon geneli ve balkonlar için C_{80} grafiği. 171
Şekil 5.75 : Solda S2 salonu, sağda S3 salonu için C_{80} parametresi grid hesabı..... 172
Şekil 5.76 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen C_{80} değerleri..... 172
Şekil 5.77 : Salon geneli ve balkonlar için LF_{80} grafiği. 173
Şekil 5.78 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen LF_{80} değerleri 173

Şekil 5.79 : Salon geneli ve balkonlar için Echo grafiği. 174
Şekil 5.80 : Salon geneli ve balkonlar için D_{50} grafiği. 175
Şekil 5.81 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen D_{50} değerleri 175
Şekil 5.82 : Salon geneli ve balkonlar için STI grafiği. 176
Şekil 5.83 : Salon geneli ve balkonlar için AL_{cons} grafiği. 176
Şekil 5.84 : Salon geneli ve balkonlar için G grafiği. 177
Şekil 5.85 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen D_{50} değerleri. 178
Şekil 5.86 : Salon geneli ve balkonlar için SIL grafiği. 178
Şekil 5.87 : S3 salonu için D_{50} parametresi grid hesabı. 183
Şekil 5.88 : Salon geneli için T_{30} grafiği. 185
Şekil 5.89 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için T_{30} grafiği. 186
Şekil 5.90 : S6 salonu için T_{30} parametresi grid hesabı. 186
Şekil 5.91 : Salon geneli için XI(T_{30}) grafiği. 187
Şekil 5.92 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için XI(T_{30}) grafiği. 188
Şekil 5.93 : Üç salonda alıcı noktalarında elde edilen XI(T_{30}) değerleri 189
Şekil 5.94 : Salon geneli için EDT grafiği. 189
Şekil 5.95 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için EDT grafiği. 190
Şekil 5.96 : S6 salonu için EDT parametresi grid hesabı. 191
Şekil 5.97 : Salon geneli için T_s grafiği. 191
Şekil 5.98 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için T_s grafiği. 192
Şekil 5.99 : S5 salonunda A22 numaralı alıcı noktası ışın etütleri. 193
Şekil 5.100 : S6 salonunda A26 numaralı alıcı noktası ışın etütleri. 193
Şekil 5.101 : S5 ve S6 salonlarında A22 ve A26 noktalarında yansıma yoğunlukları. 194
Şekil 5.102 : S5 salonu için T_s parametresi grid hesabı. 195
Şekil 5.103 : Salon geneli için C_{80} grafiği. 195
Şekil 5.104 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için C_{80} grafiği. 196
Şekil 5.105 : S6 salonu için C_{80} parametresi grid hesabı. 197
Şekil 5.106 : Salon geneli için LF_{80} grafiği. 197
Şekil 5.107 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için LF_{80} grafiği. 198
Şekil 5.108 : S6 salonu için LF_{80} parametresi grid hesabı. 199
Şekil 5.109 : S5 salonu için LF_{80} parametresi grid hesabı. 199
Şekil 5.110 : Salon geneli için Echo grafiği. 200
Şekil 5.111 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için Echo grafiği. 201
Şekil 5.112 : S2 salonu için Echo parametresi grid hesabı. 201
Şekil 5.113 : S6 salonu için Echo parametresi grid hesabı. 202
Şekil 5.114 : Salon geneli için D_{50} grafiği. 203
Şekil 5.115 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için D_{50} grafiği. 203
Şekil 5.116 : Salon geneli için STI grafiği. 204
Şekil 5.117 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için STI grafiği. 205
Şekil 5.118 : S5 salonu için STI parametresi grid hesabı. 205
Şekil 5.119 : Salon geneli için AL_{cons} grafiği. 206
Şekil 5.120 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için AL_{cons} grafiği. 206
Şekil 5.121 : Salon geneli için G grafiği. 207
Şekil 5.122 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için G grafiği. 208
Şekil 5.123 : S2 salonu için SPL parametresi grid hesabı. 208
Şekil 5.124 : Salon geneli için SIL grafiği. 209
Şekil 5.125 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için SIL grafiği. 210
Şekil 5.126 : S2 (sol), S5 (orta) ve S6 salonunda (sağ) alıcı noktalarının konumları. 211

Şekil 5.127 : S2 (solda), S5 (ortada) ve S6 salonunda alıcı noktalarının konumları..... 213
Şekil 5.128 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için T_{30} grafiği..... 214
Şekil 5.129 : S5 salonu için T_{30} parametresi grid hesabı..... 215
Şekil 5.130 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için XI(T_{30}) grafiği..... 215
Şekil 5.131 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için EDT grafiği..... 217
Şekil 5.132 : Genel EDT sonuçları ile T_{30} sonuçlarının karşılaştırılması..... 217
Şekil 5.133 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için T_s grafiği..... 218
Şekil 5.134 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için C_{80} grafiği..... 219
Şekil 5.135 : Solda S6 salonu, sağda S5 salonu için C_{80} parametresi grid hesabı... 220
Şekil 5.136 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için LF_{80} grafiği..... 220
Şekil 5.137 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için Echo grafiği..... 221
Şekil 5.138 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için D_{50} grafiği..... 222
Şekil 5.139 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için STI grafiği..... 223
Şekil 5.140 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için AL_{cons} grafiği..... 223
Şekil 5.141 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için G grafiği..... 224
Şekil 5.142 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için SIL grafiği..... 225
Şekil 5.143 : S6 salonu için T_s parametresi grid hesabı..... 228
Şekil 5.144 : Salon genelinde elde edilen T_{30} değerleri grafiği..... 230
Şekil 5.145 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen T_{30} değerleri 230
Şekil 5.146 : Salon genelinde elde edilen XI(T_{30}) değerleri grafiği..... 231
Şekil 5.147 : Üç salonda alıcı noktalarında elde edilen XI(T_{30}) değerleri..... 231
Şekil 5.148 : Salon genelinde elde edilen EDT değerleri grafiği..... 232
Şekil 5.149 : Salon geneli için EDT ile T_{30} sonuçları karşılaştırılması..... 233
Şekil 5.150 : Salon genelinde elde edilen T_s değerleri grafiği..... 233
Şekil 5.151 : Salon genelinde elde edilen C_{80} değerleri grafiği..... 234
Şekil 5.152 : Salon genelinde elde edilen LF_{80} değerleri grafiği..... 235
Şekil 5.153 : Salon genelinde elde edilen Echo değerleri grafiği..... 236
Şekil 5.154 : Salon genelinde elde edilen D_{50} değerleri grafiği..... 237
Şekil 5.155 : Salon genelinde elde edilen STI değerleri grafiği..... 237
Şekil 5.156 : Salon genelinde elde edilen AL_{cons} değerleri grafiği..... 238
Şekil 5.157 : Salon genelinde elde edilen G değerleri grafiği..... 239
Şekil 5.158 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen G değerleri..... 239
Şekil 5.159 : Salon genelinde elde edilen SIL değerleri grafiği..... 240
Şekil 5.160 : S1 (sol), S2 (orta), S7 (sağ) salonlarında karşılaştırılan alıcı noktaları..... 242
Şekil 5.161 : S1, S2 ve S7 salonlarında elde edilen DDC eğrileri..... 243
Şekil 5.162 : Sırasıyla S1, S2 ve S7 salonlarında yansıma yoğunluğu..... 244
Şekil 5.163 : Üstte S1, altta S7 salonlarında seçilen alıcı noktaları konumları..... 245
Şekil 5.164 : Salon genelinde elde edilen T_{30} değerleri grafiği..... 248
Şekil 5.165 : Salon genelinde elde edilen XI(T_{30}) değerleri grafiği..... 249
Şekil 5.166 : Salon genelinde elde edilen EDT değerleri grafiği..... 249
Şekil 5.167 : Salon geneli için EDT ile T_{30} sonuçları karşılaştırılması..... 250
Şekil 5.168 : Salon genelinde elde edilen T_s değerleri grafiği..... 251
Şekil 5.169 : Salon genelinde elde edilen C_{80} değerleri grafiği..... 251
Şekil 5.170 : Salon genelinde elde edilen LF_{80} değerleri grafiği..... 252
Şekil 5.171 : Salon genelinde elde edilen Echo değerleri grafiği..... 253
Şekil 5.172 : Salon genelinde elde edilen D_{50} değerleri grafiği..... 253
Şekil 5.173 : Salon genelinde elde edilen STI değerleri grafiği..... 254
Şekil 5.174 : Salon genelinde elde edilen AL_{cons} değerleri grafiği..... 254

Şekil 5.175 : Salon genelinde elde edilen G değerleri grafiği. 255
Şekil 5.176 : Salon genelinde elde edilen SIL değerleri grafiği. 255
Şekil B.1 : S1 salonu zemin kat alıcı noktaları..... 275
Şekil B.2 : S2 salonu zemin kat alıcı noktaları..... 280
Şekil B.3 : S2 salonu 1. balkon katı alıcı noktaları 281
Şekil B.4 : S2 salonu 2. balkon katı alıcı noktaları 282
Şekil B.5 : S3 salonu zemin kat alıcı noktaları..... 289
Şekil B.6 : S3 salonu 1. balkon katı alıcı noktaları 290
Şekil B.7 : S3 salonu 2. balkon katı alıcı noktaları 291
Şekil B.8 : S4 salonu zemin kat alıcı noktaları..... 298
Şekil B.9 : S4 salonu 1. balkon katı alıcı noktaları 299
Şekil B.10 : S4 salonu 2. balkon katı alıcı noktaları 300
Şekil B.11 : S5 salonu zemin kat alıcı noktaları..... 307
Şekil B.12 : S5 salonu 1. balkon katı alıcı noktaları 308
Şekil B.13 : S6 salonu zemin kat alıcı noktaları..... 315
Şekil B.14 : S7 salonu zemin kat alıcı noktaları..... 322
Şekil B.15 : S7 salonu 1. balkon katı alıcı noktaları 323
Şekil B.16 : S7 salonu 2. balkon katı alıcı noktaları 324
Şekil C.1 : S1 salonu zemin kat alıcı noktaları..... 339
Şekil C.2 : S1 salonu boy kesiti..... 340
Şekil C.3 : S2 salonu boy kesiti..... 341
Şekil C.4 : S2 salonu zemin kat planı..... 342
Şekil C.5 : S2 salonu balkon katı planı 343
Şekil C.6 : S3 salonu boy kesiti..... 344
Şekil C.7 : S3 salonu zemin kat planı..... 345
Şekil C.8 : S3 salonu balkon katı planı 346
Şekil C.9 : S4 salonu boy kesiti..... 347
Şekil C.10 : S4 salonu zemin kat planı..... 348
Şekil C.11 : S4 salonu balkon katı planı 349
Şekil C.12 : S5 salonu boy kesiti..... 350
Şekil C.13 : S5 salonu zemin kat planı..... 351
Şekil C.14 : S6 salonu boy kesiti..... 352
Şekil C.15 : S6 salonu zemin kat planı..... 353
Şekil C.16 : S6 salonu balkon katı planı 354
Şekil C.17 : S7 salonu boy kesiti..... 355
Şekil C.18 : S7 salonu zemin kat planı..... 356
Şekil C.19 : S7 salonu balkon katı planı 357

SEMBOLLER

Hz	**:** Hertz
s	**:** Saniye
ms	**:** Milisaniye
dB	**:** Desibel
dBA	**:** A ağırlıklı desibel
dBC	**:** C ağırlıklı desibel
dBLin	**:** Lineer desibel
V	**:** Hacim
α	**:** Yutuculuk katsayısı
S	**:** Toplam yutucu alan
n	**:** Yansıma sayısı
t_{10}	**:** Ses düzeyi 10 dB azalana kadar geçen süre
t_{15}	**:** Ses düzeyi 15 dB azalana kadar geçen süre
t_{20}	**:** Ses düzeyi 20 dB azalana kadar geçen süre
t_{30}	**:** Ses düzeyi 30 dB azalana kadar geçen süre
L_p	**:** Alıcı noktasında ölçülen ses basınç düzeyi
$L_{p,10}$	**:** Yansımasız bir odada kaynaktan 10 metre mesafede ölçülen ses basınç düzeyi
p(t)	**:** Ölçüm noktasındaki anlık ses basınç düzeyi
pL(t)	**:** 8 şeklinde mikrofon ile ölçülen anlık ses basınç düzeyi
$\Delta\tau_E$	**:** Değerlendirme kriteri
$m(f_m)$	**:** Modülasyon azaltım faktörü
L_{SN}	**:** Sinyal – gürültü oranı
m	**:** Modülasyon azaltım faktörü
L_{SNapp}	**:** Görünürdeki sinyal – gürültü oranı
W_i	**:** 125 – 8000 Hz arasındaki 7 merkez frekans için katsayılar
$P_{10}(t)$	**:** 10 metrede ölçülen anlık ses basınç seviyesi
R_{lh}	**:** Kaynak izleyici arasındaki mesafe
R_h	**:** Çınlama çapı veya direkt ses kaynağının kritik uzaklığı

AT NALI PLAN TİPİ SALONLARIN KONSER VE OPERA İŞLEVLERİNDE AKUSTİK TASARIM AÇISINDAN İNCELENMESİ

ÖZET

Konser ve opera salonları geçmişten günümüze önemli kültürel etkinliklerin sergilendiği mekanlar olmuşlardır. Düzenlenen bu etkinliklerin dinleyicilere en iyi şekilde aktarılması her zaman mimarlar ve akustik tasarımcıların başarması gereken oldukça önemli bir konu olmuştur.

Çok sayıda dinleyiciyi kısa mesafe içinde yerleştirme imkanı sunan at nalı plan tipine sahip salonlar geçmişte oldukça tercih edilmiştir. Bu salonlar sahip oldukları süslemeler ve heykellerle ses enerjisini hacim içinde oldukça iyi dağıtmış ve sağladıkları daha fazla dinleyici kapasitesi ile paralel olarak artan toplam yutuculuk oranı ile diğer plan tiplerine göre daha düşük çınlama süresine sahip olarak opera salonları için uygun akustik koşulları sağlamışlardır. Ancak günümüzde kültürel etkinliklerin çeşitlenmesi ve ekonomik sorunlar ile birlikte yeni salon yapımına daha düşük bütçeler ayırılması tasarımcıları zorlamaktadır. Bu nedenle geçmişte yapılan salonlar hala günümüzdeki salonlara göre daha fazla beğenilmektedir.

At nalı plan tipi salonların akustik özelliklerinin incelenerek akustik tasarımla birlikte mimari tasarımda izlenmesi gereken yolların belirlenmesi bu tez çalışmasının amacını oluşturmaktadır. Bu kapsamda, çeşitli tasarım kriterleri belirlenerek bu kriterler üzerinden akustik konfor koşullarındaki değişimler incelenmiş, işlev farklılıkları oluşturularak, salonların konser ve opera işlevlerinde sahip oldukları akustik koşullar değerlendirilmiş, elde edilen sonuçlar üzerinden, mimari ile akustiğin, tasarım sürecinde birlikte ilerlemesi için izlenmesi gereken yollar belirlenmiştir.

Bu amaçlar doğrultusunda hazırlanan tez çalışması altı ana bölüm ve üç ek bölümünden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, konser ve opera salonlarının sosyal hayat içindeki öneminden bahsedilmiş ve bu kapsamda gerçekleştirilen etkinliklerin izleyici ve/veya dinleyicilere en iyi şekilde ulaştırılmasının önemi anlatılmıştır. At nalı plan tipinin sahip olduğu avantajlardan söz edilmiş ve bu avantajlardan günümüzde de faydalanılabilinmesi için neler yapılması gerektiği üzerine incelemeler yapıldığı anlatılmıştır.

İkinci bölümde, ses, müzik ve orkestra ile ilgili temel bilgiler verilmiştir. Konser ve opera işlevlerinde ihtiyaç duyulan farklı orkestral koşullardan, etkili frekans aralıklarından ve ses düzeylerinden bahsedilmiş, dolayısıyla bu ihtiyaçların akustik ve mimari tasarım üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Konser ve opera salonlarının tarih içindeki gelişimi ve değişimi incelenmiş, bu süreçte akustik ihtiyaçlarla mimari tasarım ilkelerinin etkileşimi ortaya konmuştur. Konser ve opera işlevlerinin gerekesinim duyduğu farklı akustik koşullar belirtilmiş, bu farklılıkların tasarıma olan etkilerinden söz edilmiştir.

Üçüncü bölümde, konser ve opera salonlarının tasarım aşamasında ve değerlendirilmesinde kullanılan hacim akustiği parametreleri ve tasarım parametreleri hakkında bilgiler verilmiştir. Hacim akustiği parametreleri, nesnel ve öznel akustik parametreler olarak iki başlık altında incelenmiştir. Nesnel parametreler hesap yöntemleri ile birlikte açıklanmış, bu parametreler ile ilgili literatürde yer alan değerler derlenmiştir. Salonların fiziki özelliklerini ortaya koyan tasarım parametreleri başlıklar altında toplanmış, çizimler, grafikler ve örnekler üzerinden bu parametreler ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, tez kapsamında yapılan çalışma için salonların fiziki özellikleri belirtilmiş, inceleme yapılacak durumlar tanımlanmış ve değerlendirme yöntemleri belirlenmiştir. Salonların plan tipi, at nalı plan tipi olarak belirlenmiş ve literatürden elde edilen oranlar kullanılarak incelenecek durumlara uygun yedi adet model hazırlanmıştır. Yapılacak incelemeler için loca, balkon ve salon büyüklüğü durumları seçilmiştir. Yapılacak incelemelerde kullanılacak modeller ile ilgili hacim kabulleri yapılmış, oluşturulan modeller çizimler ve tablolar üzerinde açıklanmıştır. Modellenen salonlar için malzemeler belirlenmiş, akustik simülasyon programı, ses kaynağı ve alıcı noktaları için kabuller yapılmıştır. Yapılacak değerlendirmelerde kullanılacak hacim akustiği parametreleri seçilerek, modeller üzerinde hesaplama yapılabilmesi için tüm veriler oluşturulmuştur.

Beşinci bölümde inceleme yapılacak durumlar için seçilen hacim akustiği parametreleri üzerinden akustik simülasyon programında hesaplamalar yapılmış, elde edilen değerler, grafik, şekil ve çizelgeler üzerinde gösterilmiştir. Seçilen parametreler müzik, konuşma ve ses gücü başlıkları altında sınıflandırılmış ve bu gruplar üzerinden genel değerlendirmeler de yapılmıştır. Öncelikli işlev olan konser işlevi için yapılan değerlendirmelerin ardından aynı salonlar opera işlevine geçirilerek hesaplar tekrarlanmış ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle ve konser işleviyle kıyaslanmıştır.

Altıncı bölümde, yapılan tüm değerlendirmeler derlenerek incelenen üç durum için sonuçlar çıkartılmıştır. Elde edilen sonuçlar üzerinden yapılan değerlendirmelerle at nalı plan tipine sahip salonlarda konser ve opera işlevleri için akustik tasarım ilkeleri önerileri hazırlanmıştır.

Ekler bölümünde ise, her salon için akustik simülasyon programında elde edilen minimum, maksimum ve ortalama değerler, tüm alıcı noktalarında elde edilen parametre değerleri ve salonlarda kullanılan malzemelerin plan ve kesitler üzerinden gösterildiği çizimler verilmiştir.

ANALYSIS OF THE HORSESHOE PLANNED HALLS FUNCTIONED FOR CONCERT AND OPERA IN TERMS OF ACOUSTIC DESIGN

SUMMARY

From past to present, concert and opera houses have become important exhibition spaces for cultural activities. Transferring these activities to the audience in the best way, has been the important subject, which should be achieved by architects and acoustic designers.

Horseshoe planned halls, in which a large number of audience can be placed with a short distance to the performer, were mostly preferred in the past. These halls can provide diffused sound energy by their decorations and sculptures and lower reverberation times by high total absorption, parallel with audience capacity. However, apportioned lower budgets along with the diversification of cultural activities and economic problems today force designers. For this reason, halls constructed in the past are still appreciated than present ones.

Determination of horseshoe planned halls and modification of design principles in order to achieve the positive features in today's conditions constitute the subject of this thesis. In this context, horseshoe planned halls in concert and opera functions evaluated for determined cases and results and recommendations developed by these evaluations. For these purposes, thesis consists of six main sections and three sections of appendix.

In the first chapter, the importance of concert and opera houses in social life and in this context the importance of transferring the activities to the audience in the best way are explained. The advantages of horseshoe plan type and the investigations on the things that have to be done due to achieve that benefits are also told.

In the second chapter the basic information concerned sound, music and orchestra is given. Difference of orchestral needs, effective frequency ranges and sound levels according to concert and opera functions are mentioned and effects of these differences on acoustical and architectural design are shown. Development and change of concert and opera houses in history are examined and the interaction between acoustical needs and architectural design principals is revealed. The different acoustical needs that concert and opera functions have are specified and the effects of these differences on design are discussed.

In the third chapter, room acoustic parameters, which are used in design and evaluation phase are described and paraphrased. Room acoustic parameters were studied under two headings; objective and subjective parameters. Objective parameters are explained along with the calculation methods, the values of these parameters in literature have been compiled. Design parameters, revealing the physical characteristics of the halls, were collected and information about these parameters are given through charts, graphs and examples.

In the fourth chapter, physical features of the halls, which are designed for this thesis, are given with cases and evaluation methods. The halls were designed as horseshoe

planned and seven cases were modeled in accordance with the ratios from the literature. Cases are selected as lodge, balcony and hall size situations. Physical acceptances of the models are made and the models are described on drawings and tables. Materials are selected for the halls that modeled and assumptions are made for the sound source an receiver points for the simulation software. Room acoustic parameters are chosen for the evaluation and all data is to be calculated on the models prepared.

In the fifth chapter, room acoustic parameter values are calculated in the simulation software and the values are shown on graphs, figures and tables. The parameters chosen to be evaluated are classified under the headings of music, speech and sound power, and general evaluations are also made for these groups. After the priority function of concert, the halls functioned for opera and the calculations are repeated, all results are compared with each other and the ones which are for concert function.

In the sixth chapter, the results for all the three cases excluded from evaluations are collected and analyzed. The acoustic design principles are proposed for horseshoe planned halls functioned for concert and opera, according to the evaluations of the results.

Minimum, maximum and average values that obtained from acoustic simulation software for each hall, acoustic parameter values obtained at receiver points and the drawings showing materials on plans and sections are given in the appendix.

Designed halls for the study are all horseshoe planned, using the ratios taken from the literature. According to the values obtained for all cases, it is obvious that horseshoe plan type has adverse effects on the acoustic point of view. Firstly, the circular form of a horseshoe hall intensifies the late sound energy ratio in the middle part of the hall and it causes adverse acoustical conditions. The rear walls, as well as balcony parapets have the same effect because of their circular form. Similarly, horseshoe planned hall's flat side walls as a fan planned hall and ending of the walls with circular form causes high rate of lateral sound energy, especially at the back of the hall.

Box, balcony, small-large situation investigations were performed for the horseshoe planned halls on concert and opera functions in this thesis. For this purpose, seven halls were designed and transferred to modeling software and calculations for acoustic parameters were made separately for concert and opera functions. . The values obtained according to the calculations for the studied cases are grouped and compared over graphs, figures and tables. Problems have been revealed for all cases according to the comparisons of determined acoustic parameter values, then results and recommendations were prepared.

Based on these data, precautions should be taken for the circular surfaces, primarily for the rear walls in order to prevent the focus effect. Despite of coating these circular surfaces with sound absorber materials is an adequate precaution, needed reverberation time and sound power level should be also noted. It is thought that precautions like; emitting, degradation, dividing and changing directions of the surface or using partial absorbers are more effective than making the surface completely absorptive.

As a result, design criteria to obtain acoustical comfort conditions were studied in the thesis, in which box, balcony, small-large situation investigations were also performed. Accordingly, closed box and a large number of balcony designs should

be avoided. If it is wanted to use boxes within the scope of design, dividing walls forming seat box should be kept as short as possible, should not exceed the height of the parapet. Required number of seats should be provided with minimum number of balconies. In case of small and large formed halls, the acoustic behavior of size should be considered and the balance between acoustic parameters should provide. It should be noted that providing an advantage of short distance for maximum seating capacity horseshoe plans also can cause adverse acoustical conditions and design principles should developed according to the precautions for this disadvantages.

1. GİRİŞ

Kültürel etkinlikler insanların sosyal hayatları içinde çok önemli bir yere sahiptir. Tiyatro, konser, opera, dans vb. etkinliklerin gerçekleştirilmesi ülkelerin sanatsal açıdan ilerlemelerini beraberinde getirir. Modern toplumlarda bir gereklilik halinde olan bu tür ihtiyaçlar, bir anlamda da ülkelerin refah seviyeleri ile doğru orantılıdır.

Gerçekleştirilen bu tür kültürel etkinliklerin sağlıklı bir şekilde izleyici ve/veya dinleyicilere aktarılması kaçınılmaz olarak oldukça önemlidir. Bu şekilde gerçekleştirilen performanslar başarıya ulaşmış sayılabilir. Sanatçı ile izleyici ve/veya dinleyici arasında kurulması gereken bu bağ görsel olduğu kadar işitsel olarak da sağlanmalıdır. Bu nedenle etkinlik mekanlarında, özellikle kapalı salonlarda, akustik kaygılar tasarım aşamasında ön planda tutulmalıdır.

Salonların istenen akustik konfor koşullarının elde edilmesi, bu konunun tasarım aşamasında dikkate alınması ile gerçekleşecek bir olgudur. Bu nedenle nesnel ve öznel hacim akustiği parametrelerinin, salon özelliklerine göre optimum değerlerde olması gerekmektedir. Mimar ve akustik tasarımcının birlikte çalışması, istenen başarının elde edilmesini beraberinde getirecektir. İşlev ve estetik gereksinimlere akustik ihtiyaçların dahil edilmesi, salonların başarılı tasarıma ulaşmalarında oldukça etkilidir. Özellikle ülkemizdeki salonlarda akustik konforun görsel konfordan geri planda tutulması, bu konudaki eksikliğin giderilmesi için çalışmalar yapılması gerektiğini göstermektedir.

Konser ve opera gösterileri, gerçekleştirilen kültürel etkinlikler arasında oldukça önemlidir. Bu etkinlikler sayıca oldukça fazla bir yere sahiptir. Konser ve operaların sergilendiği salonların tarihsel gelişimine bakıldığında, at nalı plan tipindeki salonların genellikle tercih edildiği görülmektedir. Bu tipteki salonlardaki balkon kullanımının dinleyiciyi düşeyde de salona dağıtması; bununla beraber tasarımın salon bölümlenmesine izin vermesi istenen çeşitli ihtiyaçlara cevap verdiğinden sıklıkla tercih edilmiştir.

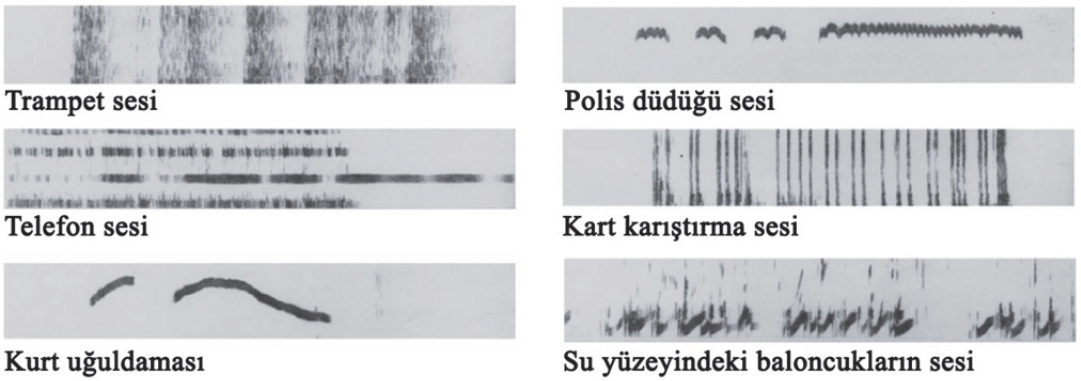
Bu tez çalışması kapsamında, at nalı plan tipi salonlarda, konser ve opera işlevleri için çeşitli tasarım kriterlerinin akustik konfor koşullarını nasıl etkilediği incelenmiştir. Gerçekleştirilen salon tasarımları üzerinde değişen durumların salondaki duyma koşullarına ait nesnel veriler üzerinde yapılan değerlendirmeler ile akustik başarıya ulaşılabilmesi için mimari tasarımda izlenmesi gereken yollar belirlenmiştir. İstenen akustik başarıya ulaşılabilmesi için ne gibi mimari gereksinimlere ihtiyaç duyulduğu, salonlardaki form değişikliklerinin akustik koşullarda yarattığı değişimler incelenmiştir. Böylelikle, sıklıkla tercih edilen işlev ve plan tipi üzerinden gerçekleştirilen bu çalışma, mimari ile akustik tasarımın birlikte ilerlemesi üzerine bir örnek oluşturacak niteliktedir.

2. SES, MÜZİK VE ORKESTRA, KONSER VE OPERA SALONLARI

Konuşma, müzik ve gürültüyü oluşturan sesler her gün duyduğumuz seslerdir. Konuşma sesi bunlardan en yakın olduğumuz sestir. Konuşma, iletişimin en önemli parçasıdır ve bu yüzden zayıf anlaşılabilirliğe sahip konuşma sesi rahatsız edicidir. Müzik sesi daha keyif verici ve ihtiyaç duyulan sestir. Gürültü ise istenmeyen ses olarak tanımlanmaktadır. Kaotik veya rahatsız edici bir konuşma, müzik hatta sessizlik bile gürültü tanımı içine dahil olabilir [1].

Ses spektografı, ses sinyallerini analiz ederek spektogram adı verilen görsel üzerinde sesin şiddetini ve frekansını zaman değişkeni ile birlikte gösterir. Konuşma sesi; çok çeşitli ve geçici, artan ve azalan enerjiye sahip, frekansı, düzeyi ve zamanı olmak üzere üç boyuta sahip seslerdir. Spektrograf bu üç boyutu da gösterebilecek özelliktedir. Spektrografta, zaman yatayda sağa doğru ilerlerken, frekans düşeyde yukarı doğru artmaktadır. İzlerin yoğunluğu ise ses düzeyinin yoğunluğunu göstermektedir [1].

Şekil.2.1'de trampet sesi sprktografına bakıldığı zaman, trampetin bazı noktalarda çok yüksek sese sahip olup sesin kesik kesik olduğu görülmektedir. Kurt uğuldamasında ise sesin frekansı yükselirken bir süre sese ara verildiği ve benzer frekanstan azalarak devam ettiği görülmektedir. Polis düdüğü sesi bir tondur ve çok az frekansı kapsar. İnsan sesi mekanizması ise birçok frekansta ve güçte ses üretebilecek yetenektedir [1].



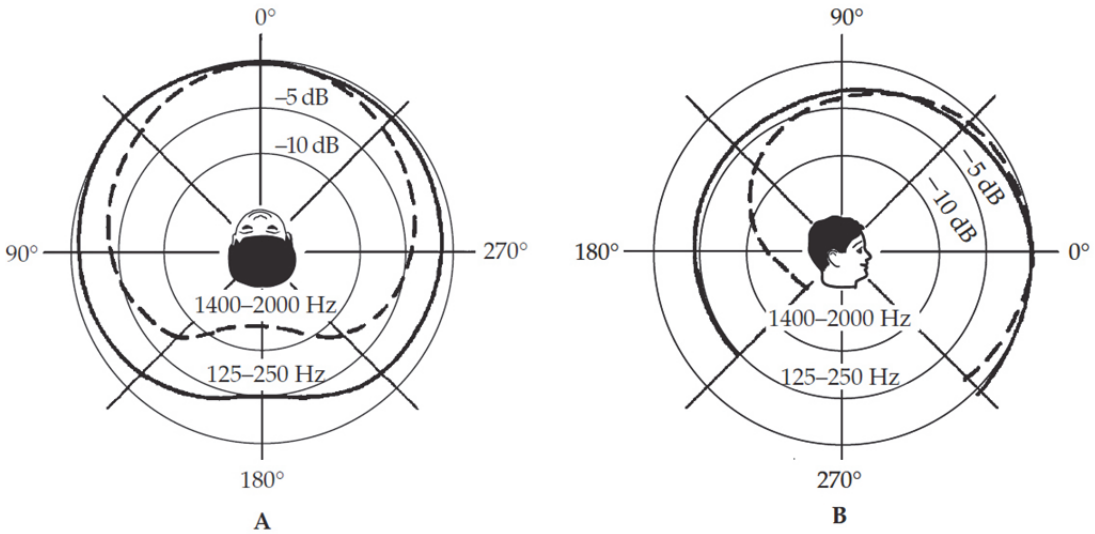
Şekil 2.1 : Ses spektografı örnekleri [1].

2.1 Konuşma Sesi

Konuşma sesi üretiminde iki bağımsız fonksiyon vardır. Bunlar ses kaynağı ve ses sistemidir. Sesler kaynakta oluştuktan sonra ses yolunda şekillenmektedir. Sesler öncelikle ses tellerinde oluşurlar. Akciğerlerden çıkan hava ses telleri arasından geçerken titreşim yaratır. Bu hava titreşimleri sonucunda periyodik ses oluşur ve tekrarlanan bir döngüyle oluşumuna devam eder. Konuşma sesinin ikinci kaynağı da ses yolundan gelen havanın dil, dudak ve dişler arasında sıkıştırılması ve yüksek basınç altına alınmasıyla oluşun türbülanstır. Türbülans gürültüyü yaratır. Bu gürültü ses yolunda şekillenirken f, s, v, h gibi frikatif seslerle oluşur. Üçüncü kaynak ise nefesin durdurularak basınç oluşturulup aniden verilmesiyle oluşur. Bunlar k, p, t gibi harflerde görülmektedir [1].

Ses yolu, akustik rezonant sistemi olarak da düşünülebilir. Bu sistem ses tellerinden dudaklara kadar 17 cm uzunluğundadır. Kesit alanı burun, dil, damak ve burun boşluğuyla belirlenir ve yaklaşık 20 cm² kadardır. Burun boşluğu yaklaşık 12 cm uzunluğunda 60 cm³ hacmindedir. Tüm bu büyüklüklerin konuşma sesleri üzerinde etkisi vardır [1].

- Sesli sesler: Ses telinin titreştirildiği seslerdir (b, g, d, w gibi).
- Sessiz sesler: Ses teli titreştirilmeden oluşturulan seslerdir (f, s, v, z gibi) [1].



Şekil 2.2 : Sesin yönlülüğü [1].

Konuşma sesi her yöne eşit olarak dağılmaz. Bu durumun nedeni, ağız yönüne göre, kafa ve vücut tarafından oluşturulan ses gölgesidir. Şekil.2.2'de görüldüğü gibi alçak frekanslardaki uzaklığa ve yöne göre ses kaybı, yüksek frekanslardaki kayba göre

daha az olmaktadır. Bunun asıl nedeni dalga boyudur. Yüksek frekansların dalga boylarının kısa olması engellere takılmasına neden olur. Dalga boyu uzun olan alçak frekanslı sesler, kafa gibi küçük engelleri daha kolay geçmektedir. İnsan sesi yüksek seviyede yönlülüğe sahiptir. Yatay plan düzleminde önden arkaya 12 dB kadar kayıp olurken, dikey plan düzleminde 1400-2000 Hz arasındaki davranış, yatay plan düzlemiyle aynıdır [1].

Konuşma sesinin hareketli aralığı fazla değildir. En yumuşaktan en güçlü konuşma sesine kadar hareketli aralık 30-40 dB civarındadır. Eğer daha fazla güç harcanırsa yüksek konuşma sesi aralığı 60-70 dB olur. Bu aralık kolayca ses teknolojileri yardımıyla elde edilebilmektedir [1].

2.2 Müzikal Sesler

Müzik ve konuşma sesinin akustik ihtiyaçları farklı olduğu için, müzik için yapılan salonların akustik tasarımı birçok yönden konuşma sesi için yapılan salonlardan ayrılmaktadır. Müzik için yapılan salonlar birçok farklı formda ve büyüklükte olabilmektedir. Bir okulun 300 kişi kapasiteli resital salonu, topluluk orkestralarının sahne aldığı genel amaçlı salon, yerleşik bir senfoni orkestrasının yer aldığı konser salonu olabileceği gibi turne yapan büyük müzik gruplarının sahne aldığı büyük spor salonları da müzik için kullanılan hacimler olabilir [2].

Akustik ve müzik disiplinleri yıllar boyunca farklı yollarla evrimleşmiştir ve yeni yeni birlikte düşünülmeye başlanmıştır. Bu nedenle ikisinin teknik terimlerinin farklı olması şaşırtıcı değildir. Bu iki disiplin bazen aynı kelimeyi farklı anlamlarda kullanmaktadır [2].

Müzik ve konuşma sesleri birçok karakteristiği paylaşmaktadırlar. Patlayan birçok sesten oluşup sessizlikle birbirlerinden ayrılarak benzer frekans aralıklarını doldururlar. Bu benzerlikler, sesin hacim içinde davranışının neredeyse aynı olduğu anlamına gelir. Değişiklikler kulağımızda yorumlanan ses dalgalarıyla gerçekleşir. Müzikte ton ve armoni temel bakış açısını oluştururken, konuşmada tonlama amacın ve cümlelerin tanınmasında kullanılmaktadır [3].

Konuşma için yapılan salonlarda birinci zorunluluk konuşmanın anlaşılabilirliğini sağlamaktır. Müzik için yapılan salonlarda zorunluluklar bu kadar basit ve belirgin değildir. Müzikal sesler, konuşma sesine ve konuşma anlaşılabilirliğine göre daha

karmaşıktır ve bu nedenle müzik için gerekli akustik koşulları sağlamak daha zordur [2]. Müzikal sesler, çok çeşitli ve çok karmaşık sesler olabilir. Ses, tek bir enstrümandan veya senfoni orkestrasından çıkabilir, her enstrüman ve vokal aynı notayı farklı tonda söyleyebilir [1].

Müzikal seslerin hareketli aralığı oldukça fazladır. Bir konser sırasında büyük bir senfoni orkestrası çok yüksek sesler üretebilmektedir. Ayrıca bu sesler yumuşak ve hassas seslerdir. Salonda oturan izleyiciler, orkestradan gelen sesi, insan kulağının hareketli aralığının yüksekliği sayesinde almaktadır. Bir konserde en yüksek ve alçak pasajlar arasındaki fark 100 dB'ye kadar çıkabilmektedir [1].

2.2.1 Orkestralar ve özellikleri

Orkestra, büyüklüğü çalınan müzik eserine göre değişen, birçok farklı enstrümanın bir araya gelerek müzik yaptığı çalgı topluluğudur. Orkestra, batı medeniyetinin ortaya çıkardığı en asil eserlerden biridir. Karmaşıklığı sayesinde birçok müzik dalında aydınlanma ve gelişme yaşanmıştır. Orkestrasyon, herhangi bir müziğin orkestraya uyarlanmasıdır. Orkestrasyon sanatı tamamen kişiseldir. Wagner'in orkestral düzenlemeleri Brahms ile aynı dönemde yaşamış olmasına rağmen tamamen farklıdır. Bu konuda orkestrasyon, melodi, armoni veya bunun gibi müzik parametrelerine benzer. Enstrüman seçimi ve bunların kombinasyonunu oluşturmak ve bunu kişiselleştirmek için bu sanatın temel yetilerini elde etmek zorunludur [4].

2.2.1.1 Orkestraların tarih içindeki gelişimi

Bizim bildiğimiz anlamdaki orkestra 1600'lü yılların başında şekillenmeye başlamıştır. İtalya, Almanya ve Fransa'da bulunan birçok salonda yavaş bir şekilde gelişim göstermiştir. Orkestra tarihi iki bölüm altında incelenir:

1. Orkestranın başlangıcından Handel ve Bach'ın ölümüne kadar geçen süre, yaklaşık 1750 yılı,
2. Mannheim Okulu'ndan Haydn'a, Mozart'a ve günümüze kadar geçen bölümdür [4].

İlk bölümde en çok orkestranın dengelenmesi üzerinde durulmuştur. Telli enstrüman grubundan öncelikle faydalanılmıştır. Bunun nedeni, keman, viyola, çello ve kontrbasın 16. yüzyıl sonlarında mükemmelleşen kullanımıdır. Orkestral tekniğin ilerlemesinde opera ve balenin görselliğinin yarattığı katkı da oldukça büyüktür.

İtalyan opera ve bale bestecisi Jean-Baptiste Lully 1686 yılında telli çalgılardan oluşan orkestraya ek olarak iki flüt, iki obua, iki fagot, iki korno, iki trompet ve timpani eklemiştir. Bu yeni orkestra başta herkes tarafından benimsenmemiştir. Ardından gelen Bach ise tüm yaşamı boyunca bütün orkestral kombinasyonları denemiştir [4].

Haydn ve Mozart döneminde ise orkestral denge önceki dönemde sağlanmış ve orkestra büyüklüğünden farklı olarak üç farklı bölüme ayrılmıştır. Bunlar; telli çalgılar, tahta üflemeli çalgılar ve bakır üflemeli çalgılardır. Bu dönemde opera orkestrasında bulunmasına rağmen senfoni orkestrası için vurmalı çalgılar bölümü standart hale gelmemiştir. Operanın vurmalı çalgılar bölümünde bu dönemde trampet, bas davul, üçgen ve zil kullanılmaktadır. Timpani ise klasik orkestranın bakır üflemeliler bölümünde standart hale gelmiştir. Bu nedenle timpani sürekli olarak trompetle birlikte kullanılmış ve trompet orkestraya katılmıştır [4].

Çizelge 2.1 : Haydn'ın senfonilerinde kullanılan salonlar ve özellikleri [3].

	Konser Salonları			
	Schloss Eisenstadt	Schloss Eisenstadt	Hanover Square Rooms, Londra	King's Theatre, Londra
Kullanılan Yıllar	1760-65	1766-84	1791-94	1794-95
Hacim (m^3)	6800	1530	1875	4550
Yaklaşık Koltuk Kapasitesi	400	200	800	1050
Tahmin Edilen RT (sn)	1,7	1,2	1	1,5
Orkestra (Vurmalılar Hariç)	16	22	36	57
Orkestra Bulunan Keman Sayısı	6	11	14	24
Orkestra Ses Düzeyi (dB)	84	90	91	92

Klasik dönemde orkestranın genişlemesi ve gelişmesi hızlanmıştır. İlk olarak üflemeli çalgılara kontrfagot, pikolo ve İngiliz kornosu eklenmiştir. Ardından opera orkestrasından trombon, arp ve büyük davullar senfoni orkestrasına taşınmıştır. Berlioz bu dönemde üflemeli ve vurmalı çağılar bölümünü iki katına çıkarıp tellileri de büyük oranda arttırıp çok büyük orkestralar kurmuştur. Mahler ve Stravinsky de bugün normal olarak kabul edilen dönemine göre büyük orkestralar oluşturmuşlardır. Çizelge.2.1'de Haydn senfonilerinde kullanılan salonlar ve kısa süre içinde orkestraların boyutunda yaşanan artış görülmektedir [4].

Bu dönemde sadece orkestranın boyutu değil müzik eserlerinin karmaşıklığı da artmıştır. Orkestra, besteyi oluşturan her nota, akor, tınının geniş bir aracı haline gelmiş ve bu karmaşık orkestrasyonun sistemleştirilmesi zorunluluğu doğmuştur. Bu

nedenle 19. yy'da yaşamış bazı büyük besteci ve orkestratörler ideallerini ve sezgilerini gerçekleştirirken kendilerini baskı altında hissetmişlerdir. 19 ve 20. yüzyılda Wagner, Mahler, Weingartner, Mengelberg, Toscanini, Beecham gibi önemli müzisyenler, Beethoven ve Schumann senfonileri orkestrasyonlarını düzenleyip daha geniş orkestralara uygun hale getirmişlerdir [4].

Günümüzde orkestrasyon daha karmaşık hale gelmiştir. Bunun nedeni besteci ve orkestratörün kendi zevk ve önyargılarına göre yaptıkları düzenlemelerdir. İyi bir orkestrasyon için her enstrümana hakim olmak ve bunların birbirleriyle kombinasyonunu düşünmek gerekir. Bunun için genellikle orkestrayı tek bir enstrümana indirgeyerek düzenleme yapılır. Ravel, Debussy ve Stravinsky gibi ünlü orkestratörler önce piyanoda eserleri düzenleyip buradan yola çıkarak orkestraya uyarlamışlardır [4].

2.2.1.2 Orkestra bölümleri

Modern senfoni orkestrası beş bölümden oluşur; telli çalgılar, tahta üflemeli çalgılar, bakır üflemeli çalgılar, vurmalı çalgılar ve klavyeli çalgılar [4].

Telli çalgılar

Telli çalgılar iki bölüm altında incelenir. Bunlar yayla çalınan telli çalgılar ve parmakla çalınan telli çalgılardır. Keman, viyola, çello ve kontrbas genellikle yayla çalınan çalgılardır, arp ise parmakla çalınan telli çalgıdır. Yay, esnek ahşap çubuk üzerine gerilmiş at kılından oluşur. Yayla çalınan telli çalgılar dört tele sahiptir. Keman telli çalgıların soprano enstrümanıdır, yayla çalınan çalgılar arasında en tiz sese keman çıkabilir. Bunu sırasıyla alto sese sahip viyola, tenor ve bas sese sahip çello, bas bölümü oluşturan kontrbas takip eder [4].

Arp ise çok uzun geçmişe sahip tarihi bir enstrümandır. Orijinal konsepti değişmeden tarih içinde birçok değişim geçirmiş ve günümüzdeki haline ulaşmıştır. Şuan kullanılan arp, üst kısmı kemerli bir boyna sahip ahşap yapı üzerine gerilmiş paralel 47 telden oluşur. Tellerin seslerini değiştirmek için üzerinde 7 pedal bulunur, böylece bemol ve diyez seslere çıkılabilir [4].

Tahta üflemeli çalgılar

Tahta üflemeli çalgılar adını yapıldıkları malzemeden alırlar. Bu enstrümanların üzerinde bulunan delikler parmakla veya kapakla kapatıldığı zaman içinde bulunan

havanın aldığı yol uzayarak notaların değişmesine neden olur. Dört gruba ayrılırlar. Bunlar; Flüt grubu (pikolo, flüt, alto flüt, bas flüt), obua grubu (obua, ingiliz kornosu, fagot, kontrfagot), klarnet grubu (alto klarnet, bas klarnet, kontrbas klarnet, basset korno), saksafon grubu (soprano, alto, tenor, bariton, ve bas saksafon) [4].

Flüt grubu dışındaki tüm enstrümanlarda dil adı verilen ağızlık kısmı bulunur. Bu kısım havayı titreştirerek ses oluşturup boru içine yollar. Flüt grubu enstrümanları 3 ana parçadan oluşur. Baş kısmından hava üflenerek orta kısmında ve alt kısmındaki delikler parmaklarla açılıp kapatılarak farklı notalar üretilir. Pikolo flüt grubunun en küçük üyesidir ve daha tiz seslere çıkabilir. Obua ise 17. yüzyılda bulunmuş soprano enstrümandır ve çift ağızlığa sahiptir [4].

Fagot ve İngiliz kornosu da çift ağızlıklıdır. İngiliz kornosu obuaya benzer fakat daha bas ve koyu bir sese sahiptir. Fagot ise konik gövdeye sahip üflemeli çalgıların bas sesini oluşturan enstrümandır. Klarnet tek ağızlıklı ve silindirik delikli sopranodan kontrbas sese kadar geniş aralıkta ses çıkarabilen enstrümandır. Saksafon ise klarnete yakın ses tonuna sahip tek ağızlıklı klarnete göre daha dar frekans aralığında ses çıkarabilen enstrümandır [4].

Bakır üflemeli çalgılar

Bakır üflemeli çalgılar modern senfoni orkestrasında yüzyıllardır kullanılmasına rağmen standardize hale gelmesi son yıllarda gerçekleşmiştir ve bazı durumlarda hala anlaşmazlıklar vardır. Bakır üflemeli çalgılar grubu, telli çalgılara ve tahta üflemeli çalgılara göre daha yüksek ses düzeyine sahiptirler ve bu nedenle orkestranın arka bölümlerinde yer alırlar [4].

Bakır üflemeli çalgılarda ağız ve üfleme şekli değiştirilerek farklı notalar elde edilir. Enstrümanın üzerinde bulunan valflerin de açılıp kapatılmasıyla temel ve armonik tonlar oluşturulur. Fransız kornosu, trompet, kornet, flügelhorn, trombon ve tuba bakır üflemeli çalgılar grubunda bulunan enstrümanlardır. Fransız kornosu Almanlar tarafından üretilmiş bir enstrümandır. 1710 yılından itibaren Alman ve İngiliz orkestralarında yer almıştır ve bas sese sahiptir [4].

Trompet de fransız kornosu gibi ilk dönemlerinde valfsiz bir enstrümandır. Bakır üflemeli çalgılar arasında en tiz sese çıkabilen enstrümandır. Trombon diğer enstrümanlardan farklı olarak kayan bir mekanizmaya sahiptir. Tuba ise 1820 yılında

üretilmiş bakır üflemeli çalgılar arasında en genç ve en bas sese sahip enstrümandır [4].

Vurmalı çalgılar

Vurmalı çalgılar davul, zil, ksilofon ve bunun gibi vurularak ses çıkarılabilen tüm enstrümanları kapsar. Akort edilebilen ve edilemeyen enstrümanlar olarak gruplanabilir. Ancak yaygın olarak vurmalı çalgılar 4 gruba ayrılır: idiofon, membranofon, kordofon ve aerofon. İdiofonlarda tüm enstrümanın titreşmesi ile ses elde edilir. Bunlar zil, çan, marimba, üçgen, gong gibi enstrümanlardır. Membranofonlarda ise enstrümanın üzerinde bulunan zar titreşerek ses elde edilir. Bongo, tomtom, timpani ve her tür davul bu gruba girer. Kordofon grubunda ise bir gövde üzerine gerilmiş tellere vurularak ses üretilir. Cimbalom bu gruba örnek olarak verilebilir. Aerofonlar ise ıslık, tabanca, düdük ve siren gibi enstrümanları kapsar [4].

Klavyeli çalgılar

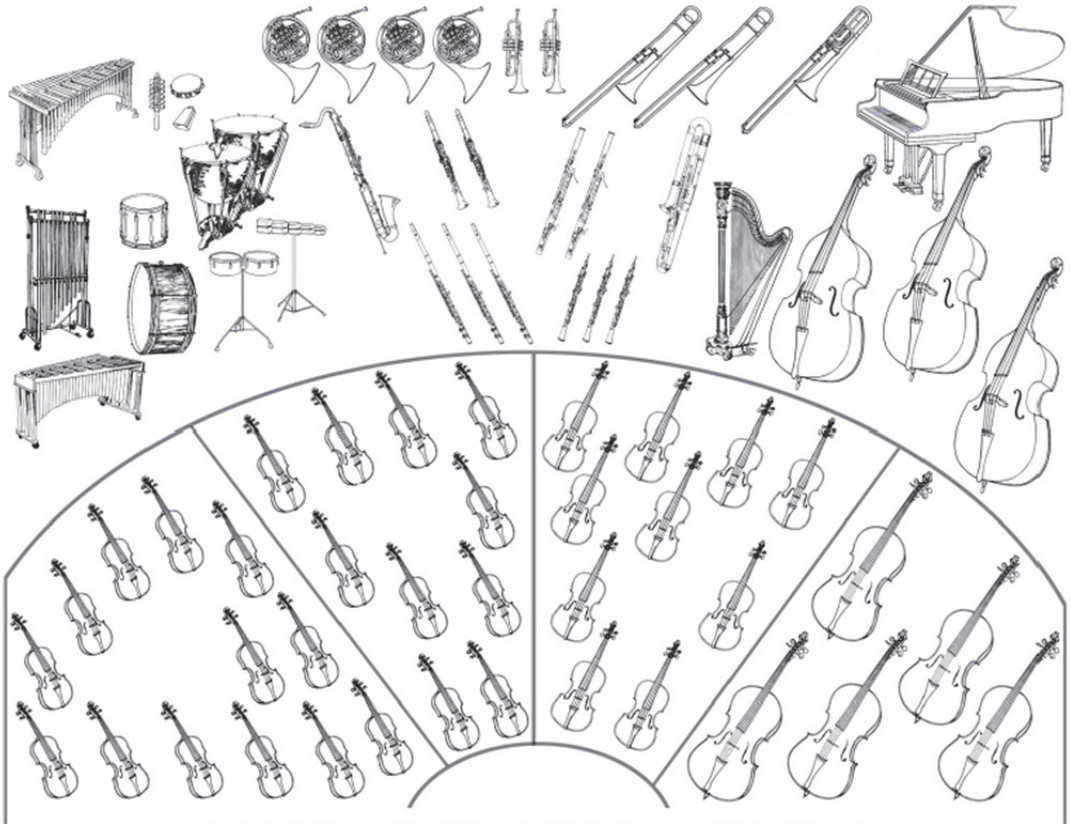
Klavyeli çalgılarda, müzikal bir klavye üzerinde bulunan tuşların basılıp bırakılmasıyla ses üretilir. Çelesta, piyano, klavsen, harmonyum ve org bu gruba ait enstrümanlardır. Bunların arasında en eski enstrüman orgdur. Barok döneminde orkestraya dahil olmuştur. En çok bilinen klavyeli enstrüman ise piyanodur. Piyano ve org çok geniş frekans aralığında ses çıkarabilirler [4].

2.2.1.3 Orkestra yerleşimi

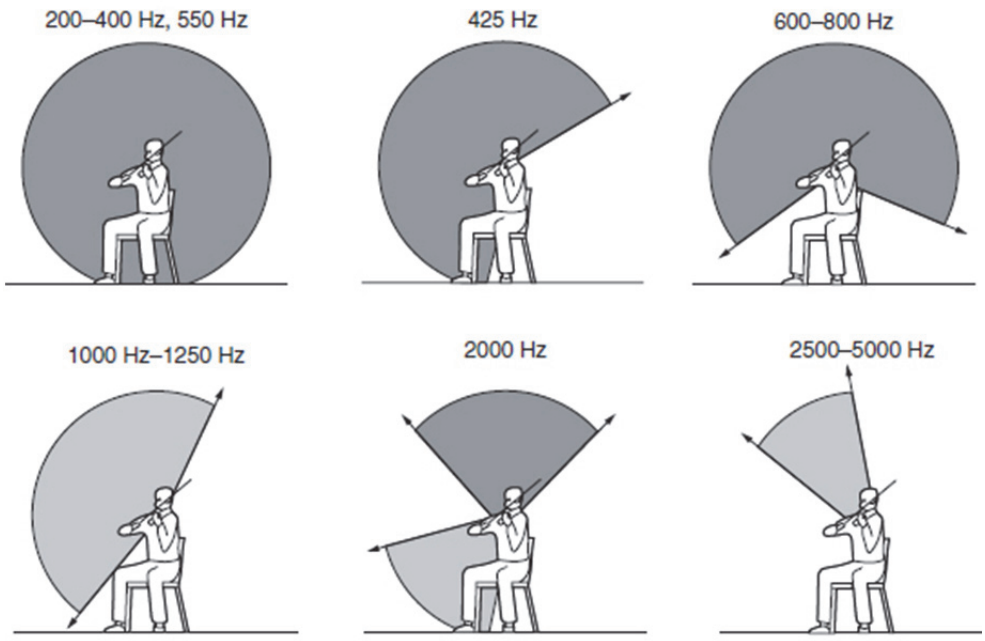
Orkestra bölümleri, her enstrümanın kolayca duyulabilmesini sağlamak için ve enstrümanların dengesini oluşturmak için belirli bir düzen içinde dizilirler. Şekil.2.3'te görüldüğü gibi aynı notaları çalan enstrümanlar birlikte gruplanarak yerleştirilir. Daha yüksek ses seviyesine sahip bakır üflemeliler arka bölümlere yerleştirilerek derinlik sağlanır. Telli çalgılar orkestranın yaklaşık 2/3'ünü oluşturur. Kemanlar kendi içinde iki gruba ayrılarak farklı armoniler yaratılır [4].

Müzikal sesler kendi karmaşıklığı içinde çok çeşitlidir ve tek vokal sesinden senfoni orkestrası sesine kadar geniş bir aralığı kapsar. Her enstrüman ve her ses her nota için farklı tonal dokuya sahiptir. Çizelge.2.2 ve Çizelge.2.3'te görüldüğü gibi orkestrayı oluşturan enstrümanlar farklı ses yüksekliklerine ve farklı frekans aralıklarına sahiptir. Bu durum orkestra dizilimini etkileyen en önemli faktörlerdendir. Konuşma sesinin yönlülüğünde olduğu gibi enstrümanların da etkili

oldukları frekanslara göre yayılma dokuları vardır. Şekil.2.4'te kemanın frekansa göre yayılma dokusu gösterilmiştir. Buna göre frekansın artmasıyla, yani dalga boyunun kısalmasıyla, kemandan çıkan ses müzisyenin vücudunun oluşturduğu ses gölgesine takılmakta ve sesin yayılma açısı daralmaktadır [1].



Şekil 2.3 : Orkestra yerleşim düzeni.



Şekil 2.4 : Kemandan çıkan sesin frekansa göre yayılma dokusu [5].

Çizelge 2.2 : Orkestra enstrümanlarının etkili olduğu frekans aralıkları [6], [7], [8].

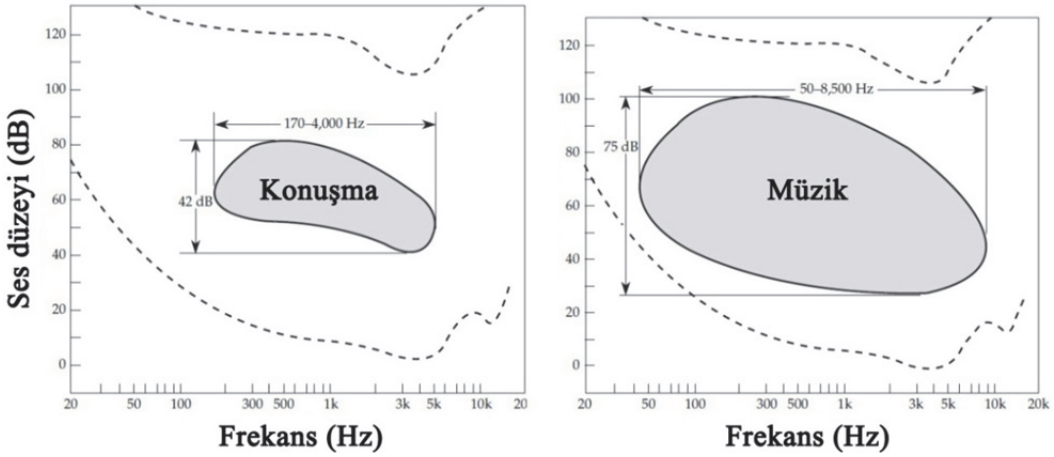
	Enstrüman	Etkili Frekans Aralığı (Hz)		Enstrüman	Etkili Frekans Aralığı (Hz)
Vokal	Soprano	250 - 1000	Bakır Üflemeliler	Trompet (Do)	164.8 - 932.3
	Kontralto	200 - 700		Trompet (Fa)	300 - 1000
	Bariton	110 - 425		Alto Trombon	110 - 630
	Bas	80 - 350		Tenor Trombon	82.4 - 466.2
Tahta Üflemeliler	Pikolo	627 - 5000		Bas Trombon	61.7 - 466.2
	Flüt	261.6 - 2093		Tuba	29 - 375
	Obua	233 - 1396.9		Valfli Korno	61.7 - 698.5
	Klarnet (Si ♭ veya La)	146.8 - 1864.7	Telliler	Keman	196 - 2637
	Klarnet (Mi ♭)	200 - 2000		Viyola	130.8 - 1046.5
	Bas Klarnet	73.4 - 698.5		Çello	65.4 - 659.3
	Basset Korno	90 - 1000		Kontrbas	41.2 - 246.9
	İngiliz kornosu	155.6 - 932.3		Arp	30.9 - 3322.4
	Fagot	58.3 - 932.3		Gitar	80 - 630
	Kontrfagot	29.1 - 155.6	Klavyeliler	Piyano	28 - 4100
	Soprano Saksafon	225 - 1000		Org	20 - 7000
	Alto Saksafon	125 - 900		Çelesta	260 - 3500
	Tenor Saksafon	110 - 630	Vurmalılar	Timpani	87.3 - 349.2
	Bariton Saksafon	70 - 450		Glockenspiel	63 - 180
	Bas Saksafon	55 - 315		Ksilofon	700 - 3500

Çizelge 2.3 : Farklı enstrümanların 3 metre uzaklıktan ölçülmüş ses düzeyleri [9].

Enstrüman	dBA	Enstrüman	dBA
Normal Piyano Pratiği	60-90	Flüt (Sağ Kulak Yanında)	98-114
Yüksek Sesli Piyano Pratiği	70-105	Flüt	92-105
Klavye (Elektrikli)	60-110	Pikolo (Sağ Kulak Yanında)	102-118
Vokal	70-85	Pikolo	96-112
Oda Müziği (Klasik)	70-92	Fransız Kornosu	92-104
Keman / Viyola (Sol Kulak)	85-105	Trombon	90-106
Keman / Viyola	80-90	Trompet	88-108
Çello	80-104	Timpani ve Bas Davul	74-94
Akustik Bas	70-94	Vurmalı Çalgılar Grubu (Sol Kulak)	68-94-125
Klarnet	68-82	Güçlendirilmiş Rock Müzik	102-108
Obua	74-102	Amfili Gitar (Kulaklık)	105-112
Saksafon	75-110	Senfonik Müzik	86-102

Birçok enstrümandan oluşan orkestranın ses yüksekliği ve frekans aralığı ile tek bir vokalin ses yüksekliği ve frekans aralığı çok farklıdır. Şekil.2.5'te enstrümanların armonik tonları dikkate alınmadan sadece temel tonlarla kıyaslama yapılmıştır.

İşitme eşiği altında kalan çok düşük piyano ve org sesleri, bu enstrümanların armonikleri olarak algılanır [1].



Şekil 2.5 : İşitme bölgesi içinde yer alan konuşma ve müzikal sesler [1].

2.3 Konser Salonları ve Tarih İçindeki Gelişimleri

Konser salonları, her türlü müzikal performansın gerçekleştirilebilmesi için özel olarak tasarlanmış mekanlardır. Konser salonları tasarımı, mimarlar ve akustik tasarımcılar tarafından birlikte yapılmaktadır. Özellikle çok iyi akustik özelliklere sahip büyük bir konser salonu tasarlamak, akustik tasarımcı ve mimarın ortak başarabileceği bir iştir. Geçmişten günümüze salon tasarımını büyük ölçüde etkileyen birçok teknolojik gelişme yaşanmasına rağmen, salon tasarımında hala belirsiz ve üzerinde hemfikir olunamayan birçok konu bulunmaktadır. Bu nedenle, yeni bir konser salonunun tasarımından ilk kullanım sürecine kadar akustiği ile ilgili kaygılar bulunmaktadır [3].

Bir konser salonunun akustik olarak saygınlığı, kullanıma açıldığı dönemden itibaren yapılan eleştirilerle değişmektedir. Dinleyiciler ve eleştirmenler tarafından yapılan eleştiriler göz önüne alınarak, tasarım aşamasında fark edilemeyen ve kullanım aşamasından sonra ortaya çıkan hataların çözülmesi gerekmektedir. Tasarım aşamasında dinleyiciler kadar müzisyenlerin ihtiyaç duyduğu akustik gereksinimlere de dikkat edilmelidir. Performans ve prova sırasında müzisyenler, tasarlanan salonların kendi ihtiyaçlarını karşıladığını hissetmelidirler [3].

Müziğin tarih içindeki gelişimi boyunca performans alanlarıyla besteler arasında güçlü bir anlaşmazlık var olmuştur. Elektronik çağdan çok önceki zamanlarda da müzisyenler, müzikal kalite ile performans alanları arasındaki ilişkiyi anlamaya

çalışmışlardır. Bu ilk dönemlerde konserler, kiliselerde ve soyluların evlerindeki özel hacimlerde yapılmıştır. Ortaçağ kiliselerinin müzikal düzenlemeleriyle soyluların evlerinde bulunan özel hacimlerin müzikal düzenlemeleri farklıdır. Bu durum da, bestelerde ve performans alanlarında farklılaşmaların ortaya çıkmasına neden olmuştur [2].

Müzikal mirasımızın başlangıcı, Hadel ve Bach gibi iki dehanın yaşadığı Barok (1600-1750) dönemidir. Bu ilk dönem, konçerto ve sonat gibi asıl enstrümantal müzik formunun ortaya çıktığı dönemdir. Bu dönemin müziği çok süslü ve çok melodilidir. Birbirinden bağımsız melodiler bir araya gelirken dinleyicilerin bunu tüm detaylarıyla duyması ve seslerin birbirini maskelememesi gerekmektedir. Bu koşulları ($T < 1.5$ saniye) sağlamak için küçük salonlar veya büyük evlerin özel hazırlanmış odaları kullanılmıştır. Bu dönemde kilise gibi büyük hacimlerde de performans düzenlenmesine rağmen büyük salonlarda gerekli akustik koşulların sağlanması için erken bir dönemdir ve bu nedenle istenen başarı sağlanamamıştır [2].

Klasik dönem (1750-1820) ise Bach'ın ölümüyle birlikte başlamıştır. Bu dönemin ünlü bestecileri Beethoven, Mozart ve Haydn'dır. Bu dönemde sonatın gelişimi devam etmiştir ve günümüzde de hala popüler olan senfonik müzik ortaya çıkmıştır. Senfoniler büyük salonlara ve büyük orkestralara ihtiyaç duymaktadır ve bu ihtiyaçla birlikte salon boyutları da büyümüştür. Salonların büyümesi ile de akustik ihtiyaçlar ($T > 1.7$ saniye) farklılaşmıştır. Klasik döneme kadar düzenlenen konserler daha çok elit kesime hitap etmektedir. Halk için yapılan ilk konserler 18. yüzyılda opera salonlarında başlamıştır ve 19. yüzyılın ikinci yarısına kadar özellikle konser işlevi için bir salon yapılmamıştır [2].

Klasik dönem, ardından gelecek olan Romantik dönemle Barok dönemi arasında özelliklere sahiptir. Klasik dönemde Barok çağında olduğu gibi detayların netliği önemlidir fakat aynı zamanda geniş orkestralar, büyük salonlar ve bu nedenle farklılaşan akustik ihtiyaçlar da bu dönemin özelliklerini oluşturmaktadır. Klasik dönemden duygusal öğelerin ağırlık kazandığı Romantik döneme geçiş, Beethoven'ın senfonileriyle birlikte olmuştur [2].

Romantik dönem (1820-1890), Barok ve Klasik döneme göre çok daha büyük orkestraların daha karmaşık armoniler çaldığı, bestelerde daha fazla romantik öğelerin bulunduğu bir dönemdir. Bu nedenle 19. yüzyılın ikinci yarısında yapılan

büyük konser salonlarında akustik ihtiyaçlar (T = 2.2 saniye) önceki dönemlere göre değişmiştir. Bu dönemde konserler sadece bir kesimin değil halkın tamamının izleyebildiği, konser işlevi için özel tasarlanmış salonlara taşınmıştır [2].

20. yüzyılda müzikal anlamda birçok değişiklik yaşanmıştır. Bu dönemde Romantik dönemin etkilerinin devam etmesinin yanı sıra eski dönemleri yeniden canlandırma girişimleri de olmuştur. 20. yüzyıldan önceki dönemlerde, sadece dönemin bestecilerinin eserleri sergilenmiş ve eski döneme ait eserler nadiren sunulmuştur. Örneğin, Bach'ın 1750 yılındaki ölümünden sonra 1829 yılına kadar eserleri sergilenmemiştir. Ancak 20. yüzyılda eski dönem eserleri tekrar sergilenmiş ve yorumlanmıştır [2].

Günümüzde konser salonlarında 400 yıllık bir sürece ait orkestral repertuvar ile birlikte modern eserler sunulmaktadır. Geçmişten günümüze yaşanan birçok gelişme ile akustik ihtiyaçlar da değişmiş ve bu gelişmelere paralel olarak günümüz konser salonlarından beklentiler de artmıştır. Bu beklentilerin en önemlilerinden biri, dinleyiciler kadar müzisyenlerin ve bestecilerin de ihtiyaç duyduğu akustik koşulların sağlanmasıdır. Bestecilerin konser salonlarının akustik özelliklerinden etkilenerek müziklerini salonlara uyarlamaları gibi, sanatçılar da konser salonlarının akustik kalitesinden etkilenmektedirler. Her konser salonu ayrı akustik özelliklere sahiptir ve konser salonları da her müzik türü için bir çeşit enstrümandır. Salonların dolu veya boş olması durumu bile müzisyenlerin hissettikleri akustik koşulları etkileyebilmektedir. Bu nedenle müzisyenler prova durumunda veya bir turne kapsamında başka konser salonlarında performans gösterdiklerinde, performansları beklentilerin altında kalabilir [2].

Bir sahnede orkestra çevresinin tasarımı, izleyicilere ulaşan ses kalitesinde ve orkestranın performansı üzerinde çok etkili olmaktadır. İyi iletişimin olmadığı koşullarda orkestranın bütünlüğü zayıflamakta ve performansı düşmektedir. Eğer orkestra şefleri tam olarak enstrümanları ve bunların seslerinin doğru biçimde karışımını duyamazlarsa enstrümanlar üzerindeki dengeyi sağlayıp seyirciye ulaştıramazlar. Bu nedenle sahnenin yan yüzeylerinde ve sahnenin üzerinde bulunan tavanda yapılan akustik düzenlemelerle tüm müzisyenlerin birbirini duyabilmesi sağlanmalıdır [2].

Günümüzde konser salonu inşa etmek ve bu salonu işletmek geçmişte olduğu gibi çok maliyetli bir iştir. Geçmişte inşa edilen konser salonları, genellikle hükümet tarafından finansal olarak desteklenmiştir. Yapılan konserler nadiren kişisel desteklerle gerçekleşmiş ve kendi kendini finanse etmiştir. Konser salonlarının yüksek maliyetleri nedeniyle sadece konser işlevi için salon inşa etmek çok zordur. Yüksek maliyetler nedeniyle inşa edilen çok işlevli salonlar da kullanılan her işlev için ortalamanın altında akustik özelliklere sahiptir [2].

Salon tasarımında maliyeti arttıran en büyük etken, maksimum sayıda oturma kapasitesi istenmesi ve bu nedenle salon boyutlarının artmasıdır. Salon boyutlarının artması ile birlikte maliyet artarken akustik kaliteyi sağlamak da zorlaşmaktadır. Çok büyük salonlarda ihtiyaç duyulan elektronik ses güçlendirme ekipmanları da maliyetleri arttıran başka bir etkendir. Salonlarda ihtiyaç duyulan ses düzeyiyle birlikte sesin kuru olmaması için gerekli hacmi sağlamak da salonlarda maliyeti arttıran faktörlerdendir [2].

2.4 Opera Salonları ve Tarih İçindeki Gelişimleri

Opera, 1597 yılında bir grup müzisyen ve şair tarafından klasik Yunan dramasını yeniden canlandırmak için kurulmuştur. Yeni bir vokal tarzıyla müzik ve tiyatroyu birleştirerek kısa sürede başarılı olmuştur. Avrupa'da hızla yayılarak baskın müzik etkinliği haline gelmiş ve gelişimi boyunca da müziğin gelişimini etkilemiştir. Opera giriş müziği olan uvertür, senfoni müziğinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. 19. yüzyılda opera orkestrası, orkestra çukurundan çıkarak sahneye yerleşmiştir ve bugün bildiğimiz senfoni orkestrası haline gelmiştir [2].

Operanın, 15. yüzyılın sonlarında İtalya'da kraliyet salonlarında ortaya çıktığı söylenebilmektedir. Fakat bildiğimiz anlamdaki ilk opera bundan 100 yıl sonra, bir Floransa sarayında, kısa vokal parçalarına eşlik eden enstrümantal müzik olarak ortaya çıkmıştır. Sahnelenen ilk opera ise, 1598 yılında şair Rinuccini tarafından yazılan Jacopo Peri'nin müziklerinin kullanıldığı "Dafne" isimli operadır [10].

Opera, 15. yüzyılın sonlarında ve 16. yüzyılın başlarında İtalya'da sınırlı alanlarda gelişimine başlamış bir sanattır. Monteverdi bu dönemde opera sanatının gelişimine büyük katkılarda bulunmuştur. İlk dönem opera performansları, geçici sahnelerde gerçekleştirmesine rağmen son derece ilgi çekici kurgulanmıştır. 1637 yılında

Venedik'te Teatro San Cassiano adında opera amaçlı ilk bina yapılmıştır. Bu salondaki en önemli ayırt edici özellik, ilk defa orkestranın sahne üzerine değil sahne önüne yerleştirilmesi olmuştur. İlk opera binası yapıldıktan sonra Venedik bu yeni sanat dalına yatırım yapmış ve 1637-1700 yılları arasında 16 yeni salon daha inşa edilmiştir [3].

Venedikliler opera salonlarını karlı bir yatırım aracı olarak görmüşlerdir ve bu dönemde kamusal opera diğer etkinliklere göre daha az harcama gerektirdiği için opera salonlarına yatırım yapmışlardır. Fakat detaylı sahne dekorları hala performanstaki en önemli faktörü oluşturmaktadır. İlk opera salonlarından biri olan Teatro SS Giovannie Paolo 1639'da inşa edilmiştir. 1654 yılında yeniden biçimi değiştirilip, beş tabakada localar yapılmış ve böylece opera salonlarında loca, standart bir özellik haline gelmeye başlamıştır. Bu dönemde yapılmaya başlanan erken dönem Barok salon biçimleri, opera salonları için büyük ölçüde kabul görmüş ve uzun yıllar tasarımda hakimiyetini sürdürmüştür. Bunun sonucunda da baskın plan tipi, at nalı ve U plan tipi olmuştur. At nalı plan tipinde birçok seviyede oluşturulan balkonlar, seyircilerle sahne arasında ortalama mesafenin oluşmasına ve akustik ve görsel mahremiyetin oluşmasına yardımcı olmuştur. Ancak perdeye yakın bölümde bulunan balkonların seviyeleri, sahneyi kısıtlı biçimde görmeye neden olmaktadır [11]. Yine bu dönemde ortaya çıkan başka bir özellik de sahne derinliğinin arttırılması ve böylece etkileyici perspektifler oluşturulmasıdır. Bu özellik de sonraki dönemlerde operanın ayırıcı özelliklerinden biri haline gelmiştir [3].

Venedik'te açık balkonların localara dönüştürülmesi, kısa sürede birçok opera salonu tasarımını etkilemiştir. Localar, ortaya çıktığı ilk dönemlerde opera salonlarında elit müşterilerin oturmaları için tasarlanmıştır. Localarla birlikte ortaya çıkan yeni bölücü yan duvarlar, sesi dağıtarak daha arka bölümlere gitmesine yardımcı olmuştur [11]. Ancak localar akustik olarak yetersiz bölümlerdir ve en ön loca kısmı dışında kalan kısımlarda sahneden gelen ses enerjisi locanın kendi yapısı nedeniyle azalmaktadır. Loca tasarımı büyük ölçekli salonlarda ilk kez 1737 yılında Napoli Teatro San Carlo ve 1778 yılında Milano Teatro Alla Scalla'da kullanılmıştır [3].

Teatro Alla Scalla, birçok balkon seviyesinden oluşmaktadır ve balkonlar perde yanındaki bir duvardan diğer duvara dairesel biçimde gitmektedir. Balkonlar eşit biçimde localara ayrılmış, localar da ya ince bölme duvarla birbirinden ayrılmış ya

da açık olarak uzun koltuk sıralarından oluşmuştur. Orkestra da perde açılışının önünde yer almış ve izleyicilerle ve sahnenin arasında kalmıştır [3].

Geleneksel Barok tasarımında drama tiyatrolarıyla opera salonları arasındaki fark çok azdır ve görüş alanı tasarımıyla ilgili birkaç ince fark bulunur. Opera salonlarında, ana salon koltukları dışındaki koltuklarda oturanlar için orkestra çukuru görünür şekilde yapılmaktadır [3].

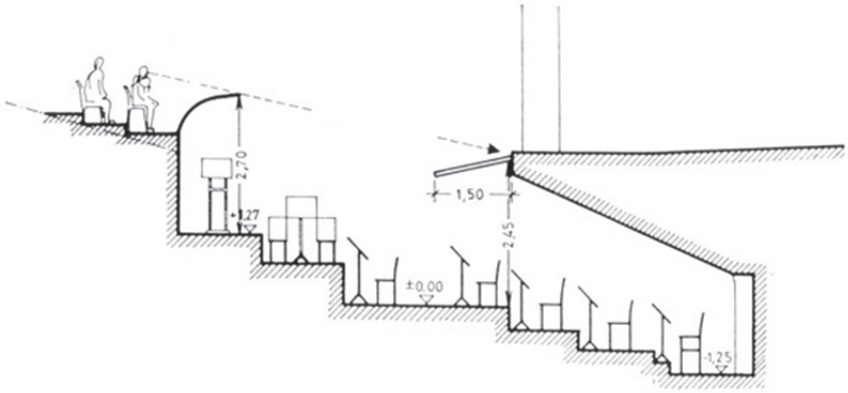
Sonraki dönemlerde opera salonlarında U ve at nalı plan tipinin yanı sıra, çan ve eliptik plan tipi de kullanılmıştır. 1747 yılında yapılan Bayreuth Markgrafliches Opernhaus ve bunun gibi birçok salonda çan şekli plan tipi kullanılmıştır. Akustikten çok görüş alanı için bu plan tipi çeşitliliği oluşmuştur ve bu genellikle küçük salonlar için geçerli olmuştur. Opera salonlarında kullanılan eğik yüzeye sahip formlar, en büyük akustik kusurlardan biri olan odaklanmaya sebep olmaktadır [3].

18. yüzyılın ortalarında opera, 15. Louis yönettiği Fransa Paris'te güçlenmiştir. Krallık ailesi ve bakanlar kurulu üyeleri sahne yanlarında bulunan localarda oturmuşlardır. Localar üç bölümden oluşmaktadır ve sahneyi görmek için genellikle ayağa kalkmak gerekmektedir. 19. yüzyılda ise büyük opera gösterileri, detaylı sahne kostüm ve dekorlarla ve büyük orkestralarla desteklemiştir. 1875 yılında Fransa'nın ünlü opera salonu Opera Garnier açılmıştır [10].

19. yüzyıldan itibaren orkestra, alçaltılmış orkestra çukuruna yerleştirilmiştir. Bu çukur “orchestra rail” adı verilen bariyer duvarla çevrelenmiştir. Bu düzenleme, koltuklarda ve alçak balkonlarda oturan izleyicilere orkestradan dolaysız olarak gelen seslerin azalmasını sağlamaktadır. Bunun nedeni orkestra çukuru önünde bulunan ayırıcı duvarın dolaysız görüşü engellemesidir. Bu duvar sesi yansıtarak sahne ve çukur arasında ilerlemesine neden olmakta, opera sanatçıları ile alçaltılmış orkestra arasındaki iletişimi sağlamaktadır [11].

Wagner'in Almanya’da yapılan Bayreuth Festspielhaus (1876) opera salonuyla klasik Roma ve Yunan formlarına geri dönülerek geleneksel tasarımda büyük değişiklikler yapılmıştır. 1950'lerde Wagner ve Barok çözümlerinin birleştirilmiş hali denenmiş ve 1989 yılında Fransa’da yapılan Opera Bastille bunun bir ürünü olmuştur. 1990'lardan itibaren de akustik kusurları azaltılarak Barok tipi salonlara geri dönüş yapılmıştır [3].

Geleneksel veya İtalyan opera salonları için koltuk başına düşük hacim oranı, çok büyük miktarda yutucu yüzey sonucunda oluşan akustik koşullar, Mozart operaları için fazlasıyla uygundur. Ancak, Wagner operasının çok farklı akustik ihtiyaçları vardır. Bunlar daha fazla tonun doluluğu, daha az tanımlama, orkestral seslerle vokal seslerinin çok iyi karışımı ve orkestrayı kontrol altına alarak enstrüman sesini sanatçı sesini bastırmayacak kadar yükseltmektir. Bu gereksinimler Wagner'e Bayreuth'da kendi opera salonunu yapma zorunluluğunu oluşturmuştur. En büyük yenilik koltuk başına hacmin arttırılması ve galeri katlarının olmamasıdır. Wagner'in salonu, Mozart'ın aksine hızlı müzikler için değil yavaş ve duygusal müzikler için uygundur. Bayreuth Festspielhaus'ta gerçekleştirilen diğer yenilikler de orkestra çukurunun derinleştirilip sahne altına sokulması (Şekil.2.6), salon açılışının kısıtlanmasıyla orkestra seslerinin tam olarak karışımı sağlanması ve opera sanatçısı-orkestra sesleri dengesi kurulmasıdır [12].



Şekil 2.6 : Wagner'in Bayreuth Festspielhaus opera salonu orkestra çukuru kesiti.

Günümüzde opera salonlarının akustik tasarımında yaşanan gelişmelerle genel olarak akustik kusurların önlenmesi amaçlanmaktadır. Sadece plan tipinde değişimin yapıldığı birkaç girişim bulunmaktadır fakat bunlar başarılı olamamıştır. Bu nedenle günümüz akustik ideallerini gerçekleştirmek için:

- Yeterli seviyede opera sanatçısı sesinin oluşmasının sağlanması ve bu seslerin orkestra sesleriyle dengeli olması,
- Netlik ve anlaşılabilirliğin vurgulanması,
- Dolu tonlar ve uygun akustik koşulların sağlanması gerekmektedir [11].

Opera da konser gibi her zaman çok maliyetli bir kültürel etkinlik olmuştur. Bunda sadece orkestra ve tüm sahne ekipmanlarının pahalı olması değil, 18. yüzyıldan

itibaren opera sanatçılarının yüksek maaş alması da etkili olmuştur. Pahalı olması nedeniyle ilk opera performansları sınırlı kapalı alanlarda gerçekleştirilmiştir. 19. yüzyılın ikinci yarısındaki tiyatro salonu patlamasıyla ilk kamu kaynaklı opera performansı düzenlenmiştir. 20. yüzyılda operaların etkisiyle müzikaller ortaya çıkmış ve elektronik ses güçlendirme sistemleri de kullanılmaya başlanmıştır [3].

Operanın ortaya çıktığı İtalya gibi Almanya da opera için çok yatırım yapmıştır. Fransız devriminin iki yüzüncü yılı anısına 1989 yılında Paris'te Place de la Bastile adında tamamen yeni bir opera binası inşa edilmiştir. İngiltere'de ise aynı dönemde maliyetler nedeniyle yeni bir opera salonu için kamusal ödenek ayrılmamış ve bu yüzden 20. yüzyılda kamu kaynaklarıyla hiçbir yeni opera binası yapılmamıştır. Sadece özel fonlar yardımıyla 1993 yılında Glydebourne Opera Salonu inşa edilmiştir [3].

Opera salonlarında, sanatçılarla müzisyenler arasındaki ses yüksekliği dengesini sağlayabilmek her dönemde çok önemli olmuştur. Operanın erken dönemlerinde orkestra daha küçüktür ve sahnenin önündeki zeminde, önünde herhangi bir ayırıcı bölme bulunmadan yer almaktadır. Bu durum da orkestranın ses yüksekliğinin opera sanatçılarının sesini bastırmasına neden olmaktadır. Orkestra büyüdükçe orkestra çukuruna yerleşmiş ve bu nedenle ses yüksekliği biraz daha dengelenmiştir. Günümüzde ise orkestra, yüksekliği ayarlanabilir bir orkestra çukuruna konularak ihtiyaç duyulan akustik gereksinimler karşılanabilmektedir [2].

3. KONSER VE OPERA SALONLARININ TASARIMINDA VE DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN HACİM AKUSTİĞİ VE TASARIM PARAMETRELERİ

Konser ve opera salonları, fiziki gereksinimler ve akustik gereksinimler göz önüne alınarak mimarlar ve akustik tasarımcılar tarafından birlikte tasarlanmaktadır. Akustik gereksinimler, ölçülebilen ve hesaplanabilen nesnel parametreler ve kişisel deneyimlere dayanan öznel parametrelerden oluşmaktadır. Fiziksel gereksinimler de dinleyici sayısı, hacim, plan tipi, salon boyutları ve salon işlevi gibi gereksinimlerden oluşmaktadır. Bu bölümde salon tasarımını etkileyen nesnel ve öznel hacim akustiği parametreleri, salonların fiziksel özellikleri ve bunların birbirleri ile olan etkileşimleri ele alınmıştır [10].

3.1 Hacim Akustiği Parametreleri

Son yıllarda akustik için ortak olarak kullanılan bir dil gelişmeye başlamış ve akustik tasarımcılarla müzisyenler arasında bir diyalog kurulmuştur. Hem müzisyenler hem de akustik tasarımcılar, literatürde yer alan tüm terim ve tanımları tamamen onaylamazlar. Yine de burada ele alınan hacim akustiği parametreleri; müzisyenler, akustik tasarımcılar, konser meraklıları ve literatürde yer alan konser ve opera salonları akustiği bilgileriyle uyum göstermektedir [10].

Müzik eleştirmenleri, salonlar için kullandıkları tanımlamalarda nadiren kesin olarak anlaşılabilecek tanımlamalar kullanmaktadırlar. Örneğin bir konser salonunu tanımlarken, “baskın”, “çekici”, “büyüleyici”, “pırıltılı” veya “yıkıcı” gibi terimler kullanırlar. Bu tür tanımlamalar konser salonu akustik tasarımı ile ilgili yararlı bilgiler vermemektedir. Bir eleştiri yapılırken kelimeler dikkatlice seçilmeli, müzisyen, akustik tasarımcı ve tecrübeli dinleyiciler bu eleştirilerinde dillerine dikkat etmeli ve elde ettikleri verilerde kendi profesyonel tecrübelerini kullanmalıdırlar [10].

Hacim akustiği parametreleri iki ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar nesnel ve öznel parametrelerdir. Salon tasarımı, dinleyicinin kulaklarında oluşacak akustik

durumu belirler ve kulaklar bunu yorumlayarak seçici olarak biçimlendirir. Dinleyicinin kulağında oluşan sesle ilgili hesaplanabilir veya ölçülebilir veriler nesnel parametreleri, ölçülemeyen ve kişisel deneyimlere dayanan hisler de öznel parametreleri oluşturmaktadır. Literatürde kabul görmüş ilk ve en önemli ölçü olan çınlama süresi nesnel bir parametredir ve bunun dinleyici kulağında oluşturduğu çınlama hissi ise öznel bir parametreyi oluşturmaktadır [3].

Basit öznel etkileri temel alan birçok tasarım kriteri bulunmasına rağmen çoğu durumda öznel etkilerden tasarıma gitmek mümkün değildir. Bunun için daha çok bilimsel yaklaşıma yani nesnel verilere ihtiyaç vardır. Çınlama süresinden sonra birçok yeni nesnel parametre ile tasarımlar daha detaylı hale getirilmiştir [3].

3.1.1 Nesnel parametreler

Nesnel parametreler, salon tasarımını doğrudan etkileyen ölçülebilir ve hesaplanabilir parametrelerdir. Nesnel parametreler, salonun hacmi, toplam yutuculuğu, yutucu yüzeylerin dağılımı, ses kaynağının gücü, alıcı noktalarının konumu gibi birçok fiziksel koşuldan etkilenmektedir. Erken – geç ses enerjisi oranı, sesin geliş yönü, sesin gücü, ses düzeyinin azalma süresi, hacim, toplam yutuculuk gibi birçok verinin analiz edilmesi ile elde edilmektedirler. Nesnel parametreler dinleyicinin kulağında oluşturdukları etkilerle aynı zamanda birden çok öznel parametre üzerinde de etkili olabilmektedirler [3].

3.1.1.1 Çınlama süresi parametresi (T_{30})

Çınlama, müzikal seslerin enstrüman sustuktan sonra da devam etmesidir. Bu durum iç mekandaki müziğe özgü bir durumdur ve dış mekanda ses, çınlamadan zayıflayarak yoluna devam etmektedir. Bir konser salonu sahnesi üzerinde tek nota çalan bir müzisyen düşünüldüğünde, kemandan çıkan ses dalgası rastladığı tüm çevreleyici yüzeylere (duvarlar, balkon parapetleri, tavan ve izleyici bölgesi) çarparak yansımaktadır. Dinleyici önce sahnedeki kemandan gelen dolaysız sesi almakta, ardından kısa bir boşluktan sonra yansıyarak gelen sesleri işitmektedir. Bu ilk yansımalar başka yüzeylerle karşılaştığında da yansıyarak yeni ses dalgaları oluşturmaktadırlar. Bu hareket çok hızlı olduğu için yüzeylerde oluşan bu ses dalgası yansımaları 1 saniye içinde 20 kere tekrar edebilir. Her çarpışmadan sonra, özellikle dinleyici alanında ses enerjisini kaybeder ve azalarak duyulma özelliğini yitirir [10].

Yapılan bütün konser salonlarında çınlama süresi akustik tasarımcılar tarafından en önemli parametre olarak ele alınmaktadır. Genel kabullere göre kapalı bir mekanda çınlama süresi, bir sesin kaynak sustuktan sonra bu mekan içinde duyulamayacak kadar azalmasına kadar geçen süre olarak tanımlanır. Teknik olarak açıklanırsa, çınlama süresi bir sesin kaynak sustuktan sonra 60 dB azalana kadar geçen süredir. Seyircisiz, sert ve yutucu olmayan yüzeylerle kaplı bir konser salonunda yaratılan ses, üç-dört saniye boyunca çınlamaya devam eder. Eğer bu salona seyirci eklenirse çınlama süresinde kısalma olur. En ünlü ve popüler salonlarda tam dolu kapasitede orta frekanslarda çınlama süresi 1.8-2.0 saniye aralığındadır [10].

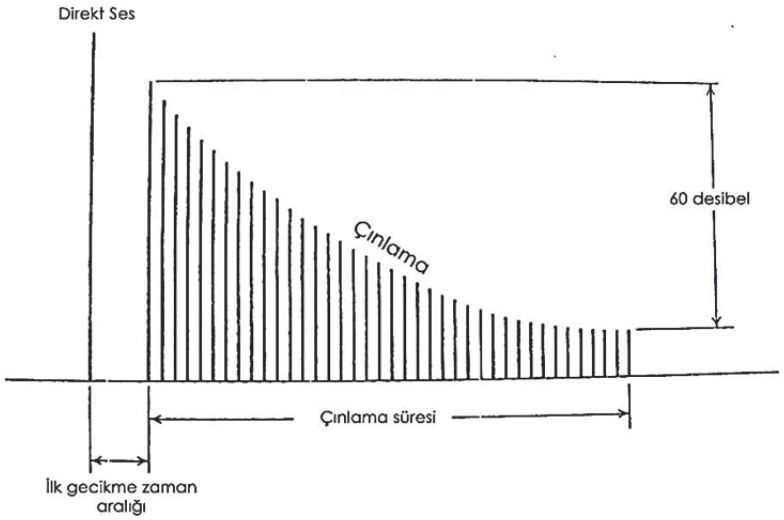
Çınlama, konser ve opera salonlarında olması istenen bir özelliktir. Bestecinin müzikal etki yaratması için çınlama süresi çok önemli bir parametredir. Çınlama, notalar arasındaki boşlukları doldurarak tonun doluluğunu sağlar. Bu nedenle gerekli çınlamayı sağlamak için 16. yüzyıldan itibaren besteciler koro ve dini müzikler için hem uzun çınlama süresine sahip büyük katedralleri hem de kısa çınlama süresine sahip kilise ve şapelleri kullanmışlardır [10].

Her dönemde besteciler kısa çınlama süresine sahip küçük salonlar ve az sayıda müzisyenden oluşan küçük orkestralar için de besteler yapmışlardır. 1700-1850 yılları arasında konserler, daha büyük ve geniş orkestralarla daha büyük salonlarda, özellikle de sarayların balo salonlarında düzenlenmiştir. Bu hacimlerde orta frekanslarda çınlama süresi yaklaşık 1.5 saniyedir. Opera için de daha küçük ve dar at nalı şeklinde ortalama 1.2 saniye çınlama süresine sahip salonlar yapılmış ve ihtiyaç duyulan çınlama süreleri sağlanmıştır [10].

Salonların farklı akustik karakterleri, bestecilerin kendi müzikal işlerinde, belirli çınlama süresi aralıkları oluşturma düşüncesini doğurmuştur. İdeal olarak düşünüldüğünde her bestenin kendi akustik özelliklerine uygun bir hacme ihtiyacı vardır. Bir beste kendine uygun olmayan çınlama karakterine sahip bir salonda sunulduğu zaman dinleyiciler tarafından bu uyumsuzluk hemen fark edilmektedir [10].

Şekil.3.1'de dinleyicinin kulağına gelen ses azalması diyagramı gösterilmiştir. Dolaysız ses ve onun gücünü düşey olarak gösteren çizgi diyagramın solunda yer alır ve onu ilk gecikme zaman aralığı (ITDG) takip eder. Hacmin çınlama süresi, çınlayan sesin 60 dB azalmasıyla ölçülür. Bu süre için genellikle ilk 5 dB'lik bölüm

dikkate alınmaz. İlk 5 dB azalmanın beklenmesi ile ITDG süresi çıkartılmış olur [10].



Şekil 3.1 : Dinleyicinin kulağına gelen ses azalması diyagramı [10].

Çınlama süresi 1950 yılından beri hoparlör, mikrofon ve ses düzeyi kaydedicilerle ölçülebilmektedir. Bu cihazlarla zamana karşı ses düzeyi ölçülerek çınlama süresi belirlenmektedir. Normal olarak çınlama süresi birçok oktav bant frekansı üzerinde ölçülmektedir. Akustik ölçekli model veya bilgisayar modeli gibi daha karmaşık metotlarla bu ölçüler önceden tahmin edilebilir hale gelmiştir. Yeni ölçüler için ticari test sistemleri de günümüzde kullanılmaktadır. Bu yeni ölçüler 1997 yılında çıkan ISO-3382 standardında yer almaktadır. Önerilen yeni ölçülerin çoğu akustik tasarımcılar tarafından kabul görmüş ölçülerdir ve birçok alternatifleri bulunmaktadır [10].

Müzik için yapılan salonlarda çınlama süresi

Neredeyse müzik ve akustikteki her parametre dolaysız ve yansıyan sesin ilişkisinden etkilenir. Yansımanın gerçekleştiği alan tamamen hacmin mimari tasarımına ve izleyicilerin oturma düzenine bağlıdır. Dolaysız ses ise mimariden etkilenmez, izleyiciyle olan etkileşime bağlıdır. Erken yansımalar içeren dolaysız sesin hissedilen yüksekliği kısmen hacmin mimarisi tarafından etkilenmektedir [2].

Çınlama süresi, salonun hacmi ile yutulma oranına bağlıdır. Konser salonu tasarımında temel amaç en az maliyetle koltuk başına düşen çınlama oranını mümkün olduğunca sağlamaktır. Bu durum yutulmayı sadece seyircilerle ve sanatçılarla sağlayarak da gerçekleştirilebilir. Konuşma için yapılan salonlarda temel kural, yutucu yüzeyler yaparak yansımaların geri dönmesini engellemektir. Müzik

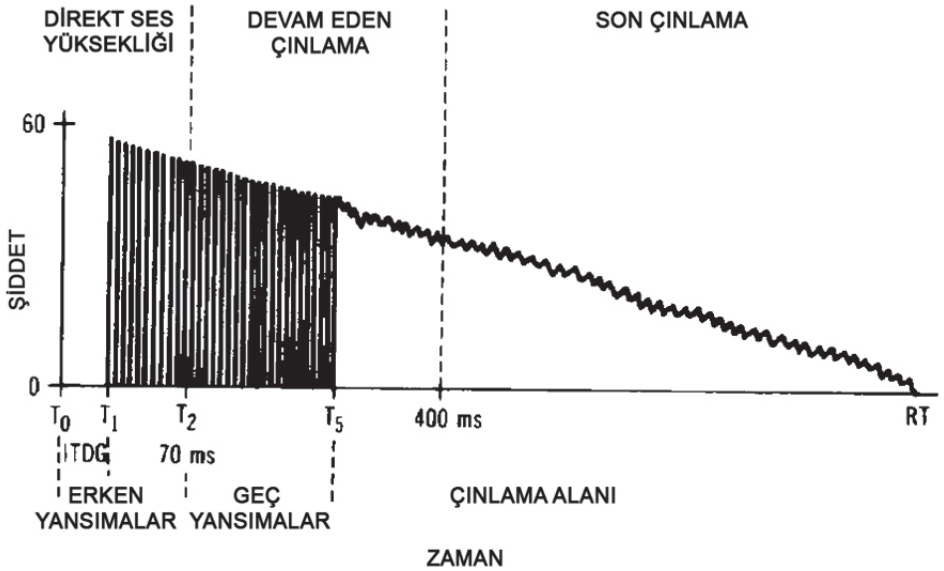
için yapılan salonlarda ise arka duvarlar dışında yutucu hiçbir duvar tavan yüzeyi yapılmamalıdır. Kontrollü ekolar yutulmayla değil yayılma ve yeniden yönlendirmeyle yapılabilmektedir. Eğer erken yansımalara ihtiyaç duyulmuyorsa sorunlu bölgelerde sesin saçılması veya dağılması sağlanmalıdır. Ayrıca 2000 Hz ve daha yüksek frekanslarda, özelikle büyük hacimli salonlarda, hava ile yutulma gerçekleşerek bu frekanslarda çınlama süresinin kısa olmasına neden olmaktadır [2].

Kulak erken çınlamaya karşı çok hassastır. Geç yansımalar ise müzik içindeki notaları maskeleyerek anlaşılmasını zorlaştırmaktadır. Erken çınlamalar tüm çınlamalara göre daha fazla öznel etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle salon tasarımında erken çınlamalara önem verilmelidir [1].

Çınlama süresinin anatomisi

Çınlama, önce az miktarda erken yansımalarla başlar, yansıma yoğunluğu çok fazla olana kadar hızla yükselir ve hacim homojen çınlama alanı ile dolar. Şekil.3.2'te görüldüğü gibi çınlama yapısı dört bölüme ayrılmıştır [2].

1. İlk gecikme zaman aralığı (ITDG), gelen dolaysız sesle T_0 ilk yansıyan sesin T_1 gelmesi arasındaki süredir.
2. 70 milisaniyeye kadar gelen T_1 ve T_2 arasındaki ilk yansımalardır.
3. Geç yansımaların geldiği 70 milisaniyelik T_2 ve homojen çınlama alanının başladığı T_s arasındaki süredir.
4. Homojen çınlama alanının bir eğimle azaldığı ve hacmin çınlama süresinin belirlendiği alandır [2].



Şekil 3.2 : Çınlama süresinin anatomisi [2].

İlk gecikme zaman aralığının (ITDG) uzunluğu, salon tasarımında en kritik faktör olarak kabul edilmektedir. Beranek'in en iyi salonları sıraladığı ölçekli puanlama sisteminde de, toplamda elde edilecek 100 puanın 40 puanı 20 milisaniyeye kadar olan ilk gecikme zaman aralığına verilmektedir. Eğer ilk yansıma geç yansımalara göre daha düşük ses düzeyine sahipse, yüksek ses seviyesine sahip yansıma T_1 süresini ve böylece ilk gecikme zaman aralığını belirler. Aslında ilk yansıma tek bir yansıma değil, farklı yüzeylerden gelen çok yakın yansımalardan oluşmaktadır [2].

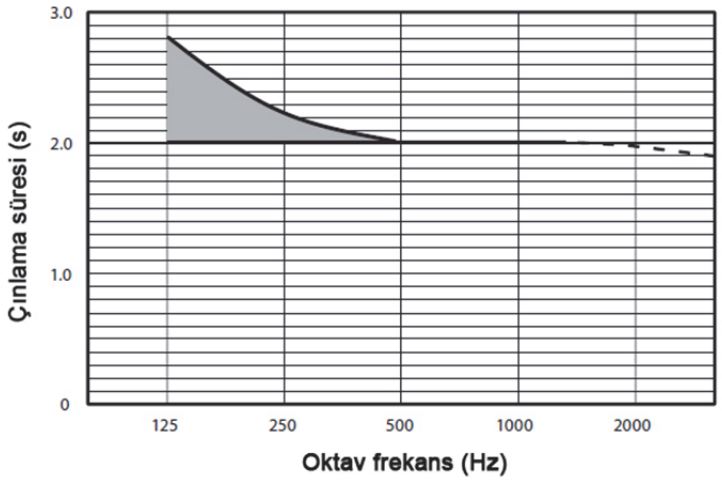
Erken yansımaların geliş yönü çok önemlidir. Yan yüzeylerden gelen yansımalar, arkadan önden ve yukardan gelen yansımalara göre daha önemlidir. Yansımaların yönünün önemi Beranek'in ölçekli puanlama sistemini hazırladığı zamanlarda bilinmiyordu [2].

Erken yansımalarla geç yansımaları ayıran sınır 70 milisaniye olarak alınmıştır. Bazı araştırmacılara göre bu sınır 80 milisaniyedir. Konuşma sesinde ise sınır 40 milisaniye olarak alınmıştır. Belirlenen bu zamanlar yansımaların algılanma eşiğine bağlıdır. Bu eşik o kadar keskin değildir, orijinal sesin uzunluğuna, geliş açısına, dinleyicilerin kişisel farklılıklarına bağlıdır. Erken yansımaların farkında olmamıza rağmen farklı sesler olarak algılamayız. Dolaysız sesin yüksekliğinden etkilenmemizin nedeni dolaysız sesle T_2 süresinden önce gelen tüm yansımaların tek ses olarak algılanmasıdır [2].

Erken yansımaların yan yüzeylerden gelmesinin istendiği gibi, geç yansımaların da her yönden gelmesi istenmektedir. Genellikle geç yansımalar tarafından oluşturulan her yönden gelen yansımalar dolu tonlar yaratır ve müziğe canlılık hissi verir. Geç yansımalarla homojen çınlamaların başladığını gösteren çizgi kesin olarak belirlenemez. Cremer, merkez süresi (T_s) bölgesinin başladığı noktanın belirlenmesi için, bir dinleyicinin yansımaların yoğunluğundaki artışı fark edinceye kadar sürenin belirlenmesi gerektiğini söylemiştir [2].

Çınlama süresi için gerekli frekans karakteri Şekil.3.3'te gösterilmiştir. Yüksek frekanslarda yaşanan kaçınılmaz azalmanın nedeni havanın yutuculuğudur. Alçak frekanslardaki çınlama süresi yükselişi akustik sıcaklık faktörünün hissedilmesine katkıda bulunmaktadır. 125 Hz'deki çınlamanın orta frekanslardaki çınlamadan daha fazla olması istenmektedir. Alçak frekanslarda seyirci bölgesinde yutulma az olur ve alçak frekans artışı masif olarak inşa edilmiş salonlarda gerçekleşmektedir. Bas

seslerin çınlama süresini uzatmak için, bağlayıcı duvarlar ve tavan oldukça masif olmalı ve yeteri kadar küçük yutucu panel kullanılmalıdır [3].



Şekil 3.3 : Konser salonları için gerekli çınlama karakteristiği [3].

Çınlama süresi hesabı

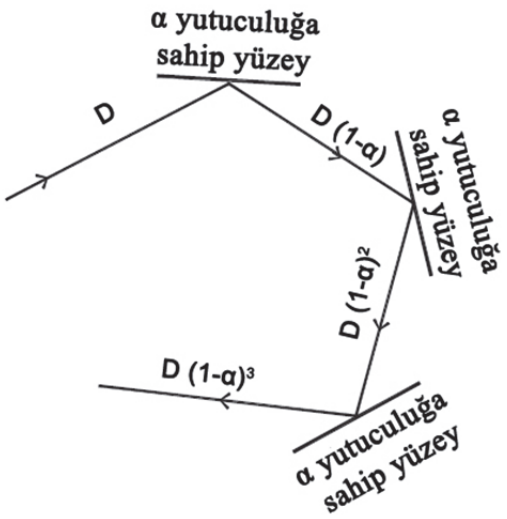
Sesin bir hacimde belirli bir karakteristik içinde kaybolmasıyla ilgili ilk çalışmaları Wallace Clement Sabine yapmıştır. Sabine, Fogg Art Museum konferans salonunun konuşma anlaşılabilirliği problemini çözme işini üstlendiğinde ses hacimde 5 saniye boyunca varlığını sürdürmekteydi. Salonda yapılan konuşmaların neredeyse hiçbir kısmı anlaşılamamaktaydı. Sabine, çınlama süresi ölçümü için ses seviyesinin 60 dB azalmasını beklemiş ve bu ölçümü birçok yutucu malzemeyle denemiştir. Sonunda koltuklarda, yan ve arka duvarlarda yutucu elemanlar kullanarak çınlama süresini 1 saniyeye kadar indirmeyi başarmıştır. Tüm bu çalışmalar sonucunda çınlama süresinin bir salon tasarımında en önemli parametre olduğunu ortaya koymuş ve bununla ilgili bir bağıntı oluşturmuştur [1].

Kaynaktan çıkan ses bir yüzeyden yansıdıktan sonra, enerji yoğunluğunun bir kısmını yüzeyin yutuculuk katsayısına bağlı olarak kaybetmektedir. Ses yansıdığı her yüzeyde enerjisini kaybetmeye devam eder ve n yansımadan sonra oluşan enerji kaybı aşağıdaki bağıntıdaki gibi olur [13].

$$D_1 = D_0(1 - \bar{\alpha}) \tag{3.1}$$

$$D_2 = D_1(1 - \bar{\alpha}) = D_0(1 - \bar{\alpha})^2 \tag{3.2}$$

$$D_n = D_0(1 - \bar{\alpha})^n \tag{3.3}$$



Şekil 3.4 : Kaynaktan çıkan sesin yüzeylerden yansıyarak enerji kaybetmesi [14].

Her yansıma arasındaki zaman, yansımalar arasında sesin aldığı ortalama yol ve bu bağıntıların birleştirilmesiyle oluşan bağıntı aşağıdaki gibidir [13].

$$d = \frac{4V}{S_0} \qquad t_1 = \frac{d}{c} = \frac{4V}{S_0 c} \tag{3.4}$$

Toplam zaman (t) ve yansıma sayısı (n) bağıntıları bir araya getirildiğinde aşağıdaki bağıntıya ulaşılır [13].

$$t = nt_1 = \frac{4V_n}{cS_0} \qquad n = \frac{cS_0 t}{4V} \tag{3.5}$$

Elde edilen n değeri enerji kaybı formülüne yerleştirilirse aşağıdaki sonuçlar elde edilir [13].

$$D = D_0(1-\overline{\alpha})^{(\frac{S_0 c}{4V})/t} \tag{3.6}$$

$$(1-\overline{\alpha}) = \exp[\ln(1-\overline{\alpha})] = [-\ln(\frac{1}{(1-\overline{\alpha})})] \tag{3.7}$$

$$D = D_0 \exp(-\frac{cat}{4V}) \tag{3.8}$$

“a” miktarı ise yutucu birimlerin sayısı olarak tanımlanır [13].

$$a = S_0 \ln(\frac{1}{1-\overline{\alpha}}) \tag{3.9}$$

Akustik enerji yoğunluğu akustik basınç arasındaki ilişki de aşağıdaki gibidir [13].

$$D = \frac{p^2}{p_0 c} \qquad D_0 = \frac{p_0^2}{p_0 c} \tag{3.10}$$

p_o, kaynak susmadan önceki orijinal akustik basınçtır ve enerji kaybı formülüne yerleştirilirse aşağıdaki eşitlikler elde edilir [13].

$$\frac{p^2}{p_0} = \exp\left(-\frac{cat}{4V}\right) = \frac{(p/p_{ref})^2}{(p_0/p_{ref})^2} \tag{3.11}$$

$$L_{p,0} - L_p = [10\log_{10}(e)](cat/4V) = 1.0857cat/V \tag{3.12}$$

Çınlama süresi T_r, ses basınç seviyesinin kaynak sustuktan sonra 60 dB düşene kadar geçen süredir. $L_{p,0}$ - L_p = 60 dB değeri eşitliğe yazılırsa, Sabine'in çınlama süresi formülü bulunur. [13].

$$T_r = \frac{55.26V}{ca} = \frac{0.161V}{A} \tag{3.13}$$

Sabine'in denklemi özellikle canlı odalar için doğru sonuçlar vermektedir. Fakat bu denklemin bazı sınırlamaları vardır. Çok yutucu hacimlerde bu denklem doğru sonuç vermez. Bir odadaki yutuculuk arttıkça Sabine formülü ile elde edilen sonuç daha az doğru hale gelmektedir. Örneğin tamamen yutucu bir hacimde (α=1) çınlama süresi 0.0 saniye çıkması beklenirken Sabine formülü ile hatalı bir sonuç elde edilir. Bu nedenle daha az çınlamaya sahip hacimlerle uyumlu çınlama süreleri veren bağıntılar üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan biri de Norris-Eyring çınlama süresi formülüdür. Bu formül Sabine'in orijinal formülü üzerinde yapılan değişiklikle elde edilmiştir. Sabine'e göre farklı "a" değeri ($a = S_{0\alpha}$) kabul etmiştir. Bunun sonucunda ortaya çıkan formül aşağıdaki gibidir [13].

$$T_r = \frac{0.161V}{-S\ln(1-\alpha)} \tag{3.14}$$

Bu formülle daha yutucu hacimlerin çınlama süresi hesaplamasında daha doğru sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca tamamen yutucu bir hacimde (α=1) de 0.0 saniye çınlama süresi verir ve tüm yüzeyleri aynı yutuculuk katsayısına sahip hacimler için daha iyi sonuçlar verir. Eğer odada bulunan yüzey malzemelerinin yutuculuk

katsayıları ortalaması bilinmiyorsa bu yüzey malzemeleri için tek tek çınlama süresi belirlenebilir. Bir hacimde bulunan malzemelerin yutuculuk katsayıları çok çeşitli ise Millington-Sette eşitliği kullanılması daha doğru sonuçlar verir [13].

$$T_r = \frac{0.161V}{-S_T \ln[1 - \sum(S_i \alpha_i / S_T)} \quad \textbf{(3.15)}$$

Eğer bir hacmin duvarları, tavan ve döşeme yutuculuk katsayılarıyla önemli ölçüde farklılık gösteriyorsa ses dalgaları düşey düzlemde duvarlar arasında farklı azalmalarla ilerler. Fitzroy bu olguyu üç terimle açıklar; yan duvarlar, duvar bitişleri ve tavan döşeme kombinasyonu arasındaki yansımalar. Bunun sonucunda "a" değerini aşağıdaki gibi formüle etmiştir [13].

$$\frac{1}{\alpha} = -\frac{1}{S_0}\left[\frac{(S_x/S_0)}{\ln(1-\overline{\alpha}_x)} + \frac{(S_y/S_0)}{\ln(1-\overline{\alpha}_y)} + \frac{(S_z/S_0)}{\ln(1-\overline{\alpha}_z)}\right] \quad \textbf{(3.16)}$$

S_x yan duvar alanı, S_y duvar bitişleri alanı, S_z tavan döşeme kombinasyonun alanını, S_0 ise toplam yüzey alanını gösterir [13].

Beranek de çınlama süresi üzerine deneysel çalışmalar yapmıştır. Beranek'in hazırladığı formül ise iyi bir opera ve konser salonun çınlama süresi hesabını geliştirmeye dayanmaktadır [13].

$$T_r = \frac{1}{0.1 + 5.4(\frac{S_F}{V})} \quad \textbf{(3.17)}$$

S_F seyirci, orkestra ve koronun kapladığı toplam alan, V ise mekanın hacmidir [13].

Çınlama süresi parametresi bir salonun akustik kalite değerlendirmesinde ele alınan en önemli parametredir ve neredeyse tüm nesnel ve öznel parametreleri etkilemektedir. Çınlama süresi hacim ile doğru, yüzeylerin yutuculuğu ile ters orantılıdır. EDT, C_7, C_{50}, C_{80}, D_{50}, T_s gibi birçok nesnel parametreyi doğrudan etkilemektedir. Çınlama süresinin uzun olması konuşma anlaşılabilirliğini azaltırken müzikal çevreleme hissini arttırmaktadır. Canlılık, parlaklık, sıcaklık, samimiyet gibi öznel parametreleri de doğrudan etkilemektedir. Çınlama süresi kısaldıkça ses kuru ve ölü olarak tanımlanırken, çınlama süresi uzadıkça canlılık parametresi artmaktadır [13].

Konser ve opera salonlarında çınlama süresi, alçak frekanslara doğru gidildikçe %5 - % 15 fazla değere sahip olmalıdır. Böylece bas seslerin daha uzun çınlaması ile öznel sıcaklık parametresi sağlanmış olur [15].

Çizelge 3.1 : Literatürden elde edilen çınlama süreleri (sn).

Kaynak	Oda Müziği	Opera	Klasik Müzik
[3]	1,4 - 1,7	1,2 - 1,8	1,8 - 2,2
[10]	-	1,3 - 1,5	1,8 - 2,0
[11]	1,2 - 1,5	1,4 - 1,8	2,0 - 2,4
[14]	1,2 - 1,5	1,2 - 1,5	1,5 - 2,2
[16]	1,2 - 1,5	1,2 - 1,6	1,7 - 2,3
[15]	1,4 - 1,8	1,0 - 1,5	1,8 - 2,2
[17]	-	-	1,7 - 2,3
[18]	1,4	-	2,2

Çınlama süresinin akustik simülasyon programları ile hesaplanması, kaynaktan çıkan sesin, kaynak sustuktan sonra ilk 30 dB düşüşü üzerinden yapılmaktadır. Hesaplamada ilk gecikme zaman aralığını devre dışı bırakmak için 5-35 dB arasındaki düşüş dikkate alınır. Elde edilen değerin 60 dB sonuç ile kıyaslanabilmesi için sonuçlar 2 ile çarpılır ve çınlama süresi elde edilir [17].

$$T_{60} = 2 \, . \, t_{30} \tag{3.18}$$

t_{30}: Kaynaktan çıkan sesin ilk 30 dB'lik düşüşü sırasında geçen süre.

Çınlamanın erken bölümünün daha detaylı incelenmesi için aynı şekilde T_{15} ve T_{20} değerleri de hesaplanarak sonuçlar elde edilebilir. T_{15} için ilk 5-20 dB arasındaki 15 dB'lik düşüş üzerinden hesaplama yapılır ve elde edilen sonuç 4 ile çarpılarak çınlama süresi ile karşılaştırma yapılır. Aynı şekilde T_{20} için de 5-25 dB arasındaki 20 dB'lik düşüş dikkate alınır ve elde edilen sonuç 3 ile çarpılarak 60 dB ile karşılaştırılabilecek düzeye getirilir. [17].

$$T_{15} = 4 \, . \, t_{15} \tag{3.19}$$

$$T_{20} = 3 \, . \, t_{20} \tag{3.20}$$

t_{15}: Kaynaktan çıkan sesin ilk 15 dB'lik düşüşü sırasında geçen süre.

t_{20}: Kaynaktan çıkan sesin ilk 20 dB'lik düşüşü sırasında geçen süre.

3.1.1.2 Erken düşme süresi parametresi (EDT)

Erken düşme süresi, sesin ilk ses azalma kısmını inceleyip çınlama süresi ile karşılaştırılasını sağlayan parametredir. Daha teknik olarak tanımlamak gerekirse, erken düşme süresi, ses kaynağı sustuktan sonra sesin 10 dB azalmasına kadar geçen sürenin 6 ile çarpılmasıyla oluşan süredir. Bu sürenin 6 ile çarpılmasının nedeni çınlama süresi ile kıyaslama yapılabilmesinin sağlanmasıdır. Böylece aynı düzeyde güç kaybeden (60 dB) sesin erken bölümündeki düşüşü ile çınlama süresi arasındaki farklılıklar görülebilmektedir [10].

$$EDT = 6 \, . \, t_{10} \tag{3.21}$$

t_{10}: Kaynaktan çıkan sesin ilk 10 dB'lik düşüşü sırasında geçen süre.

Konser salonu akustik kalite sıralaması için yapılan anketler, görüşmeler ve ölçümlerden sonra, erken azalma süresinin çınlama süresine göre daha etkili rol oynadığı görülmüştür. Bunun nedeni ise müziğin içinde birbirini hızla takip eden bölümlerde, erken düşme süresi parametresinin hızlı bölümlerdeki çınlamanın azalmasını göstermesi ve dolayısıyla daha detaylı sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamasıdır [19].

Erken düşme süresi, çınlama süresi (T_{30}) ile yakından ilişkili bir parametredir. Kaynağa yakın yüzey miktarı, hacim, yutuculuk oranı, ses kaynağının yönlülüğü ve hacmin geometrisi erken düşme süresi parametresini etkilemektedir. Yüksek saçıcılığa sahip salonlarda EDT azalma eğrisi düzgün ve çizgisel karaktere sahip olmaktadır [19].

Erken düşme süresi, bir performansta hızlı ve yavaş bölümlerin değerlendirilmesi için önemlidir. EDT'nin T_{30}'dan fazla olması, konuşma anlaşılabilirliğinin azalmasına, müzikal çevrelenme hissinin artmasına neden olur. EDT'nin T_{30}'dan az olması ise ses maskelemesinin engellediğini, konuşma anlaşılabilirliğinin ve netliğin arttığını göstermektedir [19].

Çizelge 3.2 : Literatürden elde edilen erken düşme süreleri (sn).

Kaynak	Oda Müziği	Senfonik Müzik
[3]	1,8 – 2,2 sn	
[15]	1,1 x T_{30}	
[18]	1,4 sn	2,2 sn

3.1.1.3 Çınlama eğrisinin düzgünlüğü parametresi (XI(T_{20}) - XI(T_{30}))

XI(T_{20}) ve XI(T_{30}) parametresi, T_{20} ve T_{30} parametrelerinin kalitesi ve düzgünlüğünü göstermektedir. T_{20} ve T_{30} parametreleri için çınlama eğrisi grafiğinin azalma eğrisinin durumunu belirtir. ISO 3382-2'de yer alan bu parametre için ‰ 5 ve altındaki değerler düzgün azalan çınlama eğrisi olduğunu, ‰ 5'in üzerindeki değerler T_{20} ve T_{30} parametrelerinin düzgün azalmadığını göstermektedir. [20].

Çizelge 3.3 : Literatürden elde edilen XI(T_{20}) ve XI(T_{30}) oranları (‰).

Kaynak	XI(T_{20}) - XI(T_{30})
[20]	< ‰ 5

3.1.1.4 Eğrilik parametresi (C)

Eğrilik (curvature) parametresi, XI(T_{20}) ve XI(T_{30}) parametrelerinde olduğu gibi çınlamanın kalitesi ve düzgünlüğünü göstermektedir. T_{20} ve T_{30} parametreleri için çınlama eğrisi grafiğindeki azalma eğrisinin durumunu belirtir. ISO 3382-2'de yer alan bu parametre için %0 - %5 arasındaki değerler, düzgün azalan çınlama eğrisi olduğunu , %10 ve üzerindeki değerler çınlama eğrisinin düzgün azalmadığını göstermektedir [20].

$$C = 100 \,.\, (\frac{T_{30}}{T_{20}} - 1) \qquad \textbf{(3.22)}$$

t_{20}: Kaynaktan çıkan sesin ilk 20 dB'lik düşüşü sırasında geçen süre.

t_{30}: Kaynaktan çıkan sesin ilk 30 dB'lik düşüşü sırasında geçen süre.

Çizelge 3.4 : Literatürden elde edilen eğrilik parametresi oranları (%).

Kaynak	Curvature(C)(%)
[20]	%0 - %5

3.1.1.5 Merkez süresi parametresi (T_s)

Ağırlık noktası zamanı olarak da adlandırılan merkez süresi parametresi (T_s), geç ve erken seslerin ağırlık merkezini göstermektedir. Merkez süresi parametresi, sinyal tepkisinin karesinin ağırlık merkezi olarak tanımlanır. Konuşma anlaşılabilirliğini, netliği ve müzikal çevrelemeyi etkilemektedir. EDT, D_{50} ve C_{80} parametreleri üzerinde etkileri bulunmaktadır. 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 [21].

$$T_S = 1000.\frac{\int_0^\infty t.\,p^2(t)dt}{\int_0^\infty p^2(t)dt}\,ms \qquad \textbf{(3.23)}$$

p(t) : Ölçüm noktasındaki anlık ses basınç düzeyi.

Çizelge 3.5 : Literatürden elde edilen T_s parametresi süreleri (ms).

Kaynak	Konuşma	Klasik Müzik
[21]	-	60 - 260
[22]	60 - 80	70 - 150
[23]		90 - 160

3.1.1.6 Ses gücü parametresi (SPL) (G)

Ses yüksekliği terimi akustik tasarımcıların kullandığı, sesin kulaklara uyguladığı güç ile ilgili bir terimdir. Sesin gücü akustik tasarımcılar ve mühendisler tarafından mikrofon ve kalibre edilmiş ses ölçüm cihazı ile ölçülmekte ve desibel cinsinden değerler elde edilmektedir. Her salonda salonun fiziki özelliklerine bağlı olarak ses yükseklik düzeyleri değişmektedir. Sesin homojen biçimde yutulduğu 1000 kişilik bir konser salonunda ses düzeyi, aynı çınlama süresine sahip 3000-5000 kişilik salona göre daha yüksektir. Orkestranın toplam ses gücü dinleyiciler tarafından eşit miktarda yutulmaktadır. 1000 kişilik bir salonda izleyicilerin aldığı ses enerjisi 3000 kişilik salona göre üç kat fazladır. Ancak aynı sayıda dinleyiciye sahip bir salonda müzik, yüksek çınlamaya sahip bir salonda elde edilen G değeri, ölü bir salona göre daha yüksek düzeye sahiptir [10].

$$G = L_p - L_{p,10} \qquad \textbf{(3.24)}$$

L_p : Ölçüm yapılan salondaki her ölçüm noktasında ölçülen ses basınç düzeyi.

$L_{p,10}$: Yansımasız bir odada kaynaktan 10 metre mesafede ölçülen ses basınç düzeyi.

Dinleyici kaynak arasındaki mesafe, kaynağın ses gücü, hacmin geometrisi ve yüzey malzemeleri SPL parametresini etkilemektedir. SIL, AI gibi ses enerjisinin arka plan tarafından maskelenmesini inceleyen parametreler üzerinde de etkilidir. Akustik simülasyon programlarında G değerini elde etmek için SPL parametresi

kullanılmaktadır. Kaynağın ses düzeyi 31 dB'e getirildiği zaman elde edilen SPL değerleri aynı zamanda G değerini de ifade etmektedir [10].

Çizelge 3.6 : Literatürden elde edilen G parametresi düzeyleri (dB).

Kaynak	Oda Müziği	Senfonik Müzik
[3]	-	> 0
[18]	+ 10	+ 3
[24]	-	+ 4

Bunlara ek olarak ses gücü parametresinin ağırlıklı ortalama değerleri de hesaplanabilmekte ve ölçülebilmektedir. SPL(A) parametresi, ortalama A ağırlıklı SPL değerini gösteren parametredir. Sonuçlar dB(A) şeklinde frekanslardan bağımsızlaştırılmış biçimde tek bir değer olarak verilir. A ağırlıklı SPL sonuçları insanlar üzerinde yapılan işitme testleriyle frekans üzerinde yapılan filtrelemeye dayanır. Orta frekans sesleri insan kulağı tarafından daha kolay işitildiği için yüksek frekans ve özellikle alçak frekanslarda düzeltmeler yapılır [17].

SPL(Lin), lineer SPL değerini gösteren bir parametredir. Sonuçlar frekanslardan bağımsızlaştırılmış ve ağırlık filtresi uygulanmamış biçimde tek bir değer olarak verilir. SPL(C) parametresi, ortalama C ağırlıklı SPL değerini gösteren parametredir. Sonuçlar dB(C) şeklinde frekanslardan bağımsızlaştırılmış biçimde tek bir değer olarak verilir. C ağırlıklı SPL, A ağırlıklı SPL sonuçlarına göre daha küçük filtreleme yapar ve ortalama sonuçlar daha yüksek çıkar [17].

3.1.1.7 Ayırt edilebilirlik parametresi (D_{50})

Ayırt edilebilirlik parametresi konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili bir parametredir. Ses kaynaktan çıktıktan sonra ilk 50 ms içindeki ses enerjisinin toplam ses enerjisine oranı ile elde edilir. T_{30}, EDT, T_s, C_{80} parametreleri ile yakından ilişkili bir parametredir. Geç enerji oranı arttıkça D_{50} parametresi azalır, bu nedenle T_{30} uzadıkça konuşma anlaşılabilirliği de azalmaktadır. Hacim, yüzey malzemelerinin yutuculuk oranı ve kaynağa yakın yansıtıcı yüzeyler D_{50} parametresini etkiler [25].

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt} \qquad \textbf{(3.25)}$$

p(t) : Ölçüm noktasındaki anlık ses basınç düzeyi.

Çizelge 3.7 : Literatürden elde edilen D_{50} parametresi oranları.

Kaynak	D_{50}
[21]	0,3 – 0,7
[22]	> 0,50

3.1.1.8 Direktlik parametresi (C_7)

C_7 parametresi sesin direktliğini göstermektedir. Kaynaktan çıkan sesin ilk 7 milisaniyedeki enerjisinin tüm ses enerjisine oranının logaritması ile elde edilir. Direktlik parametresi yakınlık öznel parametresi ile ilişkilidir. Kaynağa yakın yansıtıcı yüzeyler, ses kaynağının yönlülüğü ve kaynak-dinleyici arasındaki mesafe direktlik parametresini etkilemektedir [17].

$$C_7 = 10\log[\frac{\int_0^{0,007} p^2(t)dt}{\int_{0,007}^{\infty} p^2(t)dt}]\, dB \qquad \textbf{(3.26)}$$

p(t): Ölçüm noktasındaki anlık ses basınç düzeyi.

Çizelge 3.8 : Literatürden elde edilen C_7 parametresi düzeyleri (dB).

Kaynak	Klasik Müzik
[22]	> -10 veya >-15

3.1.1.9 Konuşma için netlik parametresi (C_{50})

C_{50} parametresi, konuşma için kullanılan netlik parametresidir ve kaynaktan çıkan sesin ilk 50 milisaniyedeki enerjisinin tüm ses enerjisine oranının logaritması ile elde edilir. Konuşma anlaşılabilirliği için yüksek netlik C_{50} değerleri, klasik müzik için düşük C_{50} değerleri tercih edilmektedir. T_{30} uzadıkça netlik değeri C_{50} ve konuşma anlaşılabilirliği azalmaktadır. C_{50} parametresi, ayırt edilebilirlik parametresi (D_{50}) ile yakından ilişkilidir ve bu iki parametreyi birbirine bir formül ile dönüştürmek mümkündür [22].

$$C_{50} = 10\log[\frac{D_{50}}{1 - D_{50}}]\, dB \qquad \textbf{(3.27)}$$

C_{50}: Konuşma için sesin netliği parametresi.

D_{50}: Ayırt edilebilirlik parametresi.

$$C_{50} = 10\log[\frac{\int_0^{0,05} p^2(t)dt}{\int_{0,05}^{\infty} p^2(t)dt}]\, dB \quad \textbf{(3.28)}$$

p(t): Ölçüm noktasındaki anlık ses basınç düzeyi.

Çizelge 3.9 : Literatürden elde edilen C_{50} parametresi düzeyleri (dB).

Kaynak	Klasik Müzik
[22]	≥ -2

3.1.1.10 Müzik için netlik parametresi (C_{80})

C_{80} parametresi müzik için kullanılan netlik parametresidir ve kaynaktan çıkan sesin ilk 80 milisaniyedeki enerjisinin tüm ses enerjisine oranının logaritması ile elde edilir. T_{30}, müziğin hızı, erken ses enerji oranı C_{80} parametresini etkiler. C_{80} parametresi T_{30} uzadıkça azalır. Bunun nedeni sesin geç bölümdeki enerjisinin artmasıdır [3].

$$C_{80} = 10\log[\frac{\int_0^{0,08} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt}]\, dB \quad \textbf{(3.29)}$$

p(t): Ölçüm noktasındaki anlık ses basınç düzeyi.

Çizelge 3.10 : Literatürden elde edilen C_{80} parametresi düzeyleri (dB).

Kaynak	Klasik Müzik	Romantik Müzik	Genel
[3]	-	-	+2, -2
[11], [17], [18]	-	-	+3, -1
[14], [15]	-	-	0, -4
[21]	-	-	+5, -5
[22]	≥-1,6	≥-4,6	≥-3,0

3.1.1.11 Erken yanal enerji oranı parametresi (LF_{80})

LF_{80}, erken yanal enerji oranı parametresidir. Kaynaktan çıkan, hacmin yan yüzeylerinden yansıyarak 5 ms ile 80 ms arasında dinleyiciye ulaşan ses enerjisinin, ilk 80 ms içerisindeki dinleyiciye ulaşan tüm ses enerjisine oranı ile bulunur. Yanal enerji miktarı 8 şeklindeki mikrofon ile yapılan ölçümlerle elde edilir. Bu mikrofon dolaysız sesten etkilenmeden yan yüzeylerden gelen ses enerjisini ölçmektedir. Yan yüzeylerde kullanılan malzemeler, salon geometrisi ve erken-geç ses oranı erken yanal enerji oranını etkiler [21].

$$LF_{80} = \frac{\int_{0,005}^{0,08} p^2 L(t)dt}{\int_{0}^{0,08} p^2(t)dt} \quad \textbf{(3.30)}$$

pL(t): 8 şeklinde mikrofon ile ölçülen anlık ses basınç düzeyi.

p(t): Ölçüm noktasındaki anlık ses basınç düzeyi.

Çizelge 3.11 : Literatürden elde edilen LF_{80} parametresi oranları.

Kaynak	Oda Müziği	Romantik Müzik	Klasik Müzik
[3], [14]			0,10 – 0,35
[11], [18]	0,15 – 0,20	0,20 – 0,25	
[17]			>0,25
[21], [22]			0,05 – 0,35

3.1.1.12 Yanal enerji oranı parametresi (LFC_{80})

LFC_{80} de erken yanal enerji oranı parametresidir. LF_{80} parametresi ile çok benzemesine rağmen daha fazla açısal çeşitlilikten yararlanılması için 8 şeklinde mikrofonla elde edilen ölçümlerin karesi yerine, bu ölçümle ve normal mikrofonla yapılan ölçüm çarpılmıştır. LFC_{80} parametresi de LF_{80} de olduğu gibi, kaynaktan çıkan ve hacmin yan yüzeylerinden yansıyarak 5 ms ile 80 ms arasında dinleyiciye ulaşan ses enerjisinin, ilk 80 ms içerisindeki dinleyiciye ulaşan tüm ses enerjisine oranı ile bulunur [22].

$$LFC_{80} = \frac{\int_{0,005}^{0,08} [pL(t).p(t)]dt}{\int_{0}^{0,08} p^2(t)dt} \quad \textbf{(3.31)}$$

pL(t): 8 şeklinde mikrofon ile ölçülen anlık ses basınç düzeyi.

p(t): Ölçüm noktasındaki anlık ses basınç düzeyi.

LFC parametresini, LF_{80}'de olduğu gibi, yan yüzeylerde kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri, çınlama süresi, salon geometrisi ve erken-geç ses oranı erken yanal enerji oranını etkiler.

Çizelge 3.12 : Literatürden elde edilen LFC_{80} parametresi oranları.

Kaynak	Klasik Müzik
[21], [22]	0,05 – 0,35

3.1.1.13 Yararlı enerji parametresi (U_{50} - U_{80})

Bradley'nin 1986 yılında ortaya koyduğu yararlı – zararlı enerji oranı parametresidir. Yararlı enerji dolaysız ses enerjisi ve erken yansımaların enerjisi, zararlı enerji de çınlama enerjisi ve arka plan gürültüsünün enerjisidir [22].

$$U_{50,80} = \frac{\text{dolaysız ses} + \text{erken yansımalar}}{\text{çınlama enerjisi} + \text{arka plan gürültüsü}} \quad \textbf{(3.32)}$$

U_{50} parametresinde 50 milisaniye yararlı enerji ile zararlı enerji ayırımını yapan zaman noktası olurken, U_{80} parametresinde de 80 milisaniye yararlı enerji ile zararlı enerji ayırımını yapan zaman noktasıdır [22].

$$U_{50,80} = 10\log[\frac{E}{L+N}]\,dB \quad \textbf{(3.33)}$$

E: Erken gelen ses enerjisi düzeyi

L: Geç gelen ses enerjisi düzeyi

N: Arka plan gürültü düzeyi

3.1.1.14 Eko parametresi (Echo(Dietsch))

Eko, bir salondaki akustik kaliteyi belirleyen önemli parametrelerdendir. Geç yansıyan güçlü sesler ekoya neden olarak salonun akustik kalitesini bozmaktadır. Eko kriteri için Dietsch ve Kraak'ın yaklaşımı ele alınmıştır. Buna göre müzik için 1.5, konuşma için 0.9 değerinin üzerindeki sonuçlar işitilebilir eko olduğunu göstermektedir. Eko parametresi T_{30} ve T_s parametresi ile doğrudan ilişkilidir ve erken - geç ses oranı eko parametresini belirler [26].

$$EK_{\text{konuşma,müzik}} = \frac{\Delta t_s(\tau)}{\Delta\tau_E} \quad \textbf{(3.34)}$$

t_s: Merkez süresi parametresi

$\Delta\tau_E$: Değerlendirme kriteri; müzik için 14 ms, konuşma için 9 ms.

$$t_s(\tau) = \frac{\int_0^\tau t(pt)^n dt}{\int_0^\tau (pt)^n dt} \quad \textbf{(3.35)}$$

n: Ağırlık katsayısı; müzik için 1, konuşma için 2/3.

Çizelge 3.13 : Literatürden elde edilen eko parametresi oranları.

Kaynak	%10 Rahatsız Edici Eko	%50 Rahatsız Edici Eko	%90 Rahatsız Edici Eko
Konuşma için [22]	~0,90	1,00 – 1,50	> 1,50
Müzik için [22]	~1,50	1,50 – 1,80	> 1,80

3.1.1.15 Konuşma iletim indeksi parametresi (STI)

Konuşma anlaşılabilirliği, geleneksel olarak dinleyiciler üzerinde yapılan çeşitli kelime testleri ile gerçekleştirilmiştir. Bu sistem konuşma anlaşılabilirliğinin temelini oluştursa da dinleyiciden kaynaklanan öznel farklılıkların önüne geçmek için elektronik bir metot ihtiyacı hep var olmuştur. İnsan ses dokusu çok karmaşıktır ve basit sinüzoidal sinyallerin taklit edilmesi çok zordur. Houtgast ve Steeneken (1973) bununla ilgili olarak modülasyon transfer fonksiyonu (MTF) adında insan konuşma sesi özellikleri taklit eden bir ölçüm metodu geliştirmiştir [11].

MTF'nin temelinde konuşmanın içerdiği ayarlanmış (modüle edilmiş) gürültü bantları bulunmaktadır. Konuşma sırasında ses telleri titreyerek bir gürültü bandı oluşturur ve insan ağız yapısı bunu modüle ederek kelimeleri oluşturan çeşitli frekanslara dönüştürür. MTF sistemi de bu şekilde oluşan gürültü bantlarını modüle eder [11].

$$m(F) = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{2\pi F T_{60}}{13{,}8})^2}} \qquad m = \frac{1}{1 + 10^{(-\frac{S}{N})/10}} \tag{3.36}$$

$$m(f_m) = \frac{1}{\sqrt{1 + [\frac{2\pi f_m T_{60}}{13{,}8}]^2}} \cdot \frac{1}{1 + 10^{(-0.1 L_{SN})}} \tag{3.37}$$

$m(f_m)$: Modülasyon azaltım faktörü

L_{SN}: Sinyal – gürültü oranı

f_m: Modülasyon frekansı

T_{60}: Çınlama süresi

Modülasyon frekansı f_m, 0,63 Hz ile 12 Hz arasında üç oktav bant arasında yer alır. Yapılan analizlerde 7 oktav bandı üzerinde 14 modülasyon frekansıyla toplam 98 farklı m değeri elde edilir.

MTF ile konuşma sesi davranışı taklit edilip ölçülebildikten sonraki adım bunun konuşma anlaşılabilirliğine uyarlanmasıdır. Steeneken ve Hautgast, 1980 ve 1985 yılında geliştirdikleri algoritma ile m değerini STI'ya uyarlamışlardır. Bu uyarlama için önce görünürdeki sinyal – gürültü oranı bulunur [11].

$$L_{SNapp} = 10 \log \frac{m}{1-m} \tag{3.38}$$

L_{SNapp}: görünürdeki sinyal – gürültü oranı

m: Modülasyon azaltım faktörü

Sonra 7 oktav bandında bulunan 98 farklı m değeri için ortalama alınır.

$$\overline{L_{SNapp}} = \sum_{i}^{7} W_i (L_{SNapp})_i \tag{3.39}$$

W_i: 125 – 8000 Hz arasındaki 7 merkez frekans için katsayılar (0.13, 0.14, 0.11, 0.12, 0.19, 0.17, 0.14)

Sonra,

$$STI = [L_{SNapp} + 15]/30 \tag{3.40}$$

formülü ile STI bulunur.

STI parametresi için elde edilen değerler 0-1 arasındadır ve yüksek değerler daha iyi konuşma anlaşılabilirliği olduğunu göstermektedir. Kaynaktan çıkan ses düzeyi, yansımaların yönü ve şiddeti, çınlama süresi ve sesin maskelenmesi, arka plan gürültü seviyesi ve eko STI parametresini etkiler [11].

Çizelge 3.14 : Literatürden elde edilen STI parametresi oranları.

Kaynak	Kötü	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
[11]				> 0,60	
[17]	0,00-0,30	0,30-0,45	0,45-0,60	0,60-0,75	0,75-1,00
[27]		0,00-0,40	0,40-0,60	0,60-0,80	0,80-1,00
[28]	0,20-0,34	0,35-0,50	0,51-0,64	0,65-0,86	0,87-1,00
[29]				0,70-0,80	

STI parametresinden türetilen STI_{female} ve STI_{male} parametreleri de konuşma iletim katsayısının daha detaylı incelemesini sağlayan parametrelerdir. Bunlar erkek ve kadın ses spektrumu baz alınarak ortalanmış STI değerleridir. Kadın ve erkek sesleri

farklı frekanslarda etkin olduğu için frekans ortalamaları da farklı sonuçlar vermektedir. Kadın sesi 125 Hz'de etkin olmadığı için bu frekans bandı erkeklerde dikkate alınırken kadınlarda dikkate alınmaz [11].

3.1.1.16 Hızlı konuşma sesi iletim indeksi parametresi (RASTI)

RASTI, hızlı ses iletim indeksi olarak tanımlanan bir parametredir. STI parametresi ile ilişkilidir ve STI'dan farklı olarak sadece 500 Hz ve 2000 Hz frekans bandı üzerinde hesap yapılır. STI parametresinde olduğu gibi elde edilen değerler 0-1 arasındadır ve yüksek değerler daha iyi hızlı konuşma sesi anlaşılabilirliği olduğunu göstermektedir. Kaynaktan çıkan ses düzeyi, yansımaların yönü ve şiddeti, çınlama süresi ve sesin maskelenmesi, arka plan gürültü seviyesi ve eko RASTI parametresini etkiler [11].

Çizelge 3.15 : Literatürden elde edilen RASTI parametresi oranları.

Kaynak	Kötü	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
[11]	<0,30	0,30-0,45	0,45-0,60	0,60-0,75	>0,75

3.1.1.17 Geç ses enerjisi oranı parametresi (Lj)

Lj parametresi, 80 milisaniyeden sonraki tüm ses enerjisinin toplam ses enerjisine oranı ile hesaplanan geç yanal ses enerjisinin mekandaki etkinliğini gösteren parametredir. Geç yanal ses düzeyi 125-1000 Hz oktav bantları üzerinde hesaplanır. Dinleyicinin çevrelenmesi parametresi (LEV), kucaklama ve çevreleme öznel parametreleri ile ilişkilidir [21].

$$Lj = 10\log\left[\frac{\int_{80}^{\infty} P_L^2\,(t)dt}{\int_0^{\infty} P_{10}^2\,(t)dt}\right]dB \qquad \textbf{(3.41)}$$

pL(t): 8 şeklinde mikrofon ile ölçülen anlık ses basınç düzeyi.

P_{10}(t): 10 metrede ölçülen anlık ses basınç seviyesi

$$Lj(avr) = 10\log\left[\frac{1}{4}.\sum_{i=1}^{4} 10^{L_{ji/10}}\right]dB \qquad \textbf{(3.42)}$$

i: Frekanslar

Çizelge 3.16 : Literatürden elde edilen Lj parametresi düzeyleri (dB).

Kaynak	Klasik müzik
[21]	+1 > Lj > -14

3.1.1.18 Bas seslerin ses düzeyi oranı parametresi (BR_{SPL})

Bas seslerin düzey olarak ortalamasını gösteren parametredir. Konser ve opera salonlarında sıcaklık öznel parametresini sağlamak için bas seslerin orta frekans ve yüksek frekanstaki seslere göre daha yüksek olması istenir. Yapılan ölçümler veya hesaplamalar sonucunda elde edilen sonuçlardan 125 ve 250 Hz SPL değerlerini toplayıp 1000 ve 2000 Hz'e ait sonuçlardan çıkarıp ikiye bölerek elde edilir.

$$BR_{SPL} = \left(\frac{SPL125 + SPL250 - SPL1000 - SPL2000}{2}\right) \quad \textbf{(3.43)}$$

3.1.1.19 Konuşma engelleme düzeyi parametresi (SIL)

SIL, konuşma engelleme düzeyi olarak tanımlanan bir parametredir. Arka plan gürültüsünün konuşma üzerindeki olası engellemesini gösterir. Konuşma anlaşılabilirliğinin etkin olduğu 500-4000 Hz arasındaki 4 frekans bandının SPL sonuçlarının ortalaması alınarak SIL değeri elde edilir [11].

$$SIL_{avr} = \left(\frac{SPL500 + SPL1000 + SPL2000 + SPL4000}{4}\right) \quad \textbf{(3.44)}$$

SIL değeri yaklaşık olarak SPL(A) değerinin 8 dB altında bulunur. Gürültü düzeyi SIL'ın 10 dB veya daha altında olursa konuşma sesi arka plan gürültüsü tarafından engellenmez [11].

Çizelge 3.17 : Literatürden elde edilen SIL parametresi düzeyleri (dB).

Kaynak	Çok kötü	Kötü	Zayıf	Orta	Tatmin edici	İyi	Çok iyi
[11]	<-6	-6, -3	-3, 0	0, 6	6, 12	12, 18	> 18

3.1.1.20 Belirgin konuşma indeksi parametresi (AI)

AI parametresi, gürültü gibi salonda bulunan çeşitli etkilerin dinleyiciler üzerindeki konuşma anlaşılabilirliğine etkisini göstermektedir. AI değeri 5 frekans (250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz) için hesaplanarak toplanır. Sonuçlar 0 ve 1 değerleri arasında yer alır. Yüksek değerler gürültünün ses üzerinde etkisinin az

olduğunu gösterir. Ses düzeyi (SPL) ve arka plan gürültü seviyesi, AI parametresini doğrudan etkilemektedir [11].

$$AI = (S - N)WF \tag{3.45}$$

S: Sinyal seviyesi (Dinleyicinin kulağına gelen ses basınç düzeyi)

N: Gürültü seviyesi

WF: Ağırlık katsayısı [15].

Çizelge 3.18 : Literatürden elde edilen AI parametresi oranları.

Kaynak	Kötü	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
[11]	<0,20	0,20-0,35	0,35-0,40	0,40-0,65	>0,65
[15]		<0,30	0,30-0,50	0,50-0,70	>0,70

3.1.1.21 Sessiz harflerin anlaşılabilirlik kaybı indeksi parametresi (AL_{cons})

AL_{cons} parametresi, sessiz harflerin anlaşılabilirlik kaybı ile ilgili bir parametredir. STI parametresi ile yakın ilişkidedir ve bir formülle birbirlerine dönüştürülebilirler. Çınlama süresi, arka plan gürültüsü, geç - erken enerji oranı, güçlü erken yansımalar ve eko Al_{cons} parametresini etkiler. Sonuçlar % biriminde verilir ve düşük sonuçlar daha az sessiz harf anlaşılabilirlik kaybı olduğunu belirtmektedir [15].

$$AL_{cons} = 0{,}652\,(\frac{r_{lh}}{rh})^2 T_{60} \tag{3.46}$$

R_{lh}: Kaynak izleyici arasındaki mesafe

R_h: Çınlama çapı veya direkt ses kaynağının kritik uzaklığı

$$AL_{cons} = 10^{\frac{1-STI}{0{,}46}} \qquad STI = 1 - 0{,}46 \log AL_{cons} \tag{3.47}$$

Çizelge 3.19 : Literatürden elde edilen AL_{cons} parametresi oranları (%).

Kaynak	Kötü	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
[1], [22]	100-20	20-11	11-8	8-3	3-0
[17]	100-33	33-15	15-7	7-3	3-0
[27], [30]		>15	10-15	<10	
[28]	24,3-57,0	24,2-11,3	11,2-5,1	5,0-1,6	1,5-0,0

3.1.1.22 Sesin yayılımı parametresi (Diffusivity(ss))

Thiele'nin 1953 yılında yaptığı çalışmalarla ortaya koyduğu yönlü yayılım (directional diffusivity) parametresi, toplam enerji ile ses şiddetini karşılaştırır. Ses yayılımı, yüzdesel olarak belirtilir ve d değeri 0 ile 100 arasında yer alır [26].

$$d = \frac{E - I}{E}\ x\ 100\ \% \tag{3.48}$$

E: Ses enerjisi

I: Ses şiddeti

Akustik simülasyon programlarında ses yayılımı hesaplamasında sabit durum (steady state) ses yayılımı ele alınmıştır. Ses yayılımının olmadığı açık alanda D_{ss} değeri 0 dB çıkar. Çok yüksek ses yayılımına sahip mekanlarda D_{ss} değeri 10 dB'yi geçebilir. Hacim geometrisi, kaynak ve alıcı yerleşimi, yüzeylerin yutuculuğu ve saçıcılık bu parametreyi etkiler [26].

$$D_{ss} = 10 \log E(t) - 10 \log \sqrt{I_{8x}^2 + I_{8y}^2 + I_{8z}^2}\ dB \tag{3.49}$$

Çizelge 3.20 : Literatürden elde edilen sesin yayılımı parametresi düzeyleri (dB).

Kaynak	Klasik Müzik
[26]	2 -7 dB

3.1.1.23 Yansımaların yoğunluğu parametresi (Density(reflections))

Yansımaların yoğunluğu parametresi, her milisaniyede gerçekleşen yansıma sayısını gösteren parametredir. Akustik simülasyon programında yansımaların yoğunluğu hesaplanır ve iyi sonuçlar elde edebilmek için en az milisaniyede 50 yansıma gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır. Hesaplamalar yapıldıktan sonra yansımaların yoğunluğu kontrol edilerek olması gereken değerlerin sağlanıldığından emin olunabilir [17].

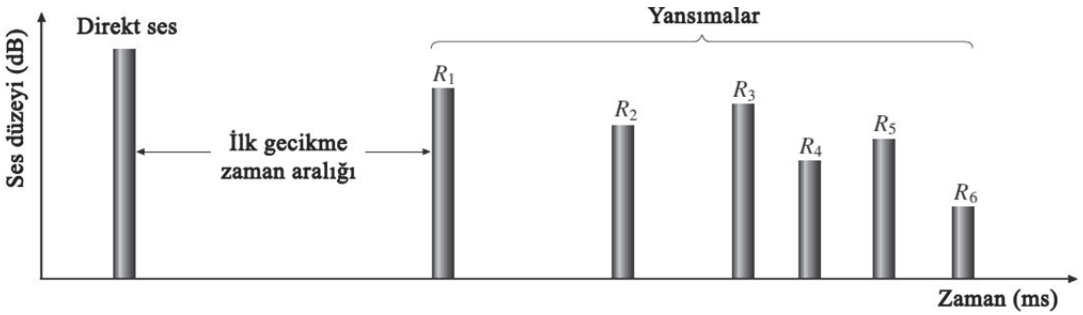
3.1.2 Öznel parametreler

Konser salonlarının tasarım problemlerini çözmek için oluşturulan metodolojilerin gelişimi geçmişten günümüze devam eden ve gelecekte de devam edecek bir süreçtir. Yaşanan gelişmelerin büyük bir kısmı deneysel psikoloji tekniklerinin ilerlemesiyle gerçekleşmiştir. Beranek (1962), bununla ilgili ilk çalışmayı hazırlamış ve sıcaklık

(warmth), canlılık (liveness), samimiyet (intimacy), parlaklık (brilliance) ve birlik(ensemble) gibi 18 öznel parametreden oluşan bir liste hazırlamıştır. Öznel parametreler, nesnel parametreler gibi ölçülüp hesaplanamamaktadır. Fiziksel olarak ölçülebilen değerler öngörülebilir sonuçlar vermektedir fakat müzik için sadece ölçülebilen değerler üzerinden yorum yapmak kolay değildir. Dinleyicilerden biri akustiği yeterli bulurken diğeri yetersiz bulabilir ve iki akustik durumun karşılaştırıldığı cevaplar farklı akustik karakterlere işaret edebilir. Bu nedenle salon tasarımında nesnel parametreler kadar öznel parametreler de dikkate alınmalıdır [3].

3.1.2.1 Samimiyet (intimacy)

Bir hacimdeki görsel samimiyet, hacimdeki insanların duvarları ve hacimdeki çeşitli nesneleri yakındaymış gibi görebilmeleridir. Aynı durum sesin çok yakındaki bir yüzeyden gelmesiyle de gerçekleşir ve bu durum akustik samimiyet olarak adlandırılır. Görsel ve akustik samimiyet salonların fiziki özellikleri ile yakın ilişkilidir [10].



Şekil 3.5 : ITDG ölçümü için uygun yansıma dokusu grafiği [10].

Bir mekanda müzikal samimiyetin derecesini dinleyicinin kulağına ulaşan dolaysız ses ve ilk yansıma belirlemektedir. Bir enstrümandan çıkan ses, saniyeler içinde yüzlerce kere yansıyarak insan kulağına ulaşır. İlk gecikme zaman aralığı (ITDG) olarak bilinen, dolaysız ses ile ilk yansıma arasındaki süre ne kadar kısaysa salon da o kadar samimidir. Şekil.3.5'te ITDG süresinin dolaysız ses ve yansıyan seslerle ilişkisi görülmektedir. Akustik olarak en çok beğenilen salonların merkez bölümlerinde ITDG süresi 25 milisaniyenin altındadır. Orta seviyede salonlarda bu süre 35 milisaniye, düşük seviyelerde ise 60 milisaniyenin üzerinde olmaktadır [10].

Genellikle ilk yansımalar yan duvarlardan veya balkon parapetlerinden gelmektedir. Böylece düşük ITDG için salon, dar ve paralele yakın duvarlara sahip olmalıdır. Fan plan tipine sahip salonlarda yan yüzeylerden yansıyan ses dalgaları arka bölümlere

gider ve izleyiciler genellikle ilk yansımaları tavandan alır. Bu nedenle ITDG 30 milisaniyenin üzerinde olur. Bu durumda tavana asılı paneller yada yan duvarlara testere ağızlı paneller yerleştirilerek erken sesler izleyiciye ulaştırılır ve ITDG 20 milisaniye bölgesine çekilir [10].

3.1.2.2 Canlılık ve orta frekanslar (liveness and mid-frequencies)

Canlı bir salon uzun çınlama süresine sahiptir. Kuru ve ölü olarak tanımlanan salonların çınlama süreleri kısadır. Canlılık öznel bir parametredir ve 350-1400 Hz arasındaki frekanslardaki çınlama süresi ile ilişkilidir. Bu durumun nedeni, bahsedilen frekans aralığında insanın işitme algısının daha hassas olmasıdır. Bu bölgeye orta frekanslar denir. Bir konser salonunda bir ses oluşturulup aniden kapatılırsa orta frekanslarda oluşan çınlama süresi yaklaşık 1.5 - 2.2 saniye olur. Bu değer opera salonlarında yaklaşık 1.2 - 1.6 saniye arasındadır. Orta frekanslarda yapılacak çınlama süresi düzenlemesi ile salonlar işlevine göre canlı veya kuru hale getirilebilir [10].

3.1.2.3 Kucaklama (spaciousness)

Oldukça dar ayakkabı kutusu plan tipine sahip bir konser salonunda çalınan bir çellodan çıkan ses, izleyicilere ulaşırken sahip olduğu genişlikten daha büyük bir genişlikte olur. Kucaklama olarak bilinen bu durum, yan duvarlar ve balkon parapetleri gibi yan yüzey yansımalarıyla gerçekleşir. Kucaklama, bir konser salonunun diğer bir konser salonuyla kıyaslanmasında önemli bir parametredir [10].

Bir dinleyiciye ses ulaştıktan sonra kulaklar tarafından bu bilgi beyine iletilir. Kafanın iki yanında bulunan kulaklar sesleri farklı zamanlarda alırlar ve bu sesler beyin tarafından yorumlanarak kucaklama hissi algılanır. Bir dinleyici dış mekanda bir müzik kaynağına yüzünü çevirdiği zaman ses her iki kulağına aynı anda gelir ve böylece kucaklama etkisinden yoksun olur. Fakat ses bir yandan gelirse bir kulak diğerine göre sesi daha önce alır. Ayrıca kafanın sesi gölgelemesi nedeni ile bir kulak diğerine göre sesi daha az güçte alır. Bir konser salonunda farklı açılardan ilk 80 milisaniye içinde gelen birçok yansıma yan yüzey yansımalarının önemli bir kısmını oluşturur. Eğer yansımalar bir dinleyicinin kulağına doğru açılarda ve farklılıkta gelirse salonun kucaklama etkisi fazla olur. Düşük kucaklama etkisi akustik kalitenin düşmesine neden olur. Akustik mühendisler kucaklama etkisini iki kulak kalite

endeksi (BQI) ile ölçerler. Ayrıca güçlü bas seslerin varlığı salonun kucaklama etkisine katkıda bulunur [10].

3.1.2.4 Öznel tanımlama (definition) yada netlik (clarity)

Tanımlama ve netlik kavramları müzikal kalite anlatımında aynı anlama gelen terimlerdir. İkisi de bir müzikal performans sırasında seslerin fark edilebilir olmasını anlatır. Tanımlama iki formda fark edilebilir. Birincisi yatay formdur ve tonların ardışıklığı ile ilişkilidir. İkincisi ise dikey formdur ve çalınan tonun ani olması ile ilgilidir [10].

Yatay tanımlama, bir sesin takip ettiği diğer ayrı ses ile ilgili bir terimdir. Besteci yatay tanımlamanın kararlaştırılması için belirli müzikal faktörler belirleyebilir. Bunlar; tempo, tekrar, bir melodi bölümünde bulunacak ton ve ardışık tonların uygun ses yüksekliği gibi faktörler olabilir. Besteciler bu yatay tanımlamayı tempo ve melodilerle değiştirebilirler. Yatay tanımlama, çınlama süresinin azalması ve erken ses düzeyinin çınlayan sese oranı artışıyla birlikte artar [10].

Yatay tanımlama genellikle akustik tasarımcı tarafından desibel cinsinden tanımlanan erken ses gücü ile çınlayan sesin oranı ile belirlenir. Böylece tanımlamada desibel cinsinden pozitif değerler erken sesin baskın olduğunu gösterir. Eğer negatif değer görülüyorsa bu, çınlayan sesin baskın olduğunu gösterir ve değer sıfır ise bu iki kriter birbirine eşittir [10].

Dikey tanımlama, bir sesin diğer seslerden ayrı biçimde aniden duyulması ile ilişkili bir terimdir. Dikey tanımlama, sahnedeki sanatçıya, dinleyicilerin çabuk kavrayışına ve salonun akustiğine bağlıdır. Besteci dikey tanımlamayı, hangi tonun önce duyulacağını, her enstrümanın tonunu, notaların birbirleriyle ilişkilerini, enstrümanları karşılıklı veya solo kullanarak çeşitlilikler oluşturarak belirler. Sanatçı, performans sırasında dikey tanımlamayı ani sesler oluşturarak değiştirebilir. Sahne şekli, enstrümanların dengesi ve sahne üzerindeki karışımı, bu enstrümanların düşük, orta ve yüksek frekanslardaki özellikleri ve erken sesin çınlayan sese oranı dikey tanımlamayı etkiler [10].

Seyirci ile müzik arasındaki ilişkiyi sağlayabilmek için, müzisyenlerle orkestra şeflerinin müziği yapan bestecinin tanımlama ile ilgili niyetinin farkında olmaları gerekir. Gregoryan ilahileri gibi yavaş müzikler düşük yatay tanımlamaya sahip salonlarda en iyi şekilde sergilenir. Bu salonlar katedral gibi uzun çınlama süresine

sahip, çınlayan enerjinin erken ses enerjisine göre çok baskın olduğu mekanlardır. Bach'ın org için bestelediği D minör Toccata'sını tam olarak çalabilmek için yaklaşık 3 saniyelik çınlama süresine ihtiyaç duyulur. Diğer yandan Mozart'ın piyano konçertoları hızlı sololara ve hızlı bölümlere sahiptir ve bu nedenle yatay ve dikey tanımlamaya ihtiyaç duyar. Mozart'ın eserleri kısa çınlama süresine sahip, erken enerjinin çınlama enerjisine oranı yüksek salonlarda sergilenmelidir. Mozart, Die Zauberflöte isimli operasını seyircisiz bir salonda birçok koltukta dinlemiş ve müzik dinlemek için en iyi yerin sahneye yakın kısımlar olduğunu söylemiştir. Mozart'ın zamanında keşfettiği ve sonradan da doğrulandığı gibi, onun müzik tarzı için en uygun müzik dinlenecek yer kısa çınlama süresine sahip bir salonda erken enerjinin çınlayan enerjiye göre daha baskın olduğu yerlerdir [10].

3.1.2.5 Sıcaklık (warmth)

Sıcaklık, bir konser salonunda orkestranın çalışı sırasında bas seslerin kolayca duyulabilmesidir. Teknik olarak açıklamak gerekirse sıcaklık, bas seslerin gücüyle ilişkilidir ve sahne üzerindeki standart bir hoparlörden 125 Hz ses gönderilerek ses düzeyi ölçme cihazı ile salonun farklı oturma alanlarında ölçülür. Sıcaklıkla ilgili problem genellikle bas ses gücünün aşırı olmasıyla ilişkilidir. Müzisyenler bas seslerin çok güçlü olduğu durumlar için "koyu" terimini kullanırlar. Bu durum yüksek frekanslı seslerin kumaş, halı gibi ses yutucu malzemelerde yutulmasıyla gerçekleşir. Diğer taraftan bir salonun tavan ve duvarlarında ince ahşap paneller gibi alçak frekanslı sesleri yutan malzemeler kullanılıyorsa bu salon düşük sıcaklık değerlerine sahip olur [10].

3.1.2.6 Dinleyicinin çevrelenmesi (listener envelopment)

Dinleyicinin çevrelenmesi, çınlayan sesin sınırlı yönler yerine her yönden gelerek dinleyiciyi sarmasıdır. Akustik olarak çok iyi olduğu kabul edilen Boston Symphony Hall'da çınlayan ses üst kısımlardan ve arkadan izleyicilere ulaşmaktadır. Buna karşılık ana salonda arkasında balkon bulunan kısımda oturan bir izleyici çınlayan sesi salonun önünden alır. Çevrelenme hissinin boyutları için salon görsel olarak incelenebilir. Bu gözlemde ses dalgalarının salonda bulunan baş üstü engellere takılmadan özgürce ilerlemesine bakılabilir. Bunun için de salonu bilardo masasına, ses dalgasını da bilardo topuna benzeterek gözlem yapılabilir. Ayrıca gözlem sırasında salon duvarlarında ve tavanında önemli düzensizlikler, yan duvar

süslemeleri, parapet çıkıntılarına da dikkat edilmeli ve bunların ses dağılımına yardımcı olduğu unutulmamalıdır [10].

3.1.2.7 Tını ve ton rengi (timbre and tone color)

Tını, bir sesin diğer sesten veya bir enstrümanın diğer enstrümandan ayırt edilebilir olmasıdır. Ton rengi ise düşük, orta ve yüksek frekanslı sesler arasındaki denge ve orkestranın bölümleri arasındaki dengeyi tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Müziğin üretildiği akustik çevre ton kalitesini etkiler. Eğer salon ince sesleri yutar veya yükseltirse ses kalitesi kırılganlaşabilir ve bozulabilir. Veya sahne salonun ortasında kalıyorsa veya tavan tarafından belirli sesler salonun bir bölümüne ulaşıyor bir bölümüne ulaşmıyorsa ton rengi farklı etkilenmiştir [10].

3.1.2.8 Akustik parıltı (acoustical glare)

Eğer bir salonun yan duvarları veya tavana asılı panelleri düz ve pürüzsüzse, bu paneller erken ses yansımalarını oluşturmak için yerleştirilmişse, ses optik parıltıya benzer biçimde sert, kırılgan ve şiddetli olur. Bu akustik parıltı, yüzey düzensizlikleri yaratılarak veya bu yüzeylerin şeklinin değiştirilmesi ile engellenebilir. 18 ve 19. yüzyıllarda, Barok oymacılığı ve alçı süslemelerle yansıtıcı yüzeylerde düzensizlikler oluşturularak parıltı etkisi azaltılmıştır [10].

3.1.2.9 Parlaklık (brilliance)

Parıltılı, temiz, zengin armoniğe sahip, çınlayan sesler parlak ses olarak adlandırılır. Bir parlak seste yüksek frekanslı sesler yavaşça azalır. Bir konser salonunda yüksek frekanslı sesler, havanın yutuculuğu nedeni ile doğal olarak azalır. Ciddi anlamda parlaklığın azalmasının nedeni koltuk, perde gibi ses yutucu malzemelerin aşırı miktarda kullanılması olabilir. Buna karşılık ses, elektronik güçlendirmelerle tamamen parlak hale de getirilebilir [10].

3.1.2.10 Rezonans (resonance)

Konser salonu akustiği ile ilgili bir müzisyen rezonans ve çınlama kelimelerini benzer anlamda kullanırken, bir akustik tasarımcı bu kelimeleri özel ve farklı olarak kullanır. Rezonans ile ilgili verilen en eski örnek, bir sopranonun yüksek bir nota ile kristal bir bardağı kırmasıdır. Bunun açıklaması ise, müzisyenin yüksek notada

çıkardığı sesin bardağın öz titreşimi ile çakışması ile bardağın yeteri kadar titreştirilerek kırılmasıdır [10].

Her canlı veya cansız varlık, tamamen cansız gibi görünse bile moleküler düzeyde hareket eder. Aynı zamanda her madde belli frekanslarda titreşime sahiptir. Rezonans iki olayın çakışması ile meydana gelir. Birincisi, dış sesler, titreşim yada diğer kuvvetler nedeniyle oluşan bardağın rezonansı; ikincisi, bardağın doğal titreşim modu ve bu moddaki aşırı titreşimidir. Bir performansta timpaniye vurulduğu zaman, onun bir veya daha fazla doğal titreşimi duyulur. Ksilofonda ise, içi hava dolu tüpte, hava dolu kanal ile meydana gelen doğal titreşim modları duyulur [10].

Teknik tartışmalar için, rezonanstan kaynaklanan ses düzeyindeki artışın farkında olunması gerekir. Örneğin, bir keman üzerinde yayın hareket ettirilmesi ile kemanın gövdesi sesi yükseltir, kemanın geniş yüzey alanı sesi telin küçük alanına göre çok daha iyi yayar. Eğer telin frekansıyla gövdenin doğal frekansı çakışırsa ses yükseltilmez [10].

3.1.2.11 Denge (balance)

İyi bir dengenin sağlanabilmesi için, orkestranın bölümleri arasında ve orkestra ile solo müzisyen arasında denge oluşturulmalıdır. Bir performansta denge zaman zaman kaybolabilir. Bunun nedeni sahnenin ortada yer alması veya performansın belirli bölümlerinde müzisyene çok yakın olmak veya solo performansın yeterince desteklenmemesi durumu olabilir. Bunun ötesinde denge, müzisyenlere, sahne içinde oturuşlarına ve orkestra şefinin kontrolüne bağlıdır. Bir opera salonunda ise müzisyenler ve opera sanatçısı arasındaki denge, sahne tasarımı, erken yansıyan seslerin sahnedeki opera sanatçısını desteklemesi, orkestra çukuru tasarımı, ve orkestra şefinin kontrolüne bağlıdır [10].

3.1.2.12 Karışım (blend)

Karışım, orkestranın çeşitli elemanlarından gelen sesin karışmasıyla dinleyicilerin sesi bir armoni içinde duymasıdır. Karışım parametresi orkestranın yerleşimine bağlıdır ve bu parametrenin sağlanabilmesi için, orkestra ne çok derine yerleştirilmeli ne de sahneye geniş biçimde yayılmalıdır. Karışım parametresini etkileyen diğer faktörler de, sahneye yakın ses yansıtıcıların tasarımı ve bu yansıtıcıların yerleşimidir [10].

3.1.2.13 Birlik (ensemble)

Birlik, müzisyenlerin tek bir enstrüman gibi birlikte çalmasını tanımlayan bir terimdir, her enstrümandan çıkan sesin birleşip tek ses gibi algılanmasıdır. Orkestral birlik, müzisyenlerin birbirlerini duyabilmelerine bağlıdır. Sahne üzerinde bulunan yansıtıcı paneller, bir müzisyenin oluşturduğu sesi sahnenin diğer ucuna taşır. Sahnede kullanılan basamaklar ise müzisyenlerin birbirlerini daha iyi görmelerini sağlayarak birlik etkisine katkıda bulunur [10].

3.1.2.14 Tepki yakınlığı (immediacy of response) (attack)

Bir salon, sahnede bulunan müzisyenin oluşturduğu sese çabuk tepki vermelidir. Bu durum salonda ilk yansımalar gerçekleştikten sonra bu seslerin müzisyenin kulağına gelmesiyle gerçekleşir. Nota oluştuktan yansımış ses çok geç gelirse, bu ses müzisyen tarafından eko olarak algılanır. Buna karşılık müzisyen geri dönen sesi sadece sahne panellerinden alırsa bu durumda da salonun akustiğini hissetmemiş olur [10].

3.1.2.15 Doku (texture)

Doku, bir müziğin erken ses yansımalarının bulunduğu bölümde erken sesin dinleyicilerin kulağına ulaşmasıdır. Çok iyi akustik koşullara sahip bir salon, bu yansımaların dolaysız sesten sonra olabilecek en kısa sürede işitildiği salondur. Diğer salonlarda bu aralık fazladır. Yüksek kalitede doku özelliği, çok sayıda erken yansıma ve hiçbir sesin diğerini maskelemediği sesler ile oluşur [10].

3.1.2.16 Eko (echoes)

Eko, gecikmiş bir yansımanın aniden yükselerek sahnedeki müzisyenleri veya salondaki izleyicileri rahatsız etmesidir. Tavanın çok yüksek olması veya sesi odaklayacak yapıda olması ekolara neden olur. Ekolar genellikle, odak noktası seyirci bölgesi önünde veya sahne önünde olan uzun, yüksek ve eğimli arka duvar tarafından oluşturulur. Ekolar özellikle kısa çınlama süresine sahip salonlarda daha rahatsız edicidir [10].

3.1.2.17 Tonal kalitenin zarar görmesi (detriments to tonal quality)

Bir enstrümanın olduğu gibi bir konser salonunun da tonal kalitesi vardır. Tonal kalite birçok durumdan zarar görebilir. Bazı akustik ve dekoratif düzenlemelerden

dolayı orkestra müziğinde bozulmalar olabilir. Yansıtıcı yüzey üzerindeki düzensizlikler ses bozulmalarını hafifletmektedir. Ses kaynağının kayması etkisi de en iyi salonlarda bile akustik kalitenin bozulmasına neden olur. Bir yansıtıcı tarafından orkestradan gelen ses dinleyici bölümünün bir kısmına odaklanırsa, seyirciler ses kaynağını yansıtıcı yüzey olarak algılarlar. Bu durum da tonal kalitenin zarar gördüğünü gösterir [10].

3.1.2.18 Sesin homojenliği (uniformity of sound)

Müziğin kalitesi, tonal kalite gibi özelliklerin salondaki her izleyiciye eşit biçimde ulaşması gerekir. Dinleyici özellikle uzun balkon çıkıntıları altında otururbut işittiği müzik kalitesinde düşüş yaşanır. Salonun bazı bölgelerindeki yansımalar orkestranın bazı bölümlerini vurgular, ekolara neden olur ya da netlik azalması yaşanır. Müzisyenler böyle durumlar için ölü nokta terimini kullanırlar ve bu bölgelerde müzik net ve diğer bölgelerdeki gibi canlı değildir. Akustik tasarımcılar da müziğin bölgesel olarak zayıf olduğu yerlerde bu terimi kullanırlar [10].

Çizelge 3.21 : Bir salonun müzikal kalitesini etkileyen akustik faktörler [10].

Öznel Parametre	**Akustik Faktör**
Netlik ve Tanımlama	Çınlama süresi, Erken geç gelen enerji oranı, Müziğin hızı
Samimiyet	İlk gecikmiş aralık, Müzisyene yakınlık, Erken azalma süresi
Kucaklama	Erken Sesin GörünenKaynak Genişliği, Dinleyicinin Çınlamayla Kuşatma Hissi, Yanal Yansıma Oranı
Tını ve Tonal Renk	Yansıma ve yutulmadaki frekans dengesi, Sahne akustiği, Salonun frekanslara göre yutuculuğu
Çevrelenme	Yan yüzeylerden gelen yansımalar, Sesin çınlaması
Birlik	Müzisyenlerin birbirlerini duyma yeteneği, Sahne akustiği
Hareketli Aralık	Arka plan gürültüsünün çok hızlı biçimde azalması
Sıcaklık	Alçak frekanslı çınlamalar
Canlılık	Uzun çınlama süresi
Akustik Parıltı	Aşırı düz ve yansıtıcı malzemeler
Parlaklık	Yüksek frekanslı sesler
Rezonans	Özfrekans
Karışım	Orkestra yerleşimi, Sahne akustiği
Tepki Yakınlığı	Sahne akustiği
Doku	Erken yansımalar
Eko	Geç yansımalar
Tonal Kalitenin Zarar Görmesi	Yüzey malzemeleri
Homojenlik	Eko, Çınlama dağılımı

3.2 Tasarım Parametreleri

Yeni bir konser salonu tasarlamak ve inşa etmek veya var olan bir salonu konser salonuna dönüştürmek önemli ve zor bir iştir. Büyük yatırım ve uzun yıllar sürecek emek gerektirmektedir. Yapılacak veya yeniden işlevlendirilecek binanın toplumun kültürel ve sosyal yaşantısına artılar katacak özelliklerde olması gerekmektedir [2].

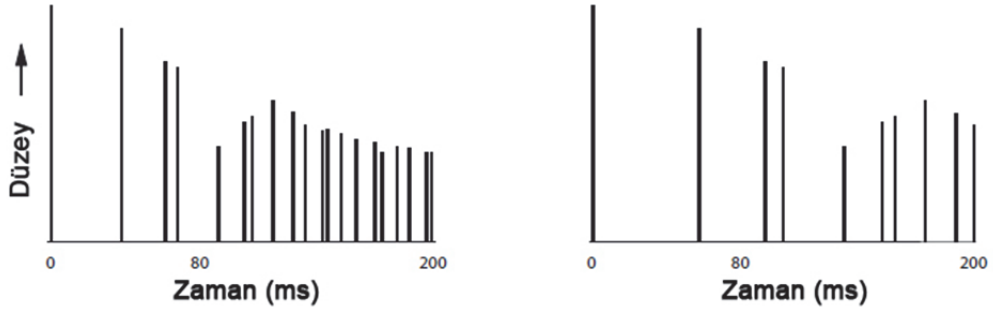
Bir konser salonunun tasarımında mimarlar tasarım üzerinde çalışırken, teknik uzmanlardan strüktürel problemler, havalandırma sorunları, elektrik projeleri, akustik gereksinimler gibi konularda yardım alırlar. Tasarım yarışmalarıyla seçilen mimarlar, proje aşamasında akustik danışmanlarla çalışırlar. Mimarların vizyonları ile hesaplarla belirlenen akustik gereksinimler arasında hep bir anlaşmazlık olmuştur. Bu nedenle konser ve opera salonlarının mimari tasarımı için akustik uzmanları ile mimarların işbirliği içinde çalışması gereklidir. Sahnedeki sanatçılar ve salondaki seyircilerin akustik gereksinimlerini bir noktada buluşturup görsel konfor, ekonomi ve güvenliğin sağlanması gerekir. Bu ihtiyaçları ve soyut estetik gereksinimleri kapsayacak şekilde büyük bir salonda işitilen müzik her zaman memnun edici düzeyde olmalıdır [1].

3.2.1 Salon büyüklüğü

Konser salonu boyutları ile ilgili geleneksel olarak kullanılan iki ölçü vardır. Birincisi dinleyici kapasitesi, ikincisi de diğer çizgisel ölçülerdir. Konser salonu koltuk kapasitesi sorunu her zaman en çok tartışılan konulardan biri olmuştur. Bazı danışmanlar uygun akustik kalitenin sağlanması için kapasitenin düşürülmesi gerektiğini söylerken, bazı danışmanlar da yüksek kapasitelerle akustik kalitenin sağlanabileceğini düşünmüşlerdir. Bu konuyla ilgili iki görüşü de destekleyen birçok tutarlı çözüm bulunmaktadır [3].

Bütün salonlarda boyut ve izleyici kapasitesi salon tasarımın zorluğunu belirlemektedir. Salonların koltuk kapasiteleri ile ilgili yaygın görüş, daha az sayıda koltukla daha iyi akustik sonuçlar elde edilebileceğidir. Koltuk sayısının artması ile akustik tasarımın başarılı olması da zorlaşır. Hatta izleyici sayısından çok izleyicinin kapladığı alan önemlidir. Çünkü bu alan yutuculuğu büyük oranda etkiler ve bu da çınlama süresi ile ses düzeyini belirler [3]. Eğer başka bir maddi kaynak yoksa tasarımcı üzerinde her zaman koltuk sayısının arttırılması baskısı vardır. Bunun nedeni daha fazla maddi gelir sağlama ihtiyacıdır. İyi akustiğe sahip büyük bir

salonun kapasitesi 1750-2200 aralığında olmalıdır [14]. Barron'a göre ise 800 kişiden daha az kapasiteye sahip salonlar küçük salon olarak tanımlanır. Bu salonlar akustik kurallara göre daha uygundur fakat bu ölçülerde salon yapmak ekonomik olarak uygun değildir. 800-1500 koltuklu salonlar orta büyüklükte salonlardır. İdeal kapasitede olmasına rağmen tasarımında dikkatli olunmalıdır. 1500 den fazla koltuğa sahip büyük salonlar ise idealden daha uzak koltuk mesafesine ve balkon çıkıntılarına sahiptir. Büyük konser salonlarında geniş hacme rağmen, yararlı yansıtıcı yüzeyleri izleyici alanından uzaklaştırarak yararlı erken yansımaların tüm koltuklara ulaştırılması sorunu vardır. Bu problemin çözümü, oturma alanları katmanlarının düzenlenmesi ve dinleyici bölgesindeki yansıtıcı yüzeylerin tasarımıyla sağlanabilir [3].



Şekil 3.6 : Solda küçük salon, sağda büyük salonda gerçekleşen ses yansımaları [3].

Jerald R. Hyde ve Henrik Möller koltuk kapasitesi 800'ün altında olan salonları küçük salon olarak tanımlamışlardır. Onlara göre yanal etki ve mekânsal etki genellikle salon genişliği ile bağlantılıdır. Küçük salonlarda istenilen yanal enerji düzeyini sağlamak genellikle bir problem değildir. Küçük konser salonu tasarımı büyük konser salonu tasarımına göre farklı zorluklara sahiptir. Örneğin büyük konser salonlarında yeterli ses gücü elde edilmeye çalışılırken küçük konser salonlarında büyük bir orkestra durumunda ses yüksekliği azaltılmaya çalışılır. Büyük konser salonları tasarımında, büyük bir hacim oluştururken sesin küçük bir salondaki gibi samimi olmasını sağlamak önemli bir zorluktur [24].

Marc Aretz ve Raf Orlowski ise koltuk kapasitesi 500'ün altında olan salonları küçük salon olarak tanımlamışlardır. Ses gücü ile çınlama süresi arasında yakın ilişki olduğu ve küçük salonlarda yeterli çınlama süresini sağlamak için ses gücü ve çınlama süresi arasındaki dengenin dikkatli biçimde ayarlanması gerektiği ve aynı zamanda aşırı ses yüksekliğinin de engellenmesi gerektiğini söylemişlerdir.

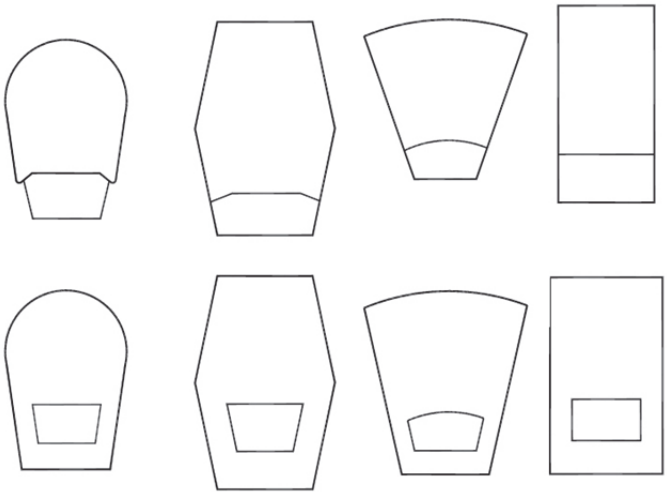
Salonlarda daha iyi birlik etkisi için küçük konser salonlarında ses düzeyinin azaltılması istenmektedir [31].

Konser salonlarıyla ilgili ikinci sınırlayıcı değer, seyircilerin sahneye uzaklığıdır. Konser durumunda bu uzaklık maksimum 40 metre olmalıdır. Bu sınırlama görsel nedenlerden olduğu kadar akustik nedenlerden de kaynaklanır [3]. Ballau'ya göre ise ideal bir salonda seyircilerin bulunduğu ana salon 20 metre genişliğinde ve sahneyle en arka sıra arası 30 metre mesafede olmalıdır. En iyi koltuklar orkestra şefine olan uzaklığı 18 metreyi geçmeyen koltuklardır. 30 metre uzaklığı geçen koltuklar yetersiz dolaysız ses seviyesine sahiptir. Modern bir salonda ana salon geniş, plan tipi fan şeklinde olup balkonları olabildiğince derin yapılmaktadır. Salon genişledikçe tavanda bulunan panel sayıları artar ve daha dikkatli ayarlanması gerekir ve yan duvarların şekillenişi kritikleşir. Tavana asılı biçimde yerleştirilen yansıtıcı paneller bir miktar yansıma üretse de yan duvarların yerini alamaz. Yine az sayıda salonda, izleyicilerin bulunduğu alanlar kademelendirilerek elde edilen duvarlar yansıtıcı olarak iyi sonuçlar vermektedir [2].

3.2.2 Plan tipi

Konser ve opera salonlarında en çok kullanılan plan tipleri; çan, U, ayakkabı kutusu, fan, elmas ve at nalı şekilleridir. Bunların içinde en tutarlı performansı dikdörtgen veya ayakkabı kutusu plan tipindeki salonlar verir. Beranek in 1996'da yaptığı çalışmada da bu temel plana sahip salonlar en iyi salonlar arasında yer almıştır. Dikdörtgen şekilli salonlar kenar yüzeylerden sağladıkları yüksek yansımalarla kuşatma hissini oluştururlar. Bu durum dikdörtgen şeklin doğal bir sonucudur. Dar salonlarda ise gecikme süreleri kısa olduğu için erken yansıyan sesler oluşur [14].

Sahneyi kuşatan tipte yapılan salonlar mimara etkileyici tasarım özgürlüğü verse de, akustik tutarlılık açısından standart formlu salonlara daha zayıftırlar. Herhangi bir temel şekle sahip salon sahneyi merkeze doğru kaydırıp oturma planını yanlara ve arkaya alarak kuşatan tip salona dönüştürülebilir. Berlin Philarmonic Hall bunun en bilinen örneğidir. Salon etkileyici bir görünüme sahip olsa da akustik uyumluluk açsından zayıftır. Kenarlarda oturulduğu zaman orkestral denge değişir ve geleneksel ses algısı tekrar düzenlenir. Orkestranın arkasına oturulduğu zaman ise mekana ait algılar ters döner ve denge düzensizleşmeye başlar, müzisyenleri duymak zorlaşır [14].



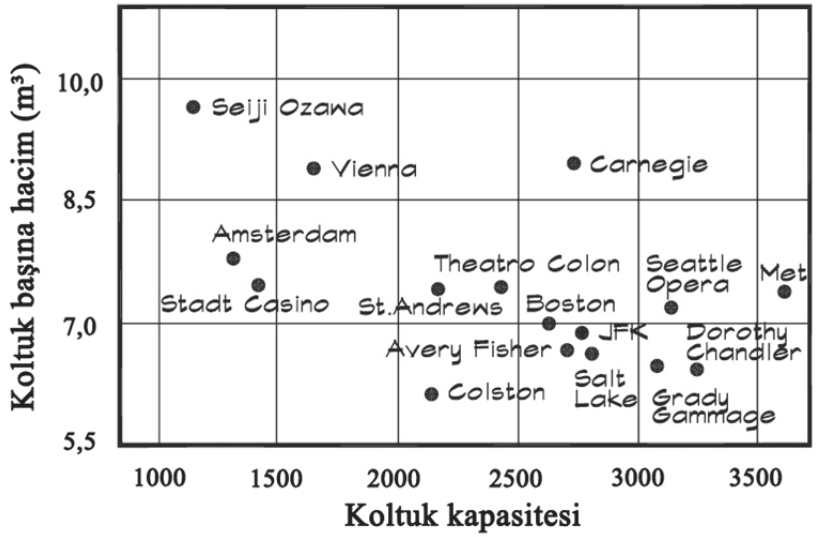
Şekil 3.7 : Basit plan tipleri (at nalı, elmas, fan, ayakkabı kutusu) [14].

Sahneyi kuşatan tipte salonlar görünüşleri nedeniyle hala mimarlar ve seçici kurullar için popülerdir. Dallas Mc Dermott salonunda olduğu gibi geleneksel özelliklere sahip, dikdörtgen şekilli, enine boyutu dar, tavanda yansıtıcı paneli bulunan, düşük oturma kapasitesine sahip ve hala ilginç tasarım elemanlarını barındıran salonlar da vardır [14].

Uygun çınlama süresine sahip bir salon hacmi tasarlamak plan tipiyle çok ilişkili bir durum değildir. Savaş sonrası dönemde salon danışmanlığı ile ilgili en aktif firma olan Bolt, Beranek & Newman şirketi 1950 ve 1960'lı yıllardaki en önemli amaçlarının plan tipi ve boyut olarak farklı ve akustik olarak iyi salonlar yapabilmek olduğunu belirtmiştir. Küçük hacimlerde salon şekli önemli olmasa da, 1000 koltuktan fazla kapasiteye sahip salonlarda plan ve kesit şeklinin önemi koltuk sayısının artmasıyla birlikte artmaktadır [3].

3.2.3 Salon hacmi

Salon hacmi hem çınlama süresini hem de salondaki ses düzeyini etkilemektedir. Düşük kapasiteli, koltuk başına hacmi yüksek salonlarda ses yüksekliğinin kontrol altına alınması gerekir. Yüksek kapasiteli koltuk başına hacmi az olan salonlarda akustik enerjinin korunması gereklidir. Salon tasarımında genel olarak koltuk başına düşük hacim seçip koltuk sayısını arttırma eğilimi vardır. Ancak, geniş aralıkta koltuk başına hacim değeri iyi akustik sonuçlar verebilir. Bu, tüm salon tasarımcılarının kendi tercihidir. Dallas McDermott ve Birmingham Symphony Hall gibi günümüz salonlarında açılabilir çınlama bölmeleri bulunur. Bu bölümler açılarak çınlama süresi düzenlenebilmektedir [14].



Şekil 3.8 : Birçok salonda koltuk başına hacim oranları (m³) [14].

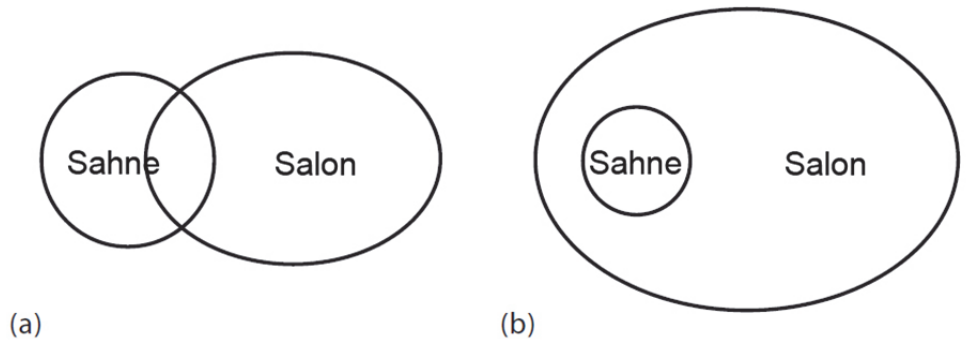
Çizelge 3.22 : Salon işlevine göre koltuk başına düşen hacim oranları (m³) [14].

	Minimum	**Ortalama**	**Maksimum**
Konferans Salonu	2,3	3,1	4,3
Konser Salonu	6,2	7,8	10,8
Opera Salonu	4,5	5,7	7,4
Kilise	5,1	7,2	9,1
Çok Amaçlı Salon	5,1	7,1	8,5
Sinema Salonu	2,8	3,5	5,1

Senfoni orkestrası için tasarlanmış bir konser salonu için kabul edilen en uygun çınlama süresi 1.8 – 2.2 saniye aralığındadır. Bu kadar uzun çınlama süresini sağlamak için büyük salon hacmine ihtiyaç vardır. Kişi başı hacim oranını arttırmak için tavan yüksekliğinin görüş için gerekli olandan daha fazla yükseklikte yapılmasıyla gerekebilir [3].

3.2.4 Plan tasarımı

Konser ve opera salonları tasarımında en önemli nokta, sahneyle seyircilerin yer alacağı bölgeleri belirlemektir. Bu durum çoğu konser salonunda farklıdır, seyirci sahneyi sarmaktadır. Opera salonların da bu alan sahne önü olarak kullanılmıştır fakat çoğu salonda bu kısım uzun ömürlü olmamıştır [32]. Mackintosh (1992), seyirciyle sahne arasındaki gerçek ilişkiyi sağlayarak akustik avantajlardan faydalanmayı önermektedir. Sahne önü opera sanatçılarını seyirciye doğru yaklaştırır ve sahne üzerindeyken zemin yansımalarını oluşturur [3].



Şekil 3.9 : Opera salonunda (a) ve konser salonunda (b) seyirci sanatçı ilişkisi [3].

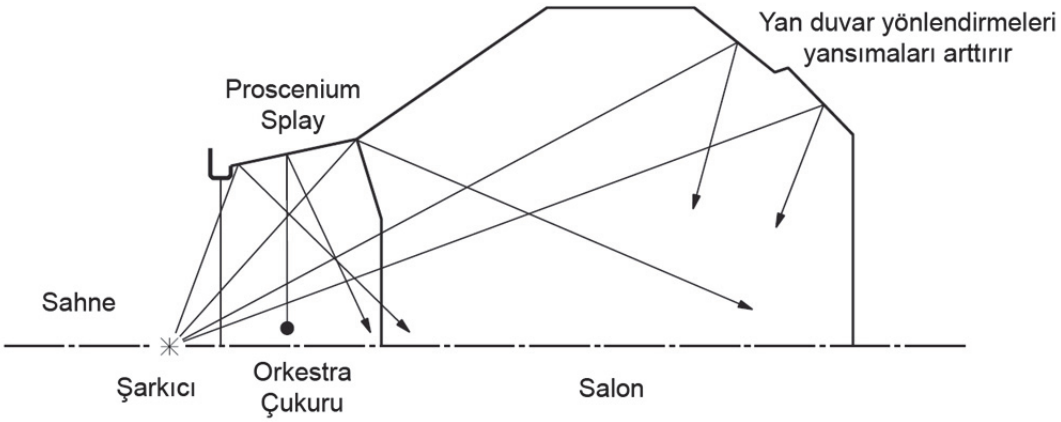
Opera salonu plan tasarımında önemli noktalardan biri de proscenium ve onun boyutlarıdır. Büyük opera salonlarında perde genişliği 14 metre civarındadır, fakat 18 metreden büyük olduğu örnekleri de bulunmaktadır. Perde genişliğinin 10 metre ve daha az olduğu salonlar daha küçük salonlardır. Prosceniumun yüksekliği ise büyük operalarda yaklaşık 9 metredir [3].

Opera salonları duvar yüzeylerinin belirlenmesinde iki yüzeyin diğerlerine göre daha dikkatli ve detaylı tasarlanması gerekir. Opera salonlarında birincil amaç opera sanatçılarının sesini yükselterek orkestra ses yüksekliğine yaklaştırmaktır. Bunu etkili bir biçimde sağlamak için proscenium önündeki duvarların opera sanatçılarına yakın olması gerekmektedir. Prosceniumun önünde tavanda bulunan eğri yüzeyden (proscenium splay) yayılan sesin, çerçevenin yan duvarından yayılan sesten daha az olması daha iyi sonuçlar verir. Herkesin üzerinde hemfikir olduğu konu ise sahne aydınlatmasına yer sağlamak için bu bölgelerin azaltılmasına izin verilmesi gerektiğidir [3].

Uygulamada, perde önünde bulunan bu yüzeylerin yapılması en uygun çözüm olmamaktadır. Düşük ses seviyelerinde bazı yayılımlar soncunda opera sanatçısının sesi saçılarak sahneye ve orkestra çukuruna geri döner. Yüksek seviyelerde ise yeterli genişlikte yatay yüzeyler bu durumu değiştirerek sahne sesini izleyicilere iletir. Bu yüzeyde küçük saçıcı elemanlar kullanmak, yüksek frekanslı enerjiyi orkestradan seyircilere ulaştırır [3].

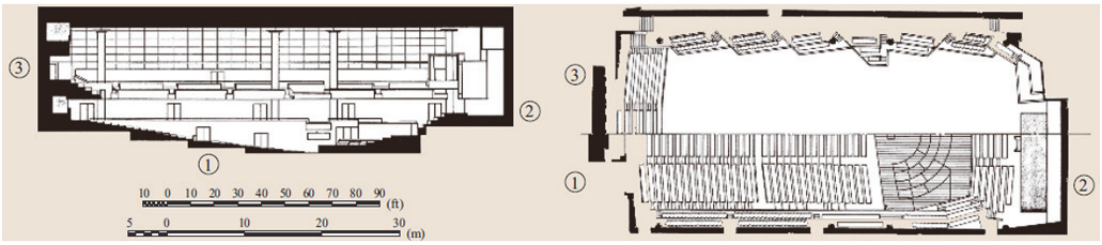
Birçok konser ve opera salonunda yan duvarlarda yassı yüzeyler bulunur. Bu yüzeyler üzerinde yapılacak küçük açı değişiklikleriyle duvar yönlenmeleri şekillendirilir. Fan plan tipine sahip salonlarda en zayıf ses enerjisi alan koltuklar merkeze yakın bölümlerde bulunmaktadır. Yan duvarlar akordeon biçiminde yapılırsa yan yüzey yansımaları dinleyicilere daha etkili biçimde ulaştırılır.

Geleneksel salonlarda ise arka duvarlar iç bükey şeklinde yapılmıştır. Bu da şüphesiz bazı bölümlerde odaklanmaya neden olmaktadır. Modern tasarımlarda arka duvar düz olarak yapılmaktadır. Balkon çıkıntılarının önünde bulunan eğimli yüzeyler de, odaklama yapmayacak yeterli eğrilikte ise kabul edilebilir [3].



Şekil 3.10 : Yansımaların opera salonu plan tasarımıyla ilişkisi [3].

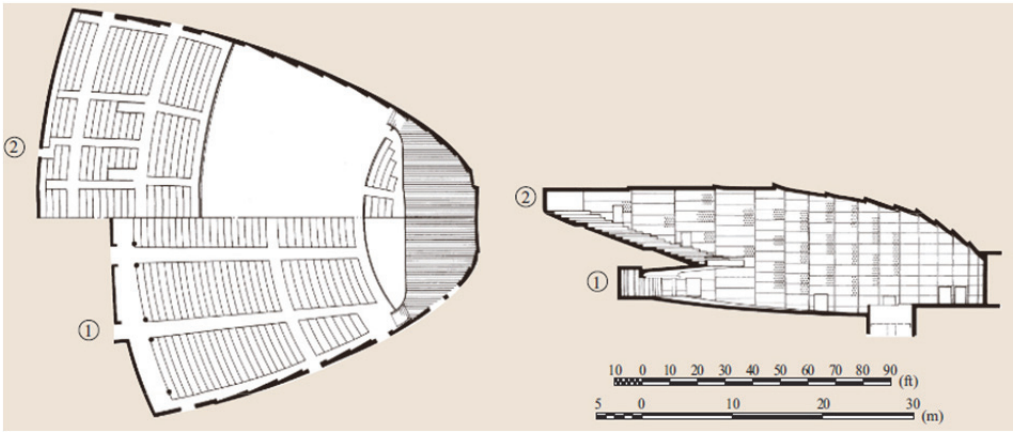
Ayakkabı kutusu plan tipinin başarısı kanıtlandığı için yapılan birçok yeni salon bu plan formunda tasarlanmaktadır. Yeni yapılan ayakkabı plan tipine sahip birçok salonda bahsedilen kusurları önlemek için zemin önden arkaya küçük bir eğimle yükseltilip farklı katmanlı yan balkonlar yapılmıştır. Modern ayakkabı plan tipine sahip salonlardan biri de Japonya'da bulunan Kyoto Konser Salonu'dur. Yükselen zemin eğimi, yan balkonlar ve bunların sahneye doğru döndürülmesi şekilde açıkça görülmektedir [11].



Şekil 3.11 : Kyoto Konser Salonu, Japonya, 1995 [11].

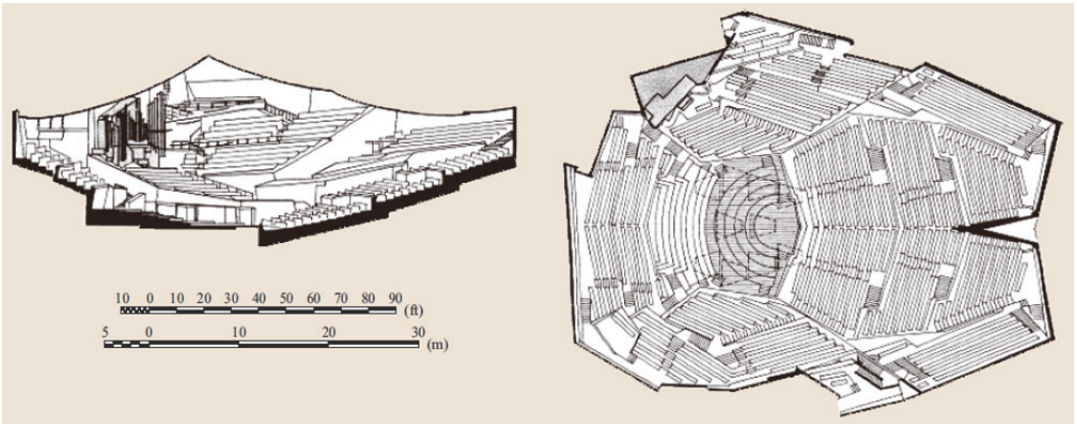
20. yüzyılın başlarında beton teknolojisinde yaşanan gelişmeler mimarlara daha özgür tasarım şansı vermiştir. Diğer popüler yaklaşımda, sese ışık gibi davranma eğilimidir. Bu nedenle geometrik akustik için tasarlanan yüzeyler oluşturulur ve kaynaktan çıkan ses olabilecek en verimli biçimde emici yüzey olan seyirciye ulaştırmaya çalışılır. Başka bir amaç da seyirciyi sahneye olabildiğince yakın yerleştirerek salon boyutlarını küçültmektir [11].

Modern mimarlığın etkin olduğu 1920-1980 yılları arasında fan plan tipine sahip konser salonları ortaya çıkmıştır. Buna örnek olarak Kleinhans Konser Salonu incelendiğinde açıkça görülür ki, çok geniş plana sahip, düşük tavanlı, sahnenin konkav şeklinde sarmalandığı bu salonda ses duvarlardan ve tavandan yansıdıktan sonra izleyiciye sadece bir yansımayla ulaşır. Bunun sebebi koltuk başına düşük hacim ve bunun sonucunda oluşan düşük çınlama süreleri ve hissedilen düşük çınlama enerjisidir. Seyirciler sesin çoğunu önden gelen tavan yansımalarıyla alırlar bu yüzden çevrelenme hissi zayıftır [11].



Şekil 3.12 : Kleinhans Music Hall, Buffalo, ABD, 1940 [11].

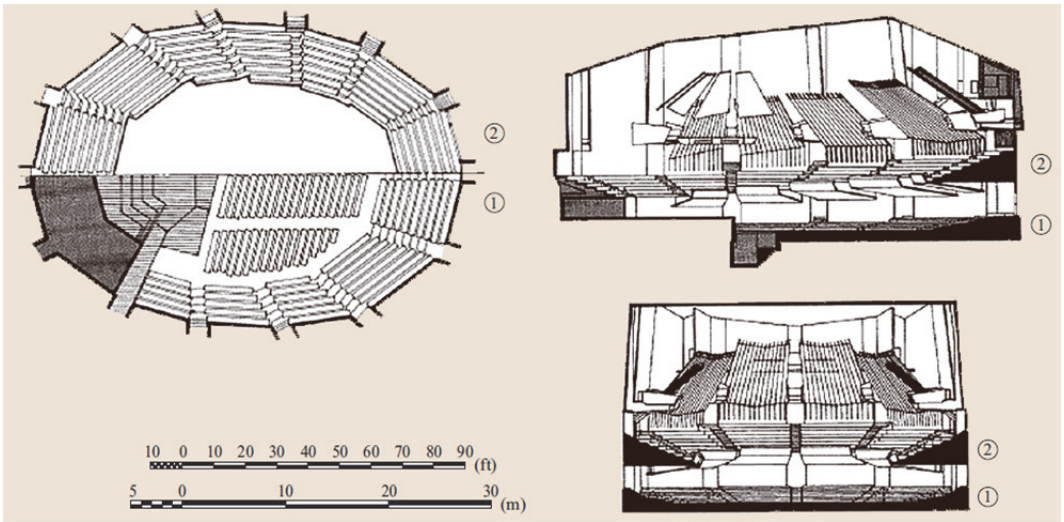
Akustik üzerine yapılan çalışmalar sonucunda 1960 - 1970 arasında umut verici iki yeni plan tipi ortaya çıktı. Bunlar vineyard tipi ve DRS (directed reflection sequence) tipi planlardır. Bu iki yeni plan tipinin verdiği imkanlarla seyirciler orkestra platformunu çevreleyecek biçimde oturabilmişlerdir. Seyircilerin kendisini sahneye daha yakın hissetmesi sağlanarak fan şeklinden daha fazlası elde edilmiştir. Ancak bu iki plan tipide 1500 koltuktan fazla kapasiteye sahip büyük salonlar için yapılmışlardır. 2000 den fazla koltuğa sahip olan bu tip salonlar, bazı seyircilerin sahneye çok yakın oturması riskine rağmen klasik dikdörtgen şeklinden daha fazla başarılı olmuşlardır. İlk vineyard plan tipine sahip salon 1963 yılında açılan Berlin Philharmonie konser salonudur. Bu salon hiç balkona sahip olmamasına rağmen farklı yüksekliklerle birbirleriyle ilişkilendirilmiş teraslara sahiptir. Bu terasların ön ve yan yüzeyleri izleyiciler için yansıtıcı yüzeyler olmuşlardır. Terasların dikkatli tasarlanmasıyla büyük ölçüde erken yansımalar ve yan yüzeylerden gelen yansımalar sağlanmıştır [11].



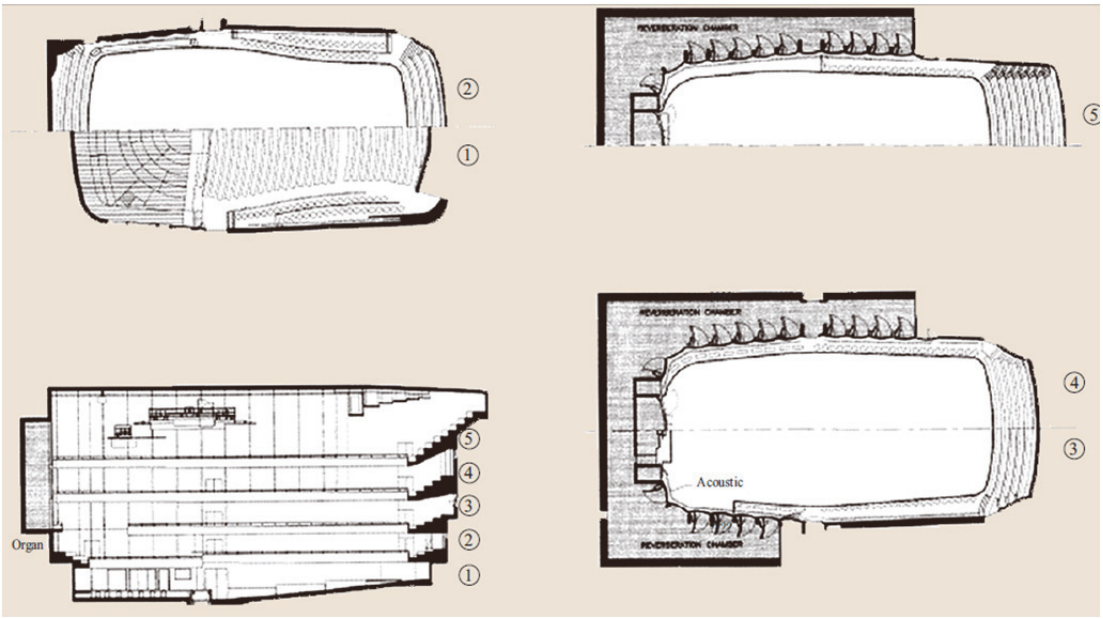
Şekil 3.13 : Phliharmonie, Berlin, Almanya, 1963 [11].

Balkon altında kalan bölüm olmadığı için büyük miktarda izleyici yutucu yüzey olarak ortaya çıkmıştır. Bu nedenle koltuk başına hacim arttırılması gerekmiştir. Böylece Japonya Sapporo Konser Salonu ve Danimarka Radyo Konser Salonu koltuk başına 14 m³ gibi yüksek oranlara ulaşmıştır. Normalde ise koltuk başına 10 m³ hacimle 2 saniyelik çınlama sürelerine ulaşılabilinir [11].

DRS plan tipindeki konser salonlarına ise 1972 yılında Yeni Zellanda'da yapılan Christchurch Town Salonu örnek verilebilir. Bu salonda erken yansımaların çoğu sarkıtılmış ve eğri büyük yüzeylerle sağlanmıştır. Bu bölümler çınlama hacimlerini belirlemek için sınırlarla ayrılmışlardır. Sahneyi çevreleyen balkon ön yüzeyleri ve tavanları eliptik planla birlikte erken yansımalara katkıda bulunurlar. Hacim de bulunan koltukların yarısından fazlası balkonlarda olduğu için geniş yansıtıcı yüzeylerle oldukça net, temiz, hareketli ve yüksek ses elde edilmiştir. Yutucu olmayan büyük bir hacme sahip olduğu için çınlama süresi uzun ve zengindir [11].



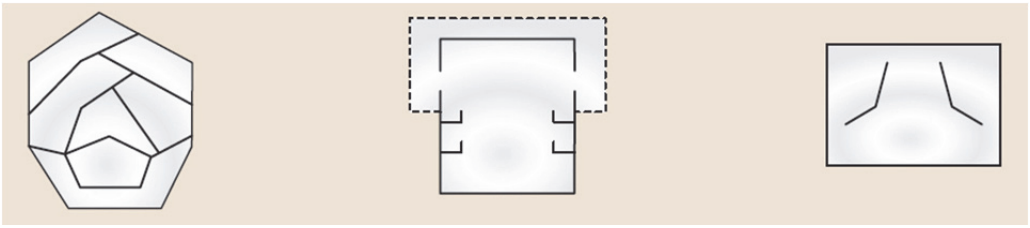
Şekil 3.14 : Christchurc Town Hall, Yeni Zellanda, 1972 [11].



Şekil 3.15 : KKL Luzen Konser Salonu, İsviçre, 1999 [11].

Netlik ve çınlama süresinin bir araya getirilmesi amacıyla büyük hacimlerde yansıtıcı yüzeylerin yakın olması gerekmektedir. Bunun doğal sonucu olarak erken yansımayı gerçekleştiren yüzeylerin hacim sınırlarından ayrılması gerekmektedir. Bu durum vineyard tipi salonların teras yüzeyleriyle ve DRS tipi salonların sarkıtılmış yansıtıcı yüzeyleriyle sağlanmaktadır. Bunun için üçüncü yol da, dar ayakkabı kutusu plan tipindeki salona çevreleyici ses eklenmesidir. Bu tip salonlarda, dar yüksek ayakkabı kutusu tipi planla yeterli erken yansımaları sağlayıp, ekstra hacim için salon açılışlarında ağır kapılarla kapatılabilen bölümlerin oluşturulmasıyla gerçekleştirilir. Ayrıca eklenen hacmin birleştirilen alana göre büyüklüğüne de dikkat edilmesi gerekmektedir [11].

Şekil.3.16'deki çizimlerde de görüldüğü gibi uzun çınlama süresi ve netliği birlikte sağlamak için üç plan tipi vardır. Hepsinde de görüldüğü gibi ayrılmış yüzeylerin sağladığı imkanlarla erken yansımalar ve bunun sonucunda da uzun çınlama süreleri oluşturulmuştur [11].



Şekil 3.16 : Soldan sağa; vineyard (plan), ayakkabı kutusu (kesit), DRS (kesit) [11].

3.2.5 Zemin eğimi

Müzik ve konuşma için tasarlanan salonlarda özellikle de büyük salonlarda zeminin eğimli olması istenir. Zemin eğimi oturma bölgelerinin görüş alanını geliştirir. Eğimli zemine sahip bir salonda oturan dinleyici, düz zeminde oturan dinleyiciye göre daha fazla miktarda dolaysız ses alır. Bazı salonlarda sahneden en arka sıraya doğru eğim sabit miktarda artarken bazılarında bu eğim arkaya doğru gidildikçe daha fazla artar. Bazı salonlarda da izleyicileri sahneye yakınlaştırmak ve daha fazla izleyici kapasitesine ulaşmak için balkonlar kullanılır. Balkonlar de her zaman eğimli olarak yapılırlar [1].

Zemin eğiminin çınlama süresi üzerindeki etkisi düşünüldüğünde, artan eğim çınlamayı azaltırken netliği arttırır. Modern tasarımlarda çınlama, oturma alanının geniş tutulması ve az derinliğe sahip balkon çıkıntılarıyla azaltılır. Bunun sonucunda geniş bir emici yüzey ortaya çıkar. Eğer çınlama değeri esas alınırsa eski salonlara göre modern salonlarda koltuk başına düşen hacim oranı arttırılmalıdır. Başka bir deyişle yeni salonların neden eski Viyana salonlarında olduğu gibi sıcak ve canlı olmamasının nedenlerinden biri de budur [11].

3.2.6 Yüzey malzemesi

Sıva, konser ve opera salonlarında tavan ve duvarlarda en çok kullanılan malzemedir. Eski binalar çoğunlukla tuğla ve ahşap çıtalardan oluşmuş ve üzerleri katmanlar halinde sıvanmıştır. Yeni binalarda ise bunun yerine metal karkas üzerine alçı paneller kullanılmaktadır. Uygulamada ise sıva, direkt olarak beton, tuğla veya alçı panel üzerine uygulanmaktadır. Standart uygulamada sıva birkaç katman olarak kullanılmaktadır [14].

Yığma duvar üzerine veya beton strüktür üzerine kalın ahşap uygulaması, ağır bir yapı oluşturur. Sağlam destek üzerine yapılan kalın sıva daha düşük bas emilimi sağlar. Ahşap, yapıştırıcıyla direkt olarak astarlanmış yüzeyler üzerine yapıştırılır. Bunun sayesinde sıkıştırılmış fiberglas panelle doldurulan yüzeyde hava boşluğu kalmamış olur. Bazı tasarımcılar her genişlikte çok katmalı ahşap paneller kullanır. Paneller asılıysa veya bir miktar hareket edebiliyorsa titreşerek alçak frekanslarda iyi yutuculuk sağlar [14].

Salonlarda zemin kaplaması olarak ise genellikle beton veya beton üzerine ahşap kullanılır. Beton döşeme kullanıldığında koridorlardaki yürüme alanlarında halı

uygulaması yapılır. Ahşap uygulamada ise kaplama iki katman şeklinde uygulanır. Bu, kontrplak üzerine ahşap parke uygulaması şeklindedir [14].

Sahnede ise müzisyenler için bir hava boşluğunun üzerine uygun konstrüksiyonla yerleştirilmiş ahşap en uygun çözümü oluşturmaktadır. Hava boşluğu sayesinde bas seslerin yutularak tiz seslerle dengesinin sağlanabilmesi ve sesin zemini titreştirmesi nedeniyle orkestradaki müzisyenler arasındaki iletişimin güçlenmesi bu çözümün olumlu yanlarını oluşturmaktadır [3]. Eğer sahne zemin kaplamasını oluşturan ahşap yüzey çok ince olursa bas enerjisi emilir, çok kalın olursa da yüzeyi titreştirmez. Birçok salonda 13-52 mm arası kalınlıkta ahşap kullanılmaktadır. Bu da zemin altındaki hava boşluğunun çeşitliliğini sağlar [14].

Malzeme seçiminde, malzemelerin sağlamlığı, kullanım ömrü ve güvenliği de dikkate alınmalıdır. Seçilen malzemelerin standartlarda önerilen koşulları sağlaması gerekmektedir. Özellikle salonlarda yangın çıkması ihtimaline karşı seçilen malzemelerin kullanıldıkları yüzeye göre yangına dayanıklı, ısı geçirmez veya duman geçirmez özellikte olmalıdır [3].

3.2.7 Dinleyici oturma bölümleri

Salonlarda en büyük yutucu yüzey dinleyici alanlarıdır. İstenen uygun akustik ortamı oluştururken dinleyici sayısından çok koltukların yutuculuk karakterlerinin dinleyicilerinkine yakın olması önemlidir. Konser ve opera salonlarında koltukların ses yalıtımının yapılmış olmasıyla prova ve performans arasındaki akustik farklar en aza indirilmiş olur. Dinleyici bölgesindeki tüm yutuculuk dinleyiciler ve koltuklar tarafından gerçekleştirilir. Beranek, dinleyiciler tarafından kaplanan alanın minimumda tutularak minimum hacimde yeterli çınlamanın sağlanması gerektiğini savunmuştur. Ona göre salon hacminin koltuk alanına oranı, koltuk başına hacim oranına göre daha kullanışlıdır [14].

Koltuk kaplamasının kalınlığı yutuculuk katsayısının çeşitliliğini oluşturur. Çizelge.3.23'te Beranek ve Hidaka'nın yaptıkları kapsamlı çalışmada baz alınan 10 salonda yalıtımı sağlanmış koltukların yerleştirilmiş ve yerleştirilmemiş halleriyle gösterilmiş, boş ve dolu durum için ölçümler yapılıp veriler toplanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda boş ve dolu koltuklar için ortalama yutuculuk katsayılarını ortaya koymuşlardır [14].

Çizelge 3.23 : Koltukların ortalama yutuculuk katsayıları [14].

	Koltuk Tipi	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz
Boş	Ağır	0.70	0.76	0.81	0.84	0.84	0.81
	Orta	0.54	0.62	0.68	0.70	0.68	0.66
	Hafif	0.36	0.47	0.57	0.62	0.62	0.60
Dolu	Ağır	0.72	0.80	0.86	0.89	0.90	0.90
	Orta	0.62	0.72	0.80	0.83	0.84	0.85
	Hafif	0.51	0.64	0.75	0.80	0.82	0.83

Koltuk yüzey kaplamalarının çok yutucu olması durumunda ses kayıpları yaşanabilir. Koltuklardan kaynaklanan ses kayıpları yaşanırsa tavan bölgesinde kullanılacak yansıtıcı elemanlar veya sarkan yansıtıcı elemanlar kullanılarak bu sorun çözülebilir. Aynı şekilde salon yan yüzeylerinde yutuculuk katsayısı düşürülerek de bu kayıplar azaltılabilir [14].

3.2.8 Sahne tasarımı

Sahne tasarımında, zemin alanının belirlenmesi akustik ihtiyaçlar ve konforun bir arada düşünülmesi ve dengelenmesi ile gerçekleştirilir. Seyircilerin oturma standartlarında olduğu gibi, platformda bulunan müzisyenlerin talep ettiği alanlar da yıllardır artış göstermektedir. 1870 yılında açılan Viyana Musikvereinssaal konser salonu 130 m²'lik platforma sahiptir ve büyük modern orkestralar tarafından hala başarılı biçimde kullanılmaktadır. Günümüzde açılan salonlardan Münih Philharmonie Gasteig ise yaklaşık 250 m²'lik platforma sahiptir. Var olan sahne alanı genişledikçe müzisyenler, sahnenin ön kısmına doğru ve birbirlerine doğru giderek yaklaşırlar. Orkestranın sahne önüne doğru yaklaşması tehlikeli sonuçlara neden olabilir. Müzisyenler, tavan ve arka duvar yansımalarından yeterince faydalanamazlar. Sahne dışında, arka duvardan gelen geç yansımalarla dinleyiciler için netlik hissinde bozulma olur. Sahne ön sınırında bulunan orkestra, boş sahne bölümünden gelecek yansımalardan da fazla faydalanamaz. Bu yansımalar özellikle solo sesleri yansıtmada ve zayıf telli çalgı bölümlerinde önemlidir [3].

Sahne tasarımında geniş zemin alanı aynı zamanda müzisyenler arasında artan uzaklıklar ve azalan iletişim anlamına gelmektedir. Eğer bu uzaklık 8 metreyi aşarsa geciken dolaysız sesler artar ve orkestranın birlik özelliği azalır. Eğer daha yakın bir yerleşim amaçlanıyorsa, güçlü sese sahip enstrümanlar yakınlaştırılırsa ses düzeyinde artış yaşanır. Timpani ve bakır üflemeliler bölümlerindeki aşırı ses yüksekliği orkestradaki herhangi bir sesi kolayca maskeleyebilir ve bu bölümde çalan

müzisyenler için tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Bunun gibi bölgesel problemler katmanların platformlarla ayarlanmasıyla çözülebilir [3].

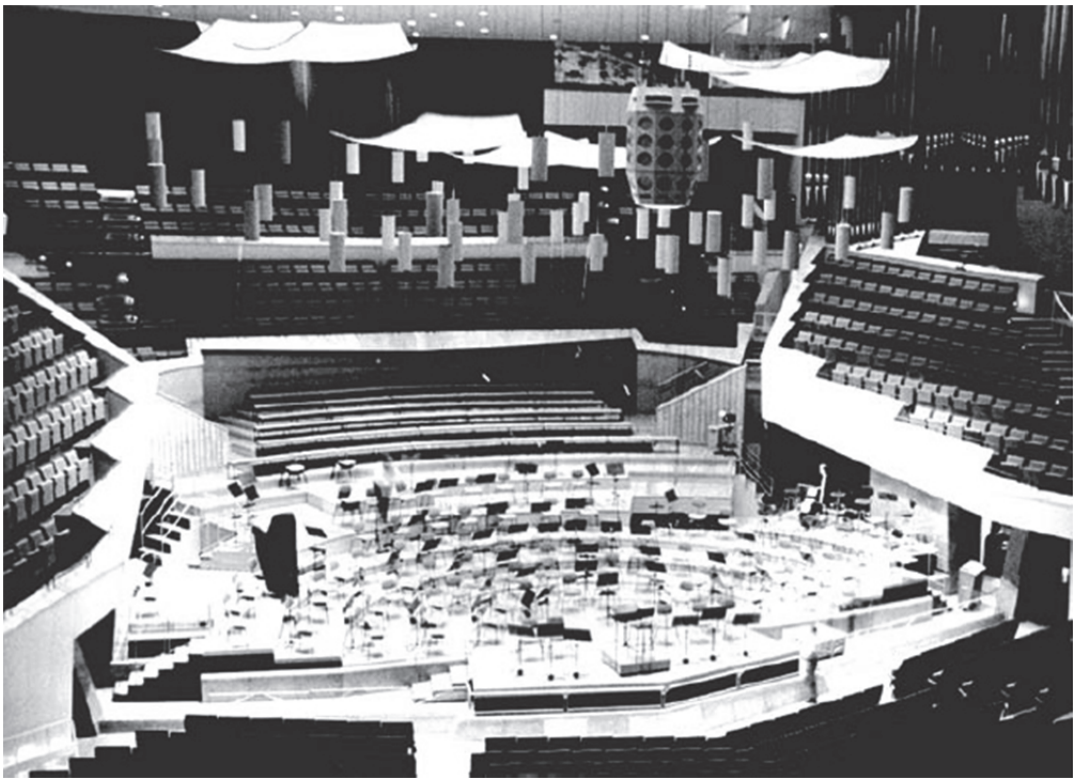
Beranek (1962), müzisyen başına gerekli alanın 1.9 m² olması gerektiğini söylemiştir. Bu kemancılar gibi daha az yer işgal eden müzisyenler için çok fazla alan anlamına gelir. Yine de ortalama değerler vermek gerekirse 100 kişilik bir orkestra için 200 m² alana ihtiyaç duyulur. Daha yeni çalışmalarda enstrümanlar gruplandırılıp ihtiyaç duyulan alanlar belirlenmiştir.

- Yaylı ve üflemeliler için 1.25 m²,
- Çello ve geniş üflemeliler için 1.5 m²,
- Kontrbas için 1.8 m²,
- Timpani için 10 m²,
- Diğer vurmalı çalgılar için 20 m² gereklidir [3].

Eğer orkestra için 200 m²'den fazla alan inşa edilmişse, bu alan solo performansları ve ekstra perküsyonlar için kullanılabilir, sahnede oluşturulacak kademe ile alan kayıpları giderilebilir veya sahne önünde 1 metrelik geçiş mesafesi bırakılabilir. Yan ve arka duvar boyunca bırakılacak dar ve boş bir bölge de akustik açıdan avantajlı olabilir [3].

Yerleşik korolar için kişi başına 0.5 m² alana ihtiyaç duyulur. Bu da 100 kişilik bir koro için 50 m² alan anlamına gelir. Koro sahnenin arkasına yerleştirilip sahne önü seyirci bölümüne doğru uzatılabilir. Bunun örneği Londra Barbican Konser Salonu'nda görülmektedir. Alternatif olarak Londra Royal Festival Konser Salonu ve Cardiff St. David's Konser Salonu'nda olduğu gibi, koro için ayrılmış balkon kullanılabilir. Eğer korolar konserde yer almıyorsa burada bulunan koltuklar orkestrayla yakın görsel temas sağlamak isteyen dinleyicilere satılabilir [3].

Orkestra için sahne alanı ne çok derin ne de çok geniş olmalıdır. 200 m²'lik sahne ortalama genişlik 18 metreyi, ortalama derinlik 12 metreyi aşmamalıdır (koro alanı hariç). Küçük orkestra grupları için zemin alanının az olması önemlidir. Lizbon Gulbenkian Great Hall gibi salonlarda hareketli sınırlayıcı duvarlar kullanılarak bu durum çözülmüştür. Bunun sağlanamadığı durumlarda müzisyenler mesafeyi sağlamak için arkaya doğru hareket edip, yan duvar yansımalarından maksimum derecede faydalanmalıdırlar [3].



Şekil 3.17 : Berlin Philharmonie Konser Salonu sahnesi [3].

Sahne yüksekliği zemin kat döşemesine göre en az 0.5 metre yüksekliğinde olmalıdır. Bu gerçekleşmezse müzisyenlerin dinleyici üzerindeki kontrolü azalmaya başlar. 1 metreyi aşan yüksekliklerde de orkestranın orta ve arka bölümleri izleyici tarafından görülmemeye başlar. Sahne yüksekliği görüş alanlarının oluşmasını sağladığı için izleyici alanlarının yerinin, yüksekliğinin ve eğiminin belirlenmesinde büyük önem taşır [3].

Büyük orkestralarda birlik faktörünü sağlayabilmek için sahne üzerindeki kademelerin varlığı büyük önem taşır. Bunun nedeni sesin, yükseltilmiş kademe üzerindeyken orkestra elemanları arasında veya orkestranın arkasında olmaya göre daha iyi yayılmasıdır. Müzisyenler arasındaki mesafe genişlerse dolaysız ses zayıflar ve bu yansımalar tarafından tamamen telafi edilemez. Arka sıralarda kalan telli enstrümanlar için de yan kısımlarda da kademe kullanılmalıdır. Bu duruma örnek olarak Berlin Philharmonie Konser Salonu veya Sapporo Kitara Konser Salonu verilebilir [3].

Eğer koro için ayırılan alana koro yerleşmemişse bu alan orkestranın geriye doğru kaydırılmasıyla kullanılabilir. Bu durum koronun var olup olmamasına bağlıdır. Bu esnekliği sağlamak için kullanılacak hidrolik sistem oldukça pahalı ve zor bir iştir.

Herhangi bir durumda kullanılacak kademeli sistem orkestranın birliğini sağladığı için boyutu ne olursa olsun çok önemlidir. Sistem esnekliği sağlanarak boş alanlar elde edilebilir fakat yanlış kademelendirme olumsuz sonuçlara neden olmaktadır [3].

Alan kaybını engellemek için her kademenin derinliği, yaylı ve üflemeliler için 1.25 metre, çello ve brass için 1.4 metre olmalıdır. Kontrbas için bunlardan biraz daha fazla alana ihtiyaç duyulur. Platform arkasında koro yerleşimi için çift bölüm oluşturulursa bunlar 0.7 metre aralıklarla ayrılır. Ancak koro yerleşimi için 0.8 metrelik kademeler gereklidir. Vurmalılar ve timpani için 1.4 metre genişlik yeterlidir. Kademe yükseklikleri fazla değildir ve yaklaşık 100 mm civarındadır. Arkada bulunan üflemeliler için bu yükseklik biraz daha fazla olabilir. Seyirciyle orkestra arasındaki dengeyi sağlamak için özellikle bu yüksekliğin ayarlanabilir olması her zaman avantajlı bir durum oluşturur [3].

Önceden de bahsedildiği gibi, sahne duvarlarının yakınlığı, müzisyenlere geri dönen ses enerjisi için önemlidir. Yansımaların azalmasını mümkün olduğunca engellemek için yatay olmayan yansıma yolları oluşturulmalıdır. Bu durum duvar üst kısımlarının aşağı doğru eğilmesiyle, balkon ön yüzeylerinin aşağı doğru eğilmesiyle ve sahne civarındaki balkon tavanlarında yansımaların sağlanmasıyla gerçekleştirilebilir [3].

Müzisyenler duydukları sese göre ses üretmektedirler ve yanında enstrüman çalan müzisyene göre ses düzeyini ayarlarlar. Yansımaların fazla olması durumunda aşırı ses yüksekliği nedeniyle orkestra elemanlarında işitme kaybı ve çınlama oluşur. Sahnede gerçekleştirilecek yansımalarla bu durum çözülebilecekken, ses yüksekliğini azaltmak için ses yutuculuğundan da faydalanılabilir [3].

Sahnede yararlı yansımaları oluşturmak için en etkili yüzey tavan yüzeyleridir. Sahne bölümü korunmasız olarak açıkta bulunan yüksek tavanlı salonlarda, tek büyük bir yansıtıcı panel veya art arda dizilmiş küçük panellerin kullanılarak gerekli yansımalar sağlanabilir. Bu yansıtıcıların tamamen etkili olabilmesi için ortalama olarak sahneden 8-10 metre yükseklikte olmalıdır. Panellerin boşluk oranı iyi ayarlanmalıdır. Eğer bu oran fazla olursa, yansıtılacak seslerin oranı azalır; eğer bu oran az olursa salonun üst bölümlerine yansıtılacak sesler engellenir. Son dönemde yapılan araştırmalar çok büyük salonlarda küçük panellerin çok az kullanıldığını göstermektedir [33].

Bazı akustik tasarımcılar ince tavan panelleri yerine kalın masif paneller içinde ses ve aydınlatma sistemlerinin ankastre biçimde bulunduğu sistemleri tercih ederler. Bir sıra boyunca yansıtıcılar aynı yükseklikte asılırlarsa daha yüksek yansıtıcılık sağlarlar fakat bu durum akustik ve mimari nedenlerden dolayı nadiren tercih edilir. Borulu org merkez alınacak biçimde tavan iki parçaya bölünebilir. Eğer panellerde büyükse bunlarda parçalara ayrılabilir ve çınlama süresi kısaltılabilir. Eğer sahne üstünden 15 metre mesafeye yerleştirilirlerse, tavandan gelen geç yansımalar orkestranın birliğine yardımcı olamazlar [3].

Sahne üstü yansıtıcıların her türü için, sahneye yakın oturma alanlarına kadar uzatılıp uzatılmaması gerektiği düşünülmektedir. Bu yansıtıcılar netlik hissini ve renklenmeyi arttırırken kucaklama hissini azaltırlar. Renklenme ve odaklanmayı engellemek için sahneyi çevreleyen yüzeylerden müzisyenlere yeterli yansımalar sağlanmalıdır. Özellikle bir yüzey ve yönün katkısına güvenilmemelidir [3].

Sahneyi çevreleyen yüzeylerden gelen yansımaların belirli derecelerde saçılması için sahne platformunun, orkestranın bütünlüğünün ve dengesinin sağlanması için, ses yoğunluğunu engellemesi gerekir. Seyirci için ses yayılımının az olması farklı bölümlerdeki denge ve karışımın zayıf hissedilmesine neden olur. Ses yansıtıcı panellerde farklı enstrümanların farklı güçteki ses düzeylerini telafi etmek amacıyla kullanılmaktadır [34]. Uygulamada bu sistem çok karışıktır ve her orkestra katmanı için yeniden ayarlanmalıdır. Bakır üflemeli ve vurmalı çalgıların yüksek ses düzeyini azaltmak için bu enstrümanların yakınlarına yutucu özellikte duvarlar konulabilir. İdeal sistem ise, farklı düzenlemeler için yansıtıcı ve yutucu yüzeylerin ayarlanabilir olmasıdır. Bakır üflemeli ve vurmalı enstrümanların baskısından kurtulmak için diğer bir yol ise bu enstrümanların bulunduğu sahnenin arka kısmında tavan yansıtıcılarını ihmal etmektir [3].

3.2.9 Orkestra kabuğu

Konser ve opera salonu tasarımında müzisyenlerin birbirini duyması genellikle ihmal edilir. Orkestra kabuğu bu ihtiyaç üzerine ortaya çıkmış, sahne üzerine yerleştirilen orkestrayı saran bir kabuktur. Kabuğun tavanından ve duvarlarından gelen güçlü yansımalar müzisyenlerin kendilerini ve birbirlerini duymalarını sağlar. Bu nedenle kabuğun tavanı iyi bir şekilde bölümlendirilirse sesi aşağı doğru yönlendirerek hem yansımayı hem de dağılımı sağlar [14].

Orkestra merkeze yakın bölgelere yerleştirildiği zaman tavan yansımaları güçlü olmaz ve orkestral dengeyi sağlamak zorlaşır. Bu durumda tavana asılan panellerle erken yansımaların müzisyenlere ulaşması sağlanabilir. Müzisyenlerin 6-8 metre üzerine yerleştirilen küçük dışbükey dağıtıcılarla da yansımalar sağlanır. Cam ve pleksiglas yansıtıcılar da müzisyenlere görsel olarak da yardımcı olmaktadırlar. Dar salonlarda yan duvarlar ve sarkıntılar boru org seviyesinin altındaysa, bu durum tavan sarkmalarının eksikliğini telafi edebilir. Vİneyard tipteki plana sahip salonlarda çok geniş çevreleyen duvarlarla, 3 taraftan orkestrayı saran kısmi kısa duvarlarla ve tavandan sarkan panellerle erken yansımalardan faydalanılmıştır. DDC tipte plana sahip salonlarda müzik tipine göre yükseltilip alçaltılan geniş panellerle yansımalar sağlanmıştır [14].

Açıkhava konser salonlarında orkestra mikrofonla donatılmış olup kabuğun akustik amacı, sahne üzerindeki müzisyenlerin ses uyumunu sağlamaktır. Hollywood Bowl ve Los Angeles Amfi Tiyatrosu buna örnek verilebilir. Derin ve kesik koni şekliyle hem yağmur engellenir hem de uzun gecikmiş yansımalar ve odaklanma etkisi engellenir [14].

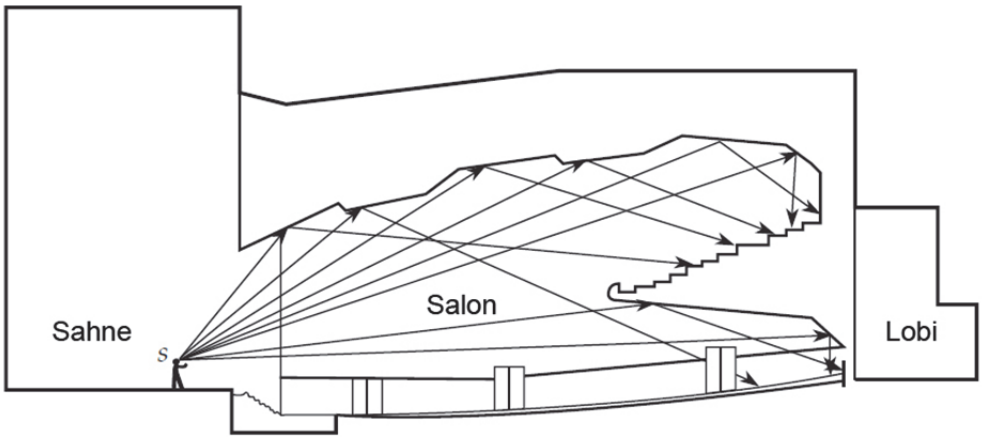
Değişmez kabuğa sahip salonlarda kabuk, ağır ahşap ve alçıdan yapılır ve hacmin tavanı ve duvarları gibi davranır. Eğer hacimde çok amaçlı kullanım olacaksa kabuk parçalara ayrılabilmeli, taşınabilecek ve depolanabilecek kadar hafif olmalıdır. Sabit kabuklar yaklaşık 25 mm ahşaptan yapılır. Taşınabilir kabuklar 13 mm kalınlığındadır fakat ağır olması tercih edilebilir. Hafif malzemeler kabuğun konstrüksiyonunda, kabuk şeklinde dış bükey ve eğri yüzey yapımında kolaylık sağlar. Hafif malzemeler alçak bas seslerinin yansıtırken konstrüksiyonu sabitlemede kullanılan güçlendiriciler panel hareketine yardımcı olup alçak frekans seslerinin emilimini sağlarlar [14].

Sahne kulesi bulunan konser salonlarında orkestra kabuğu bulunması gereklidir. Orkestra kabuğu tasarımında kabuğun hacmi ve şekli salonla aynı akustik özellikleri sağlayacak biçimde yapılmalıdır. Eğer kabuk bölümü salondan farklı bir hacim gibi davranış gösterirse, müzisyenlerin salonla iletişimleri azalır. Başka bir deyişle, orkestra ve dinleyici alanları arasındaki kritik denge sağlanmalıdır. Kabuk içindeki erken düşme süresi (EDT) salonun erken düşme süresinin %70'inden az olamaz. Kabuk malzemesi alçak frekans emilimini engellemek için olabildiğince masif malzemelerden yapılmalıdır. Yüzey yoğunluğu ise 20 m^2/kg civarında olmalıdır [14].

3.2.10 Tavan tasarımı

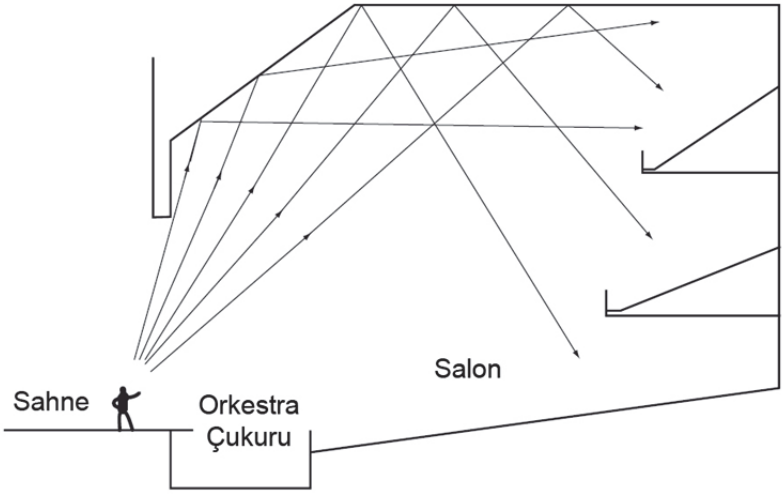
Akustik yansımalar için tavan en önemli yüzeydir. Salonların özellikle arka bölümlerde ve balkon bölümlerinde oturan izleyiciler için tavan yansımalarının uygun biçimde sağlanması gerekmektedir. Salonlar plan tiplerine göre çok çeşitli tavanlara sahip olabilirler. 19. yüzyılda popüler olan kubbe tavanlar hem uygun olmayan yerlere sesi yönlendirir hem de en üst kısımda oturan izleyicilerin tavan yansımalarından mahrum kalmalarına neden olurlar. Ayrıca içbükey kubbe tavan yapılarak da odaklanmalara neden olunmuştur. Modern tasarımlarda tavandan yapılan sahne aydınlatmasını hesaplamak zor bir iştir. Aydınlatma bölmeleri ses için tuzak oluşturmaktadır. Aydınlatmaların tavandan sarkıtılması akustik açıdan sorun oluşturmasa da ışık saçılımı nedeniyle popüler bir uygulama değildir [3].

Salon tasarımında tavan yüksekliği, istenilen toplam hacim miktarı ile belirlenmektedir. Genel olarak tavan yüksekliği, salon genişliğinin yaklaşık üçte biri ile üçte ikisi aralığında olmalı, küçük oranlar büyük salonlar için, büyük oranlar küçük salonlar için uygulanmalıdır. Tavan yüksekliğinin çok fazla olması hacmi arttırır ve bu yüzden istenmeyen geç yansımalar oluşur. Ekolara neden olmamak için de, tavanın zemine paralel yapılmaması da gerekmektedir [11].



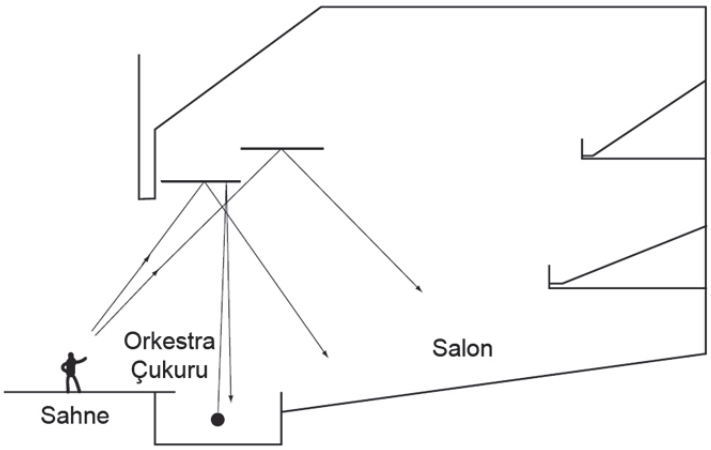
Şekil 3.18 : Tavan geometrisinin sesi yayacak şekilde tasarlanması [3].

Birçok salonda tavan geometrisi sesi salonun arkalarına göndermek veya tüm salona yayılımını sağlamak için tasarlanır. Tavan birçok parçadan oluşur ve sesi farklı oturma alanlarına yansıtmak için her açıda ve boyutta paneller kullanılır. Örneğin sahneye yakın elemanlar yakında bulunan izleyicilere sesi yansıtırken uzaktaki elemanlar da uzaktaki koltuklara sesi yansıtır. Bazı salonlarda ise tavan yükseltilip alçaltılabilir. Böylece salonun akustik çeşitliliği sağlanmış olur [11].



Şekil 3.19 : Perde önü tavanın eğimli yapılmasıyla elde edilen yansımalar [3].

Proscenium önünde, orkestra çukurunun üzerinde bulunan yüzey opera sanatçısının sesinin yükseltilmesi için çok değerlidir. Bu bölgenin tasarım kriterleri proscenium splay' le benzerdir. Eğer bu bölge perde çerçevesinden (proscenium) yukarı doğru düz bir eğimle çıkıyorsa, sahnedeki opera sanatçılarının sesi buradan yansıyarak balkonda oturan izleyicilere ulaşır ve balkonlarda iyi bir ses düzeyine ulaşılmış olunur [3].

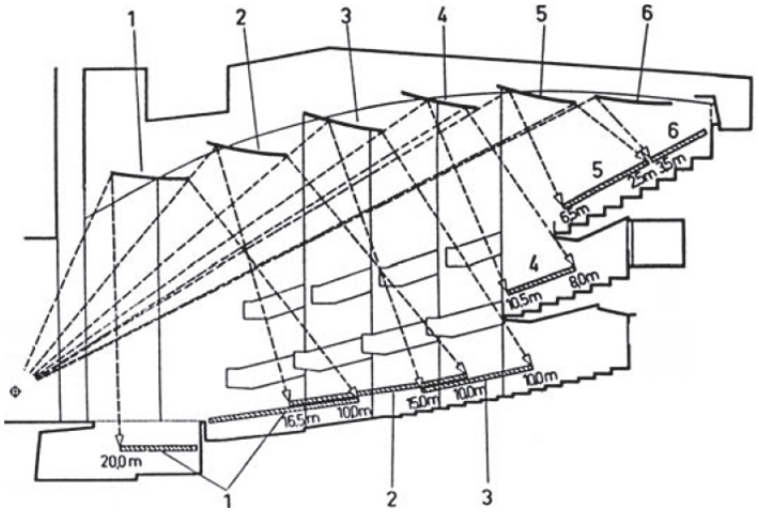


Şekil 3.20 : Orkestra çukuru üzerindeki yatay yüzeylerden yansımalar [3].

Fasold ve Winkler, orkestra çukuru üzerinde bir dizi yatay yüzeyin bulunmasını önermiştir. Bu öneriyle sahnedeki opera sanatçısından gelen ses salona yansıtılacak ve orkestral sesler de orkestra çukuruna geri dönebilecektir. Bu planda yapılan büyük opera salonlarında yansıma gecikmeleri kolayca artmaktadır. Bu durumda orkestra çukuru üzerinde bulunan yüzey yeterince aşağıda yer alamaz. Tavanın önde kalan

diğer kısmı da akustik ses dağılımını yapar. Geç tavan yansımaları başka yansımalarla ilerlemezlerse ekoya neden olmaz [3].

Cremer, Nutsch ve Zemke tarafından tasarlanan 1962 yılında açılan Berlin Deutsche Oper 'de kapsamlı bir tavan tasarımı yapılmıştır. Kullanılan ters eğri yüzeylerle tüm oturma alanları tavan yansımalarını alabilmiş ve bazı bölgelerde çift yansıma alan bölümler oluşturulmuştur [3].

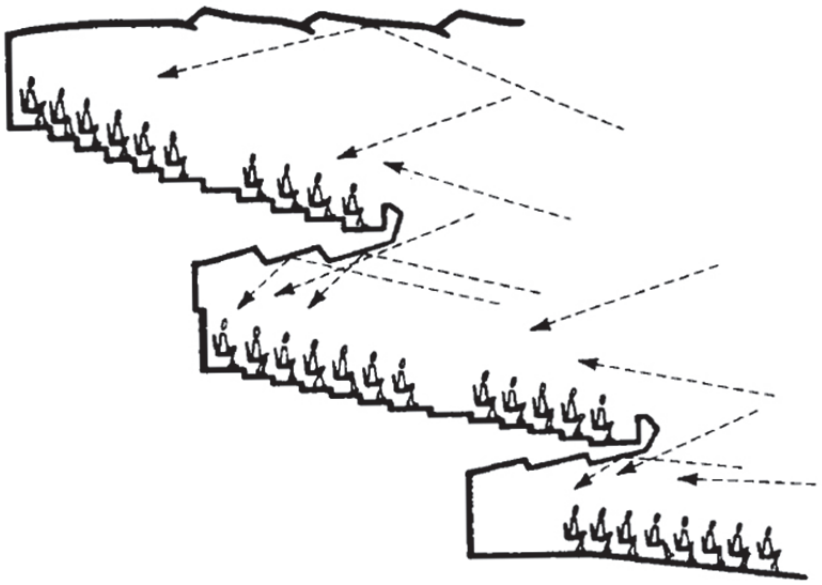


Şekil 3.21 : Deutsch Oper salonunun tavanı (1962) [3].

Tamamen yansıtıcı tavanlar birçok nedenden dolayı konser salonlarında uygulanmamaktadır. Bu tip tavanlar opera sanatçıları için ekstra destek sağlasa da, güçlü tavan yansımalarıyla orkestranın tiz ton kalitesi istenen düzeyde oluşmaz ve koltuklara gelen dolaysız ses zayıf kalır. Büyük opera salonlarında, gerekli erken yansımayla geniş salon hacmi arasındaki çelişki daha uzun çınlama sürelerine neden olur. Proscenium önünde bulunan yansıtıcı yüzeyler bu tür çakışmalardaki en iyi çözümdür [3].

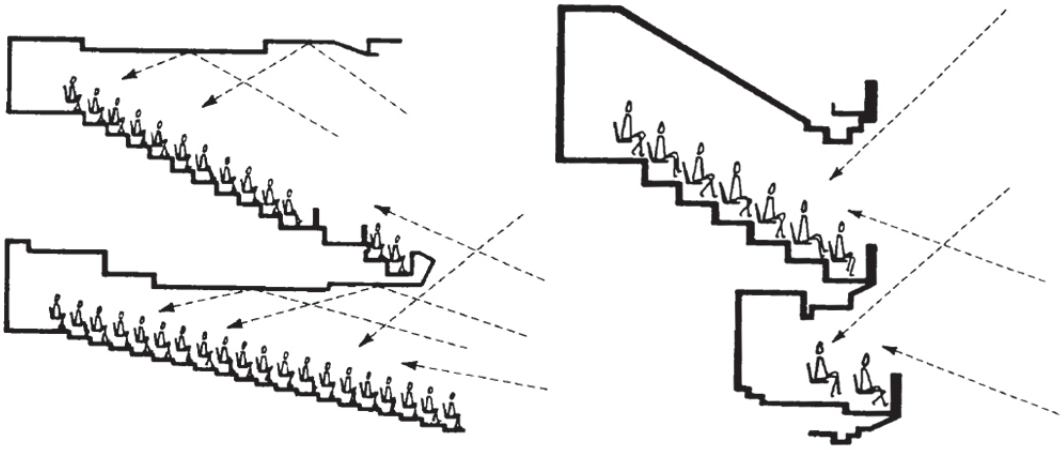
3.2.11 Balkon ve loca tasarımı

Salonlarda balkonların yapılış amacı, çok derin salonlar yapmak yerine daha çok seyirci alanını aynı derinlikte oluşturmak ve seyircilerin sahneye daha yakın olmasını sağlamaktır. Çoğu mimar tarafından balkonlar ikinci sınıf alanlar olarak kabul edilip dikkatsizce tasarlanmaktadır. Akustik açıdan iyi bir balkon koltuğu ana salon koltuğundan daha iyi olabilir [2].



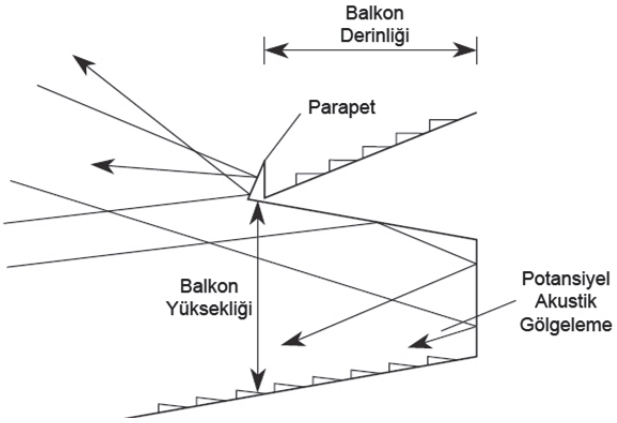
Şekil 3.22 : Akustik açıdan iyi balkon tasarımı (Jubilee Auditoriums, Kanada) [2].

Balkon, salonlarda oturma alanlarının sahneye olan uzaklığını azaltmak ve iyi bir görüş açısı sağlama amacıyla kullanılmıştır. Balkon altındaki oturma bölümlerinde özellikle akustik gölgeleme olmamasına dikkat edilmelidir. Derin balkon çıkıntıları arka sıralarda oturan seyirciler için akustik gölgelemeler oluşturur.



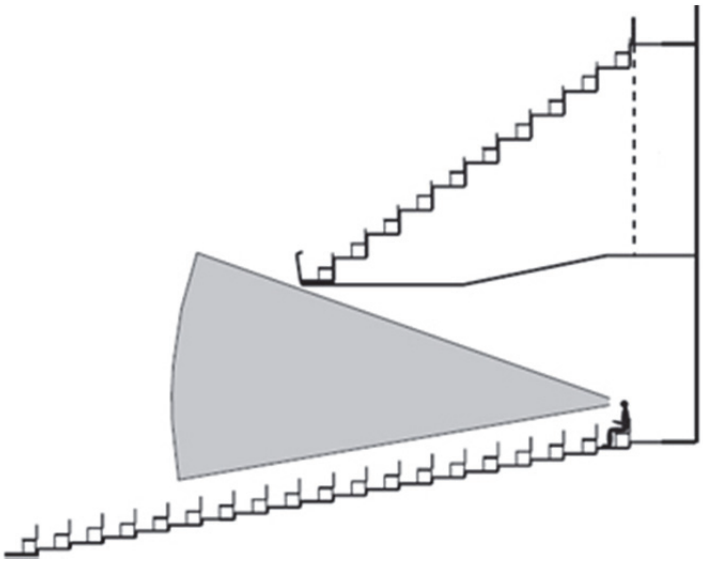
Şekil 3.23 : Solda akustik açıdan orta, sağda zayıf balkon tasarımı [2].

Bu bölümlerde sahneden gelen dolaysız sese ek olarak, yan duvarlar ve tavandaki yansıtıcı yüzeylerden olabildiğince yansıyan sesi almak gereklidir. Balkon tasarımında buna çok dikkat edilmelidir. Balkon önünde bulunan parapet yüzeylerin iç bükey olması durumunda odaklanmalara neden olup ön kısımda oturan seyircileri rahatsız edeceği için, parapet biçimlenişine tasarım aşamasında dikkat edilmelidir [11].



Şekil 3.24 : İdeal balkon derinliği [3].

Balkon çıkıntıları altındaki koltuklar görsel ve akustik olarak birçok dezavantaja sahiptir. Bu koltuklarda oturan izleyiciler kendilerini salondan koparılmış gibi hissederler ve salonun akustiğinden tam olarak faydalanamazlar. Bazı durumlarda bu olumsuzluğu kaldırmak için bu bölümler yapılmaz. Bu durum da izleyicilerin sahneye daha uzak mesafede olmasına neden olur ve bütün performans alanı etkilenir [3].

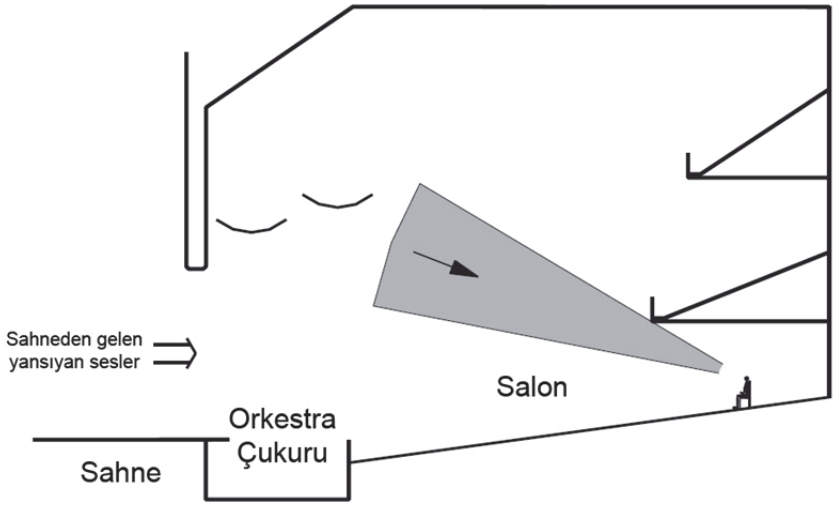


Şekil 3.25 : Balkon çıkıntısı altında oturan dinleyiciye gelen ses açısı [3].

Balkon çıkıntılarının akustik etkilerini anlayabilmek için erken ve geç sesleri ayrı ayrı düşünmek gerekir. Yan duvar yansımaları ve erken ses enerjisi genellikle balkon altlarında pek etkili değildir ve arka duvarının yanında bulunan duvarlar erken yansımaların yokluğunu telafi etmektedir. Balkondan uzakta ve açıkta bulunan bir koltukta bulunan dinleyiciye birçok yönden çınlayan ses gelir. Balkon çıkıntısının altında ise dinleyiciye gelen ışın açısı çok kısıtlıdır [3].

Balkon altında bulunan izleyicilere azalarak gelen geç ses enerjisinin yarattığı üç fark edilebilir öznel etki vardır. Birinci etki, erken düşme süresinin hızla azalmasıdır. İkinci etki, bu bölümlere gelen ses düzeyinin düşük olmasıdır. Ancak çınlama etkisinin de düşük olması nedeniyle bu ses düzeyi düşüklüğü çınlama etkisinin düşük olmasına göre daha az hissedilir. Üçüncü etki de dinleyicilerin sesin azalan açıyla geldiğinin farkında olmalarıdır. Dinleyiciler kolayca yukardan gelen sesin yokluğunu fark ederler. Ayrıca bu bölümdeki dinleyiciler çevrelenme etkisini çok az hissederler [3].

Balkon çıkıntılarının altında bulunan bölümlerde oluşan en önemli akustik etki geç yansıyan ses enerjisinin azalmasıdır. Konuşma için bu durum ses az olmadıkça önemli değildir. Çünkü konuşma sesleri erken seslerin gelmesi ve böylece artan anlaşılabilirlikle birlikte artar. Konser performanslarında ise hacimdeki sesin azalması birkaç sıradan sonra anlaşılır ve buradan sonraki izleyiciler kendilerini performanstan bağımsız hissetmeye başlarlar. Opera, konuşma ve müziğin birleşiminden oluştuğu için balkon tasarım kriterleri de ikisinin ortasında yer alır [3].



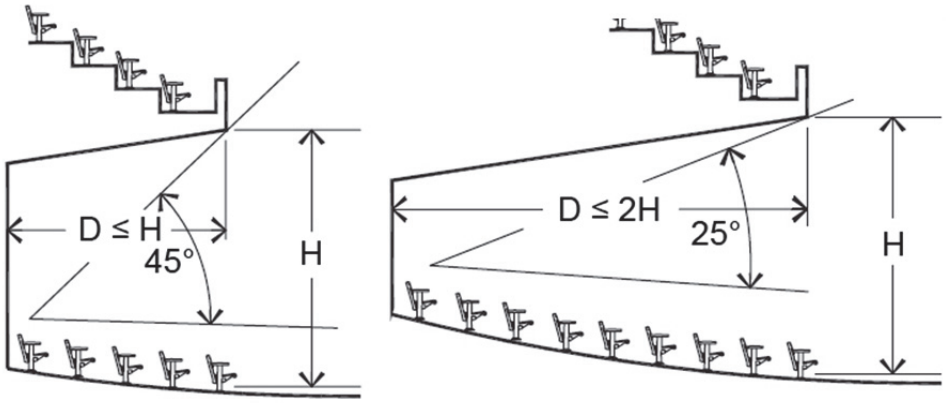
Şekil 3.26 : Balkon çıkıntısı altında kalan bölümde koltuklara ulaşan geç sesler [3].

Opera salonlarında balkon altında kalan bölümlerde oluşan geç ses enerjisinin olumsuz etkisi konser salonlarındaki etkiye göre daha fazladır. Bunun nedeni de opera salonlarındaki perde açılışının farklı olmasıdır. Sahne ekipmanları akustik olarak ses yansıtmaktan çok ses yutucu özelliğe sahiptir. Bu nedenle çok az miktarda ses bu yoldan izleyiciye ulaşır [3].

Balkon altında kalan bölümlerde ses enerjisini arttırmak için, balkon altı tavanı ve arka duvardan faydalanılabilir. Fakat bu kısımlardaki asıl problem geç yansımalarla

gelen düzeyinin düşük olmasıdır. Yine de opera salonlarında baş üstünde gerçekleşen yansımalar kabul edilebilir düzeydedir ve istenirse ek yansımalar oluşturulabilir. En mantıklı yöntem balkon altında kalan bölgenin salona açılışının yükseltilmesi olsa da bu durum fazla miktarda izleyici yerleştirilmesine engel olur [3].

Balkon çıkıntıları için iki geometrik kriter önerilmektedir. Birincisi Beranek'in balkon altında kalan bölümün derinliğiyle salona açılan bölümünün yüksekliğine oranı, ikincisi ise Barron'un arka koltukta oturan kişinin sahneyi ve balkon ucunu gördüğü doğrultular arasındaki açıdır. Beranek'in kriterine göre derinlik - yükseklik oranı, opera salonları için ikiden, konser salonları için birden fazla olamaz. Londra'daki Coliseum Salonu, ikiden biraz fazla orana sahip opera salonlarına bir örnektir. Ancak bu salon yalnızca salon genelinde değil balkon altında da oldukça yüksek çınlama süresine sahiptir. Bu durumda dengenin arttırılmış olması akustik açıdan azaltıcı faktör olsa da görüş açısında bir değişiklik olmaz. Barron'un kriteri olan görüş açısına göre ise opera salonları için en az 25º, konser salonları için en az 45 º açı olmalıdır. Ayrıca zemin eğimi de bu açıyı direkt olarak etkilemektedir [3].



Şekil 3.27 : Opera ve konser salonlarının balkon çıkıntılarının karşılaştırılması [3].

Geleneksel Barok salonlarında balkonlar kabaca yatay olarak uzanan yan duvarlara sahiptir. Bu durum yan duvarlardan ve tavandan gelen yansıyan sesi alan seyirciler için farklı avantajlar sağlar. Bu yan balkonlarda oturan seyirciler, yüksek konumda oldukları ve sahneye yakınlıkları nedeniyle akustik dezavantajlara sahiptirler. Görüş alanını da geliştirecek olan normal çözüm balkon eğiminin arttırılmasıdır. Fakat bu da ana salonda oturan seyircilerin daha az yansıyan ses almalarına neden olur. Bu ikilem için en mantıklı çözüm balkon kesitlerini arttırıp yan duvarları azaltmaktır [3].

Barron, Arizona Grady Gammage Hall üzerinde yaptığı çalışmada en arka koltuklarda oturan seyircilerle orkestra önünde oturan seyircilerin aynı çevrelenme hissine sahip olduğunu yazmıştır. Balkon altında oluşturulan yarı silindirik eğim bölgesel çınlama odaklanmaları yaratarak azalan çınlama enerjisini dengelemeye yardımcı olur. Balkonun yükselen ek ön kısmı yansımalarla sesin arkaya iletilerek akustik enerjinin toplanmasına yardımcı olur [14].

Localar 18 ve 19. yüzyıl opera salonlarının ortak özelliğidir. Akustik olarak ele alındığında localarda çınlama süresi ön kısımdan arka kısımlara doğru gidildikçe hızla azalır. Localar akustik açıdan iyi bir tasarım değillerdir. Günümüzde localar yerine yarım localar kullanıldığı ve böylece akustik koşulların localara göre iyileştirildiği örnekler bulunmaktadır [3].

3.2.12 Orkestra çukuru tasarımı

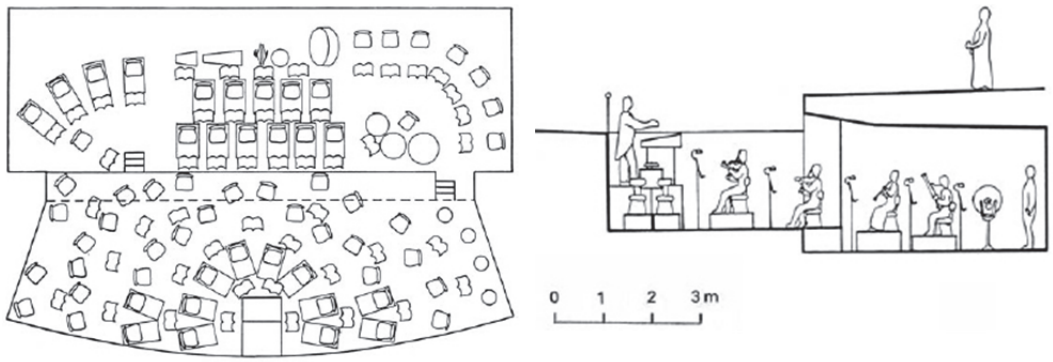
Orkestra çukuru, opera, tiyatro, müzikal gibi kültürel etkinliklerde sahne önü veya sahne altında konumlandırılan orkestranın yer aldığı bölümdür. Orkestra çukuru, hem işitsel hem de görsel performansların gerçekleştirildiği salonlarda bulunmaktadır ve bu nedenle konser salonlarında orkestra çukuru bulunmaz. Orkestra çukuru ihtiyacı opera gibi kültürel etkinliklerde sahne üzerindeki fiziki performansa yer açmak için ortaya çıkmıştır. Operada orkestra çukurunun diğer bir amacı da opera sanatçılarının yakınında bulunan orkestranın ses yüksekliğini azaltmak ve orkestra şefinin tüm müzisyenler tarafından görülürken seyirci tarafından görülmemesini sağlamaktır. Orkestra çukuru içindeki müzisyenler birbirlerini ve opera sanatçılarını duyabilmelidirler. Opera sanatçıları da orkestranın sesini duyabilmeli ve ses düzeylerini birbirlerine göre ayarlayabilmelidirler. Orkestra çukurundaki ses yüksekliği özellikle çukurun daha kapalı ve daha derinde yer alması ile artmaktadır. Ses yutucu malzemeler orkestra çukurundaki ses yükseklik düzeyini düşürebilir fakat müzisyenler arasındaki iletişimi azaltmaktadır[14].

Orkestra çukurları açık veya çevrelenmiş tip olarak ikiye ayrılırlar. Çevrelenmiş tip çukurlarda orkestrayı seyircilerden ayıran duvarın yüksekliği sahne yüksekliğiyle aynı olmalıdır. Bu tip çukurlarda, çukur zemini bir asansörün üzerinde yer alır. Bu asansör büyük piyanolar ve ekipmanlar için zemini yük asansörleri gibi yukarı ittirir. Açık orkestra çukurları ise sahnenin önünde yer alır ve sahne çıkıntıları yoktur. Derinlikleri kontrbaslara yeterli yeri sağlayacak kadar olmalıdır. Açık tip orkestra

çukurunun avantajı orkestral seslerin engellenmeden salonda dolaşmasını ve müzisyenlerin opera sanatçılarını rahatça duymasını sağlamasıdır. Bu tip orkestra çukurunun dezavantajları ise orkestranın opera sanatçısının sesini bastırması, müzisyenlerin birbirleriyle olan iletişiminin azalması ve nota sehpası üzerindeki ışıkların izleyiciler tarafından görülmesidir [14].

Çevrelenmiş tip orkestra çukurlarının da birçok tasarım problemi vardır. Orkestra çukurunun derinliği arttıkça müzisyenler sahnedeki aktivitelerden ve izleyicilerden kopuk hale gelirken açık tip orkestra çukurunda derinliğin 5 metre veya daha fazla olması hiçbir şeyi değiştirmez. Bu durum küçük salonlarda orkestra susana kadar sorun oluşturmasa da büyük salonlar için önemli bir problemdir. Geniş sahne çıkıntısı orkestra çukurunun kendi akustik alanını ve çınlama sürelerini oluşturmasına neden olur. Barron, orkestra çukurundaki çınlama süresini azalan çınlama eğrisinin ilk parçasında, 0.35 - 0.7 saniye olarak tahmin etmiştir[14].

Orkestra çukurunun ön duvarı, ilk sırada oturan seyircileri koruyarak orkestra müziğine karşı bariyer oluşturur. Barron bu korumayı salon eğimini temel alarak gerçekleştirmiştir. Yan duvarlarda ve sahne altında kalan kısımda yayıcı elemanlar kullanılarak yüksek frekansların doldurulmasını önermiştir. Tavandaki yansıtıcılar kullanılarak açıkta kalan müzisyenlere yardımcı olunabilir, eğer gerekliyse müzisyenler elektronik ekipmanlarla desteklenebilir. Bu sistem Broadway tiyatrolarında kullanılmaktadır. Fakat klasik operalarda tercih edilmezler [14].

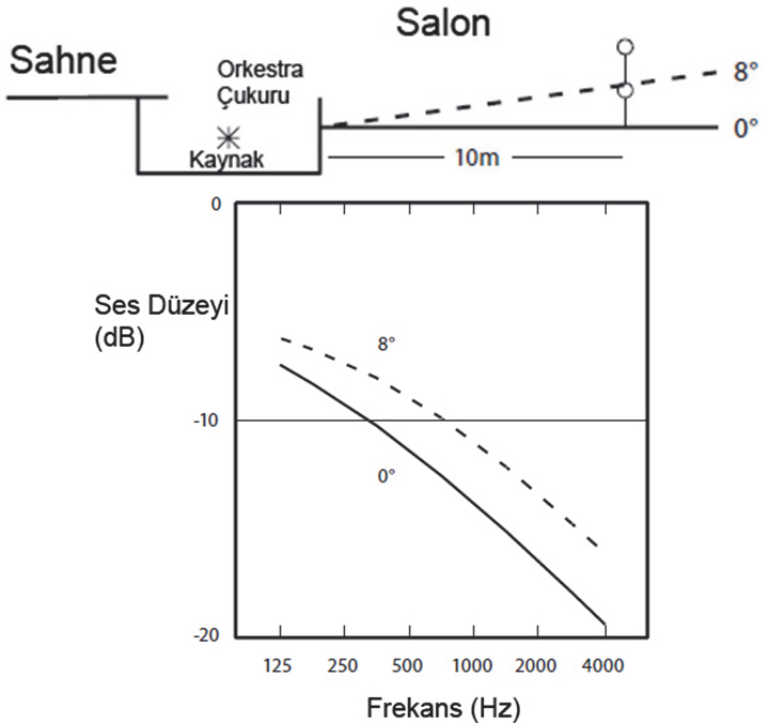


Şekil 3.28 : Tipik çevrelenmiş orkestra çukuru [3].

Opera salonlarında uygulanacak basit çözümler orkestra çukuru için tam çözümler sağlayamaz. Yapılan anketlere göre, dinleyiciler genellikle sahneye yakın oturulduğunda orkestranın çok gürültülü olmasından şikayet etmiştir. Uyumu arttırmak ve dengeyi sağlamak için en iyi çözüm, çukuru çevrelenmiş tip olarak

yapmaktır. Çevrelenmiş tipteki çukurlar daha çok ekonomik nedenlerden dolayı istenmektedir. Çünkü seyircilerin oturabileceği bölümde bulunan orkestranın kapladığı alana en prestijli koltuklar yerleştirilebilir ve daha yüksek karlar elde edilebilir [3].

Salonlarda orkestranın yükseltilmiş platform üzerine yerleştirilmesinin nedeni hem akustik iletim hem de görüş alanının sağlanmasıdır. Çukur içine yerleştirilen orkestrayla seyirci arasında dolaysız ses yolu oluşamaz. Şekil.3.29'da görüldüğü gibi çukurun köşelerine gelen ses bir miktar bükülür fakat bu bükülme frekansa bağlı olarak değişir. Yüksek frekanslardaki bükülme daha azdır. Bu da orkestral seslerin koltuklara ulaşırken parlaklığının azalmasına neden olur. Bu, opera uvertürlerinde beğenilse de opera sanatçılarının ve orkestranın performansı sırasında fark edilebilirlik azalır. Bu azalmanın nedeni olan eğilme veya kıvrılma orkestra duvarıyla ilişkilidir. Orkestra çukurundan izleyicilere gelen yüksek frekanslı yansımalar çukur yakınında ve yan taraflarda bulunan balkon ön yüzeylerinden yansıyarak faydalı olurlar. Ses düzeyinin azalmasının nedeni, orkestra çukuru duvarının etrafında oluşan ses kırınımlarıdır [3].



Şekil 3.29 : Orkestra çukuru bariyer duvarında ses kırınımı [3]

Müzisyenlerin çevrelenmiş tipteki orkestra çukurundan şikayet etmelerinin nedenleri çok açıktır. Bunlar çukurun ergonomik olmayışı ve yer azlığıdır. Orkestra şefini daha

iyi görme ihtiyacı sonucunda eğimli orkestra çukuru ve ek yükseltilmiş platformlar ortaya çıkmıştır. Bu da büyük ölçüde müzisyenler için ayrılan yeri azaltır. Bu nedenlerden dolayı plan tasarımı aşamasında daha fazla zemin alanı ayırılmalıdır. Buna ek olarak, eğimli orkestra çukurlarında müzisyenler arasındaki görsel iletişimi sağlamak daha zordur [3].

Çevrelenmiş tip salonlar sadece rahatsız edici durumlar yaratmaz aynı zamanda tehlikeli durumlara da yol açabilirler. Naylor'un raporunda bir operanın üflemeli çalgılar bölümünde ölçülen değerler 86-92 dB olarak verilmiştir. Ayrıca bir operada en az üç kere 105-110 dB aralığına çıkıldığını ölçmüştür. Bu bölümler genellikle vurmalı çalgıların bulunduğu bölümlerdir. Gade ve Mortensen'in Kopenhag salonunda yaptıkları çalışmalarda, sahnenin çukur üzerinde kısmen konsol olarak yer aldığı durumlarda bu değerlerin yaklaşık 3 dB arttığını görmüşlerdir. Tüm bunların sonucunda orkestra çukurundaki müzisyenlerin neden işitme kaybı yaşadığı da anlaşılmış olur [3].

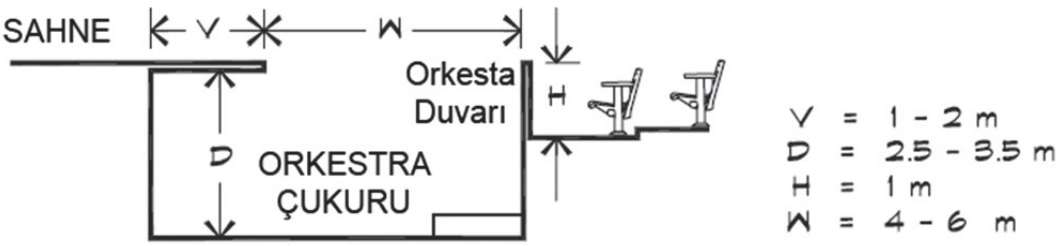
Bir opera performansında sahne üzerindeki akustik şartlar en çok opera sanatçısını etkiler. Proscenium (perde çerçevesi) arkasında opera sanatçılarına potansiyel erken yansımaları sağlayan tek şey sahne elemanlarıdır. Sahne ekipmanlarının yüksek yansıtıcılığa sahip olması prensipte kalmaktadır fakat bu bölümün masif ahşaptan olması kumaş kaplama olmasına göre daha iyidir. Birçok salonda bu önlem göz ardı edilmektedir. Yine de her opera salonunda sahne dekorları bulunmamaktadır. Açık hava opera salonlarında ise sesin çınlaması sahnedeki boşluğa bağlıdır. Aşırı çınlayan sese sahip sahnelerde dekor, perde gibi yutucu malzemeler kullanılarak bu durum engellenebilir [3].

Sahnedeki sanatçıların akustik gereksinimleri ile ilgili en önemli çalışmaları Marshall ve Meyer yapmıştır. Yapay sesleri temel alarak yaptıkları deneylerde sanatçıların erken yansımaların tersine çınlamalara duyarlı olduklarını görmüşlerdir. Eğer erken yansımalar sanatçıya yardımcı olacaksa bunun 35 milisaniyeden az olması gerekmektedir. Bu da sanatçıya en uzak mesafedeki yansıtıcının 6 metre mesafede olması gerektiğini gösterir. Opera salonu tasarımda bazı çınlamaların her zaman salonda var olduğu göz önüne alınmalıdır. Sanatçıların bu çınlamaları duyabilmesi için yansıtıcı yüzeyin sahneden görülebilir olması gerekir. Bu deneyler sonucunda sahnedeki sanatçıya erken yansımaları sağlayacak yansıtıcı yüzeylerin olabildiğince sanatçıya yakın olması, masif sahne elemanları kullanılarak yansımaların sağlanması,

perde çerçevesi ilerisindeki yüzeylerden sesin saçılmasının sağlanması gerektiği ortaya çıkmıştır [3].

Orkestra çukurunda yüksek ses seviyeleri orkestranın çalışını zorlaştırmaktadır. Bu durum sadece çevrelenmiş tip çukurlarda değil açık tip orkestra çukurlarında da geçerlidir. Diğer problem de sahneyle var olan iletişimdir. Bir müzisyenin başarısı, enstrümanını sahnedeki opera sanatçısı ile aynı zamanda çalabilmesine bağlıdır. Fakat müzisyenler yaptıkları yorumlarda sahnedeki opera sanatçılarını neredeyse hiçbir zaman olması gerektiği gibi duyamadıklarını belirtmişlerdir. Orkestra çukurunun arkasından gelen ses genellikle çok azdır. Bu duruma akustik tanımlar üzerinden bakılırsa, sahne konsolunun altında kalan orkestra çukuru kısmı salonla birleşikmiş gibi davranış gösterir. Ses azalması ve çınlamalar salondakilere yakındır. Bu nedenle orkestra çukurunun sahne çıkıntısı altında bulunan müzisyenler eğer yanlarında bir enstrüman çalınmıyorsa sesi salondaki izleyicilerle aynı duyarlar [3].

Birçok durumda bu karmaşık problemin çözümü çok zordur. Başlıca akustik olmayan değişkenler orkestra çukurunun boyutları açılışının yüksekliği gibi fiziksel ölçülerdir. Çukurun yüzeyleri yutucu veya dağıtıcı gibi davranış gösterebilir. Yutucu yüzeyler çukurdaki müzisyenlerin iletişimini büyük ölçüde azaltır. İletişimi sağlamak içinse elektronik ekipmanlardan yardım alınabilir fakat bu durum müzisyenler için kabul edilebilir bir durum değildir [3].



Şekil 3.30 : Tipik orkestra çukuru boyutları [3].

Orkestra çukuru boyutlarına bakılırsa, orkestra ön duvarının üst hizasının sahneyle bir çizgi oluşturacak şekilde aynı yükseklikte olması gerekmektedir. Çukur derinliği (V) 2 metreden fazla olmamalı yükseklik (D) 2.5 metreden az olmamalıdır. Daha alçak yapılan çukurlarda müzisyenlerle seyirciler arasında görsel iletişim oluşabilmektedir. İdeal yüksekliğin belirlenmesi için çukurun toplam zemin alanının belirlenmesi gerekmektedir [3].

Orkestra çukuru alanını belirlemek için temel olarak öncelikle müzisyen sayısını belirlemek gerekir. Naylor, konser salonlarında müzisyen başına 1.1 m² olan oranı opera salonları için 1.5 m² olarak vermiştir. Bu alan da esnekliği sağlamak için yeterince uygundur [3].

Süregelen tartışmalardan biri de orkestra çukuru yüzeylerinin akustik davranışlarıdır. Orkestra çukurunun akustik dezavantajları düşünüldüğünde orkestra çukuru yüzeylerinde kısmen yutucu malzemelerin kullanılması gerektiği fark edilir. Yutulma sayesinde başarılan iki şey vardır. Bunlar, orkestra çukurundaki ses düzeyinin azaltılması ile müzisyenlerin konforunun sağlanması ve salondaki orkestral seslerin azaltılması ile orkestra ve opera sanatçısı arasındaki ses düzeyi dengesinin sağlanmasıdır. Teoride orkestral seslerin düzeyi orkestra şefi tarafından kontrol edilir ve enstrümanların daha sessiz çalınmasıyla sınırlandırılabilir. Yutuculuğun problemlerinden biri müzisyenlere gelen sesin az olması ve performansın gerçekleştiği sahneden aldıkları desteğin azalmasıdır. Mackenzie'nin (1985) raporuna göre, orkestra çukurunun tavanının yutucu yapılmasıyla salonda 3 dB civarında ses azalması sağlanabilmektedir. Benzer düzenlemeler çukur içindeki ses düzeyini azaltsa da müzisyenlerin kendilerini ve birbirlerini duymalarını zorlaştırır. Bu nedenle müzisyenler yeterince destek alamazlar ve daha yüksek sesle çalma eğilimi gösterirler ve bu da yutulmayla azaltılmaya çalışılan ses düzeyini tekrar arttırır [3].

Bununla ilgili bir çözüm de frekansa göre yutulma yapılmasıdır. Meyer, orkestra çukurunun sahne altında kalan bölümünde müzisyenlerin alçak frekansta dikkatlerinin dağılıp rahatsız olduklarını kanıtlamıştır. Bu problemin çözümü içinde ayarlanmış yutucular kullanılabilir [3].

Çevrelenmiş tip orkestra çukurunun en farklı uygulaması Wagner'in Bayreuth Festsipelhaus salonunda bulunmaktadır. Bu salonunun orkestra çukuru duvarı, izleyicilerin müzisyenleri görmesini tamamen engelleyecek biçimde yapılmıştır. Çukurdan salona giden sesin Wagner operalarının gizemini ve ağır temposunu yansıtabilmesi için özel önlemler alınmıştır. Bunlar çukurun çok derin olması ve sahnedeki açıklığın çok dar olmasıdır (Şekil.2.6) [3].

Blair'in (1998) görüşüne göre, orkestra çukurunun sahne altında kalan kısmının olabildiğince yüksek ve tavanının eğimli yapılması gereklidir. Ona göre orkestralar ve şefler tarafından beğenilen Teatro Colon, Opera Garnier gibi salonlar, orkestra

çukuruna, çukur üzerinden, balkon önlerinden ve kubbelerden gelen iyi geç yansımalara sahiptir. Ancak hiçbir salon çok büyük orkestra çukuruna sahip değildir. Tüm bu anlaşmazlıklar üzerinde uzlaşma sağlamak opera salonu tasarımında temel amaçlardan biridir [3].

Bütün bunlar göz önüne alındığında orkestra çukuru tasarlanırken aşağıdaki koşullar göz önüne alınmalıdır:

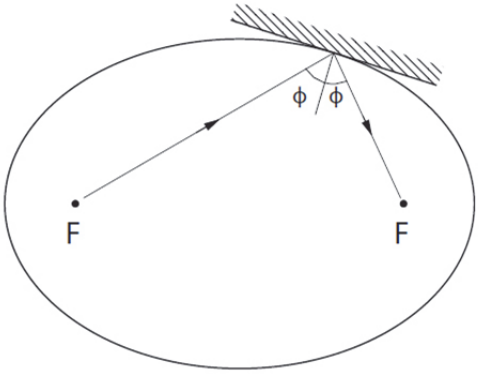
- Gerekli zemin alanı ve müzisyenler ve orkestra şefi için gerekli hacim belirlenmeli,
- Orkestranın dengesini korumak için genişlik ve derinlik arasındaki ilişki sağlanmalı,
- Orkestra çukuru zemin yüksekliğinin sahne zemini ve seyirci alanı zemini ile ilişkisi sağlanmalı, opera sanatçısı-orkestra dengesinin sağlanıp gerekli hareketli aralık oluşturulmalı,
- Zemin ve duvar konstrüksiyonu sesin seyircilere yeterli düzeyde ulaştırılmasını sağlamalı,
- Orkestra çukuru hacmi farklı boyuttaki orkestralar için ayarlanabilir olmalıdır [35].

3.2.13 Erken yansıma tasarımı

Konser ve opera salonlarında erken yansımalar, netlik (clarity), ses yüksekliği (loudness) ve samimiyet (intimacy) faktörlerinin hissedilmesine katkıda bulunur ve erken yansımalar eğer yan bölümlerden geliyorsa kaynak genişlemesi (source broadening) faktörünün de hissedilmesine olanak tanır. Tüm bu öznel parametreler iyi akustik koşullara sahip bir salon için gereklidir. Bir akustik yansımanın gerçekleşebilmesi için salon özellikle basit bir geometriye sahip olmalıdır. Eğer sonlu bir yüzeyden yansıma gerçekleşirse yüzey, kaynak ve alıcının odağını oluşturduğu elipse tanjant olmaktadır [3].

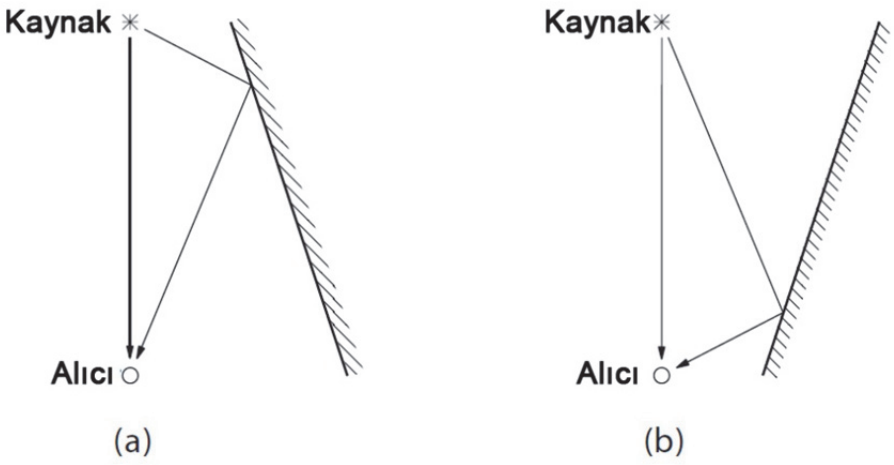
Kaynak genişlemesi (source broadening) etkisini oluşturmak için bir veya daha fazla güçlü yansımanın yan yüzeylerden gelmesi gerekir. Arkadan ve yukardan gelen yan yüzey yansımaları ve yan duvar veya tavan ve balkon saçaklarından gelen yansımalar da önemlidir. Bu durum detaylı olarak incelendiğinde yan yüzeylerden gelen yansımanın yakın ve uzak kulağa geliş sürelerinde fark olduğu görülür. Kulağa yan

yüzey yansımaları ne kadar büyük açıyla gelirse o kadar mekânsal etki artar. Bu durum Şekil.3.32'de basit planlarla gösterilmiştir.



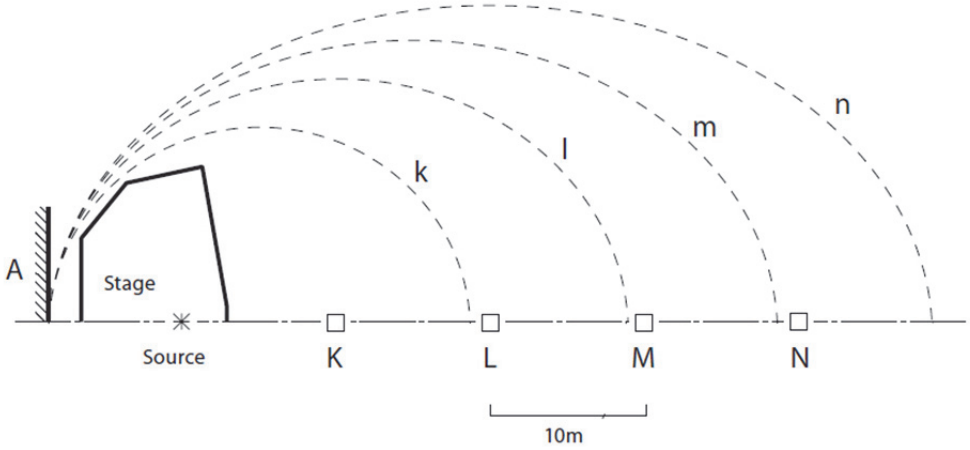
Şekil 3.31 : Yansımada yüzey, kaynak ve alıcının odağını oluşturduğu elips [3].

Fan plan tipinde yan yüzeylerden gelen yansımalar ile dolaysız sesler arasındaki açı küçüktür ve bu nedenle kaynak genişlemesi etkisi az olmaktadır. Ters splay şeklinde ise gelen dolaysız sesler yan yüzeylerden yansıyarak gelen sesler ile arasındaki açı büyük olmakta ve bu yüzden kaynak genişlemesi etkisi artmaktadır. Ters splay plan tipinin sahne tasarımıyla ilgili bir takım problemleri vardır. Bu planla birlikte izleyicilerin oturma alanları yönlendirilerek oldukça iyi çevrelenme hissi oluşturulabilir [3].

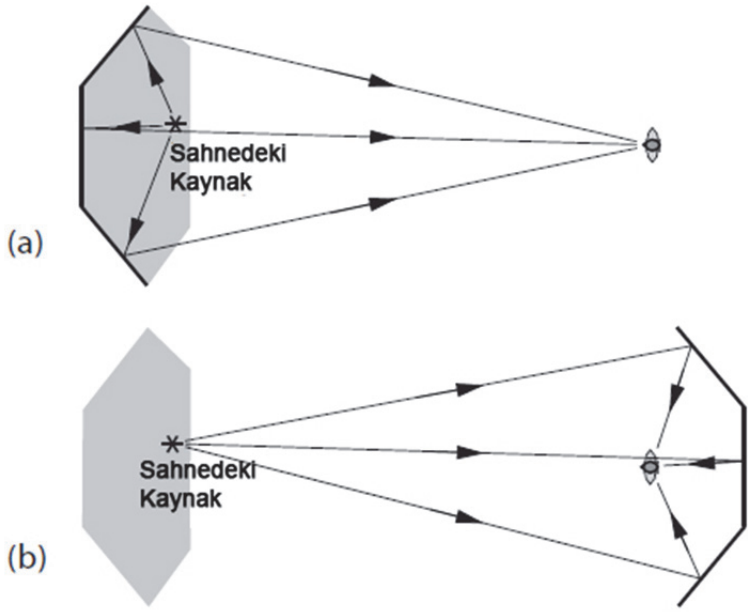


Şekil 3.32 : Yan yüzeylerden gelen yansıma açısı (a) fan (b) ters splay plan tipi [3].

Şekil.3.33'te K pozisyonundaki alıcıya sesi yansıtmak için yansıtıcı yüzeyin k elipsi içinde veya tanjantında olması gerektiği gösterilmiştir. Fakat N alıcısı için aynı yansıma gecikmesinde oluşan n elipsi daha geniştir. Bu diyagramda yansıtıcı yüzey için en etkili yer bütün alıcılara sesi sunabileceği kaynak arkasında bulunan yerdir [3].

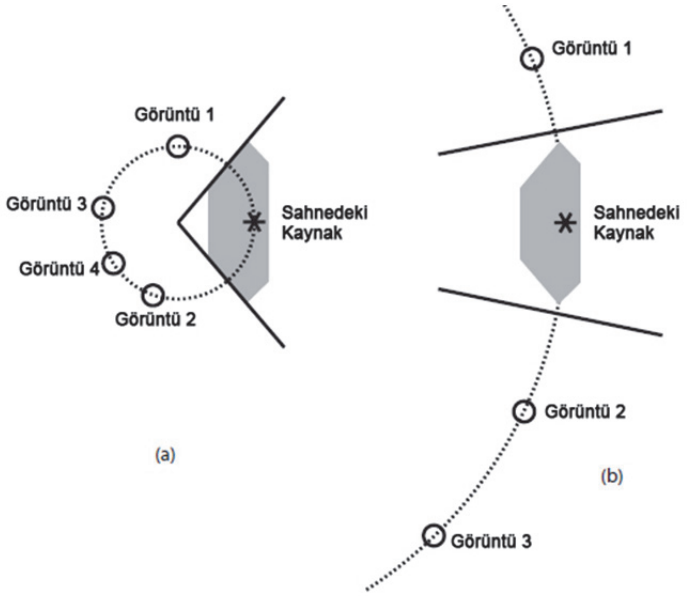


Şekil 3.33 : Elipsler yarım olarak üst üste gelecek biçimde konulmuştur. [3].



Şekil 3.34 : Erken yansıma; (a) sahne (b) dinleyici yanında yansıtıcı yüzeyler [3].

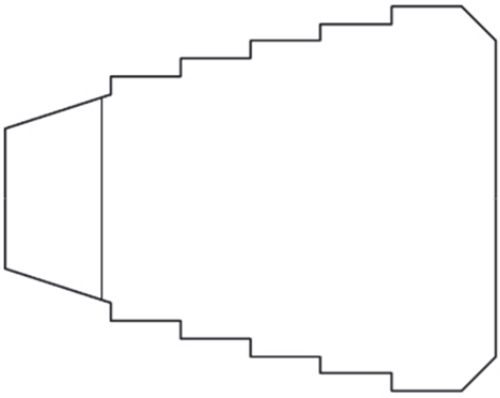
Yansıtıcı yüzeylerin yeriyle ilgili sorunlar Şekil.3.34'te gösterilmiştir. Sahne üzerine yerleştirilen yansıtıcılar 1950'lerde sık kullanılmaktaydı fakat daha sonraki dönemlerde bu uygulama gözden düşmüştür. 1963 yılında açılan ilk teraslı konser salonu Berlin Philarmonie, dinleyicilerin yakınında alternatif yansıtıcı yüzeylere sahip bir salondur. Dinleyicilerin yakınında bulunan yansıtıcıların iki avantajı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi izleyici oturma alanında oluşan yansımalarla daha iyi kontrol sağlanması ve ikincisi izleyici yakınında bulunan yansıtıcılardan gelen yansıyan ses ile daha geniş açı imkanı sağlandığı için kaynak genişlemesi etkisi yaratmasıdır [3].



Şekil 3.35 : Görüntü pozisyonları. (a) fan plan tipi, (b) paralele yakın yüzeyler [3].

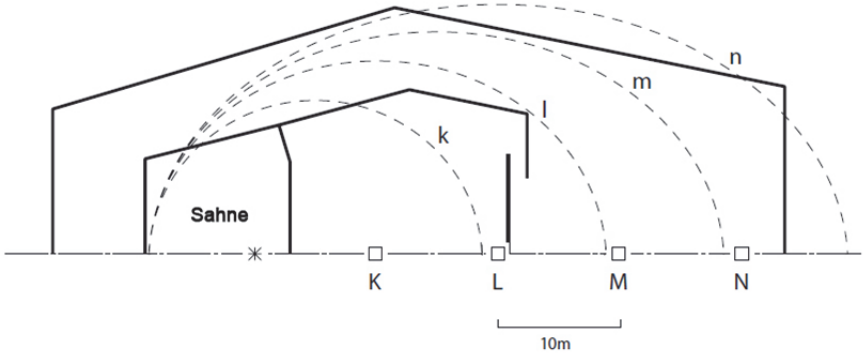
Küçük salonlarda büyük salonlara göre daha basit plan tipleri kullanılır. Dikdörtgen planın tutarlı bir akustik başarısı vardır. Bir diğer plan tipi olan fan plan tipi ise genellikle tavsiye edilmemektedir. Şekil.3.36'de geniş açılı fan plan tipinin dezavantajları gösterilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi, geniş açılı fan plan tipinde görüntüler belli bir bölümde yoğunlaşmıştır. Bu nedenle izleyiciler çok az bir kaynak genişliği etkisi hissederler. Paralel yüzeyli salonlar ve dar fan plan tipi daha iyi yan yüzey yansımaları oluşturur [3].

Uzatılmış altıgen formu, fan plan tipinin görsel avantajlarıyla ters splay formunun akustik avantajlarını birleştirmektedir. Gross fan plan tipi, basamaklanmış paralel duvarlarıyla bunu daha da ileri götürmüştür. Basit fan plan tipine göre daha gelişmiş olmasına rağmen hala bazı sorunları bulunmaktadır [3].



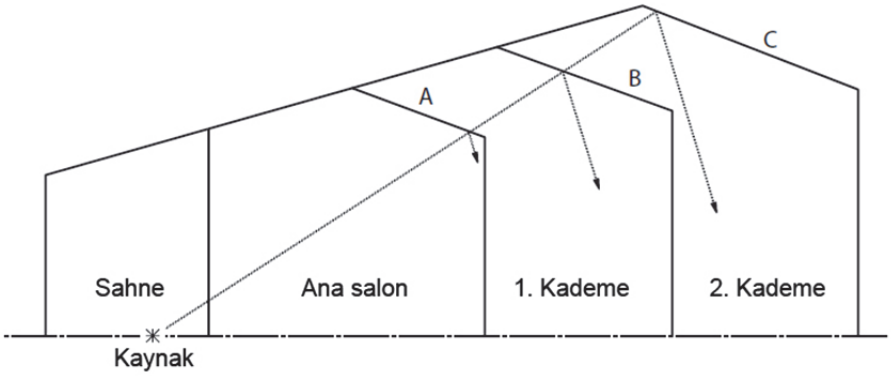
Şekil 3.36 : Fan plan tipinde basamaklanmış yan duvarlar [3].

Salonun boyutlarının belirlenmesi ile birlikte izleyici alanının bazı alt bölümlerini de belirlemek gerekir. 1966 yılında açılan De Doelen Concert Hall'da (2230 koltuk) elips modelinin genişletilmiş bir modeli kullanılmıştır. Uzatılmış altıgen plan, yansımaları koltuklara yönlendirir fakat bu yansımalar ön koltuklara çok geç ulaşır. Bu oturma alanları, sahneyi ve ön koltukları çeviren küçük altıgen forma sahiptir [3].



Şekil 3.37 : De Doelen Concert Hall, Rotterdam, yarım plan şeması [3].

Genişletilmiş elips şekli başka bir basamaklanmış plan tipinin çıkmasına neden olmuştur. Bu da Cremer'in (1986) şekillendirdiği trapez teraslı hacimdir. Her oturma seviyesi için reverse splay şeklinde yüzeylerle erken yansımalar desteklenmiştir. Burada balkon ön yüzeylerini aşağıya doğru eğimli yapmak çok önemlidir. Böylece buradan yansıyan ışınlar altı kısımdaki izleyici alanlarına ulaşabilir [3].

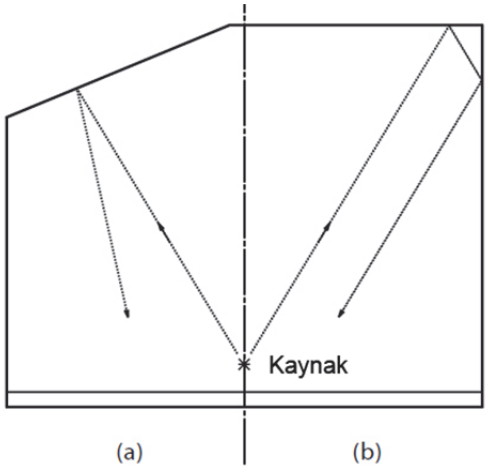


Şekil 3.38 : Trapez teraslı salon, yarım plan (Cremer, 1986) [3].

Salonların akustik tasarımında yan yüzey yansımaları oldukça önemlidir ve bu nedenle hacimde bulunması özellikle istenir. Tavan yansımaları da uygun yansımalardır ve genellikle hacimde bulunması istenir. Tavan hacimdeki en büyük yüzeydir ve buradaki temel endişe renklenme etkisini (colouration effect) engellemektir. Eğer bir tavan yansıması hem birinci yansıma hem de belirgin bir yansıma ise tercihen bu yansıma saçılarak yansıtılmalıdır. Günümüzde bazı konser

salonlarında, enine kesitte hafif eğim yapılmış tavanlara sahiptir ve böylece tavan ve duvar yansımaları ayrılmıştır. Bu durum da tartışmaları beraberinde getirmiştir. Düz tavan ve ona dik duvarlardan gelen ve birlikte üretilen yansımalar da benzer yansıma yol uzunluğuna sahiptir. Bu tip duvar tavan birleşiminde yan duvarlar ve balkon çıkıntıları ile ek erken yansımalarda oluşturulabilmektedir [3].

Tasarım için özellikle geniş plan yüzeyleri kullanılıyorsa, erken yansımaları değiştirmek risksiz değildir. Her zaman tonun renklenmesi (tone colouration) riski bulunmaktadır. Bir dinleyici yan yüzeylerden güçlü yansımalar almasına rağmen, renklenme etkisi için baş üstü yansımaları hala büyük potansiyel taşır. Bu da açıkça öznel etkilerden biri olan yanlış yer tespitine neden olur. Özellikle enstrüman sesleri aniden sahne yerine yansıtıcı yüzeylerden geliyormuş gibi hissedilir. Bu durumla ilgili çözüm ise yansıtıcı yüzeye saçıcı özellikler eklemektir bu da yansımaların yayılımını arttırarak katkıda bulunur [3].

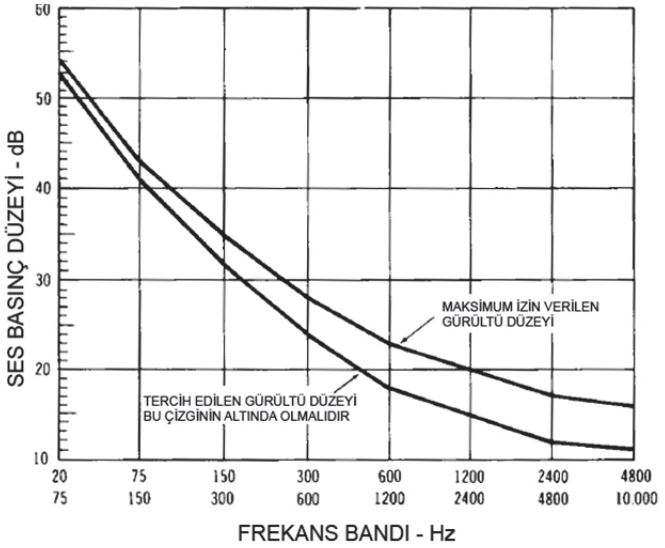


Şekil 3.39 : İki konser salonu en kesiti a) eğimli tavan b) düz tavan [3].

Konser salonu için başka bir tasarım stratejisi de, yüzeylerin yönlendirilmesi ile yansımaların seyircilere ulaştırılmasıdır. Buna yönlendirilmiş yansıma tasarım adı da verilmektedir. Seyirciye yönlenmiş olan erken yansımaların yan ürünü de geç sesleri etkiler. Çünkü seyirciler yüksek yutuculuğa sahiptir ve uzun çınlama süreleri için çok az enerji kalır. Erken düşme süresi (EDT), çınlama süresiyle en yakın ilişkiye sahip parametredir ve yönlendirilmiş yansıma tasarımlarında genellikle çınlama süresinden düşük EDT kullanılır. Eğer çınlama süresi daha kısa olursa dinleyicinin hissettiği çınlama yetersiz olur. Çınlama süresini uzatmak için gereken tek çözüm hacmi arttırmaktır [3].

3.2.14 Gürültü kontrolü tasarımı

Akustik açıdan başarılı bir konser salonuna izinsiz hiçbir sesin girmemesi gerekmektedir. Bunu başarmak oldukça pahalı ve zor bir iştir. Şehirlerde sessiz bölgeler neredeyse hiç yoktur. Ağır trafik gürültüsü, polis ve ambulans gürültüsü, helikopter ve uçak gürültüsü gibi şehirlere özgü gürültü ve titreşim problemlerinin konser salonlarının dışında kalması gerekmektedir. Tüm bunların dışında binanın içinde oluşan gürültüler de kontrol altına alınmalıdır. Bunun başında hava kanallarından gelen gürültü bulunur. Bunun dışında asansörlere, dinlenme odalarına, sahne ekipmanlarına dikkat etmek gereklidir [3].



Şekil 3.40 : Konser salonları için gürültü seviyesi kriterleri [3].

4. DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Bu çalışmada, konser ve opera işlevleri için tasarlanmış bir salonda, loca, balkon ve küçük salon – büyük salon durumlarının, o salonun akustik performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. İnceleme yapılan her durum için karşılaştırılabilir salon modelleri tasarlanmış ve bu modellerde elde edilen sonuçlar üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

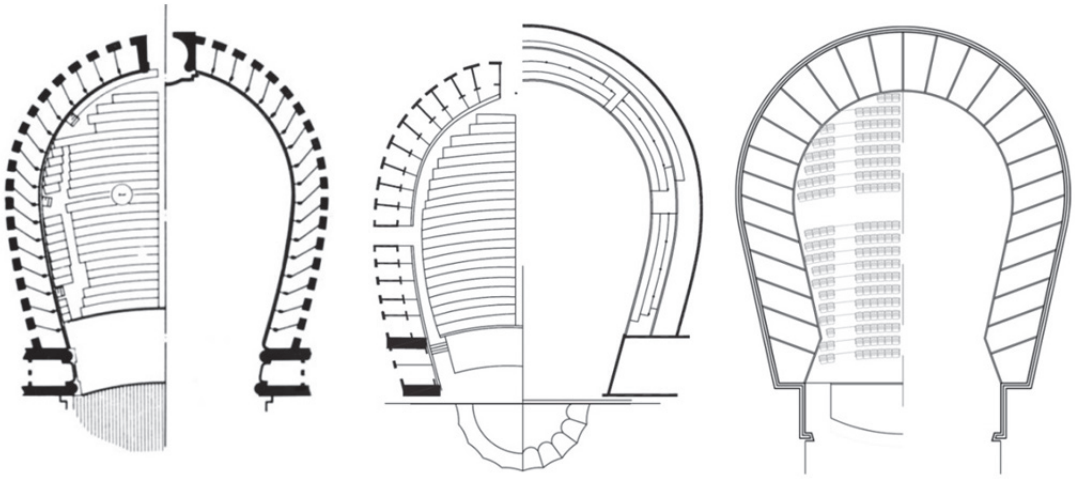
Araştırma kapsamında ihtiyaç duyulan çizim, modelleme ve akustik hesaplar için bilgisayar tabanlı programlar kullanılmıştır. Çalışmada yapılması amaçlanan tüm incelemelerin mevcut salonlar üzerinde yapılamayacak olması, bilgisayar tabanlı simülasyon programı kullanımını zorunlu kılmıştır. Bilgisayar tabanlı simülasyon programları ile tasarlanan salonlar üzerinde gerçeğe oldukça yakın sonuçlar elde edilebilmekte ve zaman tasarrufu sağlanabilmektedir. İnceleme yapılacak salonlar üzerinde kolayca değişiklik yapılabilmekte, daha ayrıntılı ve tekrar edilebilir ölçümler yapılarak kısa sürede sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu nedenlerden dolayı tüm tasarım, ölçüm ve değerlendirme süreçleri bilgisayar tabanlı simülasyon programları üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan modellerin tasarımında literatürden faydalanılmış ve bunun ışığında hacim kabulleri yapılmıştır. Oluşturulan modeller akustik simülasyon programına aktarılmış ve program kabulleri yapılarak hesap metotları seçilmiştir. Modeller için malzemeler seçilerek ideal koşullar sağlanmış, kaynak ve alıcı kabulleri yapılmıştır. Son olarak inceleme yapılacak parametreler seçilmiş ve bunlarla ilgili kabuller yapılmıştır. Tüm bu süreçlerin ardından akustik simülasyon programında modeller üzerinde hesaplamalar yapılmış ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde edilerek değerlendirmeler yapılmıştır.

4.1 Hacim ile İlgili Kabuller

Çalışma konusunu at nalı plan tipinde salonlar oluşturduğu için tüm modeller at nalı plan tipinde olacak şekilde tasarlanmıştır. Modeller oluşturulurken at nalı plan tipi

için, Milano'da bulunan Teatro Alla Scala ve Arjantin'de bulunan Teatro Colon salonlarının oranlarından yararlanılmıştır. Bu salonların plan çizimlerinin incelenmesi ile elde edilen oranlar, modellenen salonların çizimlerinde kullanılmış ve aynı oranlar kullanılarak salonlar tasarlanmıştır.



Şekil 4.1 : Solda Teatro Colon, ortada Teatro Alla Scala ve sağda S3 salonu.

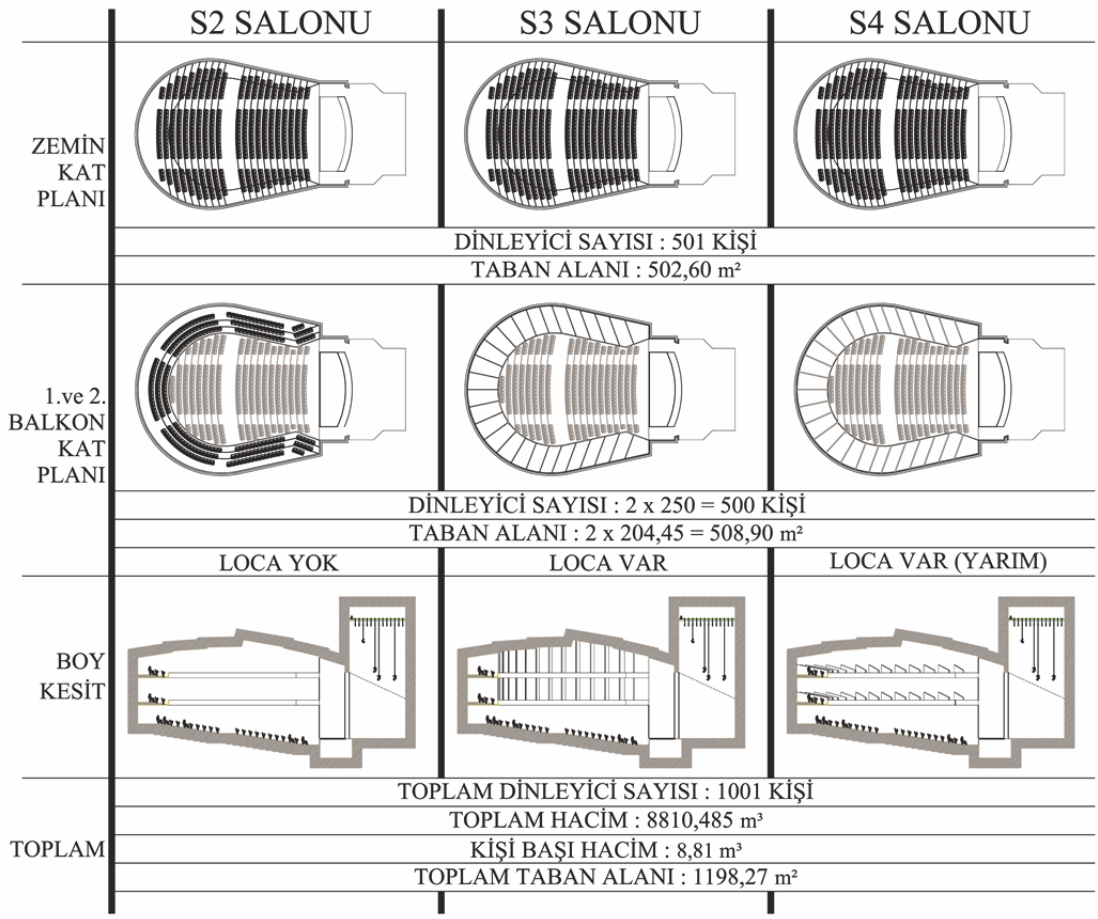
İncelenecek durumlarda sonuçlar elde edilebilmesi için modellerin karşılaştırılabilir olması gerekmektedir. Bu nedenle her durum için üç salon üzerinde incelemeler yapılmıştır. Tasarlanan salonlar, incelenecek durumların koşullarını sağladığı gibi akustik tasarım ilkelerine göre de ideal olmak zorundadırlar.

Loca, balkon ve küçük salon – büyük salon durumlarının incelenmesi için 7 adet model oluşturulmuş ve bu modeller boyut ve özelliklerine göre sırayla S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 salonları olarak adlandırılmıştır. Loca durumu incelmesi için S2, S3, S4, balkon durumu incelemesi için S2, S5, S6 ve küçük salon - büyük salon durumlarının incelenmesi için S1, S2, S7 salonları kullanılmıştır. Oluşturulan modellerin tamamı konser ve opera işlevlerine uygun olarak tasarlanmıştır. Bu salonların tasarımları ve hacim kabulleri ile ilgili bilgiler, incelenen durumların hacim kabullerinde verilmiştir.

4.1.1 Loca durumu incelemesi için hacim kabulleri

Loca durumu incelemesinde, tam ve yarım locaların, salonların akustik karakteristiği üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri araştırılmıştır. Bu durumun incelenebilmesi için birbirine tamamen eşit, iki balkon katına sahip üç salon tasarlanmış ve salonlardan birine tam loca, diğerine yarım loca eklenmiştir. Böylece, salonlarda loca varlığının akustik performans üzerindeki etkileri hem loca içinde bulunan hem de

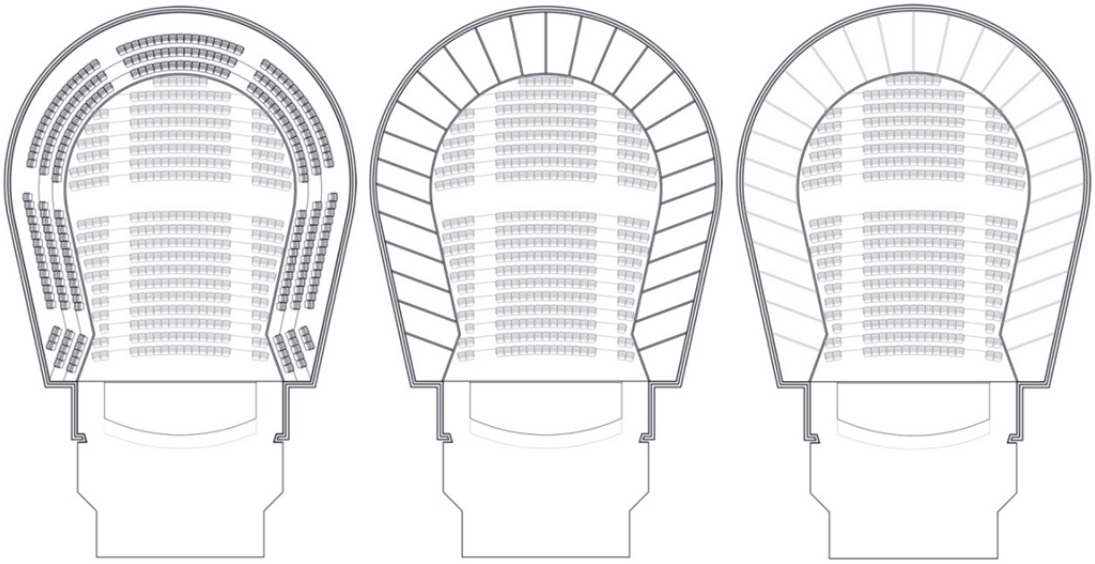
salonun diğer bölümlerinde bulunan dinleyiciler üzerinde incelenebilmiştir. Oluşturulan modeller S2, S3 ve S4 salonları olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4.2 : S2, S3 ve S4 salonlarının genel özellikleri.

Salonların özellikleri aşağıda tanımlanmıştır:

- S2 salonu, iki balkon katına ve 1001 kişilik oturma kapasitesine, 8810,485 m³ hacme ve kişi başına 8,81m³ hacme sahiptir. S2 salonunda loca veya yarım loca oluşturabilecek bölücü duvarlar bulunmamaktadır.
- S3 salonu, iki balkon katına ve 1001 kişilik oturma kapasitesine, 8810,485 m³ hacme ve kişi başına 8,81m³ hacme sahiptir. Sahip olduğu iki balkon katında, zeminden tavana kadar yerleştirilen bölücü duvarlar loca bölümlerini oluşturmaktadır.
- S4 salonu, iki balkon katına ve 1001 kişilik oturma kapasitesine, 8810,485 m³ hacme ve kişi başına 8,81m³ hacme sahiptir. Sahip olduğu iki balkon katında, zeminden 90 cm yüksekliğe kadar yerleştirilen bölücü duvarlar yarım loca bölümlerini oluşturmaktadır.



Şekil 4.3 : Solda S2, ortada S3, sağda S4 salonunun balkon katı planı gösterilmiştir.

- S2, S3 ve S4 salonlarında; salon genişliği, tavan yükseklikleri gibi salonun fiziki sınırlarını oluşturan tüm boyutlar eşittir. Sahne, sahne kulesi, orkestra çukuru gibi bölümler de bu üç salonda da tamamen aynıdır.

Kıyaslama Yapılan Üç Salonun Sabit Özellikleri:

- Hacim,
- Dinleyici sayısı,
- Kişi başı hacim oranı,
- Plan tipi ve oranları,
- Salon boyutları (zemin kat ve balkonlar) ,
- Yüzey malzemeleri (arka duvar hariç),
- Sahne, sahne kulesi ve orkestra çukuru boyutları,
- Tavan yükseklikleri.

Kıyaslama Yapılan Üç Salonun Değişken Özellikleri:

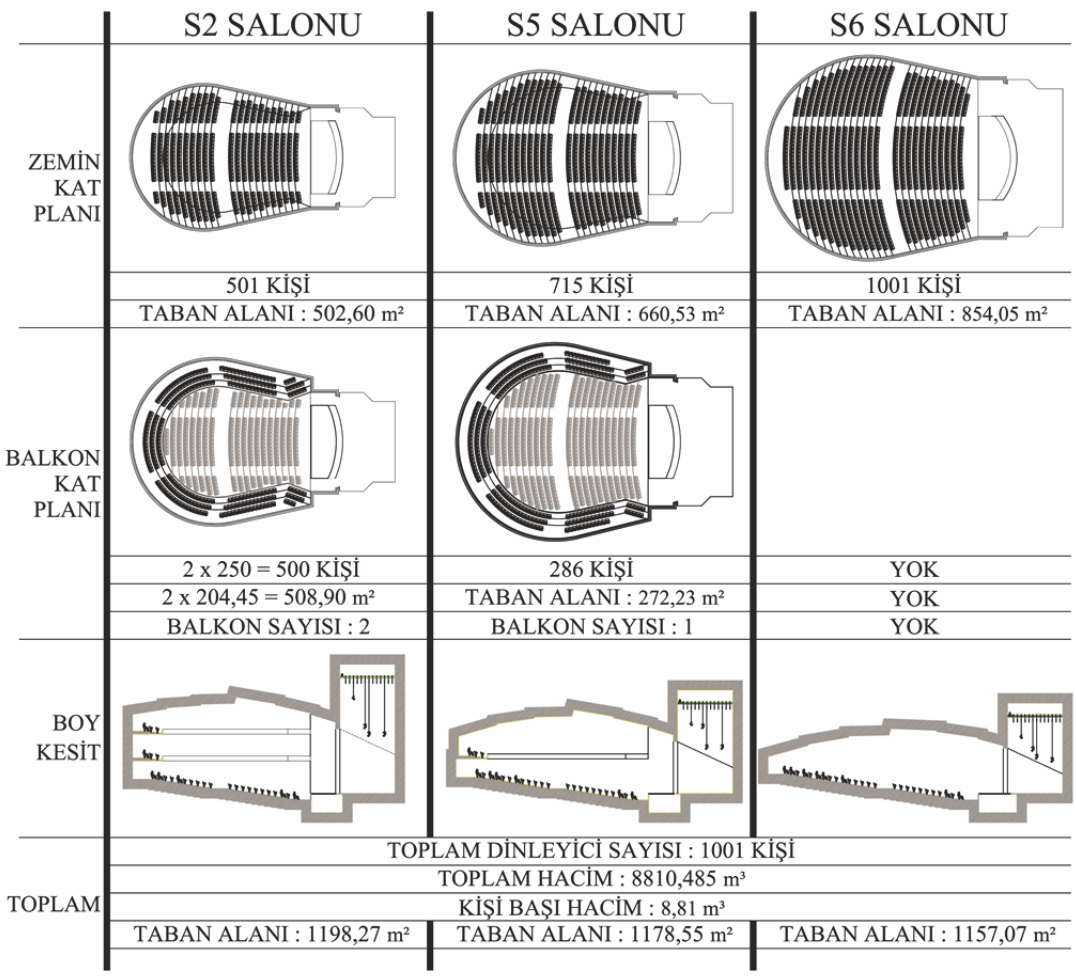
- Locaları oluşturan bölücü duvarlar,
- Yüzey malzemeleri (sadece arka duvar).

Çizelge 4.1 : Loca durumu karşılaştırması yapılan S2, S3 ve S4 salonlarının özellikleri.

	SALON ADI	**S2**		**S3**		**S4**	
	İŞLEV	**KONSER**	**OPERA**	**KONSER**	**OPERA**	**KONSER**	**OPERA**
SALON BİLGİLERİ	Dinleyici Kapasitesi (kişi)	1001		1001		1001	
	Hacim (m³)	8810,485		8810,485		8810,485	
	Kişi Başı Hacim (kişi/m³)	8,81		8,81		8,81	
	Balkon Sayısı	2		2		2	
	Loca Durumu	-		VAR		VAR (YARIM)	
	Zemin Eğimi	9.1° - %16		9.1° - %16		9.1° - %16	
	Sahne Alanı (m²)	186,77	147,34	186,77	147,34	186,77	147,34
	Orkestra Çukuru Alanı (m²)	-	51,08	-	51,08	-	51,08
	Salon Alanı (m²)	502,60		502,60		502,60	
	Balkon Alanı	508,90		508,90		508,90	
	Toplam Zemin Alanı (m²)	1198,27	1209,92	1198,27	1209,92	1198,27	1209,92
	Orkestra Çukuru (d/w/h)	-	4,90/11,30/3,00	-	4,90/11,30/3,00	-	4,90/11,30/3,00
	Sahne Boyutları (d/w)	13,10/15,30		13,10/15,30		13,10/15,30	
	Sahne Yüksekliği (m)	8,00	20,00	8,00	20,00	8,00	20,00
	En Uzak Seyirci Mesafesi (m)	25,60		25,60		25,60	
	Salonda En Yüksek Tavan (m)	14,51		14,51		14,51	
	Proscenium Boyutları (d/w/h)	0,70/14,10/10,00		0,70/14,10/10,00		0,70/14,10/10,00	
MODEL	Odeon Kaynak Sayısı	1	2	1	2	1	2
	Odeon Alıcı Sayısı	69		67		67	
	Arka Plan gürültü Seviyesi	NC25		NC25		NC25	

4.1.2 Balkon durumu incelemesi için hacim kabulleri

Balkon durumu incelemesinde, balkon varlığının ve sayısının salonların akustik karakteristiği üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri araştırılmıştır. Bu durumun incelenebilmesi için balkonsuz, tek balkonlu ve iki balkonlu salonlar tasarlanmıştır. Böylece, salonlarda balkon varlığının salonların akustik performansları üzerindeki etkileri, hem balkon bölümünde bulunan hem de salonun diğer bölümlerinde bulunan dinleyiciler üzerinde incelenebilmiştir. Bu durum için oluşturulan modeller S2, S5 ve S6 salonları olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4.4 : S2, S5 ve S6 salonlarının genel özellikleri.

Salonların özellikleri aşağıda tanımlanmıştır:

- S2 salonu, iki balkon katına ve 1001 kişilik oturma kapasitesine, 8810,485 m³ hacme ve kişi başına 8,81m³ hacme sahiptir. Zemin kat taban alanı 502,60 m²'dir.

- S5 salonu, tek balkon katına ve 1001 kişilik oturma kapasitesine, 8810,485 m³ hacme ve kişi başına 8,81m³ hacme sahiptir. Zemin kat taban alanı S2 salonuna göre daha büyüktür ve 660,53 m²'dir.
- S6 salonu, iki balkon katına ve 1001 kişilik oturma kapasitesine, 8810,485 m³ hacme ve kişi başına 8,81m³ hacme sahiptir. Zemin kat taban alanı S2 ve S5 salonlarına göre daha büyüktür ve 854,05 m²'dir.
- Salonların taban alanları büyüse de örnek salonlardan elde edilen oranlar korunmuştur. At nalı plan tipi ve tavan bölümlenmesi oranları tüm salonlarda eşittir.
- Balkon durumu incelemesinde yer alan tüm salonların taban alanları farklı olsa da tavan yüksekliklerinde yapılan ayarlamalar ile eşit hacimler oluşturulmuştur. Böylece kişi başına düşen hacimler eşitlenmiştir.
- Sahne, sahne kulesi, orkestra çukuru ve proscenium boyutları da salonların taban alanlarındaki büyüme ile aynı oranda büyütülmüştür.

<u>Kıyaslama Yapılan Üç Salonun Sabit Özellikleri:</u>

- Hacim,
- Dinleyici sayısı,
- Kişi başı hacim oranı,
- Plan tipi ve oranları,
- Yüzey malzemeleri (arka duvar hariç),

<u>Kıyaslama Yapılan Üç Salonun Değişken Özellikleri:</u>

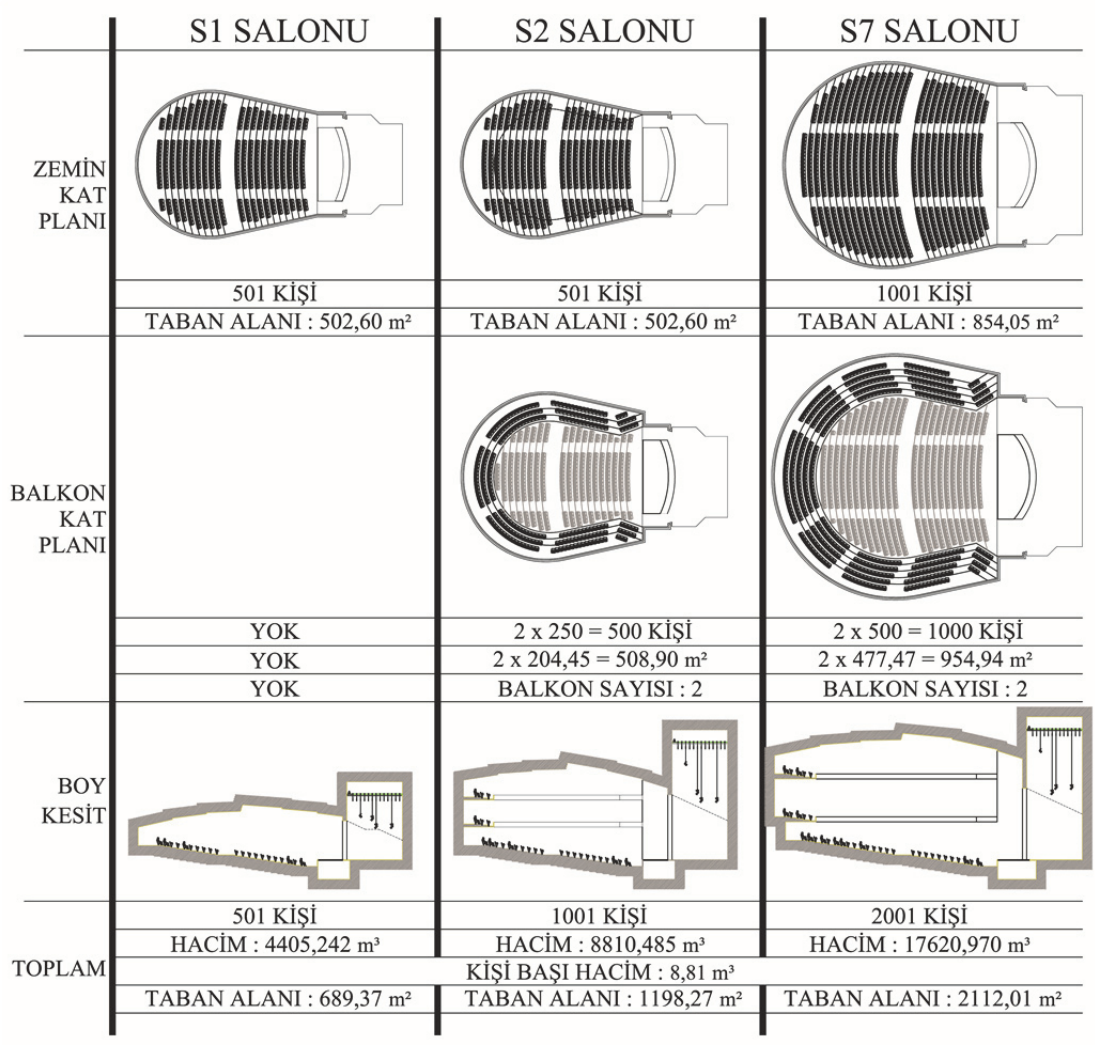
- Salon boyutları (zemin kat ve balkonlar),
- Yüzey malzemeleri (sadece arka duvar).
- Tavan yükseklikleri,
- Sahne, sahne kulesi ve orkestra çukuru boyutları.

Çizelge 4.2 : Balkon durumu karşılaştırması yapılan S2, S5 ve S6 salonlarının özellikleri.

	SALON ADI	S2		S5		S6	
	İŞLEV	KONSER	OPERA	KONSER	OPERA	KONSER	OPERA
SALON BİLGİLERİ	Dinleyici Kapasitesi (kişi)	1001		1001		1001	
	Hacim (m³)	8810,485		8810,485		8810,485	
	Kişi Başı Hacim (kişi/m³)	8,81		8,81		8,81	
	Balkon Sayısı	2		1		-	
	Loca Durumu	-		-		-	
	Zemin Eğimi	9.1° - %16		9.1° - %16		9.1° - %16	
	Sahne Alanı (m²)	186,77	147,34	245,79	186,77	303,02	249,18
	Orkestra Çukuru Alanı (m²)	-	51,08	-	51,08	-	67,86
	Salon Alanı (m²)	502,60		660,53		854,05	
	Balkon Alanı	508,90		272,23		-	
	Toplam Zemin Alanı (m²)	1198,27	1209,92	1178,55	1198,27	1209,92	1178,55
	Orkestra Çukuru (d/w/h)	-	4,90/11,30/3,00	-	4,90/11,30/3,00	-	5,90/13,00/3,00
	Sahne Boyutları (d/w)	13,10/15,30		13,10/19,80		13,10/24,30	
	Sahne Yüksekliği (m)	8,00	20,00	6,00	16,00	5,00	14,00
	En Uzak Seyirci Mesafesi (m)	25,60		27,60		29,90	
	Salonda En Yüksek Tavan (m)	14,51		12,51		9,30	
	Proscenium Boyutları (d/w/h)	0,70/14,10/10,00		0,70/18,60/8,00		0,70/23,10/7,00	
MODEL	Odeon Kaynak Sayısı	1	2	1	2	1	2
	Odeon Alıcı Sayısı	69		65		68	
	Arka Plan gürültü Seviyesi	NC25		NC25		NC25	

4.1.3 Küçük salon – büyük salon durumu incelemesi için hacim kabulleri

Küçük salon - büyük salon durumu incelemesinde, salon boyutları ile salon hacminde yaşanan artışın salonların akustik karakteristiği üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri araştırılmıştır. Bu durumun incelenebilmesi için literatüre göre küçük, orta ve büyük boyutta kabul edilen salonlar tasarlanmıştır. Böylece küçük salon ve büyük salonda bulunan dinleyicilerin üzerinde etkili olan akustik faktörler karşılaştırmalı olarak incelenebilmiştir. Oluşturulan modeller S1, S2 ve S7 salonları olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4.5 : S1, S2 ve S7 salonlarının genel özellikleri.

Salonların özellikleri aşağıda tanımlanmıştır:

- S1 salonu, 501 kişilik oturma kapasitesine, 4405,242 m³ hacme ve kişi başına 8,81m³ hacme sahiptir. Zemin kat taban alanı 502,60 m²'dir.

- S2 salonu, iki balkon katına, 1001 kişilik oturma kapasitesine, 8810,485 m³ hacme ve kişi başına 8,81m³ hacme sahiptir. Zemin kat taban alanı 502,60 m²'dir.
- S7 salonu, iki balkon katına, 2001 kişilik oturma kapasitesine, 17620,970 m³ hacme ve kişi başına 8,81m³ hacme sahiptir. Zemin kat taban alanı 854,05 m²'dir.
- Salonların kişi başı hacim oranlarını sabitlemek için, plan tipi ve tavan bölümlenmesi oranları değiştirilmeden, tavan yükseklikleri üzerinde ayarlamalar yapılmıştır.
- Sahne, sahne kulesi, orkestra çukuru ve proscenium boyutları da salonların taban alanlarındaki büyüme ile aynı oranda büyütülmüştür.

Kıyaslama Yapılan Üç Salonun Sabit Özellikleri:

- Kişi başı hacim oranı,
- Plan tipi ve oranları,
- Yüzey malzemeleri (arka duvar hariç),

Kıyaslama Yapılan Üç Salonun Değişken Özellikleri:

- Hacim,
- Dinleyici sayısı,
- Salon boyutları (zemin kat ve balkonlar) ,
- Sahne, sahne kulesi ve orkestra çukuru boyutları,
- Tavan yükseklikleri.
- Yüzey malzemeleri (sadece arka duvar).

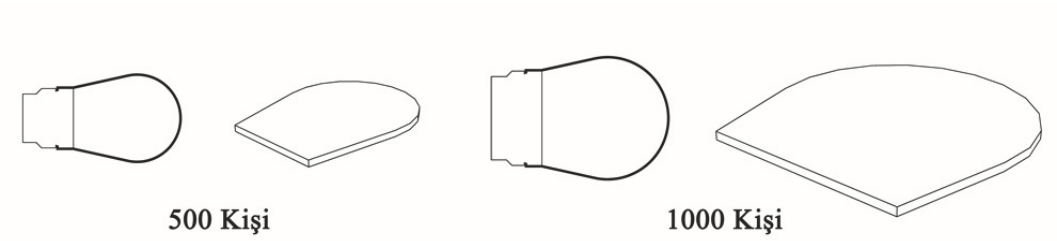
Çizelge 4.3 : Küçük salon – büyük salon durumu karşılaştırması yapılan S1, S2 ve S7 salonlarının özellikleri.

	SALON ADI	**S1**		**S2**		**S7**	
	İŞLEV	**KONSER**	**OPERA**	**KONSER**	**OPERA**	**KONSER**	**OPERA**
SALON BİLGİLERİ	Dinleyici Kapasitesi (kişi)	501		1001		2001	
	Hacim (m³)	4405,242		8810,485		17620,970	
	Kişi Başı Hacim (kişi/m³)	8,81		8,81		8,81	
	Balkon Sayısı	-		2		2	
	Loca Durumu	-		-		-	
	Zemin Eğimi	9.1° - %16		9.1° - %16		9.1° - %16	
	Sahne Alanı (m²)	186,77	147,34	186,77	147,34	303,02	249,18
	Orkestra Çukuru Alanı (m²)	-	51,08	-	51,08	-	67,86
	Salon Alanı (m²)	502,60		502,60		854,05	
	Balkon Alanı	-		508,90		954,94	
	Toplam Zemin Alanı (m²)	689,37	701,02	1198,27	1209,92	2112,01	2058,17
	Orkestra Çukuru (d/w/h)	-	4,90/11,30/3,00	-	4,90/11,30/3,00	-	5,90/13,00/3,00
	Sahne Boyutları (d/w)	13,10/15,30		13,10/15,30		13,10/24,30	
	Sahne Yüksekliği (m)	4,22	12,00	8,00	20,00	9,00	22,00
	En Uzak Seyirci Mesafesi (m)	23,10		25,60		32,10	
	Salonda En Yüksek Tavan (m)	8,02		14,51		18,70	
	Proscenium Boyutları (d/w/h)	0,70/14,10/6,00		0,70/14,10/10,00		0,70/23,10/11,00	
MODEL	Odeon Kaynak Sayısı	1	2	1	2	3	4
	Odeon Alıcı Sayısı	39		69		138	
	Arka Plan gürültü Seviyesi	NC25		NC25		NC25	

4.1.4 Diğer hacim kabulleri

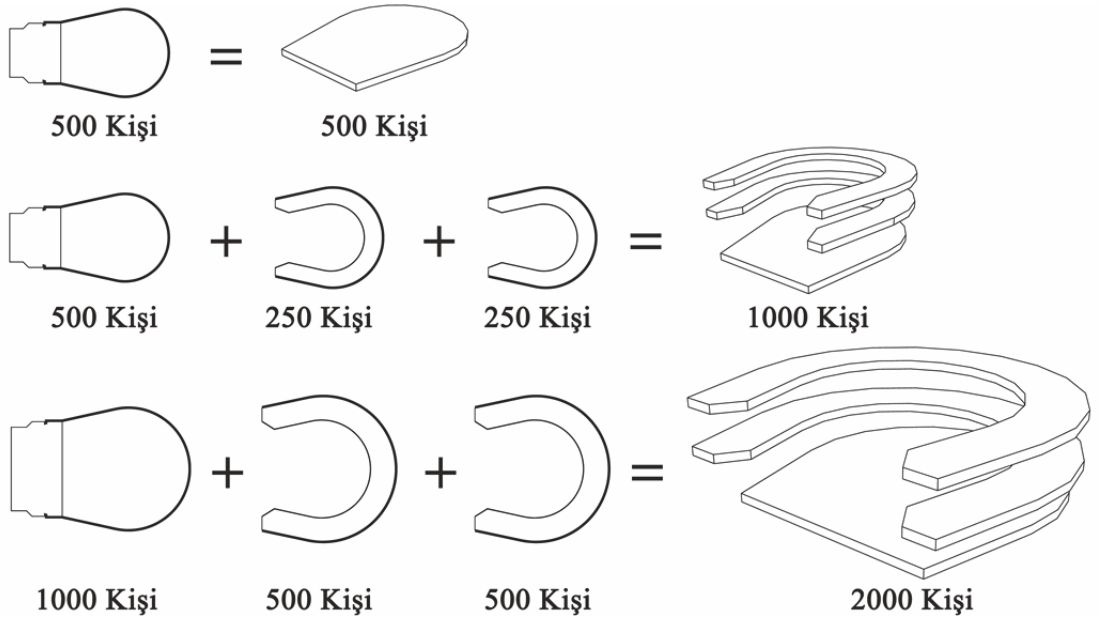
Tüm salonların tasarım ve çizim süreçleri AUTOCAD 2010 programı ile yapılmış, çizimleri tamamlanan salonlar SketchUp 8.0 programında modellenmiştir. Salonların tasarımında literatürde bulunan tüm salon özellikleri dikkate alınmıştır. Kişi başı hacim oranı, dinleyici kapasitesi ve en uzak dinleyici mesafesi, salon boyutlarının belirlenmesinde önemli rol oynamıştır. Salonların tasarım aşamaları aşağıdaki sıralamada gerçekleşmiştir.

1. İncelenecek üç durum için ihtiyaç duyulan salon özellikleri ortaya konmuş ve dinleyici sayıları belirlenmiştir. Küçük salon – büyük salon durumu incelemesi için literatürde yer alan dinleyici sayıları dikkate alınmıştır. Buna göre küçük salon için yaklaşık 500, büyük salon için yaklaşık 2000 kişi kapasiteli salon ihtiyacı belirlenmiştir.
2. Yapılan tasarım çalışmalarında, literatürdeki örneklerden alınan oranlar korunarak tasarlanan at nalı salon tipindeki balkonsuz bir salonda, en uzak dinleyici mesafesi dikkate alınarak en fazla 1000 dinleyici yerleştirilebildiği görülmüştür.
3. 500 ve 1000 kişi kapasitesine sahip balkonsuz salonlar tasarlanarak bu salonlar üzerinden tüm durumlar için ihtiyaç duyulan salonların oluşturulmasına karar verilmiştir.



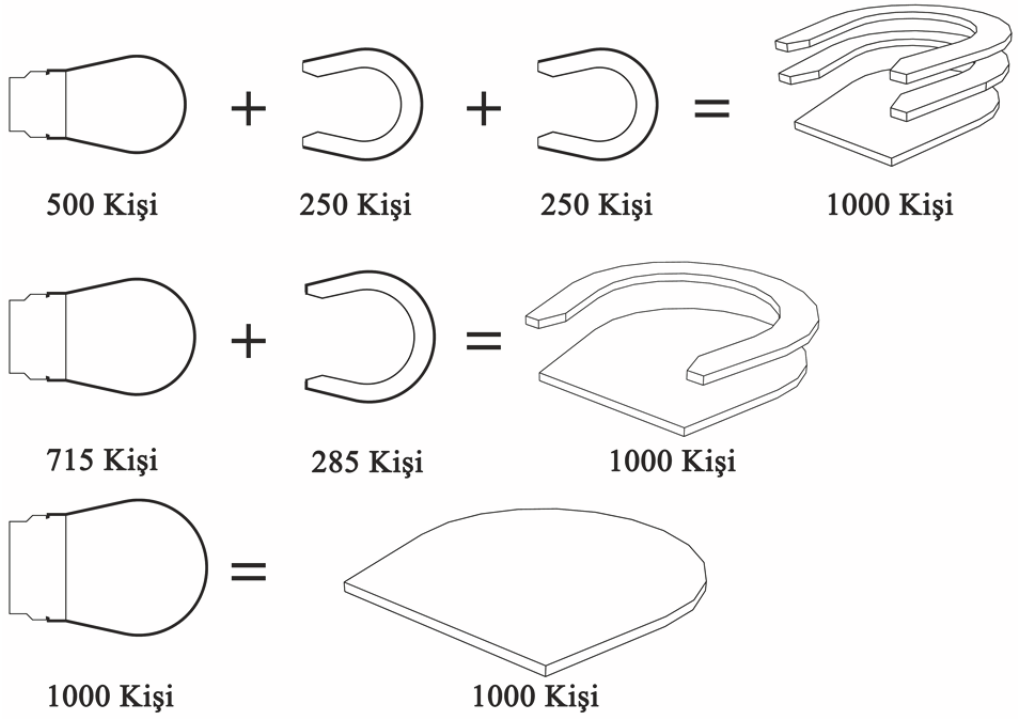
Şekil 4.6 : Tasarımın ilk aşamasını oluşturan 500 ve 1000 kişi kapasiteli salonlar.

4. Küçük salon – büyük salon durumu için 500 ve 1000 kişilik salonlara 2 balkon katı eklenerek 500, 1000 ve 2000 kişi kapasiteli salonlar oluşturulmuştur.



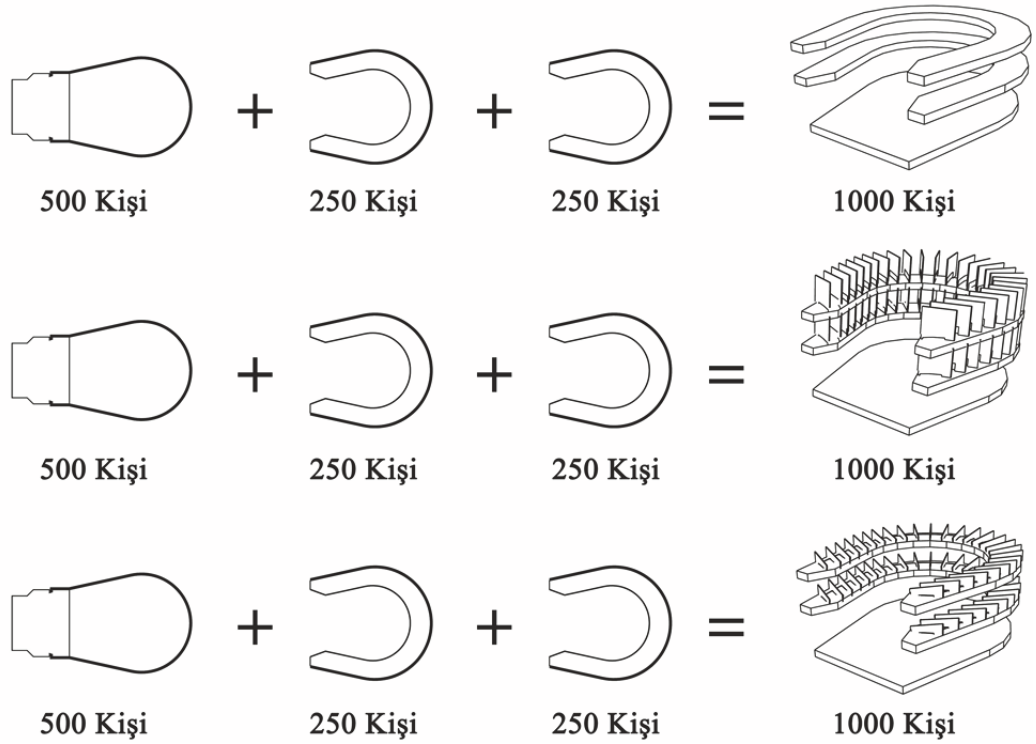
Şekil 4.7 : Küçük salon - büyük salon durumu incelemesi için hazırlanan modeller.

5. Balkon durumu incelemesi için bir önceki adımda kullanılan 1000 kişi kapasiteli balkonsuz salon ve 2 balkon katına sahip salonlara ek olarak aynı oranlar korunarak tek balkon katına sahip 1000 kişi kapasiteli salon oluşturulmuştur.



Şekil 4.8 : Balkon durumu incelemesi için hazırlanan modeller.

6. Loca incelemesi için 4. adımda hazırlanan 1000 kişi kapasiteli 2 balkon katına sahip salona loca ve yarım localar eklenerek iki salon daha oluşturulmuştur.



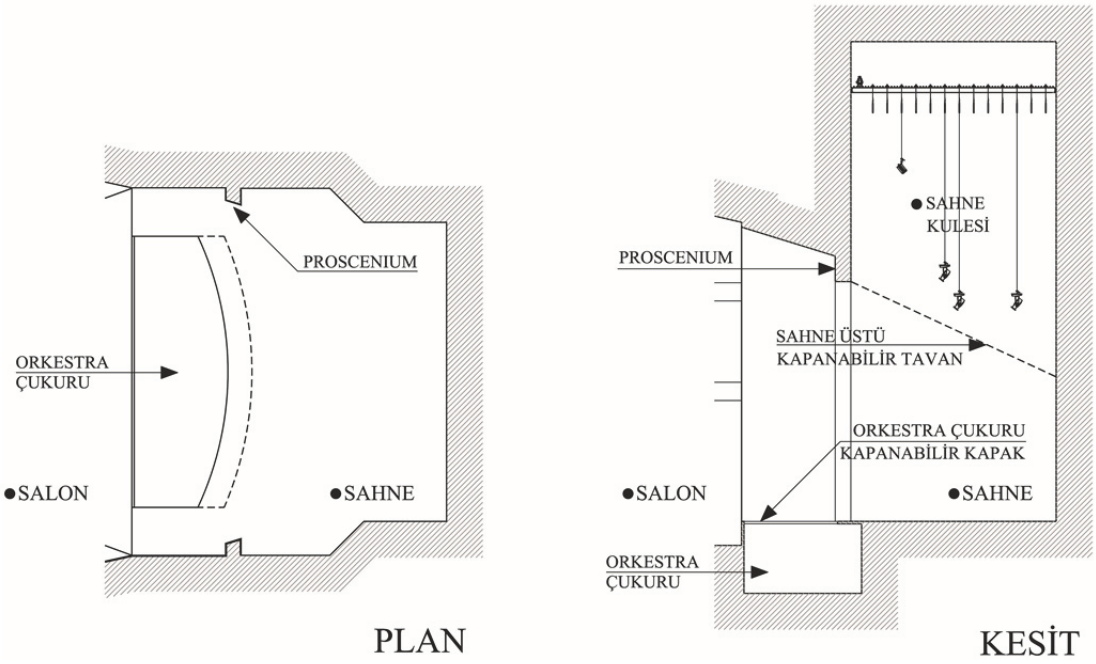
Şekil 4.9 : Loca durumu incelemesi için hazırlanan modeller.

7. Konser ve opera salonları için ortak olarak kullanılabilecek kişi başı hacim oranı literatürden belirlenmiştir. Marshall Long'a göre bu oran opera salonları için 4,5-7,4 m³, konser salonları için 6,2-10,8 m³'tür. En uzak seyirci mesafesi ve minimum tavan yükseklikleri dikkate alınarak yapılan tasarım çalışmaları sonucunda bu oran 8,81 m³'e kadar düşürülebilmiştir.
8. Örnek salonlardan elde edilen oranlar korunarak tavan yükseklikleri üzerinden yapılan ayarlamalarla kişi başı hacim oranı sabitlenmiştir.
9. Sahne, sahne kulesi, orkestra çukuru, proscenium bölümleri tasarlanırken literatürde yer alan ölçü ve oranlar dikkate alınmıştır.
10. Salonlar boyut ve dinleyici kapasitelerine göre sırayla S1, S2, S3, S4, S5, S6 ve S7 salonları olarak adlandırılmıştır.

Loca, balkon ve küçük salon – büyük salon durumları için inceleme yapılan tüm salonlar, konser ve opera işlevleri için kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle opera işlevinde kullanılmak üzere tüm salonlarda orkestra çukuru, sahne kulesi ve proscenium bölümleri bulunmaktadır. Konser durumundan opera durumuna geçişte

orkestra çukuru ve sahne kulesi açılmaktadır. Böylece opera için dekor yeri açılıp, orkestra sahne altında yer alan orkestra çukuruna gizlenmektedir.

Sahne, orkestra çukuru, proscenium ve sahne kulesi boyutları literatürde kabul edilen değerlere uygun olarak tasarlanmıştır. Müzisyenlerin ihtiyaç duyduğu kişi başı 1,5 m² alan düşünülerek, konser işlevinde sahne üzerinde 80-120 kişilik orkestra, opera işlevinde orkestra çukurunda 25-30 kişilik orkestra için uygun alanlar oluşturulmuştur. Proscenium ve sahne kulesi boyutları da literatüre göre uygun ölçülerde yapılmıştır ve sahne kulesi proscenium yüksekliğinin 2 katı yüksekliğinde olacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 4.10 : Solda salonların sahne planı, sağda da sahne kesiti gösterilmiştir.

Salonlarda loca, balkon ve küçük salon – büyük salon durumu incelemesi yapılabilmesi için birçok değer sabitlenmiştir. Sabit değerler oluşturularak nesnel ve öznel akustik parametrelerin bu sabitlerden etkilenmesi engellenmiştir. Böylece çalışmanın amacı olan durumlar ve bu durumların akustik parametreler üzerindeki etkileri gözlemlenebilmiştir. Tüm salonlarda kişi başına düşen hacim oranı ve arka duvar haricindeki tüm malzemeler eşitlenmiştir. Salonların taban alanı ve balkon sayısının değişmesi durumlarında tavan yüksekliklerinde yapılan değişiklikler ile kişi başı hacim oranı sabit tutulmuştur. Aynı şekilde sahne yüksekliği, zemin eğimleri, izleyicilerin oturduğu bölümler de her salonda sabit tutulmuştur.

4.2 Akustik Simülasyon Programı ile İlgili Kabuller

Çalışma kapsamında SketchUp 8.0 programında hazırlanan modeller akustik simülasyon programına aktarılmıştır. Hesap metotları belirlenmeden önce, modeller program tarafından kontrol edilmiş, üst üste binen yüzey olmadığı ve ışınların model dışına kaçmadığı tespit edilmiştir. Akustik hesaplamalar için ODEON 11.21 Combined versiyonu kullanılmıştır. Modellerin uygunluğu kontrol edildikten sonra ODEON Akustik Simülasyon Programı'na aktarılan modeller için hesap parametreleri belirlenmiştir. Bunlar;

- bir ışının maksimum yansıma süresi (impulse response length),
- bir ışının maksimum yansıma sayısı (maximum reflection order),
- erken ışın sayısı (number of early rays),
- geç ışın sayısı (number of late rays),
- sanal kaynakların yansıma derecesi (transition order),
- arka plan gürültü düzeyi, ortam sıcaklığı ve nemdir.

Kullanılması gereken minimum ışın sayıları modele göre program içinde gösterilmektedir. Bu nedenle seçilecek ışın sayıları bu değerlerin üzerinde olacak şekilde belirlenmektedir.

Hesaplama yapılacak modeller için; bir ışının maksimum yansıma süresi 3000 ms, bir ışının maksimum yansıma sayısı 2000, erken ışın sayısı 30000, geç ışın sayısı 15000, sanal kaynakların yansıma derecesi 2, arka plan gürültü seviyesi NC 25, ortam sıcaklığı 20 °C ve nem %50 olarak belirlenmiştir. Belirlenen ışın sayıları, hesaplamaların sağlıklı olması için minimum değerin 2 katı olarak seçilmiştir.

4.3 Kullanılan Malzemeler ile İlgili Kabuller

Çalışma kapsamında oluşturulan modellerin tüm yüzeyleri, malzeme seçimlerinin yapılabilmesi için farklı katmanlarda modellenmiştir. Malzeme seçimi için, ODEON Akustik Simülasyon Programı'nda bulunan malzeme kütüphanesinden, akustik yüzey kaplamaları üreten firma kataloglarından ve literatürde yer alan malzeme yutuculuk katsayılarından faydalanılmıştır.

Salonlarda balkon, loca ve küçük salon – büyük salon durumlarının incelenebilmesi için kişi başına düşen hacim oranı ile birlikte arka duvar haricindeki malzemeler de sabitlenmiştir. Bunun nedeni inceleme yapılacak durumlarda karşılaştırılan salonların akustik performanslarını malzemelerin etkisinden bağımsız olarak inceleyebilmektir.

Balkon ve loca durumu incelemelerinde, kişi başına düşen hacmin sabitlenmesi ile aynı dinleyici kapasitesine sahip salonlarda çınlama süresi de eşitlenmiştir. Çınlama süresinin birçok parametreyi doğrudan etkilemesi ve bu nedenle farklı çınlama sürelerinin salonlar arasında kıyaslama yapılmasını zorlaştırması, çınlama sürelerinin eşitlenmesini zorunlu kılmıştır. Çınlama sürelerinin eşit hale getirilmesi ve salonların doğru biçimde kıyaslanabilmesi için malzeme değişiklikleri geç ses enerjisine ve odaklamaya neden olan arka duvarında yapılmıştır. Aynı zamanda, odaklamaya neden olabileceği için arka duvara ve parapet duvarlarını saçıcılık özelliği verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Tüm modellerde ortak olarak kullanılan malzemeler.

Yüzey Adı	Kullanılan Malzemeler
Yan Duvar	50 mm Ahşap Panel
Sahne Yan Duvar	20 mm Boşluk Üzerine Ahşap Panel
Sahne Arka Duvar	50 mm Ahşap Panel
Sahne Üst Duvar	Fiberglas Örtü
Sahne Alın Duvarı	50 mm Ahşap Panel
Bölme Duvar	50 mm Ahşap Panel
Orkestra Kabuğu	50 mm Ahşap Panel
Ön Tavan	50 mm Ahşap Panel
Arka Tavan	Dekoratif Sıva
Sahne Kulesi Tavan	Fiberglas Örtü
Balkon Altı Tavan	50 mm Ahşap Panel
Balkon Parapeti	RPG Flutter Free
Parapet Arka Yüzü	50 mm Ahşap Panel
Salon Zemin Kaplaması	Masif Ahşap Parke
Sahne Zemin Kaplaması	Ahşap Kiriş Üzerine Ahşap Parke
Proscenium	50 mm Ahşap Panel
Orkestra Çukuru Zemin	Ahşap Kiriş Üzerine 50 mm Boşluk + Ahşap Parke
Orkestra Çukuru Tavan	Alçı Panel Duvar Üzerine Akustik Sıva
Orkestra Çukuru Duvar	Alçı Panel Duvar Üzerine Akustik Sıva
Seyirci	Deri Kaplamalı Boş Koltuklar

Küçük salon büyük salon durumunda hacim boyutları farklı olduğu için çınlama süresi eşit değildir. Küçük ve büyük salonların çınlama süreleri hacimlerine göre belirlenmiş ve yine diğer durum incelemelerinde olduğu gibi bu durum incelemesinde de sadece arka duvar malzemeleri üzerinde değişiklikler yapılarak

karşılaştırılan durumlarından sağlıklı sonuçlar elde edilmesi sağlanmıştır. Tüm salonların çınlama süreleri ve yapılan parametre kabulleri ile ilgili bilgiler, parametre kabulleri bölümünde daha detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Modellerde kullanılan malzemelerin yutuculuk oranları.

Yüzey Adı	**63 Hz**	**125 Hz**	**250 Hz**	**500 Hz**	**1000 Hz**	**2000 Hz**	**4000 Hz**	**8000 Hz**
Yan Duvar	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Sahne Yan Duvar	0,06	0,06	0,10	0,08	0,09	0,07	0,04	0,04
Sahne Arka Duvar	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Sahne Üst Duvar	0,88	0,88	0,99	0,99	0,96	0,99	0,99	0,99
Sahne Alın Duvarı	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Bölme Duvar	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Orkestra Kabuğu	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Ön Tavan	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Arka Tavan	0,30	0,30	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05
Sahne Kulesi Tav.	0,88	0,88	0,99	0,99	0,96	0,99	0,99	0,99
Balkon Altı Tavan	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Balkon Parapeti	0,14	0,11	0,11	0,12	0,12	0,14	0,16	0,10
Parapet Arka Yüzü	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Salon Zemin Kap.	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05
Sahne Zemin Kap.	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08
Proscenium	0,01	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Or. Çukuru Zemin	0,25	0,25	0,15	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07
Or. Çukuru Tavan	0,21	0,16	0,18	0,18	0,19	0,17	0,12	0,12
Or. Çukuru Duvar	0,21	0,16	0,18	0,18	0,19	0,17	0,12	0,12
Seyirci	0,40	0,48	0,42	0,53	0,61	0,58	0,50	0,50

Malzeme seçiminde salonlar için istenilen çınlama süresi, salonlarda erken ses enerjisini daha fazla, geç ses enerjisini daha az alacak şekilde ayarlanarak sağlanmıştır. At nalı şeklinin odaklama oluşturma riski ve geç ses enerjisinin istenmemesi nedeniyle arka duvarlar yutucu malzemelerle kaplanmıştır. Sahne arkası ve salon yan duvarları erken ses enerjisinin izleyicilere ulaşması için yansıtıcı malzemelerle kaplanmıştır. Salon tavanı da malzeme olarak iki bölüme ayrılmış ve ön bölüm oldukça yansıtıcı, arka bölümde de özellikle alçak frekanslarda yutucu özellikte malzemeler kullanılmıştır. Konser işlevinde kullanılan sahne üstü tavan bölümü için de tavanda olduğu gibi, yararlı erken yansımaları yansıtacak oldukça yansıtıcı özellikte malzemeler seçilmiştir.

Salonlarda zemin kaplaması olarak masif parke kullanılırken, sahne zemininde bas sesleri daha fazla yutması için ahşap kiriş üzerine ahşap parke yapılmıştır. İki

malzeme arasında bulunan boşluk alçak frekanslı seslerin titreşerek yutulmasını sağlamıştır.

Çizelge 4.6 : Arka eğri duvarda kullanılan malzemelerin yutuculuk katsayıları.

Salon Adı	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
S1	0,28	0,30	0,34	0,27	0,26	0,18	0,17	0,16
S2	0,32	0,38	0,41	0,42	0,37	0,33	0,27	0,17
S3	0,24	0,25	0,23	0,28	0,30	0,27	0,16	0,12
S4	0,29	0,30	0,37	0,39	0,38	0,35	0,26	0,20
S5	0,30	0,30	0,46	0,38	0,35	0,31	0,23	0,18
S6	0,30	0,32	0,51	0,37	0,30	0,28	0,18	0,14
S7	0,56	0,63	0,69	0,60	0,54	0,45	0,34	0,20

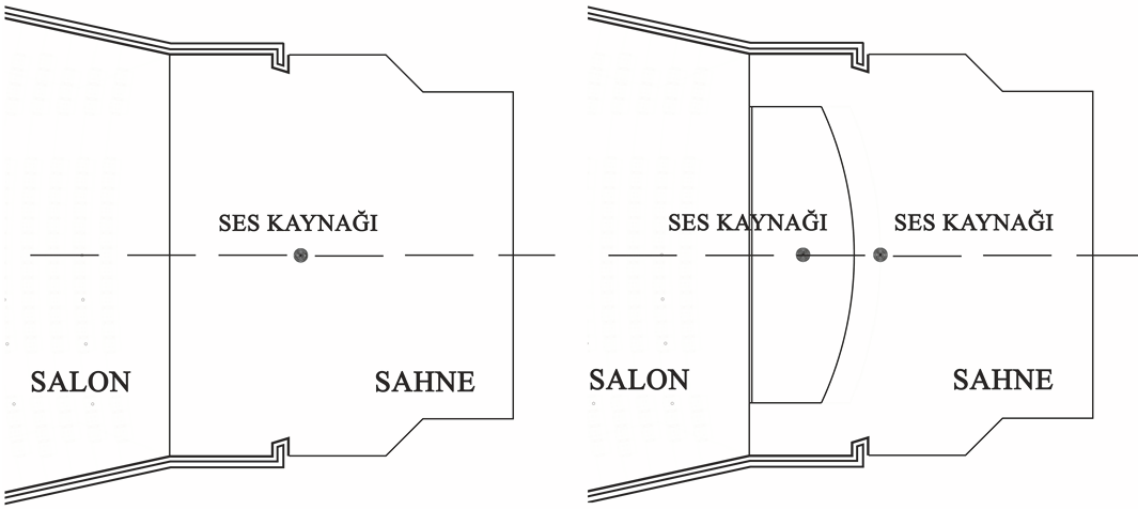
Konser işlevinden opera işlevine geçildiğinde, çınlama süresinin azaltılması ve geç ses enerjisinin izleyicilere daha az ulaşması için sahne kulesinin iç yüzeyi çok yüksek yutuculuğa sahip fiberglas örtü ile kaplanmıştır. Yine opera işlevinde kullanılan orkestra çukurunun duvarları bu bölümde oluşabilecek yüksek ses düzeyini azaltmak, müzisyenlerin birbirlerini ve kendilerini duyabilmelerini sağlamak için daha yutucu bir malzeme olan akustik sıva ile kaplanmıştır. Orkestra çukuru zemininde de bas seslerin azaltılması için ahşap kiriş üzerine ahşap parke kullanılmıştır. Tüm salonlar için seçilen malzemelerin plan ve kesitler üzerindeki gösterimi EK'de verilmiştir.

4.4 Ses Kaynağı ve Alıcılar ile İlgili Kabuller

Çalışma kapsamında oluşturulan modeller için ODEON Akustik Simülasyon Programı'nda kaynak ve alıcı noktaları belirlenmiştir. Kaynak ve alıcı noktaları ISO 3382-1 standardında yer alan kabullere göre belirlenmiştir. ISO 3382-1'e göre büyük salonlar için en az üç, küçük salonlar için bir kaynak yeterlidir. Kaynak sahnenin merkez aksına, yerden 1,5 metre yüksekliğe konulmalıdır.

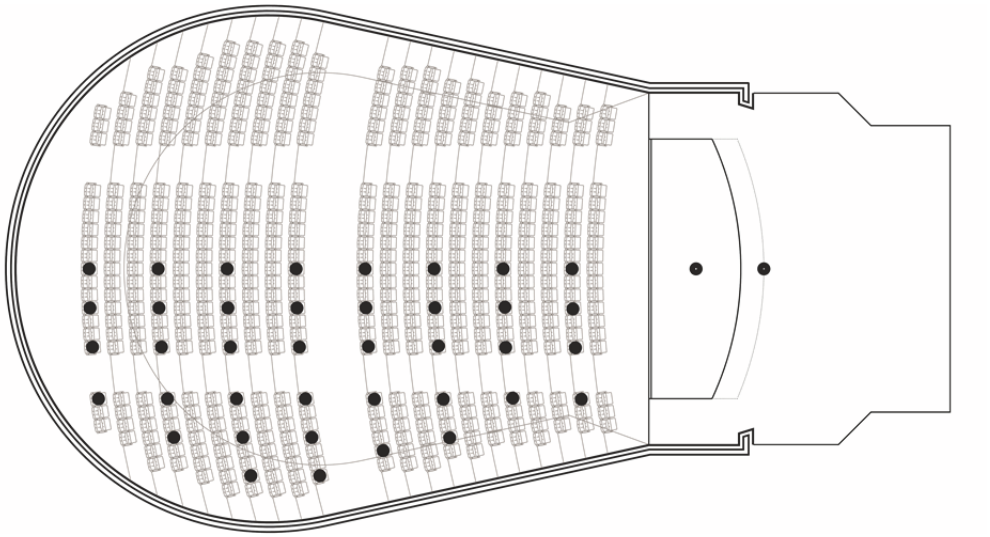
Hazırlanan modellerde konser işlevi için, kaynak sahne ortasında sahne üzerinden 1,5 metre yükseklikte, sahne önünden 5 m geride yer almıştır. Opera işlevinde bu kaynak, konser işlevi ile kıyaslama yapılabilmesi için aynı konumda tutulmuş, ek olarak orkestra çukurunun merkez noktasına zeminden 1,5 metre yüksekliğe bir kaynak daha konulmuştur. Ses kaynağı olarak, Şekil.2.3'de bulunan senfoni orkestrasının ses düzeyi faydalanılarak her frekansta 90 dB güç veren omni kaynak

seçilmiştir. G değerinin hesaplanabilmesi için bu kaynaklar 31 dB düzeyine getirilerek tekrar hesaplama yapılmıştır.



Şekil 4.11 : Solda konser, sağda opera işlevinde kaynak yerleşimi.

ISO 3382-1 standardına göre, alıcı noktaları salonun tamamına eşit biçimde dağıtılmalı, varsa balkon, balkon altı gibi bölümlere de yerleştirilmelidir. Standarda göre 1000 kişilik bir salonda en az 8 alıcı noktası bulunmalıdır. Bu alıcı noktaları dinleyici kulak yüksekliği olan zeminden 1,2 metre yükseklikte konumlandırılmalıdır.



Şekil 4.12 : S2 salonu zemin katında bulunan alıcı ve kaynak noktaları.

Hazırlanan modellerde alıcı noktaları yerleştirilirken ISO 3382-1 standardı dikkate alınmıştır. Alıcı noktaların zeminden yüksekliği 1,2 metre olarak ayarlanmış ve salon geneline eşit olarak dağıtılmıştır. Ölçümlerin daha sağlıklı ve sonuçların daha detaylı olması için balkonlar ve balkon altları dahil olmak üzere salonun her bölgesine

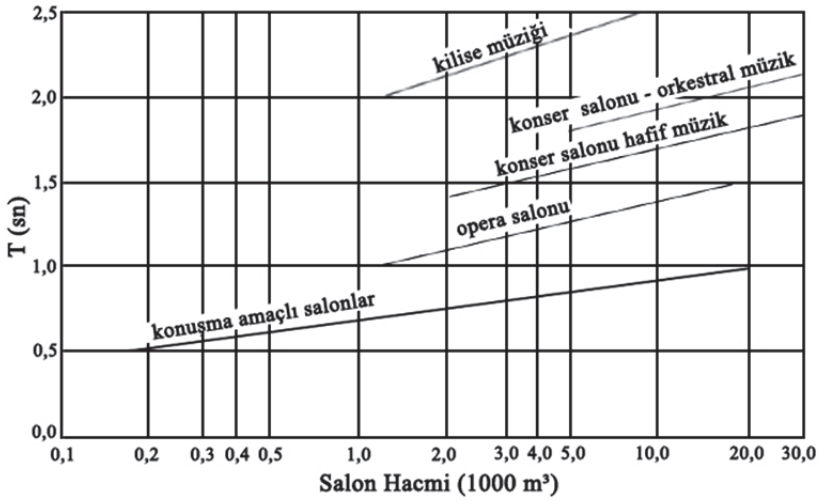
alıcılar yerleştirilmiştir. Buna göre tüm salonlarda salon boyutuna göre salonun yarısına yerleştirilen 39-138 arasında alıcı noktası ile ölçümler yapılmıştır. Tüm salonların alıcı noktalarının pozisyonları EK-B'de verilmiştir.

Bunlara ek olarak grid yöntemi ile parametrelerle ilgili daha detaylı sonuçlar salon planları üzerinde gösterilmiştir. Bu yöntemle, seyirci için belirlenen alana yerleştirilen yüzey, ODEON Akustik Simülasyon Programı'nda grid olarak tanımlanır ve hesaplama yapılacak yüzey alanında alıcılar arasındaki mesafe belirlenir. Bu mesafe ne kadar kısa olursa ölçüm o kadar detaylı olur. Çalışma kapsamında hazırlanan modelde bu aralık 0,5 metre olarak seçilmiş ve daha detaylı sonuçlar elde edilmiştir.

4.5 Parametreler ile İlgili Kabuller

ODEON Akustik Simülasyon Programı'nda literatürde kabul görmüş birçok yeni ve eski parametre hesaplanabilmektedir. ODEON'da hesaplanan bu parametrelerin bir kısmı frekans açılımlı bir kısmı da frekanslardan bağımsız olarak verilmektedir.

Çınlama süresi, birçok parametreyi etkilediği için farklı olması durumunda kıyaslama yapılmayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle aynı hacimdeki salonların çınlama süresi eşitlenerek incelenecek durumlar için karşılaştırmalar yapılabilmiştir. Farklı hacme sahip salonlarda da çınlama süresi, hacim – çınlama süresi grafiğinden elde edilerek malzeme değişiklikleri ile ideal akustik koşullarını sağlayacak biçimde istenilen düzeylere getirilmiştir.



Şekil 4.13 : Salonların hacmi ve işlevine ile çınlama süresi grafiği.(500 Hz) [15]

Şekil.4.13'te Madan Mehta'nın hazırladığı hacim – çınlama süresi grafiği görülmektedir. Bu grafikte, orkestral müzik için konser salonları işlevi seçilerek tasarlanan salonların hacmine göre çınlama süreleri belirlenmiştir. Çınlama süresi alçak frekanslara doğru gidildikçe %5-15 oranlarında arttırılarak, konser salonlarında istenilen sıcaklık öznel parametresi de sağlanmıştır.

Çizelge 4.7 : Salonlarda hacimlerine göre ihtiyaç duyulan çınlama süreleri.

SALON ADI	HACİM (m^3)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1	4405,242	2,29	2,06	1,89	1,79	1,79	1,65
S2	8810,485	2,44	2,21	1,98	1,91	1,87	1,77
S3	8810,485	2,44	2,21	1,98	1,91	1,87	1,77
S4	8810,485	2,44	2,21	1,98	1,91	1,87	1,77
S5	8810,485	2,44	2,21	1,98	1,91	1,87	1,77
S6	8810,485	2,44	2,21	1,98	1,91	1,87	1,77
S7	17620,970	2,72	2,45	2,21	2,12	2,10	1,93

Çalışma kapsamında karşılaştırma yapılan salonlarda;

- Çınlamanın erken bölümünü incelemek için EDT ve T_{30},
- Çınlama eğrisinin düzgünlüğünü incelemek için XI(T_{30}),
- Geç ve erken ses oranını incelemek için T_s ve C_{80},
- Yanal yansımaların oranını incelemek için LF_{80}
- Eko durumunu incelemek için Echo,
- Konuşma anlaşılabilirliğinin incelenmesi için D_{50}, STI ve AL_{cons},
- Ses düzeyini incelemek için G,
- Arka plan gürültü seviyesinin etkisini incelemek için SIL parametreleri değerlendirme yapmak için seçilmiştir.

Seçilen parametrelerin minimum ve maksimum değerleri için 1000 Hz frekans bandında elde edilen değerler kabul edilmiştir. Yine aynı şekilde alıcı noktalarının karşılaştırılmalarında da 1000 Hz frekans bandı değerleri üzerinden incelemeler yapılmıştır.

5. DEĞERLENDİRME KAPSAMINDAKİ SALONLAR ÜZERİNE İNCELEME

Çalışma kapsamında modellenen salonlar; loca durumu, balkon durumu ve küçük salon – büyük salon durumu incelemeleri için akustik simülasyon programına aktarılmış ve burada yapılan kabullerin ardından seçilen parametreler için detaylı değerlendirmeler yapılmıştır. İnceleme yapılan her durum için öncelikli işlev olan konser işlevinin ardından opera işlevi için de aynı parametreler hesaplanmış ve aynı durum için farklı işlevler de karşılaştırılmıştır.

İnceleme yapılan durumlar sırasıyla;

- Konser işlevinde loca durumunun incelenmesi,
- Opera işlevinde loca durumunun incelenmesi,
- Konser işlevinde balkon durumunun incelenmesi,
- Opera işlevinde balkon durumunun incelenmesi,
- Konser işlevinde küçük salon – büyük salon durumunun incelenmesi,
- Opera işlevinde küçük salon – büyük salon durumunun incelenmesi olmuştur.

5.1 Konser İşlevindeki Salonlarda Loca Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi

Loca durumu incelemesinde locasız S2 salonu, localı S3 salonu ve yarım localı S4 salonu modelleri kullanılmıştır. İnceleme için seçilen parametreler üç başlığa ayrılmıştır. Bunlar; müzik ve ses enerjisi oranları ile ilgili parametreler, konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili parametreler ve ses gücü ile ilgili parametrelerdir.

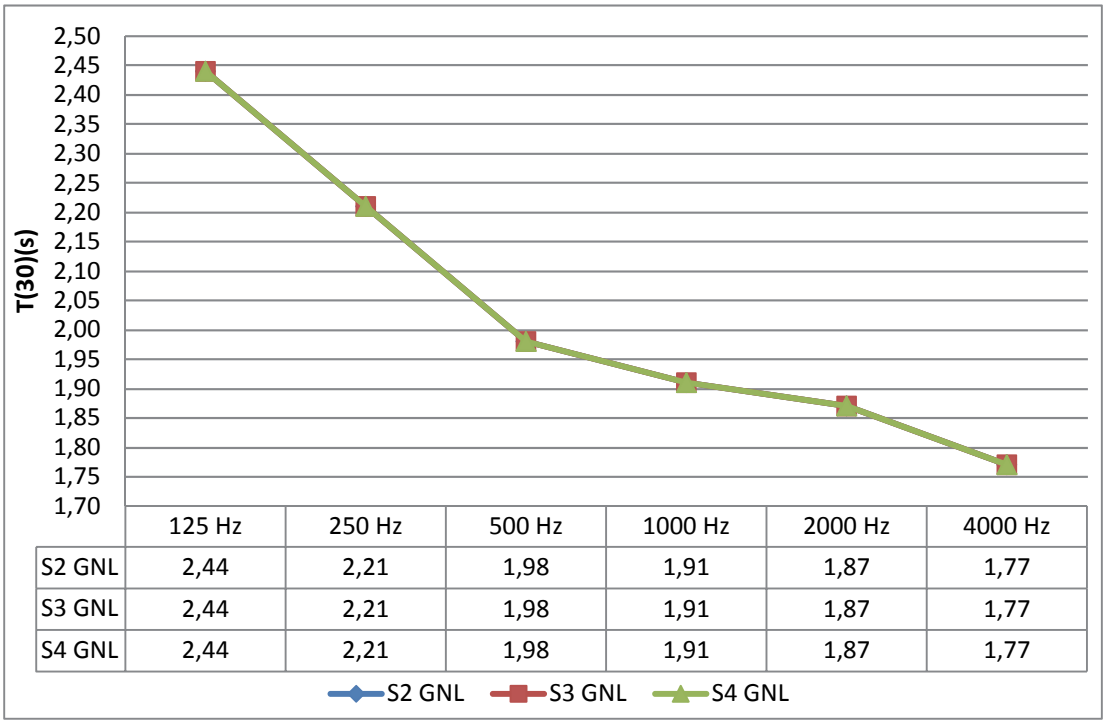
İncelemelerin daha detaylı ve sağlıklı sonuçlar üzerinden yapılması için seçilen her parametre, salon genel ortalama sonuçları, zemin kat sonuçları ve balkon sonuçları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde salon genel sonuçları için "GNL", zemin kat ortalama sonuçları için "ZMN", balkon ortalama sonuçları için de "BLK" kısaltmaları kullanılmıştır.

Loca durumunun değerlendirilmesi için seçilen parametreler üç grupta toplanmıştır. Bunların ilki müzik ve ses enerjisi oranları ile ilgili parametrelerdir. Bu parametreler; T_{30}, XI(T_{30}), EDT, T_s, C_{80}, LF_{80} ve Echo parametreleridir.

Çınlama süresi; EDT, T_s, XI(T_{30}), C_{80}, D_{50} gibi birçok parametreyi doğrudan etkileyen bir parametredir. Bu nedenle değerlendirme yapılmadan önce üç salonun çınlama süresi birbirleri ile eşitlenmiştir. Bu durum, salonların sadece arka duvarlarında yapılan malzeme değişiklikleriyle gerçekleştirilmiştir.

Salon tasarımında arka duvarların her zaman yutucu olması istenir. Bunun nedeni uzak arka duvardan gelen yansımaların akustik konforu zedeleyici özellikte olmasıdır. Bununla birlikte, at nalı plan tipinin bir özelliği olarak, arka duvarların dairesel forma sahip olması ve odaklamaya sebep olması nedeniyle zaten yutucu olarak tasarlanan arka duvarlarda, duvarların yutuculuk karakterini bozmayacak malzeme değişiklikleri yapılmıştır. Böylece salon genelinde hem çınlamanın eşit şekilde dağılması sağlanmış, hem de diğer parametrelerin birbirleriyle ilişkilerinin incelenebilmesine olanak sağlanmıştır.

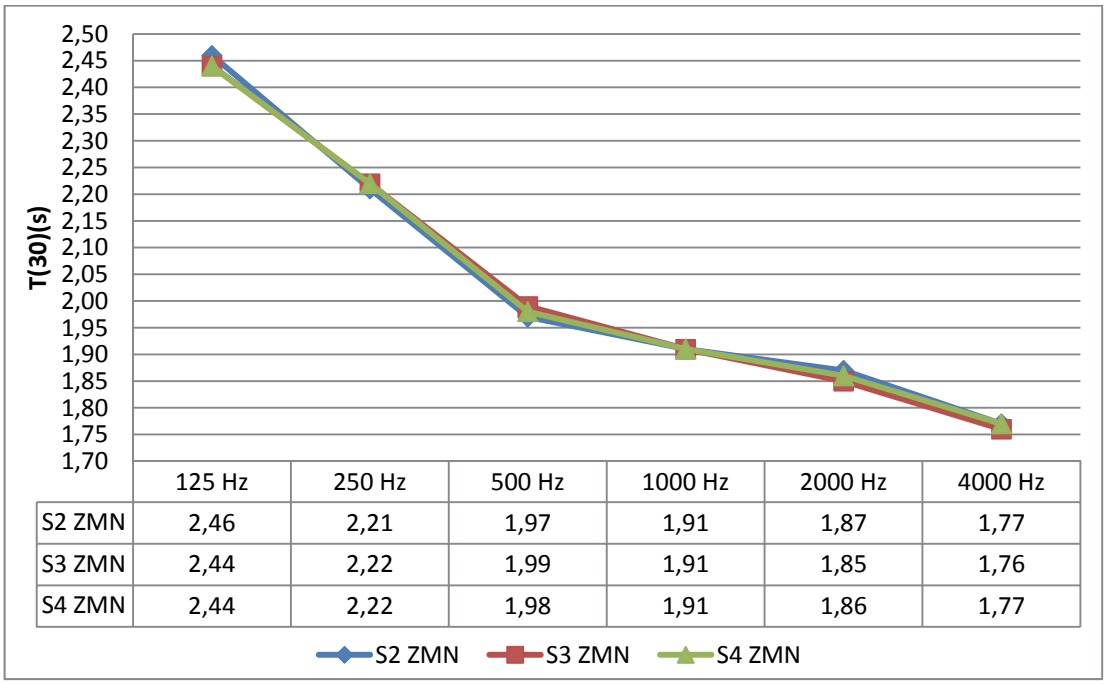
Şekil.5.1'deki değerlere bakıldığında üç salonda da tüm frekanslarda eşit çınlama süresi elde edildiği görülmektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	2,44	2,21	1,98	1,91	1,87	1,77
S3 GNL	2,44	2,21	1,98	1,91	1,87	1,77
S4 GNL	2,44	2,21	1,98	1,91	1,87	1,77

Şekil 5.1 : Salon geneli için T_{30} grafiği.

Salonlar için yapılan genel değerlendirmelerin yanı sıra tüm parametreler, salonların balkon ve zemin kat bölümleri için ayrıca incelenmiştir. Yapılan bölümsel hesaplamalarda, salonların zemin katlarında elde edilen çınlama süresi sonuçlarının, salon genelinde olduğu gibi birbirine yakın sonuçlar olduğu görülmüştür. Zemin katlarda elde edilen sonuçlar için her üç salon birbiriyle karşılaştırıldığında ise, S3 salonunda elde edilen T_{30} değerlerinin diğer iki salona göre alçak frekanslarda daha uzun, yüksek frekanslarda daha kısa olduğu görülmektedir.



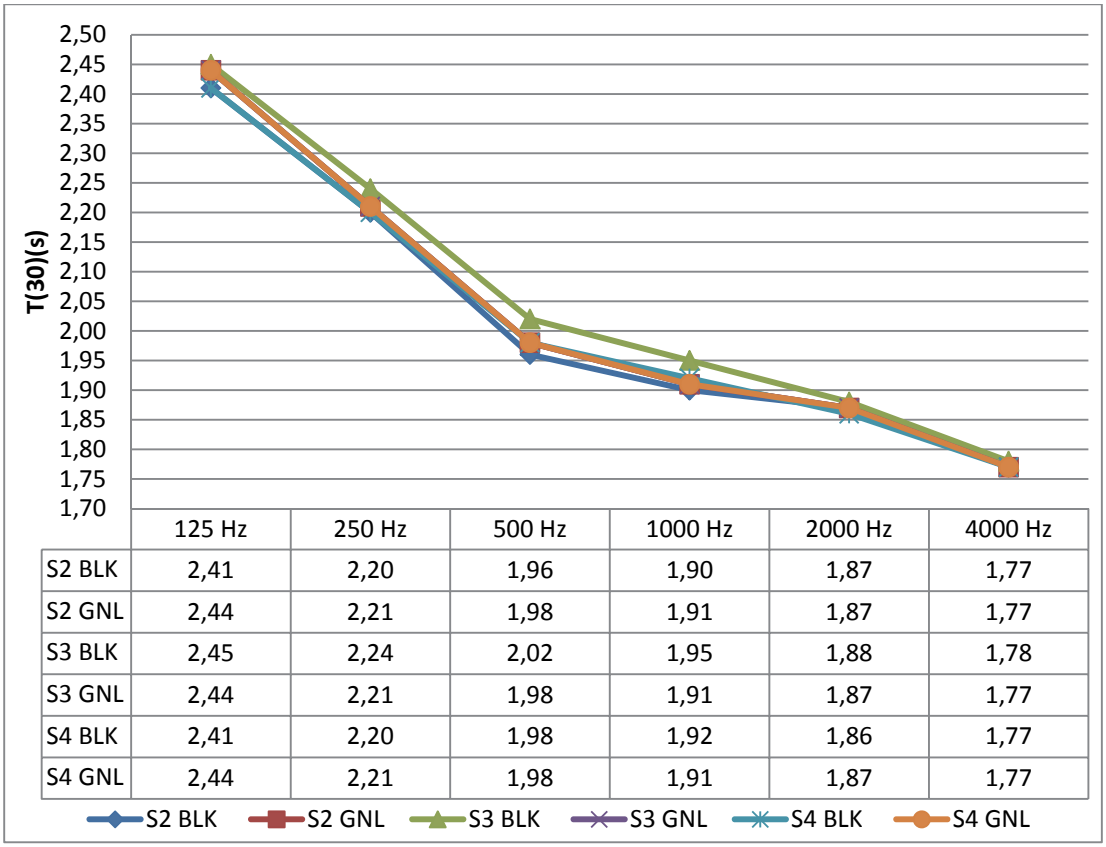
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	2,46	2,21	1,97	1,91	1,87	1,77
S3 ZMN	2,44	2,22	1,99	1,91	1,85	1,76
S4 ZMN	2,44	2,22	1,98	1,91	1,86	1,77

Şekil 5.2 : Zemin katlar için T_{30} grafiği.

Salonların balkon bölümlerinde elde edilen sonuçlar ile salon genel sonuçları karşılaştırıldığında, S3 salonunun balkon bölümlerinin çınlama süresinin özellikle orta frekans bandında diğer salonlara göre daha uzun olduğu görülmektedir. S2 ve S4 salonlarında ise balkonlar salon genel ortalamalarından daha kısa çınlama sürelerine sahiptir.

Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, üç salonda da salon genel çınlama süreleri eşitken, S3 salonunun balkon bölümlerinin çınlama süresi değerlerinin diğer salonlara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Loca bölümlerine sahip bu salonda, loca iç kısımlarına dolaysız sesin ulaşamaması, yansımış seslerin çok geç ulaşması ve locayı oluşturan bölücü duvarlar arasında birçok kez yansıması bu durumu açıklar niteliktedir. ODEON akustik simülasyon programı yardımı ile S3 salonu balkon bölümünde bir dinleyici noktası için yapılan ışın izleme etütleri Şekil.5.4'te

verilmiştir. Şekil.5.4'te görüldüğü gibi 1. balkon katının orta kısmında bir loca içinde bulunan B7 numaralı alıcıya dolaysız ses ulaşmamakta ve sadece sahne yan bölgesinden gelip loca duvarından yansıyan ses ulaşmaktadır. Bunun gibi loca içine ulaşan az sayıda ses ışını bölücü duvarlar arasında birçok kez yansıyarak çınlama süresini uzatmaktadır.

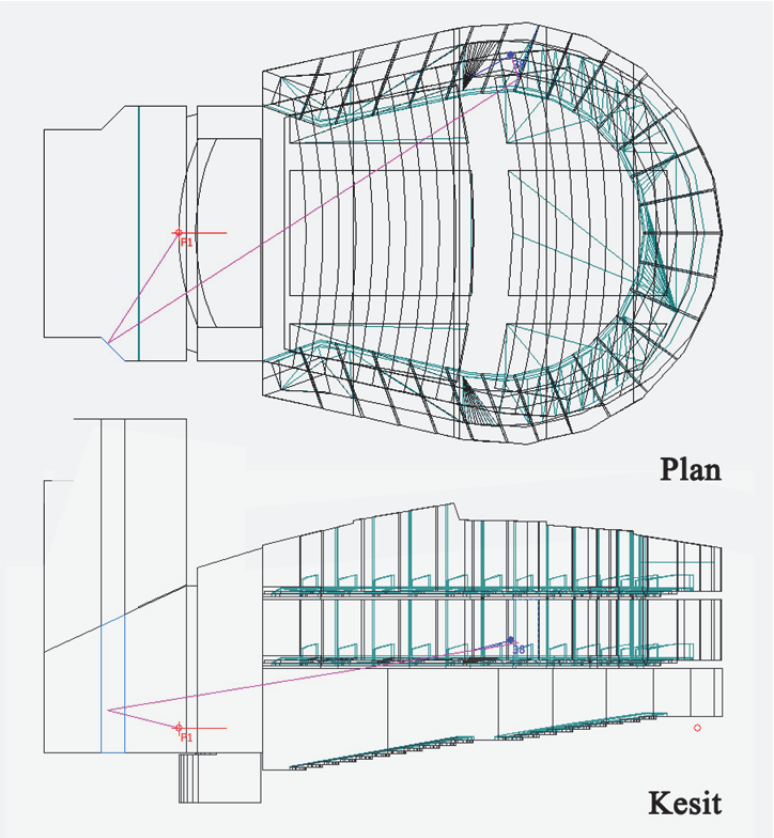


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	2,41	2,20	1,96	1,90	1,87	1,77
S2 GNL	2,44	2,21	1,98	1,91	1,87	1,77
S3 BLK	2,45	2,24	2,02	1,95	1,88	1,78
S3 GNL	2,44	2,21	1,98	1,91	1,87	1,77
S4 BLK	2,41	2,20	1,98	1,92	1,86	1,77
S4 GNL	2,44	2,21	1,98	1,91	1,87	1,77

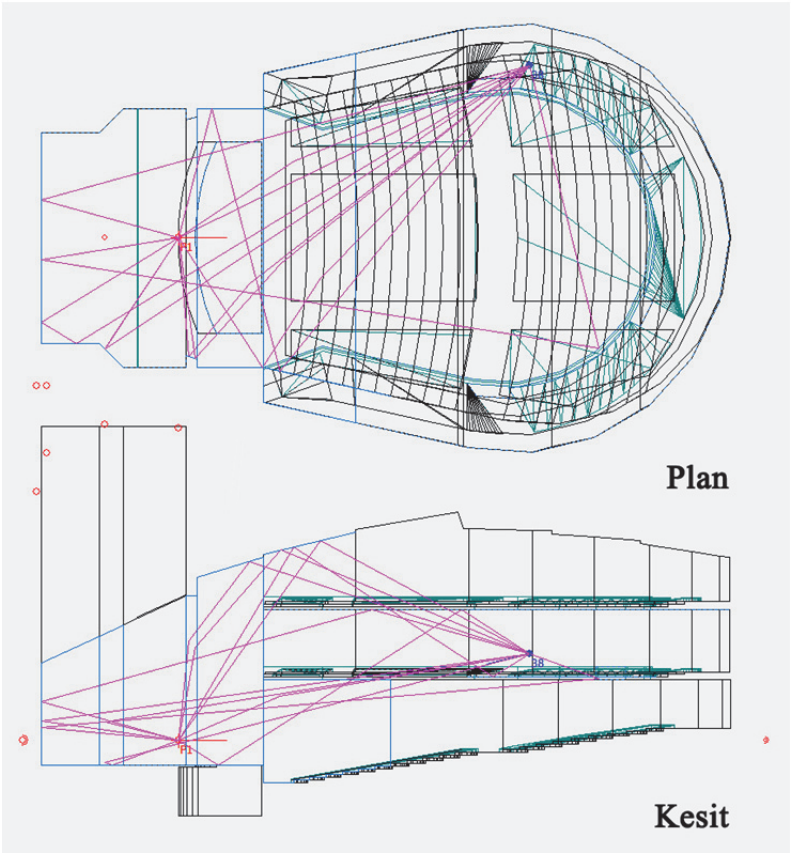
Şekil 5.3 : Salon geneli ve balkonlar için T_{30} grafiği.

S2 salonunda ise aynı konumda bulunan alıcı noktasına (B7 numaralı alıcı) dolaysız sesin ardından sahne etrafından ve tavandan birçok yansımış ses ulaşmaktadır. Bu durum Şekil.5.5'te görülebilir. S4 salonunda aynı konumda bulunan seyirci için de benzer yansımalar gerçekleşmiş ve alıcıya çok sayıda yansımış ses ulaşmıştır. Böylelikle S2 ve S4 salonları balkonlarında çınlama süresinin salon geneli ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Şekil.5.6'ya bakıldığında localı salonun (S3 salonu) balkon bölümlerinin ön ve arka kısımlarının orta kısımlar kadar az ses enerjisi almadığı görülmektedir. Bunun nedeni salon plan tipinin loca duvarı oluştururken neden olduğu açısal kısıtlamalardır. Buna rağmen bu kısımların yüksek yansıtıcılığa sahip bölme duvarlar arasında bulunması ve geç gelen yansımalara sahip olması çınlama süresini uzatmıştır.

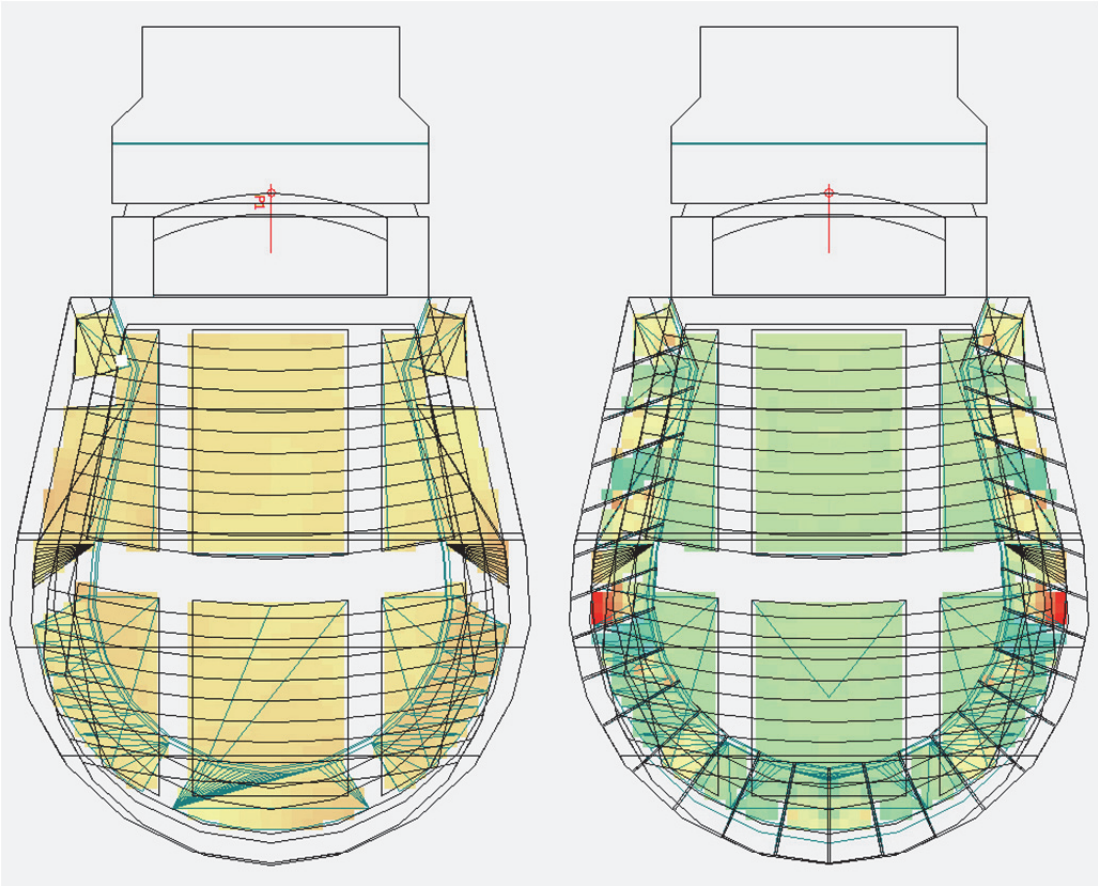


Şekil 5.4 : S3 salonunda B7 numaralı alıcı noktası ışın etütleri.



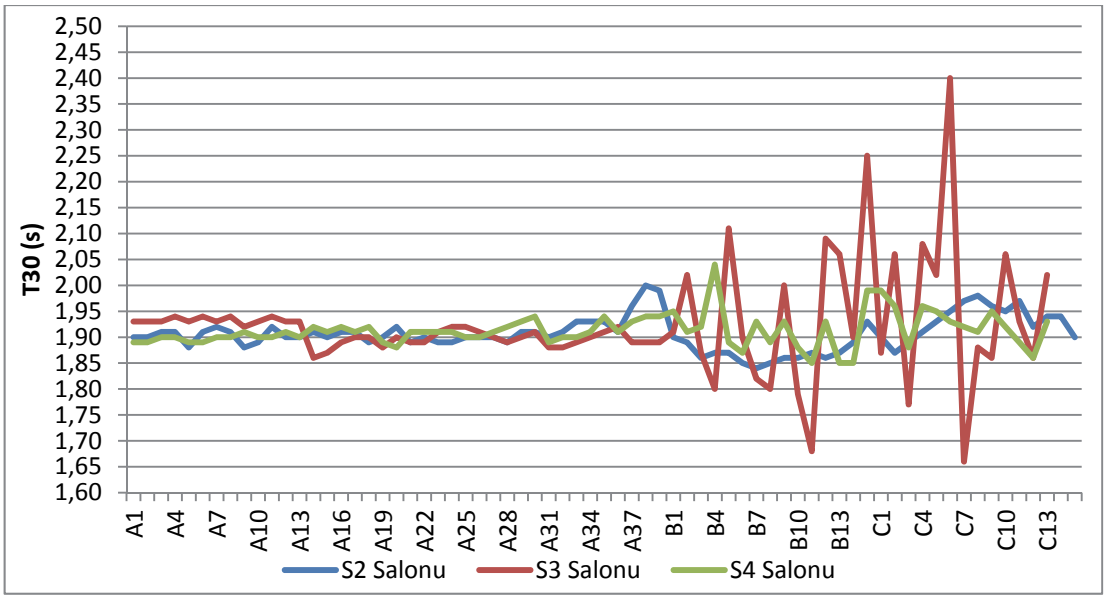
Şekil 5.5 : S2 salonunda B7 numaralı alıcı noktası ışın etütleri.

S2 salonunda balkonlar, salonun tamamı ile uyumlu karakter göstermiş ve salon genel karakteri ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. S3 salonunda ise loca bölümlerinde, özellikle de az ses enerjisi alabilen orta kısımlarında, salon genelinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Böylece elde edilen tüm sonuçlar loca bölümlerinin çınlama süresini uzatmaya eğilimli olduğunu, locasız ve yarım localı salonların ise salon karakteriyle uyumlu çınlama süresine sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum Şekil.5.6'daki grid hesabı sonuçlarında görülmektedir.



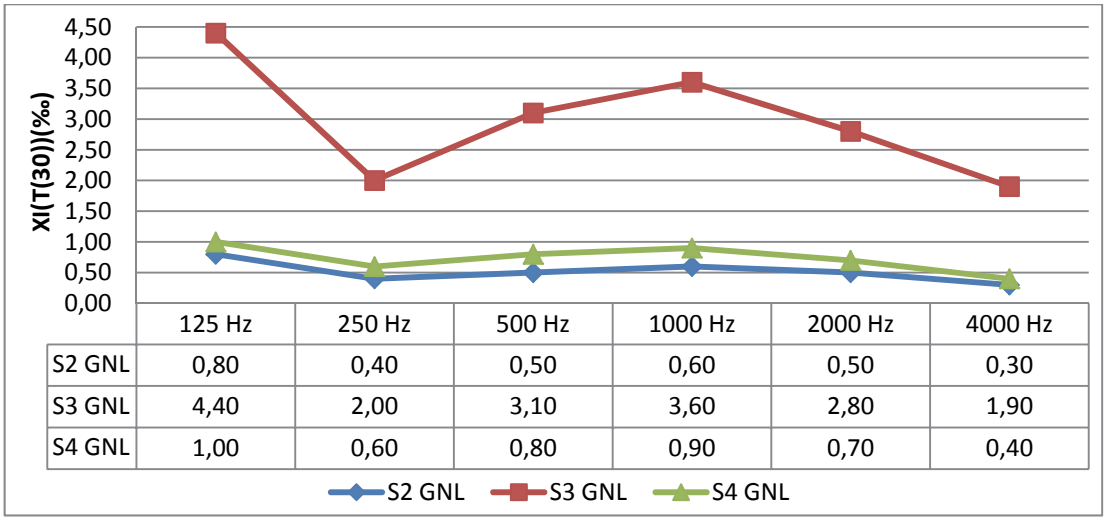
Şekil 5.6 : Solda S2 salonu, sağda S3 salonu için T_{30} parametresi grid hesabı.

S2, S3 ve S4 salonlarında tüm alıcı noktalarında elde edilen T_{30} değerleri Şekil.5.7'deki grafik üzerinde gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde, üç salonda da zemin katlarda bulunan alıcılarda (A ile başlayan alıcılar) benzer değerlerin elde edildiği, balkon katlarında bulunan alıcılarda (B ve C ile başlayan alıcılar) ise elde edilen değerlerin dengesizleştiği görülmektedir. Bu dengesizleşme S2 ve S4 salonlarında az ve benzer oranda gerçekleşirken, S3 salonda diğer salonlara göre fazla ve farklı olmuştur. Bu durum, her locanın salon genelinden ve birbirlerinden farklı ve kötü akustik koşullara sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.7 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen T_{30} değerleri (1000Hz).

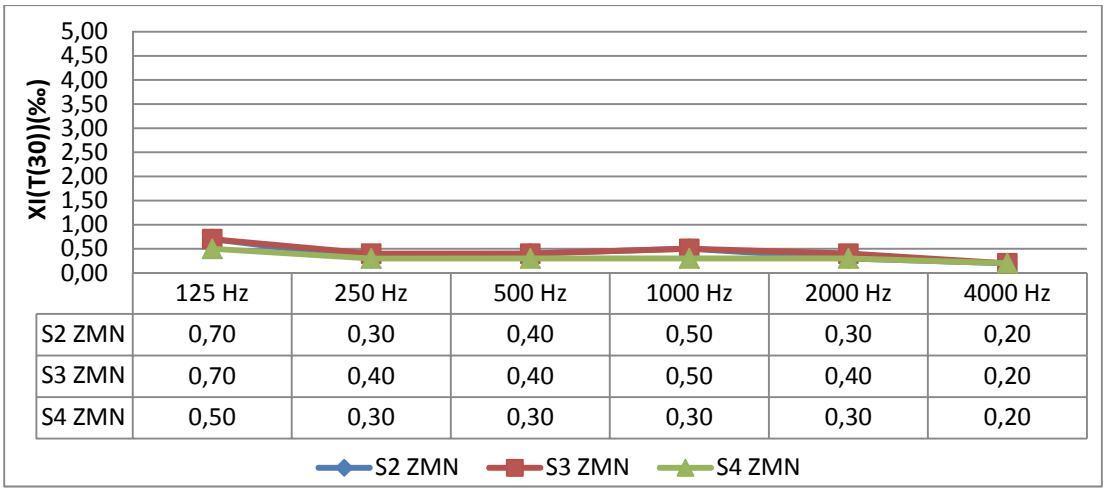
$XI(T_{30})$ parametresi, çınlama eğrisinin düzgünlüğünü gösteren bir parametredir. ODEON akustik simülasyon programında salonlar için yapılan hesaplamalarda elde edilen $XI(T_{30})$ parametreleri karşılaştırılmıştır. Şekil.5.8'de salonların genel sonuçlarına bakıldığında S3 salonun açık bir şekilde diğer salonlara göre yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen bu değerleri sırasıyla S4 ve S2 salonunda elde edilen değerler takip etmektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	0,80	0,40	0,50	0,60	0,50	0,30
S3 GNL	4,40	2,00	3,10	3,60	2,80	1,90
S4 GNL	1,00	0,60	0,80	0,90	0,70	0,40

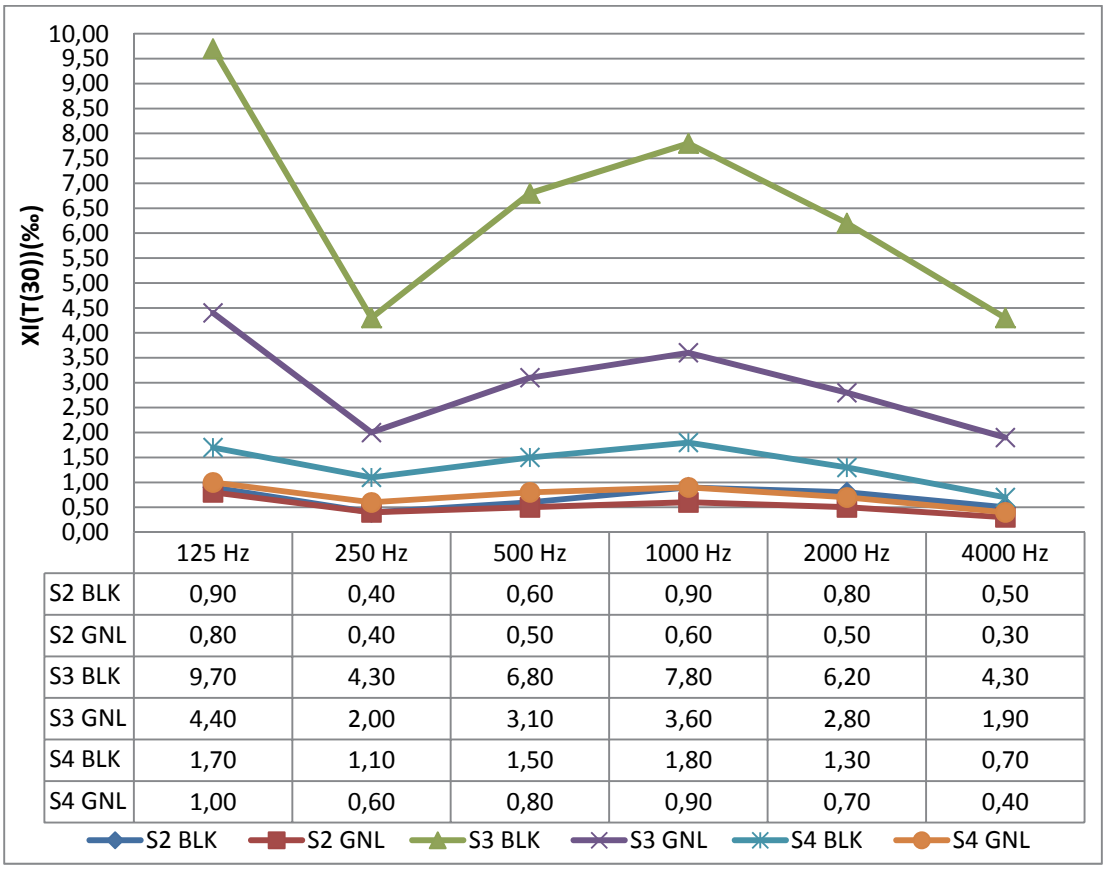
Şekil 5.8 : Salon geneli için $XI(T_{30})$ grafiği.

Zemin kat sonuçları incelendiğinde, tüm salonların birbirine oldukça yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Yine de S4 salonunda elde edilen değerler diğer salonlara göre tüm frekans bantlarında daha düşüktür. Elde edilen değerlere ait grafik Şekil.5.9'da görülmektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,70	0,30	0,40	0,50	0,30	0,20
S3 ZMN	0,70	0,40	0,40	0,50	0,40	0,20
S4 ZMN	0,50	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20

Şekil 5.9 : Zemin katlar için XI(T_{30}) grafiği.

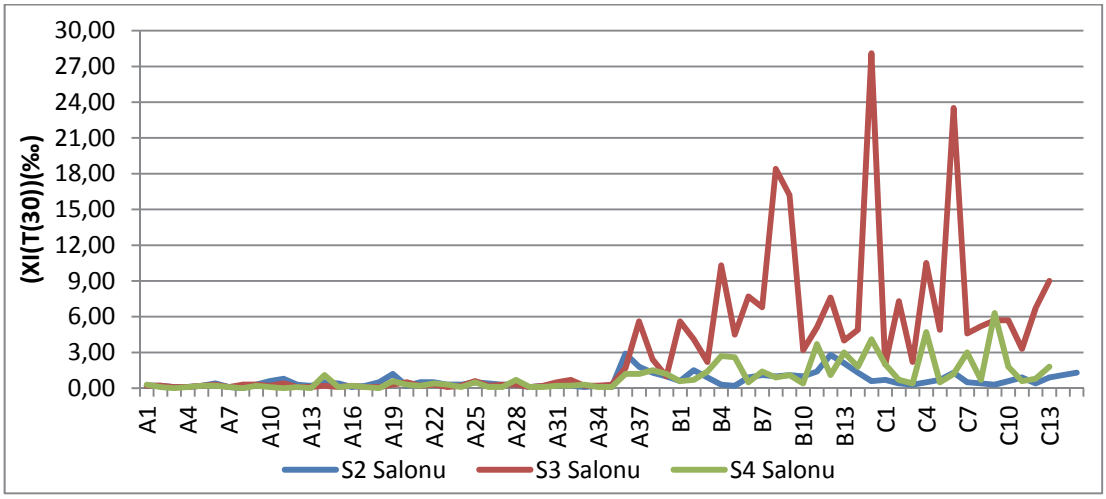


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	0,90	0,40	0,60	0,90	0,80	0,50
S2 GNL	0,80	0,40	0,50	0,60	0,50	0,30
S3 BLK	9,70	4,30	6,80	7,80	6,20	4,30
S3 GNL	4,40	2,00	3,10	3,60	2,80	1,90
S4 BLK	1,70	1,10	1,50	1,80	1,30	0,70
S4 GNL	1,00	0,60	0,80	0,90	0,70	0,40

Şekil 5.10 : Salon geneli ve balkonlar için XI(T_{30}) grafiği.

Salon genel sonuçları ile balkonlar karşılaştırıldığında, S3 salonunun loca bölümlerinde elde edilen değerlerin tüm değerlerden yüksek olduğu ve salon ortalamasını yükselttiği açıkça görülmektedir. Bu sonuçları S4 salonunun balkon bölümünde elde edilen değerler takip etmektedir. S2 salonunun balkonlarında elde edilen sonuçlar ise salonun geneli ile benzerlik göstermiştir. Genel ortalama ve balkonlar için elde edilen değerlere ait grafik Şekil.5.10'da verilmiştir.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, incelenen bütün salonların (S2, S3, S4 salonları) zemin kat bölümleri birbirine çok yakın değerlere sahipken, S3 ve S4 salonlarının balkon bölümlerinde elde edilen değerler nedeniyle salon genel ortalamalarının yükseldiği görülmüştür. Bu durum, bölücü duvarların (loca duvarlarının) salonun çınlama karakteristiğini olumsuz yönde etkilendiğini göstermektedir. Localı salonda (S3 salonu) bulunan yüksek yansıtıcılığa sahip bölücü duvarlar bu bölgelerdeki çınlama eğrisinin düzgünlüğünü bozmuş ve çınlama kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Yarım localı (S4 salonu) salonda bulunan yarım bölücü duvarlar da çınlama eğrisini az da olsa etkilemiştir. Locasız salonda (S2 salonu) ise balkon sonuçları salon genel sonuçlarıyla paralellik göstermiş ve ortalama sonuçları etkilememiştir.



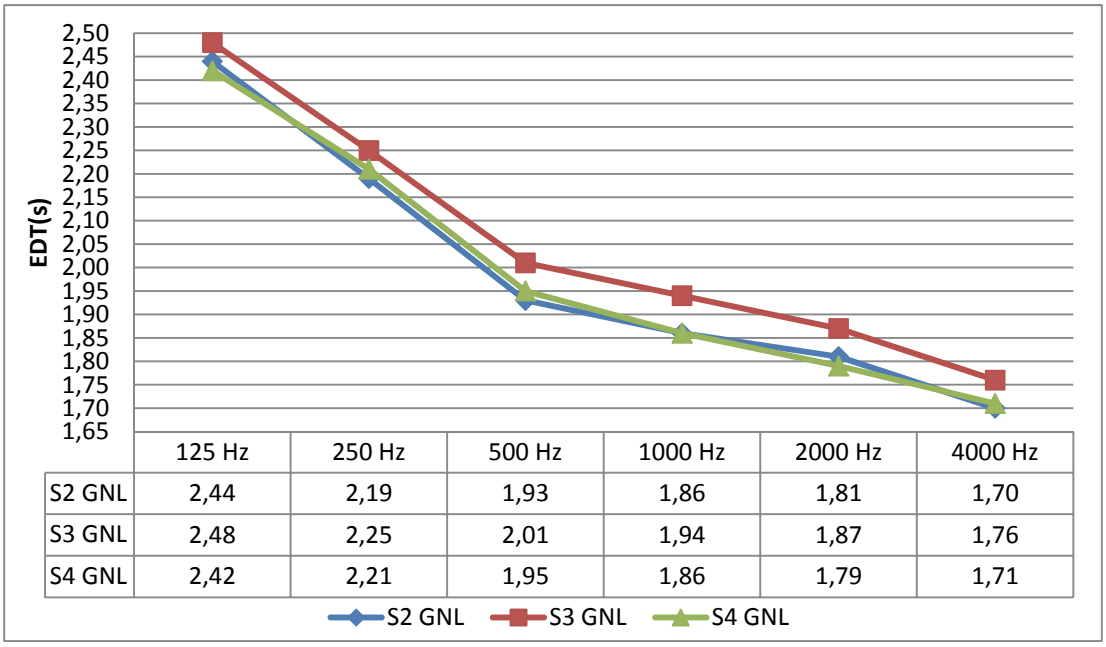
Şekil 5.11 : Üç salonda alıcı noktalarında elde edilen XI(T_{30}) değerleri (1000Hz).

Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen XI(T_{30}) değerleri Şekil.5.11'deki grafik üzerinde gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde, tüm salonlarda zemin kat bölümlerinde benzer, balkon bölümlerinde farklı değerler elde edildiği görülmektedir. S2 ve S4 salonlarında balkon bölümlerinde elde edilen değerler salon geneli ile benzerlik gösterirken, S3 salonunun localarında elde edilen değerler salon genelinden çok farklı olmuştur. Bu durum, loca bölümlerinin akustik koşullarının salon genelinden bağımsız ve oldukça kötü olduğunu göstermektedir.

Hesaplamalarla elde edilen sonuçlara göre tüm salonlarda sadece S3 salonunun localı bölümlerinde elde edilen değerler literatüre göre kabul edilebilir değerlerin üzerinde yer almıştır. Elde edilen tüm sonuçlar, balkonlardaki bölücü duvar alanının artması

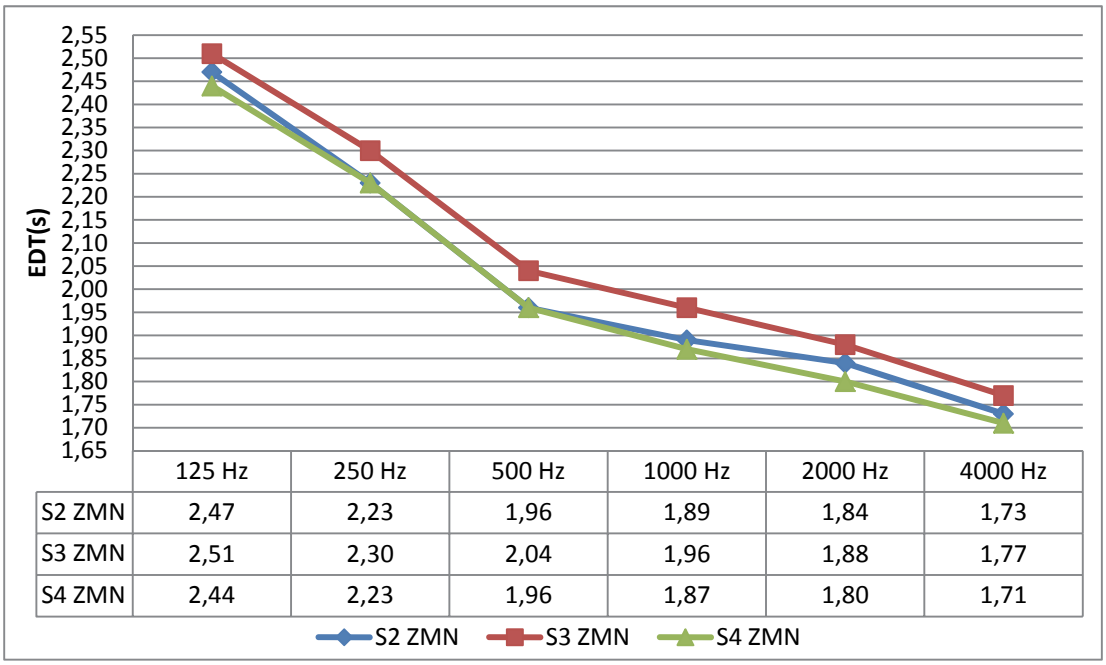
ile çınlama eğrisinin düzgünlüğünün bozulmasının doğru orantılı olarak arttığını göstermektedir.

Salon genel sonuçlarına bakıldığında, S3 salonunda elde edilen ortalama EDT değerleri, ilgili tüm frekanslarda diğer salonlara göre daha yüksektir. S2 ve S4 salonlarında ise birbirine çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum Şekil.5.12'de bulunan grafikte görülebilmektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	2,44	2,19	1,93	1,86	1,81	1,70
S3 GNL	2,48	2,25	2,01	1,94	1,87	1,76
S4 GNL	2,42	2,21	1,95	1,86	1,79	1,71

Şekil 5.12 : Salon geneli için EDT grafiği.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	2,47	2,23	1,96	1,89	1,84	1,73
S3 ZMN	2,51	2,30	2,04	1,96	1,88	1,77
S4 ZMN	2,44	2,23	1,96	1,87	1,80	1,71

Şekil 5.13 : Zemin katlar için EDT grafiği.

Zemin kat sonuçlarına bakıldığında da S3 salonuna ait değerlerin diğer salonlardan yüksek olduğu görülmektedir. Bu değerleri sırasıyla S2 ve S4 salonlarının zemin katlarında elde edilen değerler takip etmektedir. Bu duruma ait grafik Şekil.5.13'te verilmiştir.

Balkon sonuçları ile salon genel ortalamaları karşılaştırıldığında, salon genelinde elde edilen sonuçların, incelenen üç salonun balkonlarında elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. En yüksek EDT değerleri S3 salonunda elde edilirken en düşük değerler S2 salonun balkon bölümünde elde edilmiştir. Genel ortalama ve balkonlar için elde edilen değerlere ait grafik Şekil.5.14'te verilmiştir.

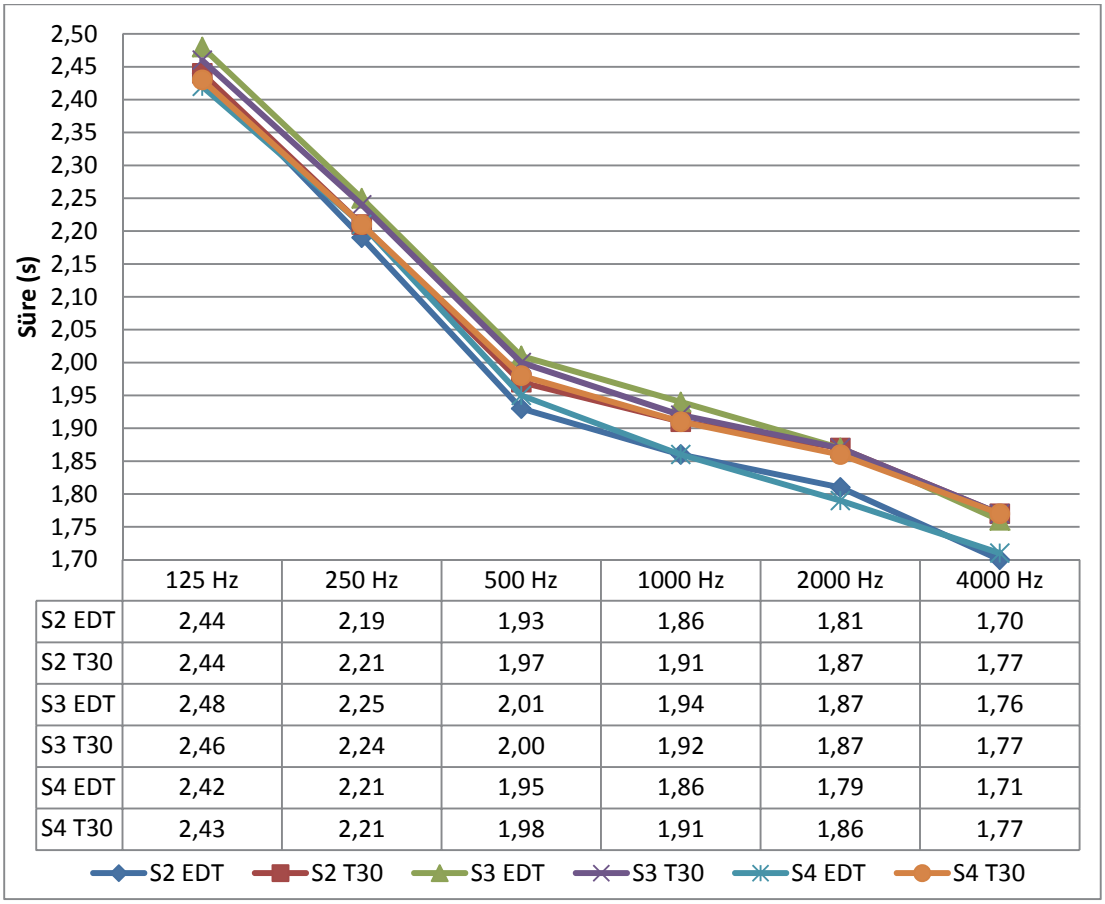


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	2,40	2,15	1,89	1,83	1,78	1,68
S2 GNL	2,44	2,19	1,93	1,86	1,81	1,70
S3 BLK	2,43	2,19	1,96	1,90	1,86	1,75
S3 GNL	2,48	2,25	2,01	1,94	1,87	1,76
S4 BLK	2,40	2,18	1,92	1,84	1,79	1,70
S4 GNL	2,42	2,21	1,95	1,86	1,79	1,71

Şekil 5.14 : Salon geneli ve balkonlar için EDT grafiği.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, incelenen bütün salonların (S2, S3, S4 salonları) balkon bölümlerinde elde edilen EDT değerlerinin salon genel sonuçlarına göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, salon ortalama sonuçlarını düşürmektedir. EDT parametresi sesin ilk azalma bölümünü inceler. Balkon bölümlerinde elde edilen EDT değerlerinin düşük olması ses enerjisinin büyük bir bölümünün çınlama olayının başlarında sönümlendiğini göstermektedir. Zemin katlarda balkon

çıkıntılarından gelen ek yansımalar nedeniyle gerçekleşen birçok yansıma bu bölgelerdeki EDT'nin balkon bölümlerine göre daha uzun olmasına neden olmaktadır. Bölücü duvarlar nedeniyle gerçekleşen birçok yansıma da, loca bölümlerinde elde edilen EDT değerlerinin diğer salonların balkonlu bölümlerine göre daha fazla olmasına neden olmuştur.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 EDT	2,44	2,19	1,93	1,86	1,81	1,70
S2 T30	2,44	2,21	1,97	1,91	1,87	1,77
S3 EDT	2,48	2,25	2,01	1,94	1,87	1,76
S3 T30	2,46	2,24	2,00	1,92	1,87	1,77
S4 EDT	2,42	2,21	1,95	1,86	1,79	1,71
S4 T30	2,43	2,21	1,98	1,91	1,86	1,77

Şekil 5.15 : Salon geneli için EDT ile T_{30} sonuçları karşılaştırılması.

Elde edilen T_{30} ile EDT değerlerine bakılarak çınlama karakteri analiz edilebilmekte ve sesin erken bölümü üzerinden konuşma anlaşılabilirliği ve müzikal çevreleme yorumları yapılabilmektedir. Salonlar için yapılan hesaplama sonuçlarında elde edilen EDT ve T_{30} değerleri karşılaştırıldığında, S2 ve S4 salonlarında EDT değerlerinin T_{30} değerlerinin altında olduğu görülmektedir. Bu durumda, sesin ilk bölümünün hızla azalarak maskeleme olmasının engellemesi, netlik ve konuşma anlaşılabilirliğinin artırması beklenmektedir. S3 salonunda ise EDT değeri T_{30} değerinden yüksektir ve bu durumun netliği azaltarak müzikal çevrelenmeyi arttırması beklenmektedir. Bu duruma ait grafik Şekil.5.15'te verilmiştir.

Salonlar için yapılan hesaplamalarda elde edilen bir diğer parametre olan merkez süresi parametresi (T_s) için elde edilen salon genel sonuçlarına bakıldığında, S3 salonunda, ilgili tüm frekanslarda, diğer iki salona oranla daha yüksek sonuçlar elde edildiği görülmektedir. S2 ve S4 salonlarında elde edilen sonuçlar ise birbirine çok yakındır. Elde edilen değerlere ait grafik Şekil.5.16'da verilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	176,00	159,00	141,00	136,00	133,00	127,00
S3 GNL	186,00	168,00	150,00	145,00	141,00	135,00
S4 GNL	175,00	159,00	141,00	135,00	131,00	127,00

Şekil 5.16 : Salon geneli için T_s grafiği.

Zemin kat sonuçlarına bakıldığında da S3 salonuna ait sonuçların daha yüksek olduğu görülmektedir. Yine salon genelinde olduğu gibi zemin katlarda da S2 ve S4 salonları birbirine çok yakın Ts değerlerine sahiptir. Bu duruma ait grafik Şekil.5.17'de verilmiştir.

Elde edilen değerler salon bölümlerine göre incelenmiştir. Buna göre salon genel sonuçları ile balkonlarda elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında en yüksek sonuçların S3 salonunun balkonlarında olduğu görülmektedir. S3 salonunda elde edilen değerler ilgili tüm frekanslarda diğer salonlardan daha yüksektir. S2 ve S4 salonlarında ise daha düşük Ts değerleri elde edilmiştir. S3 salonunun loca bölümleri salon geneline göre daha uzun merkez süresi değerleri verirken S2 ve S4 salonları salon geneline göre daha kısa değerler vermişlerdir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	180,00	161,00	142,00	136,00	133,00	126,00
S3 ZMN	185,00	168,00	148,00	141,00	136,00	130,00
S4 ZMN	179,00	162,00	143,00	136,00	131,00	126,00

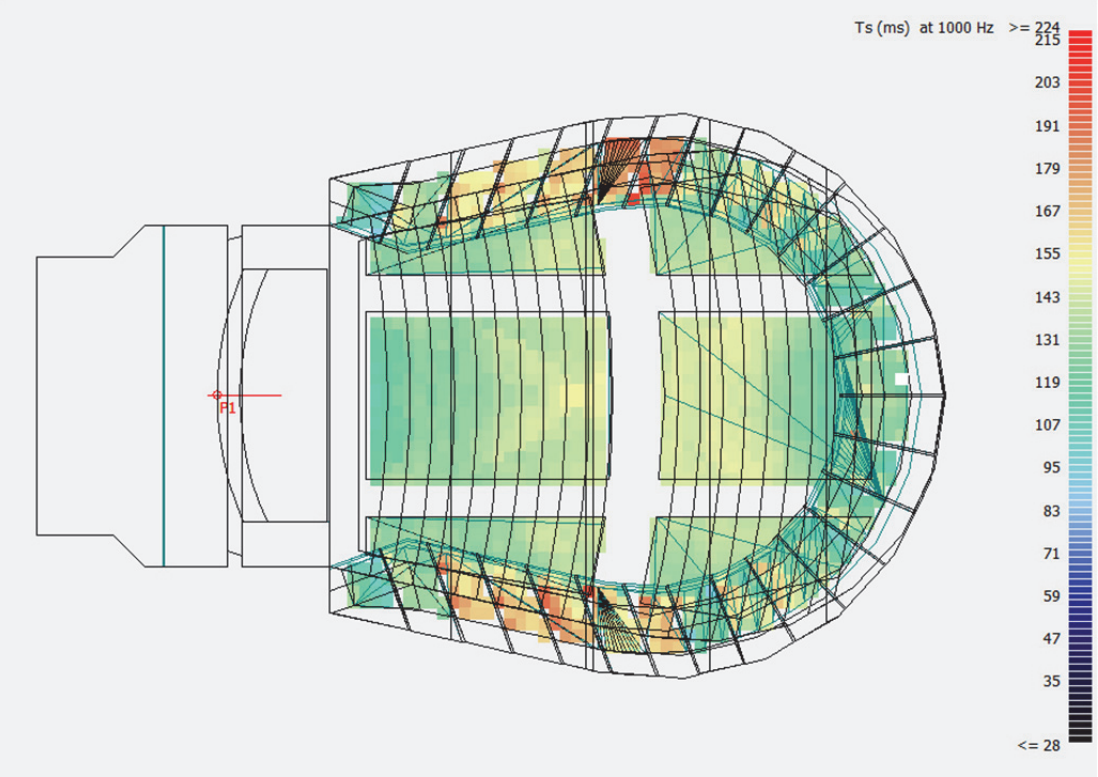
Şekil 5.17 : Zemin katlar için T_s grafiği.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	172,00	156,00	139,00	135,00	133,00	127,00
S2 GNL	176,00	159,00	141,00	136,00	133,00	127,00
S3 BLK	189,00	169,00	153,00	150,00	147,00	142,00
S3 GNL	186,00	168,00	150,00	145,00	141,00	135,00
S4 BLK	170,00	155,00	138,00	134,00	132,00	128,00
S4 GNL	175,00	159,00	141,00	135,00	131,00	127,00

Şekil 5.18 : Salon geneli ve balkonlar için T_s grafiği.

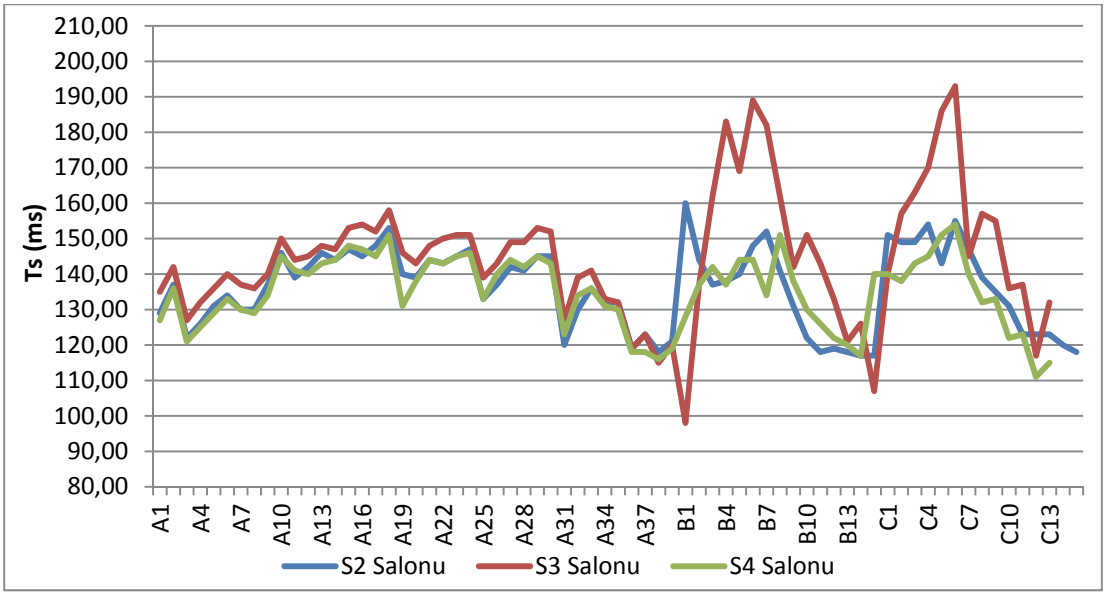
T_s parametresi için tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, en uzun merkez süresi değerlerinin S3 salonunun loca bölümlerinde elde edildiği görülmektedir. Localarda yüksek T_s değeri elde edilmesi, bu bölümlerde geç ses enerjisinin ve çınlamanın daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu bölümlere gelen ses ışınları, locaları oluşturan bölücü duvarların arasında birçok kez yansıyarak geç ses enerjisi oluşturmakta ve merkez süresinin uzamasına neden olmaktadırlar. Şekil.5.19'da bulunan grid hesabında da görüldüğü gibi en düşük T_s sonuçları çok az ve geç ses enerjisi alan loca bölümlerinin orta kısımlarında elde edilmiştir. Yansıtıcı yüzey alanını arttıran bölme duvarlar oluşturdukları ek yansımalarla localı salonun zemin kat T_s sonuçlarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca at nalı salon şeklinin sahip olduğu dairesel form nedeniyle ses ışınları salonların zemin kat bölümlerinin orta kısımlarında odaklanmış ve böylece bu bölgelerde daha yüksek T_s değerleri elde edilmiştir.



Şekil 5.19 : S3 salonu için T_s parametresi grid hesabı.

S2 ve S4 salonlarında elde edilen T_s değerleri, S3 salonuna göre bütün bölümlerde daha düşük olmuştur. Merkez süresi değerinin düşük olmasının, konuşma anlaşılabilirliğinin artmasına ve sesin maskelenmesinin azalmasına katkıda bulunacağı düşünülmektedir. S2 ve S4 salonlarında balkon bölümleri salon

genelinden düşük sonuçlar elde ederken, S3 salonunda bulunan loca bölümleri salon ortalama sonuçlarını yükseltmektedir. Elde edilen sonuçlar, locaların sadece kendi içinde değil tüm salondaki geç ses enerjisini arttırdığını göstermektedir. S3 salonunun merkez süresi değerleri kabul edilebilir değerlerin üst sınırında yer alırken S2 ve S4 salonları bu değerlerin içinde kalmıştır.



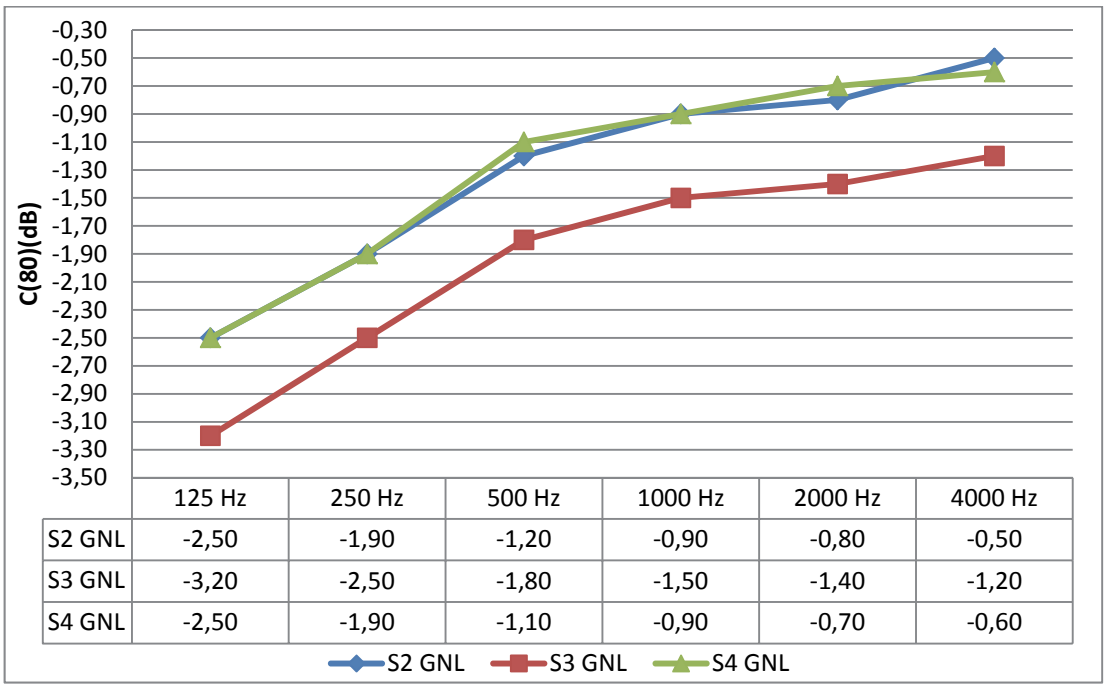
Şekil 5.20 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen T_s değerleri (1000Hz).

S2, S3 ve S4 salonlarında tüm alıcı noktalarında elde edilen T_s değerleri Şekil.5.20'deki grafik üzerinde gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde S3 salonunda balkon bölümlerinde bulunan alıcılarda dengesiz sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bu da, loca bölümlerinin akustik koşullarının olumsuz ve salonun tamamından kopuk olduğunu göstermektedir. S2 ve S4 salonlarında elde edilen değerler ise S3 salonunun loca bölümlerine göre daha dengeli ve benzer değerlerdir.

Salonlar için yapılan hesaplamalarda, müzik işlevi için oldukça önemli olan netlik parametresine ait sonuçlar da değerlendirilmiştir. Buna göre, salonların genel sonuçlarına bakıldığında, S3 salonunun tüm frekanslarda daha düşük netlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir. S4 ve S2 salonları ise tüm frekanslarda benzer sonuçlara sahiptir ve elde edilen sonuçlar, S3 salonuna ait netlik sonuçlarından daha yüksektir. Salon genelinde elde edilen C_{80} değerlerine ait grafik Şekil.5.21'de verilmiştir.

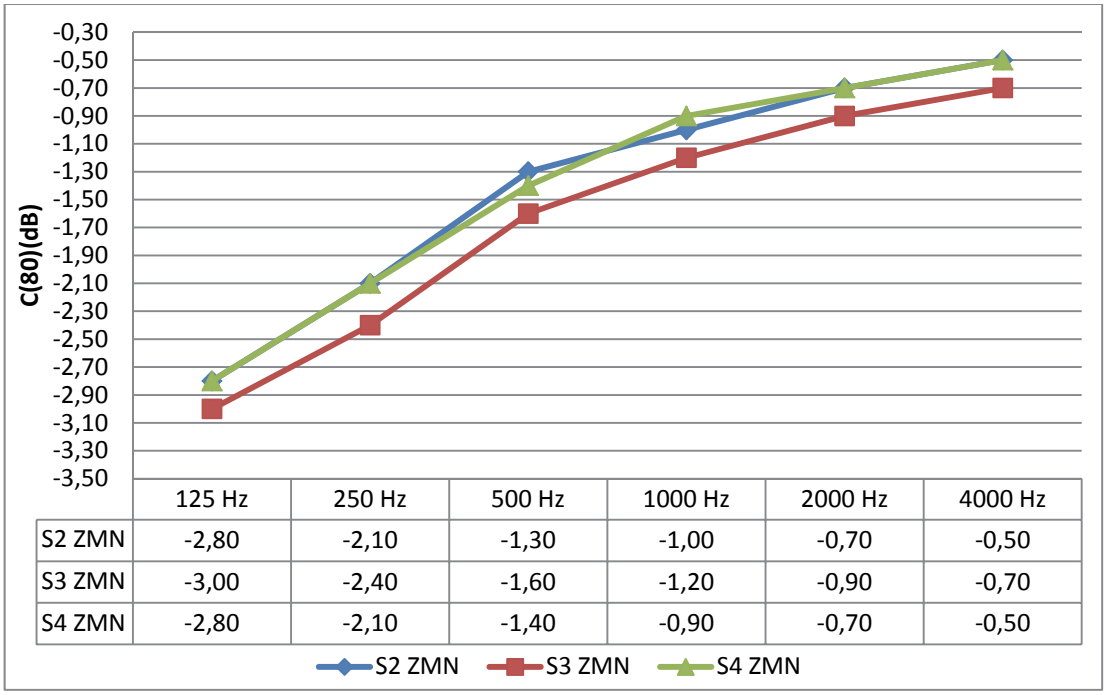
Zemin kat verilerine bakıldığında yine S3 salonunun diğer salonlara göre daha düşük değerler aldığı görülmektedir. S2 ve S4 salonları ise genel sonuçlarda da olduğu gibi

S3 salonundan düşük ve birbirlerine yakın sonuçlar elde etmişlerdir. Şekil.5.22'de bu duruma ait grafik gösterilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	-2,50	-1,90	-1,20	-0,90	-0,80	-0,50
S3 GNL	-3,20	-2,50	-1,80	-1,50	-1,40	-1,20
S4 GNL	-2,50	-1,90	-1,10	-0,90	-0,70	-0,60

Şekil 5.21 : Salon geneli için C_{80} grafiği.

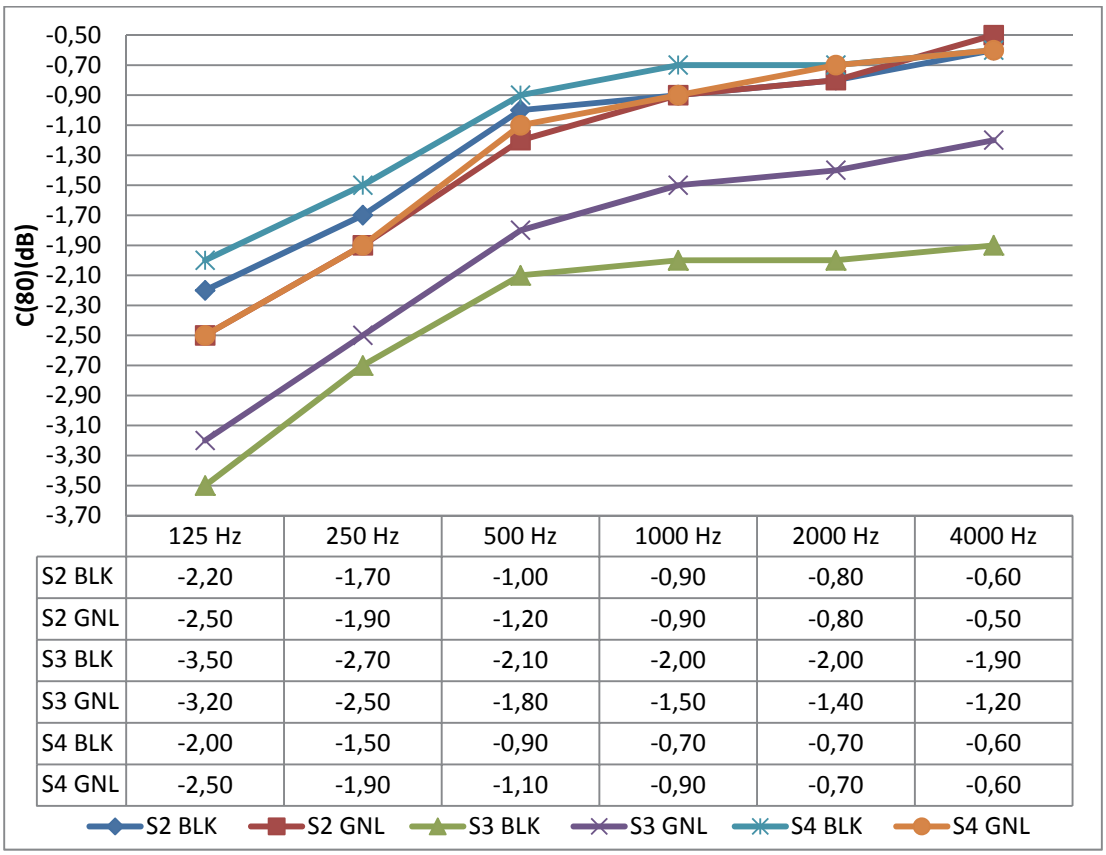


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	-2,80	-2,10	-1,30	-1,00	-0,70	-0,50
S3 ZMN	-3,00	-2,40	-1,60	-1,20	-0,90	-0,70
S4 ZMN	-2,80	-2,10	-1,40	-0,90	-0,70	-0,50

Şekil 5.22 : Zemin katlar için C_{80} grafiği.

Salon genel sonuçları ile balkonlar kıyaslandığında en düşük değerlerin S3 salonunun balkon bölümünde ve salon genelinde olduğu görülmektedir. En yüksek değerler S2 ve S4 salonlarında elde edilmiştir. S3 salonunda balkonda elde edilen C_{80}

değerleri salon genel ortalamasını daha da düşürürken, S2 ve S4 salonlarında ortalamayı yükseltmiştir.

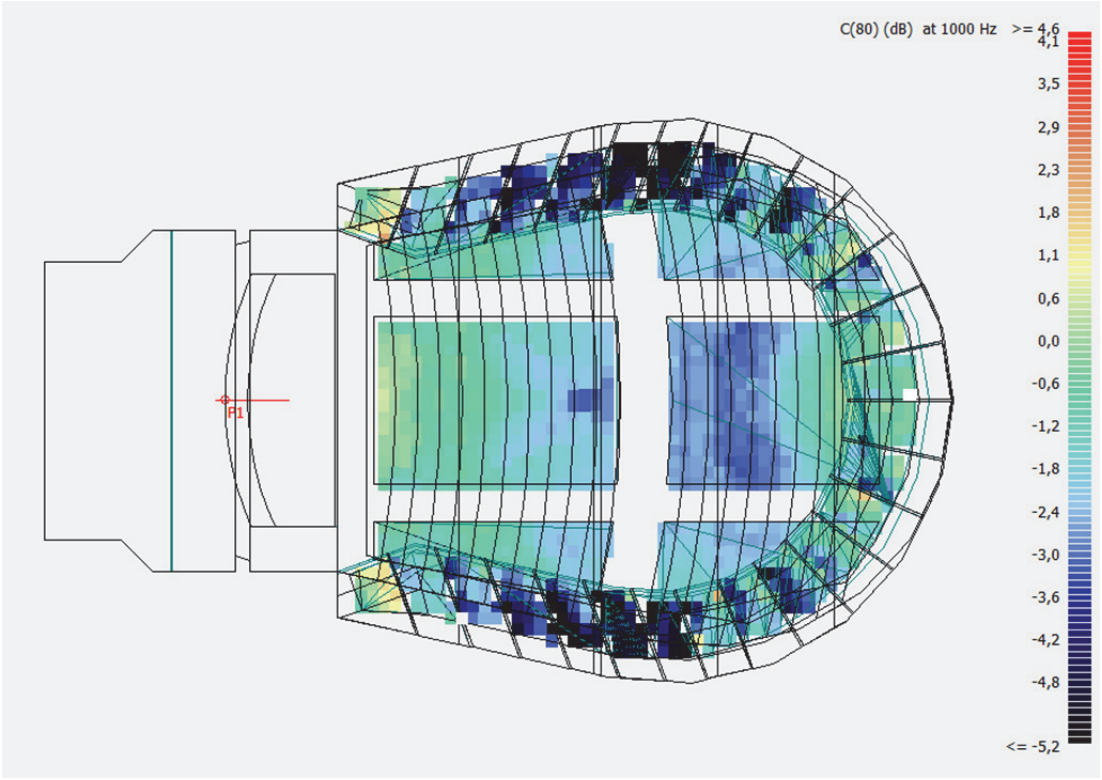


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	-2,20	-1,70	-1,00	-0,90	-0,80	-0,60
S2 GNL	-2,50	-1,90	-1,20	-0,90	-0,80	-0,50
S3 BLK	-3,50	-2,70	-2,10	-2,00	-2,00	-1,90
S3 GNL	-3,20	-2,50	-1,80	-1,50	-1,40	-1,20
S4 BLK	-2,00	-1,50	-0,90	-0,70	-0,70	-0,60
S4 GNL	-2,50	-1,90	-1,10	-0,90	-0,70	-0,60

Şekil 5.23 : Salon geneli ve balkonlar için C_{80} grafiği.

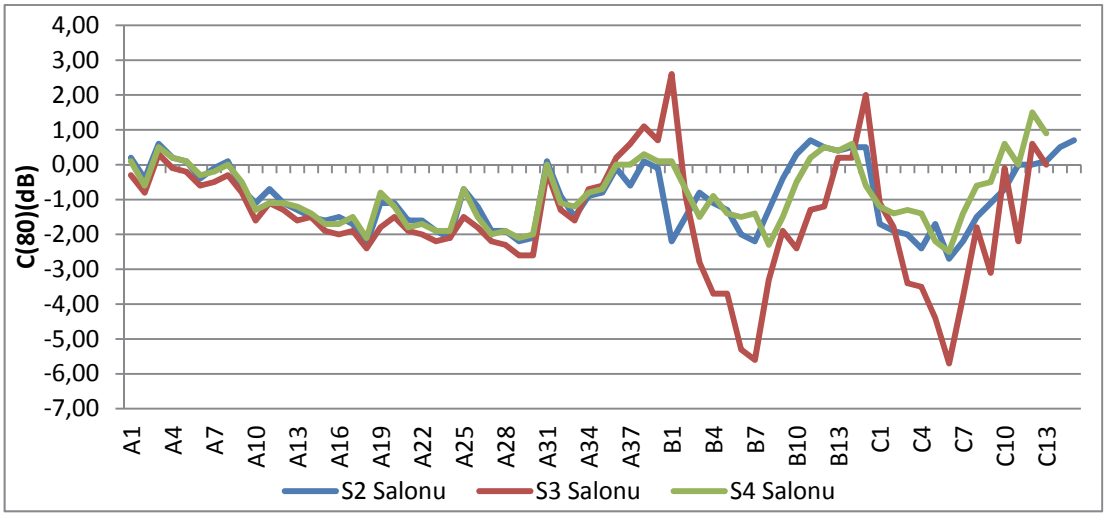
Netlik parametresi için elde edilen tüm sonuçlar incelendiğinde, elde edilen değerlerin T_s parametresiyle paralel olduğu görülmektedir. S3 salonunda elde edilen değerler locaların geç ses enerji oranını arttırarak netliği ve konuşma anlaşılabilirliğini azalttığını göstermektedir. Şekil.5.23'te S3 salonunun loca bölümlerinde elde edilen düşük netlik değerleri görülmektedir. Zemin kat sonuçlarında da S3 salonunun diğer salonlara göre düşük netlik değerlerine sahip olması, locaların sadece kendi netliğini değil tüm salonun netliğini azalttığını göstermektedir.

Netlik parametresinde, T_s parametresinde de olduğu gibi, özellikle dolaysız ses alamayan ve çok geç yansımış sesler alan S3 salonunun orta bölümlerindeki localarda elde edilen değerler tüm salonlara göre daha da düşük olmuştur. Yine zemin kat bölümünde at nalı şeklinin odaklama etkisi ile en düşük netlik değerlerinin salonun orta bölümlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum Şekil.5.24'te bulunan grid hesabından görülmektedir.



Şekil 5.24 : S3 salonu için C_{80} parametresi grid hesabı.

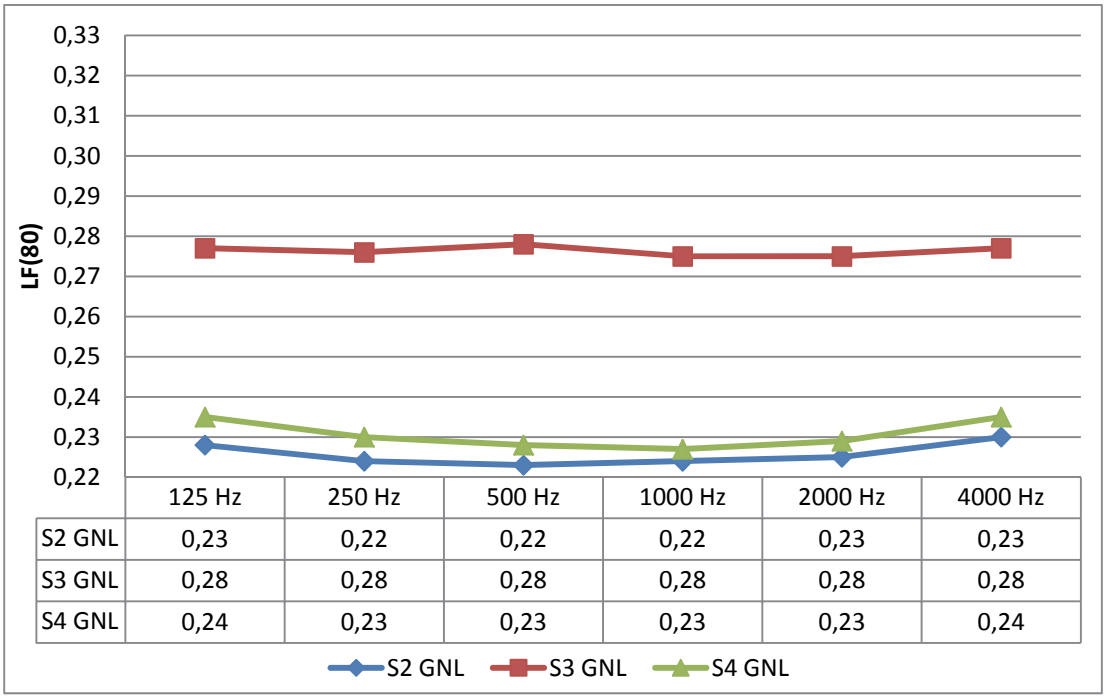
S2 ve S4 salonlarında elde edilen netlik değerleri ise birbirine yakındır ve balkon bölümlerine ait sonuçlar salon genel sonuçlarına göre daha yüksektir. Elde edilen sonuçlar, merkez süresi parametresinde olduğu gibi netlik parametresinde de, locaların geç ses enerjisini arttırdığını ve yarım locanın locasız salonla benzer sonuçlar alarak geç ses enerjisi oluşturmadığını göstermiştir. Ayrıca bütün salonlarda elde edilen değerler literatürde bulunan kabul edilebilir değerler içinde yer almaktadır.



Şekil 5.25 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen C_{80} değerleri (1000Hz).

Şekil.5.25'te üç salonda C_{80} parametresi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde, zemin katlarda üç salonda da benzer değerler elde edildiği, balkon bölümlerinde elde edilen değerlerin farklılaştığı görülmektedir. Elde edilen değerler, loca bölümlerinin S3 salonunun genel ortalama C_{80} değerlerini olumsuz yönde etkilediğini ve bu bölümlerde salon genelinden ve birbirlerinden bağımsız akustik koşullar oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca, S2 ve S4 salonlarının daha dengeli ve benzer değerler elde etmesi, yarım localı salonların locasız bir salonla benzer akustik karaktere sahip olduğuna işaret etmektedir.

Salonlar için yapılan hesaplamalarda elde edilen yanal yansıma oranı parametresi (LF_{80}) sonuçlarına göre, S3 salonunun genel ortalama değerleri tüm frekanslarda belirgin biçimde diğer salonlardan daha yüksektir. Bu sonuçları sırasıyla S4 ve S2 salonunda elde edilen sonuçlar takip etmektedir. Salon geneli için LF_{80} değerine ait grafik Şekil.5.26'da verilmiştir.



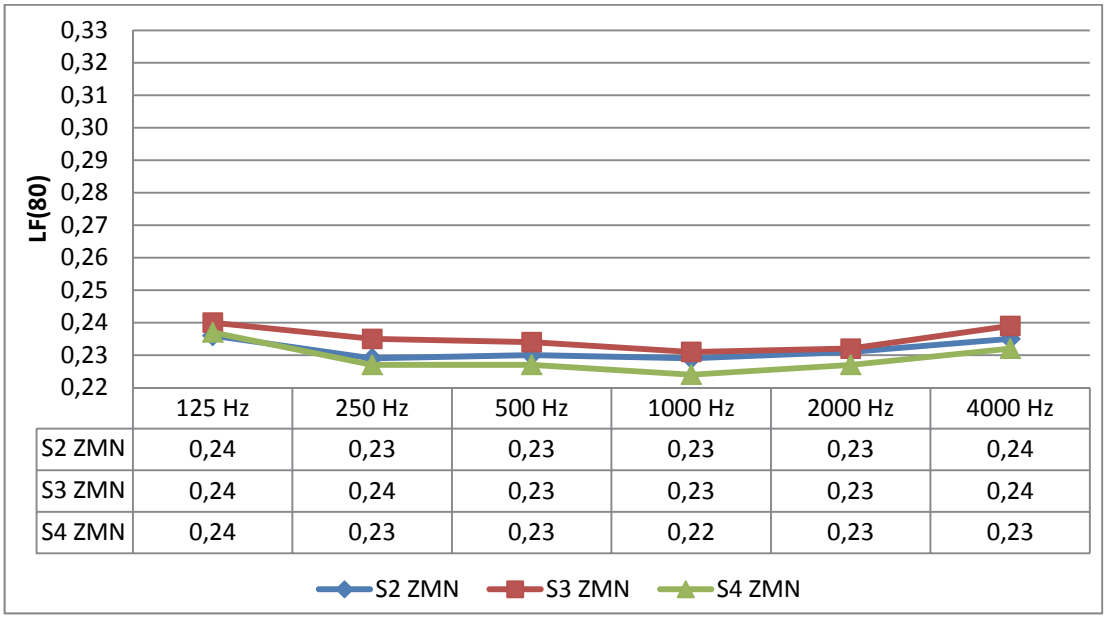
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	0,23	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23
S3 GNL	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
S4 GNL	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24

Şekil 5.26 : Salon geneli için LF_{80} grafiği.

Salonların zemin kat sonuçlarına bakıldığında sonuçlar arasında çok belirgin bir farklılık olmadığı, tüm salonlarda birbirine yakın sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bu duruma ait grafik Şekil.5.27'de görülmektedir.

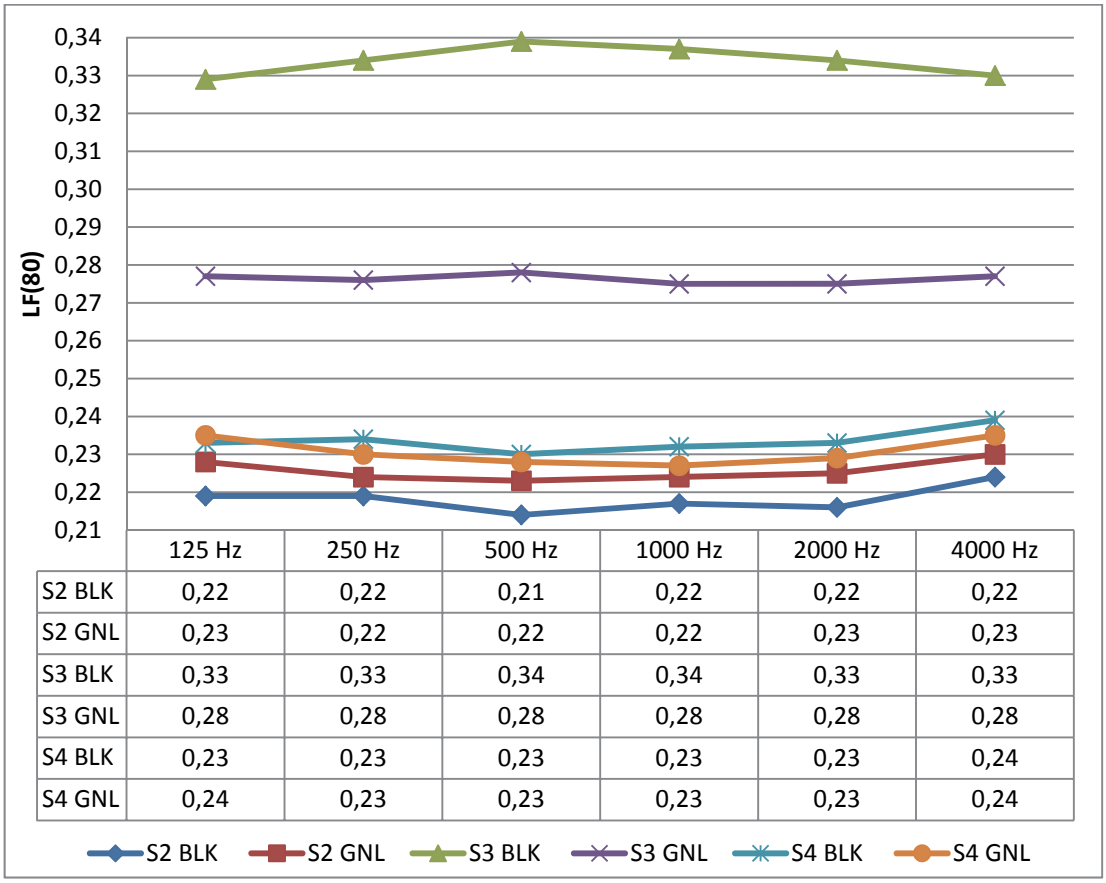
Salon genel sonuçları ile balkonlarda elde edilen sonuçlar kıyaslandığında ise, en yüksek sonuçların S3 salonunda elde edildiği görülmektedir. Bunu sırasıyla S4 ve S2

salonlarında elde edilen sonuçlar takip etmektedir. En düşük yanal yansıma oranları ise S2 salonunun balkon kısımlarında elde edilmiştir. Salon genel sonuçları ve balkon bölümlerine ait değerler Şekil.5.28'deki grafiklerde verilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24
S3 ZMN	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,24
S4 ZMN	0,24	0,23	0,23	0,22	0,23	0,23

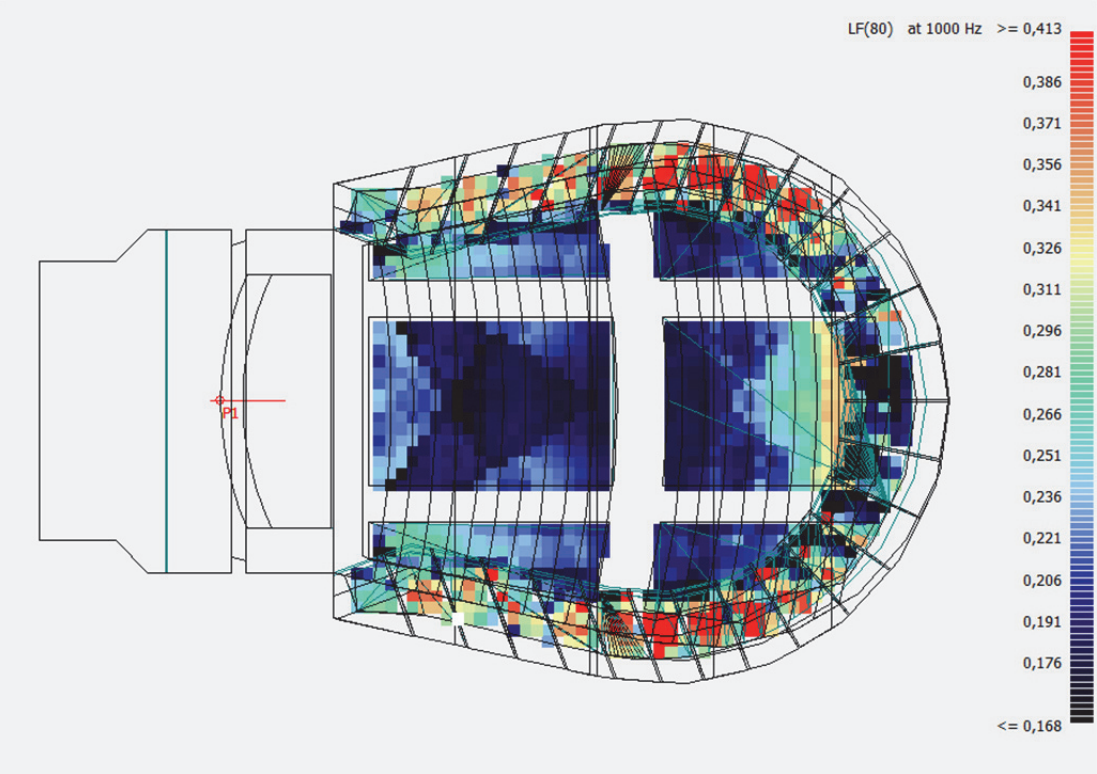
Şekil 5.27 : Zemin katlar için LF_{80} grafiği.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	0,22	0,22	0,21	0,22	0,22	0,22
S2 GNL	0,23	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23
S3 BLK	0,33	0,33	0,34	0,34	0,33	0,33
S3 GNL	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
S4 BLK	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24
S4 GNL	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24

Şekil 5.28 : Salon geneli ve balkonlar için LF_{80} grafiği.

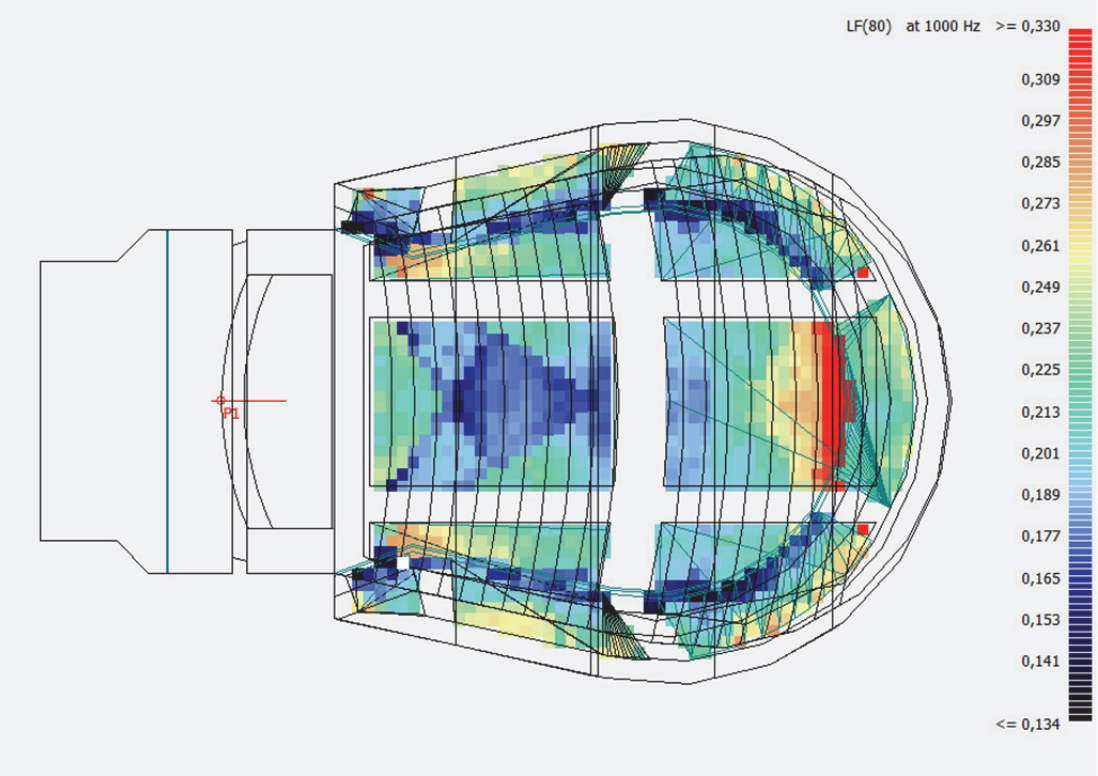
Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, S3 salonunun loca bölümlerinde elde edilen yüksek değerler, bu bölümde locaları oluşturan bölücü duvarların yanal yansımaları büyük miktarda arttırdığını göstermektedir. Bunun nedeni loca bölümünde bulunan izleyicilerin büyük bir kısmının dolaysız ses ışını alamayıp, bölücü duvarlardan gelen yansımalarla ses ışını almalarıdır. Şekil.5.29'da görüldüğü gibi, orta bölümde yer alan locaların yanal yansıma enerjisi oldukça yüksektir. Bunun yanı sıra at nalı salonun geometrisi nedeniyle de yanal yansımalar zemin katın arka bölümlerinde de çok etkin olmuştur ve birçok salon şeklinde olduğu gibi at nalı salon şeklinde de en az yanal yansıma enerjisi salon orta bölümünde elde edilmiştir.



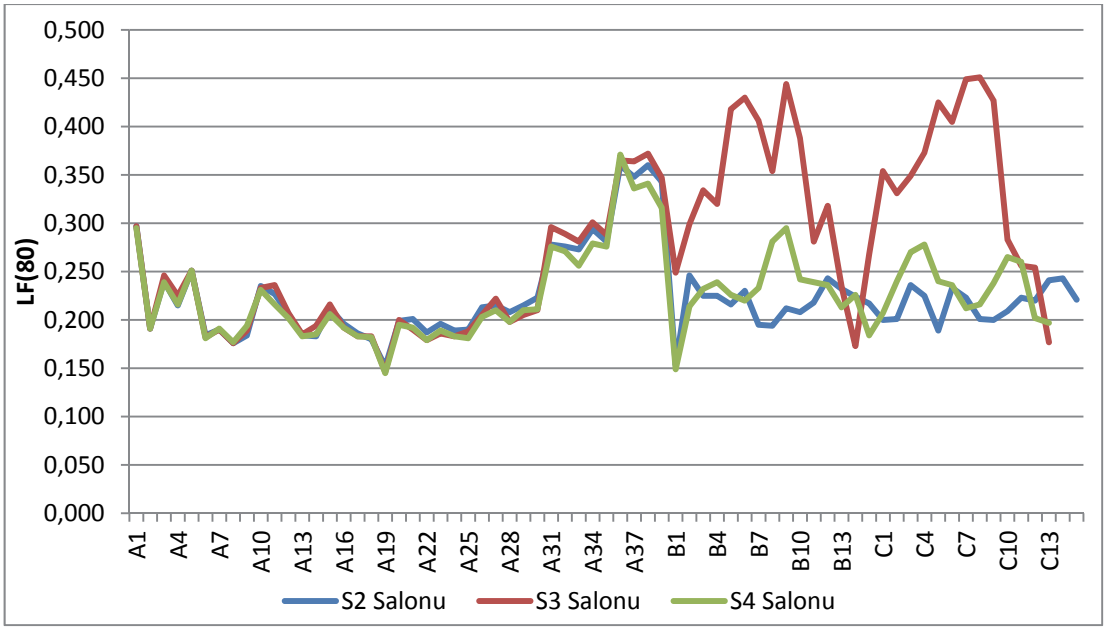
Şekil 5.29 : S3 salonu için LF_{80} parametresi grid hesabı.

Şekil.5.30'da bulunan S2 salonuna ait grid değerlerine bakıldığında ise, balkon bölümlerinde yanal yansımanın salon geneline göre daha az olduğu görülmektedir. Bu salonda en yüksek sonuçlar zemin katın arka kısımlarında elde edilmiştir ve S3 salonunda olduğu gibi salon geometrisi bunda etkili olmuştur. S4 salonunda da elde edilen sonuçlar, balkonlarla salon geneli arasında fark olmadığını ve yarım bölücü duvarların yanal yansımaya fazla bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Elde edilen sonuçlar locaları oluşturan bölücü duvarların yanal yansıma enerjisini arttırdığını ve bölücü duvar alanının artması yanal yansıma ile gelen enerjinin arttığını göstermiştir.

Ayrıca S4 ve S2 salonunda elde edilen değerler kabul edilebilir değerler içerisinde kalırken, S3 salonunda elde edilen bu değerler istenen değerlerin üzerindedir ve salonun büyük bir kısmında yanal yansıma oranı oldukça yüksektir.



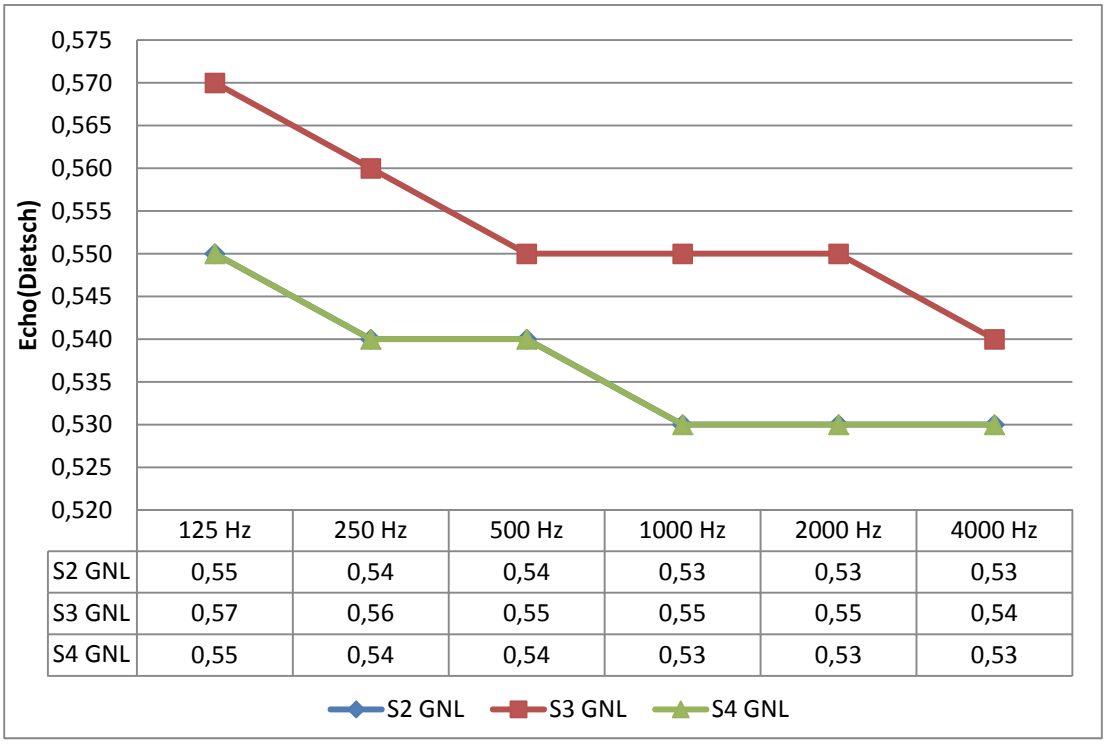
Şekil 5.30 : S2 salonu için LF_{80} parametresi grid hesabı.



Şekil 5.31 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen LF_{80} değerleri (1000Hz).

S2, S3 ve S4 salonlarında tüm alıcı noktalarında elde edilen LF_{80} değerleri Şekil.5.31'deki grafik üzerinde gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde, zemin katlarda üç salonda da benzer değerler elde edilirken balkon bölümlerinde dengesiz değerler elde edildiği görülmektedir. S3 salonunun loca bölümlerinde aşırı değerler elde edilmesi, her locanın salon genelinden farklı ve kötü akustik koşullara sahip olduğunu göstermektedir. Yarım localı salonda locasız salonla benzer sonuçlar elde edilmesi üzerine ise diğer tüm parametrelerde olduğu gibi LF_{80} parametresinde de yarım locaların salonların akustik kalitesini olumsuz yönde etkilemediği söylenebilmektedir.

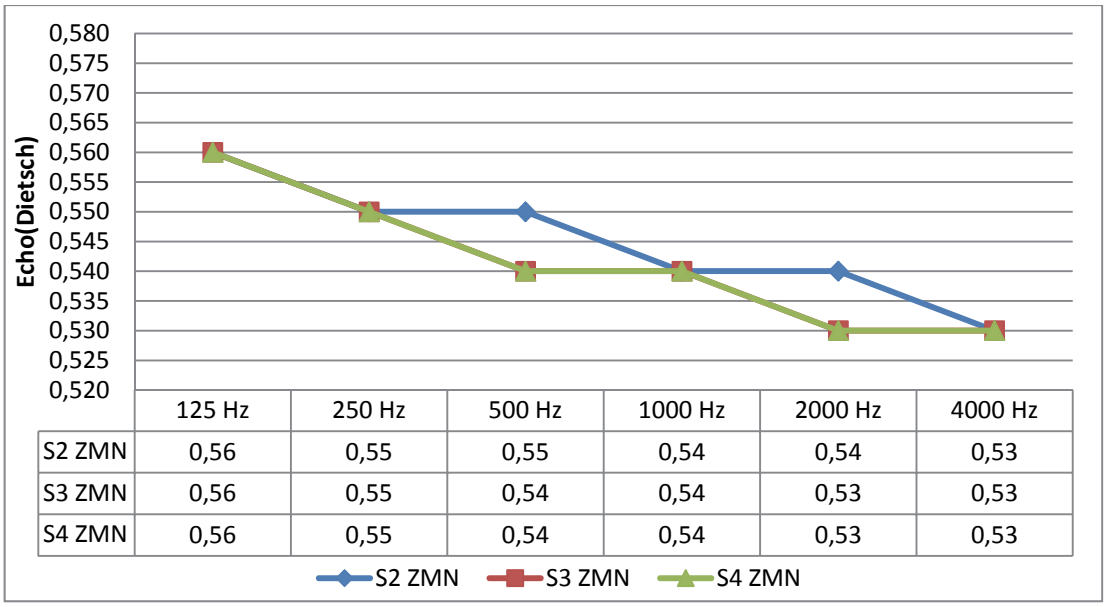
Salonlar için elde edilen genel sonuçlara bakıldığında, Echo parametresi için S3 salonuna ait sonuçların tüm frekanslarda, diğer salonlardan daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. S2 ve S4 salonlarında ise tüm frekanslarda birbirine eşit değerler elde edilmiştir. Bu duruma ait grafik Şekil.5.32'de verilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53
S3 GNL	0,57	0,56	0,55	0,55	0,55	0,54
S4 GNL	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53

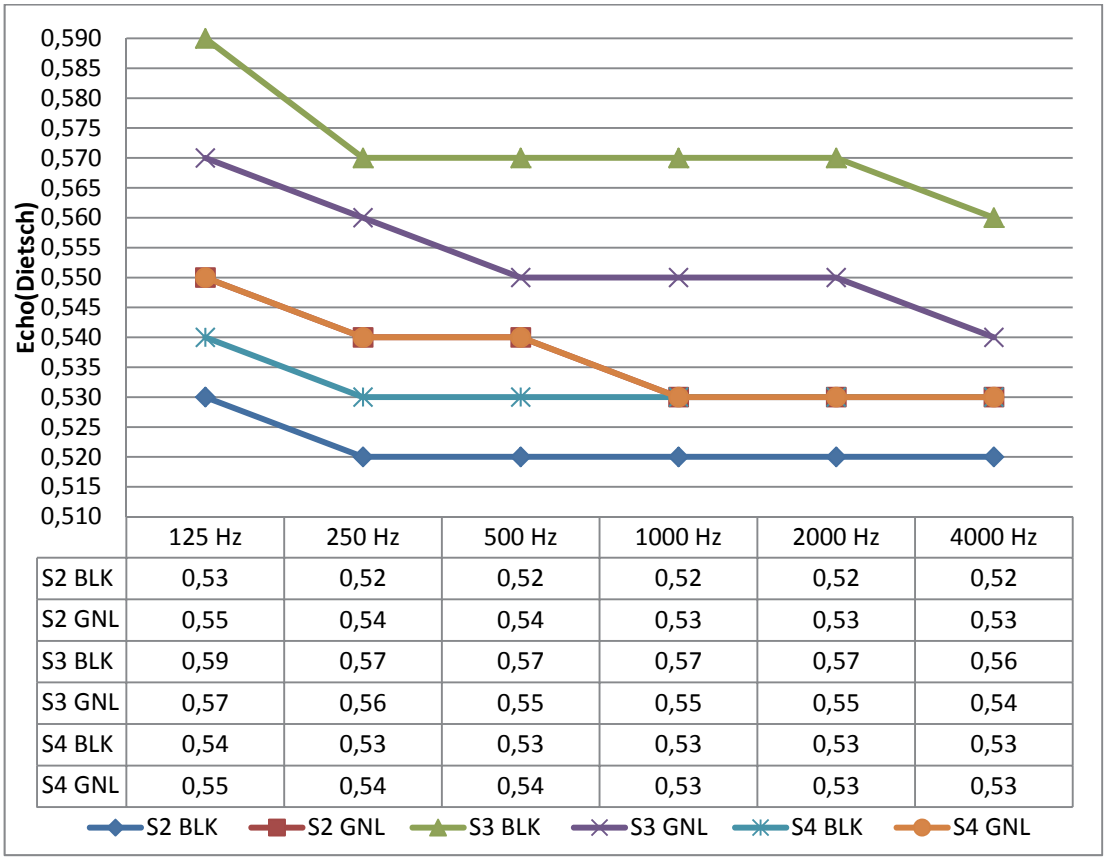
Şekil 5.32 : Salon geneli için Echo grafiği.

Salonların zemin katları için yapılan hesaplamalar incelendiğinde de tüm salonlara ait sonuçların birbirine çok yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Şekil.5.33'te görüldüğü gibi, yine de S2 salonu için 500 ve 2000 Hz'e ait eko değerleri diğer salonlara göre daha yüksektir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53
S3 ZMN	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53
S4 ZMN	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53

Şekil 5.33 : Zemin katlar için Echo grafiği.



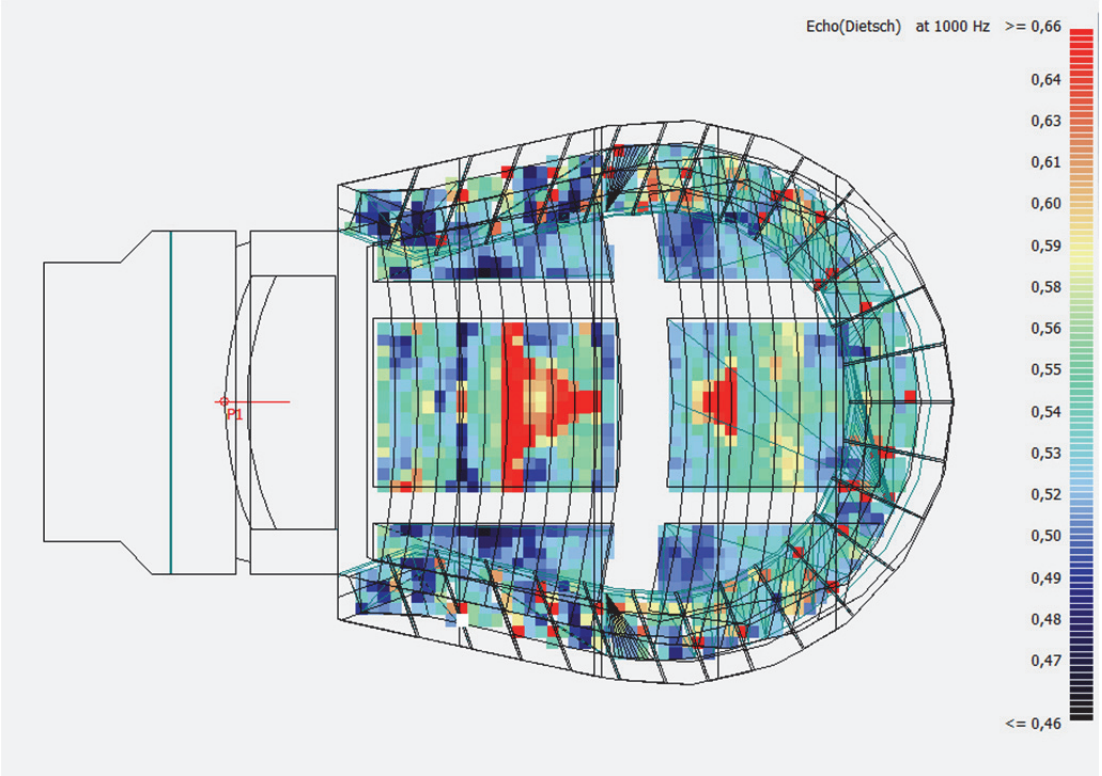
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
S2 GNL	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53
S3 BLK	0,59	0,57	0,57	0,57	0,57	0,56
S3 GNL	0,57	0,56	0,55	0,55	0,55	0,54
S4 BLK	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
S4 GNL	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53

Şekil 5.34 : Salon geneli ve balkonlar için Echo grafiği.

Salon geneli ile balkonlar kıyaslandığında elde edilen en yüksek değerlerin S3 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla S2 ve S4 salonlarının genel ortalama sonuçları takip etmektedir. S2 ve S4 salonlarının balkonları ise salon

genelinden daha düşük değerler elde etmişlerdir. Salon geneli ve balkon katları için elde edilen değerlere ait grafik Şekil.5.34'te verilmiştir.

Tüm sonuçlar incelendiğinde, S3 salonunun localı bölümlerinde geç yansımaların etkin olması nedeniyle yüksek Echo değerleri elde edildiği görülmektedir. T_s ve C_{80} parametrelerinde olduğu gibi Echo parametresine ait sonuçların da, geç ses enerjisi oluşmasına neden olan bölücü duvarların oluşturduğu localar sebebiyle yükseldiği görülmektedir. Salonların zemin kat bölümlerinde birbirine çok yakın sonuçlar elde edilirken localardan kaynaklanan yüksek geç ses oranı nedeniyle S3 salonunun ortalama eko değerini artmıştır.

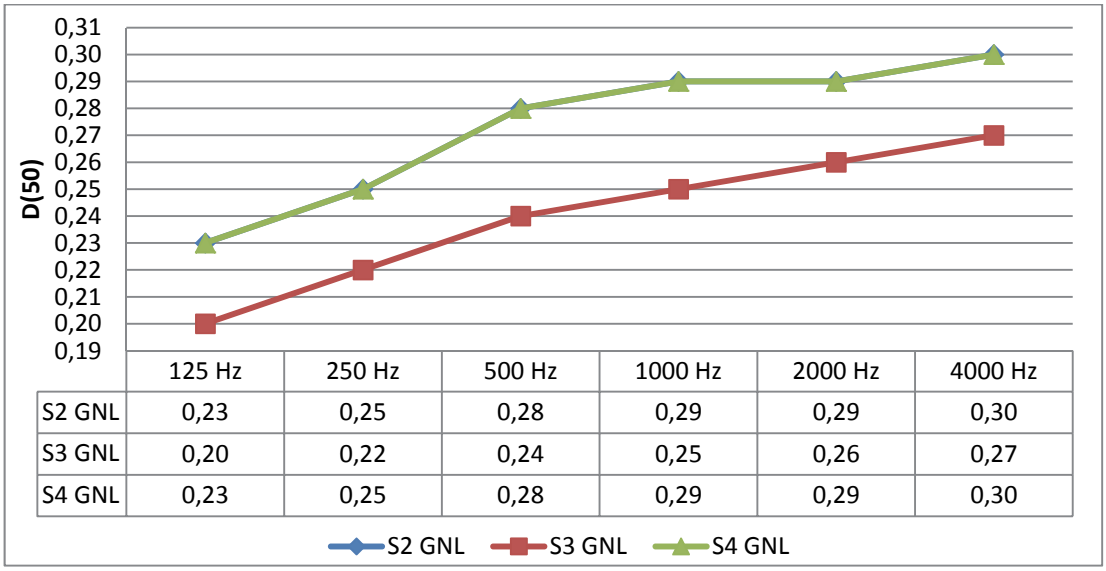


Şekil 5.35 : S4 salonu için Echo parametresi grid hesabı.

S4 ve S2 salonlarında, balkonlarda elde edilen değerler salon geneline göre daha düşüktür. Şekil.5.35'te görüldüğü gibi balkonlarda elde edilen sonuçlar homojen değildir ve zemin katın orta bölümündeki değerler daha yüksektir. Bu durumun oluşmasında salon geometrisinin etkisi oldukça fazladır. Yine zemin kat incelendiğinde salon geometrisi nedeniyle odaklamanın olduğu bölümler açıkça görülebilmektedir. Bu durum üç salon için de geçerlidir. Fakat elde edilen sonuçların hiçbiri duyulabilir eko olması için yeterli değildir ve salonların hiçbir bölgesinde duyulabilir eko oluşmamıştır.

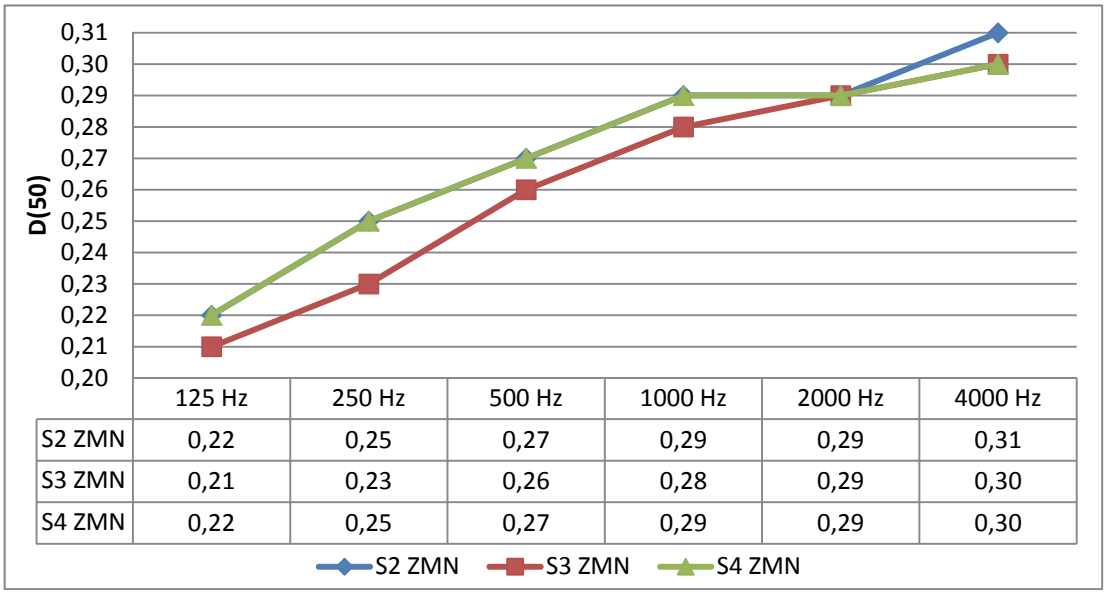
Loca durumunun değerlendirilmesi gruplandırılan parametrelerden ikincisi, konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili parametrelerdir. Bunun için; D_{50}, STI ve AL_{cons} parametreleri seçilmiştir.

Salon genel ortalamalarına bakıldığında D_{50} parametresi için S2 ve S4 salonlarının her frekansta aynı sonucu verdiği ve S3 salonunun tüm frekanslardaki değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Bununla ilgili grafik Şekil.5.36'da gösterilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	0,23	0,25	0,28	0,29	0,29	0,30
S3 GNL	0,20	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27
S4 GNL	0,23	0,25	0,28	0,29	0,29	0,30

Şekil 5.36 : Salon geneli için D_{50} grafiği.

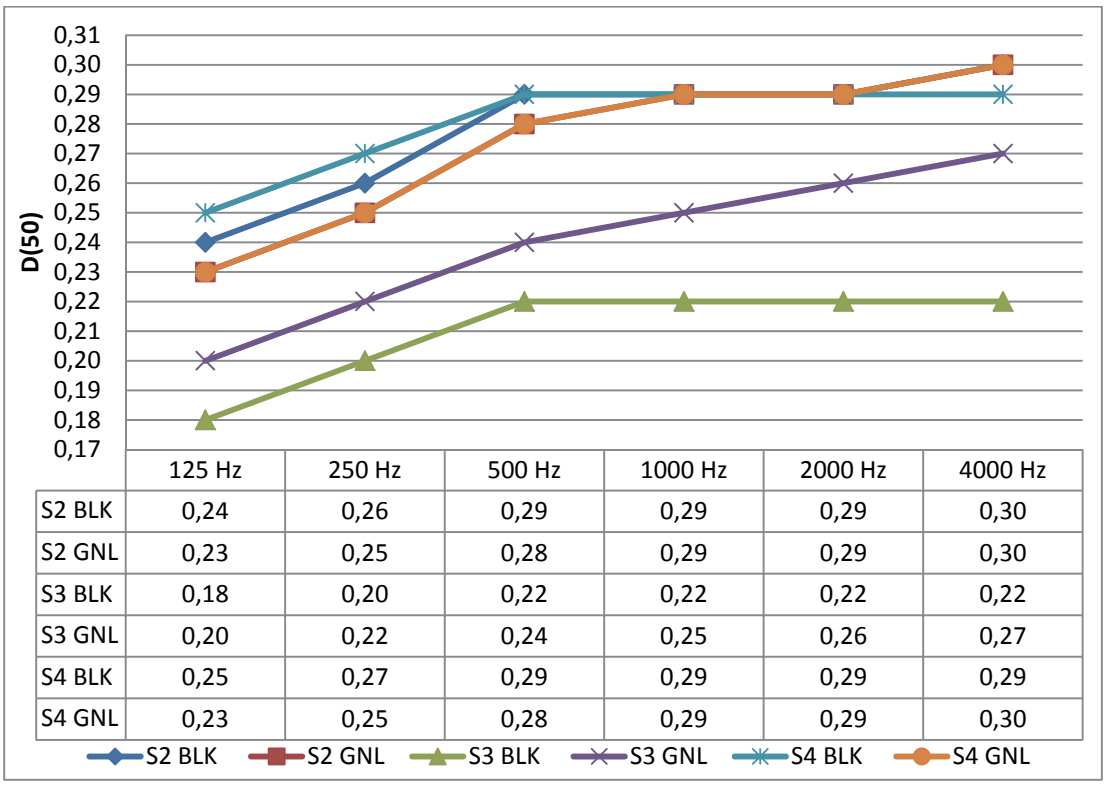


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,22	0,25	0,27	0,29	0,29	0,31
S3 ZMN	0,21	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30
S4 ZMN	0,22	0,25	0,27	0,29	0,29	0,30

Şekil 5.37 : Zemin katlar için D_{50} grafiği.

Salonların zemin katlarına bakıldığında ise yine salon genelinde olduğu gibi S2 ve S4 salonlarının aynı sonuçları elde ettiği ve S3 salonuna ait sonuçların her frekansta

daha düşük olduğu görülmektedir. Zemin katlarda elde edilen sonuçlara ait grafik Şekil.5.37'de verilmiştir.

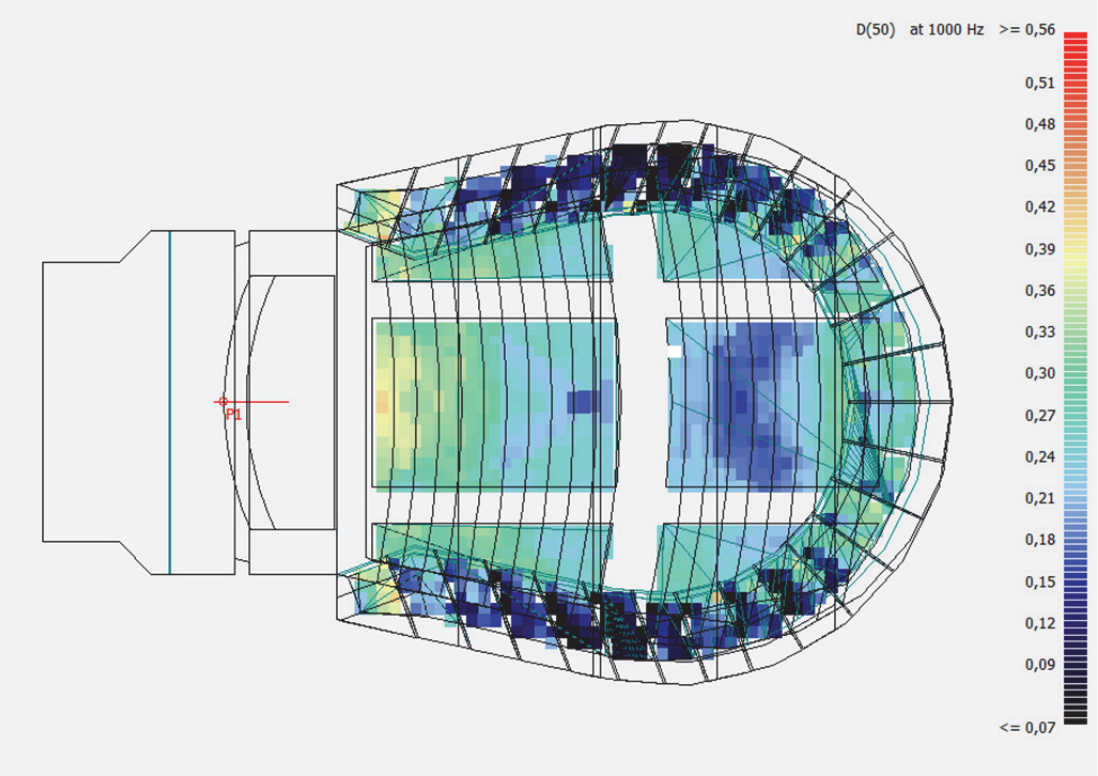


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	0,24	0,26	0,29	0,29	0,29	0,30
S2 GNL	0,23	0,25	0,28	0,29	0,29	0,30
S3 BLK	0,18	0,20	0,22	0,22	0,22	0,22
S3 GNL	0,20	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27
S4 BLK	0,25	0,27	0,29	0,29	0,29	0,29
S4 GNL	0,23	0,25	0,28	0,29	0,29	0,30

Şekil 5.38 : Salon geneli ve balkonlar için D_{50} grafiği.

Salon geneli ile balkonlar kıyaslandığında en düşük değerlerin S3 salonunda elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçları sırasıyla S2 ve S4 salonlarında elde edilen sonuçlar takip etmektedir. Şekil.5.38'de salon genelinde ve balkonlarda elde edilen sonuçlara ait grafik gösterilmiştir.

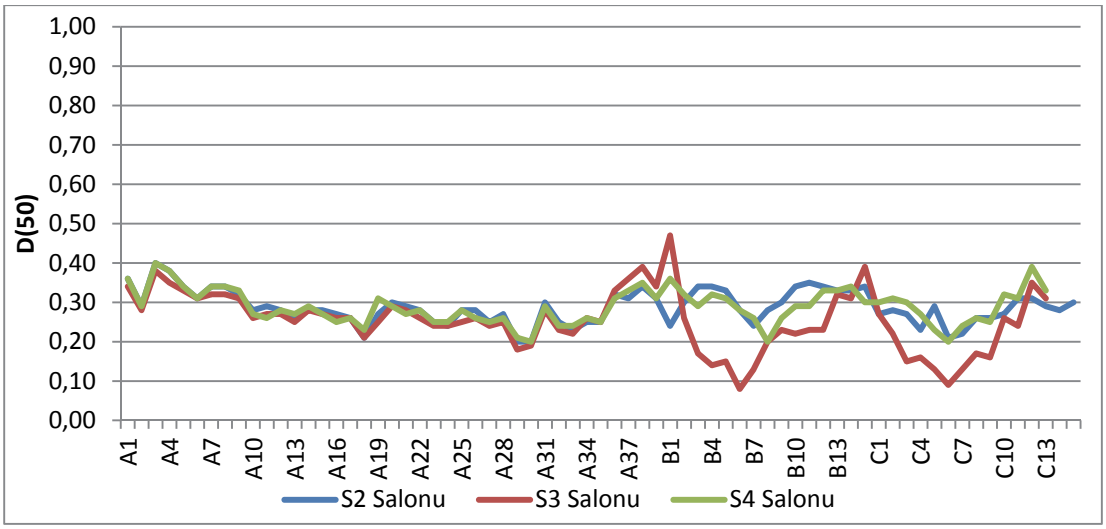
Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, en düşük değerlerin loca bölümlerinde elde edilmesi, S3 salonunda locaların konuşma anlaşılabilirliğini olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Şekil.5.39'da görüldüğü gibi locaların salon ortasında kalan bölümleri, dolaysız ses enerjisini alamadığı ve yalnızca gecikmiş yansımaları alabildiği için S3 salonunda düşük D_{50} değerleri elde edilmiştir. Sahneye yakın localar ile sahnenin karşısında yer alan loca bölümleri ise dolaysız ses ve birçok erken yansıma alabildiği için salon geneli ile uyumlu sonuçlar vermiştir. Salon geometrisi nedeniyle geç yansımaların yoğunlaştığı salonun zemin kat orta bölümlerinde elde edilen D_{50} değeri düşük olmuş ve en iyi sonuçlar ise sahneye en yakın kısımlarda elde edilmiştir.



Şekil 5.39 : S3 salonu için D_{50} parametresi grid hesabı.

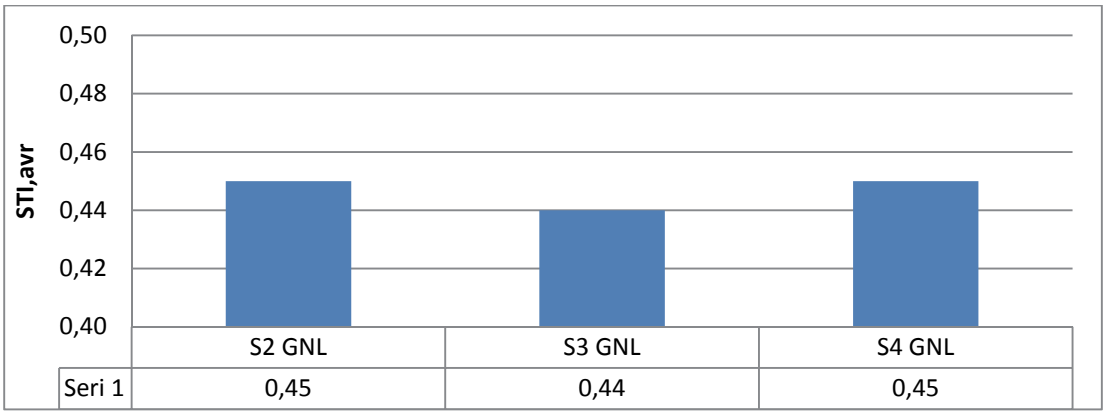
S2 ve S4 salonlarında balkon bölümlerinde elde edilen değerler, salon geneli ile benzer şekilde olmuştur. Bu durum da balkon bölümlerinde, S3 salonunun localarında olduğu gibi geç ses enerjisinin etkin olmadığını göstermektedir. Yine S3 salonunda olduğu gibi bu salonlarda da salon geometrisi nedeniyle salonunun orta kısmının arka bölümlerinde düşük D_{50} değerleri elde edilmiş ve en yüksek değerler sahneye yakın bölümlerde görülmüştür. Ayrıca tüm salonlarda elde edilen değerler konuşma anlaşılabilirliği için oldukça düşüktür ve kabul edilebilir değerlerin altındadır. Tüm sonuçlar göz önüne alındığında, locaların konuşma anlaşılabilirliğini azalttığı açıkça görülmektedir. Yarım localar ise locasız salonla benzer değerler alarak salon karakteri ile uyum göstermiştir.

Üç salon için de tüm alıcı noktalarında elde edilen sonuçlar Şekil.5.40'taki grafikte verilmiştir. Grafik incelendiğinde, diğer parametrelerde de olduğu gibi zemin katta bulunan alıcılarda üç salonda da benzer değerler elde edilirken balkon bölümlerinde bu benzerlik bozulmuştur. Grafikte S3 salonunun loca bölümlerinin elde ettiği dengesiz ve kötü sonuçlar açıkça görülebilmektedir.

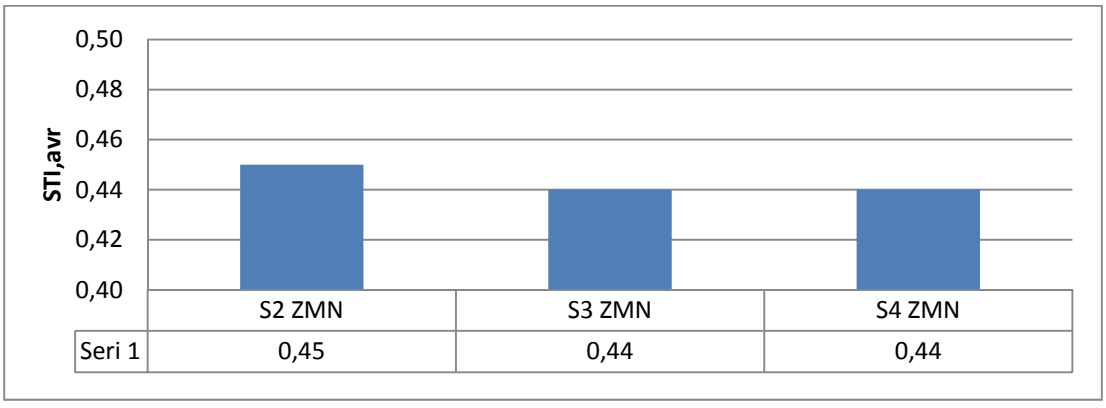


Şekil 5.40 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen D_{50} değerleri (1000Hz).

Salon genel sonuçlarına bakıldığında, D_{50} parametresinde olduğu gibi STI parametresinde de en düşük sonuçlar S3 salonunda elde edilmiştir. S2 ve S4 salonlarında elde edilen değerler de, tüm frekanslarda S3 salonundan daha yüksek ve birbirlerine eşit olmuştur.



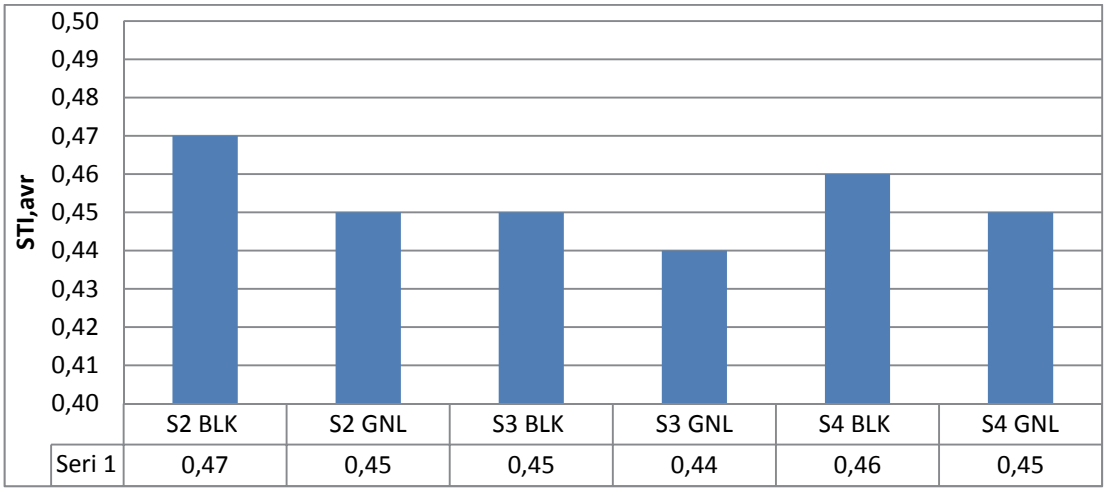
Şekil 5.41 : Salon geneli için STI grafiği.



Şekil 5.42 : Zemin katlar için STI grafiği.

Salonların zemin kat sonuçlarına bakıldığında ise S3 ve S4 salonlarının birbirleriyle eşit sonuçlar elde ettiği görülmektedir. S2 salonunda elde edilen değerler diğer iki salona göre daha fazla olmuştur. Zemin kat sonuçlarına ait grafik Şekil.4.42'de verilmiştir.

Salon geneli ile balkonlar kıyaslandığında, en düşük değerlerin S3 salonunda en yüksek değerlerin ise S2 salonunun balkon bölümünde elde edildiği görülmektedir. Balkonlarda elde edilen değerler üç salonda da salon genel ortalamasının üzerindedir. Bu duruma ait grafik Şekil5.43'te gösterilmiştir.



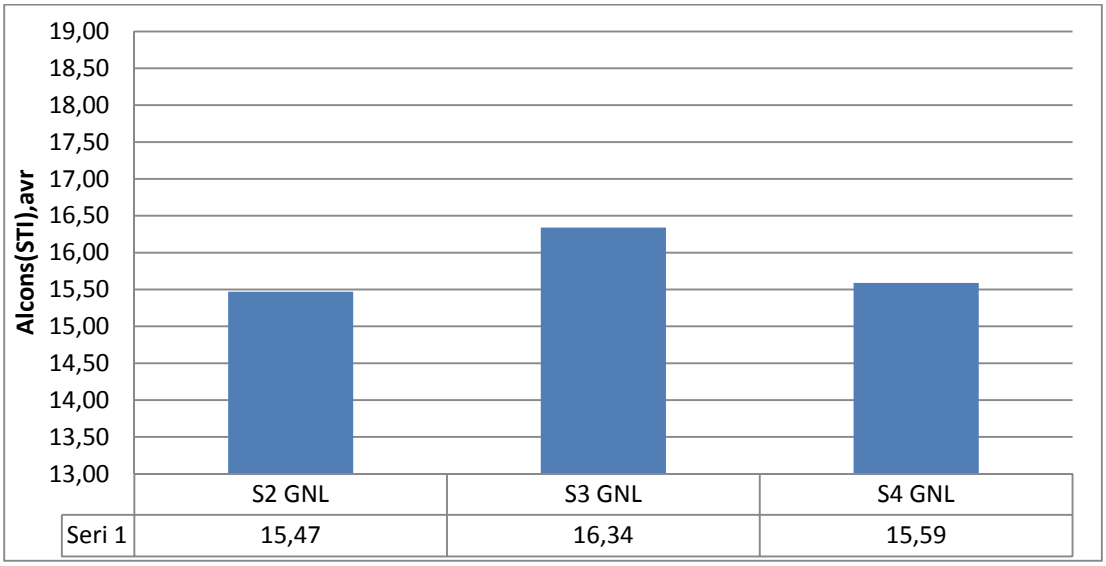
Şekil 5.43 : Salon geneli ve balkonlar için STI grafiği.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, üç salonda da tüm sonuçların konuşma anlaşılabilirliği için zayıf olduğu görülmektedir. D_{50} parametresinden farklı olarak STI parametresinde, S3 salonunun loca bölümleri de konuşma anlaşılabilirliği açısından salon genelinden iyi sonuçlar vermiştir. Fakat S3 salonunun zemin katında elde edilen değerler diğer salonlara göre düşük olmuş ve salon genel ortalamasını düşürmüştür. S3 salonunun localarını oluşturan bölücü duvarlar oluşturdukları ek yansımalarla salon genelinde geç ses enerjisinin etkin olmasını sağlayarak konuşma anlaşılabilirliğini azaltmıştır. S2 ve S4 salonlarında elde edilen değerler ise S3 salonuna göre daha yüksek olmasına rağmen kabul edilebilir değerlerin altındadır.

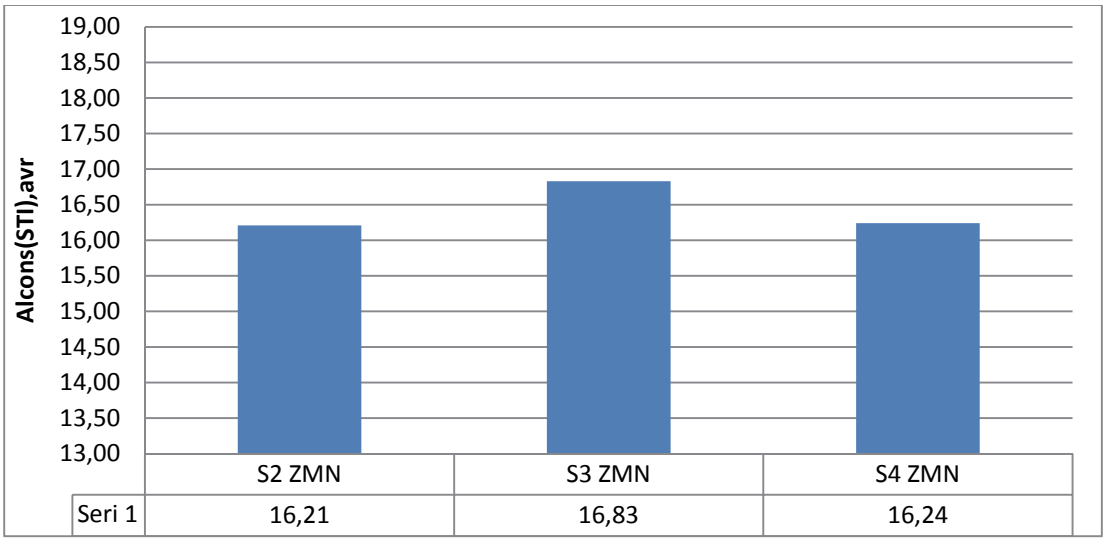
Salon genel sonuçları değerlendirildiğinde, en yüksek AL_{cons} değerinin S3 salonunda elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçları sırasıyla S4 ve S2 salonlarına ait değerler takip etmektedir.

Zemin katlarda elde edilen sonuçlar da salon geneli ile benzerlik göstermektedir. AL_{cons} parametresine ait en düşük değerler S2 salonunda, en yüksek değerler de S3

salonunda elde edilmiştir. Zemin kat için elde edilen sonuçlar ile ilgili grafik Şekil.5.44'te gösterilmiştir.

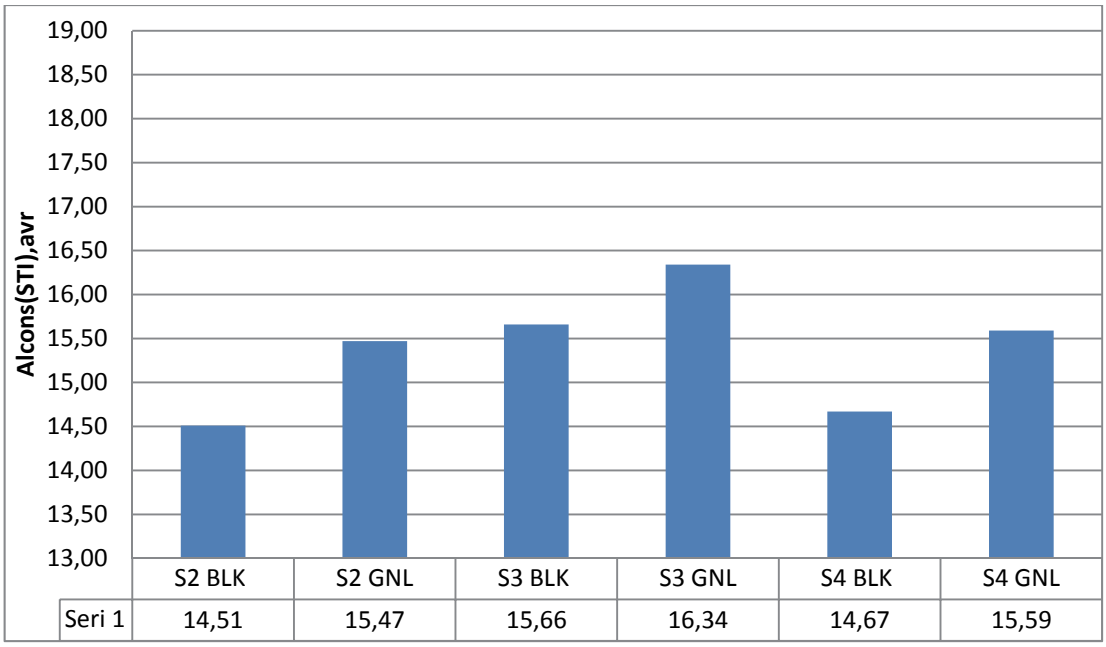


Şekil 5.44 : Salon geneli için AL_{cons} grafiği.



Şekil 5.45 : Zemin katlar için AL_{cons} grafiği.

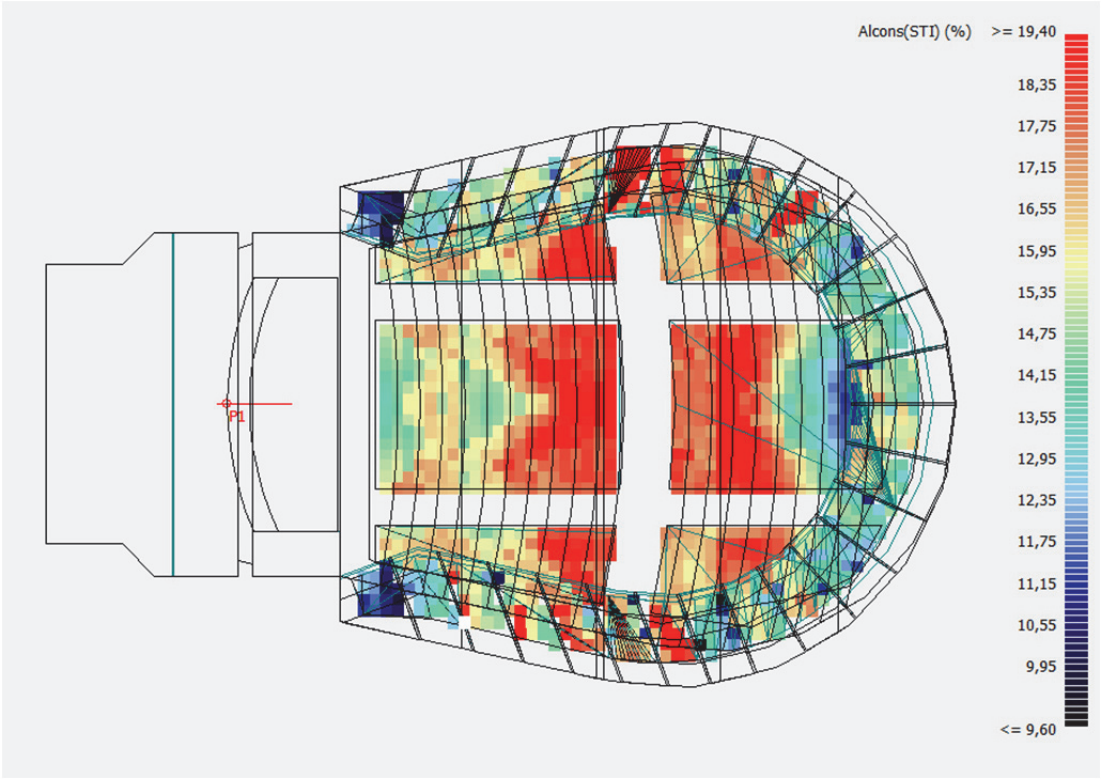
Salon geneli ile balkon bölümleri kıyaslandığında elde edilen Al_{cons} değerlerinin, STI parametresi ile paralel olduğu görülmektedir. En düşük sonuçlar S2 salonunun balkon kısmında elde edilmiştir ve bunu S4 salonu değerleri izlemektedir. İncelenen tüm salonlarda balkon bölümleri, ortalama AL_{cons} değerlerini düşürerek sessiz harflerin anlaşılabilirlik kaybını azaltmıştır. Bu duruma ait grafik Şekil.5.46'te görülmektedir.



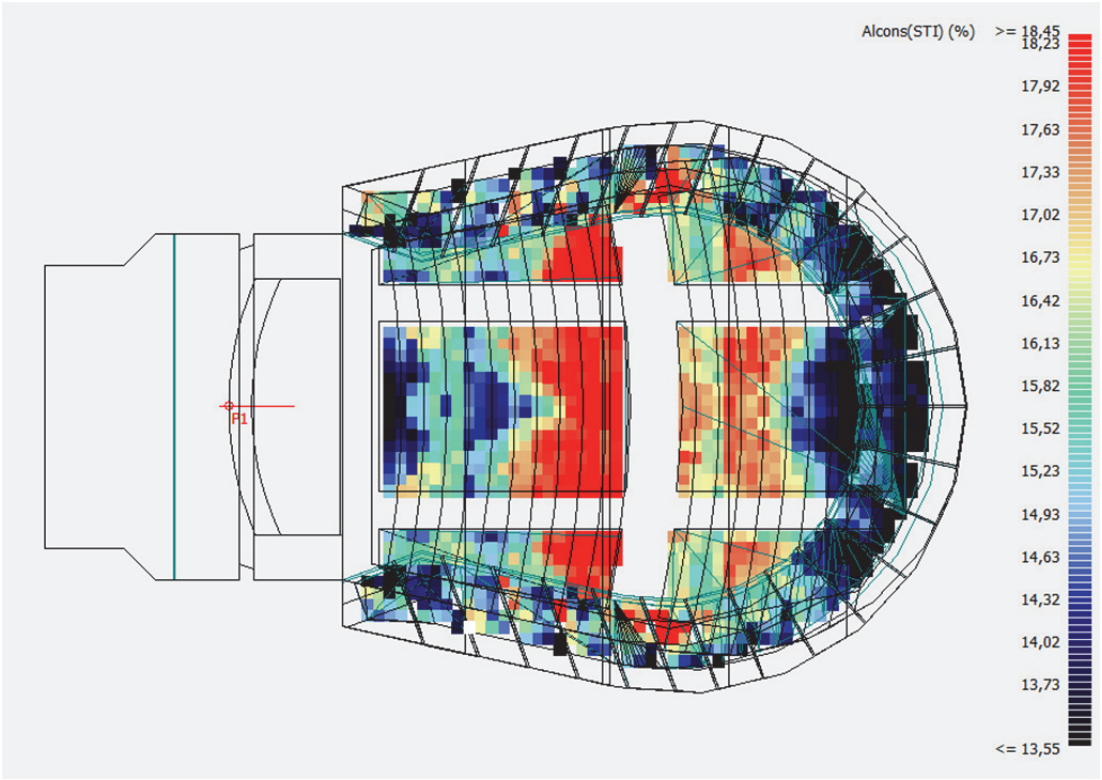
Şekil 5.46 : Salon geneli ve balkonlar için AL_{cons} grafiği.

Sonuçlar değerlendirildiğinde balkonlarda elde edilen değerlerin salon genelinden daha düşük olduğu ve salon ortalama değerlerini düşürdüğü görülmektedir. Şekil.5.47'de de görüldüğü gibi S3 salonunun zemin katının orta bölümünde hacmin dairesel formu nedeniyle oluşan odaklanma, bu bölgelerdeki sessiz harflerin anlaşılabilirliğini oldukça azaltmıştır. Aynı şekilde loca bölümlerinin orta kısımlarında etkin olan geç yansımalar ve düşük erken ses enerji oranı AL_{cons} değerinin yükselmesine ve sessiz harflerin anlaşılabilirliğinin azalmasına neden olmuştur. Odaklanma nedeniyle salonun sahneye yakın bölümleri ve zemin katın arka kısımlarında orta kısımlara göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

S2 ve S4 salonlarında elde edilen sonuçlar S3 salonuna göre daha az anlaşılabilirlik kaybı olduğunu göstermiştir. Şekil.5.48'de görüldüğü gibi yarım localı S4 salonunda da zemin kat orta bölümlerinde hacmin geometrisi nedeniyle AL_{cons} değerleri salonun diğer bölümlerine göre yüksektir. Fakat localı salondan farklı olarak balkon bölümlerinde bulunan yarım duvarlar erken ses enerjisini engellememiş ve tam localı salonda göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Yine S3 salonunda olduğu gibi S4 salonunda da odaklama etkisi nedeniyle en iyi sonuçlar salonun sahneye yakın bölümleri ve zemin katın arka kısımlarında elde edilmiştir. S2 salonunda elde edilen sonuçlar da S4 salonu ile paralellik göstermektedir.



Şekil 5.47 : S3 salonu için AL_{cons} parametresi grid hesabı.



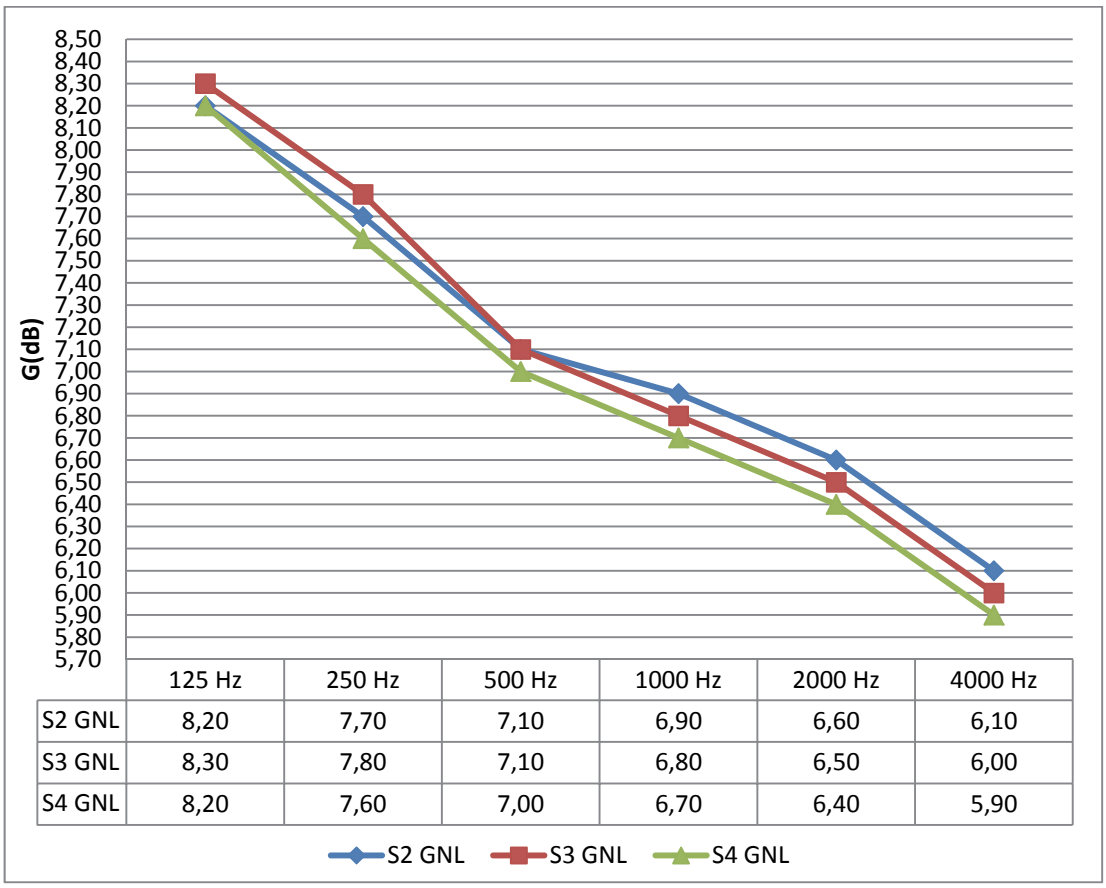
Şekil 5.48 : S4 salonu için AL_{cons} parametresi grid hesabı.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, incelenen salonlar için elde edilen AL_{cons} değerleri kabul edilebilir değerlerin üzerindedir ve bu tüm salonlardaki sessiz harf

anlaşılabilirliğinin zayıf olduğunu göstermektedir. Konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili tüm parametrelerde olduğu gibi bu parametre için elde edilen değerler de, salonlarda loca kullanımının konuşma anlaşılabilirliğini azalttığını belirgin biçimde ortaya koymaktadır.

Loca durumunun değerlendirilmesi için gruplanan parametrelerden üçüncüsü ses gücü ile ilgili parametrelerdir. Bunun için; G ve SIL parametreleri seçilmiştir.

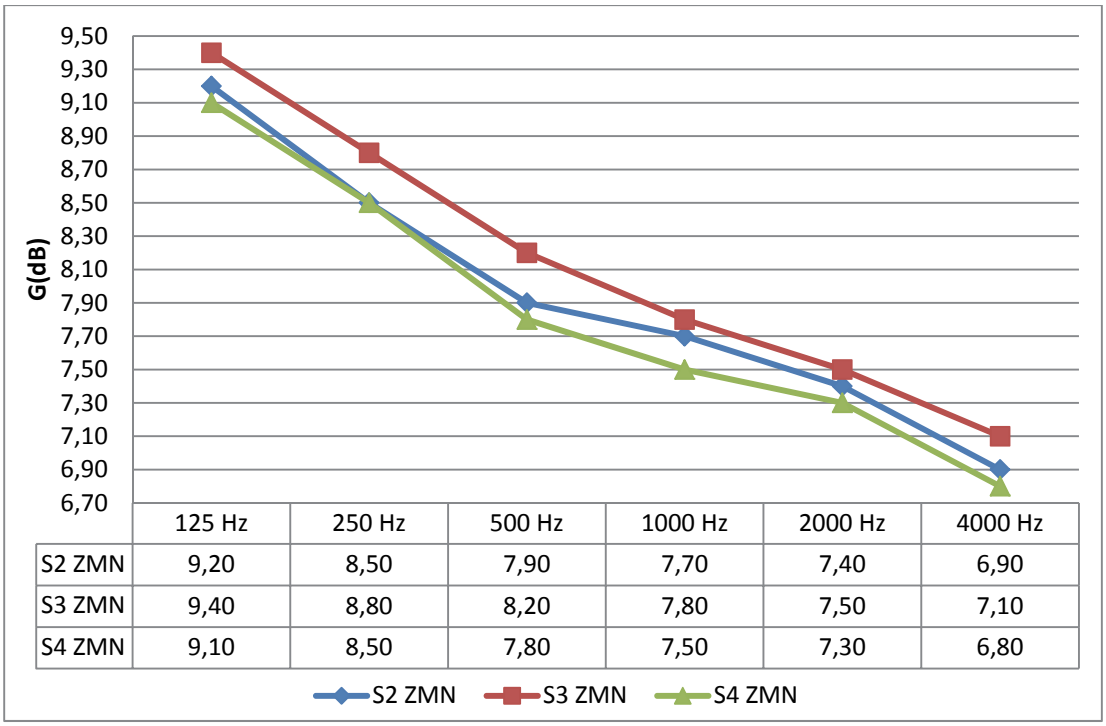
G parametresi için salonların genel ortalamalarına bakıldığında, sonuçların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, S2 salonu için, orta ve yüksek frekanslarda elde edilen değerler diğer salonlara göre daha yüksektir. Alçak frekanslara ait değerler incelendiğinde, S3 salonunda daha yüksek sonuçlar elde edildiği görülmektedir. S4 salonu ise tüm frekanslarda en düşük sonuçlara sahiptir. Şekil.5.49'da bu duruma ait grafik gösterilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	8,20	7,70	7,10	6,90	6,60	6,10
S3 GNL	8,30	7,80	7,10	6,80	6,50	6,00
S4 GNL	8,20	7,60	7,00	6,70	6,40	5,90

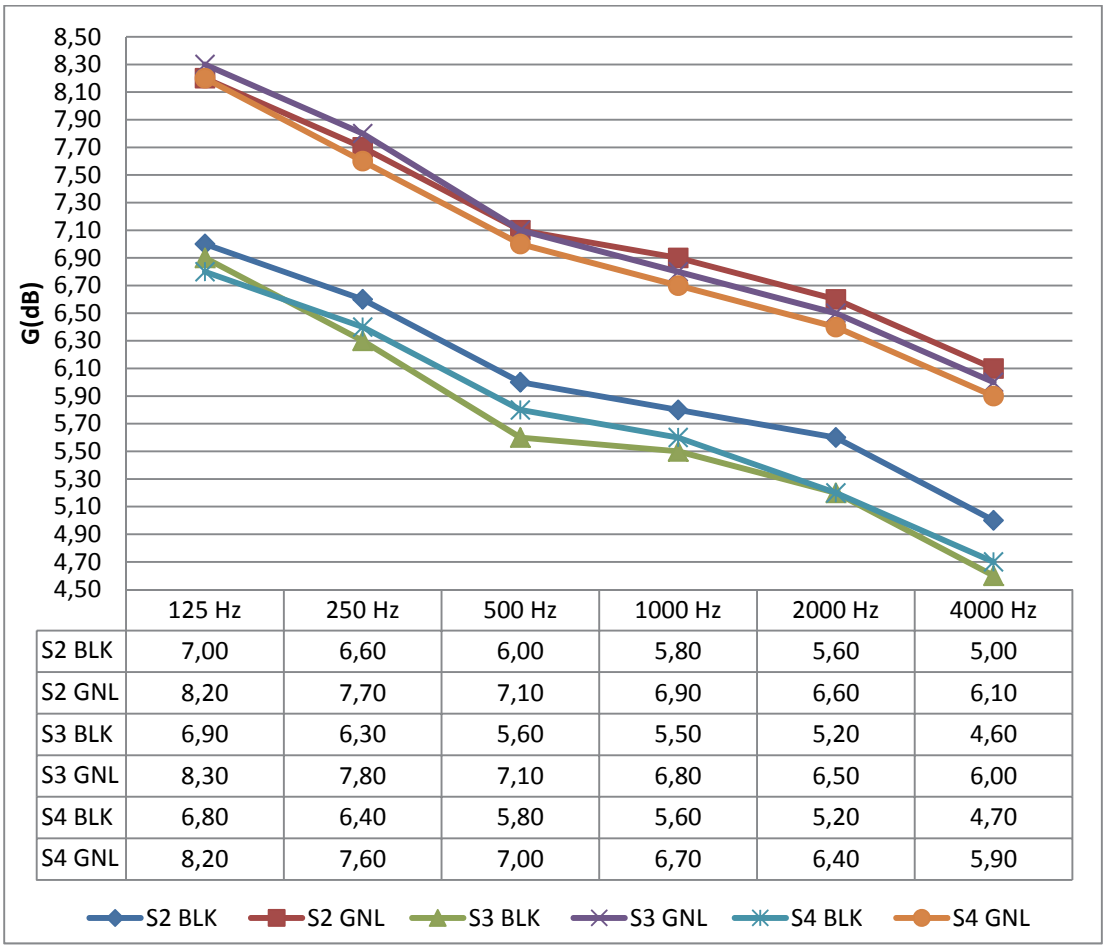
Şekil 5.49 : Salon geneli için G grafiği.

Zemin kat sonuçlarına bakıldığında ise S3 salonu için elde edilen değerlerin her frekansta diğer salonlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuçları sırasıyla S2 ve S4 salonlarına ait değerler takip etmektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	9,20	8,50	7,90	7,70	7,40	6,90
S3 ZMN	9,40	8,80	8,20	7,80	7,50	7,10
S4 ZMN	9,10	8,50	7,80	7,50	7,30	6,80

Şekil 5.50 : Zemin katlar için G grafiği.



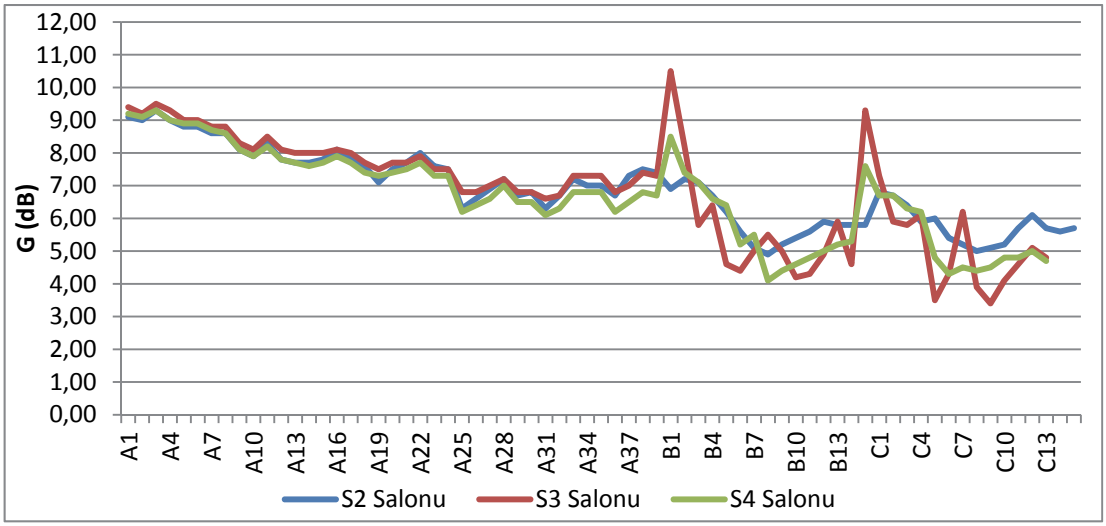
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	7,00	6,60	6,00	5,80	5,60	5,00
S2 GNL	8,20	7,70	7,10	6,90	6,60	6,10
S3 BLK	6,90	6,30	5,60	5,50	5,20	4,60
S3 GNL	8,30	7,80	7,10	6,80	6,50	6,00
S4 BLK	6,80	6,40	5,80	5,60	5,20	4,70
S4 GNL	8,20	7,60	7,00	6,70	6,40	5,90

Şekil 5.51 : Salon geneli ve balkonlar için G grafiği.

Salon geneli ile balkonlar kıyaslandığında en yüksek sonuçların salon genelinde olduğu ve balkon değerlerinin belirgin şekilde düşük olduğu görülmektedir. Balkonlar arasında en yüksek G değerler S2 salonuna ve en düşük G değerler S3 salonuna aittir. Bu duruma ait grafik Şekil.5.51'de gösterilmiştir.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, balkon bölümlerinin zemin katlara göre daha düşük G değerlerine sahip olduğu görülmektedir. S3 salonunun loca bölümlerini oluşturan yansıtıcı özellikteki bölücü duvarlar, zemin katta yer alan dinleyicilere diğer salonlara göre daha çok yansımış ses gelmesini sağlamış ve bu nedenle S3 salonunun zemin katında en yüksek, loca kısmında ise en düşük G değerleri elde edilmiştir. Bu durum sadece salon genel sonuçlarına bakarak yorum yapmanın yanıltıcı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle değerlendirme yapılırken sadece salon genel sonuçlarına değil zemin kat ve balkon bölümleri de ayrı ayrı incelenmiştir.

Tüm salonlarda en yüksek sonuçlar sahneye yakın bölümlerde elde edilmiştir ve elde edilen sonuçlar kabul edilebilir değerler içinde yer almıştır. Sonuçlar loca bölümlerinin locasız salonlara göre daha düşük G değerine sahip olduğunu fakat aynı salonun zemin katında bölücü duvarların neden olduğu ek yansımalarla localı salonda (S3 Salonu) diğer salonların zemin katlarına göre daha yüksek değerler elde edildiğini göstermektedir.

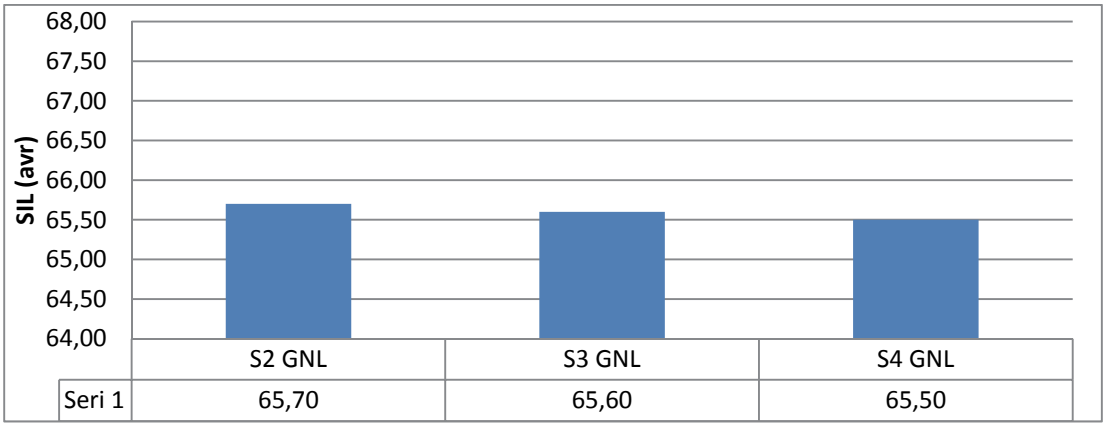


Şekil 5.52 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen G değerleri (1000Hz).

Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen G değerleri Şekil.5.52'deki grafikte gösterilmiştir. Grafikte, zemin katlardaki alıcı noktalarında tüm salonlarda benzer değerler elde edildiği fakat balkon bölümlerinde salonlar arasında farklılıklar oluştuğu görülmektedir. S3 salonunun loca bölümlerinin birbirinden, salon

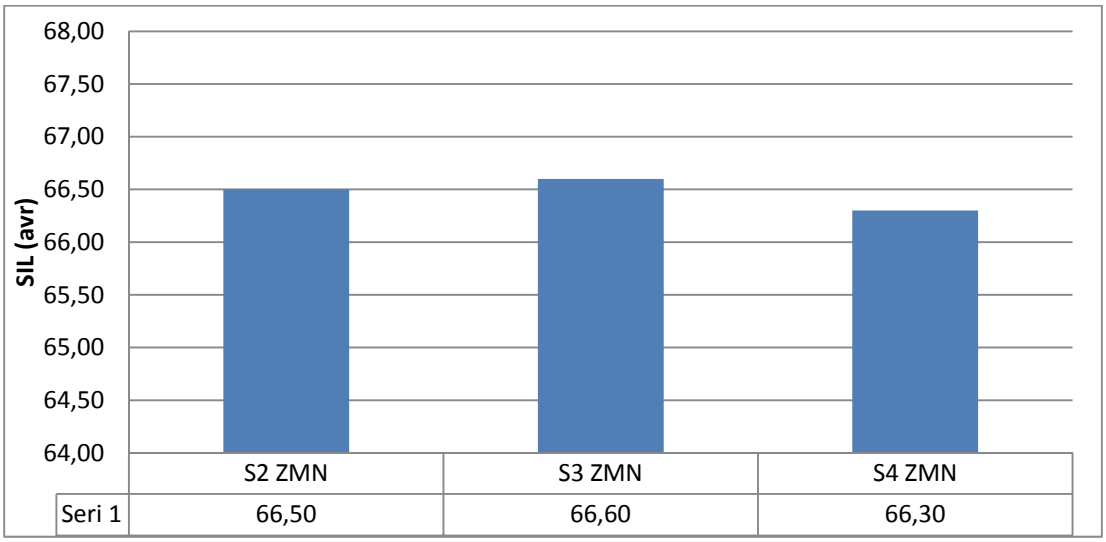
genelinden ve diğer salonlardan çok farklı sonuçlar elde etmesi, loca bölümlerinin her birinin salondan bağımsız kendi akustik koşullarına sahip olduğunu göstermektedir.

SIL parametresi için salon genel sonuçlarına bakıldığında elde edilen değerler birbirine oldukça yakın olduğu ve G parametresi ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Yapılan hesaplamalarda en yüksek SIL değerleri S2 salonunda elde edilmiştir. Bunu sırasıyla S3 ve S4 salonlarına ait değerler takip etmektedir. Bu duruma ait grafik Şekil.5.53'te gösterilmiştir.



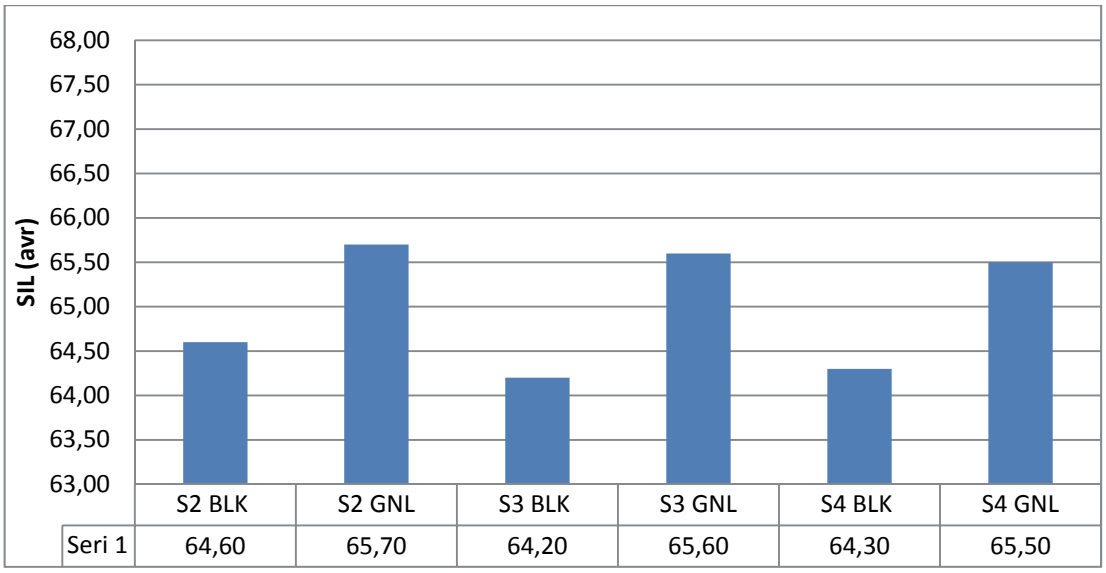
Şekil 5.53 : Salon geneli için SIL grafiği.

Salonların zemin katları için elde edilen SIL değerleri birbirine çok yakındır ve en yüksek değer S3 salonunda elde edilmiştir. Bunu sırasıyla S2 ve S4 salonlarına ait değerler takip etmektedir. Zemin katlarda elde edilen SIL değerleri Şekil.5.54'te yer almaktadır.



Şekil 5.54 : Zemin katlar için SIL grafiği.

Salon geneli ile balkonlar kıyaslandığında da tüm sonuçların G parametresi ile paralel olduğu, en yüksek sonuçların salon genelinde elde edildiği ve balkon bölümlerine ait değerlerin belirgin şekilde düşük olduğu görülmektedir. Balkonlar arasında elde edilen en yüksek değer, S2 salonunda elde edilmiştir. Şekil.5.55'te salon genelinde ve balkonlarda elde edilen SIL değerleri görülmektedir.



Şekil 5.55 : Salon geneli ve balkonlar için SIL grafiği.

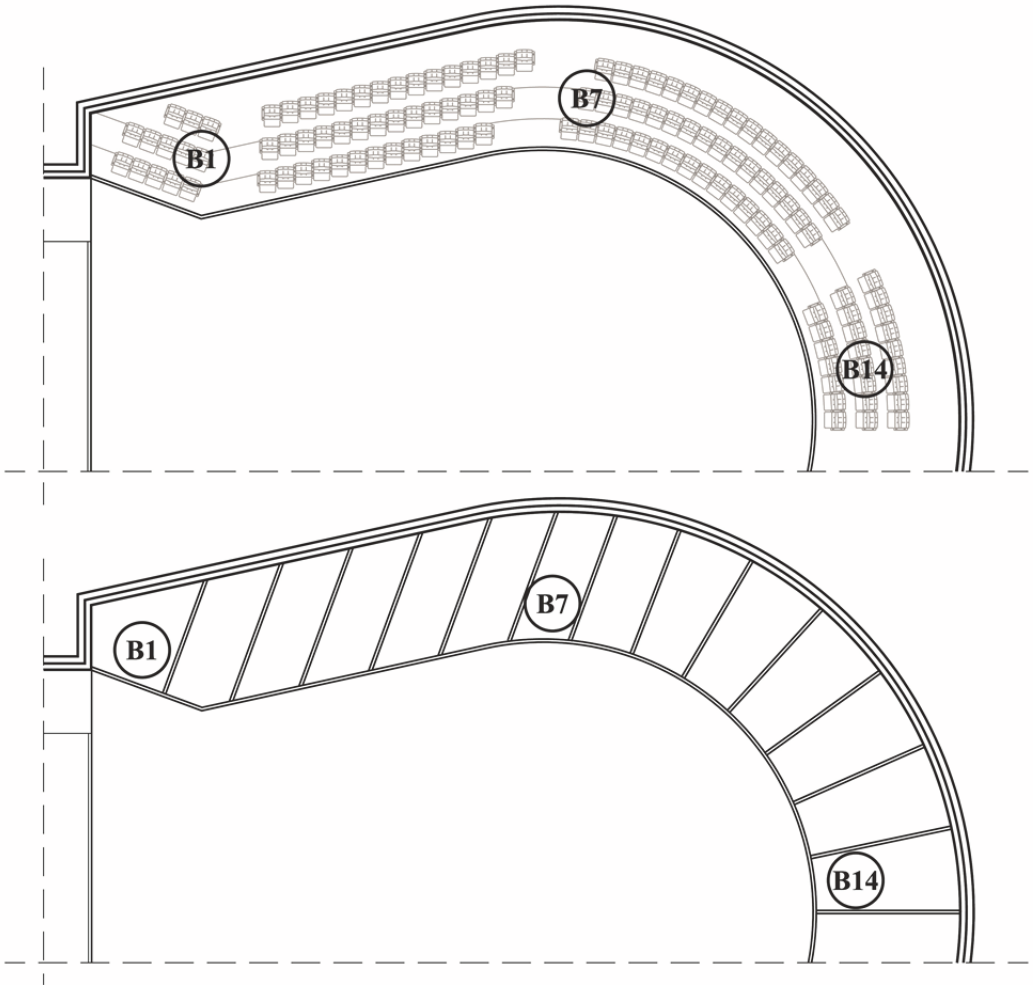
Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, G parametresi ile paralel olarak, 64 dB ve üzerinde elde edilen SIL değerlerinin, kabul edilen arka plan gürültü seviyesinin çok üzerinde olduğu görülmektedir. Böylece hiçbir salonda arka plan gürültüsünden kaynaklanan maskeleme söz konusu değildir. Ancak G parametresinde olduğu gibi bu parametrede de loca bölümlerinde ses düzeyinin her zaman daha düşük olduğu ve akustik olarak loca bölümlerinin dezavantaja sahip olduğu söylenebilir.

Konser işlevinde kullanılan at nalı plan tipine sahip salonlarda loca durumunun değerlendirilebilmesi için, S2, S3 ve S4 olarak adlandırılan salonlar üzerinde ODEON akustik simülasyon programı kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda, müzik, konuşma ve ses gücü ile ilgili hacim akustiği parametrelerine ilişkin elde edilen değerler, her salon için grafikler ve salon planları üzerinde gösterilmiştir ve değerlendirmeler bu sonuçlar üzerinden gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, bir salonda locanın ve yarım locanın, o bölümlerde oturan dinleyiciler üzerinde ve salon genelinde nasıl etkiler yarattığını göstermektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, localı salonun (S3 salonu) yarım localı (S4 salonu) ve locasız salona (S2 salonu) göre, daha fazla geç ses enerjisine sahip olduğu

görülmektedir. Bunun nedeni, dolaysız sesin loca bölümündeki dinleyici alanına ulaşamaması, geç yansımaların fazla sayıda olması ve loca bölümlerini oluşturan bölücü duvarlar arasında oluşan birçok geç yansımanın, yüksek geç ses enerji oranı oluşturmasıdır. Bu durum, daha az konuşma anlaşılabilirliği, daha düzensiz çınlama eğrisi ve maskelemeye sebep olmaktadır.

Locaların bölücü duvarlarla ayrılması tüm locaların farklı akustik karaktere sahip olmasını beraberinde getirmiştir. Sahneye yakın bir loca bölümü salon geneline göre, kabul edilebilir değerlerde konuşma anlaşılabilirliği ve ses düzeyine sahipken, salonun orta kısımlarında yer alan loca bölümleri salon geneline göre daha kötü akustik koşulara sahiptir.



Şekil 5.56 : Üstte S2, altta S3 salonunda seçilen alıcı noktaları konumları.

Ortalama sonuçlar üzerinden yapılan değerlendirmelerin yanı sıra seçilen belirli alıcı noktaları üzerinden de değerlendirmeler yapılmıştır. Çizelge.5.1'de S2 ve S3 salonlarında 1. katta sahneye en yakın, en uzak ve sahne ortası bölümlerinde yer alan

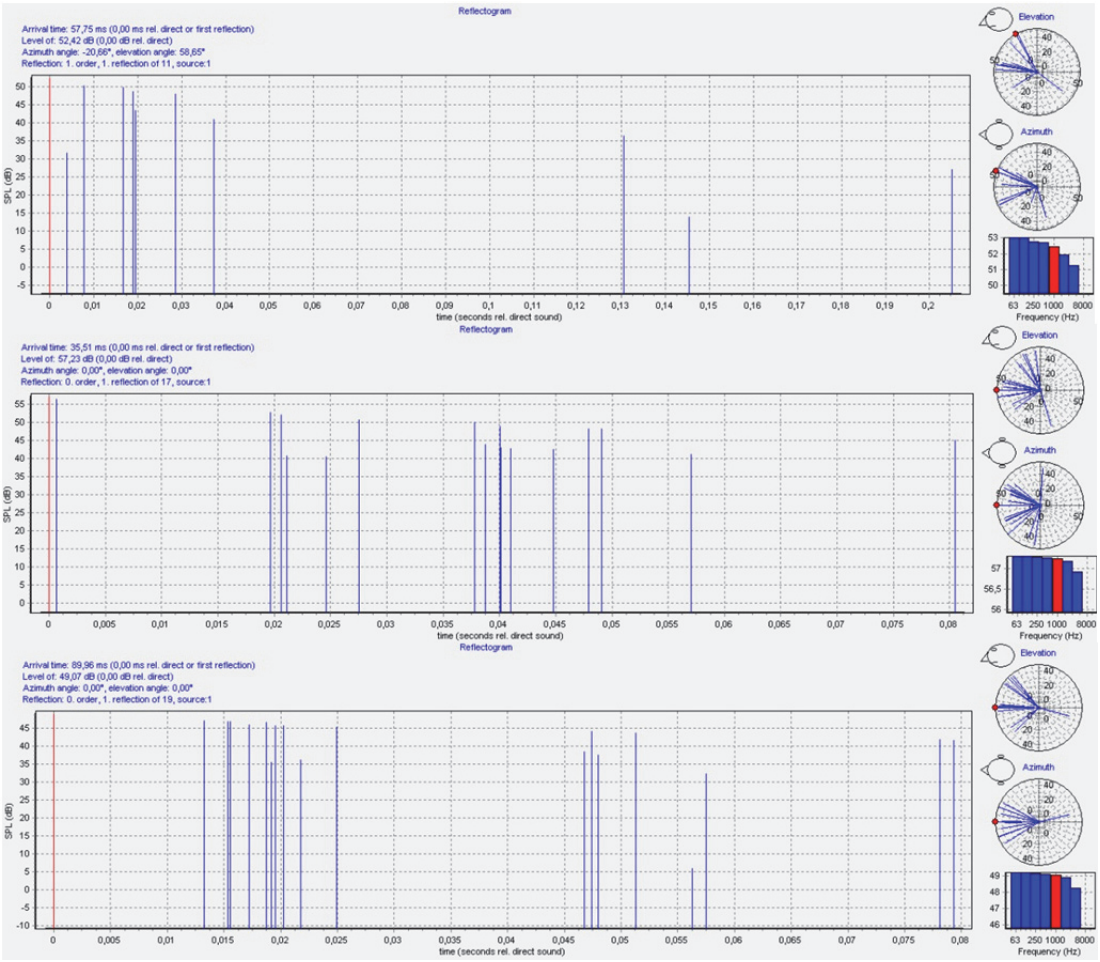
localarda bulunan alıcı noktaları için hesaplanan akustik parametrelerin sonuçları, Şekil.5.56'da da bu alıcı noktalarının konumları verilmiştir. Buna göre sahneye yakın bölümde bulunan B1 numaralı alıcı, diğer loca bölümlerine göre daha iyi akustik koşullara sahiptir. Bu alıcı noktasında, dolaysız ses enerjisi ve birçok erken yansıma etkili olmuş, ses enerjisinin erken bölümü görece olarak daha hızlı azalmış ve konuşma anlaşılabilirliği diğer alıcı noktalarına göre daha yüksek olmuştur. B14 numaralı alıcı da salonun arka bölümünde yer almasına rağmen dolaysız ses enerjisinden ve birçok erken yansımadan yararlanabilmiş ve localara göre iyi sonuçlar elde etmiştir. Salon ortasında yer alan B7 numaralı alıcı ise, dolaysız sesi alamamış ve bulunduğu bölgeye gelen geç yansımalar, loca içinde birçok kez yansıyarak geç ses enerjisi oluşturmuştur. Bu nedenle bu alıcı noktasında konuşma anlaşılabilirliği oldukça az olmuş, çınlama eğrisi düzgünlüğünü kaybetmiştir.

Çizelge.5.1'de görüldüğü gibi S3 salonundaki alıcılarla aynı konumda bulunan S2 salonundaki alıcılar, S3 salonunun localarında olduğu gibi çok farklı ve dengesiz sonuçlar vermemiş, elde edilen değerler salon genel karakterine uygunluk göstermiştir. S2 salonunda beklenildiği gibi salonun ön kısmından arka kısımlara doğru gidildikçe azalan EDT, T_s değerleri ile artan LF_{80}, C_{80}, D_{50} değerleri elde edilmiştir. S2 salonunda bölücü duvarlar bulunmadığı için at nalı plan tipindeki salonun odaklama etkisi orta kısımlarda daha etkili olmuş ve bu bölümün akustik kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir.

Çizelge 5.1 : Hesaplanan akustik parametrelerin karşılaştırılması (1000 Hz).

Salon Adı	**S2 SALONU**			**S3 SALONU**		
Alıcı No	**B1**	**B7**	**B14**	**B1**	**B7**	**B14**
EDT	2,02	1,98	1,62	1,63	1,91	1,74
T_{30}	1,90	1,84	1,89	1,91	1,82	1,90
$XI(T_{(30)})$	0,60	1,10	1,30	5,60	6,80	4,90
T_s	160	152	117	98	182	126
G	6,90	5,10	5,80	10,50	5,00	4,60
D_{50}	0,24	0,24	0,33	0,47	0,13	0,31
C_{80}	-2,20	-2,20	0,50	2,60	-5,60	0,20
LF_{80}	0,153	0,195	0,224	0,249	0,406	0,173
Echo	0,53	0,52	0,51	0,55	0,59	0,60
STI	0,46	0,45	0,50	0,55	0,39	0,48
SIL	65,70	63,90	64,60	69,20	63,70	63,30
AL_{cons}	15,30	15,76	12,37	9,60	21,41	13,77

Üç salonda da ilk balkon katında sahneye en yakın konumda bulunan B1 alıcı noktalarına gelen yansımalar Şekil.5.57'de gösterilmiştir. B1 alıcı noktasında elde edilen değerler incelendiğinde üç salonda da 80 ms içinde birçok yansıma alındığı görülmektedir. S3 salonunda locaları oluşturan bölücü duvarlar sahneye en yakın bölümdeki B1 alıcısı için ek yansımalar oluşturmuş, S2 ve S4 salonlarına göre daha fazla yansımış ses almıştır. Ayrıca bu bölümde elde edilen ITDG süresi de diğer salonlardan daha kısa olmuştur.

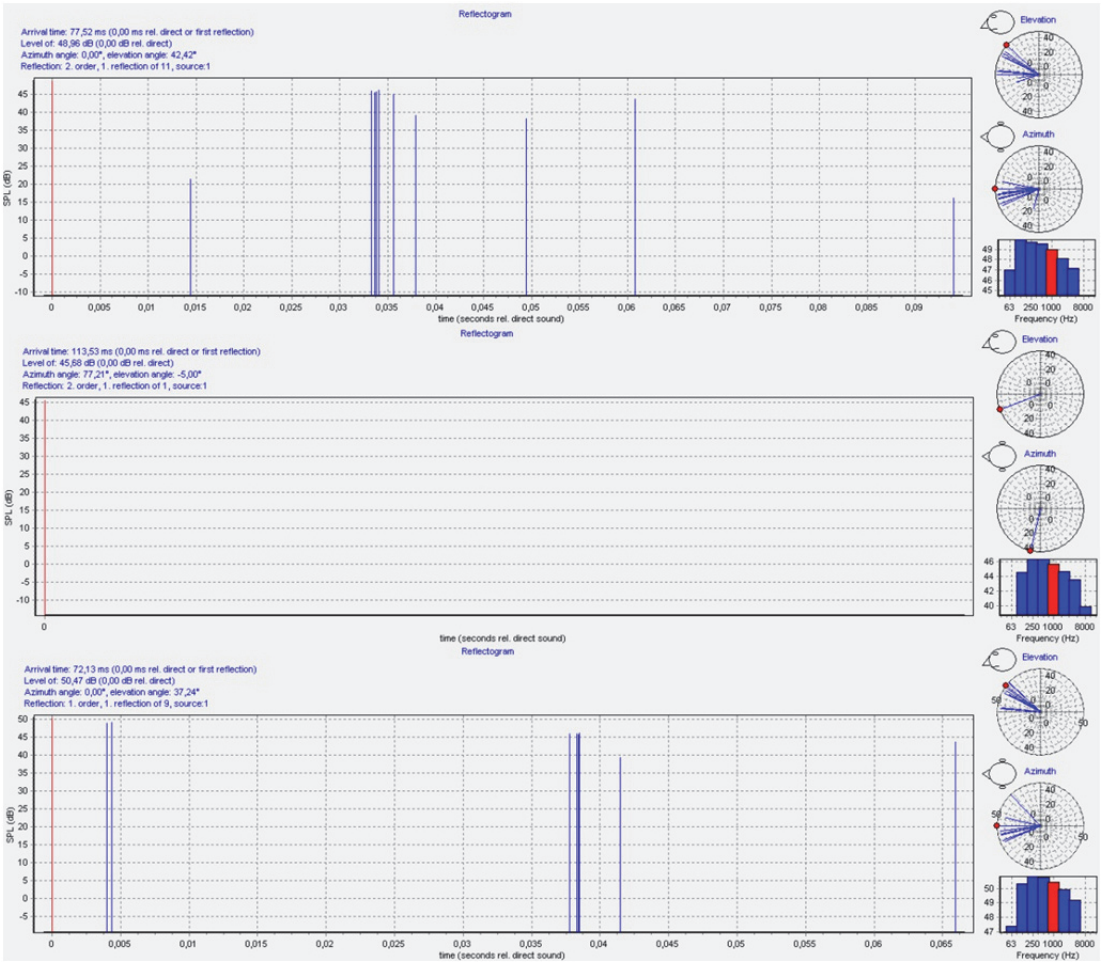


Şekil 5.57 : S2, S3 ve S4 salonlarında B1 alıcı noktalarına gelen yansımalar.

Salonlarda ilk balkon katının orta bölümünde bulunan B7 alıcı noktasına gelen yansımalar da Şekil.5.58'de gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde S2 ve S4 alıcılarına 80 ms içinde birçok yansımanın ulaştığı fakat localı S3 salonuna aynı süre içinde dolaysız sesin ulaşmadığı sadece bir yansımış sesin ulaştığı görülmektedir. Bu durum locaları oluşturan bölücü duvarların salonun orta bölümlerindeki localarda bulunan dinleyicilere dolaysız ve yansımış seslerin ulaşmasını engellediğini göstermiştir. S2 ve S4 salonlarında ise ses herhangi bir engel tarafından

engellenmediği için yararlı ses enerjisi orta bölümlerde bulunan dinleyicilere ulaşabilmiştir.

Üç salonun da ilk balkon katının arka bölümünde bulunan B14 alıcı noktalarına gelen yansımalar Şekil.5.59'da gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde localı S3 salonunun bölücü duvarlarının arka bölümlere doğru gidildikçe değişen açı nedeniyle orta bölümlere göre daha fazla yansımış ses aldığı görülmektedir. S2 ve S4 salonlarında ise diğer bölümlerde olduğu gibi bu bölümde de 80 ms içinde B14 alıcı noktasına birçok yansımış ses ulaşmıştır.

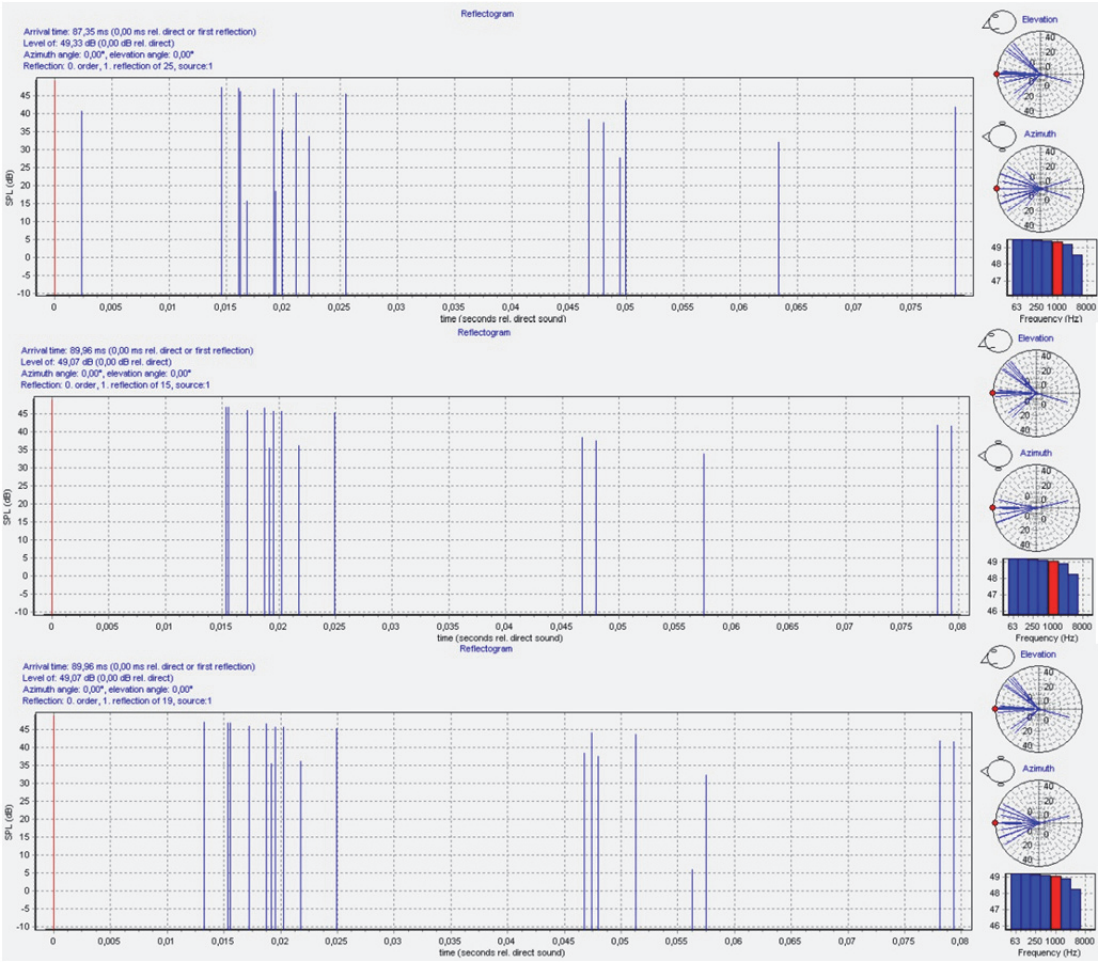


Şekil 5.58 : S2, S3 ve S4 salonlarında B7 alıcı noktalarına gelen yansımalar.

Çizelge 5.2 : Elde edilen yansıma sayıları ve ITDG sonuçları (1000 Hz).

Salon Adı	**S2 SALONU**			**S3 SALONU**			**S4 SALONU**		
Alıcı No	**B1**	**B7**	**B14**	**B1**	**B7**	**B14**	**B1**	**B7**	**B14**
ITDG (ms)	3,85	14,40	2,33	0,66	-	15,38	19,69	4,00	13,29
Gelen Işın	11	11	25	17	1	15	17	9	19

Alıcı noktalarında elde edilen yansıma sayıları ve ITDG süreleri Çizelge.5.2'de verilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde localı salonun her loca bölümünün farklı akustik koşullara sahip olduğu ve loca duvarlarının orta bölümlerde dolaysız sesi ve dinleyiciye salondan gelen yansımış sesleri engellediğini göstermiştir. Yarım locaya sahip S4 salonu ise S2 salonu ile benzer sonuçlar elde etmiştir. Bu durum yarım locaların salonların akustik kalitesini olumsuz yönde etkilemediğini göstermektedir. At nalı plan tipinin etkileri de elde edilen sonuçlarda görülmektedir. Salonların arka bölümlerine daha fazla yansımış ses ulaşması ve orta bölümlerde daha kötü sonuçlar elde edilmesi bu duruma örnek olarak verilebilir.

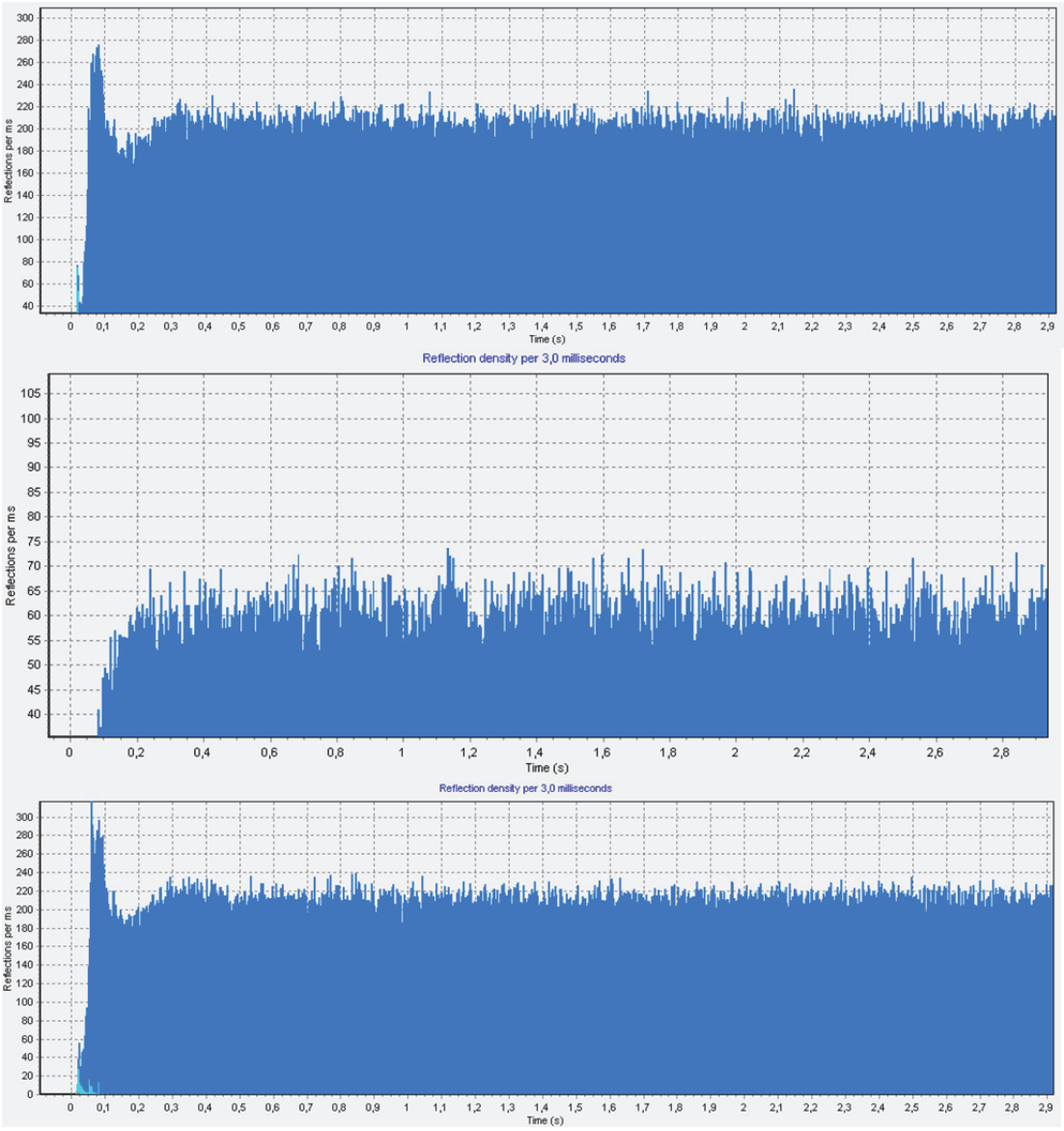


Şekil 5.59 : S2, S3 ve S4 salonlarında B14 alıcı noktalarına gelen yansımalar.

Çizelge 5.3 : B7 alıcı noktasında milisaniye başına yansıma sayıları.

Salon Adı	**S2 SALONU**			**S3 SALONU**			**S4 SALONU**		
Alıcı No	**B1**	**B7**	**B14**	**B1**	**B7**	**B14**	**B1**	**B7**	**B14**
Yansıma / ms	177,8	169,2	200,9	52,11	58,10	84,85	231,2	185,9	208,3

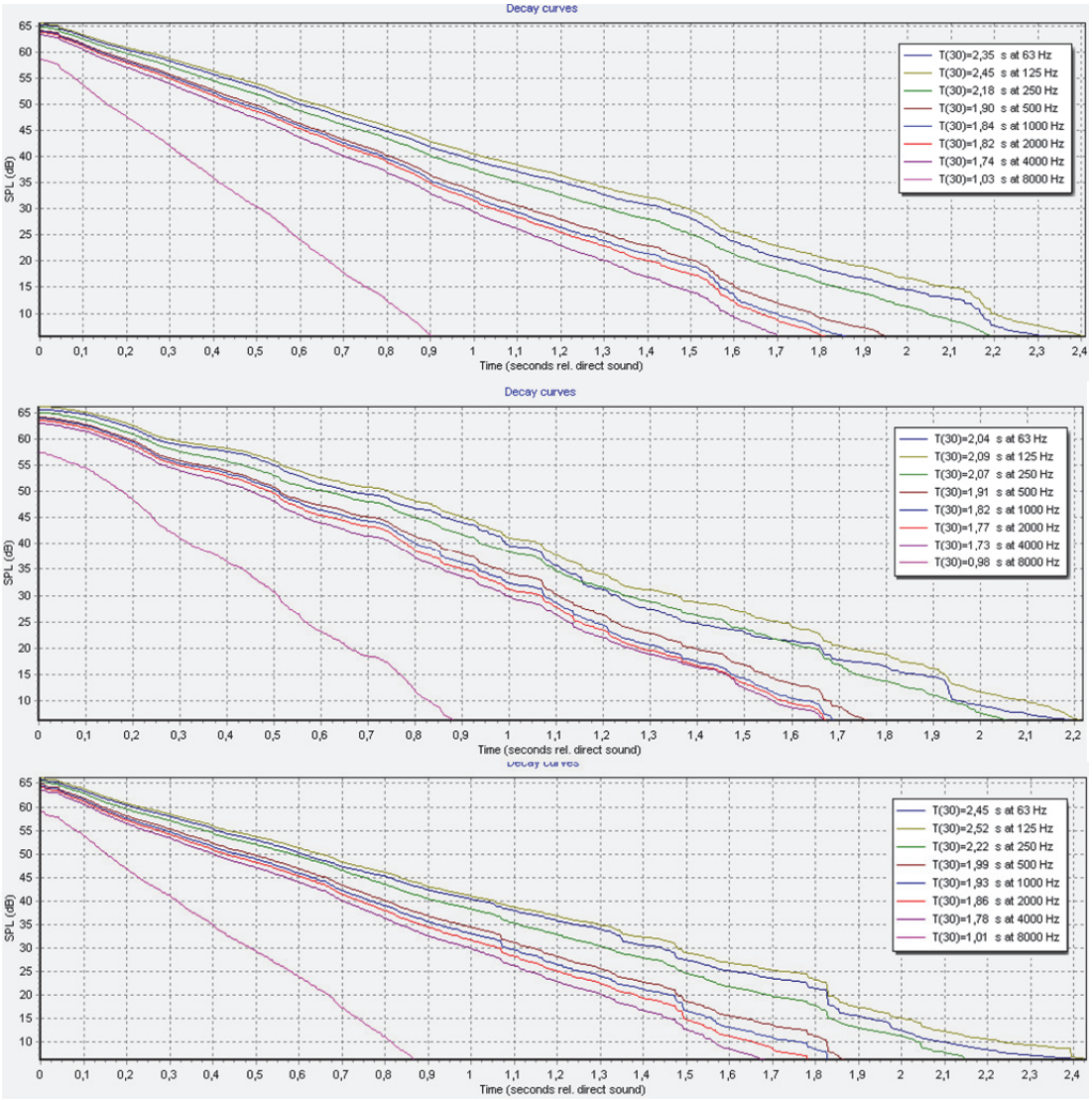
B7 alıcı noktasında elde edilen milisaniye başına düşen yansıma sayıları Şekil.5.59'da ve Çizelge.5.3'te verilmiştir. Localı S3 salonunda loca bölücü duvarları diğer yönlerden gelen ses ışınlarının B7 alıcısına gelmesini engelleyerek düşük yansıma sayısına neden olmuştur. S2 ve S4 salonlarında elde edilen yansıma sayıları ise S3 salonuna göre 3-4 kat fazla olmuştur.



Şekil 5.60 : B7 alıcı noktalarında elde edilen yansıma yoğunlukları.

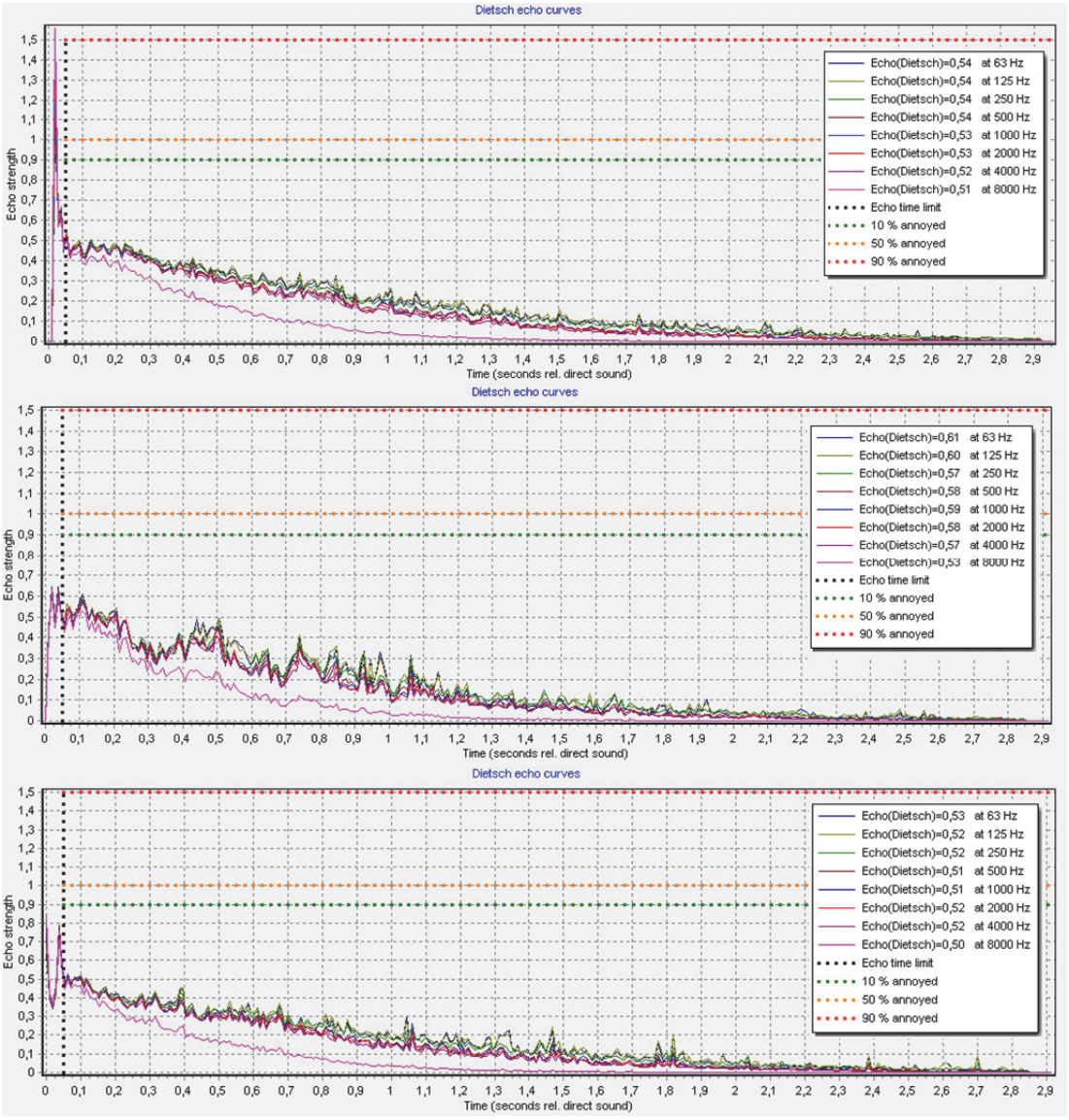
En kötü değerlerin elde edildiği ilk balkon katı B7 alıcı noktasında elde edilen çınlama düşüş eğrileri Şekil.5.61'de verilmiştir. Elde edilen değerler XI(T_{30}) parametresi ile paralellik göstermektedir. S2 salonundaki B7 alıcısının S3 salonundaki B7 alıcısına göre her frekansta daha düzgün azalan çınlama eğrisine

sahip olduğu görülmektedir. S4 salonunda bulunan B7 alıcısında ise S3 salonundan daha düzgün azalma eğrileri elde edilmiştir.



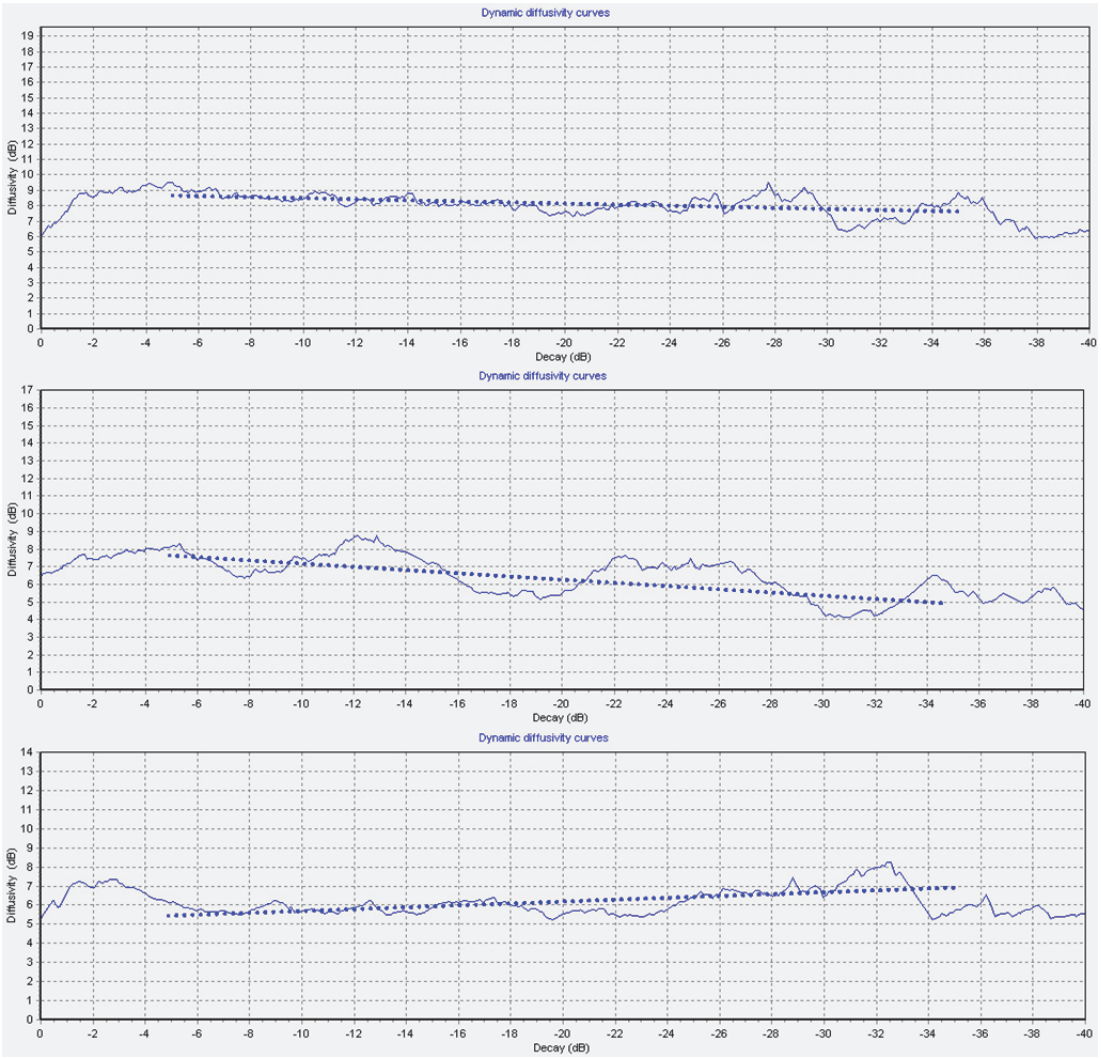
Şekil 5.61 : B7 alıcı noktalarında elde edilen çınlama düşüş eğrileri.

Üç salon için B7 alıcı noktasında elde edilen eko eğrileri karşılaştırılması Şekil.5.62'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde Echo parametresi ile paralel sonuçlar elde edildiği, hiçbir salonda rahatsız edici eko oluşmamasına rağmen localı S3 salonunda eğrisinin daha düzensiz olduğu ve daha yüksek değerler elde ederek eko oluşma ihtimalinin daha fazla olduğu görülmektedir. Yarım localı S4 salonunda B7 alıcı noktasında elde edilen değerler ise S2 ile benzerlik göstermiş ve localı S3 salonu kadar olumsuz değerler olmamıştır.



Şekil 5.62 : S2, S3 ve S4 salonlarında B7 alıcı noktalarında elde edilen eko eğrileri.

Ses dağılımı ve ses düzeyi azalmasını birlikte inceleyen dinamik azalma eğrisi (DDC) grafikleri Şekil.5.63'te verilmiştir. B7 alıcı noktasında elde edilen değerler incelendiğinde localı S3 salonunun DDC eğrisinin diğer salonlara göre daha bozuk olduğu görülmektedir.Buna göre ses düzeyinin azalması ile birlikte S3 salonundaki B7 alıcısında ses yayılımında diğer salonlara göre daha fazla değişim gerçekleşmiş ve B7 alıcı noktasındaki akustik kaliteyi olumsuz yönde etkilemiştir. S2 salonuna ait değerler ise uygun değerlere oldukça yakın olmuş, S4 salonu da S2 salonuna benzer değerler elde etmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkılarak incelenen alıcı noktalarında da salon geneli ile paralel sonuçlar elde edildiği söylenebilmektedir.



Şekil 5.63 : S2, S3 ve S4 salonlarında B7 alıcı noktalarında elde edilen DDC eğrileri.

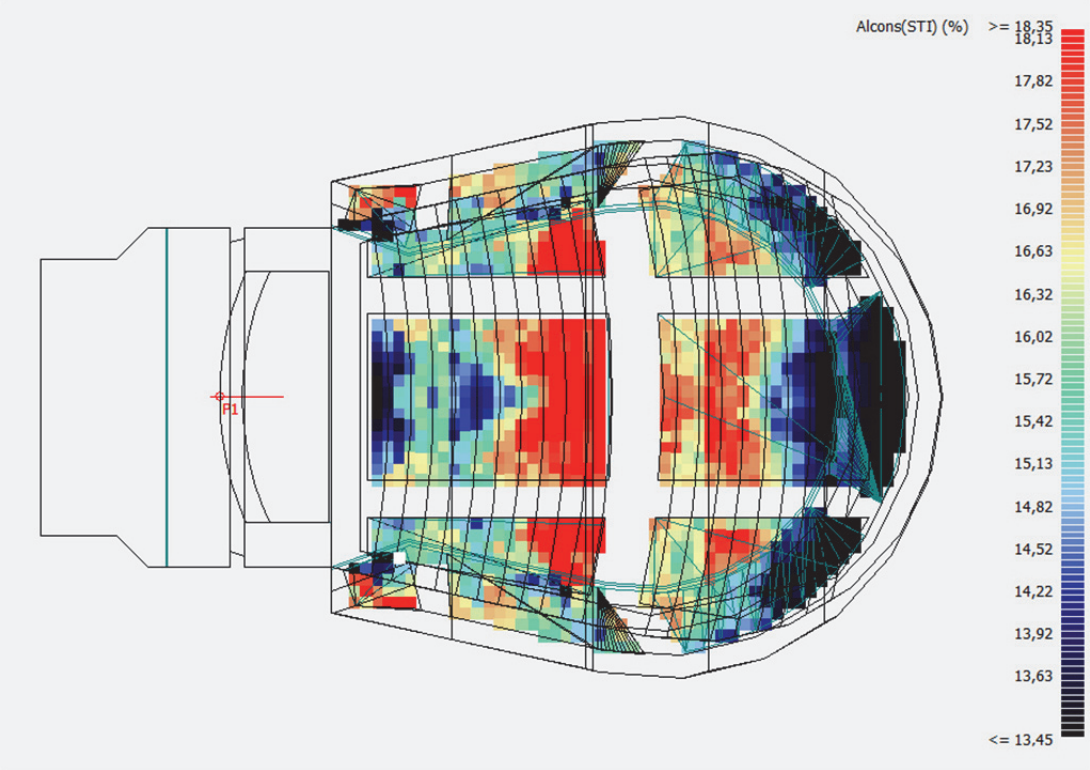
S2, S3 ve S4 salonlarında tüm parametreler için hesaplama yapılan alıcı noktalarında elde edilen minimum, maksimum ve ortalama değerler Çizelge.5.4'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde tüm dengesiz değerlerin S3 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni de loca bölümlerinin neden olduğu aşırı akustik koşullardır.

Salon genel sonuçlarına tekrar bakıldığında yarım locaya sahip S4 salonu için hesaplanan hacim akustiği parametre değerlerinin, locasız S2 salonuyla benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bu durum yarım locaların salonun akustik kalitesini üzerinde çok az etkisinin olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni, yarım locaları oluşturan bölücü duvarların yüksekliğinden dolayı (90 cm), dolaysız sesi ve erken yansımaları engellememesidir. Böylece yarım localar fiziki olarak loca bölümlerini ayırsa da akustik olarak ayırmamaktadır.

Çizelge 5.4 : Elde edilen minimum ve maksimum değerler (1000 Hz).

		T_{30}	XI(T_{30})	EDT	T_s	C80	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G	SIL
S2	**min**	1,84	0,00	1,58	117,00	-2,70	0,152	0,48	0,20	0,40	11,48	4,90	63,80
	maks	2,00	2,90	2,04	160,00	0,70	0,360	0,66	0,40	0,51	20,52	9,30	68,20
	ort	1,91	0,60	1,86	136,00	-0,90	0,224	0,53	0,29	0,45	15,47	6,90	65,70
S3	**min**	1,66	0,10	1,45	98,00	-5,70	0,146	0,46	0,08	0,39	9,60	3,40	62,10
	maks	2,40	28,10	2,39	193,00	2,60	0,451	0,68	0,47	0,55	21,41	10,50	69,20
	ort	1,92	3,60	1,94	145,00	-1,50	0,275	0,55	0,25	0,44	16,34	6,80	65,60
S4	**min**	1,85	0,00	1,57	111,00	-2,50	0,145	0,48	0,20	0,40	11,44	4,10	62,90
	maks	2,04	6,30	2,04	154,00	1,50	0,371	0,65	0,40	0,51	20,14	9,30	68,20
	ort	1,91	0,90	1,86	135,00	-0,90	0,227	0,53	0,29	0,45	15,59	6,70	65,50

Salonların at nalı plan tipinde olması da birçok dezavantaja neden olmuştur. Yapılan hacim akustiği parametre hesaplarında salon ortasında yer alan bölümlerin daha geç yansımış ses enerjisine sahip olduğu görülmektedir. Şekil.5.64'te de görüldüğü gibi, bunun nedeni at nalı salon şeklinin arka bölümünün sahip olduğu dairesel form ve bu form sebebiyle oluşan odaklanmadır. Odaklanma etkisi sesin salon ortasında yoğunlaşmasına neden olmuş, bu da salonun orta bölümlerinde konuşma anlaşılabilirliğini azaltmış ve seslerin maskelenmesi riskini arttırmıştır.



Şekil 5.64 : S2 salonu için AL_{cons} parametresi grid hesabı.

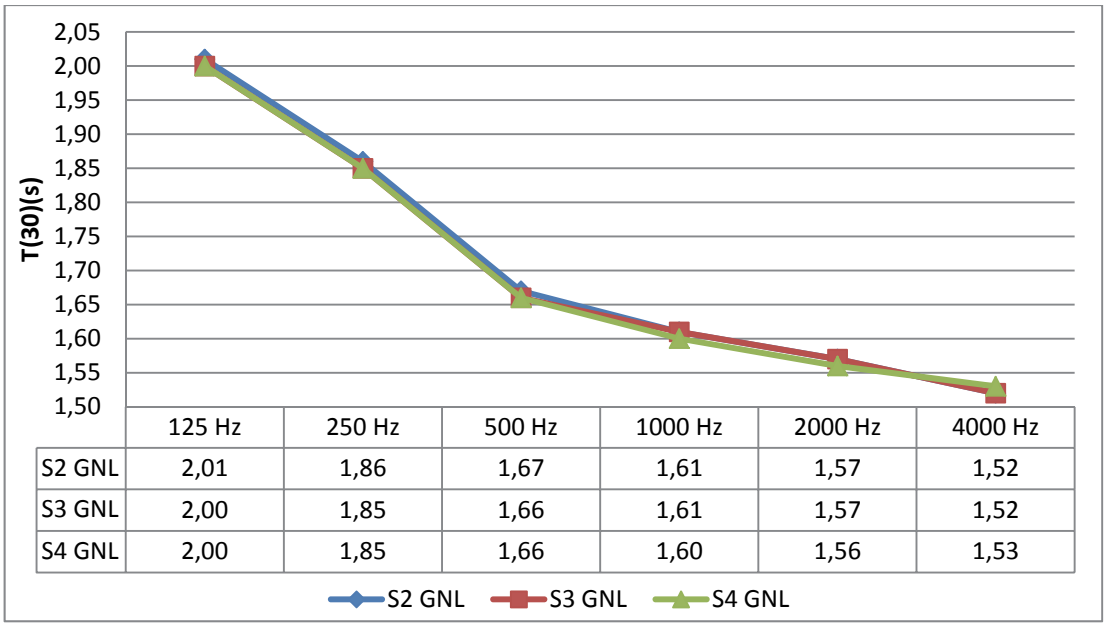
Sonuç olarak elde edilen veriler üzerinden yapılan değerlendirmelere göre locaların salonlardaki akustik kaliteyi olumsuz yönde etkiledikleri, bulundukları konuma ve açıya göre çok farklı akustik koşullar yarattıkları görülmektedir. Yarım localar ise salonlarda fiziki olarak loca bölgesini ayırmasına karşın akustik kaliteyi olumsuz yönde etkilememiş, locasız bir salon ile akustik açıdan büyük benzerlikler göstermiştir. Bu verilerden yola çıkılarak, tasarlanacak yeni bir salonda mümkünse loca bölümlerinin tercih edilmemesi, eğer mimari kaygılar nedeni ile tercih edilecekse de yarım locanın tasarımda yer alması tavsiye edilmektedir.

5.2 Opera İşlevindeki Salonlarda Loca Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi

Konser işlevinde incelenen durumlar üzerinden yapılan değerlendirmelerden sonra aynı salonlar (S2, S3 ve S4) opera işlevine uygun hale getirilmiş ve tekrar hesaplamalar yapılarak elde edilen sonuçlar üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Salonları konser işlevinden opera işlevine geçirmek için, sahne üzerinde bulunan orkestra kabuğu kaldırılarak sahne kulesi aktif hale getirilmiş ve dekorlar için yer açılmıştır. Sahnede üzerinde kapalı halde bulunan orkestra çukuru da açılarak salon opera işlevine uygun hale gelmiştir. Opera işlevindeyken açılan sahne kulesi yüzeyleri için seçilen malzemeler yüksek ses yutuculuğuna sahiptir. Bunun nedeni, bu bölümde geç seslerin oluşmasının istenmemesidir. Buna benzer olarak, orkestra çukuru iç yüzeyleri, sesin müzisyenlere zarar verecek düzeyde olmaması için, salon geneline göre daha az yansıtıcı özellikte tanımlanmıştır.

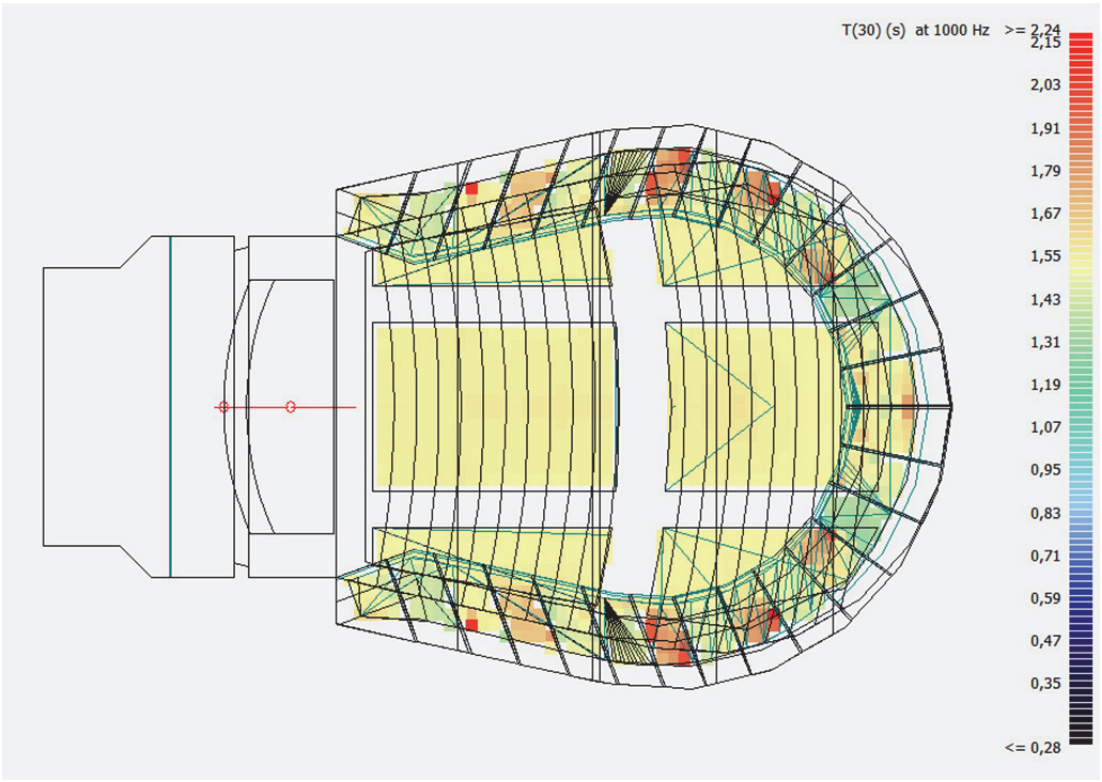
Konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de her parametre zemin kat, balkon katları ve salon geneli üzerinden değerlendirilerek detaylı sonuçlar elde edilmiştir. Karşılaştırma yapılabilmesi için konser işlevinde incelenen aynı parametreler incelenmiş ve değerlendirme yapılırken aynı salon kısaltmaları olan, salon genel sonuçları için “GNL”, zemin kat ortalama sonuçları için “ZMN”, balkon ortalama sonuçları için de “BLK” kısaltmaları kullanılmıştır.

Opera işlevindeki salonlara ait çınlama sürelerinin, konser işlevi kullanımına göre, 0,3 saniye daha kısa, yani 1,6 saniye dolaylarında olduğu görülmektedir. Salonlar konser işlevinde iken eşit olan T_{30} değerleri opera işlevinde de birbirine oldukça yakın değerlerdedir. Şekil.5.65’te görüldüğü gibi, S2, S3 ve S4 salonları için elde edilen T_{30} değerleri tüm frekanslarda neredeyse aynı sonucu vermiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	2,01	1,86	1,67	1,61	1,57	1,52
S3 GNL	2,00	1,85	1,66	1,61	1,57	1,52
S4 GNL	2,00	1,85	1,66	1,60	1,56	1,53

Şekil 5.65 : Salon geneli için T_{30} grafiği.

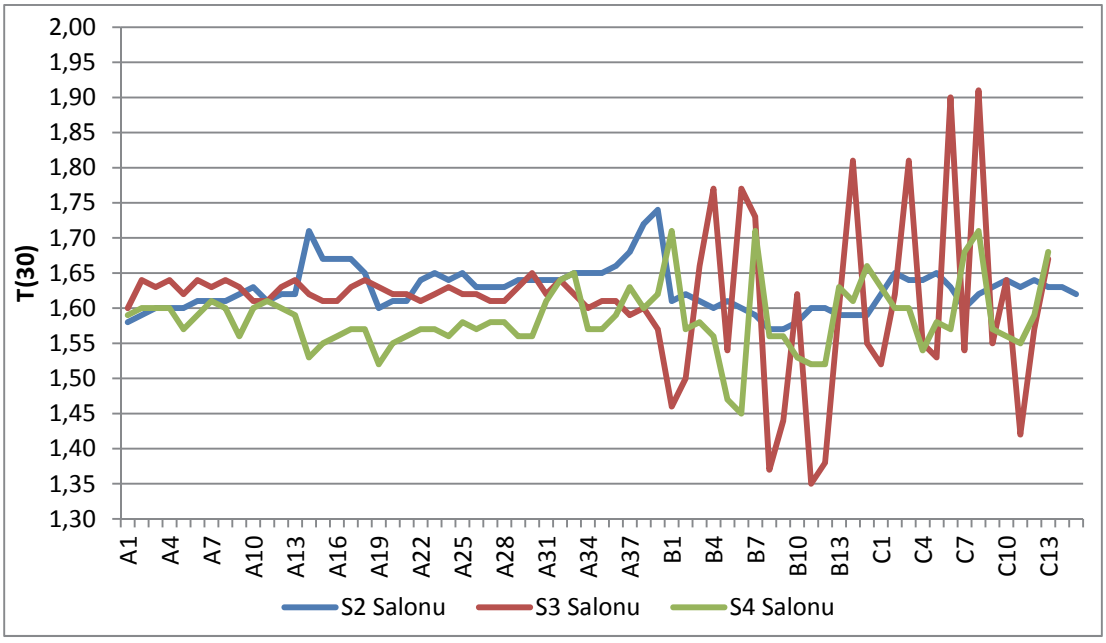


Şekil 5.66 : S3 salonu için T_{30} parametresi grid hesabı.

Salonlarda elde edilen T_{30} değerleri, zemin kat ve balkonlar olmak üzere bölümsel olarak da incelenmiştir. Salonların zemin katlarına ait değerler salon genel sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Balkonlarda elde edilen T_{30} süreleri, konser işlevi için yapılan hesaplar ile paralel olarak, S3 salonunda daha uzundur. Bu durumun, salonun

orta kısımlarında bulunan localardan kaynaklandığı görülmektedir. Yapılan grid hesabına ait sonuçlar Şekil.5.66'da verilmiştir.

Özellikle S3 salonunun orta kısımlarında bulunan locaların iç kısımlarına dolaysız sesin ulaşamaması, yansımış seslerin çok geç ulaşması ve locayı oluşturan bölücü duvarlar arasında birçok kez yansıması, geç ses enerjisi oluşturarak bu bölgelerdeki çınlama süresini uzatmıştır. S2 ve S4 salonlarının balkon bölümlerinde ise, konser işlevinde olduğu gibi salon karakteriyle uyumlu T_{30} süreleri elde edilmiştir. Şekil.5.67'de yer alan grafikte, üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler gösterilmiştir. Grafikte, salonlar zemin katlarda birbirleriyle paralel değerler elde ederken balkon bölümlerinde S3 salonunun diğer salonlara göre dengesiz değerler elde ettiği görülmektedir. Bu durum loca bölümlerinin salon genelinden, diğer salonlardan ve birbirlerinden farklı, aşırı uçlarda ve kötü değerler elde ettiğini göstermektedir.

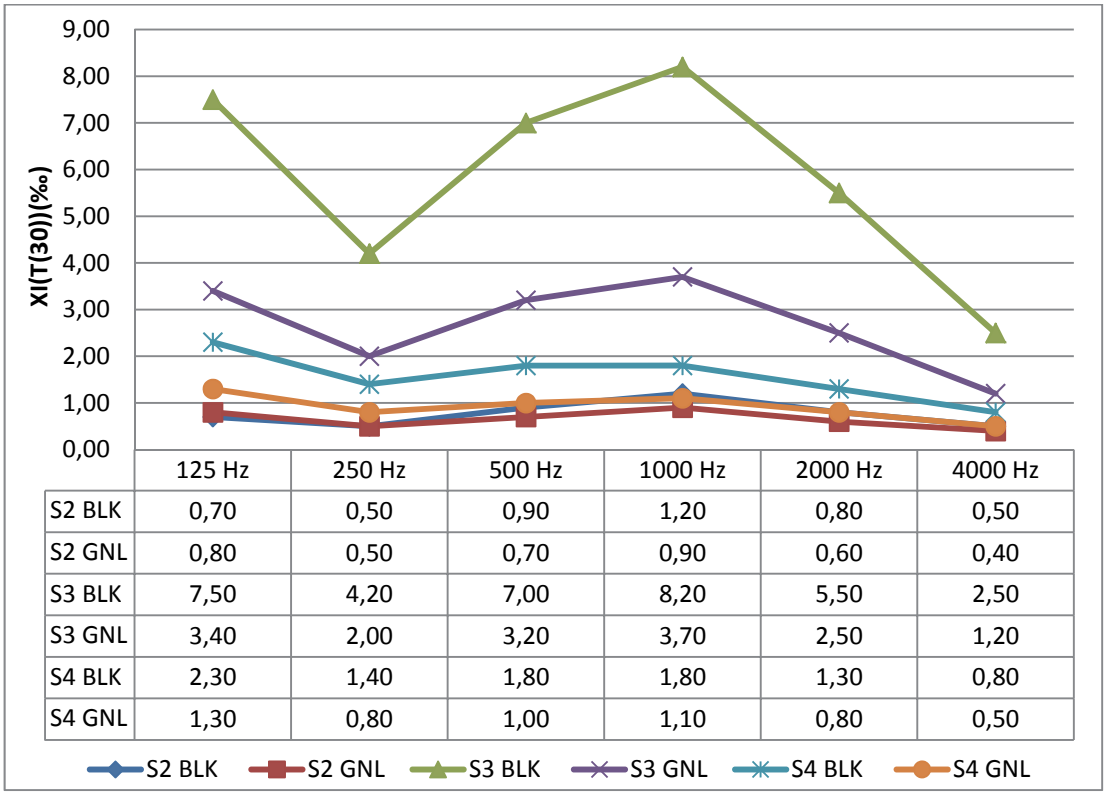


Şekil 5.67 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen T_{30} değerleri (1000Hz).

Sonuç olarak tüm salonlarda opera işlevinde sahne kulesine ait yüzeylerde bulunan ses yutucu özellikteki malzemeler T_{30} süresini düşürerek opera için kabul edilebilir değerlere getirmiştir. S3 salonunun loca bölümlerinde elde edilen yüksek değerler, locaların geç ses enerjisini arttırdığını, yarım localı salonun (S4 salonu) balkon bölümlerinin salon genel karakteri ile uyumlu sonuçlar alması da yarım locaların geç ses enerjisi oluşturmadığını göstermektedir.

Çınlama grafiğinin düzgünlüğüne ($XI(T_{30})$) bakıldığında ise konser işlevindeki sonuçlarla paralel sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Fakat üç salonda da opera işlevinde elde edilen değerler konser işlevine göre daha yüksektir. Tüm salonlarda balkonlar çınlama eğrisinin düzgünlüğü bozmuştur.

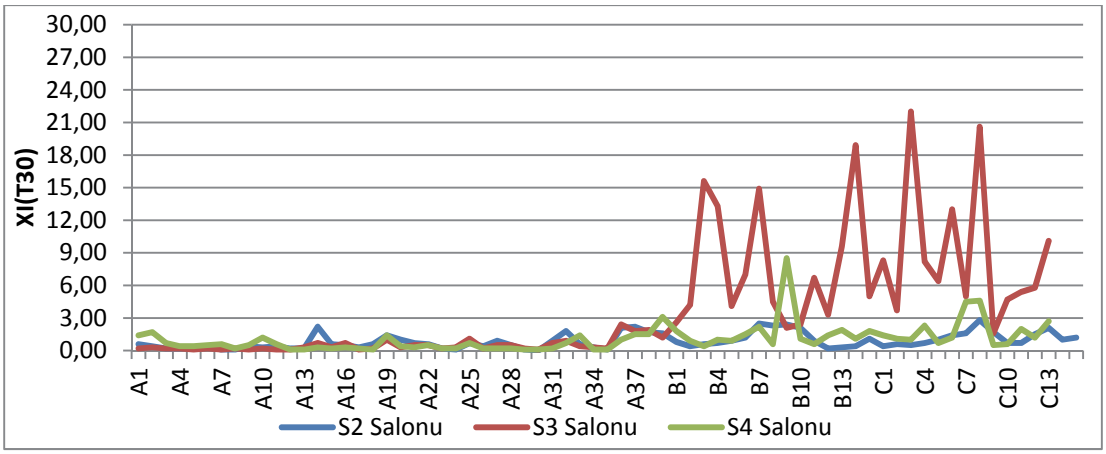
Şekil.5.68'deki grafikte görüldüğü gibi, en yüksek $XI(T_{30})$ değerleri S3 salonunun localarında, en düşük değerler de S2 salonunda elde edilmiştir. Konser işlevi hesaplarında olduğu gibi, locaları oluşturan bölücü duvarların yüzey alanının artması ile çınlama eğrisinin düzgünlüğünün bozulduğu opera işlevi hesaplarında da görülmektedir. Konser işlevine göre opera işlevinde daha kötü sonuçların elde edilmesinin nedeni sahne kulesi ve orkestra çukurunun konser durumuna göre erken yansımaları engellemesi ve geç yansımalara neden olmasıdır.



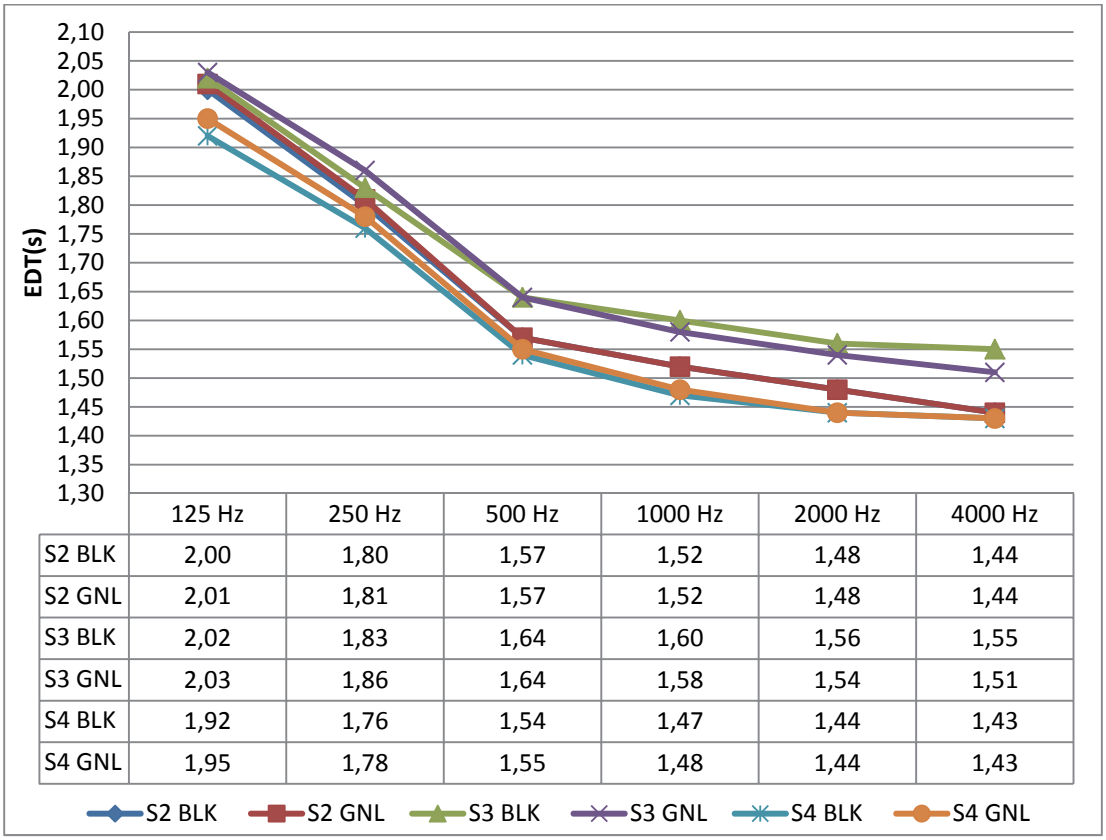
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	0,70	0,50	0,90	1,20	0,80	0,50
S2 GNL	0,80	0,50	0,70	0,90	0,60	0,40
S3 BLK	7,50	4,20	7,00	8,20	5,50	2,50
S3 GNL	3,40	2,00	3,20	3,70	2,50	1,20
S4 BLK	2,30	1,40	1,80	1,80	1,30	0,80
S4 GNL	1,30	0,80	1,00	1,10	0,80	0,50

Şekil 5.68 : Salon geneli ve balkonlar için $XI(T_{30})$ grafiği.

Şekil.5.69'da gösterilen $XI(T_{30})$ parametresi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler de localı salonda elde edilen kötü sonuçları açıklamaktadır. Buna göre üç salonun da zemin katlarında benzer değerler elde edilirken loca bölümlerinde yüksek değerler elde edilmesi bu bölümlerin akustik koşullarının salon genelinden bağımsız olduğunu ve salon ortalamasını olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir.



Şekil 5.69 : Üç salonda alıcı noktalarında elde edilen XI(T_{30}) değerleri (1000Hz).

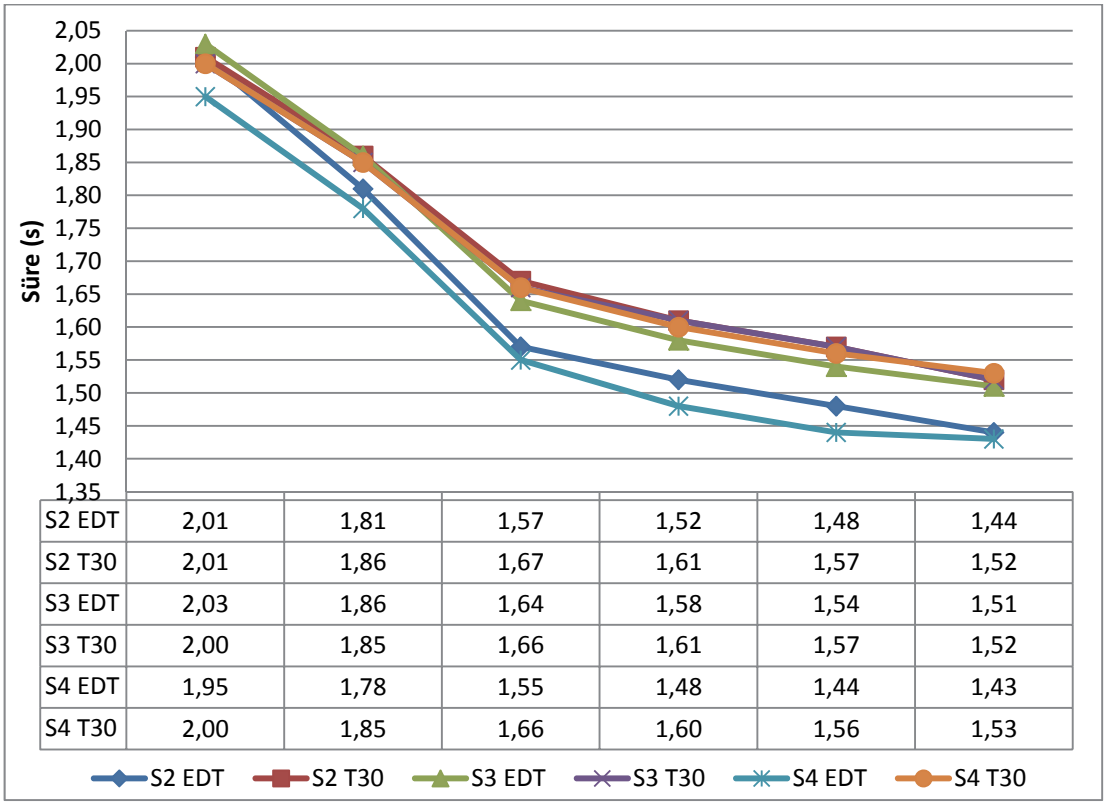


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	2,00	1,80	1,57	1,52	1,48	1,44
S2 GNL	2,01	1,81	1,57	1,52	1,48	1,44
S3 BLK	2,02	1,83	1,64	1,60	1,56	1,55
S3 GNL	2,03	1,86	1,64	1,58	1,54	1,51
S4 BLK	1,92	1,76	1,54	1,47	1,44	1,43
S4 GNL	1,95	1,78	1,55	1,48	1,44	1,43

Şekil 5.70 : Salon geneli ve balkonlar için EDT grafiği.

Balkon bölümlerinde EDT değerinin daha düşük olmasının nedeni, zemin katlarda balkon parapetlerinden gelen ek yansımalar nedeniyle gerçekleşen yansımalardır. Buna rağmen balkonlar arasındaki en yüksek sonuçlar S3 salonunda elde edilmiştir. Bölücü duvarlar arasında gerçekleşen birçok yansıma, loca bölümlerinde elde edilen EDT değerlerinin diğer salonların balkon bölümlerine göre daha yüksek olmasına neden olmuştur.

Opera işlevinde elde edilen EDT süreleri, üç salonda da, salonlara ait çınlama sürelerinden kısa olmuştur. S3 salonuna ait EDT süresi, salon konser işlevindeyken, T_{30}'dan uzunken, opera işlevinde daha kısadır. Bu nedenle üç salon için de, opera işlevindeki salonlarda sesin erken bölümünün daha hızlı sönümlendiği ve bu nedenle maskelemenin engellediği, böylelikle netlik ve konuşma anlaşılabilirliğinin arttığı söylenebilir.



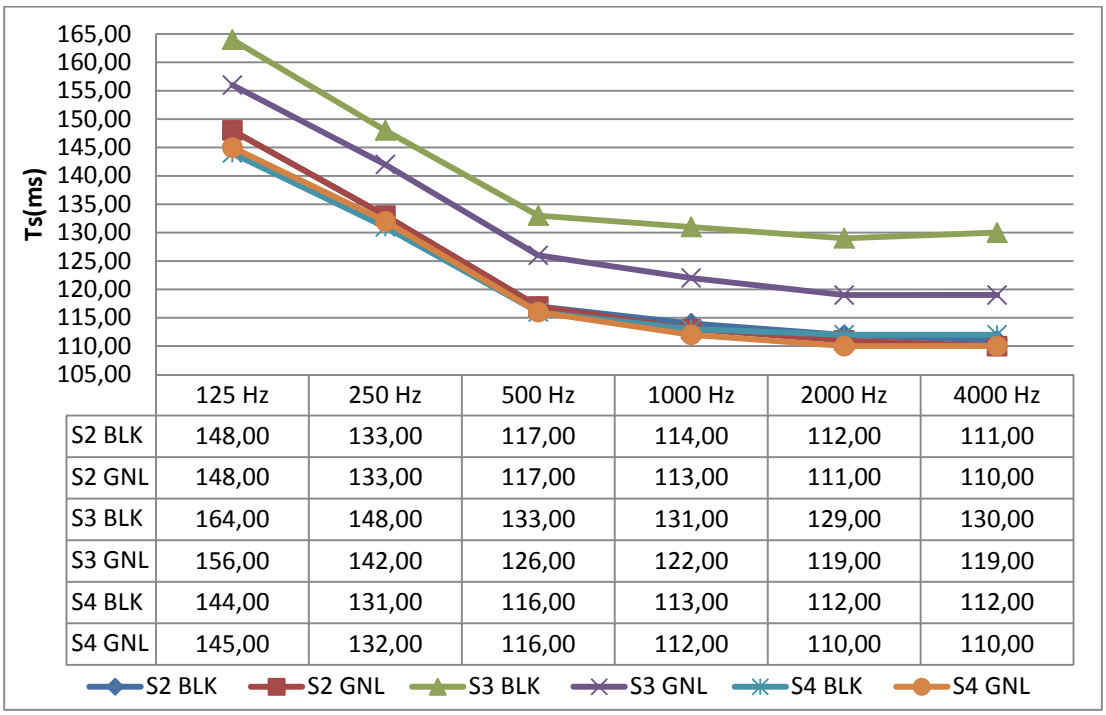
S2 EDT	2,01	1,81	1,57	1,52	1,48	1,44
S2 T30	2,01	1,86	1,67	1,61	1,57	1,52
S3 EDT	2,03	1,86	1,64	1,58	1,54	1,51
S3 T30	2,00	1,85	1,66	1,61	1,57	1,52
S4 EDT	1,95	1,78	1,55	1,48	1,44	1,43
S4 T30	2,00	1,85	1,66	1,60	1,56	1,53

Şekil 5.71 : Salon geneli için EDT ile T_{30} sonuçları karşılaştırılması.

Opera işlevi için hesaplanan T_s ve C_{80} parametreleri de konser işlevi ile için yapılan hesaplamalar ile paralel sonuçlar vermişlerdir. Bu parametre sonuçları üzerinden yapılan değerlendirmeye göre, diğer değerlendirme sonuçlarına benzer olarak salonlar arasında geç ses enerjisinin en çok bulunduğu bölge S3 salonuna ait localar olmuştur. İki parametre için de en düşük sonuçlar S2 ve S4 salonlarında elde edilmiştir. Bu durum da, bu salonlarda S3 salonuna göre daha fazla oranda erken ses enerjisinin olduğunu göstermektedir. Bu duruma ait grafik Şekil.5.72'de gösterilmiştir.

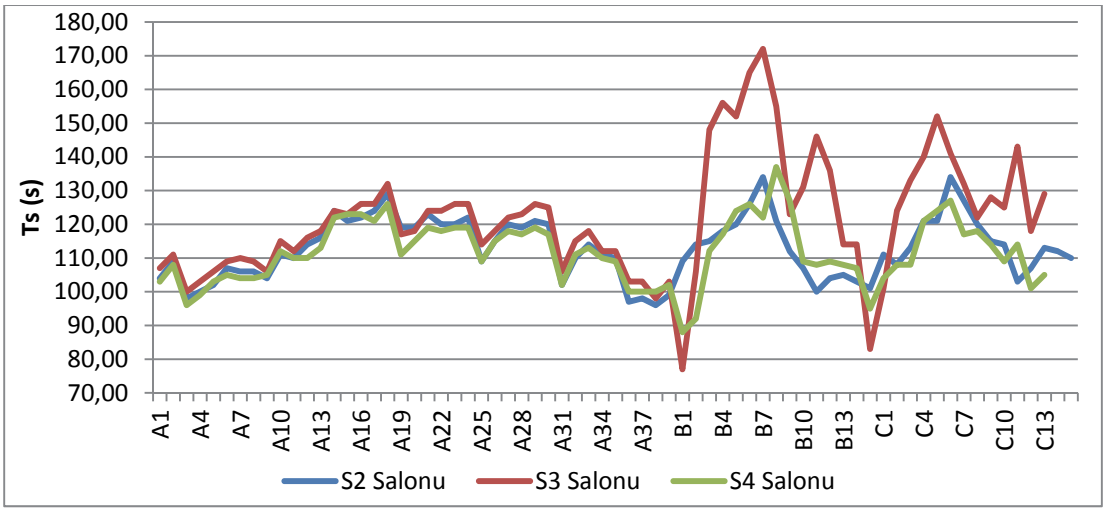
S2, S3 ve S4 salonları için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler Şekil.5.73'te gösterilmiştir. Burada yer alan grafikte de salon ortalama sonuçlarında olduğu gibi zemin katlarda tüm salonlarda benzer değerler elde edilirken balkon bölümlerine

gelindiğinde locaların elde ettiği yüksek ve birbirinden bağımsız değerler görülmektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	148,00	133,00	117,00	114,00	112,00	111,00
S2 GNL	148,00	133,00	117,00	113,00	111,00	110,00
S3 BLK	164,00	148,00	133,00	131,00	129,00	130,00
S3 GNL	156,00	142,00	126,00	122,00	119,00	119,00
S4 BLK	144,00	131,00	116,00	113,00	112,00	112,00
S4 GNL	145,00	132,00	116,00	112,00	110,00	110,00

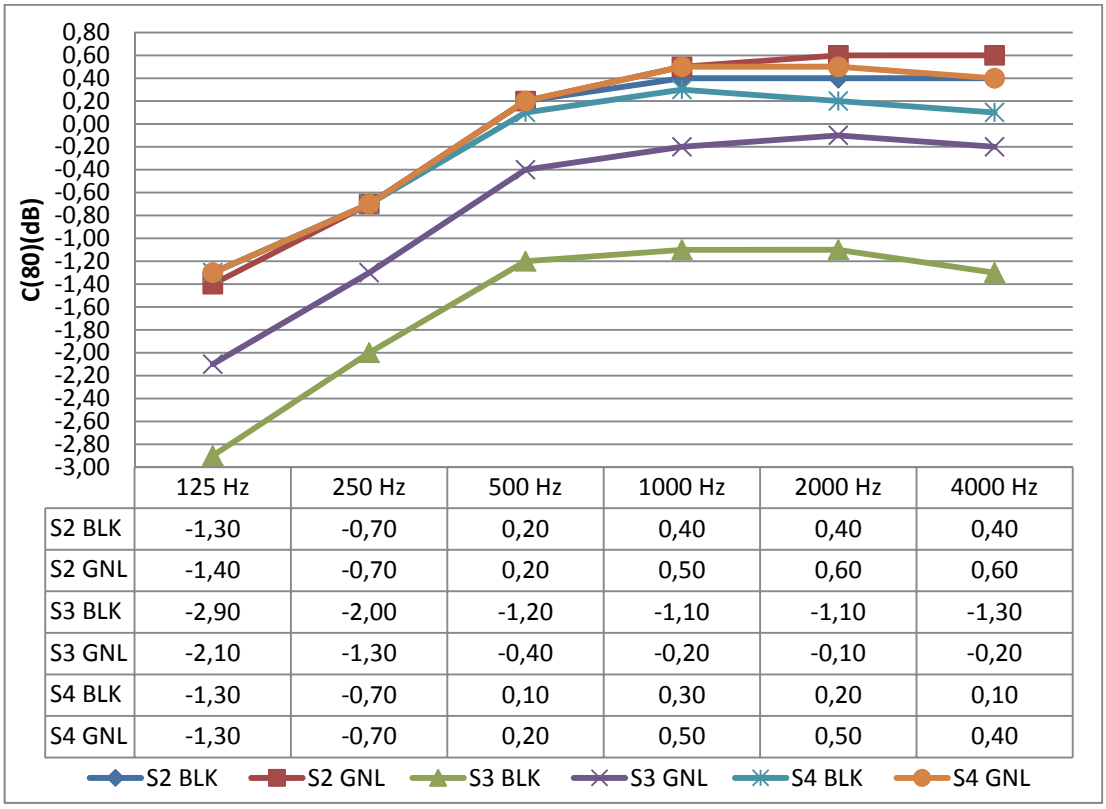
Şekil 5.72 : Salon geneli ve balkonlar için T_s grafiği.



Şekil 5.73 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen T_s değerleri (1000Hz).

S3 salonunun localı bölümlerinde daha yüksek oranda geç ses enerjisi bulunmasının sebebi konser işlevinde de olduğu gibi dolaysız ve erken ses enerjisinin birçok locaya ulaşamaması ve geç yansımış seslerin loca duvarlarına ait yüzeylerde yansıyarak bu bölgedeki geç ses enerjisini daha da fazla arttırmasıdır. S2 ve S4 salonları için T_s ve C_{80} parametreleri değerlerine bakıldığında, balkonlar salon geneline yakın sonuçlar elde ederek salon karakterini etkilememişlerdir. Sonuçlar değerlendirildiğinde hem

T_s hem de C_{80} parametresi için, S3 salonunun loca bölümlerinin hem loca içlerinde hem de salon genelinde oluşturdukları geç ses enerjisiyle diğer salonlara göre salon karakterini çok daha fazla etkiledikleri görülmektedir.

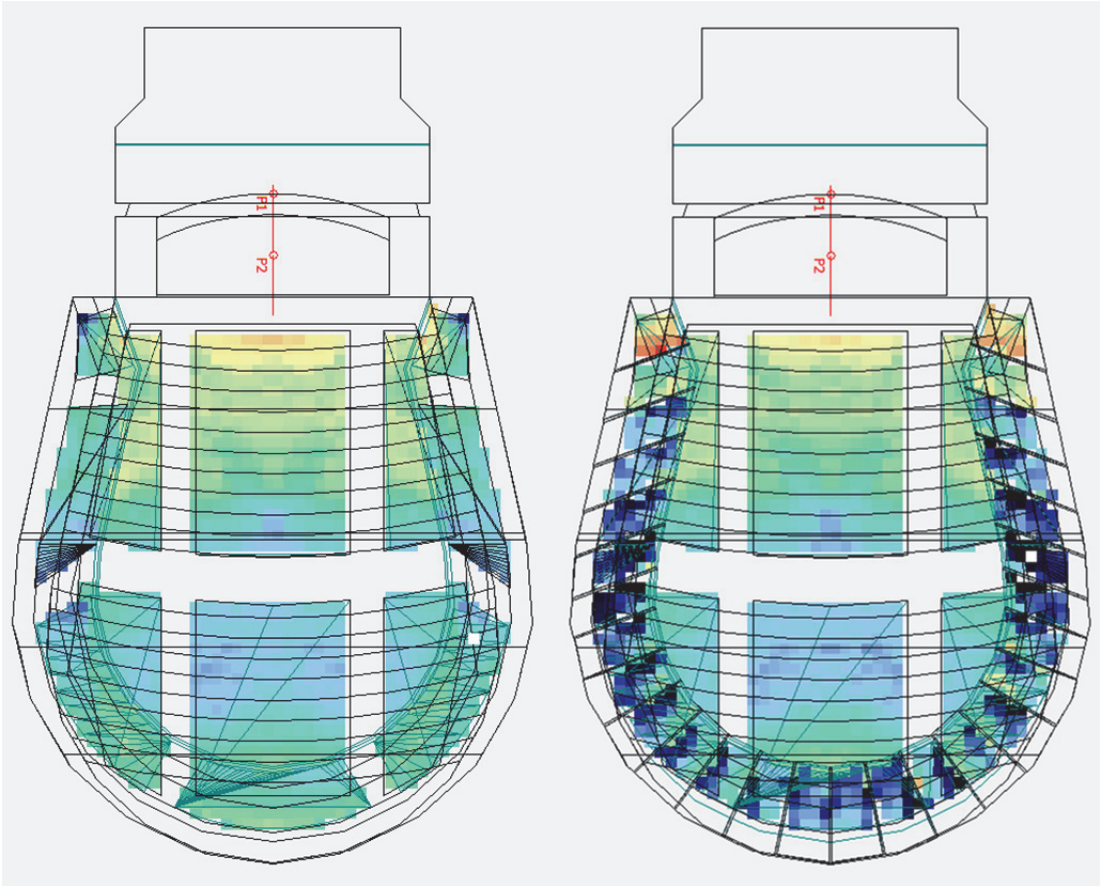


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	-1,30	-0,70	0,20	0,40	0,40	0,40
S2 GNL	-1,40	-0,70	0,20	0,50	0,60	0,60
S3 BLK	-2,90	-2,00	-1,20	-1,10	-1,10	-1,30
S3 GNL	-2,10	-1,30	-0,40	-0,20	-0,10	-0,20
S4 BLK	-1,30	-0,70	0,10	0,30	0,20	0,10
S4 GNL	-1,30	-0,70	0,20	0,50	0,50	0,40

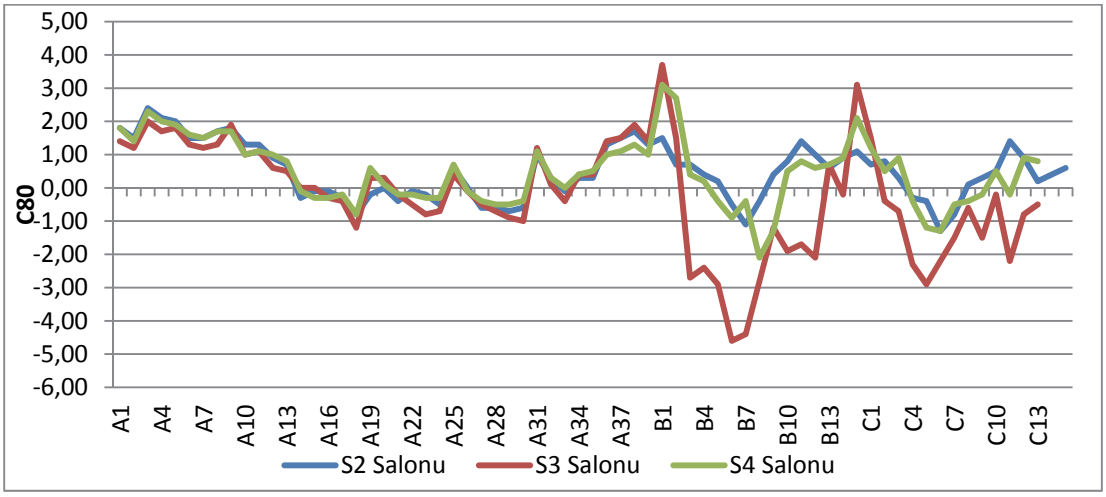
Şekil 5.74 : Salon geneli ve balkonlar için C_{80} grafiği.

Şekil.5.74'te de görüldüğü gibi C_{80} parametresi için S2 salonunun balkon bölümünde elde edilen değerler salon genel karakteri ile uyumluyken S3 salonunun balkon bölümünde elde edilen değerler salon genel karakterinden oldukça farklıdır. S3 salonunun balkon bölümlerine ait parametre değerleri genel ortalamanın altındadır. Ayrıca diğer parametrelerde olduğu gibi bu parametrelerde de plan tipinin etkisi görülmektedir. At nalı plan tipinde, salonun arka bölümlerinin dairesel formda olması sesin odaklanmasına sebep olarak orta kısımlarda daha fazla geç ses enerjisi oluşmasına neden olmuştur. Şekil.5.75'te bulunan grid hesabında bu durum gösterilmiştir.

Şekil.5.76'da yer alan üç salondaki tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler karşılaştırıldığında da salon ortalama sonuçları üzerinden elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Grafikte zemin katlarda elde edilen sonuçları balkon bölümlerinde localı S3 salonunda elde edilen aşırı değerler takip etmektedir. Bu durum da locaların dengesiz akustik koşullarını göstermektedir.



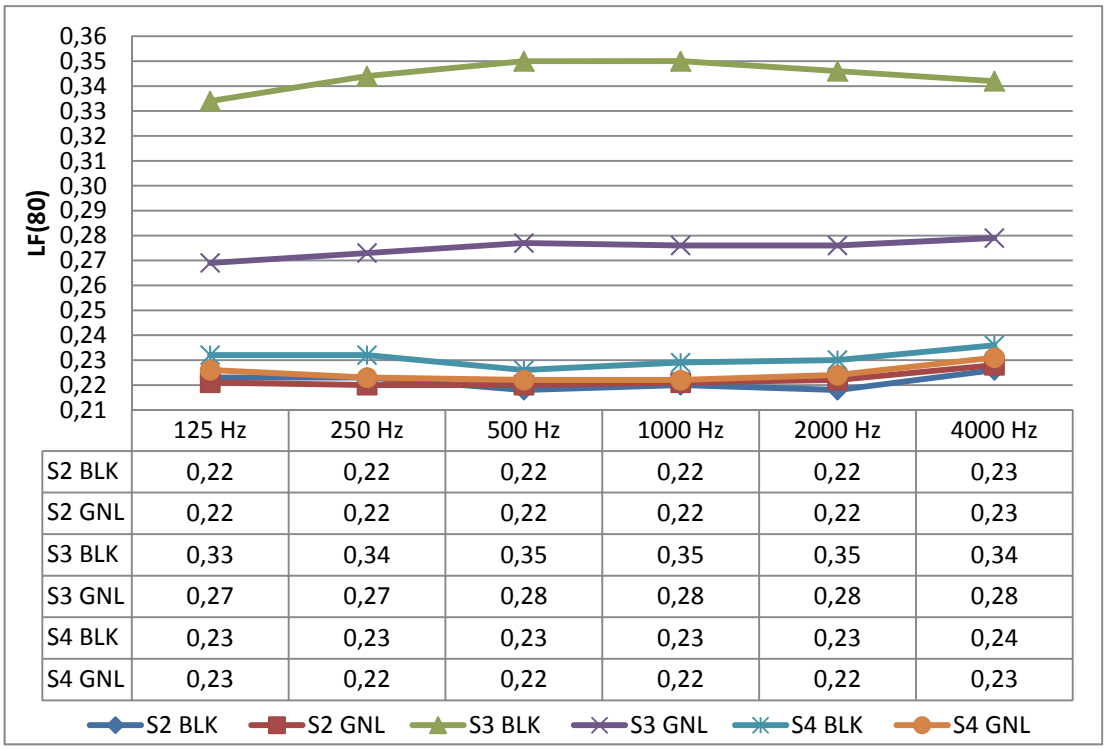
Şekil 5.75 : Solda S2 salonu, sağda S3 salonu için C_{80} parametresi grid hesabı.



Şekil 5.76 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen C_{80} değerleri (1000Hz).

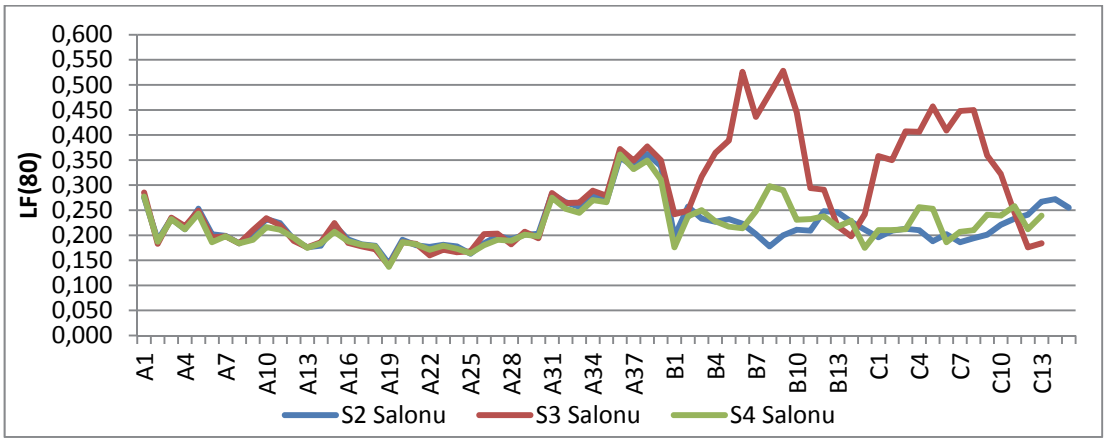
LF_{80} ve Echo parametreleri de diğer parametrelerde olduğu gibi konser işleviyle benzer sonuçlar vermişlerdir. LF_{80} ve Echo parametreleri için en yüksek değerler S3 salonunun loca bölümlerinde elde edilmiştir. S2 ve S4 salonunda elde edilen değerler ise salon karakteri ile uyumludur.

Diğer parametrelerde de olduğu gibi bu parametrelerde de S3 salonunun localarını oluşturan bölücü duvarların geç ses enerjisi oranını yükselttiği görülmektedir. Loca bölümlerine gelen ses ışınları birçok kez bu duvarlardan yansıyarak loca içindeki alıcılar için yanal ses enerjisi oranını arttırmış, aynı şekilde geç gelen ses enerjisi ve oluşan geç yansımalar da localarda yankı oluşma ihtimalini arttırmıştır. Yarım localar ise ses ışınlarına engel olmayarak ses enerjisinin belirli bölgelerde toplanmak yerine dağılmasına neden olmuş ve böylelikle salon geneli ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. LF_{80} parametresi için elde edilen değerlere ait grafik Şekil.5.77'de gösterilmiştir.



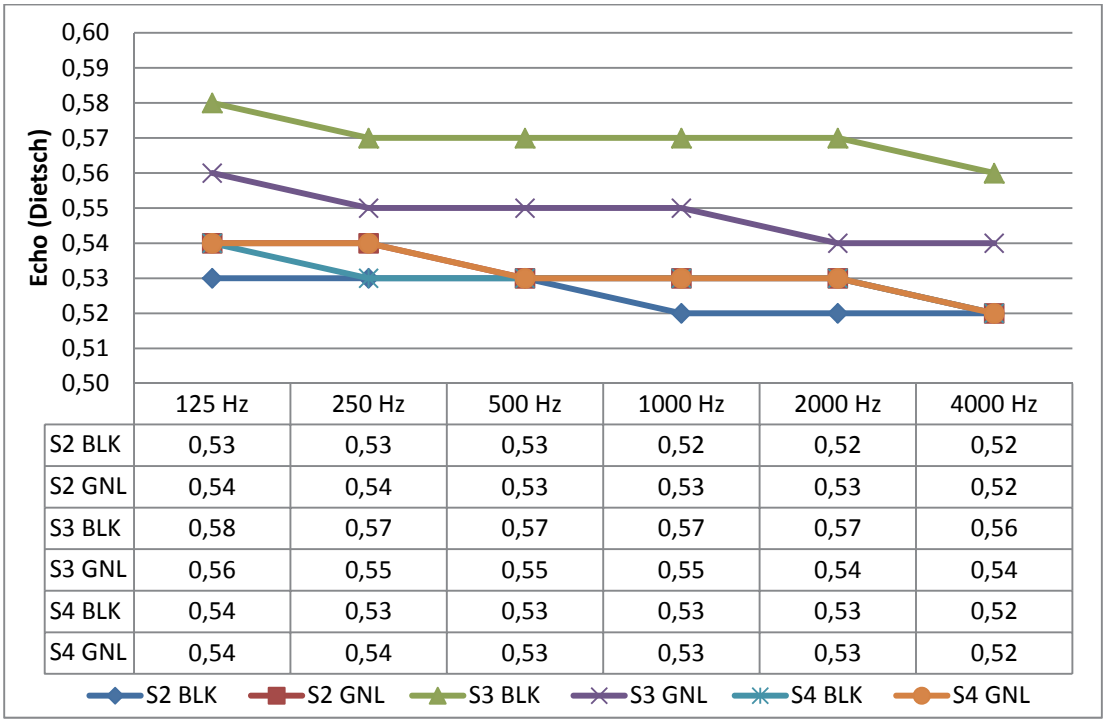
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23
S2 GNL	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23
S3 BLK	0,33	0,34	0,35	0,35	0,35	0,34
S3 GNL	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28
S4 BLK	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24
S4 GNL	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23

Şekil 5.77 : Salon geneli ve balkonlar için LF_{80} grafiği.



Şekil 5.78 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen LF_{80} değerleri (1000Hz).

S2, S3 ve S4 salonlarında tüm alıcı noktalarında elde edilen LF_{80} değerleri Şekil.5.78'de gösterilmiştir. Bu parametrede de locaların sahip olduğu akustik koşullar grafikte görülmektedir. Tüm salonlar zemin katlarında birbirleri ile tamamen paralel sonuçlar elde ederken balkon bölümlerinde locaları oluşturan bölücü duvarlar nedeniyle S3 salonu çok yüksek değerler elde etmiştir. Ayrıca bu durum locaların salon genelinden bağımsız akustik koşullara sahip olduğunu da göstermektedir.



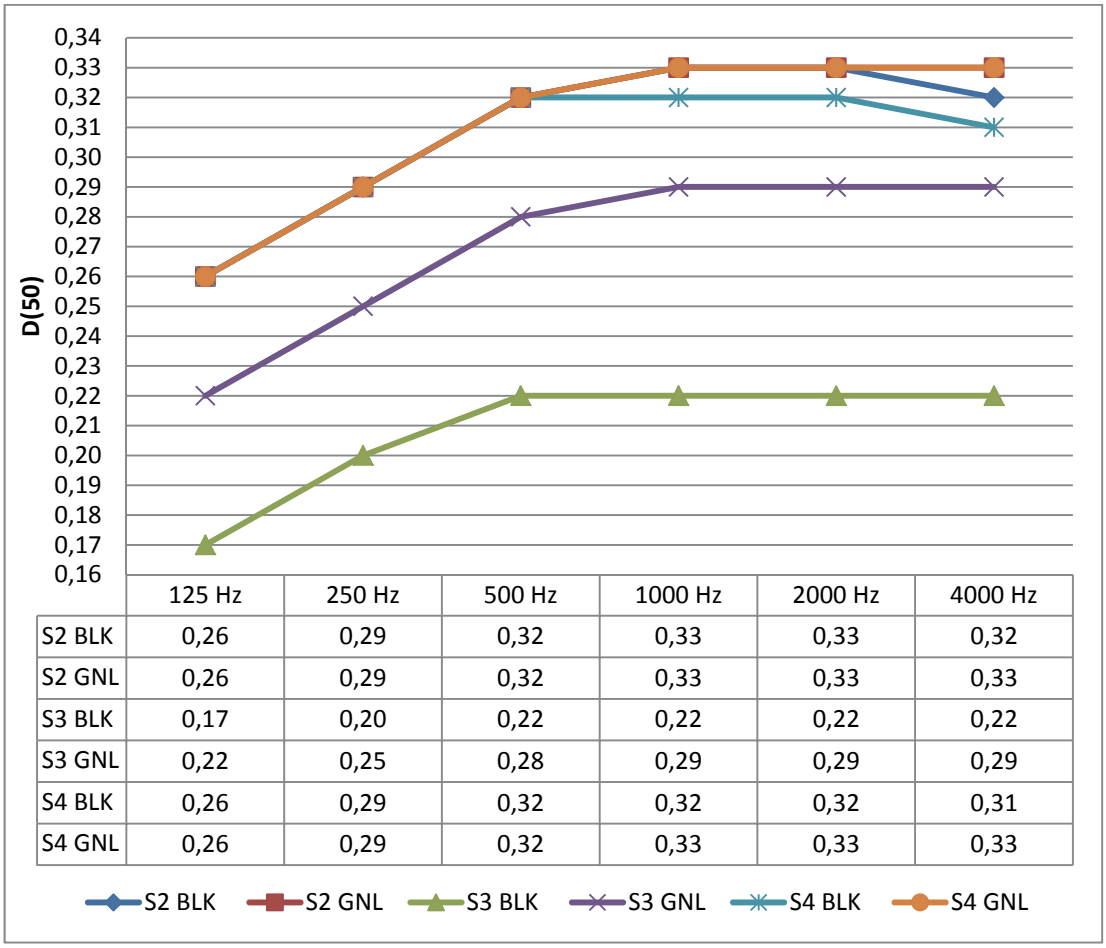
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52
S2 GNL	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52
S3 BLK	0,58	0,57	0,57	0,57	0,57	0,56
S3 GNL	0,56	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54
S4 BLK	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,52
S4 GNL	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52

Şekil 5.79 : Salon geneli ve balkonlar için Echo grafiği.

Özellikle Echo parametresinde at nalı salon tipinin etkisi görülmektedir. Konser işlevinde olduğu gibi opera işlevi için yapılan hesaplarda da zemin katın orta kısımlarında, dairesel formdaki arka duvardan yansıyarak gelen ve geç ses enerjisine neden olan ışınlar etkili olduğu görülmüştür. Bu nedenle tüm salonların orta bölümlerinde duyulabilir eko oluşma tehlikesi bulunmaktadır. Ancak elde edilen sonuçlar kabul edilebilir değerlerin içinde kalarak salonda duyulabilir düzeyde eko oluşmadığını göstermiştir. Opera işlevi için hesaplanan Echo değerleri Şekil.5.79'da gösterilmiştir.

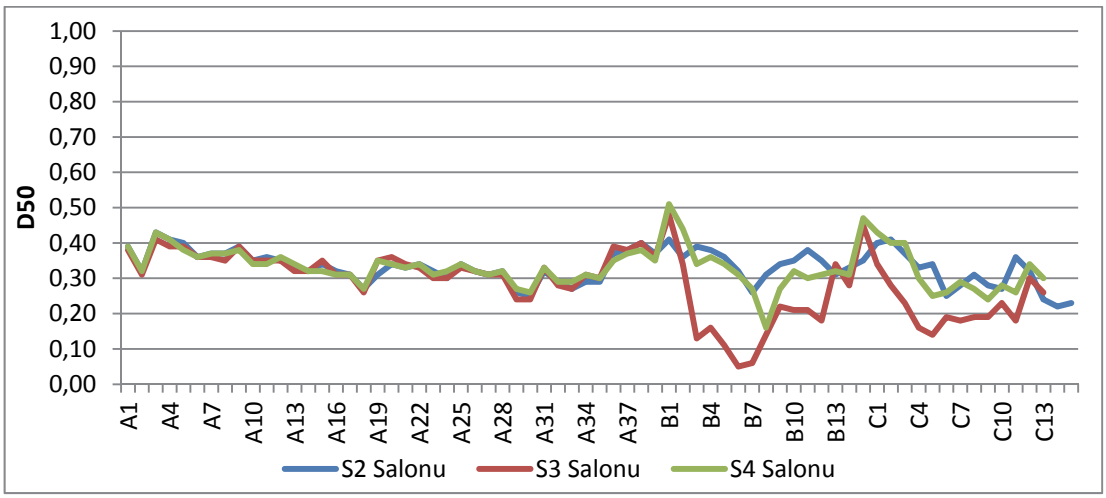
Konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili D_{50}, STI ve AL_{cons} parametrelerine ilişkin hesaplama sonuçları, konser işlevi hesap sonuçları ile paralellik göstermektedir. D_{50} parametresi için Şekil.5.80'de verilen grafiğe bakıldığında, elde edilen en kötü sonuçların S3 salonunun loca bölümlerine, en iyi sonuçların da S2 ve S4 salonlarına

ait olduğu görülmektedir. Bunun nedeni daha önce açıklandığı gibi loca bölümlerinin geç ses enerji oranını arttırmasıdır. Buna paralel olarak S2 ve S4 salonlarının balkon bölümleri için elde edilen değerler salon geneli ile uyumluluk göstermektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	0,26	0,29	0,32	0,33	0,33	0,32
S2 GNL	0,26	0,29	0,32	0,33	0,33	0,33
S3 BLK	0,17	0,20	0,22	0,22	0,22	0,22
S3 GNL	0,22	0,25	0,28	0,29	0,29	0,29
S4 BLK	0,26	0,29	0,32	0,32	0,32	0,31
S4 GNL	0,26	0,29	0,32	0,33	0,33	0,33

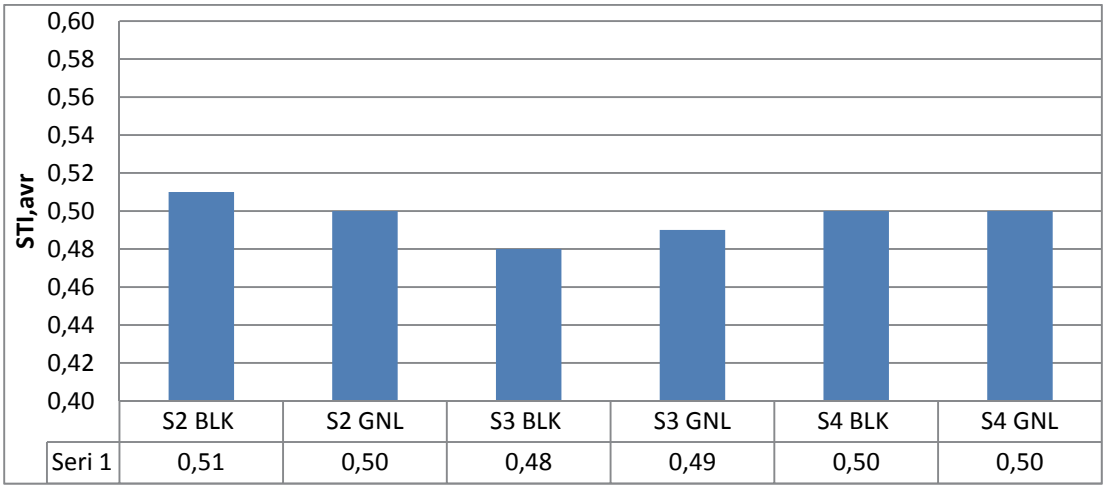
Şekil 5.80 : Salon geneli ve balkonlar için D_{50} grafiği.



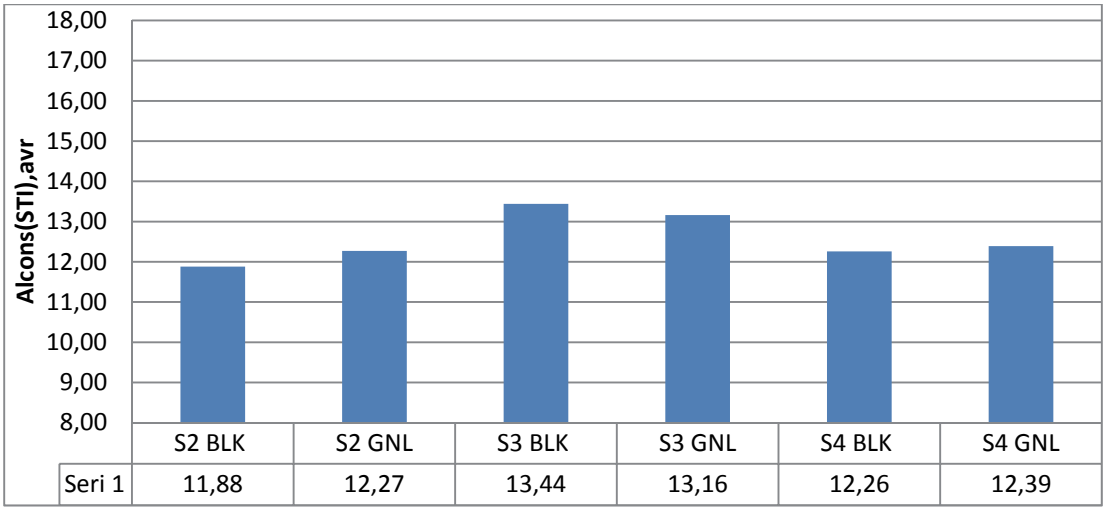
Şekil 5.81 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen D_{50} değerleri (1000Hz).

D_{50} parametresi için tüm salonlardaki alıcı noktalarında elde edilen değerler Şekil.5.81'de gösterilmiştir. Bu parametrede elde edilen değerler de loca bölümlerindeki kötü akustik koşulları göstermektedir.

STI ve AL_{cons} parametrelerine ait sonuçlar da D_{50} sonuçları ile paralellik göstermektedir. S3 salonunda loca bölümlerinde oluşan geç ses enerjisinin konuşma anlaşılabilirliğini olumsuz yönde etkilediği bu parametrelerin sonuçlarından da anlaşılabilmektedir. Şekil.5.82 ve Şekil.5.83'de STI ve Al_{cons} parametrelerine ait değerler gösterilmiştir.



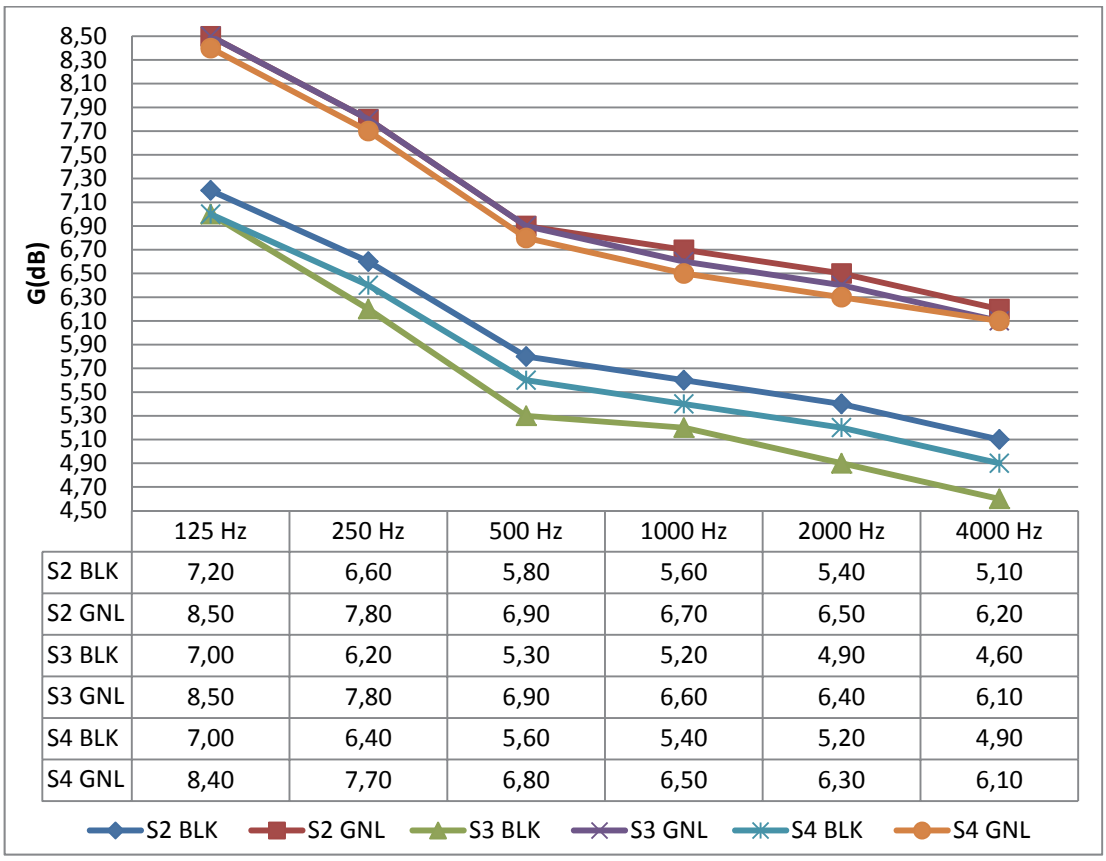
Şekil 5.82 : Salon geneli ve balkonlar için STI grafiği.



Şekil 5.83 : Salon geneli ve balkonlar için AL_{cons} grafiği.

Elde edilen sonuçlar, salonlar opera işlevinde iken daha yüksek konuşma anlaşılabilirliğine sahip olduğunu gösterse de, bütün salonlarda elde edilen D_{50}, STI ve AL_{cons} parametrelerine ait değerler, kabul edilebilir değerlerin altında kalmaktadır. Ek olarak tüm parametrelerde olduğu gibi bu parametrelerde de salonun at nalı plan

tipinin neden olduğu odaklanmanın, zemin katın orta bölümlerinde yüksek oranda geç ses enerjisine neden olarak konuşma anlaşılabilirliğini azalttığı da görülmüştür.

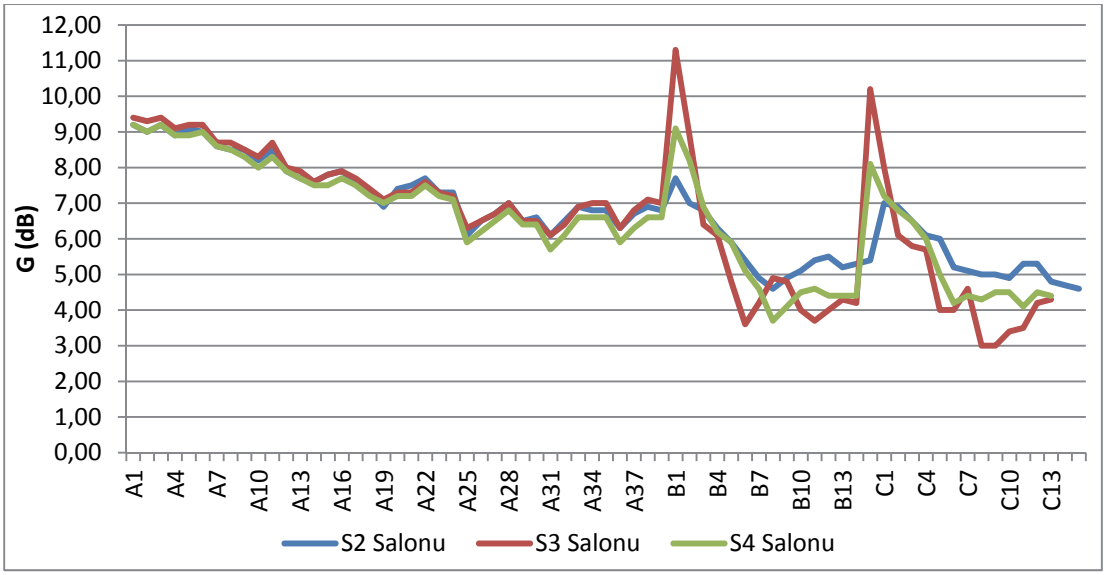


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 BLK	7,20	6,60	5,80	5,60	5,40	5,10
S2 GNL	8,50	7,80	6,90	6,70	6,50	6,20
S3 BLK	7,00	6,20	5,30	5,20	4,90	4,60
S3 GNL	8,50	7,80	6,90	6,60	6,40	6,10
S4 BLK	7,00	6,40	5,60	5,40	5,20	4,90
S4 GNL	8,40	7,70	6,80	6,50	6,30	6,10

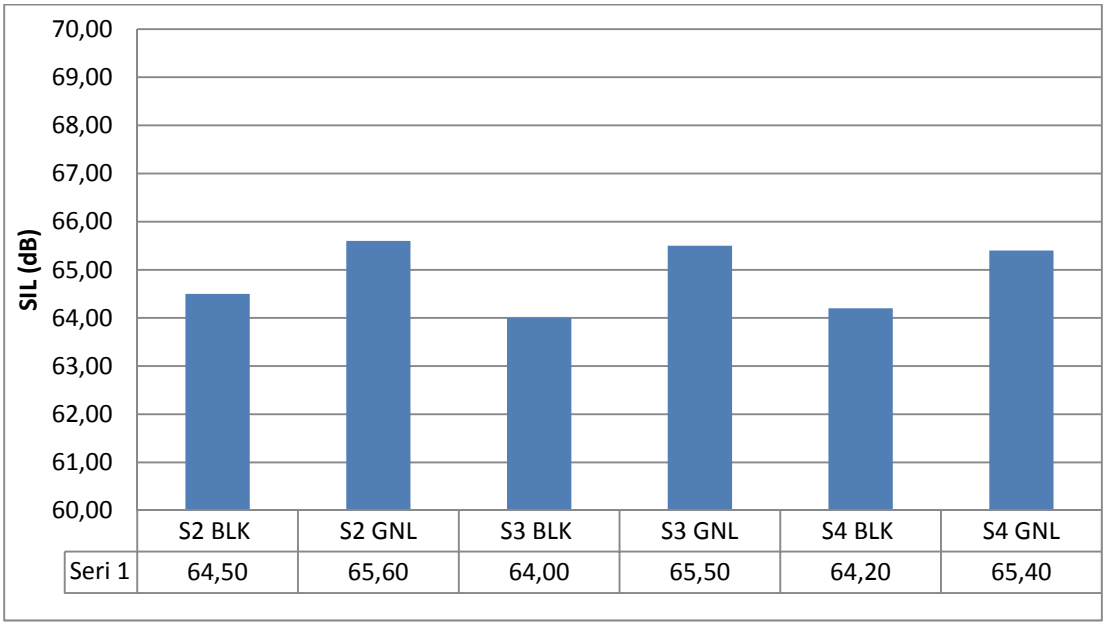
Şekil 5.84 : Salon geneli ve balkonlar için G grafiği.

Ses gücü ile ilgili parametrelerin, opera işlevi için yapılan hesaplamalarda elde edilen sonuçları incelendiğinde, elde edilen değerlerin konser işlevinde elde edilenler ile paralellik gösterdiği görülmektedir. G ve SIL parametreleri için elde edilen değerler locaların aldığı ses enerjisinin yetersiz olduğunu göstermektedir. Elde edilen tüm sonuçlara bakıldığında G parametresi için en düşük değerlerin S3 salonunun loca bölümüne, en yüksek değerlerin ise S2 salonunun geneline ait olduğu görülmektedir. Balkonlarda elde edilen tüm sonuçlar salon geneline göre daha düşük değerler olmuştur. Bunun nedenleri, fiziksel engellerden dolayı balkonlara daha az dolaysız ses enerjisi ulaşması ve balkonların kaynağa uzak mesafede bulunmalarıdır. S3 salonunun loca bölümleri de bölücü duvarlar nedeniyle yeteri kadar ses enerjisi alamadığı için incelenen tüm salonlar arasında en düşük G değerleri bu bölümlerde elde edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda elde edilen G değerleri Şekil.5.84'te gösterilmiştir.

Şekil.5.85'te S2, S3 ve S4 salonlarında her alıcı noktasında elde edilen G değerleri gösterilmiştir. Grafikte görülen değerler, S3 salonunda loca bölümlerinin salon genelinden ve birbirinden bağımsız olduğunu ve diğer salonlara göre daha dengesiz değerler elde edildiğini göstermektedir.



Şekil 5.85 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen D_{50} değerleri (1000Hz).



Şekil 5.86 : Salon geneli ve balkonlar için SIL grafiği.

SIL parametresi için elde edilen değerler konser işlevinde olduğu gibi, arka plan gürültüsünün etkileyebileceği değerlerin üzerindedir. G parametresi sonuçları ile paralel olarak, SIL parametresine ait en düşük sonuçlar S3 salonunun loca bölümlerine aittir ve bu nedenle loca bölümlerinin arka plan gürültüsünden etkilenme

olasılığı salonun diğer bölümlerinden daha yüksektir. Yarım localı salonlarda ise bölücü duvarlar ses gücünü etkilememiş ve elde edilen sonuçlar salon genelinde elde edilen sonuçlar ile uyumluluk göstermiştir. Salonlarda elde edilen SIL değerlerine ait grafik Şekil.5.86'da gösterilmiştir.

ODEON akustik simülasyon programında modellenen S2, S3 ve S4 salonlarında konser işlevi için hesaplar yapıldıktan sonra, aynı salonların sahne üzerinde yer alan orkestra kabuğu kaldırılarak sahne kulesi, sahne zemininde bulunan kapak kaldırılarak orkestra çukuru açığa çıkartılmış ve salon opera işlevine uygun hale getirilmiştir. İncelenen üç salon için konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de müzik, konuşma ve ses gücü ile ilgili parametreler grafikler ve grid hesapları üzerinde gösterilmiş ve değerlendirmeler elde edilen bu sonuçlar üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler karşılaştırıldığında, opera işlevinde tüm parametreler için elde edilen hesap sonuçları ile konser işlevinde elde edilen sonuçlarının paralel olduğu görülmüştür. Buna göre, localı bir salon (S3 salonu), yarım localı (S4 salonu) ve locasız (S2 salonu) salonlara göre tüm parametrelerde daha fazla geç ses enerji oranına sahiptir. Bu nedenle localı salonlarda daha az netlik ve konuşma anlaşılabilirliği, daha fazla duyulabilir eko oluşma ve sesin maskelenmesi ihtimali bulunmaktadır. Çınlama süresi üç salonda da eşit olsa da localı salondaki çınlama eğrisi kabul edilebilir düzeyin üzerinde düzensizliğe sahiptir. Bunun nedeni, dolaysız sesin alınmaması, geç yansımış sesler enerjisi ve loca bölümlerini oluşturan bölücü duvar yüzeyleri arasında oluşan birçok geç yansımanın geç ses enerjisi oluşturmasıdır.

Konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de S2 ve S3 salonlarının 1. katında bulunan 3 alıcı noktasındaki hesap sonuçları karşılaştırılmıştır. Buna ek olarak bu karşılaştırma ile farklı konumlarda bulunan locaların farklı akustik koşullara sahip oldukları da görülmektedir. Burada elde edilen değerler de konser işlevi ile paralellik göstermektedir. Çizelge.5.5'de S3 salonunda sahneye en yakın bölümde bulunan alıcı (B1 numaralı alıcı) diğer localara göre daha yüksek yanal yansıma enerjisine, daha fazla erken ses enerjisine ve daha iyi konuşma anlaşılabilirliğine sahiptir. Ancak bu bölümde elde edilen G değeri istenenden daha yüksektir. Sahneye en uzak noktada bulunan alıcı (B14 numaralı alıcı) ise, loca bölümlerinin ortalama değerlerine sahiptir. Ancak bu alıcının da çınlama eğrisi kabul edilebilir değerlerden

daha bozuktur. Salonun orta kısmında bulunan, dolaysız ses enerjisi alamayan ve çok geç yansımalar alan alıcı (B7 numaralı alıcı) ise, tüm parametreler için kötü değerlere sahiptir. Elde edilen değerlere göre bu locada çınlama çok fazladır ve geç ses enerjisi çok etkindir. Bu nedenle konuşma anlaşılabilirliği oldukça düşük olmuştur. Tüm değerlere bakıldığında loca bölümlerinin orta kısımlarında akustik koşulların oldukça kötü olduğu görülmektedir. Seçilen alıcı noktalarının konumları Şekil.5.56'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.5 : 1. balkon katında elde edilen akustik parametreler (1000 Hz).

Salon Adı	**S2 SALONU**			**S3 SALONU**		
Alıcı No	**B1**	**B7**	**B14**	**B1**	**B7**	**B14**
EDT	1,63	1,62	1,30	0,95	1,94	1,40
T_{30}	1,61	1,59	1,59	1,46	1,73	1,81
$XI(T_{(30)})$	0,80	2,50	0,40	2,60	14,90	18,90
T_s	109	134	103	77	172	114
G	7,70	4,90	5,30	11,30	4,20	4,20
D_{50}	0,41	0,26	0,33	0,48	0,06	0,28
C_{80}	1,50	-1,10	0,90	3,70	-4,40	-0,20
LF_{80}	0,197	0,202	0,227	0,242	0,436	0,198
Echo	0,51	0,49	0,54	0,52	0,56	0,56
STI	0,55	0,50	0,51	0,59	0,45	0,47
SIL	66,60	63,80	64,20	70,10	62,90	63,10
AL_{cons}	9,44	12,08	11,72	7,67	15,51	13,89

S2 salonuna bakıldığında ise localı salonlarda olduğu gibi düzensiz ve kabul edilemez sonuçların var olmadığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlar, salonun arka bölümlerine doğru gidildikçe yanal yansımaların arttığını ve bu bölümlere daha fazla ses enerjisi geldiğini göstermektedir. Yine salonun sahip olduğu at nalı plan tipi nedeniyle orta kısımlarda daha fazla geç ses enerjisi ve daha az konuşma anlaşılabilirliği görülmüştür.

Çizelge.5.6'da S2 salonu için aynı alıcı noktalarının opera ve konser işlevinde karşılaştırılmaları görülmektedir. Buna göre elde edilen sonuçlar konser işlevine paralel olarak, opera işlevi için daha uygun hale gelmiştir. Sahne kulesine ait yüzeylerin ses yutucu malzemelerle tanımlanarak çınlama süresinin düşürülmesi bu durumda etkili olmuştur. İşlev değişikliğinden en çok etkilenen alıcı sahneye yakın bölümde bulunan B1 numaralı alıcı olmuştur ve aldığı daha fazla erken ses enerjisi ile sesin netliği ve konuşma anlaşılabilirliği artmıştır. Opera işlevinde salonun daha yutucu karaktere sahip olması, salonun arka bölümlerindeki dinleyicilerin akustik

koşullarının ön taraftaki dinleyiciler kadar iyileşmesini engellemiştir. Yine elde edilen sonuçlardan, at nalı plan tipinin neden olduğu odaklanma ve bunun salon ortasındaki olumsuz etkileri B7 numaralı alıcının elde ettiği sonuçlardan görülmektedir.

Çizelge 5.6 : Opera ve konser işlevi için parametrelerin karşılaştırılması (1000 Hz).

İşlev	**OPERA**			**KONSER**		
Salon Adı	**S2 SALONU**			**S2 SALONU**		
Alıcı No	**B1**	**B7**	**B14**	**B1**	**B7**	**B14**
EDT	1,63	1,62	1,29	2,02	1,98	1,62
T_{30}	1,61	1,59	1,59	1,90	1,84	1,89
$XI(T_{(30)})$	0,80	2,50	1,10	0,60	1,10	1,30
T_s	109	134	101	160	152	117
G	7,70	4,90	5,40	6,90	5,10	5,80
D_{50}	0,41	0,26	0,35	0,24	0,24	0,33
C_{80}	1,50	-1,10	1,10	-2,20	-2,20	0,50
LF_{80}	0,197	0,202	0,211	0,153	0,195	0,224
Echo	0,51	0,49	0,54	0,53	0,52	0,51
STI	0,55	0,50	0,51	0,46	0,45	0,50
SIL	66,60	63,80	64,30	65,70	63,90	64,60
AL_{cons}	9,44	12,08	11,39	15,30	15,76	12,37

Çizelge 5.7 : Opera ve konser işlevi için parametrelerin karşılaştırılması (1000 Hz).

İşlev	**Opera**			**Konser**		
Salon Adı	**S3 SALONU**			**S3 SALONU**		
Alıcı No	**B1**	**B7**	**B14**	**B1**	**B7**	**B14**
EDT	0,95	1,94	1,40	1,63	1,91	1,74
T_{30}	1,46	1,73	1,81	1,91	1,82	1,90
$XI(T_{(30)})$	2,60	14,90	18,90	5,60	6,80	4,90
T_s	77	172	114	98	182	126
G	11,30	4,20	4,20	10,50	5,00	4,60
D_{50}	0,48	0,06	0,28	0,47	0,13	0,31
C_{80}	3,70	-4,40	-0,20	2,60	-5,60	0,20
LF_{80}	0,242	0,436	0,198	0,249	0,406	0,173
Echo	0,52	0,56	0,56	0,55	0,59	0,60
STI	0,59	0,45	0,47	0,55	0,39	0,48
SIL	70,10	62,90	63,10	69,20	63,70	63,30
AL_{cons}	7,67	15,51	13,89	9,60	21,41	13,77

Çizelge.5.7'de de S3 salonunun konser ve opera işlevleri için aynı alıcı noktalarında aldığı değerler görülmektedir. Buna göre sonuçlar opera işlevi için olumlu yönde değişse de yine de localarda, akustik açıdan oldukça olumsuz değerler elde

edilmiştir. Salona en yakın locada, locasız salon kadar iyi sonuçlar elde edilirken salonun ortasındaki localarda opera işlevi için oldukça kötü sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum da, her locanın akustik koşullarının birbirinden ve salon genelinden farklı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.8 : Konser ve opera işlevleri için elde edilen parametre değerleri (1000 Hz)

		T_{30}	$XI(T_{30})$	EDT	T_s	C80	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G	SIL
S2	**Kns**	1,91	0,60	1,86	136,00	-0,90	0,224	0,53	0,29	0,45	15,47	6,90	65,70
	Opr	1,63	0,90	1,52	113,00	0,50	0,221	0,53	0,33	0,50	12,27	6,70	65,60
S3	**Kns**	1,92	3,60	1,94	145,00	-1,50	0,275	0,55	0,25	0,44	16,34	6,80	65,60
	Opr	1,61	3,70	1,58	122,00	-0,20	0,276	0,55	0,29	0,49	13,16	6,60	65,50
S4	**Kns**	1,91	0,90	1,86	135,00	-0,90	0,227	0,53	0,29	0,45	15,59	6,70	65,50
	Opr	1,59	1,10	1,48	112,00	0,50	0,222	0,53	0,33	0,50	12,39	6,50	65,40

Çizelge.5.8'de tüm salonlarda konser ve opera işlevleri için hesaplanan parametre değerleri verilmiştir. Burada görülen sonuçlar, alıcı noktalarında elde edilen sonuçlara paralel olarak, konser işlevinden opera işlevine geçirilen salonların akustik koşullarının opera işleve uygun hale geldiğini fakat yine de S3 salonunda elde edilen değerlerin olumsuz akustik koşullara neden olduğunu göstermektedir.

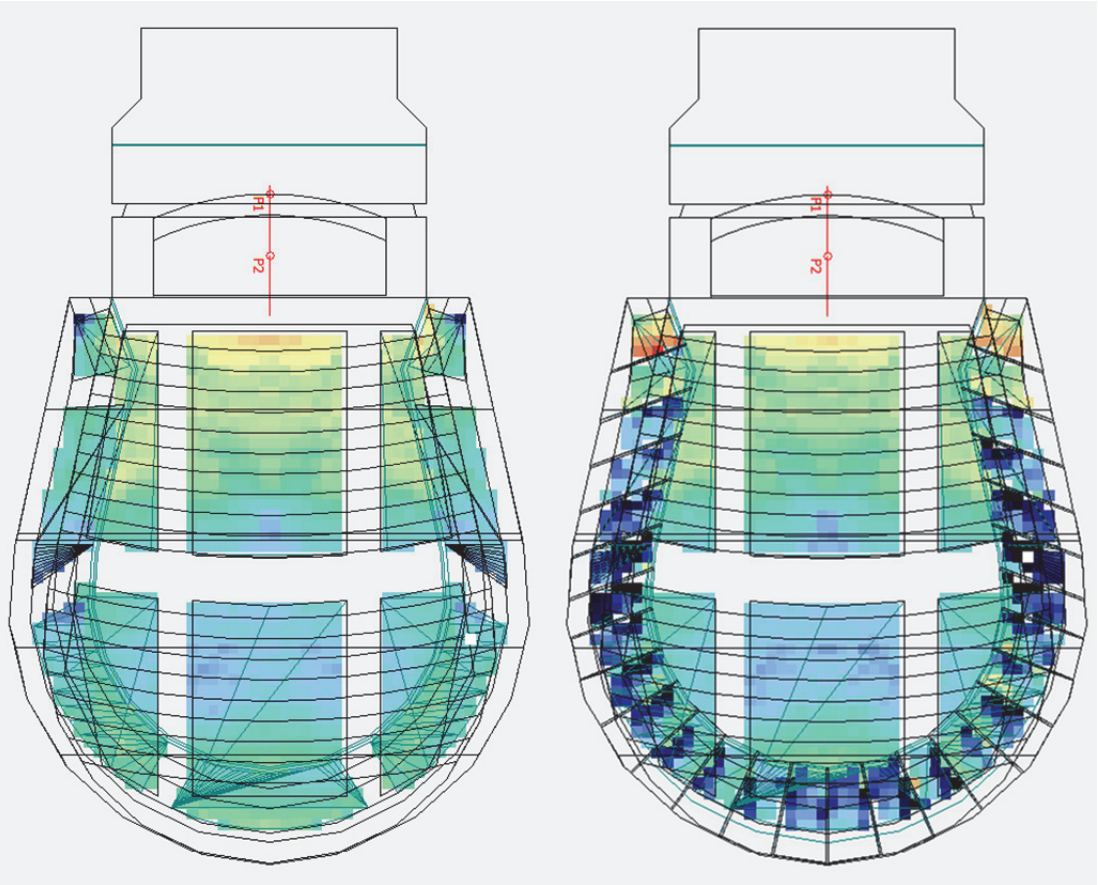
Çizelge 5.9 : Elde edilen minimum ve maksimum değerler (1000 Hz).

		T_{30}	$XI(T_{30})$	EDT	T_s	C80	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G	SIL
S2	**min**	1,57	0,00	1,19	96,00	-1,30	0,143	0,46	0,22	0,45	9,31	4,60	63,50
	maks	1,74	2,80	1,71	134,00	2,40	0,362	0,70	0,43	0,55	15,43	9,20	68,20
	ort	1,63	0,90	1,52	113,00	0,50	0,221	0,53	0,33	0,50	12,27	6,70	65,60
S3	**min**	1,35	0,10	0,95	77,00	-4,60	0,139	0,46	0,05	0,43	7,67	3,00	62,00
	maks	1,91	22,00	1,94	172,00	3,70	0,528	0,69	0,48	0,59	17,50	11,30	70,10
	ort	1,61	3,70	1,58	122,00	-0,20	0,276	0,55	0,29	0,49	13,16	6,60	65,50
S4	**min**	1,45	0,10	1,26	88,00	-2,10	0,137	0,45	0,16	0,45	8,40	3,70	62,70
	maks	1,71	8,50	1,71	137,00	3,10	0,361	0,69	0,51	0,57	15,60	9,20	68,20
	ort	1,59	1,10	1,48	112,00	0,50	0,222	0,53	0,33	0,50	12,39	6,50	65,40

Çizelge.5.9'da üç salonda yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen minimum, maksimum ve ortalama değerler verilmiştir. Elde edilen sonuçlar konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de S3 salonunun aşırı sonuçlar elde ettiğini göstermektedir.

Yarım localı salonlarda elde edilen sonuçlar, konser işlevinde olduğu gibi, locasız salona her zaman daha yakın olmuştur. Bu da yarım locaların ses enerjisini

engellemediğini, geç ses enerjisi oluşturmadığını ve locasız salon gibi davrandığını göstermektedir.



Şekil 5.87 : S3 salonu için D_{50} parametresi grid hesabı.

Grid sonuçlarına bakıldığında at nalı plan tipinin neden olduğu odaklama durumu açıkça görülebilmektedir. Şekil.5.87'de salonun orta kısımlarda elde edilen değerler, ön ve arka bölümlerinde elde edilen konuşma anlaşılabilirlik değerlerine göre düşüktür. Bu durum tüm parametreler için benzerlik göstermektedir. Arka kısımları oluşturan dairesel duvarlar geç sesleri salon ortasına odaklayarak buradaki geç ses enerjisini arttırıp konuşma anlaşılabilirliğini azaltmaktadır. Yine locasız (S2 salonu) ve yarım localı (S4 salonu) salonlarda da arka duvar ve parapet yüzeylerinden yansıyarak gelen ve geç ses enerjisi taşıyan ses ışınları orta bölümlerde etkili olmaktadır. Localı salonda (S3 salonu) bulunan bölücü duvarlar, balkon katlarında odaklanma etkisini azaltmış ve sadece parapetlerden gelen ışınlar bu etkiye neden olmuşlardır.

Sonuç olarak gerçekleştirilen hesaplar üzerinden yapılan karşılaştırmalar ve değerlendirmelere göre, tam locaların akustik kaliteyi olumsuz yönde etkiledikleri

görülmüştür. Tam localar sadece loca içinde değil tüm salonda geç ses enerjisi oluşturmakta bu nedenle konuşma anlaşılabilirliğini ve netliği düşürmektedir. Ayrıca her loca salon genelinden ayrı bir hacim gibi davranarak kendi akustik koşullarını oluşturmakta ve bu da her locanın akustik koşullarının farklı olmasına neden olmaktadır. Yarım localı salon ise locasız bir salon gibi davranarak geç ses enerjisi oluşmasına neden olmamış ve salon karakterine uygun sonuçlar vermiştir. Yarım locaları oluşturan bölücü duvarlar ses ışınlarını engellememiş ve localar salondan farklı akustik koşullara sahip olmamıştır. Salonun at nalı plan tipi, tüm salonların zemin katlarında, S2 ve S4 salonlarının balkon katlarında etkili olarak ses enerjisini dairesel formun merkezinde odaklamış ve salonların orta bölümlerinde geç ses enerjisi oluşmasına neden olmuştur. Yine at nalı plan tipinin arkaya doğru daralmasıyla salonların arka bölümlerinde yüksek oranda yanal yansımalar oluşmuştur.

5.3 Konser İşlevindeki Salonlarda Balkon Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi

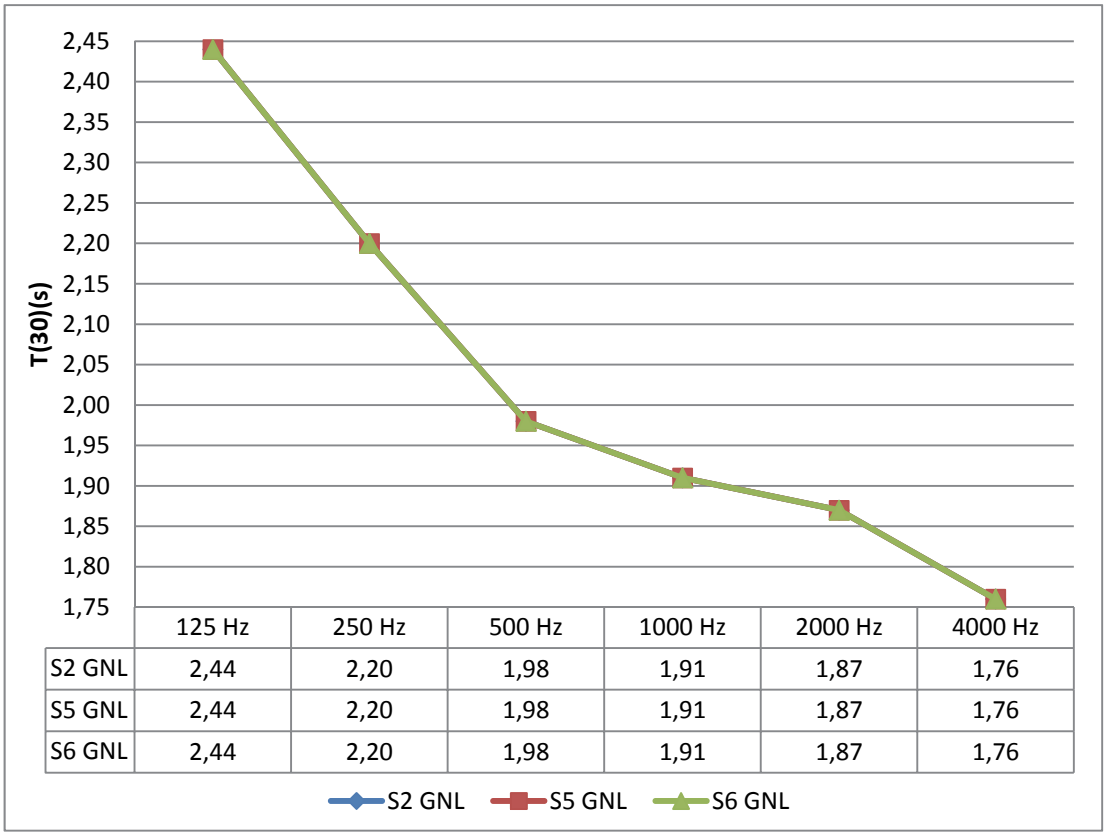
Balkon durumu incelemesinde, iki balkonlu S2 salonu, tek balkonlu S5 salonu ve balkonsuz S6 salonu modelleri kullanılmıştır. Diğer durum incelemelerinde olduğu gibi seçilen parametreler üç grup altında toplanmıştır. Bunlar; müzik ve ses enerjisi oranları ile ilgili parametreler, konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili parametreler ve ses gücü ile ilgili parametrelerdir.

Daha detaylı ve sağlıklı incelemeler yapılabilmesi için seçilen her parametre, salon genel ortalama sonuçları, zemin kat sonuçları ve balkon sonuçları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde salon genel sonuçları için "GNL", zemin kat ortalama sonuçları için "ZMN", balkon ortalama sonuçları için de "BLK" kısaltmaları kullanılmıştır. Balkon durumunun değerlendirilmesi için seçilen parametrelerin ilki müzik ve ses enerjisi oranları ile ilgili parametrelerdir. Bu parametreler; T_{30}, XI(T_{30}), EDT, T_s, C_{80}, LF_{80} ve Echo parametreleridir.

Loca durumu değerlendirilmesinde olduğu gibi balkon durumu değerlendirilmesinde de, üç salonun çınlama süreleri (T_{30}), salonların arka eğri duvarlarında yapılan malzeme değişiklikleriyle birbirleriyle eşit hale getirilmiştir. Çınlama süresi birçok parametreyi doğrudan etkileyen bir parametredir ve diğer parametrelerin karşılaştırılabilmesi için çınlama süreleri eşitlenmiştir. Salonlardaki malzeme

değişikliğinin sadece yutucu arka duvarda yapılması ile çınlamanın salon içinde eşit şekilde dağılması sağlanmıştır. Şekil.5.88'deki grafikteki değerlere bakıldığında üç salonda da tüm frekanslarda benzer sonuçlar sağlandığı görülmektedir.

Salon genelinde benzer sonuçlar elde edilse de salonları oluşturan bölümler incelendiğinde, salon içindeki T_{30} dağılımının eşit olmadığı ve balkonlu salonların balkon bölümlerinde daha düşük T_{30} değerleri elde edildiği görülmektedir. Şekil.5.88'deki grafiğe göre en uzun çınlama süresi S5 salonunun zemin katında, orta frekanslara aittir. En kısa çınlama süresi ise S2 ve S5 salonlarının balkon bölümlerinde elde edilmiştir.

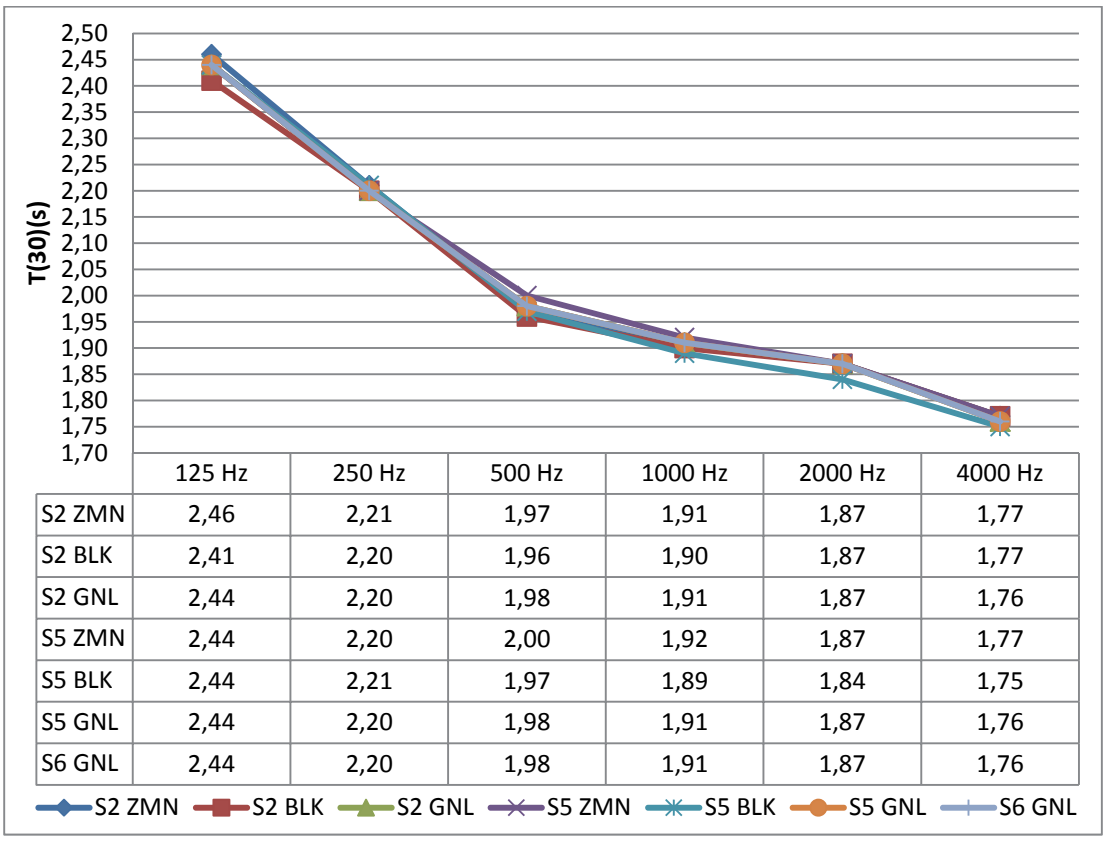


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	2,44	2,20	1,98	1,91	1,87	1,76
S5 GNL	2,44	2,20	1,98	1,91	1,87	1,76
S6 GNL	2,44	2,20	1,98	1,91	1,87	1,76

Şekil 5.88 : Salon geneli için T_{30} grafiği.

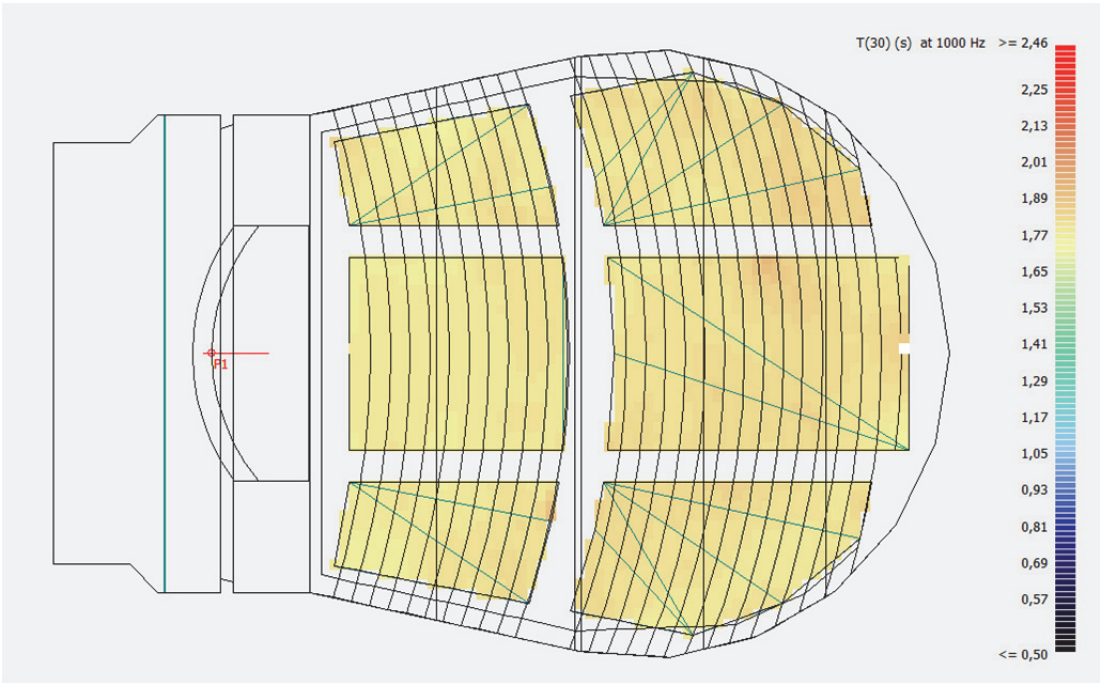
Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, salon genelinde üç salonda da tamamen aynı değerlerin elde edilip balkon bölümlerinde düşük değerlerin elde edilmesi, bu bölümlere gelen ses enerjisinin daha hızlı sönümlendiğini ve bu nedenle balkon bölümlerinde çınlama süresinin kısaldığını göstermektedir. Balkonlu salonlarda (S2 ve S5 salonları) zemin katlarda elde edilen değerlerin daha yüksek, balkon katlarında elde edilen değerlerin daha düşük olması, balkonların ek yüzeyler oluşturarak zemin

katlara daha fazla yansıma ulaştırdığını, geç ulaşan bu ek yansımaların zemin katlarda çınlama sürelerini uzattığını göstermektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	2,46	2,21	1,97	1,91	1,87	1,77
S2 BLK	2,41	2,20	1,96	1,90	1,87	1,77
S2 GNL	2,44	2,20	1,98	1,91	1,87	1,76
S5 ZMN	2,44	2,20	2,00	1,92	1,87	1,77
S5 BLK	2,44	2,21	1,97	1,89	1,84	1,75
S5 GNL	2,44	2,20	1,98	1,91	1,87	1,76
S6 GNL	2,44	2,20	1,98	1,91	1,87	1,76

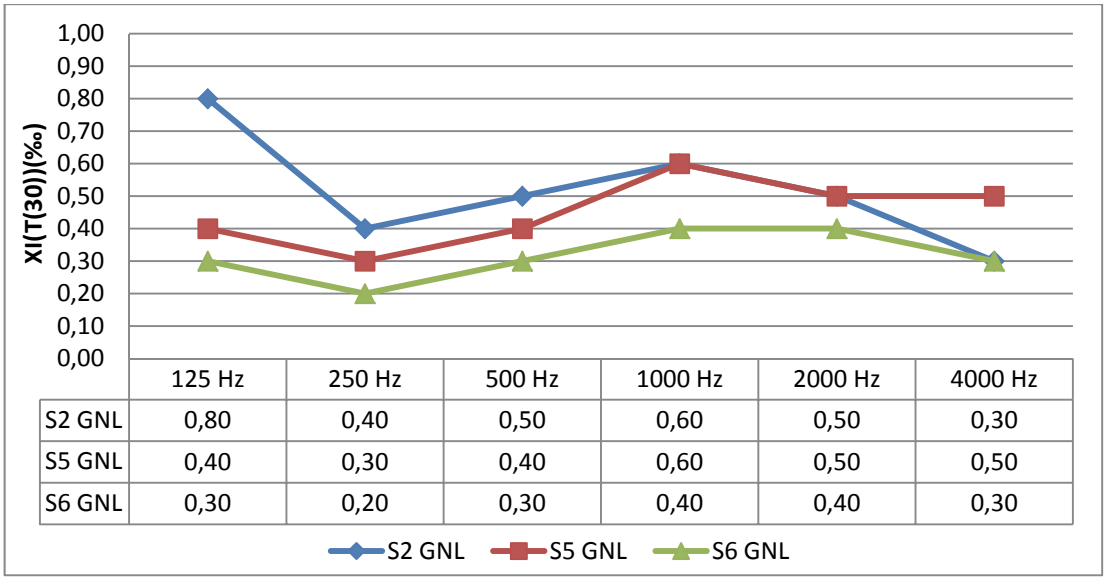
Şekil 5.89 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için T_{30} grafiği.



Şekil 5.90 : S6 salonu için T_{30} parametresi grid hesabı.

Şekil.5.90'da görüldüğü gibi balkonsuz S6 salonunda çınlama süresi diğer salonlara göre daha homojen biçimde salon içine dağılmıştır. S6 salonunda balkon çıkıntıları bulunmadığı için, balkon yüzeylerinden gelerek zemin katı etkileyen geç yansımalar oluşmamıştır. Elde edilen sonuçlar, balkonların bir salondaki çınlama süresini etkilediğini ve zemin kat ile balkon bölümleri arasında farklı sonuçlar oluşmasına neden olduğunu göstermektedir.

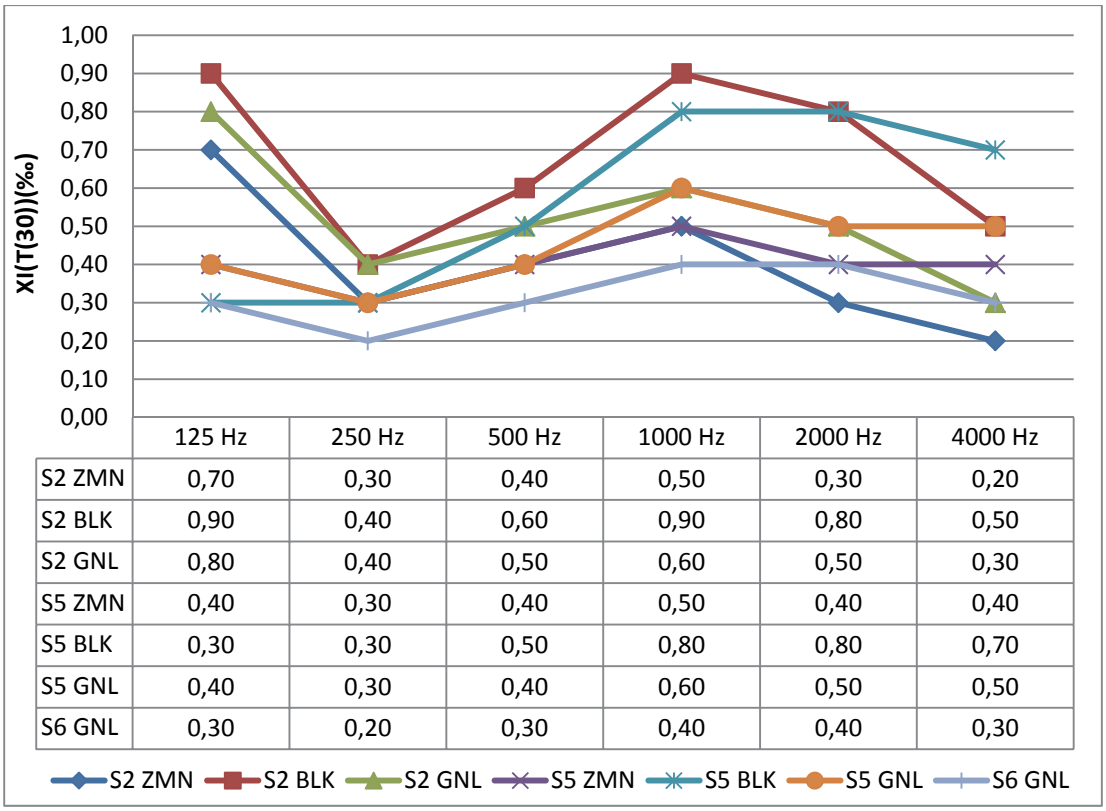
Salon genel sonuçlarına bakıldığında en düşük XI(T_{30}) değerlerinin S6 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bu değerleri sırasıyla S5 ve S2 salonlarında elde edilen değerler takip etmektedir. Sonuçlar S6 salonunun en düzgün çınlama eğrisine sahip salon olduğunu ve bunu S5 salonunun takip ettiğini göstermektedir. S2 salonu ise yüksek frekanslarda daha düşük değer alırken alçak frekanslarda diğer salonlarla arasındaki fark açılmıştır. Salonda alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru gidildikçe çınlama eğrisi düzgünleşmektedir. XI(T_{30}) parametresine ait grafik Şekil.5.91'de gösterilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	0,80	0,40	0,50	0,60	0,50	0,30
S5 GNL	0,40	0,30	0,40	0,60	0,50	0,50
S6 GNL	0,30	0,20	0,30	0,40	0,40	0,30

Şekil 5.91 : Salon geneli için XI(T_{30}) grafiği.

Salonlarda en yüksek değerler balkon bölümlerinde, en düşük değerler de zemin kat bölümlerinde elde edilmiştir. Salon bölümleri için elde edilen XI(T_{30}) parametresi sonuçları incelendiğinde, en düşük değerleri S6 salonunun aldığı, en yüksek değerleri de S2 ve S5 salonlarının balkon bölümlerinin aldığı görülmektedir. S2 ve S5 salonlarının zemin katları ise balkon bölümlerine göre daha düşük sonuçlar elde etmişlerdir.

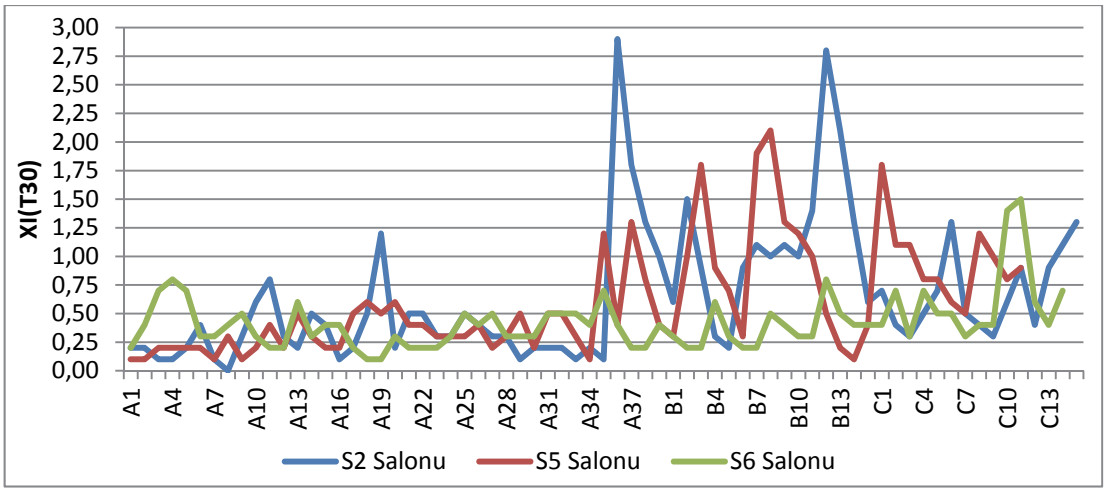


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,70	0,30	0,40	0,50	0,30	0,20
S2 BLK	0,90	0,40	0,60	0,90	0,80	0,50
S2 GNL	0,80	0,40	0,50	0,60	0,50	0,30
S5 ZMN	0,40	0,30	0,40	0,50	0,40	0,40
S5 BLK	0,30	0,30	0,50	0,80	0,80	0,70
S5 GNL	0,40	0,30	0,40	0,60	0,50	0,50
S6 GNL	0,30	0,20	0,30	0,40	0,40	0,30

Şekil 5.92 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için XI(T_{30}) grafiği.

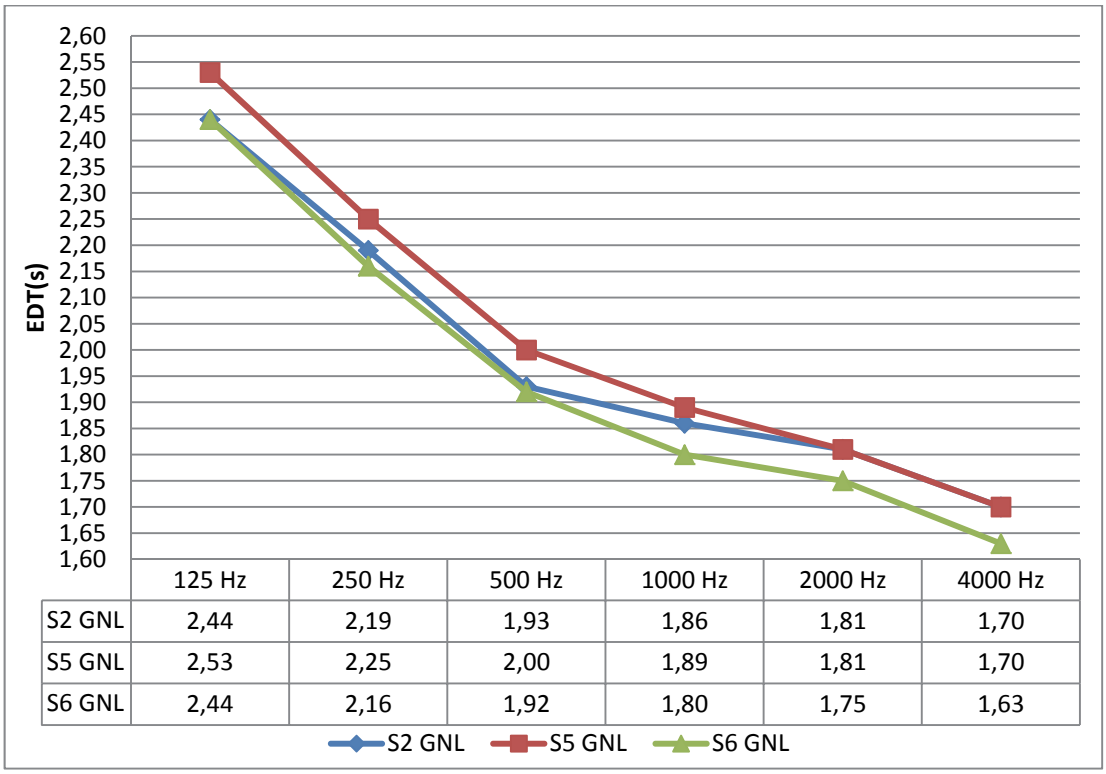
Balkonlarda diğer bölümlere göre daha yüksek XI(T_{30}) değeri elde edilmesi, bu bölümlerin çınlama eğrisinin diğer bölümlere göre daha az düzgün olduğunu göstermektedir. Zemin katlarda ise çınlama eğrisi diğer bölümlere göre daha düzgündür. Bu parametre için elde edilen en iyi sonuçlar balkonsuz S6 salonuna aittir ve bu da balkonların çınlama eğrisini az da olsa bozduğunu göstermektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, balkonlarda elde edilen XI(T_{30}) parametresi değerleri, balkonların çınlama eğrisinin düzgünlüğünü bozma eğiliminde olduğunu belirtmektedir. Yine de tüm salonlarda elde edilen değerler literatürde kabul edilen ‰ 5 değerinin altında yer almıştır.

Şekil.5.93'te üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen XI(T_{30}) değerleri gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde balkonu bulunmayan S6 salonuna göre diğer salonların daha fazla çınlama eğrisi bozulma oranına sahip oldukları görülmektedir. Grafiğe bakıldığında, balkon bölümlerinde bu oranın artması ve balkon sayısının artması ile çınlama eğrisinin azalma eğrisinin düzgünlüğünün paralel olarak bozulması açık biçimde fark edilmektedir.



Şekil 5.93 : Üç salonda alıcı noktalarında elde edilen XI(T_{30}) değerleri (1000Hz).

Salon genel sonuçlarına bakıldığında tüm frekanslarda en düşük EDT değerlerinin S6 salonunda elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçları sırasıyla S2 ve S5 salonlarına ait değerler takip etmektedir. EDT sürelerine ait grafik Şekil.5.94'te verilmiştir.

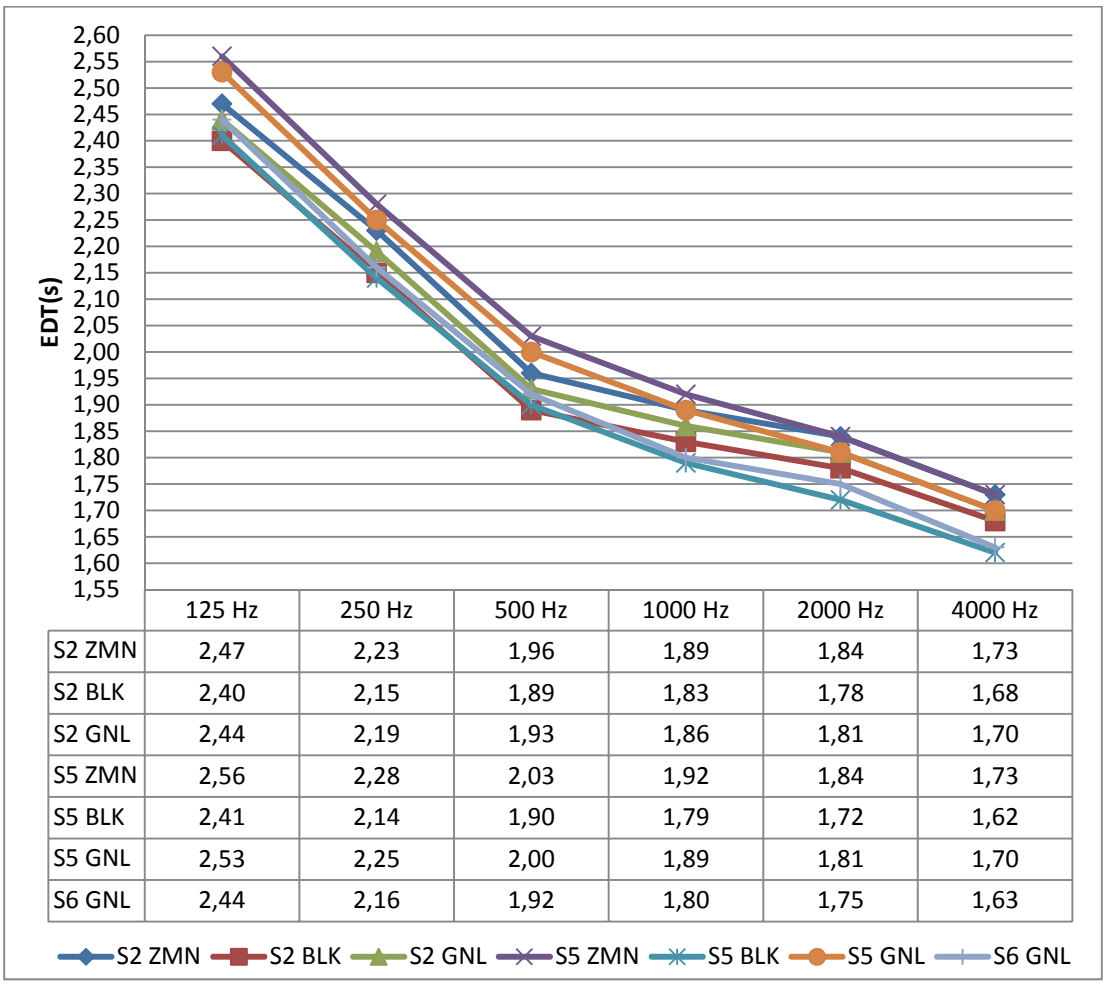


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	2,44	2,19	1,93	1,86	1,81	1,70
S5 GNL	2,53	2,25	2,00	1,89	1,81	1,70
S6 GNL	2,44	2,16	1,92	1,80	1,75	1,63

Şekil 5.94 : Salon geneli için EDT grafiği.

Salon bölümleri için yapılan hesaplamalarda, balkon bölümlerinin EDT değerlerinin düşük olduğu fakat aynı salonların zemin katlarında bulunan seyircilerin yüksek EDT değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Şekil.5.95'te yer alan grafikte

görüldüğü gibi balkonsuz S6 salonu diğer salonlara göre oldukça düşük sonuçlar EDT değerlerine sahiptir.



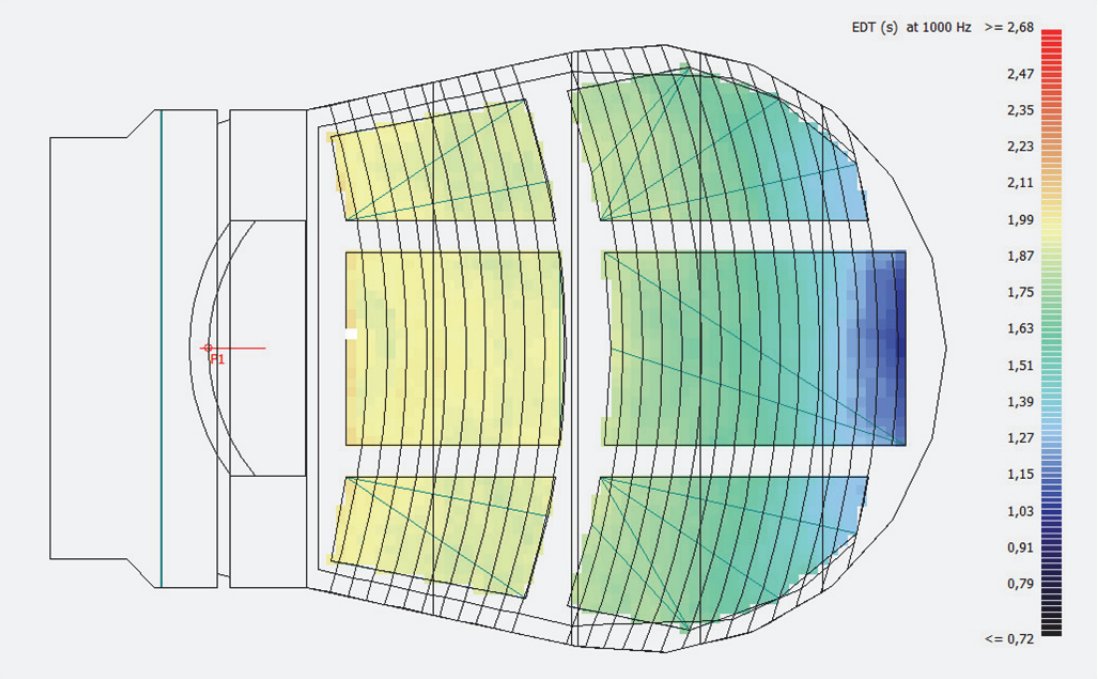
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	2,47	2,23	1,96	1,89	1,84	1,73
S2 BLK	2,40	2,15	1,89	1,83	1,78	1,68
S2 GNL	2,44	2,19	1,93	1,86	1,81	1,70
S5 ZMN	2,56	2,28	2,03	1,92	1,84	1,73
S5 BLK	2,41	2,14	1,90	1,79	1,72	1,62
S5 GNL	2,53	2,25	2,00	1,89	1,81	1,70
S6 GNL	2,44	2,16	1,92	1,80	1,75	1,63

Şekil 5.95 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için EDT grafiği.

EDT parametresi için elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, balkonlu salonların daha yüksek değerlere sahip olduğu ve bunun da zemin katlarında elde edilen EDT değerlerinin yüksek olmasından kaynaklandığı görülmektedir. Zemin katlarda oluşan bu durumun nedeni, balkon parapetleri ve alt yüzeylerinden gelen yansımaların bu bölgelere gelen geç yansımaları arttırması ve ses enerjisinin erken bölümünün daha uzun sürede sönümlenmesidir. Balkonu bulunmayan S6 salonunda erken ses enerjisinin diğer salonlara göre daha hızlı sönümlenmesi ve dolayısıyla düşük EDT değerlerinin elde edilmesi de bu durumu desteklemektedir.

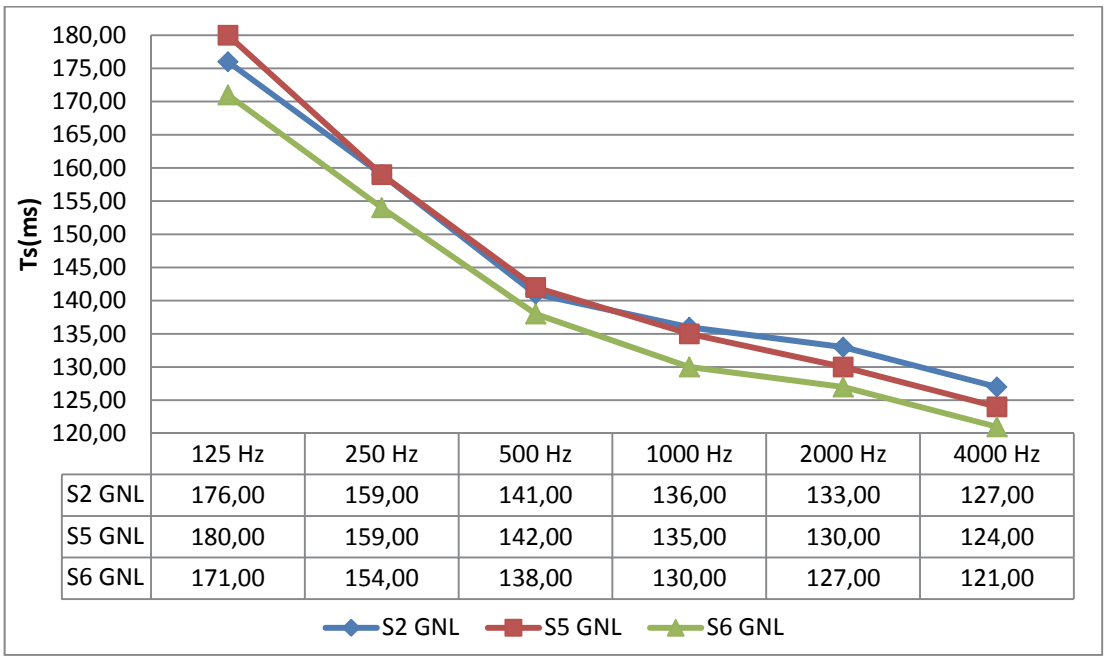
Şekil.5.96'da görüldüğü gibi tüm salonlarda arka kısımlara doğru gidildikçe EDT değerleri azalmakta, sahneye yaklaştıkça artmaktadır. Fakat salon detayları incelendiğinde, tüm salonlarda sahneye yakın olan ilk kısımda elde edilen EDT değerlerinin T_{30} değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Üç salonda da elde edilen

erken düşme süreleri çınlama sürelerinden daha kısadır ve bu durum salonlarda netliğin fazla, müzikal çevreleme etkisinin az olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.96 : S6 salonu için EDT parametresi grid hesabı.

Salonlarda yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlere bakıldığında tüm frekanslarda en düşük T_s değerlerinin S6 salonunda elde edildiği görülmektedir. Bu değerleri sırasıyla S5 ve S2 salonlarında elde edilen değerler takip etmektedir. T_s parametresi için salon genel sonuçları ile ilgili grafik Şekil.5.97'de verilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	176,00	159,00	141,00	136,00	133,00	127,00
S5 GNL	180,00	159,00	142,00	135,00	130,00	124,00
S6 GNL	171,00	154,00	138,00	130,00	127,00	121,00

Şekil 5.97 : Salon geneli için T_s grafiği.

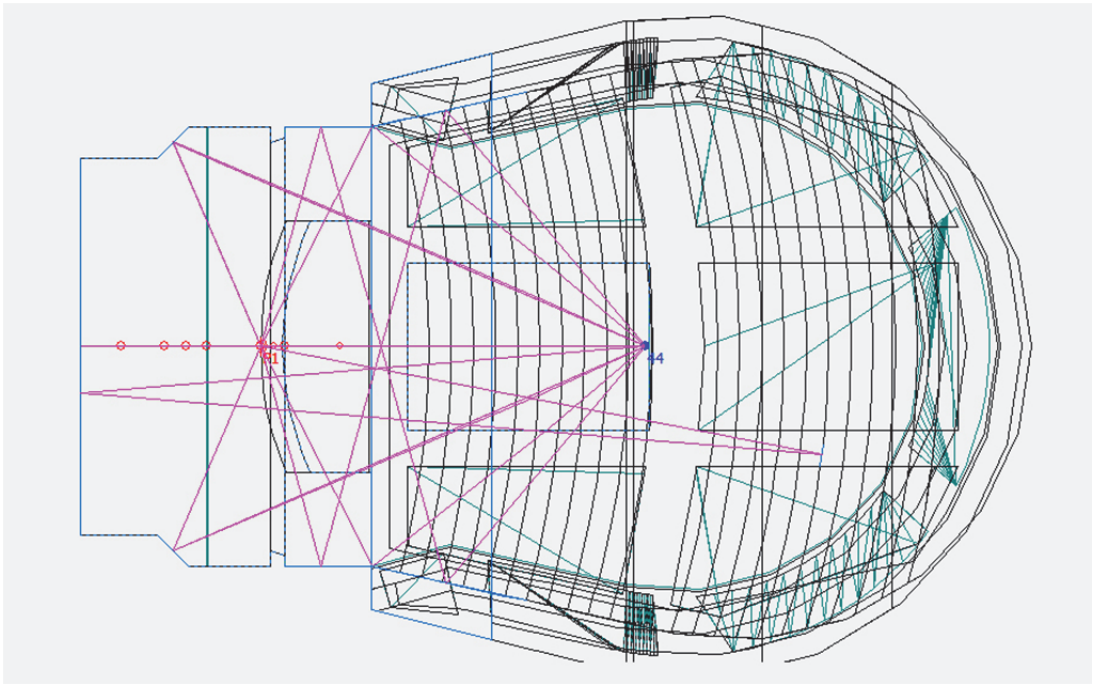
Salon bölümleri incelendiğinde merkez süresi parametresi için elde edilen değerlerin EDT ve T_{30} sonuçlarına paralel olduğu görülmektedir. Buna göre, en yüksek T_s değerleri balkonlu salonların (S2 ve S5 salonları) zemin katlarında, en düşük T_s değerleri S6 salonunda ve balkonlarda elde edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda elde edilen balkon, zemin kat ve salon ortalama değerleri Şekil.5.98'de bulunan grafik üzerinde gösterilmiştir.



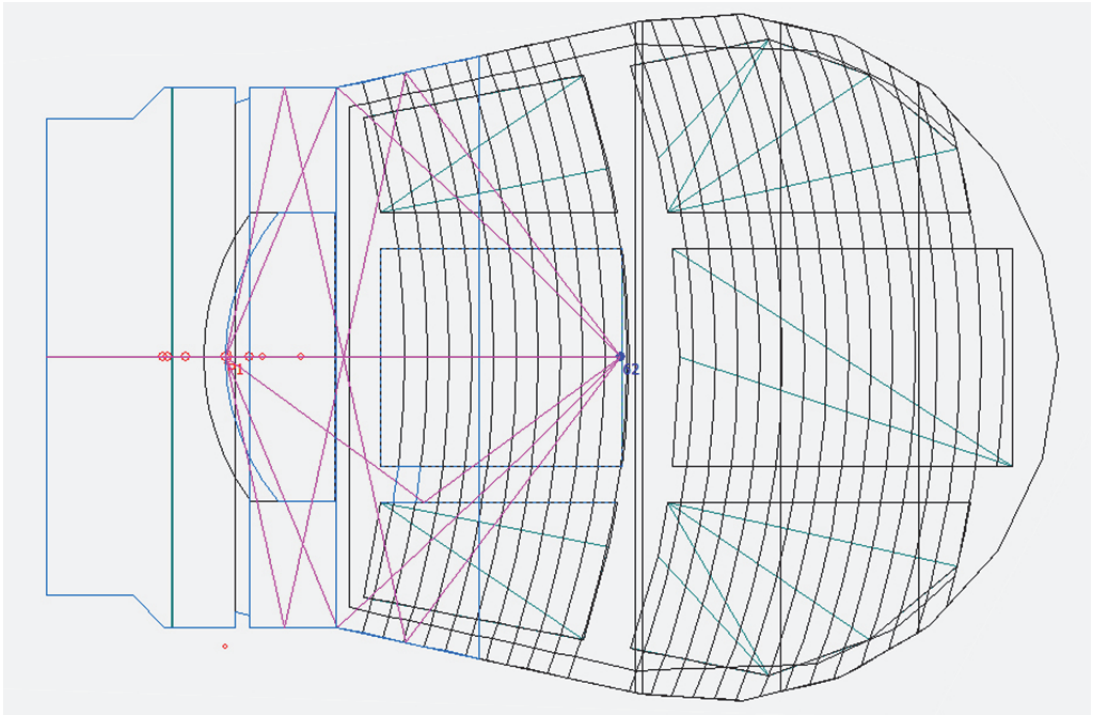
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	180,00	161,00	142,00	136,00	133,00	126,00
S2 BLK	172,00	156,00	139,00	135,00	133,00	127,00
S2 GNL	176,00	159,00	141,00	136,00	133,00	127,00
S5 ZMN	184,00	163,00	145,00	137,00	132,00	126,00
S5 BLK	166,00	148,00	133,00	127,00	124,00	119,00
S5 GNL	180,00	159,00	142,00	135,00	130,00	124,00
S6 GNL	171,00	154,00	138,00	130,00	127,00	121,00

Şekil 5.98 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için T_s grafiği.

Elde edilen T_s sonuçları değerlendirildiğinde, balkon kısımlarında ve balkonsuz S6 salonunda erken ses enerjisinin daha fazla olduğunu görülmektedir. T_{30} ve EDT parametrelerine paralel olarak S2 ve S5 salonlarında bulunan balkonların parapet ve balkon alt bölümleri ek yansımalara neden olarak zemin katlardaki geç ses oranını arttırmıştır. Ayrıca salonun at nalı plan tipi, balkonlara göre zemin kat bölümünde daha fazla odaklama etkisi yaratmaktadır. Oluşan bu odaklanma ile zemin katın orta bölümlerinde daha çok geç ses enerjisi toplanmaktadır. Bu durum da zemin katların balkonlara göre daha yüksek T_s değerine sahip olmasının nedenlerinden biridir.



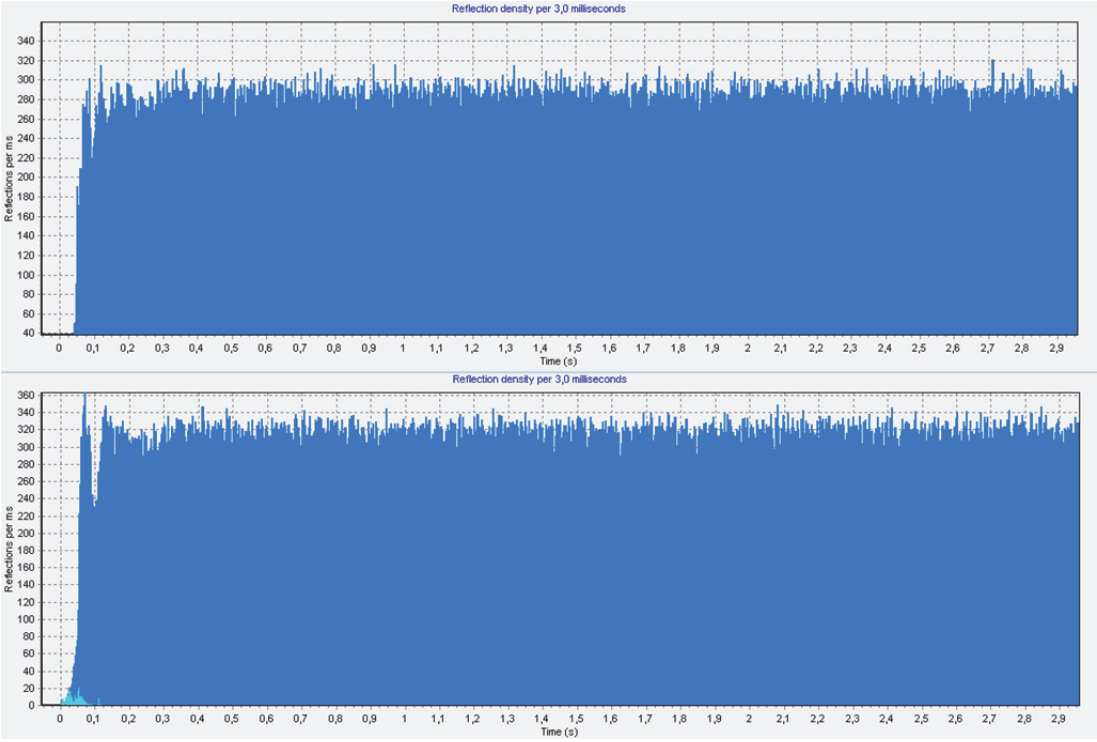
Şekil 5.99 : S5 salonunda A22 numaralı alıcı noktası ışın etütleri.



Şekil 5.100 : S6 salonunda A26 numaralı alıcı noktası ışın etütleri.

Şekil.5.99 ve Şekil.5.100'de, kaynağa uzaklıkları eşit olan, S5 salonunda bulunan alıcı noktası ile (A22 numaralı alıcı) S6 salonundaki alıcı noktası (A26 numaralı alıcı) görülmektedir. Yapılan geometrik etüt hesaplarından elde edilen sonuçlara göre birim zaman içinde, A26 numaralı alıcıya 15 yansıma ulaşırken, A22 numaralı alıcıya 22 yansıma ulaşmaktadır. Ayrıca bu yansımaların bir kısmının balkon

parapetlerinden gelen yansımalar olduğu görülmüştür. Bu durum balkonlardan kaynaklanan ek yüzeylerin A22 numaralı alıcı noktasına daha fazla yansıma ulaştırdığını göstermektedir. Balkonu bulunmayan S6 salonunda ek yansımaya neden olabilecek parapet, balkon altı tavan bölümleri yoktur ve bu nedenle diğer salonlara göre daha az geç ses enerjisi almıştır. Bu alıcı noktalarının yansıma yoğunlukları da Şekil.5.101'de gösterilmiştir.



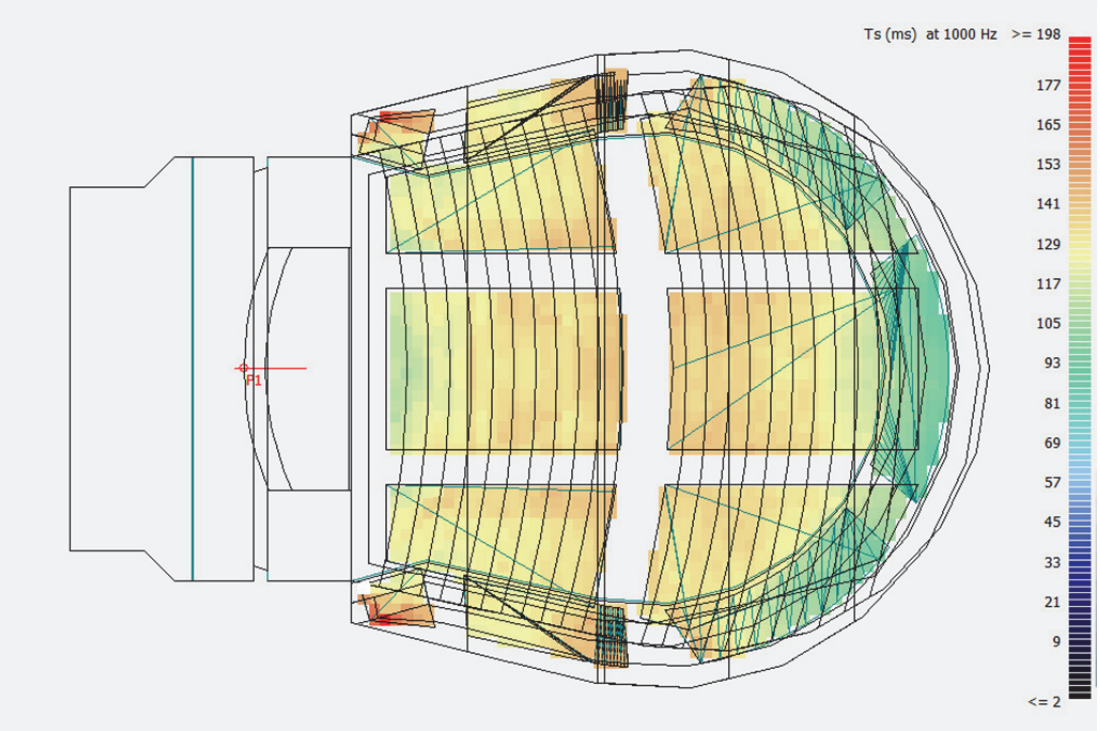
Şekil 5.101 : S5 ve S6 salonlarında A22 ve A26 noktalarında yansıma yoğunlukları.

Şekil.5.102'de de görüldüğü gibi, at nalı plan tipinin yarattığı odaklama etkisi salonların orta kısımlarında bulunan alıcılara daha çok geç yansımış ses ulaşmasına neden olmaktadır. Sahneye en yakın ve en uzak bölgelerde ise orta kısımlara göre erken ses enerjisi daha baskındır. Yanal yansımaların salonun arka bölümlerinde etkili olması da bu bölümlerdeki erken ses enerji oranını artırmaktadır.

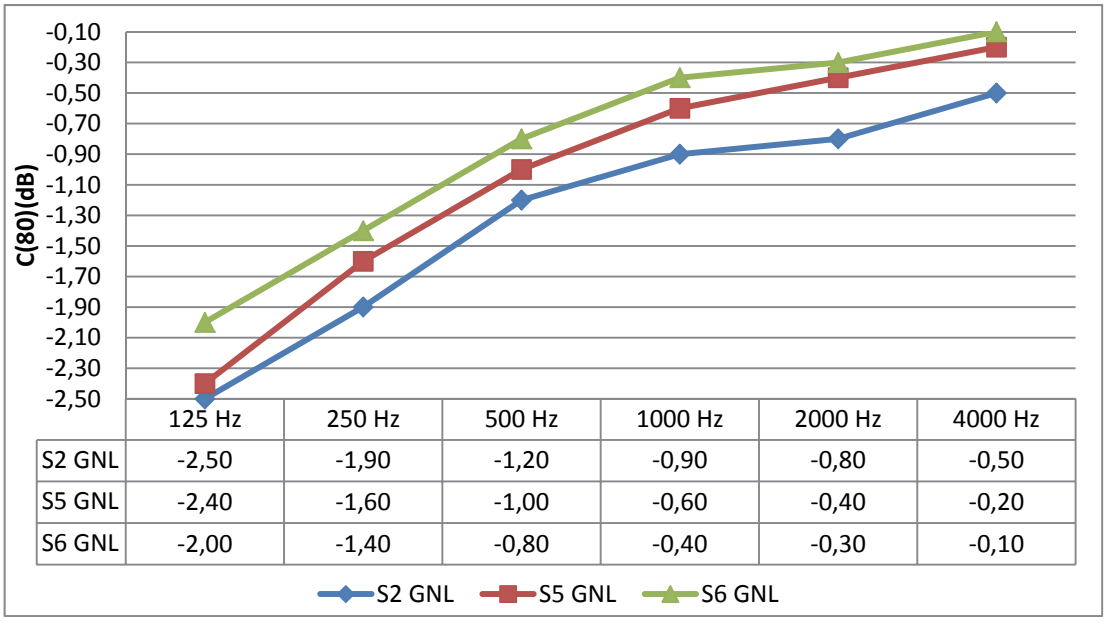
Salon genel sonuçlarına bakıldığında, C_{80} parametresi için tüm frekanslarda en düşük değerlerin S6 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bu sonuçları sırasıyla S5 ve S2 salonlarında elde edilen değerler takip etmektedir. Netlik parametresi için salon genelinde elde edilen değerlere ait grafik Şekil.5.103'te gösterilmiştir.

Salonlar daha detaylı incelendiğinde C_{80} parametresi için elde edilen değerlerin, EDT ve T_{30} sonuçları için yapılan değerlendirmeleri desteklediği görülmektedir. Balkonlu bölümlerde elde değerler bu bölgelerde erken ses enerjisinin geç ses enerjisine göre

daha baskın olduğunu göstermektedir. En yüksek sonuçlar S2 ve S5 salonlarının zemin katlarında elde edilirken en düşük sonuçlar balkon bölümlerinde ve S6 salonunda elde edilmiştir.



Şekil 5.102 : S5 salonu için T_s parametresi grid hesabı.

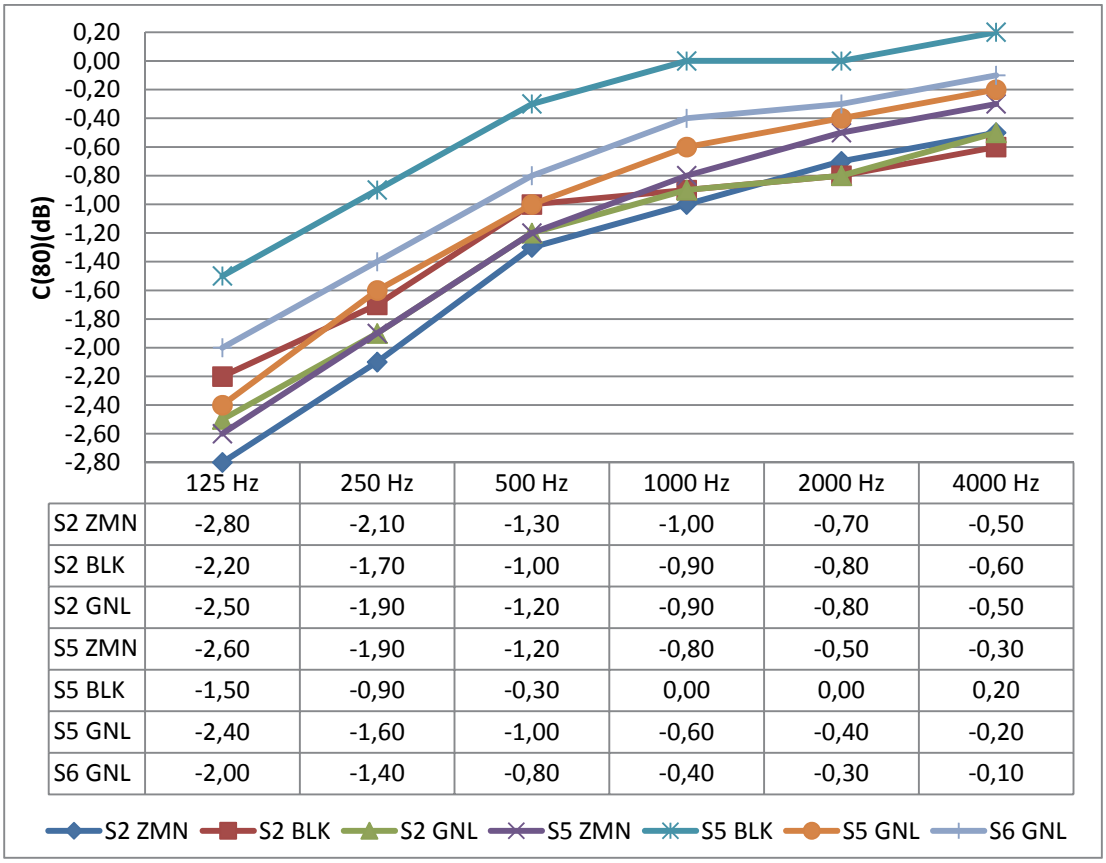


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	-2,50	-1,90	-1,20	-0,90	-0,80	-0,50
S5 GNL	-2,40	-1,60	-1,00	-0,60	-0,40	-0,20
S6 GNL	-2,00	-1,40	-0,80	-0,40	-0,30	-0,10

Şekil 5.103 : Salon geneli için C_{80} grafiği.

Bu parametre için elde edilen tüm sonuçlar dikkate alındığında, S2 ve S5 salonlarında merkez süresi (T_s) parametresinde olduğu gibi netlik (C_{80})

parametresinde de balkon bölümlerinde zemin kata göre erken enerji oranının daha fazla olduğu görülmektedir. Salonların bu bölümlerine ait sonuçlar optimum değerlerdedir. Aynı şekilde balkonu bulunmayan S6 salonunda da diğer salonlara göre daha yüksek netlik değeri elde edilmiştir. S2 ve S5 salonunda balkon çıkıntılarından ek yansımalar gerçekleşirken, S6 salonunda balkon olmaması ve ek yansımaların neden olduğu geç ses enerjisini alamaması, elde edilen netlik değerlerinin daha yüksek olmasına sebep olmuştur. Bu durum da balkonların salonda netliği düşürdüğünü göstermektedir.



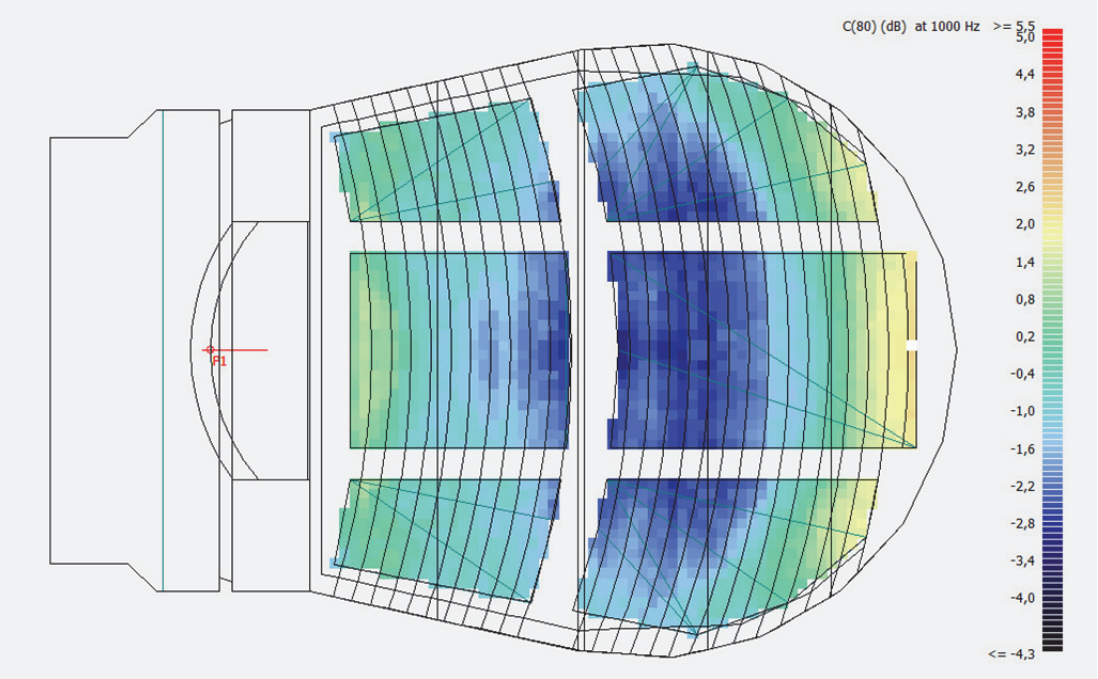
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	-2,80	-2,10	-1,30	-1,00	-0,70	-0,50
S2 BLK	-2,20	-1,70	-1,00	-0,90	-0,80	-0,60
S2 GNL	-2,50	-1,90	-1,20	-0,90	-0,80	-0,50
S5 ZMN	-2,60	-1,90	-1,20	-0,80	-0,50	-0,30
S5 BLK	-1,50	-0,90	-0,30	0,00	0,00	0,20
S5 GNL	-2,40	-1,60	-1,00	-0,60	-0,40	-0,20
S6 GNL	-2,00	-1,40	-0,80	-0,40	-0,30	-0,10

Şekil 5.104 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için C_{80} grafiği.

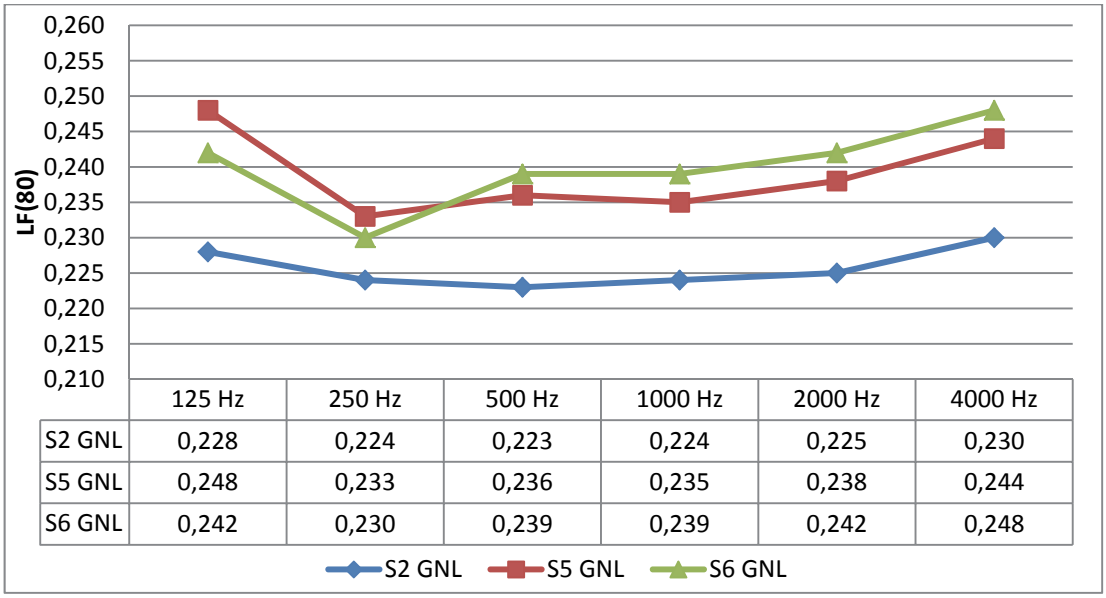
Birçok parametrede olduğu gibi bu parametrede de salonun at nalı plan tipinin odaklama etkisi görülebilmektedir. Şekil.5.105'te S6 salonunda elde edilen C80 değerleri plan üzerinde gösterilmiştir. Grid hesabı sonuçlarına göre salonun orta bölümleri, ön ve arka bölümlere göre daha az netliğe ve konuşma anlaşılabilirliğine sahiptir.

Yanal yansımaların salonlardaki etkinliği incelendiğinde, özellikle orta ve yüksek frekanslarda balkonsuz S6 salonunun yüksek sonuçlar elde ettiği görülmektedir. Bu değerleri, S5 salonuna ait değerler takip etmektedir. S2 salonu, diğer salonlara göre

her frekansta daha düşük sonuçlar yanal yansıma oranı değerleri elde etmiştir. Bu sonuçlara göre, S2 salonunda yanal yansımaların etkinliğinin diğer salonlara göre daha az olduğu görülmüştür. Yine de elde edilen tüm LF80 değerleri, literatüre göre kabul edilebilir sınırların içinde yer almaktadır. Bu duruma ait grafik Şekil.5.106'da gösterilmiştir.



Şekil 5.105 : S6 salonu için C_{80} parametresi grid hesabı.

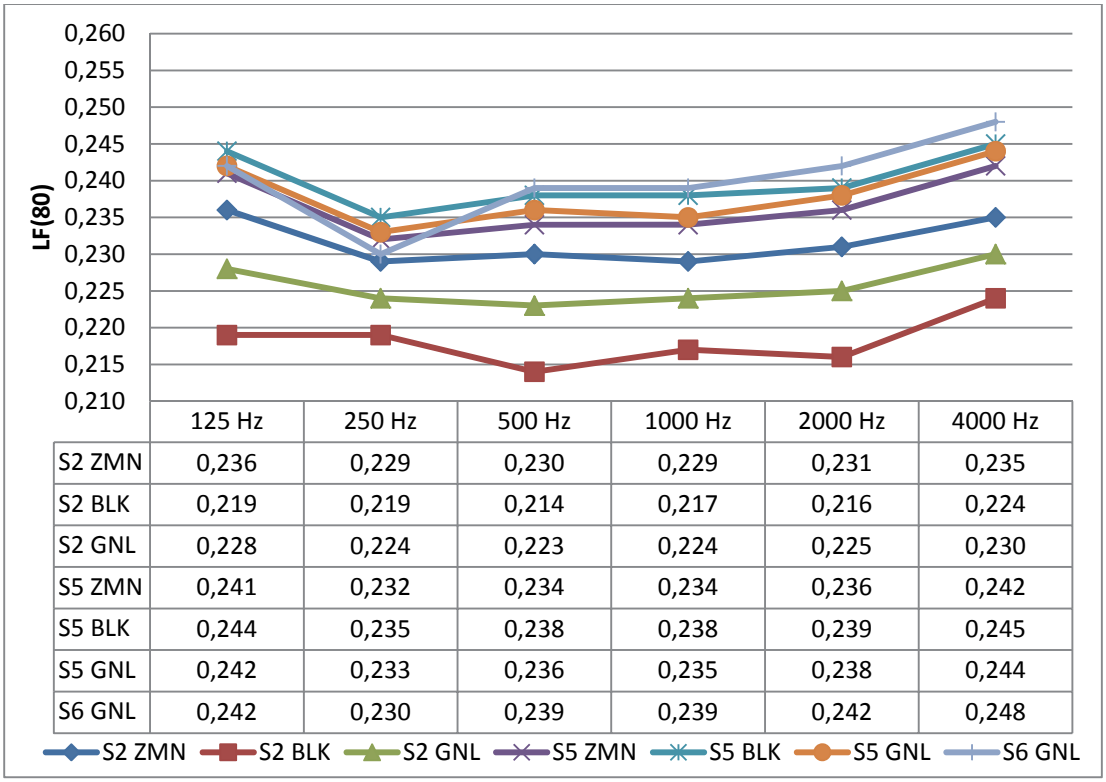


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	0,228	0,224	0,223	0,224	0,225	0,230
S5 GNL	0,248	0,233	0,236	0,235	0,238	0,244
S6 GNL	0,242	0,230	0,239	0,239	0,242	0,248

Şekil 5.106 : Salon geneli için LF_{80} grafiği.

Salon bölümlerinde elde edilen değerler daha ayrıntılı incelendiğinde, S5 salonunun balkon bölümünde yanal yansımaların daha etkin olduğu görülmektedir. Bunu S6

salonunda elde edilen değerler takip etmektedir. S2 salonunda ise tüm bölümlerde elde edilen LF80 değeri diğer salonlara göre düşüktür ve yanal yansımalar diğer salonlara göre daha az etkinliğe sahiptir. Salon bölümlerinde elde edilen değerlere ait grafik Şekil.5.107'de verilmiştir.



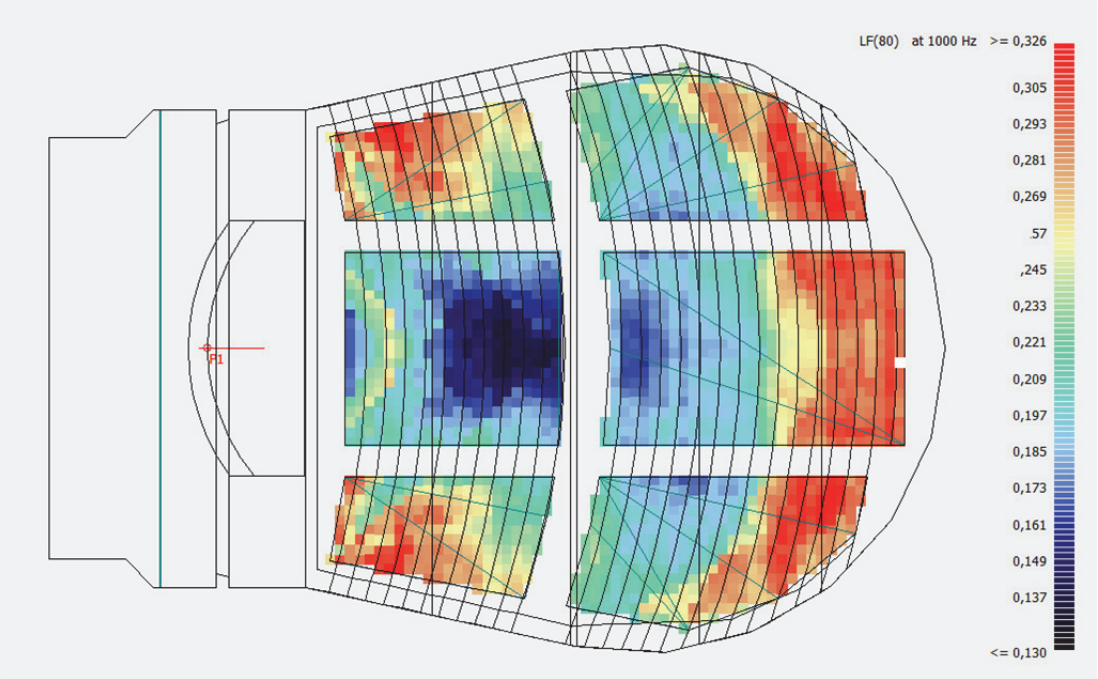
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,236	0,229	0,230	0,229	0,231	0,235
S2 BLK	0,219	0,219	0,214	0,217	0,216	0,224
S2 GNL	0,228	0,224	0,223	0,224	0,225	0,230
S5 ZMN	0,241	0,232	0,234	0,234	0,236	0,242
S5 BLK	0,244	0,235	0,238	0,238	0,239	0,245
S5 GNL	0,242	0,233	0,236	0,235	0,238	0,244
S6 GNL	0,242	0,230	0,239	0,239	0,242	0,248

Şekil 5.107 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için LF_{80} grafiği.

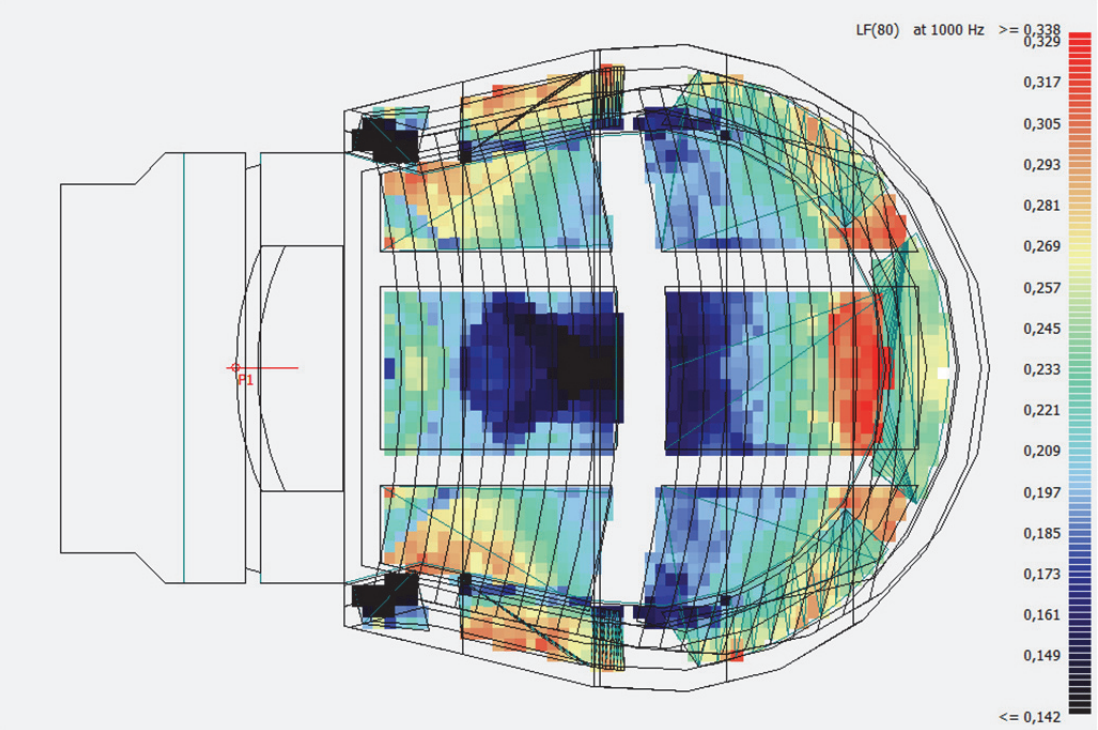
Tüm sonuçlar incelendiğinde, balkonlu salonların balkonsuz salona göre daha az yanal ses enerjisi oranına sahip olduğu görülmektedir. S6 salonunda ise yanal yansımaların etkisi diğer salonlara göre daha fazla olmuştur. Aynı zamanda at nalı plan tipinin zemin katlarda yüksek yanal yansıma oranlarına neden olması da, tüm dinleyici bölümleri zemin katta bulunan S6 salonunda yüksek değerler elde edilmesine neden olmuştur.

Şekil.5.108'de görüldüğü gibi, balkonsuz S6 salonunda, at nalı plan şeklinin neden olduğu yan duvar açıları, yanal ses enerjisini salonun arka bölümlerinde yoğunlaştırmıştır. Yine salonun ön kısmının yan bölümlerinde de güçlü yanal yansıma enerjisi görülmektedir. Bu durum dinleyicisinin tamamı zemin katta bulunan S6 salonundaki ortalama yanal yansıma oranını arttırmıştır. S2 ve S5 salonlarında bulunan balkon çıkıntıları bu salonlarda yanal yansıma enerjisinin S6 salonu kadar fazla olmasını engellemiştir. Şekil.5.109'da yer alan S5 salonu grid

hesabı sonuçları, bu salonun balkon bölümlerin ön ve orta kısımlarında zayıf yanal yansıma oranlarına sahip olduğunu göstermiştir.



Şekil 5.108 : S6 salonu için LF_{80} parametresi grid hesabı.

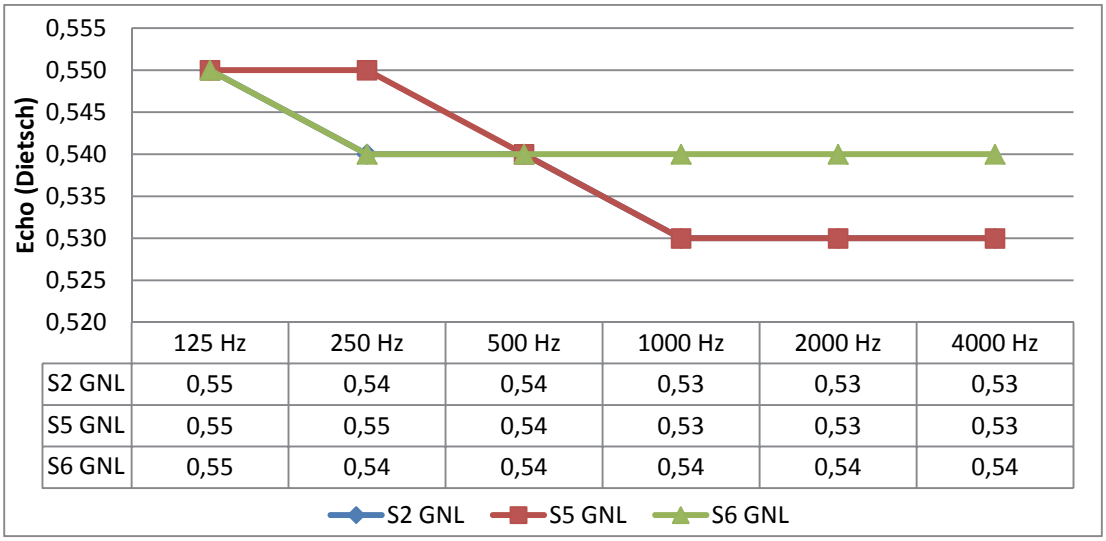


Şekil 5.109 : S5 salonu için LF_{80} parametresi grid hesabı.

Çoğu plan tipinde olduğu gibi at nalı plan tipinde de orta kısımlar yanal yansımaların en az etkin olduğu bölgelerdir. Salonun yan bölümlerine en uzak nokta olan salon

ortasında yanal yansımayla gelen enerji seviyesi oldukça azdır. At nalı plan tipinin neden olduğu diğer etki de salonun arka kısmında oluşan yüksek yanal yansıma oranıdır. Üç salonda da zemin katın arka bölümlerinde kabul edilebilir değerlerin üzerinde LF_{80} değerleri elde edilmiştir.

Salon genel sonuçlarına bakıldığında, Echo parametresi için orta ve yüksek frekanslarda S5 salonunun, alçak frekanslarda ise S2 ve S6 salonunun düşük sonuçlar elde ettiği görülmektedir. Salon genel sonuçları için elde edilen veriler ile ilgili grafik Şekil.5.110'da gösterilmiştir.



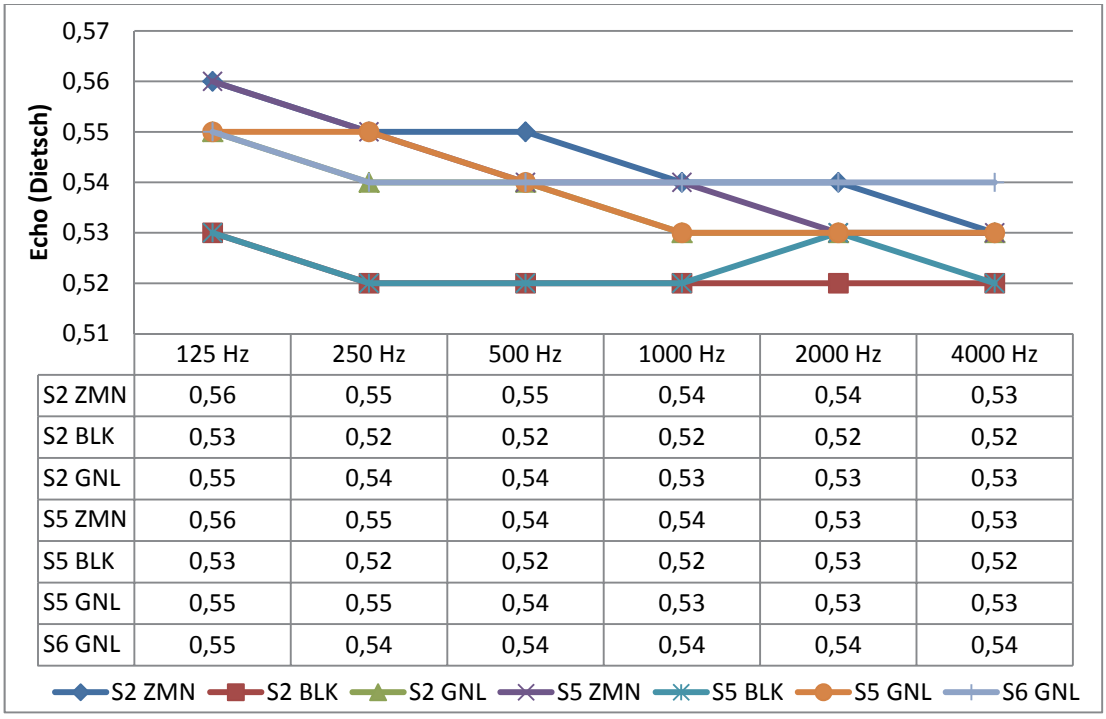
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53
S5 GNL	0,55	0,55	0,54	0,53	0,53	0,53
S6 GNL	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54

Şekil 5.110 : Salon geneli için Echo grafiği.

Salon bölümleri daha detaylı incelendiğinde, balkonlu bölümlerde daha düşük eko değerleri elde edildiği görülmektedir. Sonuçlar salonların zemin katlarında duyulabilir eko oluşma ihtimalinin daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Salon bölümleri incelendiğinde, en düşük değerlerin S2 salonunun ve S5 salonlarının balkon bölümlerinde, en yüksek değerlerin ise aynı salonların zemin katlarında elde edildiği görülmektedir.

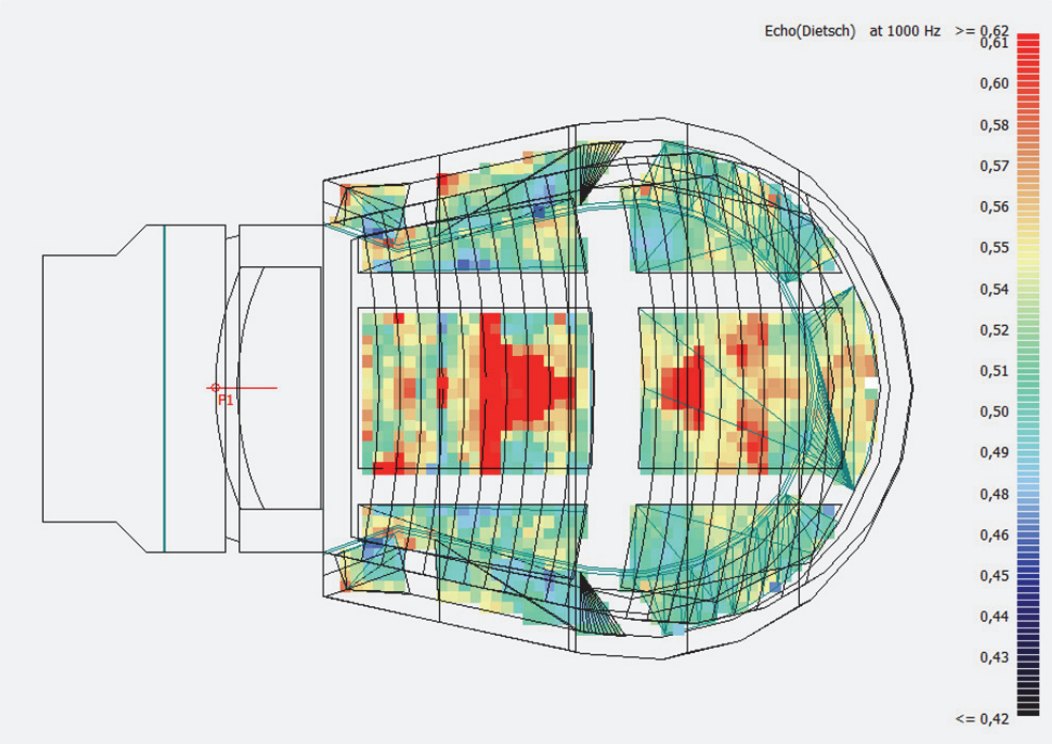
Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, balkon bölümlerinde kuvvetli gecikmiş yansımaların daha az olduğu ve bu bölümlerde elde edilen parametre değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Bununla birlikte salonların farklı bölümlerine ait Echo değerleri de farklılık göstermiştir. En yüksek değerlerin zemin katlarda elde edilmesi, at nalı plan tipinin odaklama etkisine neden olup salonların bu bölümlerinde duyulabilir eko oluşma ihtimalini arttırdığı anlamına gelmektedir. S6 salonunda elde edilen parametre değerleri, tüm dinleyicileri zemin katta bulunan balkonsuz at nalı

plan tipindeki bir salonda Echo parametresinin daha yüksek değerler alacağını ve balkonların duyulabilir eko oluşma ihtimalini düşürdüğünü göstermektedir. Üç salonda elde edilen sonuçlar, rahatsız edici eko değerinin altında kaldığı için bu salonlarda duyulabilir eko oluşmamıştır.

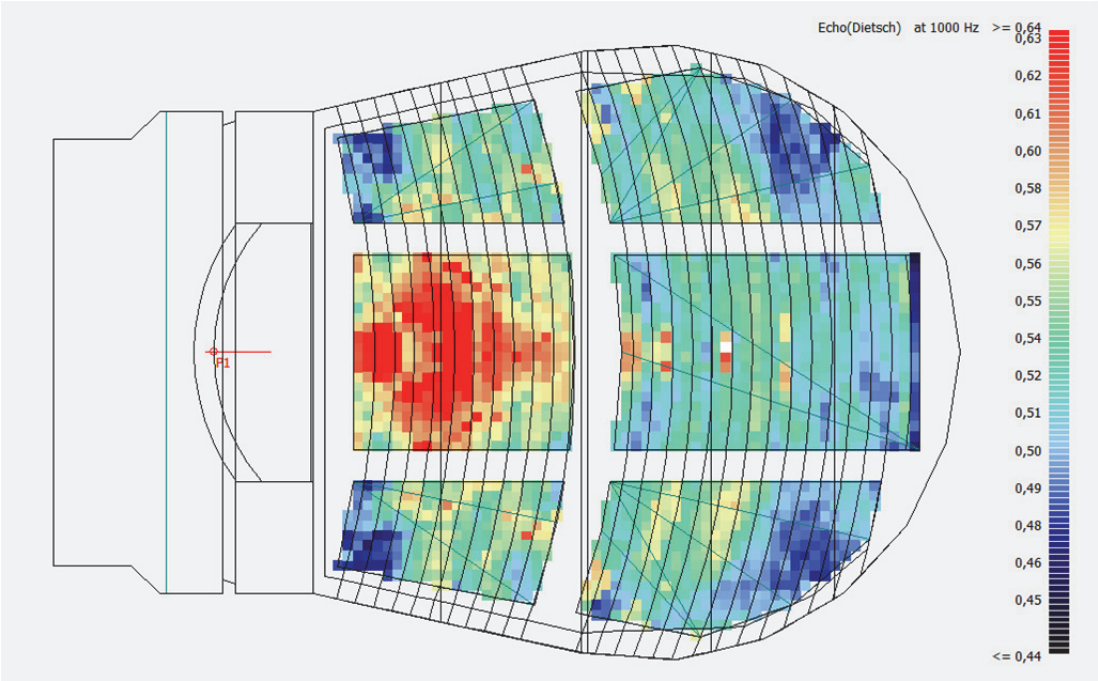


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53
S2 BLK	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
S2 GNL	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53
S5 ZMN	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53
S5 BLK	0,53	0,52	0,52	0,52	0,53	0,52
S5 GNL	0,55	0,55	0,54	0,53	0,53	0,53
S6 GNL	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54

Şekil 5.111 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için Echo grafiği.



Şekil 5.112 : S2 salonu için Echo parametresi grid hesabı.



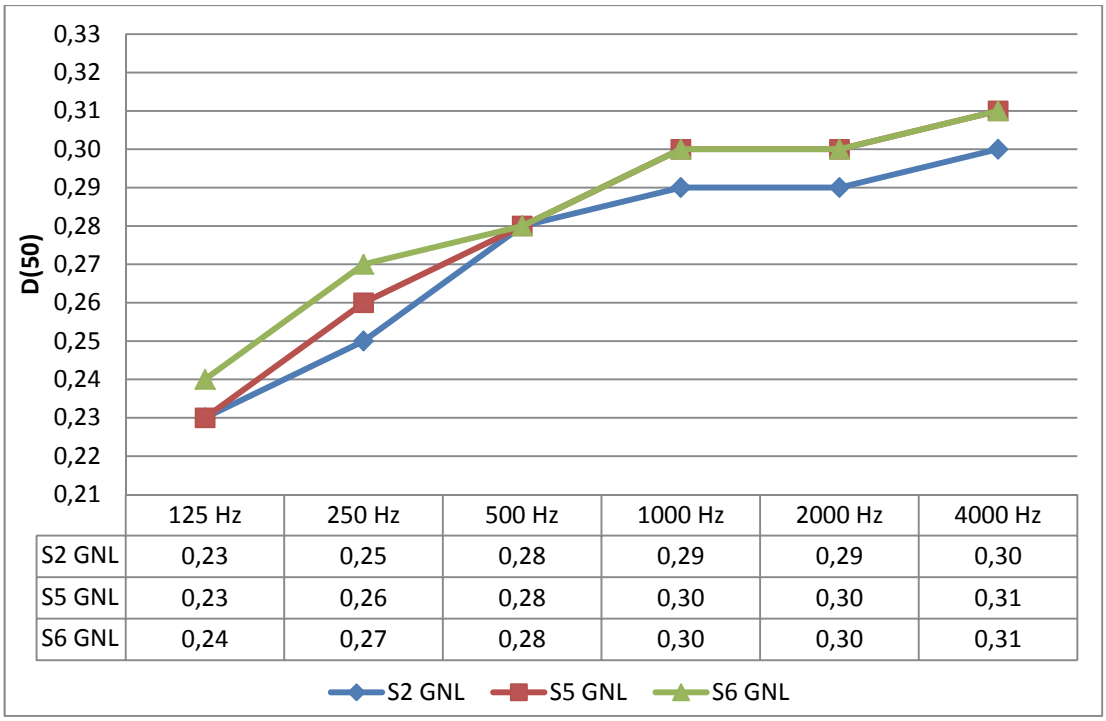
Şekil 5.113 : S6 salonu için Echo parametresi grid hesabı.

Şekil.5.112 ve Şekil.5.113'de görüldüğü gibi at nalı plan tipinin sahip olduğu dairesel form, salonların orta kısımlarında ses enerjisini odaklayarak Echo değerlerini yükseltmekte, bu da duyulabilir eko oluşma ihtimalini arttırmaktadır. Salonların taban alanı büyüklüğü ve geç ses enerjilerinin yoğunlaştığı bölgeler ekonun oluştuğu yerleri belirlemektedir. S6 salonunda orta bölümünün önleri ve S2 salonunda salonun tam orta bölümü bu duruma örnek olarak verilebilir. Bununla birlikte balkonlu salonların sahneye yakın kısımlarının en arka bölümlerine, dolaysız ses yerine daha fazla geç ses enerjisi ulaştığı için, bu bölümlerde duyulabilir eko oluşma olasılığı diğer balkon bölümlerine daha yüksektir.

Balkon durumunun değerlendirilmesi için seçilen ikinci grup parametreler konuşma anlaşılabilirliği ile ilgilidir. Bunlar; D_{50}, STI ve AL_{cons} parametreleridir.

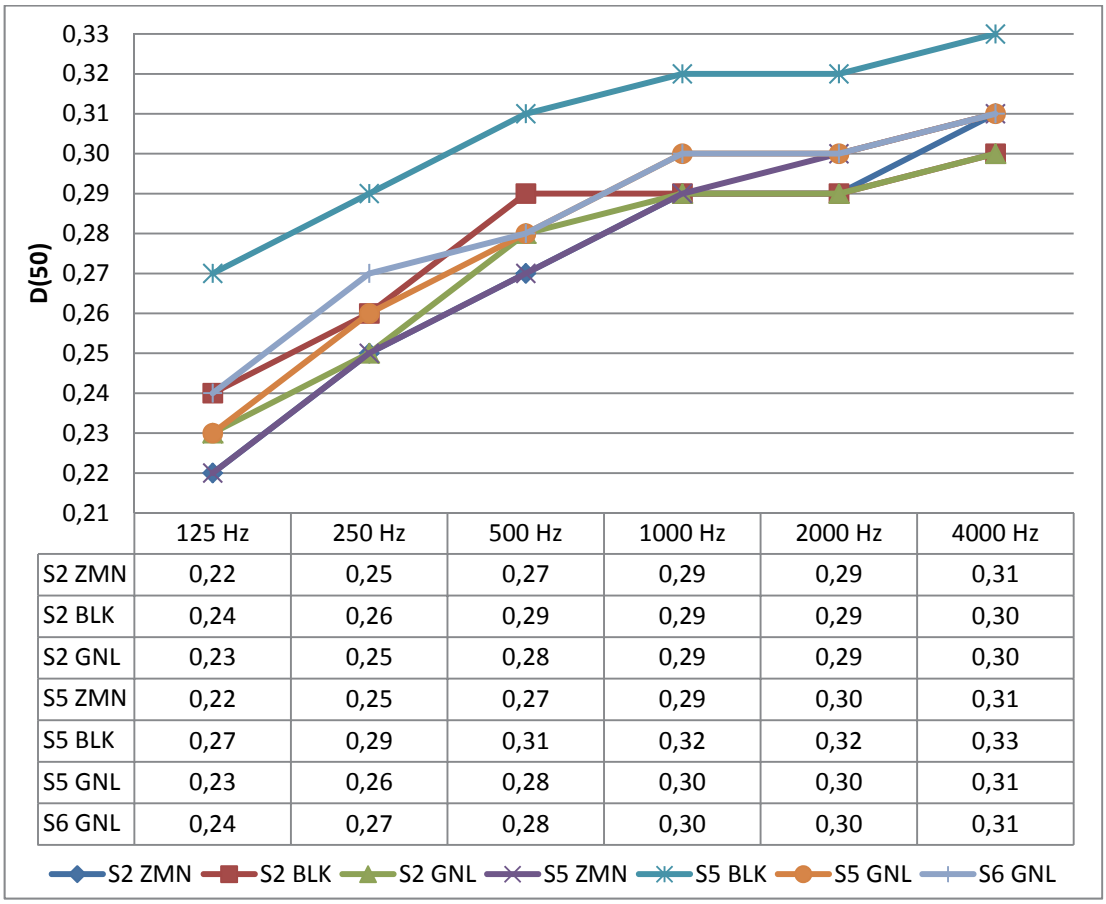
Salon genel sonuçlarına bakıldığında, en yüksek D_{50} değerlerin balkonsuz S6 salonunda elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçları sırasıyla S5 ve S2 salonlarda elde edilen değerler takip etmektedir. Salon genelinde elde edilen D_{50} değerlerine ait grafik Şekil.5.114'te gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde, en yüksek D_{50} değerlerinin balkon bölümlerinde elde edildiği görülmektedir. S5 ve S2 salonlarının zemin katlarına ait sonuçlar en düşük, aynı salonların balkonlarına ait sonuçlar ise en yüksek değerler olmuştur.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	0,23	0,25	0,28	0,29	0,29	0,30
S5 GNL	0,23	0,26	0,28	0,30	0,30	0,31
S6 GNL	0,24	0,27	0,28	0,30	0,30	0,31

Şekil 5.114 : Salon geneli için D_{50} grafiği.



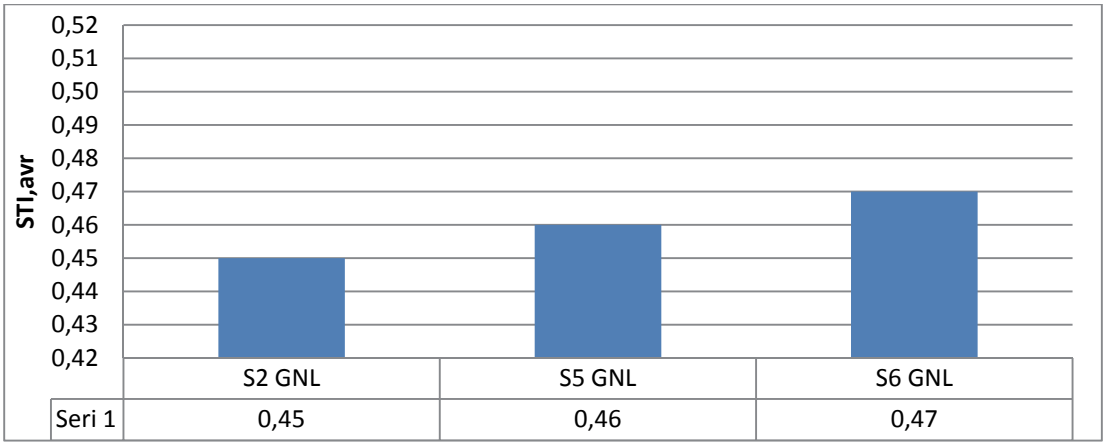
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,22	0,25	0,27	0,29	0,29	0,31
S2 BLK	0,24	0,26	0,29	0,29	0,29	0,30
S2 GNL	0,23	0,25	0,28	0,29	0,29	0,30
S5 ZMN	0,22	0,25	0,27	0,29	0,30	0,31
S5 BLK	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32	0,33
S5 GNL	0,23	0,26	0,28	0,30	0,30	0,31
S6 GNL	0,24	0,27	0,28	0,30	0,30	0,31

Şekil 5.115 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için D_{50} grafiği.

Tüm sonuçlar göz önüne alındığında, elde edilen değerlerin hesaplanan diğer parametrelerle uyumlu olduğu görülmektedir. Zemin katların orta kısımlarında salon formu yüzünden oluşan geç ses enerjisi, balkona ait yüzeylerin yarattığı ek ve geç yansımalar salonların zemin katlarında balkon bölümlerine göre geç ses enerji oranını yükseltmektedir. Bu nedenle zemin katlarda düşük, balkonlarda daha yüksek konuşma anlaşılabilirliği elde edilmiştir. S6 salonunda da odaklama nedeniyle geç ses enerji oranının yüksek olduğu bölümler bulunmasına rağmen, salonun balkon yüzeylerine sahip olmaması nedeniyle diğer salonlara göre daha yüksek konuşma anlaşılabilirliği değerlerine sahiptir.

STI parametresi için salonlarda elde edilen değerlere bakıldığında, sonuçların D_{50} parametresi ile paralel olduğu görülmektedir. D_{50} parametresinde olduğu gibi STI parametresinde de S6 salonunda en yüksek değerler elde edilmiş ve bunu S5 ve S2 salonlarında elde edilen değerler takip etmiştir. STI parametresi için elde edilen salon genel değerleri Şekil.5.116'da bulunan grafikte verilmiştir.

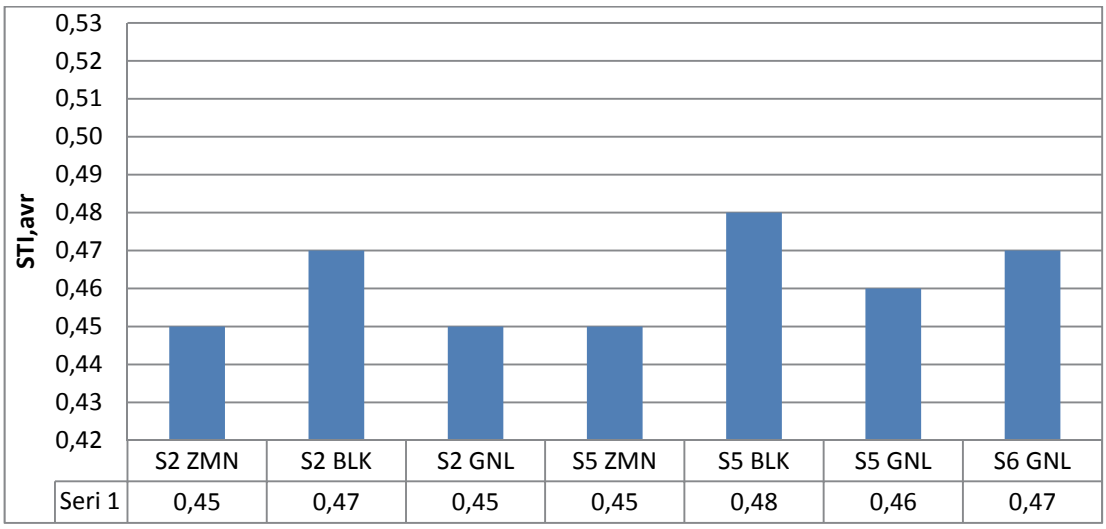
Salon bölümleri incelendiğinde de D_{50} parametresinde olduğu gibi, balkon bölümlerinde elde edilen değerlerin yüksek, zemin kata ait değerlerin ise düşük olduğu görülmektedir. Salon bölümlerinde elde edilen bu sonuçlar S2 ve S5 salonlarında da benzer şekildedir ve balkonsuz S6 salonunda elde edilen değerler de diğer salon ortalamalarından yüksek olmuştur.



Şekil 5.116 : Salon geneli için STI grafiği.

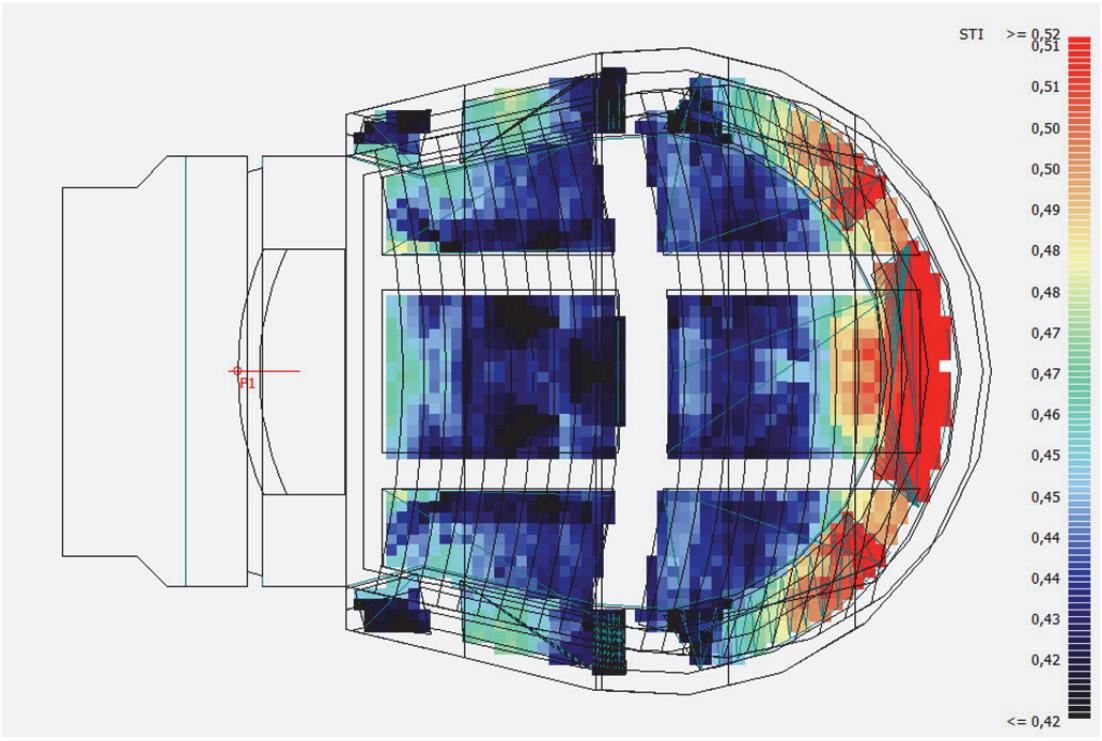
Zemin katların odaklanma etkisi ve ek yansımalarla aldığı kuvvetli geç yansımalar orta kısımlarda geç ses enerjisini arttırarak konuşma anlaşılabilirliğini azaltmıştır. Aynı şekilde S6 salonunda balkon bölümü bulunmadığı için bu etki daha azdır ve konuşma anlaşılabilirliği diğer salonlara göre daha fazla olmuştur. Yine de elde

edilen sonuçların tamamı tüm salonlarda kabul edilebilir değerlere göre düşük konuşma anlaşılabilirliği olduğunu göstermektedir.



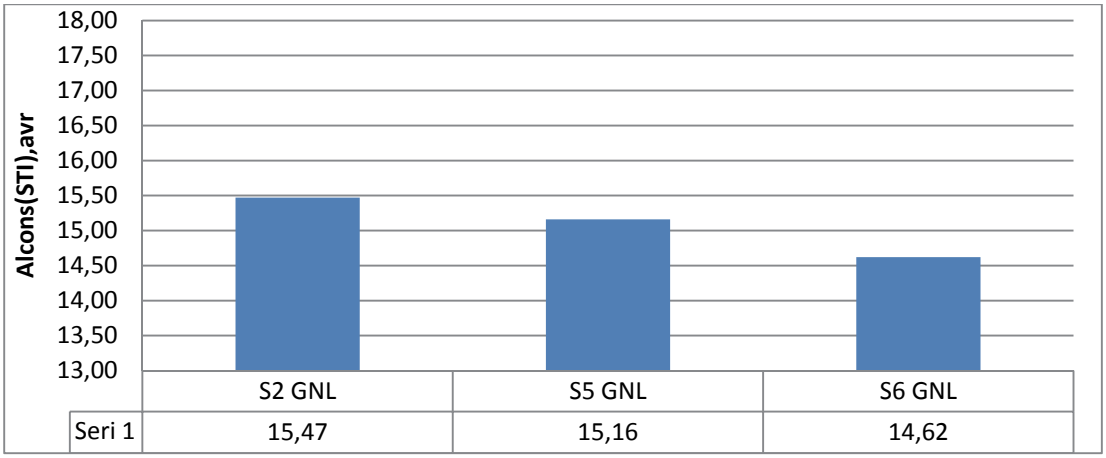
Şekil 5.117 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için STI grafiği.

Şekil.5.118'de görüldüğü gibi salonun at nalı plan tipinin neden olduğu odaklanma etkisi, salonun orta kısımlarında geç ses enerjisi oluşturarak diğer bölümlere göre konuşma anlaşılabilirliğinin daha az olmasına neden olmuştur. Salonların yüksek yanal yansıma alan arka kısımları ise tüm salonlarda konuşma anlaşılabilirliğinin en yüksek olduğu bölümlerdir.



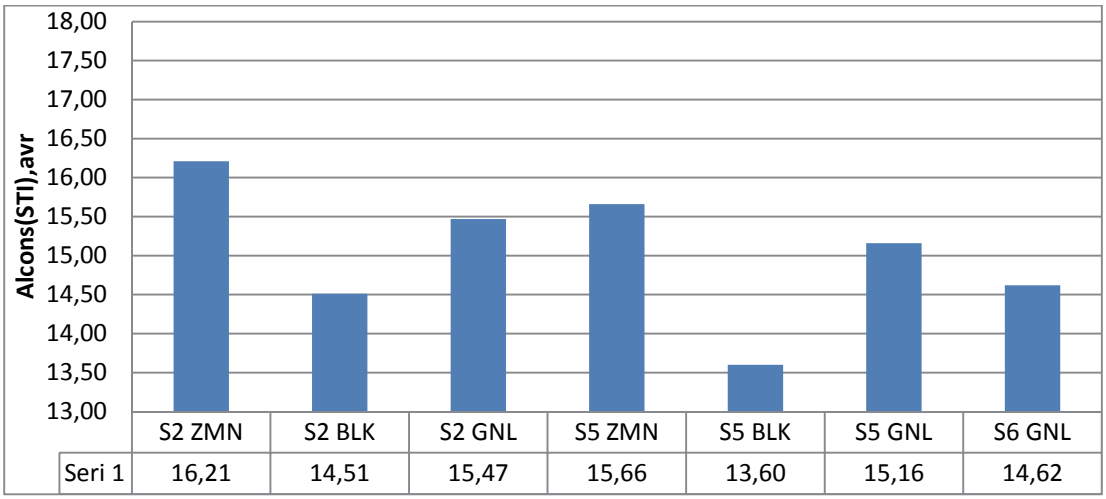
Şekil 5.118 : S5 salonu için STI parametresi grid hesabı.

Sessiz harflerin anlaşılabilirlik kaybı ile ilgili AL_{cons} parametresi de diğer konuşma anlaşılabilirliği parametreleri ile benzer sonuçlar vermiştir. Salon geneline bakıldığında en düşük sonuçların S6 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bu sonuçları sırasıyla S5 ve S2 salonlarında elde edilen değerler takip etmiştir. Salon geneli için elde edilen AL_{cons} parametresi değerleri Şekil.5.119'da verilmiştir.



Şekil 5.119 : Salon geneli için AL_{cons} grafiği.

Salon bölümleri daha detaylı incelendiğinde diğer konuşma anlaşılabilirliği parametrelerinde olduğu gibi en düşük sonuçların balkon bölümlerine, en yüksek sonuçların da zemin katlara ait olduğu görülmektedir. Balkonsuz S6 salonunda elde edilen değerler ise diğer salonların ortalamalarından düşük olmuştur. Bu duruma ait grafik, Şekil.5.120'de verilmiştir.



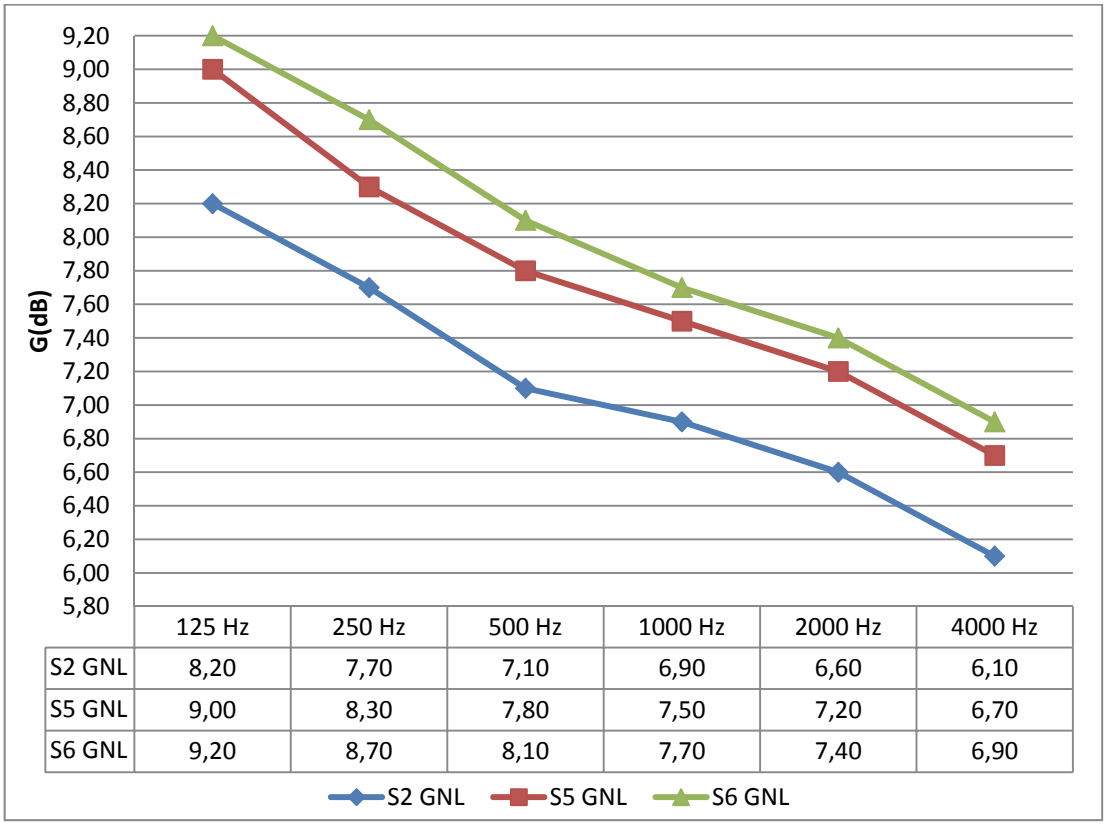
Şekil 5.120 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için AL_{cons} grafiği.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde Al_{cons} parametresine ait değerlerin D_{50} ve STI parametreleri ile paralel olduğu görülmektedir. Diğer parametrelerde olduğu gibi

burada da balkonlarda en düşük sonuçların, zemin katlarda en yüksek sonuçların elde edilmesi, zemin katlardaki odaklanma ve ek yansımalar nedeniyle gerçekleşen geç ses enerji oranının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. S6 salonunda, konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili diğer parametrelerde olduğu gibi, S2 ve S5 salonlarına göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Böylelikle S6 salonu, sessiz harflerin anlaşılabilirlik kaybı en az olan salon olmuştur ve bu durum salondaki konuşma anlaşılabilirliğinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. STI parametresinde olduğu gibi AL_{cons} parametresinde de at nalı plan tipini odaklanma etkisi ile tüm salonların orta kısımlarında geç ses enerjisi etkin olmuş ve en iyi sonuçlar salonların arka kısımlarında elde edilmiştir.

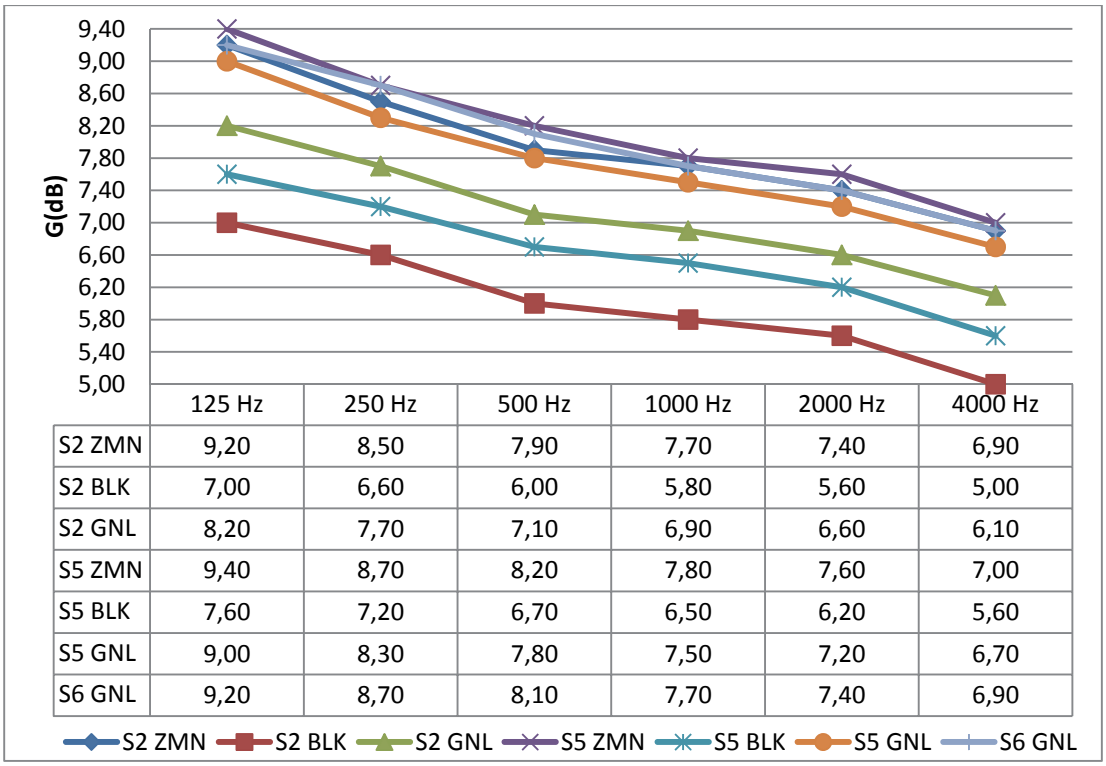
Balkon durumunun değerlendirilmesi için gruplanan parametrelerden üçüncüsü ses gücü ile ilgili parametrelerdir. Bunun için; G ve SIL parametreleri seçilmiştir.

Salon ortalama sonuçlarına bakıldığında en yüksek G değerinin tüm frekanslarda S6 salonunda elde edildiği görülmektedir. Bu değerleri sırasıyla S5 ve S2 salonlarında elde edilen değerler takip etmektedir. Elde edilen değerler Şekil.5.121'de bulunan grafikte gösterilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	8,20	7,70	7,10	6,90	6,60	6,10
S5 GNL	9,00	8,30	7,80	7,50	7,20	6,70
S6 GNL	9,20	8,70	8,10	7,70	7,40	6,90

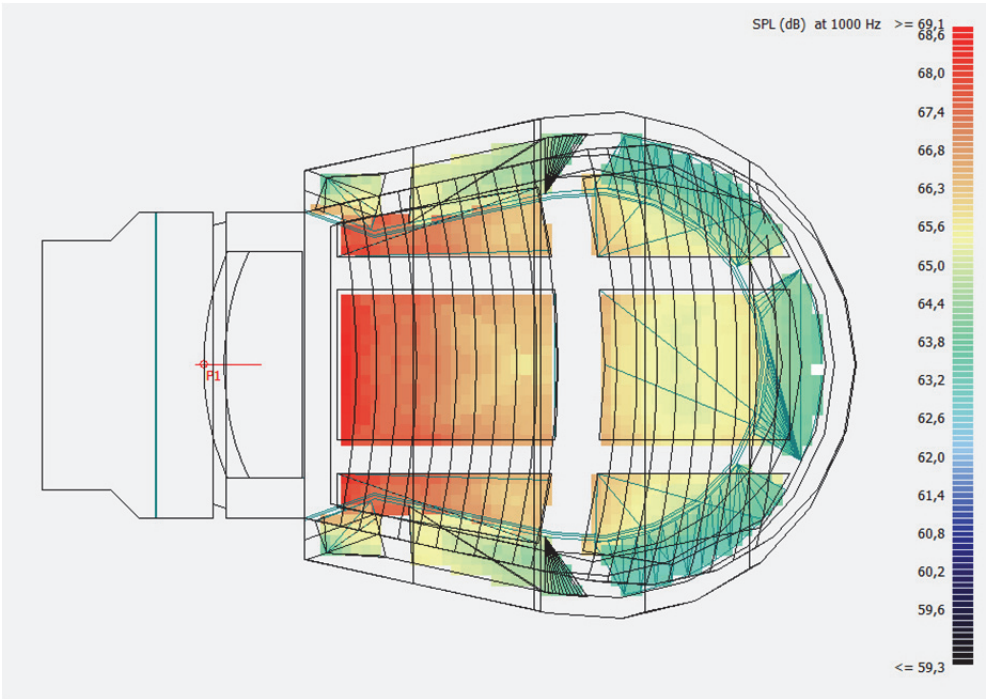
Şekil 5.121 : Salon geneli için G grafiği.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	9,20	8,50	7,90	7,70	7,40	6,90
S2 BLK	7,00	6,60	6,00	5,80	5,60	5,00
S2 GNL	8,20	7,70	7,10	6,90	6,60	6,10
S5 ZMN	9,40	8,70	8,20	7,80	7,60	7,00
S5 BLK	7,60	7,20	6,70	6,50	6,20	5,60
S5 GNL	9,00	8,30	7,80	7,50	7,20	6,70
S6 GNL	9,20	8,70	8,10	7,70	7,40	6,90

Şekil 5.122 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için G grafiği.

Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde en yüksek değerlerin salonların zemin katlarında elde edildiği en düşük sonuçların ise aynı salonların balkon bölümlerine ait olduğu görülmektedir. S6 salonunun genelinde elde edilen değerler ise diğer salonların ortalamalarından yüksek olmuştur.



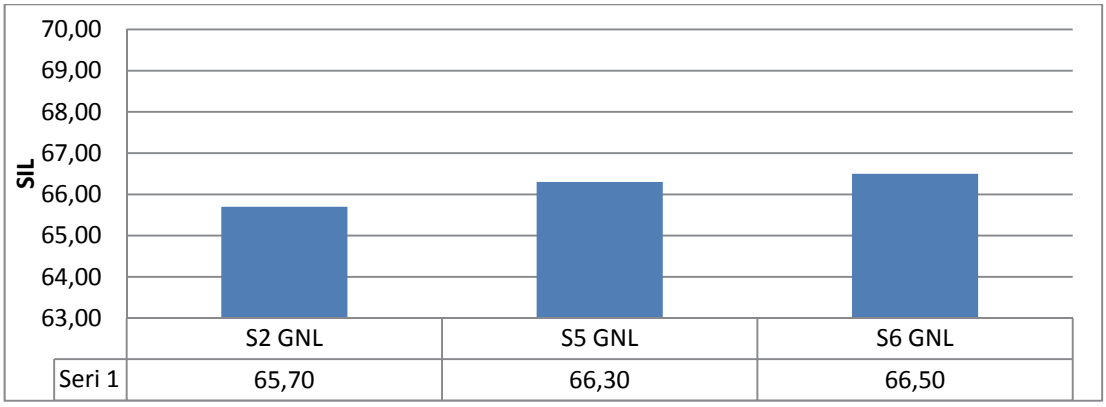
Şekil 5.123 : S2 salonu için SPL parametresi grid hesabı.

Tüm sonuçlar göz önüne alındığında, zemin katlarda en yüksek G değerlerinin elde edilmesi, bu bölgelerde ses enerjisinin daha fazla olduğunu göstermektedir. Balkonların zemin kata göre ses kaynağına daha uzak olması, zemin katlar kadar ses enerjisi almaması, bu bölgelerde G değerlerinin daha düşük olmasına neden olmuştur. Balkonsuz S6 salonunda ise diğer salonlara göre daha yüksek G değeri elde edilmiştir ve balkonların G değerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.

Şekil.5.123'te görüldüğü gibi G değeri ses kaynağından uzaklaştıkça azalmaktadır. Beklendiği gibi, üç salonda da elde edilen en yüksek G değerleri sahneye en yakın noktalarda bulunmaktadır. Balkon bölümlerinde zemin kat arka bölümünden daha düşük değerler elde edilmiştir.

Salon ortalama sonuçlarına göre, elde edilen SIL değerleri G değeriyle paralellik göstermektedir. Buna göre en yüksek değerler S6 salonunda elde edilmiş, S5 ve S2 salonu sırasıyla bu değerleri takip etmiştir. Şekil.5.124'te salon geneli için elde edilen SIL değerlerine ait grafik verilmiştir.

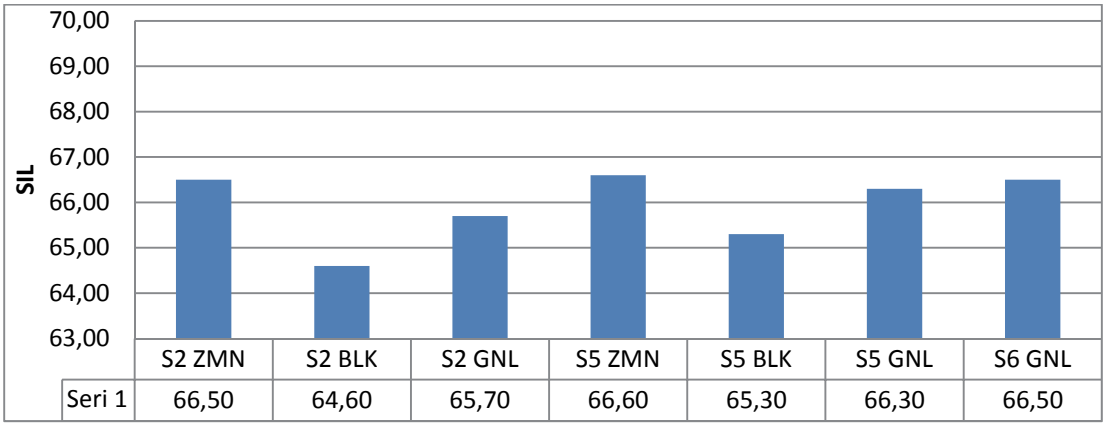
Salonlar ayrıntılı olarak incelendiğinde de, elde edilen SIL değerlerinin G parametresi ile benzer olduğu görülmektedir. Buna göre balkon bölümlerinde elde edilen sonuçlar en düşük sonuçlardır. Bu nedenle bu bölümlerin arka plan gürültüsünden etkilenme ihtimali daha yüksektir. Zemin katlarda ise, bu durumun tam tersi olarak, daha yüksek SIL değerleri elde edilmiştir.



Şekil 5.124 : Salon geneli için SIL grafiği.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, elde edilen sonuçların G parametresi ile paralel olduğu görülmektedir. G parametresinde olduğu gibi balkonlar ortalama değerleri düşürmektedir. Elde edilen değerlerin, kabul edilen arka plan gürültü seviyesinin

(NC25) çok üzerinde değerler olması, hiçbir salonda arka plan gürültüsü nedeniyle maskeleme yaşanmadığını göstermiştir.



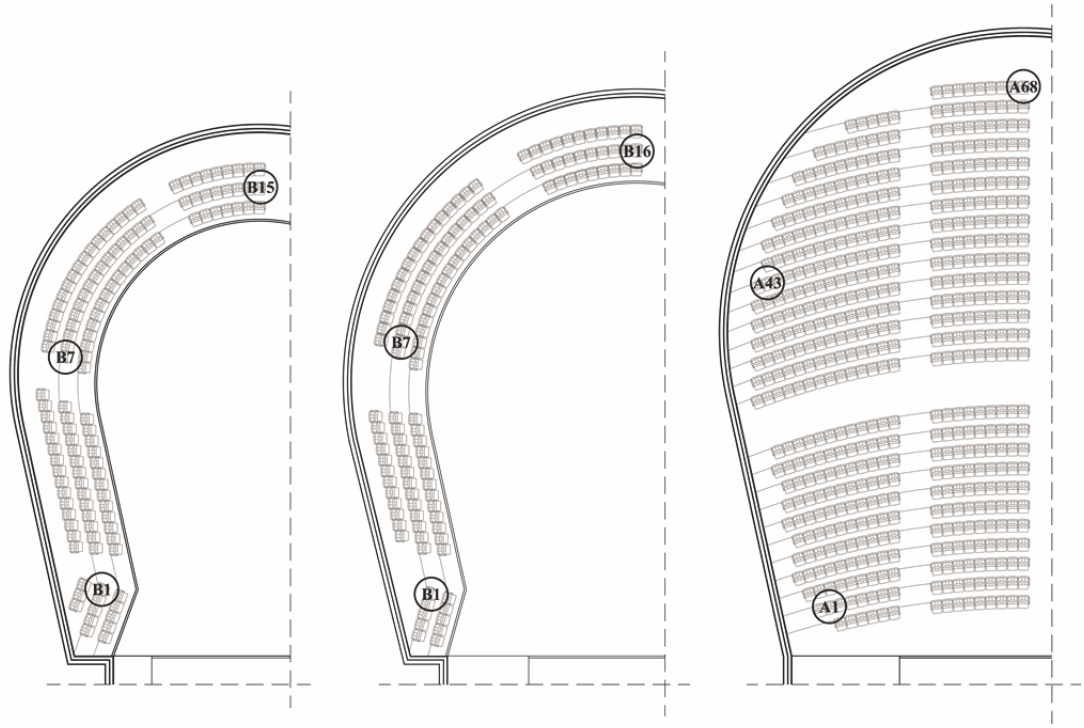
Şekil 5.125 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için SIL grafiği.

At nalı plan tipine sahip konser işlevindeki bir salonda, balkon durumunun değerlendirilebilmesi için S2, S5 ve S6 olarak adlandırılan salonlar ODEON akustik simülasyon programında modellenerek, hacim akustiği parametrelerine ilişkin hesaplamalar yapılmıştır. Müzik, konuşma ve ses gücü ile ilgili parametreler her salon için grafikler ve salon planları üzerinde gösterilmiş ve değerlendirmeler elde edilen bu sonuçlar üzerinden yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler, bir salonda balkon varlığının ve balkon sayısının o bölümlerde oturan izleyiciler ve salon akustik koşulları üzerinde yarattığı etkiler hakkındadır.

Hesaplamalar sonucunda elde edilen verilere göre kıyaslama yapıldığında balkonsuz salonun daha yüksek netlik ve konuşma anlaşılabilirliğine sahip olduğu görülmüştür. Balkonlar salonun geç ses enerjisini zemin kata ulaştırarak bu bölgedeki geç ses enerjisi oranını arttırmış ve konuşma anlaşılabilirliğini azaltmıştır. Balkon altı tavan ve balkon parapet yüzeylerinden gelen yansımalar, balkonlu salonların zemin katında balkonsuz salona göre daha fazla geç ses enerjisi oluşmasına neden olmuştur. Balkon aynı zamanda çınlama süresini ve çınlama azalma eğrisinin düzgünlüğünü de etkilemiştir.

İncelenen hacim akustiği parametrelerinin tamamında S5 salonunun S2 salonuna göre daha az geç ses enerjisine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum özellikle balkonlarda ortaya çıkmaktadır. Şekil.5.126'de görüldüğü gibi S2 ve S5 salonlarının farklı konumlarındaki alıcılar seçilerek (1. balkon katında sahneye en yakın, en uzak ve sahne ortasında bulunan), bu alıcı noktalarının akustik hesaplamalarla elde edilen

sonuçları Çizelge.5.10'da verilmiştir. Buna göre tek balkonu bulunan S5 salonunun balkon katında elde edilen değerler, bu salonun iki balkon katına sahip S2 salonuna göre, daha iyi konuşma anlaşılabilirliğine, daha fazla netliğe, daha yüksek yanal ses enerjisi oranına, erken ses enerjisine ve ses gücüne sahip olduğunu göstermektedir. Bu durumda balkon sayısının artması ile hem salon genelinde hem de balkonlarda erken ses enerjisinin, netliğin ve konuşma anlaşılabilirliğinin azaldığı söylenebilir. Balkona sahip olmayan S6 salonunda da, iz düşüm olarak benzer konumda bulunan alıcı noktaları ile diğer salonlar kıyaslandığında hepsine göre daha fazla erken enerjiye sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 5.126 : S2 (sol), S5 (orta) ve S6 salonunda (sağ) alıcı noktalarının konumları.

Aynı şekilde salonların zemin katlarında yan yüzeylere yakın bölümlerde sahneye en yakın (A1 alıcı noktaları), en uzak (A39, A49, A68 alıcı noktaları) ve salon ortasındaki (A14, A17, A43 alıcı noktaları) alıcı noktaları karşılaştırıldığında da benzer sonuçlar elde edilmektedir. Şekil.5.127'de görülen ve hepsi salonların zemin katlarında bulunan alıcı noktaları için yapılan hesaplar sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge.5.11'de verilmiştir. Buna göre kıyaslanan tüm noktalarda balkonsuz S6 salonu diğer salonlara göre daha fazla erken ses enerjisi oranına sahiptir ve bu nedenle daha iyi konuşma anlaşılabilirliği ve netlik değerlerine sahiptir. Bu değerleri S5 salonu ve S2 salonunda elde edilen değerler takip etmektedir.

Çizelge 5.10 : Balkon ve zemin katlarda elde edilen sonuçlar (1000 Hz).

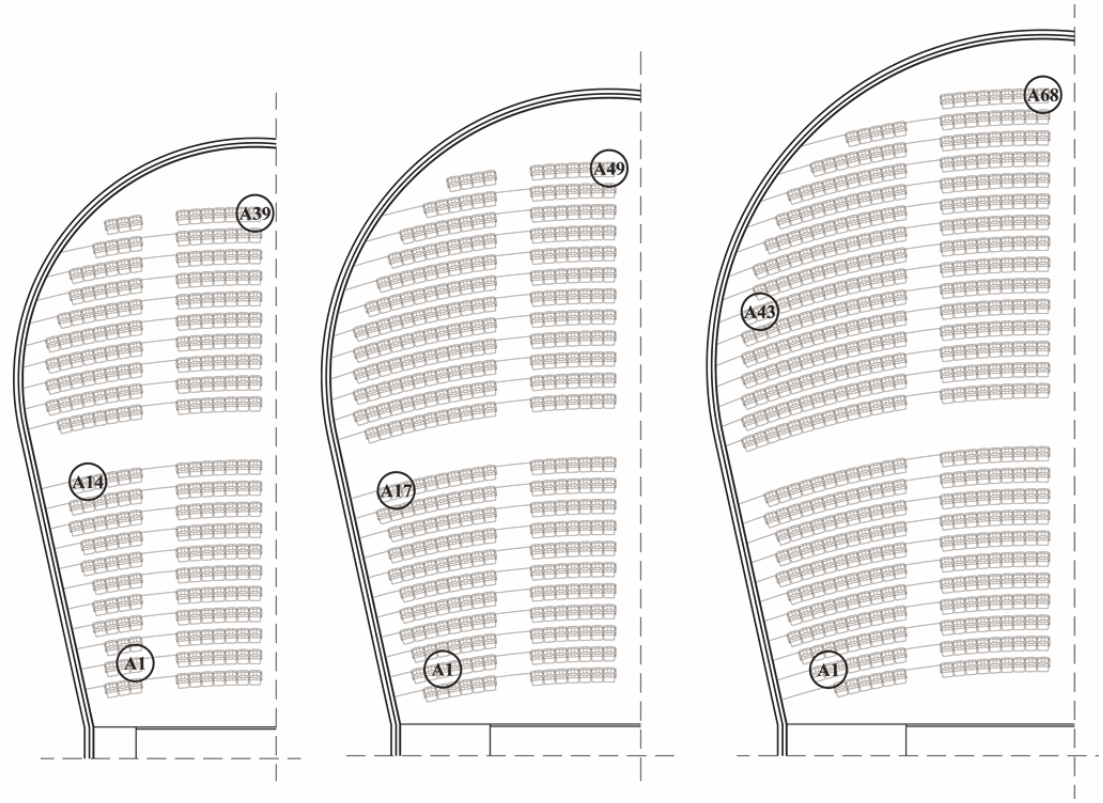
Salon Adı	**S2 SALONU**			**S5 SALONU**			**S6 SALONU**		
Alıcı No	**B1**	**B7**	**B15**	**B1**	**B7**	**B16**	**A1**	**A43**	**A68**
EDT	2,02	1,98	1,58	2,01	1,94	1,52	2,02	1,75	1,17
T_{30}	1,90	1,84	1,93	1,90	1,90	1,88	1,89	1,92	1,93
$XI(T_{(30)})$	0,60	1,10	0,60	1,00	1,10	0,90	0,20	0,60	0,70
T_s	160	152	117	139	143	109	121	121	97
G	6,90	5,10	5,80	7,40	5,50	6,40	9,20	6,80	7,40
D_{50}	0,24	0,24	0,34	0,27	0,25	0,36	0,41	0,34	0,38
C_{80}	-2,20	-2,20	0,50	-0,60	-1,70	1,30	0,90	0,00	2,60
LF_{80}	0,153	0,195	0,217	0,151	0,228	0,272	0,311	0,283	0,305
Echo	0,53	0,52	0,54	0,60	0,56	0,51	0,48	0,53	0,52
STI	0,46	0,45	0,50	0,44	0,43	0,53	0,50	0,48	0,58
SIL	65,70	63,90	64,60	66,20	64,40	65,20	68,00	65,60	66,20
AL_{cons}	15,30	15,76	12,50	16,24	16,96	10,60	12,14	13,27	8,25

Loca durumunda olduğu gibi balkon durumu incelemesinde de salon formunun neden olduğu etkiler açıkça görülmektedir. At nalı plan tipinin sahip olduğu açılar ve arka duvarların dairesel formu, sesi salon ortasında odaklamış ve arka bölümlerde yüksek yanal yansıma enerjisi oranları elde edilmesine neden olmuştur. Odaklama etkisi salon zemininde balkonlara göre daha fazladır. Balkonlardaki alıcı noktalarına bakıldığında da en fazla geç ses enerji oranının balkon orta bölümlerinde yer aldığı açıkça görülmektedir.

Çizelge 5.11 : Zemin katlarda elde edilen sonuçlar (1000 Hz).

Salon Adı	**S2 SALONU**			**S5 SALONU**			**S6 SALONU**		
Alıcı No	**A1**	**A14**	**A39**	**A1**	**A17**	**A49**	**A1**	**A43**	**A68**
EDT	2,02	1,96	1,58	1,99	1,97	1,64	2,02	1,75	1,17
T_{30}	1,90	1,91	1,99	1,94	1,92	1,89	1,89	1,92	1,93
$XI(T_{(30)})$	0,20	0,50	1,00	0,10	0,50	1,20	0,20	0,60	0,70
T_s	129	144	121	128	142	120	121	121	97
G	9,10	7,70	7,40	9,00	8,00	7,50	9,20	6,80	7,40
D_{50}	0,36	0,28	0,31	0,35	0,28	0,33	0,41	0,34	0,38
C_{80}	0,20	-1,50	-0,10	0,40	-0,90	0,10	0,90	0,00	2,60
LF_{80}	0,297	0,183	0,343	0,287	0,232	0,344	0,311	0,283	0,305
Echo	0,52	0,55	0,54	0,58	0,55	0,49	0,48	0,53	0,52
STI	0,45	0,42	0,51	0,46	0,43	0,51	0,50	0,48	0,58
SIL	67,90	66,50	66,10	67,90	16,95	66,20	68,00	65,60	66,20
AL_{cons}	15,64	18,05	11,89	14,82	16,95	11,46	12,14	13,27	8,25

Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, balkonsuz bir salonun balkonlu salonlara göre daha fazla erken ses enerjisine sahip olduğu görülmektedir. Balkon sayısının artması ile birlikte geç ses enerjisinin arttığı söylenebilir.



Şekil 5.127 : S2 (solda), S5 (ortada) ve S6 salonunda alıcı noktalarının konumları.

Balkonların, oluşturduğu ek yansımalarla salonlardaki geç ses enerjisi oranını arttırdığı da tüm parametrelerde görülmüştür. At nalı plan tipi de bütün salonların akustik karakterinin belirlenmesinde oldukça önemli rol oynamıştır. Bu verilerden yola çıkılarak, yeni bir salon tasarımında, salon boyutları ile ilgili tasarım ilkeleri korunarak mümkün olan en az sayıda balkonlu çözümlerin daha iyi akustik koşullar yaratacağı söylenebilir.

5.4 Opera İşlevindeki Salonlarda Balkon Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi

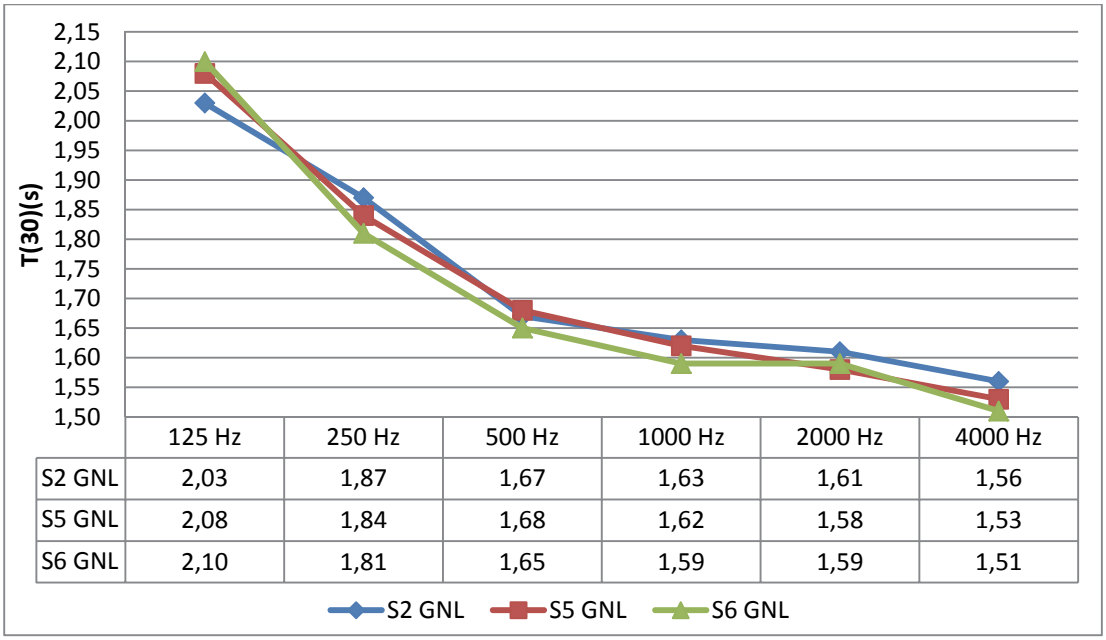
Loca durumu incelemesinde olduğu gibi balkon durumu incelenmesinde de, opera işlevi için hesaplamalar yapılmıştır. Konser salonu olarak tasarlanan salonların, opera işlevleri için de değerlendirilebilmeleri için, sahne üzerinde bulunan orkestra kabuğu kaldırılarak sahne kulesi ortaya çıkarılmış ve sahne üzerinde kapalı halde bulunan orkestra çukuru açılmıştır. Tüm salonlarda olduğu gibi S2, S5 ve S6 salonlarında da

sahne kulesinin iç kısmı ses yutuculuk katsayıları yüksek malzemelerle tanımlanmış, orkestra çukurunda da, müzisyenlerin varlığı düşünülerek, salon geneline göre daha yutucu malzemeler kullanılmıştır. Böylece salonların çınlama süreleri opera işlevi için uygun hale getirilmiştir.

Konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de her parametre zemin kat, balkon katları ve salon geneli üzerinden değerlendirilerek detaylı sonuçlar elde edilmiştir. Karşılaştırma yapılabilmesi için konser işlevinde incelenen parametreler incelenmiş ve değerlendirme yapılırken aynı salon ismi kısaltmaları kullanılmıştır.

Salonlar opera işlevinde iken, çınlama süreleri konser işlevine göre 0,3 saniye kısalarak 1,6 saniye civarına gerilemiştir. Şekil.5.128'deki grafiğe bakıldığında değerlerdeki bu azalmanın en fazla S6 salonunda olduğu görülmektedir. S2 salonu özellikle yüksek frekanslarda daha uzun çınlama süresine sahipken, S5 salonunda da alçak ve orta frekanslarda uzun çınlama süreleri elde edilmiştir.

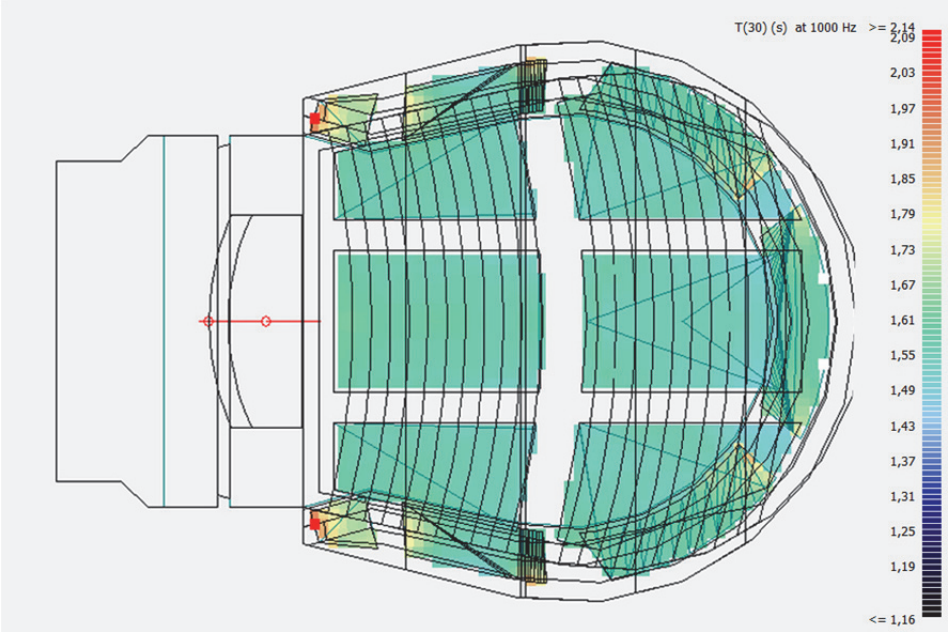
Salon bölümleri incelendiğinde de, konser işlevi için yapılan hesap sonuçları ile benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Buna göre balkonlarda elde edilen değerler salon genelinden göre daha düşüktür. Balkonlarda kısa, zemin katlarda uzun çınlama süresi olması balkon bölümlerinin salon içinde ek yüzeyler oluşturarak zemin kat bölümüne daha fazla yansımaların ulaşmasına neden olduğunu ve bu geç yansımaların çınlama süresini uzattığını göstermektedir.



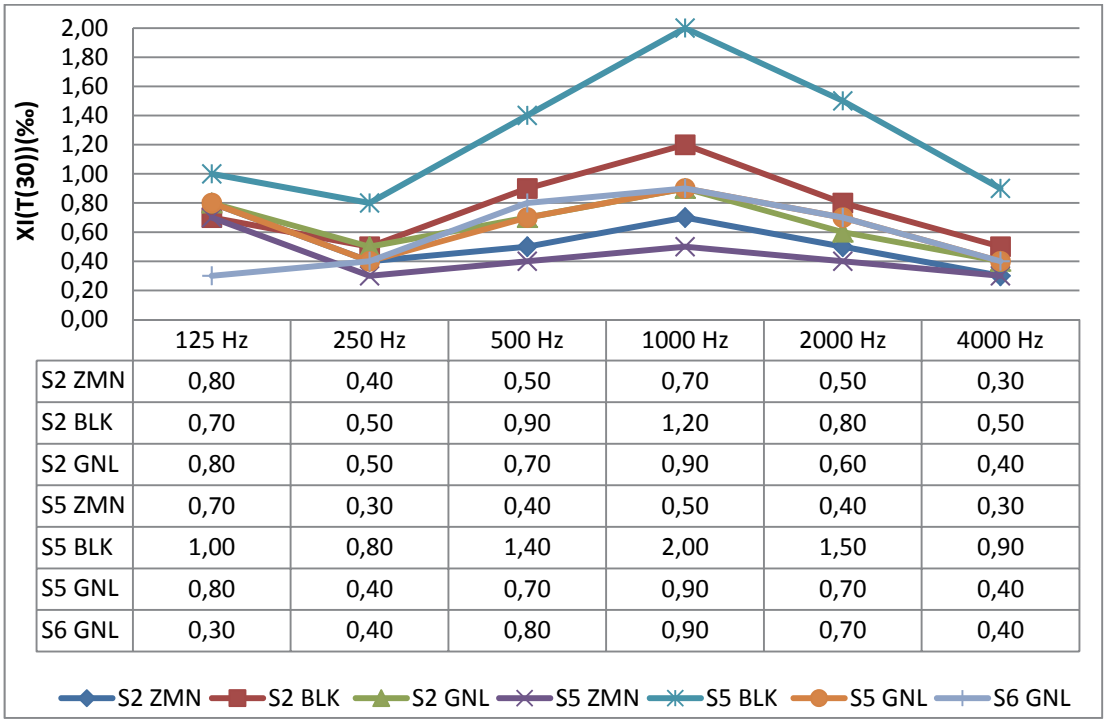
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 GNL	2,03	1,87	1,67	1,63	1,61	1,56
S5 GNL	2,08	1,84	1,68	1,62	1,58	1,53
S6 GNL	2,10	1,81	1,65	1,59	1,59	1,51

Şekil 5.128 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için T_{30} grafiği.

Elde edilen sonuçlara salon planları üzerinden bakıldığında, Şekil.5.129'da görüldüğü gibi balkonlara ait değerlerin zemin kata göre daha az homojen dağıldığı görülmektedir. Balkonların sahneye yakın bölümlerinde ve dolaysız olarak ses alamayan bölümlerde daha uzun çınlama süreleri elde edilmiştir. Balkonlu S2 salonunda da benzer sonuçlar elde edilirken balkona sahip olmayan S6 salonunda salon genelinde homojen sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 5.129 : S5 salonu için T_{30} parametresi grid hesabı.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,80	0,40	0,50	0,70	0,50	0,30
S2 BLK	0,70	0,50	0,90	1,20	0,80	0,50
S2 GNL	0,80	0,50	0,70	0,90	0,60	0,40
S5 ZMN	0,70	0,30	0,40	0,50	0,40	0,30
S5 BLK	1,00	0,80	1,40	2,00	1,50	0,90
S5 GNL	0,80	0,40	0,70	0,90	0,70	0,40
S6 GNL	0,30	0,40	0,80	0,90	0,70	0,40

Şekil 5.130 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için XI(T_{30}) grafiği.

Sonuç olarak, yapılan hesaplamalarla elde edilen veriler karşılaştırıldığında, balkonlu salonlarda ek balkon yüzeyleri nedeniyle zemin katlarda daha yüksek çınlama süreleri elde edildiği bununla birlikte, balkonların bazı bölümlerinin salon genelinden oldukça farklı değerlerde çınlama sürelerine sahip olduğu görülmektedir.

Çınlama eğrisinin düzgünlüğüne bakıldığında, konser işlevinde olduğu gibi, balkonlarda yüksek zemin katlarda düşük sonuçlar elde edilmiştir. Bu da balkonların, çınlama eğrisinin düzgünlüğünü olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Şekil.5.130'da bu duruma ait grafik gösterilmiştir.

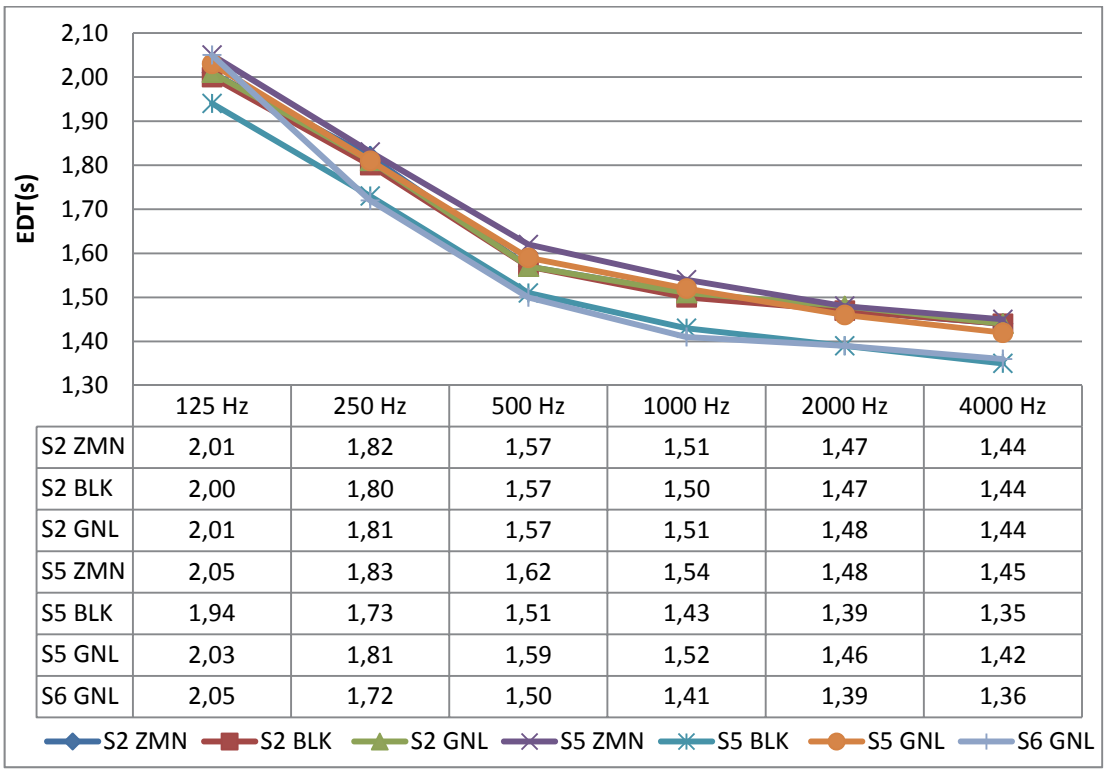
Çınlama eğrisi düzgünlüğü ile ilişkili hacim akustiği parametresi olan XI(T_{30}) değerlerine ait grafik incelendiğinde en yüksek sonuçların S5 salonunun balkon bölümlerinde elde edildiği ve bunu S2 salonunun balkonlarına ait değerlerin takip ettiği görülmektedir. En düşük sonuçlar ise salonlarım zemin kat bölümlerine aittir. Bu durum, T_{30} parametresinde de olduğu gibi, balkonların bazı bölümlerinin salon genelinden farklı çınlama karakterine sahip olduğunu ve balkonlarda çınlama eğrisinin düzgünlüğünün daha az olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, opera işlevi kabullerine göre yapılan hesaplamalarda elde edilen sonuçlar, konser işlevi için elde edilen sonuçlara göre daha yüksektir. Bunun nedeni, opera işlevi için etkin hale getirilen sahne kulesi ve orkestra çukurunun bazı erken yansımaların oluşmasını engellemesi ve buna ek olarak geç yansımalara neden olmasıdır.

EDT ile ilgili sonuçlar incelendiğinde de konser salonu işlevi ile paralel sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde balkonların daha düşük EDT'ye sahip olduğu ve en düşük sonucun balkonsuz S6 salonunda elde edildiği görülmektedir. Bununla beraber en yüksek sonuçlar da balkonlu salonların zemin katlarında elde edilmiştir. Şekil.5.131'de salonlarda elde edilen EDT değerlerine ait grafik gösterilmiştir.

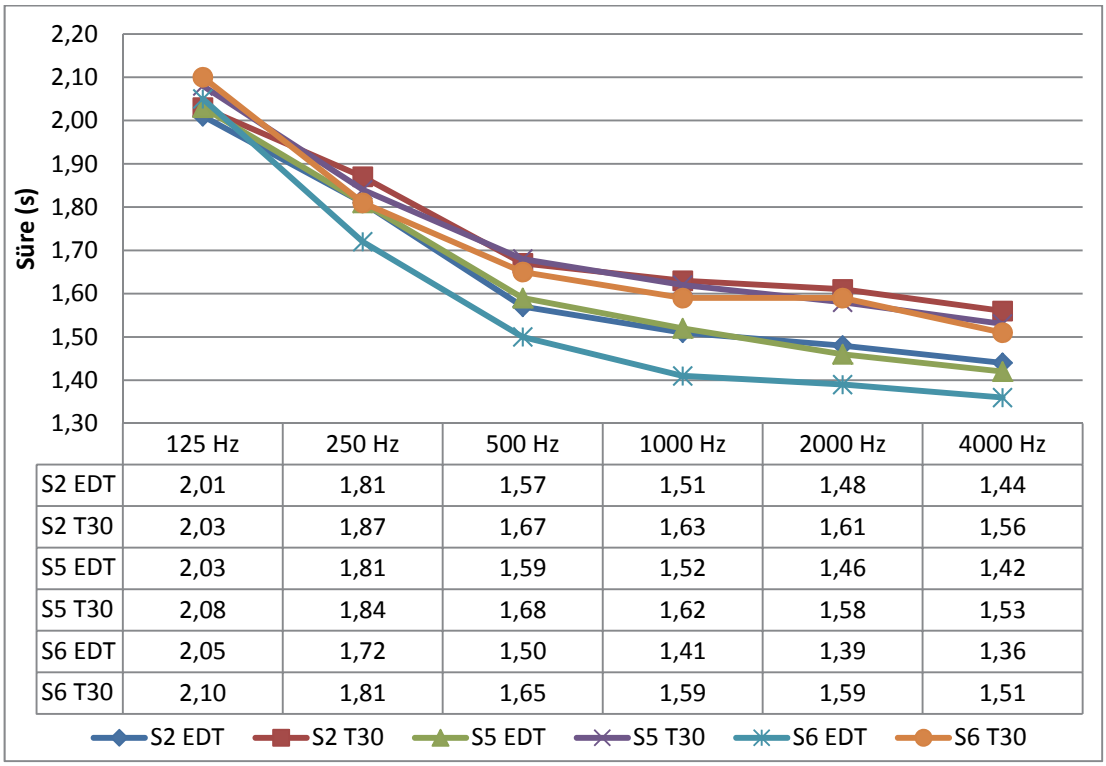
Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde, balkonlu salonların daha yüksek EDT sonuçlarına sahip olduğu görülmektedir. Bunda, zemin katta elde edilen daha yüksek EDT süreleri etkili olmuştur. Zemin katta daha uzun EDT değerlerinin elde edilmesinin nedeni balkon parapetleri ve alt yüzeylerinden gelen yansımaların bu bölgelerdeki yansımaları arttırarak ses enerjisinin erken bölümünün daha uzun sürede azalmasına neden olmasıdır. Balkonsuz S6 salonunda

ise erken ses enerjisi daha hızlı azalmış ve böylelikle daha düşük EDT değerleri elde edilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	2,01	1,82	1,57	1,51	1,47	1,44
S2 BLK	2,00	1,80	1,57	1,50	1,47	1,44
S2 GNL	2,01	1,81	1,57	1,51	1,48	1,44
S5 ZMN	2,05	1,83	1,62	1,54	1,48	1,45
S5 BLK	1,94	1,73	1,51	1,43	1,39	1,35
S5 GNL	2,03	1,81	1,59	1,52	1,46	1,42
S6 GNL	2,05	1,72	1,50	1,41	1,39	1,36

Şekil 5.131 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için EDT grafiği.

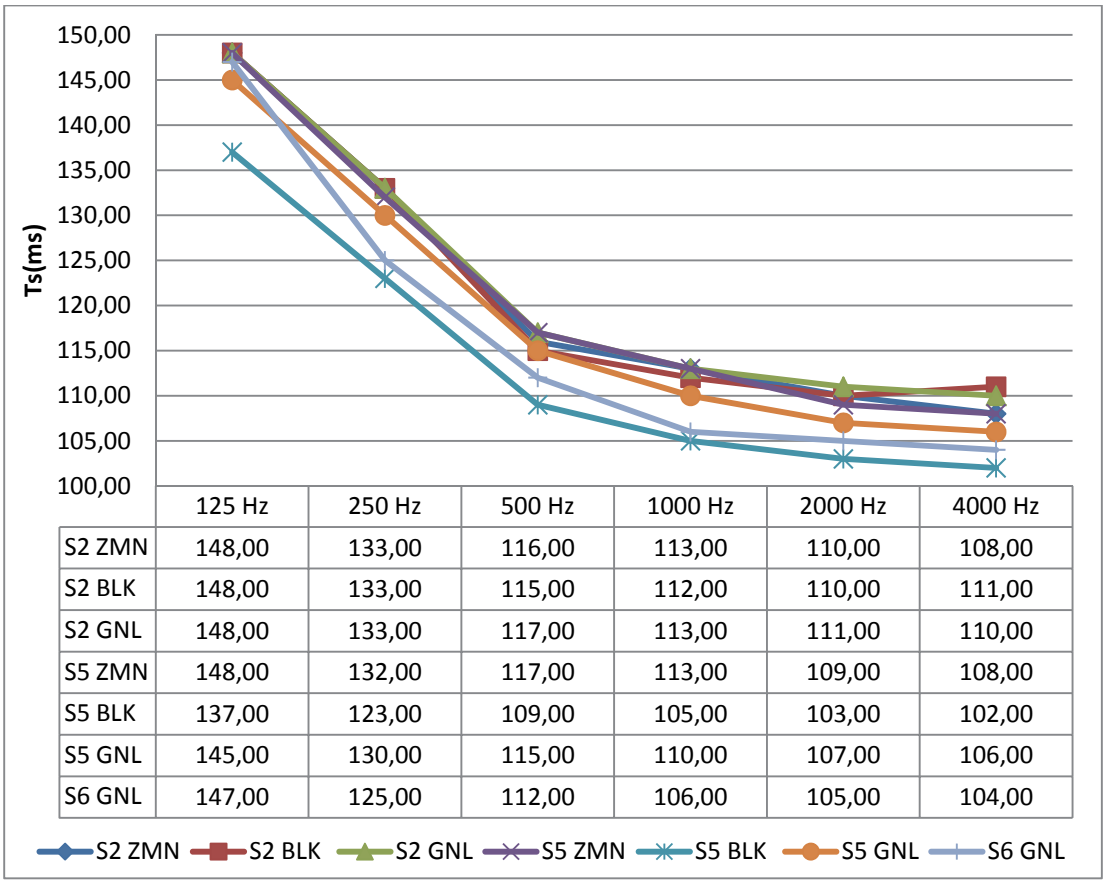


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 EDT	2,01	1,81	1,57	1,51	1,48	1,44
S2 T30	2,03	1,87	1,67	1,63	1,61	1,56
S5 EDT	2,03	1,81	1,59	1,52	1,46	1,42
S5 T30	2,08	1,84	1,68	1,62	1,58	1,53
S6 EDT	2,05	1,72	1,50	1,41	1,39	1,36
S6 T30	2,10	1,81	1,65	1,59	1,59	1,51

Şekil 5.132 : Genel EDT sonuçları ile T_{30} sonuçlarının karşılaştırılması.

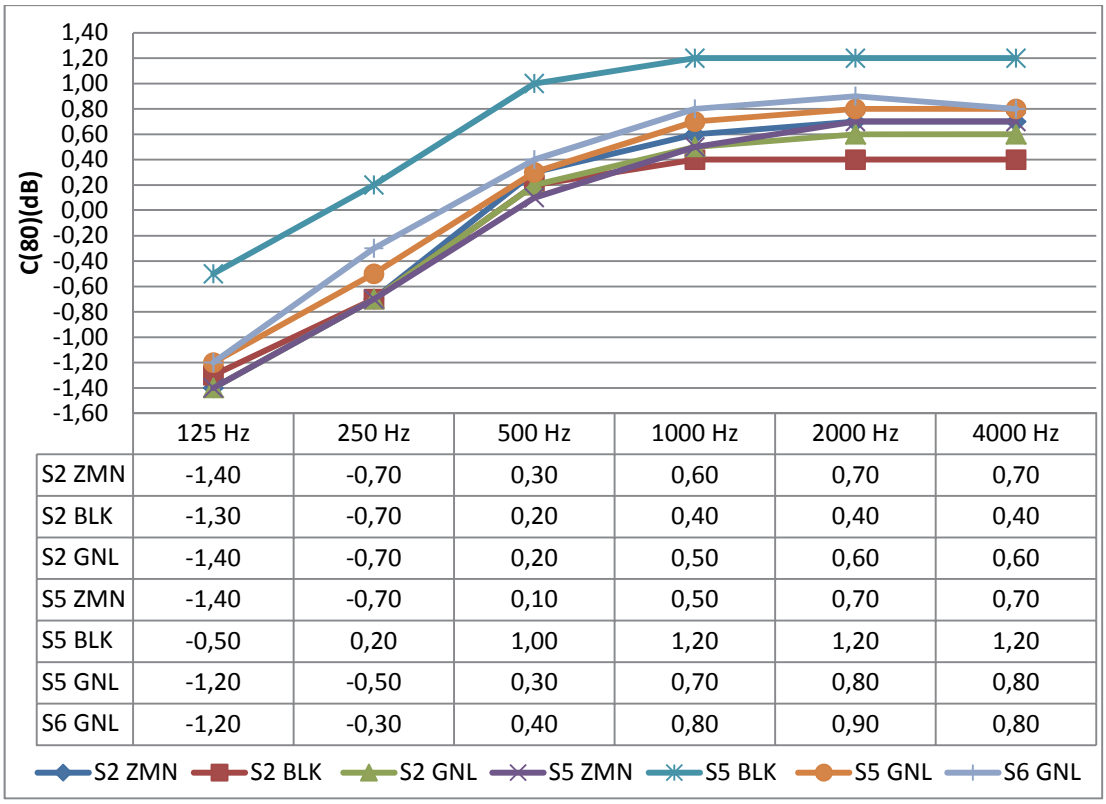
Yapılan değerlendirmelerde elde edilen T_{30} ve EDT değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil.5.132'de görüldüğü gibi, elde edilen erken düşme süreleri tüm salonlarda elde edilen çınlama sürelerinden kısa olmuştur. EDT ve T_{30} arasındaki süre farkı opera işlevine ait sonuçlarda daha fazladır. Bu nedenle üç salon için de, sesin erken bölümünün daha hızlı azaldığı ve bu nedenle maskelemenin azaldığı, netlik ve konuşma anlaşılabilirliğinin arttığı söylenebilmektedir. Bu durum da opera işlevi için olumlu kabul edilmektedir.

Geç ve erken ses enerjisini inceleyen T_s ve C_{80} parametrelerinde elde edilen sonuçlar da konser salonu işlevi için yapılan hesaplarla elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir. T_s parametresi sonuçları incelendiğinde en düşük değerlerin salonların balkon bölümlerinde ve balkonsuz S6 salonunun genelinde, en yüksek değerlerin de balkonlu salonların zemin katlarında elde edildiği görülmektedir. Bu da S6 salonunda ve balkonlarda erken ses enerjisinin diğer bölümlere göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Salonlarda elde edilen T_s değerlerine ait grafik Şekil.5.133 'te gösterilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	148,00	133,00	116,00	113,00	110,00	108,00
S2 BLK	148,00	133,00	115,00	112,00	110,00	111,00
S2 GNL	148,00	133,00	117,00	113,00	111,00	110,00
S5 ZMN	148,00	132,00	117,00	113,00	109,00	108,00
S5 BLK	137,00	123,00	109,00	105,00	103,00	102,00
S5 GNL	145,00	130,00	115,00	110,00	107,00	106,00
S6 GNL	147,00	125,00	112,00	106,00	105,00	104,00

Şekil 5.133 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için T_s grafiği.

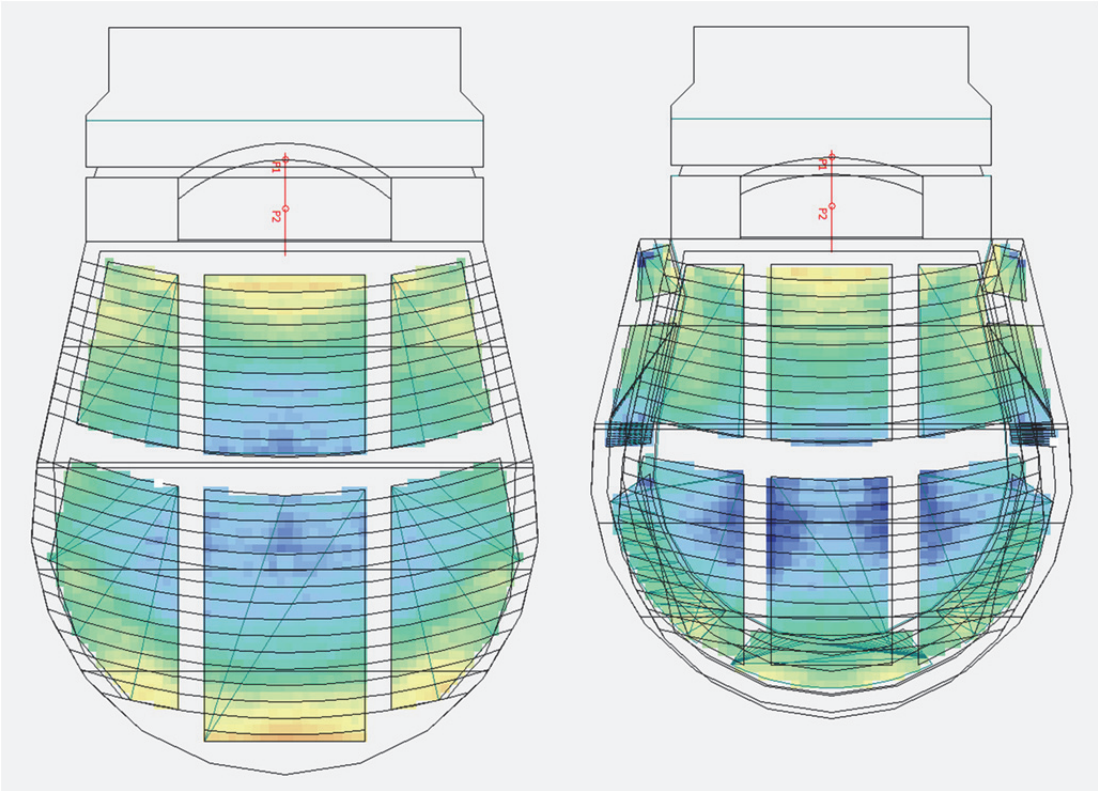


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	-1,40	-0,70	0,30	0,60	0,70	0,70
S2 BLK	-1,30	-0,70	0,20	0,40	0,40	0,40
S2 GNL	-1,40	-0,70	0,20	0,50	0,60	0,60
S5 ZMN	-1,40	-0,70	0,10	0,50	0,70	0,70
S5 BLK	-0,50	0,20	1,00	1,20	1,20	1,20
S5 GNL	-1,20	-0,50	0,30	0,70	0,80	0,80
S6 GNL	-1,20	-0,30	0,40	0,80	0,90	0,80

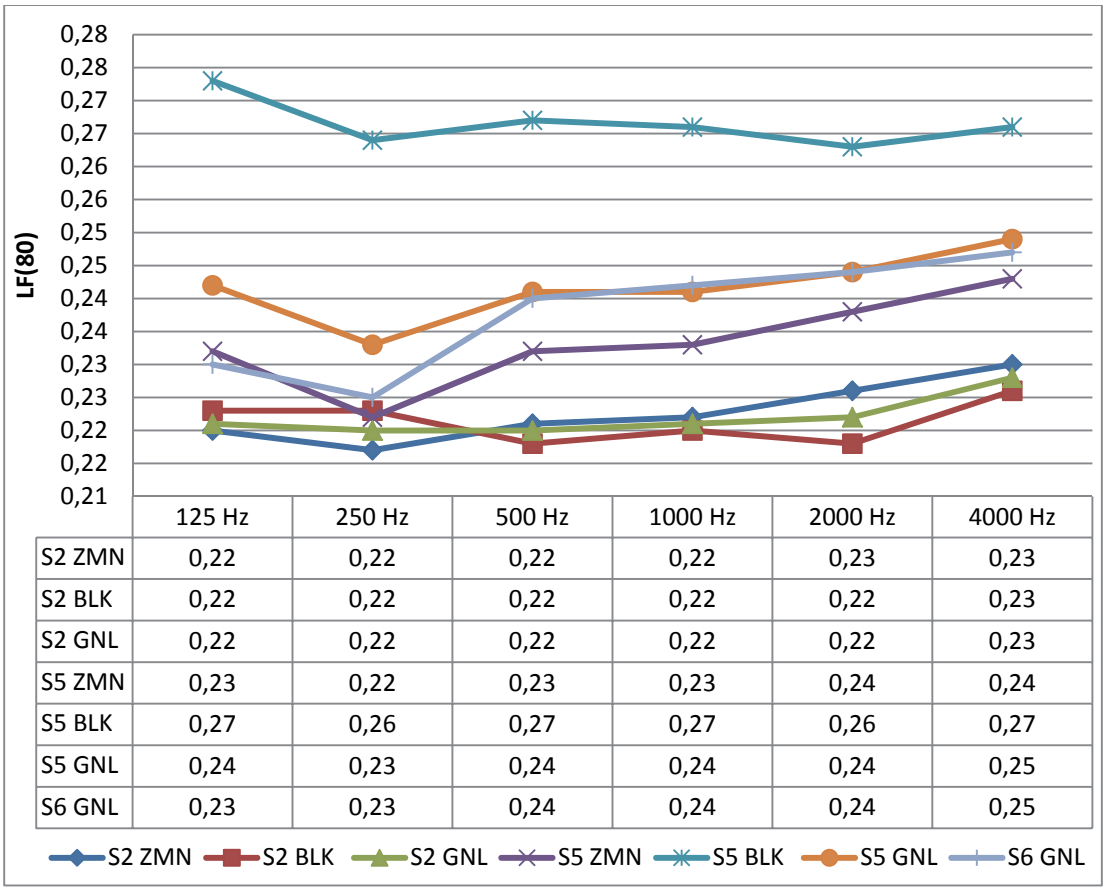
Şekil 5.134 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için C_{80} grafiği.

C_{80} parametresine bakıldığında da T_s parametresi ile benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Buna göre en yüksek C_{80} değerleri balkonlarda ve balkonsuz S6 salonunda, en yüksek değerler de balkonlu salonların zemin katlarında elde edilmiştir. Bunun nedeni, değerlendirme kapsamında incelenen diğer hacim akustiği parametrelerinde olduğu gibi balkon çıkıntılarının ek yansımalar oluşturarak zemin kattaki geç ses enerjisi oranını arttırmasıdır. Bu artış sonucunda da balkonlu salonların zemin katlarındaki netlik değerleri azalmıştır.

Şekil.5.135'te S6 ve S5 salonlarının farklı bölümlerinde C_{80} parametresi için elde edilen değerlere ait grafiğe bakıldığında, balkonların bazı bölümlerinin salon genel karakterine göre farklı koşullara sahip olduğu görülmektedir. Özellikle dolaysız ses enerjisi alamayan ve geç ses enerji oranı yüksek olan salon bölümleri düşük C_{80} değerleri alarak salon genel ortalamasına ait değerleri düşürmüşlerdir. S6 salonunda ise tüm salonlarda olduğu gibi at nalı plan tipinin neden olduğu odaklama etkisi ile orta bölümlerde geç ses enerjisi yoğunlaşarak bu bölümde netliği düşürmüştür. Odaklama etkisi balkonlu salonların hem zemin katlarında hem de balkon bölümlerinde etkili olmuştur.



Şekil 5.135 : Solda S6 salonu, sağda S5 salonu için C_{80} parametresi grid hesabı.

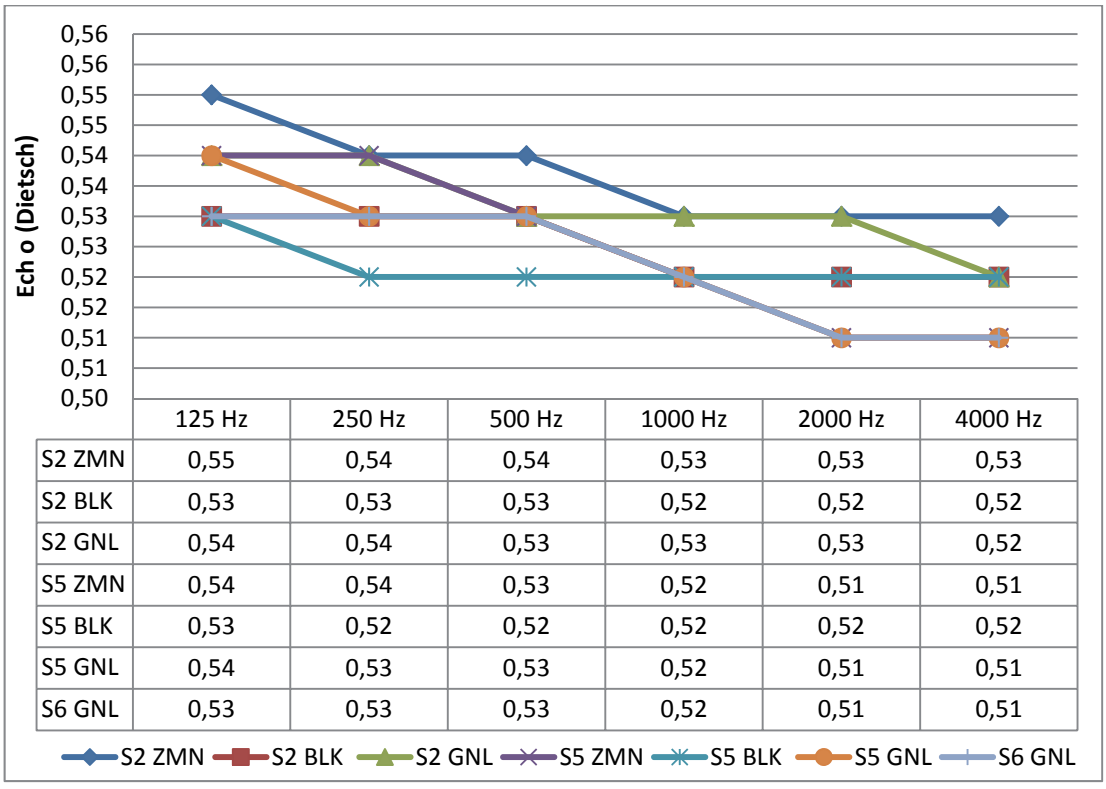


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23
S2 BLK	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23
S2 GNL	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23
S5 ZMN	0,23	0,22	0,23	0,23	0,24	0,24
S5 BLK	0,27	0,26	0,27	0,27	0,26	0,27
S5 GNL	0,24	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25
S6 GNL	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25

Şekil 5.136 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için LF_{80} grafiği.

Opera kullanım durumu için hesaplanan LF_{80} ve Echo parametreleri de incelenen diğer parametrelerde olduğu gibi konser işleviyle çok benzer sonuçlar vermişlerdir. LF_{80} parametresi için hesaplanan sonuçlara bakıldığında en yüksek sonuçların S5 salonunun balkon bölümlerine ait olduğu görülmektedir. Salon genel sonuçlarında da S6 ve S5 salonlarında en yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum Şekil.5.136'da bulunan grafikte gösterilmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, balkonlu salonların balkonsuz salona göre daha az yanal ses enerjisi aldığı görülmektedir. Balkonlarda zemin katlara göre daha yüksek yanal ses enerji oranı olsa da S2 ve S5 salonlarında bulunan balkon çıkıntıları bu salonların zemin katlarında yanal yansıma enerjisinin daha az olmasına neden olmuştur. S6 salonunda ise, at nalı plan tipi, geç ses enerjisinin salonun orta kısmında yoğunlaşmasına neden olmuştur. Salonların ön kısmının yanlarında ve arka bölümlerde güçlü yanal yansıma enerjisi görülmektedir. Bu durum izleyicisinin tamamı zemin katta bulunan S6 salonundaki ortalama yanal yansıma oranının yüksek olmasına sebep olmuştur.



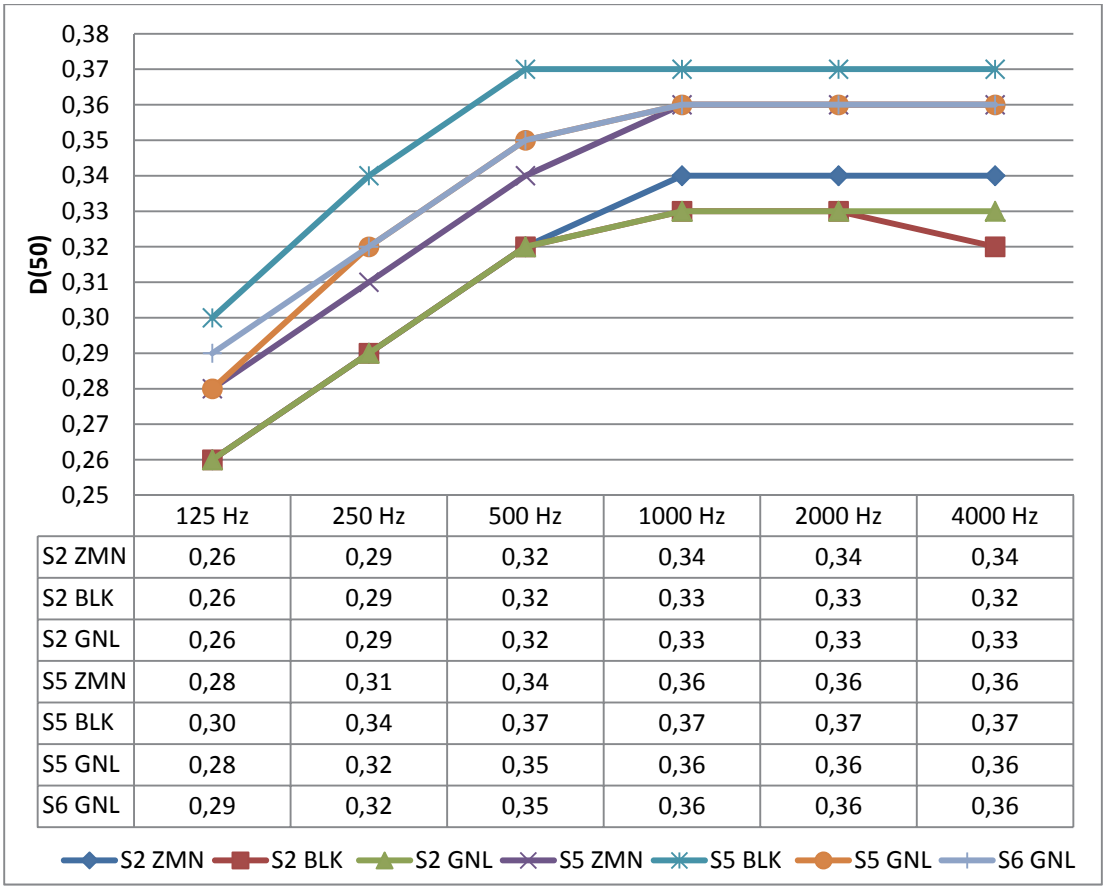
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53
S2 BLK	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52
S2 GNL	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52
S5 ZMN	0,54	0,54	0,53	0,52	0,51	0,51
S5 BLK	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
S5 GNL	0,54	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51
S6 GNL	0,53	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51

Şekil 5.137 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için Echo grafiği.

Salonlarda, Echo parametresi için elde edilen sonuçlar incelendiğinde birbirine çok yakın sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Balkon bölümlerinde odaklanma etkisi

daha az olduğu için bu bölümlerin eko değeri daha düşük olmuştur. Echo parametresinde salon formunun etkisi açıkça görülmektedir ve at nalı plan tipinin neden olduğu odaklanma etkisi salonların orta kısımlarında geç ses enerjisi oluşturarak duyulabilir eko oluşma riskini arttırmıştır.

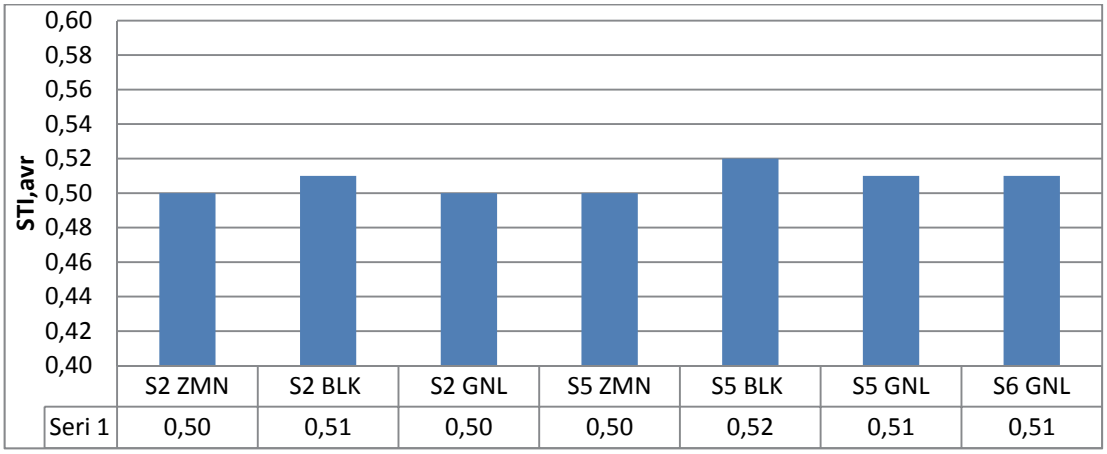
Konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili olan D_{50}, STI ve AL_{cons} hacim akustiği parametreleri de konser işlevi ile paralel sonuçlar vermişlerdir. Şekil.5.138'te bulunan D_{50} parametresi ile ilgili grafiğe bakıldığında en zayıf konuşma anlaşılabilirliğinin balkonlu salonlarda elde edildiği görülmektedir. Şekil.5.139'da görülen STI parametresine ait değerler de bunu desteklemektedir. S2 ve S5 salonlarının zemin katlarında en kötü anlaşılabilirlik değerleri elde edilmişken en iyi sonuçlar S6 salonunda ve balkonlu salonların balkon bölümlerine aittir. Bunun nedeni diğer parametrelerde de olduğu gibi balkon çıkıntılarının salon akustik koşullarına yaptığı etkilerdir. Bu da balkonlu salonların zemin katlarında daha az konuşma anlaşılabilirliği olduğunu göstermektedir.



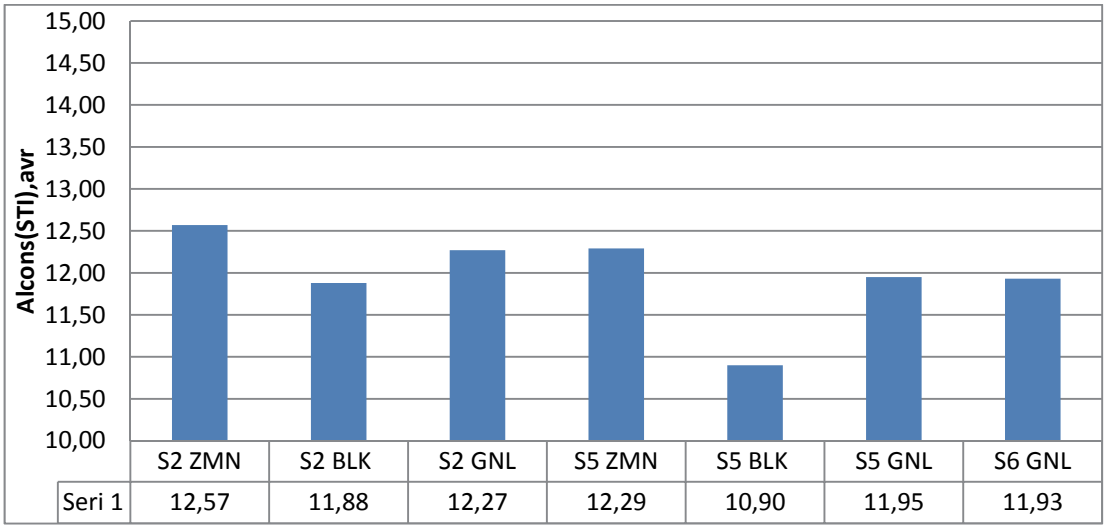
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	0,26	0,29	0,32	0,34	0,34	0,34
S2 BLK	0,26	0,29	0,32	0,33	0,33	0,32
S2 GNL	0,26	0,29	0,32	0,33	0,33	0,33
S5 ZMN	0,28	0,31	0,34	0,36	0,36	0,36
S5 BLK	0,30	0,34	0,37	0,37	0,37	0,37
S5 GNL	0,28	0,32	0,35	0,36	0,36	0,36
S6 GNL	0,29	0,32	0,35	0,36	0,36	0,36

Şekil 5.138 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için D_{50} grafiği.

AL_{cons} parametresi için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlere bakıldığında benzer sonuçlar ayrıntılı biçimde görülmektedir. Buna göre salonların balkon bölümlerinde ve balkonsuz salon genelinde daha az sessiz harf kaybı yaşanmaktadır. En fazla sessiz harf anlaşılabilirlik kaybı balkonlu salonların zemin katında gerçekleşmiştir. Bu da salonların bu bölümlerinde anlaşılabilirliğin daha düşük olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.139 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için STI grafiği.

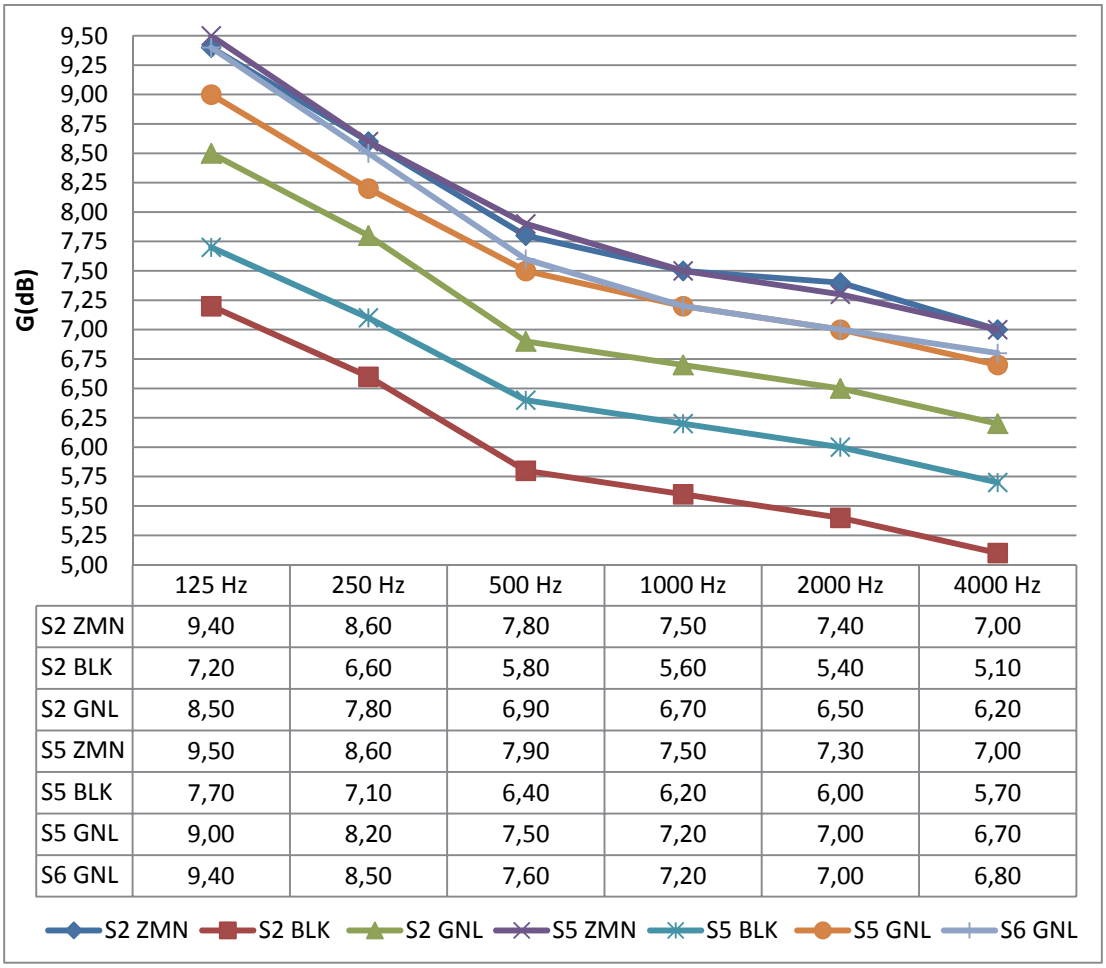


Şekil 5.140 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için AL_{cons} grafiği.

Konuşma anlaşılabilirliği ile ilişkili hacim akustiği parametreleri için elde edilen değerler incelendiğinde, balkonların salonların zemin katlarındaki konuşma anlaşılabilirliğini azalttığı, balkonsuz salonların daha iyi konuşma anlaşılabilirliğine sahip olduğu ve at nalı plan tipinin odaklama etkisi ile tüm salonların orta bölümlerinde geç ses enerjisi oluşturarak bu bölümlerde konuşma anlaşılabilirliğini azalttığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlar konser işlevi için yapılan hesaplarda

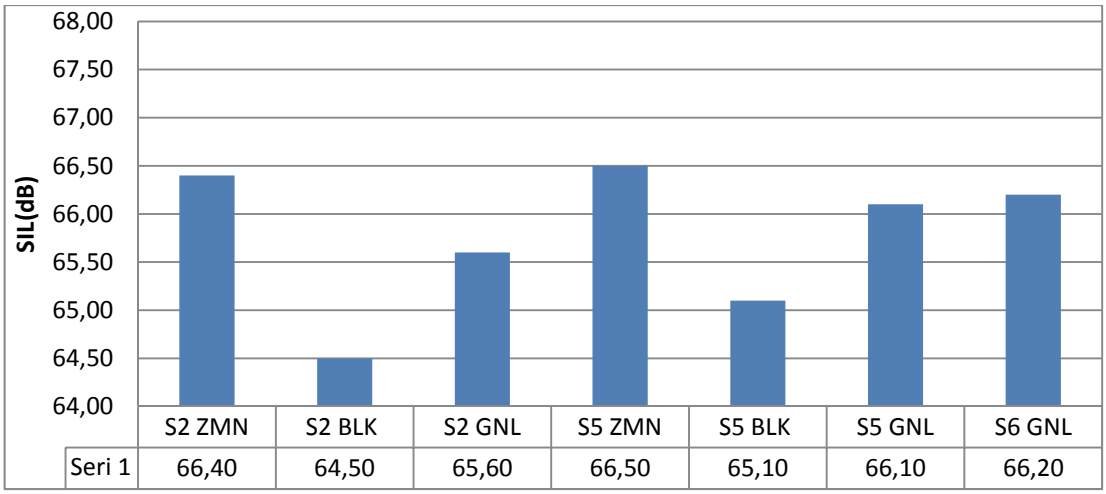
elde edilen değerlere göre daha iyi olsa da, kabul edilebilir değerler ile karşılaştırıldığında tüm salonlar zayıf konuşma anlaşılabilirliğine ve orta derecede sessiz harf anlaşılabilirlik kaybına sahiplerdir.

Ses gücü ile ilgili incelendiğinde, elde edilen değerlerin konser işlevi ile paralel olduğu görülmektedir. G parametresi için elde edilen sonuçlara bakıldığında en düşük sonuçların balkon bölümlerinde elde edildiği, en yüksek sonuçların da zemin katlarda elde edildiği görülmektedir. G parametresi ses kaynağı, dinleyici uzaklığı ile yakından ilişkilidir bu nedenle taban alanı daha küçük olan S2 ve S5 salonlarının zemin katlarında daha yüksek G değerleri elde edilmiştir. Fakat bu salonların balkon bölümlerinde elde edilen değerler ortalamayı düşürmüşlerdir. Bu nedenle en yüksek ortalama sonuçlar balkona sahip olmayan S6 salonunda elde edilmiştir. Tüm salonlarda G değeri kaynaktan uzaklaştıkça azalmaktadır. Bu durumla ilgili grafik, Şekil.5.141'de gösterilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S2 ZMN	9,40	8,60	7,80	7,50	7,40	7,00
S2 BLK	7,20	6,60	5,80	5,60	5,40	5,10
S2 GNL	8,50	7,80	6,90	6,70	6,50	6,20
S5 ZMN	9,50	8,60	7,90	7,50	7,30	7,00
S5 BLK	7,70	7,10	6,40	6,20	6,00	5,70
S5 GNL	9,00	8,20	7,50	7,20	7,00	6,70
S6 GNL	9,40	8,50	7,60	7,20	7,00	6,80

Şekil 5.141 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için G grafiği.



Şekil 5.142 : Salon geneli, zemin kat ve balkon katları için SIL grafiği.

SIL parametresi, arka plan gürültüsü ve G parametresi ile ilişkilidir. Elde edilen değerler incelendiğinde tüm sonuçların 64 dB ve üzerinde kalarak arka plan gürültü seviyesinin çok üzerinde olduğu ve bu nedenle arka plan gürültüsünün salondaki duyulabilme ihtimalinin olmadığı görülmektedir. Yine de sonuçlar incelendiğinde arka plan gürültüsünden etkilenme riskinin en düşük G düzeyine sahip balkonlu bölümlerde olduğu görülmektedir. Elde edilen SIL değerleri ile ilgili grafik Şekil.5.142'de gösterilmiştir.

ODEON akustik simülasyon programında modellenen S2, S5 ve S6 salonlarında yapılan bazı değişiklikler ile salon yapısı opera işlevi için uygun hale getirilerek tekrar hesaplamalar yapılmıştır. Konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de müzik, konuşma ve ses gücü ile ilgili hacim akustiği parametreleri hesaplanmış, her salon için elde edilen değerler grafikler ve salon planları üzerinde gösterilmiş ve değerlendirmeler bu sonuçlar üzerinden sonuçlar yapılmıştır.

Hesaplamalar ile elde edilen veriler değerlendirildiğinde, balkonlu salonlarda geç ses enerjisi oranının balkonsuz salona göre daha fazla olduğu görülmektedir. İncelenen hacim akustiği parametreleri için elde edilen sonuçlar balkon sayısının artmasıyla geç ses enerjisi oranının da arttığını göstermektedir. Geç ses enerji oranının artması da salonlardaki netlik ve konuşma anlaşılabilirliğini azalmıştır. Balkonların sahip olduğu ek yüzeyler, parapet ve tavan bölümleri oluşturdukları ek yansımalarla salondaki geç ses enerjisinin artmasına neden olmuşlardır. Balkon bölümleri çınlama süresini ve çınlama azalma eğrisinin düzgünlüğünü etkileyerek salon genel akustik karakteri ile balkonlar arasında farklı sonuçlar oluşturmuştur.

Çizelge 5.12 : Balkon ve zemin katlarda elde edilen sonuçlar (1000 Hz).

Salon Adı	**S2 SALONU**			**S5 SALONU**			**S6 SALONU**		
Alıcı No	**B1**	**B7**	**B15**	**B1**	**B7**	**B16**	**A1**	**A43**	**A68**
EDT	1,63	1,62	1,29	1,55	1,55	1,27	1,54	1,38	0,95
T_{30}	1,61	1,59	1,59	1,73	1,65	1,64	1,57	1,63	1,58
$XI(T_{(30)})$	0,80	2,50	1,10	1,10	0,70	1,20	0,50	1,30	1,60
T_s	109	134	101	96	110	100	92	96	85
G	7,70	4,90	5,40	8,30	5,50	5,40	9,00	6,10	6,70
D_{50}	0,41	0,26	0,35	0,42	0,36	0,35	0,53	0,41	0,40
C_{80}	1,50	-1,10	1,10	2,30	0,20	1,50	2,30	1,40	3,30
LF_{80}	0,197	0,202	0,211	0,166	0,246	0,284	0,287	0,293	0,307
Echo	0,51	0,49	0,54	0,55	0,52	0,53	0,48	0,53	0,51
STI	0,55	0,50	0,51	0,53	0,50	0,54	0,55	0,52	0,60
SIL	66,60	63,80	64,30	67,10	64,50	64,30	67,90	65,10	65,60
AL_{cons}	9,44	12,08	11,39	10,40	12,41	9,90	9,58	11,09	7,42

Konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de genel sonuçların dışında alıcı noktaları üzerinden de değerlendirmeler yapılarak elde edilen sonuçlar ve yapılan değerlendirmeler tekrar gözden geçirilmiştir. Çizelge.5.12'de bu alıcı noktalarında elde edilen değerler, Şekil.5.126'da da alıcı noktalarının salon içindeki konumları gösterilmiştir. Seçilen noktalar S2 ve S5 salonlarında 1. balkon katının ön, orta ve arka kısımlarında ve S6 salonunun zemin katının ön, orta ve arka kısımlarında yer almaktadır.

Çizelge 5.13 : Zemin katlarda alıcı noktalarında elde edilen sonuçlar (1000 Hz).

Salon Adı	**S2 SALONU**			**S5 SALONU**			**S6 SALONU**		
Alıcı No	**A1**	**A14**	**A39**	**A1**	**A17**	**A49**	**A1**	**A43**	**A68**
EDT	1,58	1,66	1,19	1,65	1,70	1,24	1,54	1,38	0,95
T_{30}	1,58	1,71	1,74	1,63	1,60	1,55	1,57	1,63	1,58
$XI(T_{(30)})$	0,60	2,20	1,60	0,60	0,60	0,40	0,50	1,30	1,60
T_s	104	124	99	104	116	100	92	96	85
G	9,20	7,60	6,80	8,80	7,70	6,70	9,00	6,10	6,70
D_{50}	0,39	0,32	0,37	0,44	0,35	0,37	0,53	0,41	0,40
C_{80}	1,80	-0,30	1,30	1,80	0,60	1,30	2,30	1,40	3,30
LF_{80}	0,276	0,179	0,338	0,272	0,226	0,368	0,287	0,293	0,307
Echo	0,53	0,54	0,52	0,51	0,53	0,49	0,48	0,53	0,51
STI	0,49	0,46	0,55	0,50	0,48	0,55	0,55	0,52	0,60
SIL	68,10	66,50	65,60	67,70	66,60	65,50	67,90	65,10	65,60
Al_{cons}	12,78	14,64	9,56	12,21	13,25	9,40	9,58	11,09	7,42

Seçilen noktalarda elde edilen değerler karşılaştırıldığında birçok parametrede S5 salonunun S2 salonuna göre daha az geç ses enerji oranına sahip olduğu görülmektedir. Bu durum da S5 salonunun S2 salonuna göre daha iyi konuşma anlaşılabilirliğine, daha yüksek netlik, yanal ses enerji oranı, erken ses enerji oranı ve ses gücü değerlerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu ayrıntılı inceleme sonucunda balkon sayısının artması ile erken ses enerji oranı, netlik ve konuşma anlaşılabilirliğinin azaldığı söylenebilir. Balkon bölümü bulunmayan S6 salonu ile balkonlu salonların benzer konumlarında bulunan alıcı noktaları karşılaştırıldığında, S6 salonunun diğer salonlara göre çok daha fazla erken ses enerji oranına sahip olduğu görülmektedir.

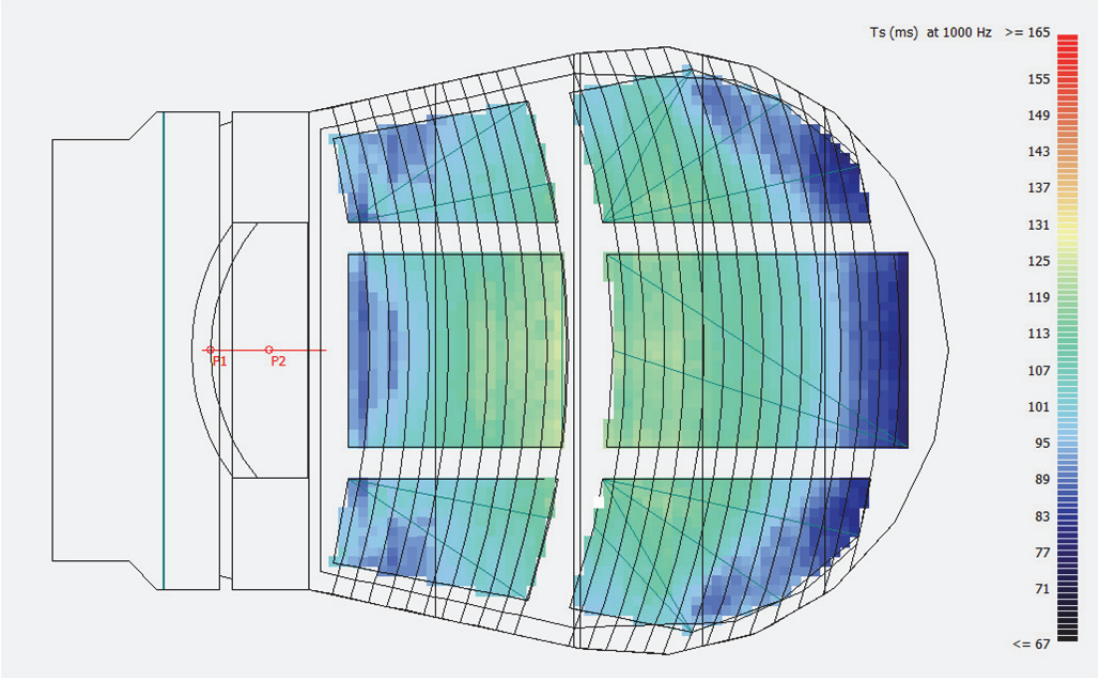
Salonların farklı konumlarındaki alıcı noktalarında elde edilen sonuçlar da Çizelge.5.13'de gösterilmiştir. Salonların karşılaştırılmasıyla benzer sonuçların burada da elde edildiği görülmektedir. Balkonlu salonlar içinde tek kat balkona sahip S5 salonu iki balkon katına sahip S2 salonuna göre daha fazla erken ve yanal ses enerji oranına, netliğe ve konuşma anlaşılabilirliğine sahiptir. İncelenen salonlar arasında en yüksek geç ses enerji oranına sahip olan salon balkonsuz S6 salonudur. Böylece elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak, balkon sayısının artması ile geç ses enerji oranının da arttığı söylenebilmektedir.

Çizelge 5.14 : konser ve opera işlevi için sonuçların karşılaştırılması (1000 Hz).

İşlev	**Opera**			**Konser**		
Salon Adı	**S6 SALONU**			**S6 SALONU**		
Alıcı No	**A1**	**A43**	**A68**	**A1**	**A43**	**A68**
EDT	1,54	1,38	0,95	2,02	1,75	1,17
T_{30}	1,57	1,63	1,58	1,89	1,92	1,93
$XI(T_{(30)})$	0,50	1,30	1,60	0,20	0,60	0,70
T_s	92	96	85	121	121	97
G	9,00	6,10	6,70	9,20	6,80	7,40
D_{50}	0,53	0,41	0,40	0,41	0,34	0,38
C_{80}	2,30	1,40	3,30	0,90	0,00	2,60
LF_{80}	0,287	0,293	0,307	0,311	0,283	0,305
Echo	0,48	0,53	0,51	0,48	0,53	0,52
STI	0,55	0,52	0,60	0,50	0,48	0,58
SIL	67,90	65,10	65,60	68,00	65,60	66,20
AL_{cons}	9,58	11,09	7,42	12,14	13,27	8,25

Konser ve opera işlevleri için S6 salonunda yapılan karşılaştırma Çizelge.5.14'te gösterilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde, salonların, yapılan tasarımsal değişiklikler ile opera işlevinde kullanılması durumunda konser işlevi kullanımına göre daha az geç ses enerji oranına sahip olduğu görülmektedir. Bununla beraber salonlarda daha fazla yanal ses enerjisi oranı, netlik ve konuşma anlaşılabilirlik değerleri elde edilmiştir. Opera işlevi için sahne kulesi ve orkestra çukuru bölümlerinin etkin hale getirilmesi bu durumda etkili olmuştur. Özellikle sahne kulesinin çok yutucu malzemeler ile tanımlanmış olması çınlama süresini azaltmış ve bu bölgeden gelebilecek geç ses enerjisini engellemiştir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen tüm durum ve işlevlerde olduğu gibi opera işlevi için balkon durumu incelemesinde de at nalı plan tipinin dezavantajları açıkça görülebilmektedir. Şekil.5.143'de de görüldüğü gibi at nalı plan tipinin sahip olduğu dairesel form, salonların orta bölümlerinde geç ses enerjisine neden olmuştur. Yan duvarların açısı ile birlikte dairesel form salonların arka bölümlerinde yüksek yanal yansıma oranları oluşturmuştur. At nalı plan tipinin neden olduğu odaklama etkisi balkonlardan çok zemin katlarda etkili olmuştur. Hesaplanan değerler alıcı noktaları bazında incelendiğinde de salon ortasında yer alan alıcıların daha fazla geç ses enerjisine maruz kaldığı görülmektedir.



Şekil 5.143 : S6 salonu için T_s parametresi grid hesabı.

Balkon durumu değerlendirmesi için elde edilen tüm sonuçlar incelendiğinde konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de balkonların geç ses enerji oranını arttırdığı görülmektedir. Balkon sayısının artmasıyla birlikte geç ses oranı da artmaktadır. Bu artış balkon yüzeylerinden gelen ek yansımalar nedeni ile zemin katlarda etkili olmuştur. At nalı plan tipi de salonların akustik karakterini tamamen etkileyerek orta bölümlerde sesi odaklamış ve arka bölümlerde aşırı yanal yansıma oranlarına neden olmuştur.

5.5 Konser İşlevinde Küçük Salon – Büyük Salon Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi

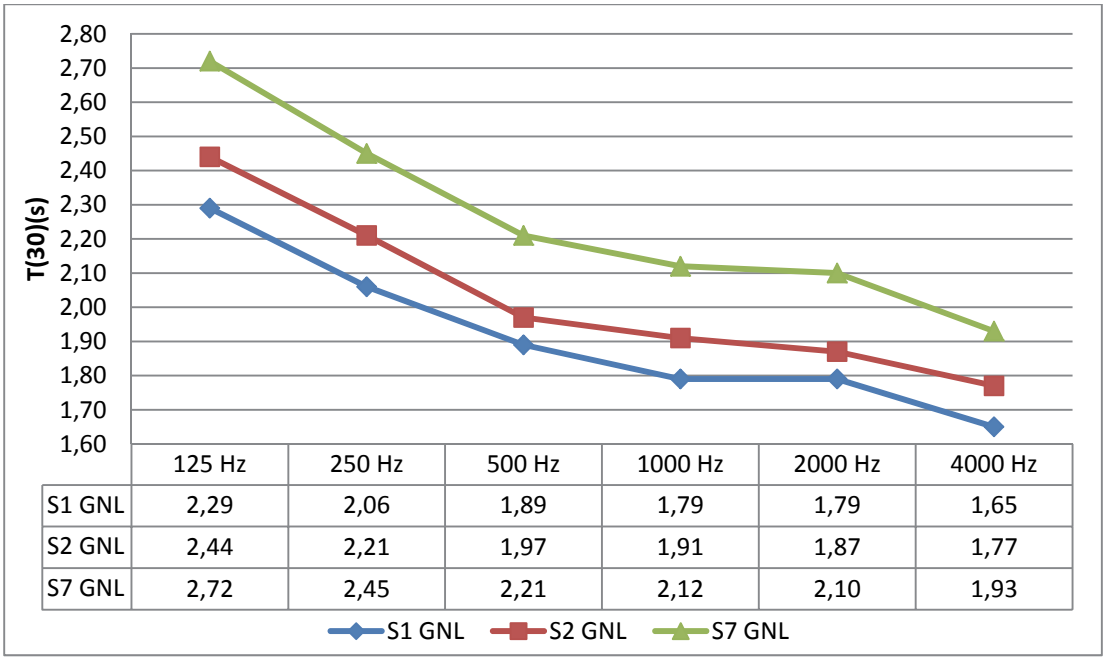
Küçük salon - büyük salon durumu incelemesinde; S1(küçük salon), S2 (orta büyüklükte salon) ve S7 (büyük salon) salonu modelleri kullanılmıştır. Yapılacak incelemeler için seçilen parametreler üç başlığa ayrılmıştır. Bunlar; müzik ve ses enerjisi oranları ile ilgili parametreler, konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili parametreler ve ses gücü ile ilgili parametrelerdir.

Küçük salon – büyük salon durumu incelemesi için salonlar bölümsel olarak incelenmemiş, sadece salon genel sonuçları üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. İncelenecek salonların boyut, hacim ve balkon sayısı gibi fiziksel özelliklerinin farklı olması, bölümsel inceleme yerine genel inceleme yapılmasını zorunlu kılmıştır. Bununla birlikte grid sonuçları üzerinden de karşılaştırmalar yapılmamıştır. Değerlendirmelerin yapıldığı grafiklerde salon genel sonuçları için "GNL" kısaltması kullanılmıştır.

Diğer durum incelemelerinde olduğu gibi küçük salon büyük salon durumu değerlendirilmesi için seçilen parametreler gruplanmıştır ve bunların ilki müzik ve ses enerjisi oranları ile ilgili parametrelerdir. Bu parametreler; T_{30}, XI(T_{30}), EDT, T_s, C_{80}, LF_{80} ve Echo parametreleridir.

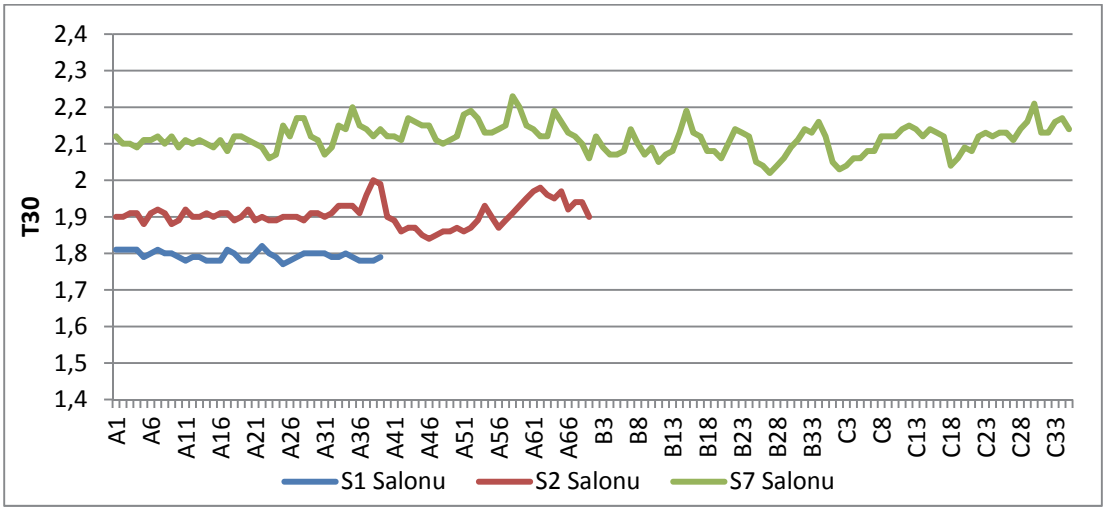
İncelenecek üç salonun çınlama süresi, salonların arka duvarlarında yapılan malzeme değişiklikleriyle hacimlerine göre uygun değerlere getirilmiştir. Bunun için parametre kabullerinde yer alan, hacim ve işleve göre ihtiyaç duyulan çınlama sürelerini gösteren grafikten (Şekil.4.13) faydalanılmıştır. Buna göre salonların büyümesiyle çınlama süreleri de uzamıştır.

Şekil.5.144'te görüldüğü gibi salonların çınlama süresi hacmin artması ile artmaktadır. Salonlarda çınlama süresi ayarlanırken alçak frekanslara doğru gidildikçe orta frekanslara göre %5-15 daha fazla olacak şekilde malzeme seçimi yapılmıştır. Böylece müzik için ihtiyaç duyulan sıcaklık öznel parametresi de sağlanmıştır.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	2,29	2,06	1,89	1,79	1,79	1,65
S2 GNL	2,44	2,21	1,97	1,91	1,87	1,77
S7 GNL	2,72	2,45	2,21	2,12	2,10	1,93

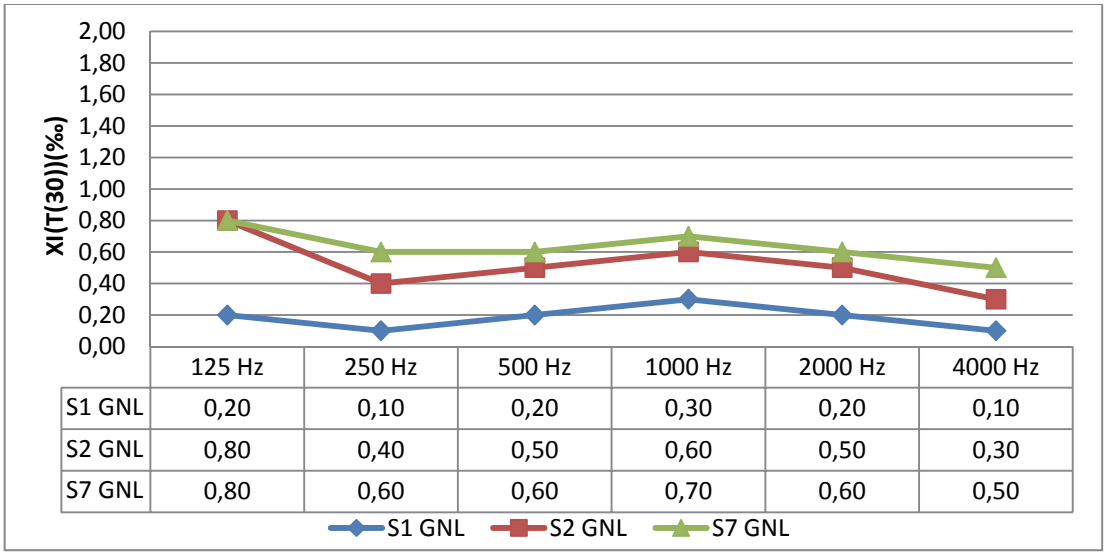
Şekil 5.144 : Salon genelinde elde edilen T_{30} değerleri grafiği.



Şekil 5.145 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen T_{30} değerleri (1000Hz).

Şekil.5.145'te üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen çınlama süreleri görülmektedir. Grafikte salonların hacimleri ile paralel olarak çınlama sürelerinin de uzadığı, hacim ve boyut artışı ile çınlama sürelerinin daha az homojen biçimde dağıldığı görülmektedir.

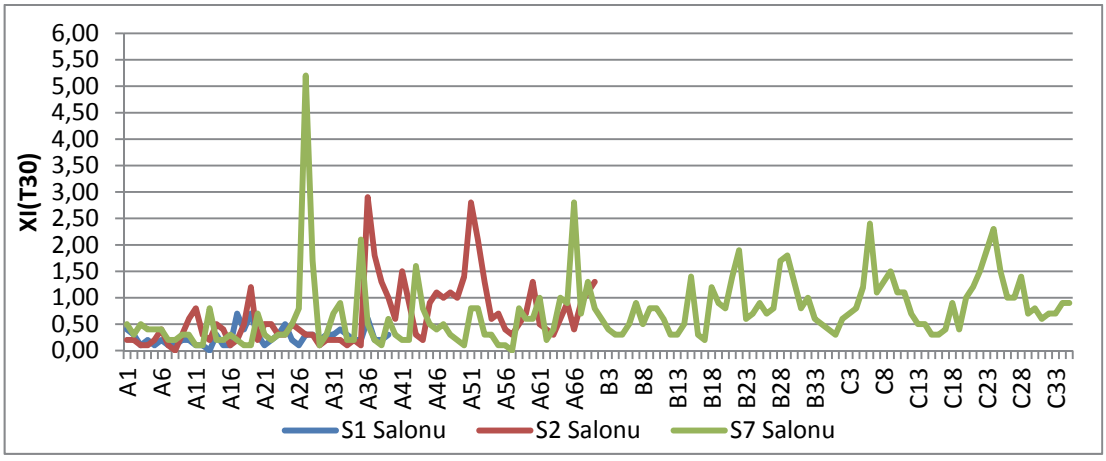
Salonlar için yapılan hesaplamalarla elde edilen sonuçlara bakıldığında, en düşük XI(T_{30}) değerlerinin S1 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bu değerleri sırasıyla S2 ve S7 salonunda elde edilen değerler takip etmektedir. Elde edilen XI(T_{30}) değerlerine ait grafik, Şekil.5.146'da verilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	0,20	0,10	0,20	0,30	0,20	0,10
S2 GNL	0,80	0,40	0,50	0,60	0,50	0,30
S7 GNL	0,80	0,60	0,60	0,70	0,60	0,50

Şekil 5.146 : Salon genelinde elde edilen XI(T_{30}) değerleri grafiği.

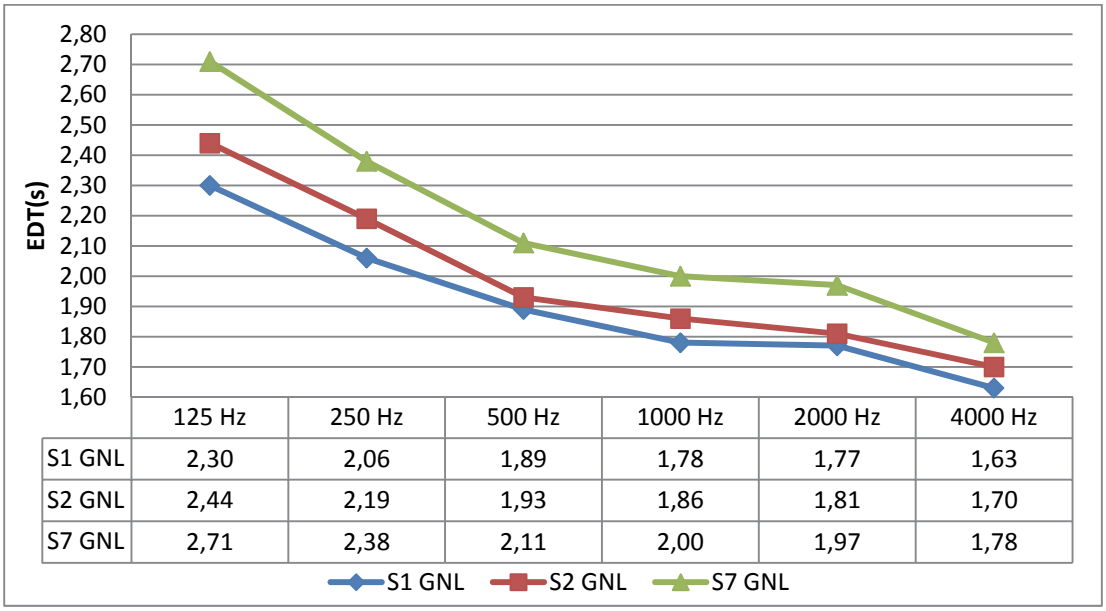
S1 salonunda elde edilen değerler çınlama azalma eğrisinin neredeyse tamamen düzgün olduğunu göstermektedir. Bu durum S1 salonunda çınlamanın homojen biçimde dağıldığını ve düzgün azaldığını göstermektedir. Orta büyüklükteki S2 salonunda ise çınlama eğrisinde bozulmaların başladığı görülmektedir. S7 salonunda da, artan taban alanı ve hacimle birlikte, balkon bölümlerinin varlığı çınlamanın azalma eğrisinin bozulmasını arttırmış ve S7 salonunun en yüksek değerleri almasına neden olmuştur.



Şekil 5.147 : Üç salonda alıcı noktalarında elde edilen XI(T_{30}) değerleri (1000Hz).

Elde edilen sonuçlar, büyüyen taban alanı ve artan hacimle birlikte salonların ses kaynağına uzak bölgelerine ve balkon bölümlerine gelen ses enerjisini dağılımı daha az homojen olduğunu göstermektedir. Balkon çıkıntıları da geç ses enerjisi yansıtarak zemin katlarda çınlama süresi azalma eğrisini bozmaktadır. Bu nedenle salonların hacim ve boyut olarak büyümesi ile çınlama eğrisinde bozulmanın arttığı söylenebilmektedir. Şekil.5.147'de bulunan tüm alıcı noktalarında elde edilen çınlama düşüş eğrisi grafiği de bu durumu desteklemektedir.

Salonlarda elde edilen sonuçlara bakıldığında, EDT değerlerinin T_{30} değerinde yapılan düzenlemelerle paralel olarak ilerlediği görülmektedir. Beklenildiği gibi, en yüksek EDT değeri S7 salonuna aitken en düşük değer de S1 salonuna ait olmuştur. S2 salonunda elde edilen değerler bu iki salonda elde edilen değerlerin arasında kalmıştır. Şekil.5.148'de bu duruma ait grafik gösterilmektedir.

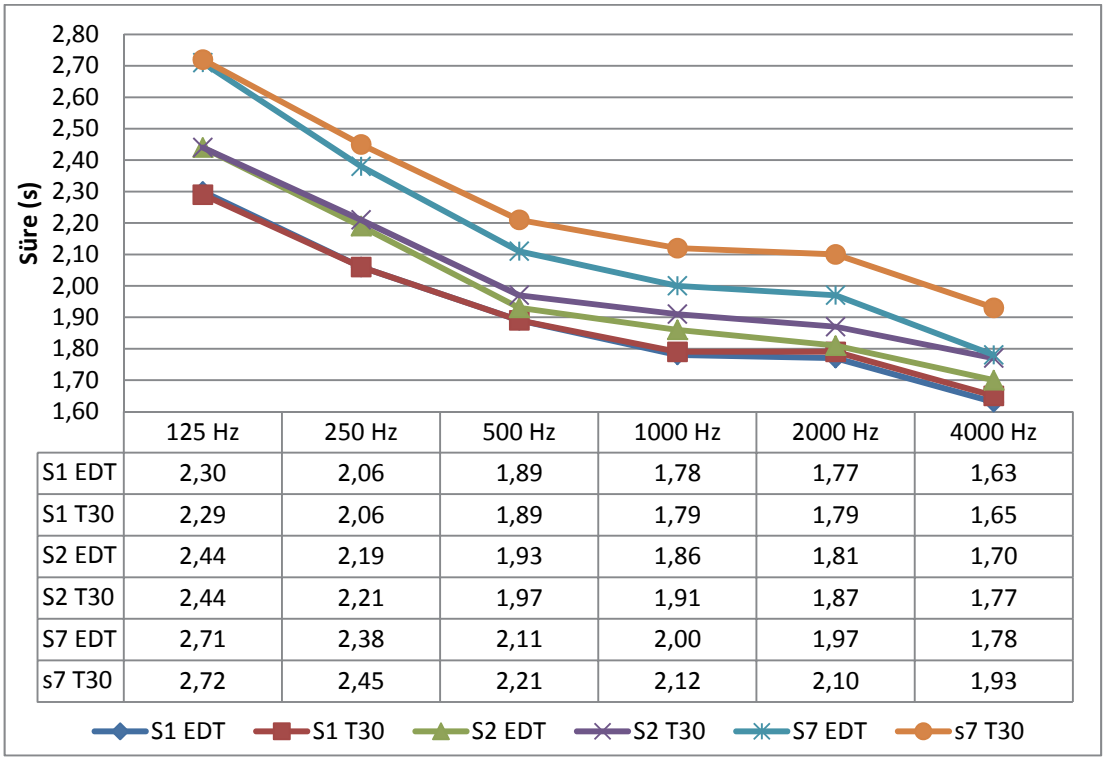


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	2,30	2,06	1,89	1,78	1,77	1,63
S2 GNL	2,44	2,19	1,93	1,86	1,81	1,70
S7 GNL	2,71	2,38	2,11	2,00	1,97	1,78

Şekil 5.148 : Salon genelinde elde edilen EDT değerleri grafiği.

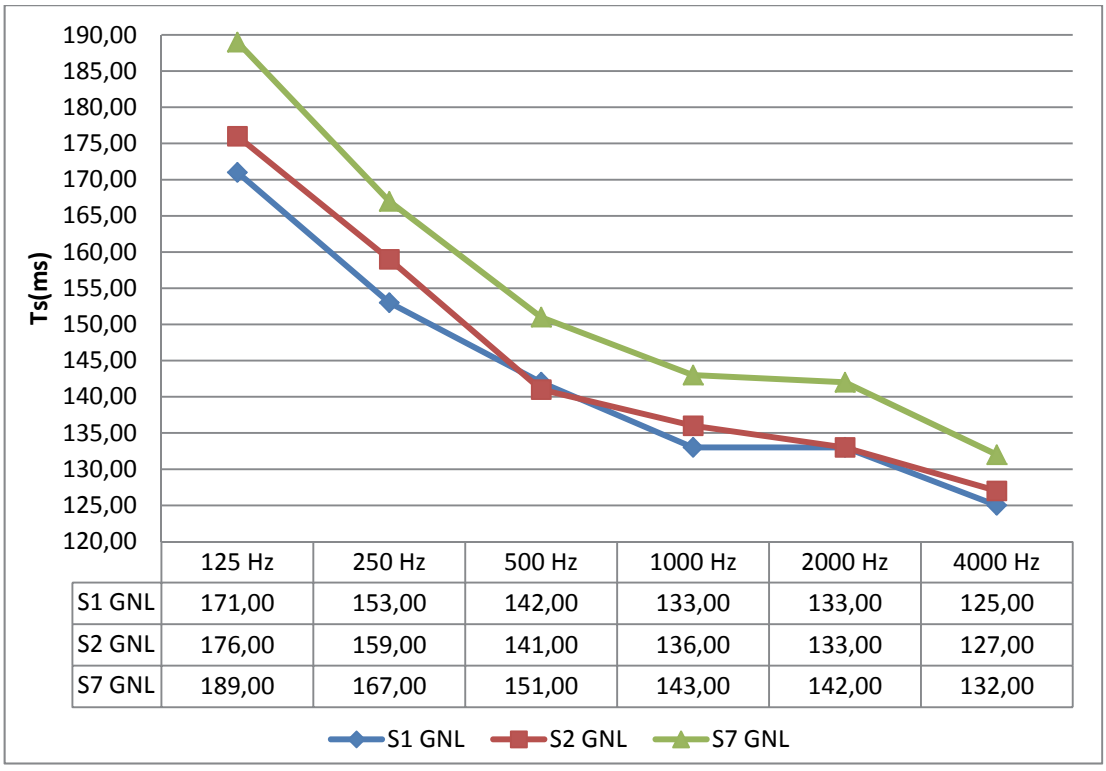
Elde edilen EDT değerleri ile T_{30} değerleri karşılaştırıldığında, üç salonda da çınlama süresinin EDT'den daha uzun olduğu görülmektedir. Çınlama süresinin EDT'den uzun olması durumunda, salondaki erken ses enerjisinin hızla azalması ve netliğin artması beklenmektedir. Şekil.5.149'da bulunan grafik incelendiğinde EDT ve T_{30} parametreleri arasındaki farkın salonların hacminin artması ile doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Bu durum salon boyutlarının artması ile erken ses enerjisi emiliminin de arttığını ve salonların büyümesiyle EDT ile T_{30} arasındaki farkın açılmasının bekleneceğini göstermektedir.

Ts parametresi için salonlarda elde edilen sonuçlara bakıldığında en düşük merkez süresi değerlerinin S1 salonuna ait olduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuçları sırasıyla S2 ve S7 salonunda elde edilen sonuçlar takip etmektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 EDT	2,30	2,06	1,89	1,78	1,77	1,63
S1 T30	2,29	2,06	1,89	1,79	1,79	1,65
S2 EDT	2,44	2,19	1,93	1,86	1,81	1,70
S2 T30	2,44	2,21	1,97	1,91	1,87	1,77
S7 EDT	2,71	2,38	2,11	2,00	1,97	1,78
s7 T30	2,72	2,45	2,21	2,12	2,10	1,93

Şekil 5.149 : Salon geneli için EDT ile T_{30} sonuçları karşılaştırılması.

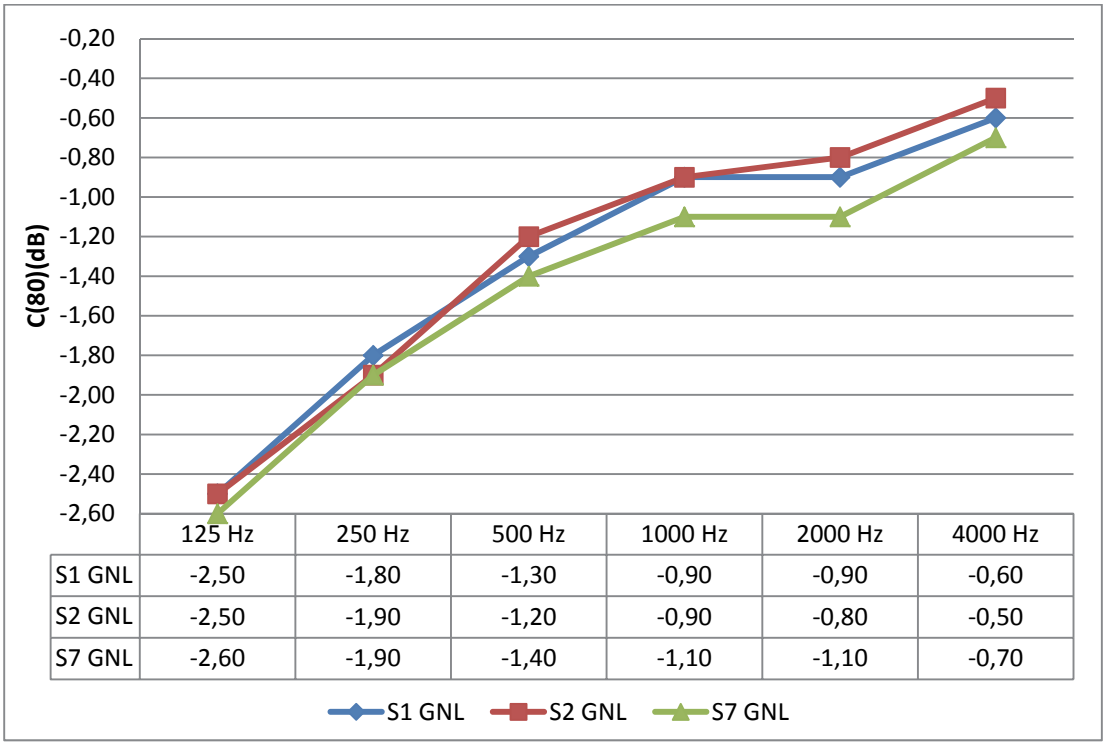


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	171,00	153,00	142,00	133,00	133,00	125,00
S2 GNL	176,00	159,00	141,00	136,00	133,00	127,00
S7 GNL	189,00	167,00	151,00	143,00	142,00	132,00

Şekil 5.150 : Salon genelinde elde edilen T_s değerleri grafiği.

Merkez süresi parametresinin artması ile erken ses enerjisi oranı düşmektedir. Buna göre Şekil.5.150'deki grafik incelendiğinde, en az merkez süresi değerinin S1 salonuna ait olduğu ve dolayısıyla en fazla erken enerji oranının bu salonda olduğu görülmektedir. En düşük değerlerin elde edildiği S7 salonunda da geç enerji oranı diğer salonlara göre daha fazla olmuştur. Balkon çıkıntılarının neden olduğu geç ses enerjisi ve salon taban alanının genişlemesiyle bazı bölümlerde geç ses enerjisi oranının artması bu durumun oluşmasına sebep olmuş olabilir. Elde edilen sonuçlar salon hacminin ve boyutlarının artması ile geç ses enerjisinin de buna paralel olarak arttığını göstermektedir. Fakat merkez süresi parametresinin çınlama süresi ile yakından ilişkili bir parametre olması ve incelenen üç salonun da çınlama süresinin farklı olması, böyle bir genellemenin doğruluğunu zedelemektedir.

Salonlar için yapılan hesaplamalarla elde edilen sonuçlara bakıldığında, en yüksek C_{80} değerlerinin S1 ve S2 salonlarına ait olduğu görülmektedir. Alçak frekanslarda S1 salonu daha yüksek değerlere sahipken, yüksek frekanslarda S2 salonu daha yüksek değerler elde etmiştir. En düşük değerler ise S7 salonuna ait olup bu durumla ilgili grafik Şekil.5.151'de gösterilmiştir.



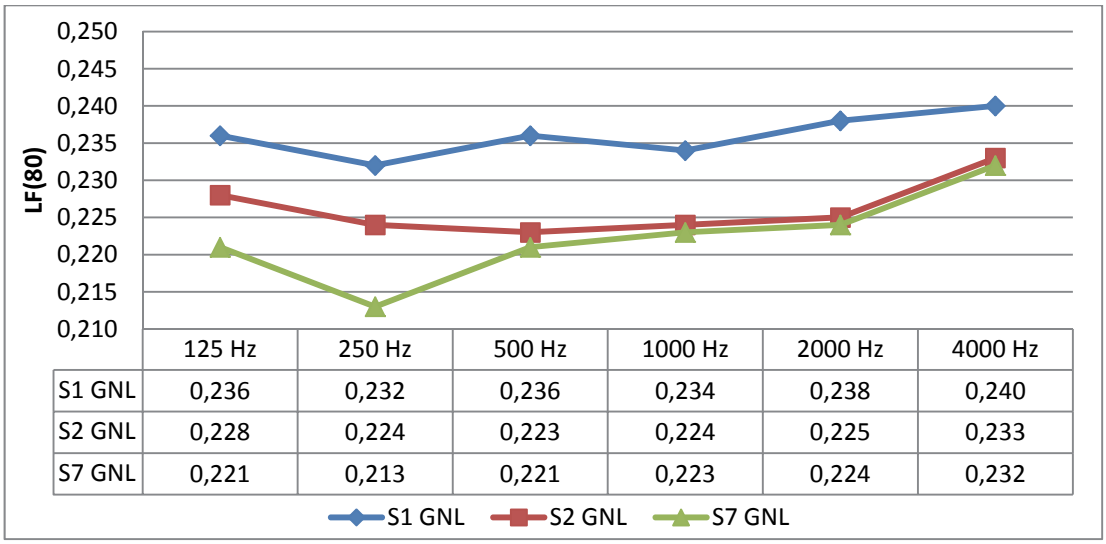
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	-2,50	-1,80	-1,30	-0,90	-0,90	-0,60
S2 GNL	-2,50	-1,90	-1,20	-0,90	-0,80	-0,50
S7 GNL	-2,60	-1,90	-1,40	-1,10	-1,10	-0,70

Şekil 5.151 : Salon genelinde elde edilen C_{80} değerleri grafiği.

Netlik parametresi, merkez süresi parametresi gibi erken ses - geç ses enerjisi oranını inceleyen bir parametredir ve çınlama süresi ile ilişkilidir. Elde edilen C_{80} değerleri

incelendiğinde T_s parametresinde olduğu gibi, salon hacminin ve boyutlarının artması ile geç ses enerjisinin de buna paralel olarak arttığını sonucu çıkarılabilir. Fakat C_{80} parametresinde elde edilen değerlerin birbirine çok yakın olması ve çınlama süresi ile yakından ilişkili olması nedeniyle böyle bir genelleme yapılamaz. Bu nedenle, elde edilen sonuçlar küçük salon – büyük salon incelemesi için C_{80} parametresi üzerinden değerlendirme yapmanın doğru olmadığını göstermiştir.

Yanal yansıma oranı için salonlarda elde edilen sonuçlara bakıldığında, en yüksek yanal yansıma oranının S1 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bu sonuçları sırası ile S2 ve S7 salonlarında elde edilen sonuçlar takip etmektedir. Şekil.5.152'de salonlarda elde edilen LF_{80} değerlerine ait grafik gösterilmiştir.



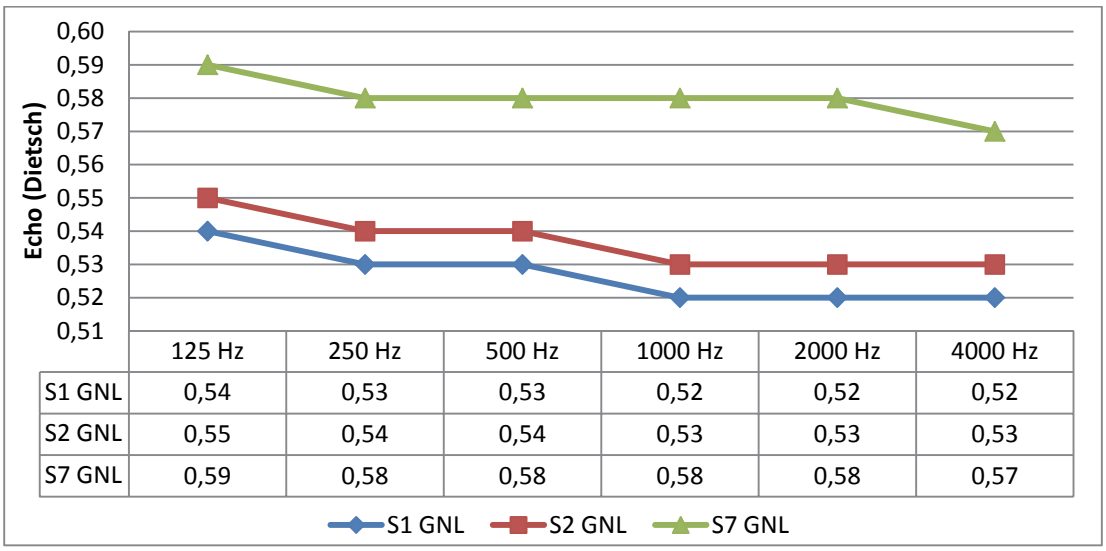
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	0,236	0,232	0,236	0,234	0,238	0,240
S2 GNL	0,228	0,224	0,223	0,224	0,225	0,233
S7 GNL	0,221	0,213	0,221	0,223	0,224	0,232

Şekil 5.152 : Salon genelinde elde edilen LF_{80} değerleri grafiği.

S1 salonu, inceleme yapılan üç salon arasında tüm frekanslarda daha yüksek yanal yansıma oranına sahiptir. Çalışma kapsamında yapılan önceki incelemelerde yanal enerji oranının balkonlara göre zemin katlarda daha yüksek olduğu ve at nalı plan tipinin bir etkisi olarak özellikle salonların arka bölümlerinde bu oranın çok yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle dinleyicilerinin tamamı zemin katta bulunan S1 salonu için elde edilen yüksek yanal yansıma değerleri salonların boyutunun artması ile yanal yansıma oranının artacağını göstermez. S2 ve S7 salonlarında yüksek frekanslarda elde edilen benzer sonuçlar da bunu desteklemektedir.

Echo parametresi için salonlarda elde edilen sonuçlara bakıldığında en düşük Echo değerlerinin S1 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bu sonuçları sırası ile S2 ve S7

salonlarında elde edilen sonuçlar takip etmektedir. Echo değerlerine ait grafik Şekil.5.153'te gösterilmiştir.



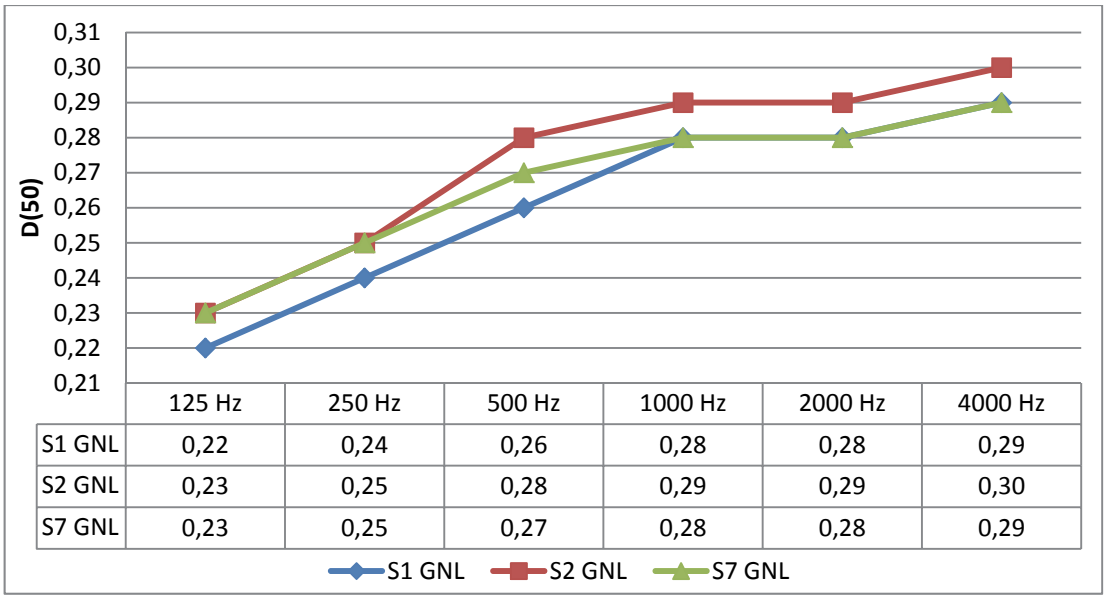
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52
S2 GNL	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53
S7 GNL	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57

Şekil 5.153 : Salon genelinde elde edilen Echo değerleri grafiği.

Tüm sonuçlar incelendiğinde salon boyutunun ve hacmin artması ile Echo parametresinin doğru orantılı olarak tüm frekanslarda arttığı görülmektedir. S1 salonuna ait Echo değerleri, bu salonda eko oluşma ihtimalinin diğer salonlara göre daha az olduğunu göstermektedir. Bu değerleri sırasıyla S2 ve S7 salonlarının takip etmesi nedeniyle, salon boyutları ve hacimlerinin artması ile Echo parametresinin de artacağı söylenebilir. Echo parametresinin artmasında salonun at nalı plan tipine sahip olması da çok etkilidir. At nalı plan tipinin sahip olduğu dairesel form, inceleme yapılan tüm salonların orta bölümlerinde odaklamaya sebep olarak duyulabilir eko oluşma ihtimalini arttırmaktadır. Yine de arka duvarlarda ses yutucu özellikte malzemeler kullanılması duyulabilir eko oluşmasına engel olmuş ve elde edilen tüm değerler literatüre göre kabul edilebilir sınırların içinde kalmıştır.

Küçük salon – büyük salon durumunun değerlendirilmesi için gruplandırılan parametrelerden ikincisi, konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili parametrelerdir. Bunun için; D_{50}, STI ve AL_{cons} parametreleri seçilmiştir.

Ayırt edilebilirlik parametresi için salonlarda elde edilen değerler incelendiğinde, sonuçların düzensiz olduğu görülmektedir. Alçak frekanslarda S2 ve S7 salonları en yüksek değerleri elde ederken, yüksek frekanslarda S2 salonu diğer salonlardan daha yüksek değerler elde etmiştir. Bu duruma ait grafik, Şekil.5.154'te gösterilmiştir.

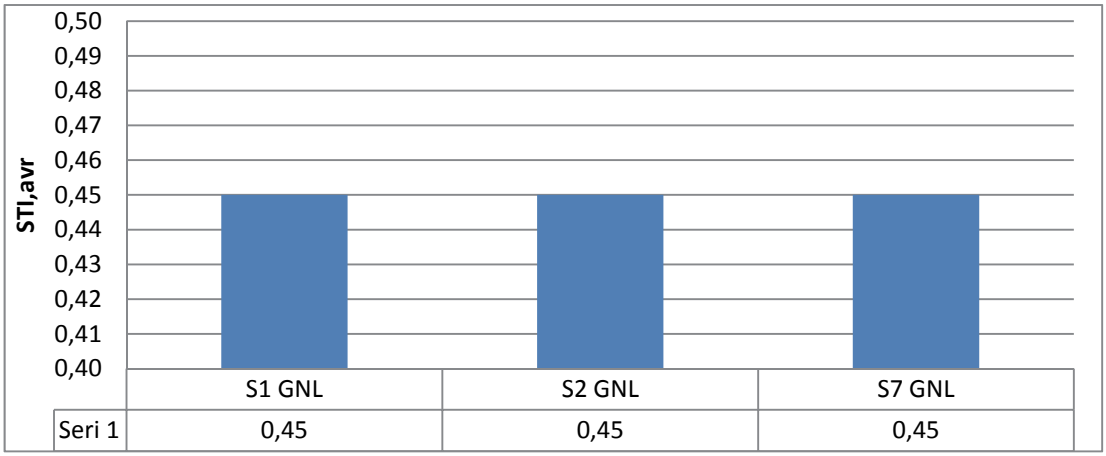


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	0,22	0,24	0,26	0,28	0,28	0,29
S2 GNL	0,23	0,25	0,28	0,29	0,29	0,30
S7 GNL	0,23	0,25	0,27	0,28	0,28	0,29

Şekil 5.154 : Salon genelinde elde edilen D_{50} değerleri grafiği.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, elde edilen D_{50} değerlerinin birbirine çok yakın olması ve alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru gidildikçe en yüksek ve en düşük değerleri elde eden salonların değişmesi, salon boyutlarının artışı ve konuşma anlaşılabilirliği arasında ilişki kurmayı engellemektedir. Aynı zamanda D_{50} parametresinin çınlama süresi parametresi ile ilişkili olması ve her salonun çınlama süresinin farklı olması da bu durumu desteklemektedir. Bu nedenle küçük salon büyük salon incelemesi için D_{50} parametresi üzerinden değerlendirmeler yapmak doğru değildir.

Salonlar için yapılan hesaplamalarla elde edilen STI değerlerine bakıldığında, üç salonun da eşit değerlere sahip olduğu görülmektedir. Salonlarda elde edilen STI değerlerine ait grafik, Şekil.5.155'te gösterilmiştir.



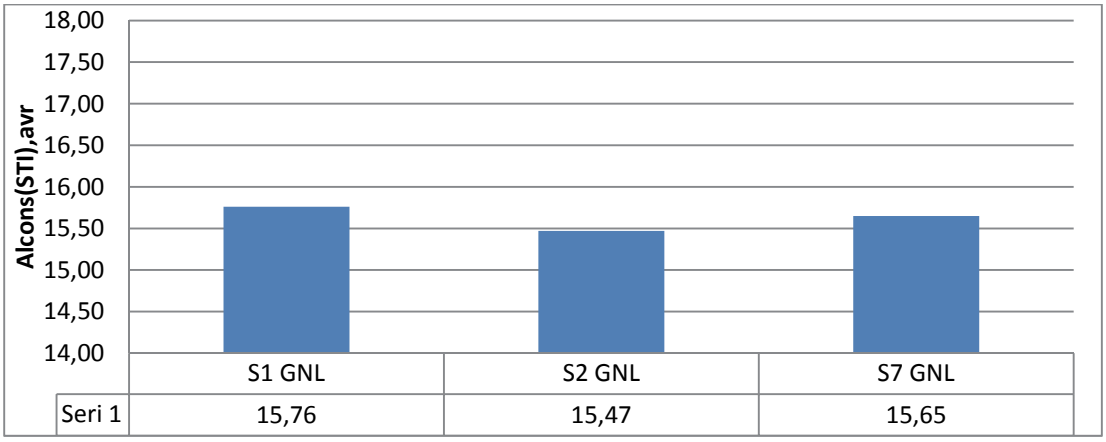
	S1 GNL	S2 GNL	S7 GNL
Seri 1	0,45	0,45	0,45

Şekil 5.155 : Salon genelinde elde edilen STI değerleri grafiği.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, tüm salonlarda eşit değerlerin elde edilmesi, D_{50} parametresinde olduğu gibi, salon boyutlarının değişimi ile konuşma anlaşılabilirliği arasında ilişki kurulmasını engellemektedir. Salonların boyutlarının değişmesine, çınlama sürelerinin farklı olmasına rağmen sonuçların eşit çıkması küçük salon – büyük salon durumu için STI parametresi üzerinden değerlendirme yapılmasının doğru olmadığını göstermektedir.

Salon genel sonuçlarına bakıldığında, en düşük Al_{cons} sonuçlarının S2 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bu değerleri sırasıyla S7 ve S1 salonlarına ait değerler takip etmektedir. Salonlarda elde edilen Al_{cons} parametresi değerlerine ait grafik Şekil.5.156'da gösterilmiştir.

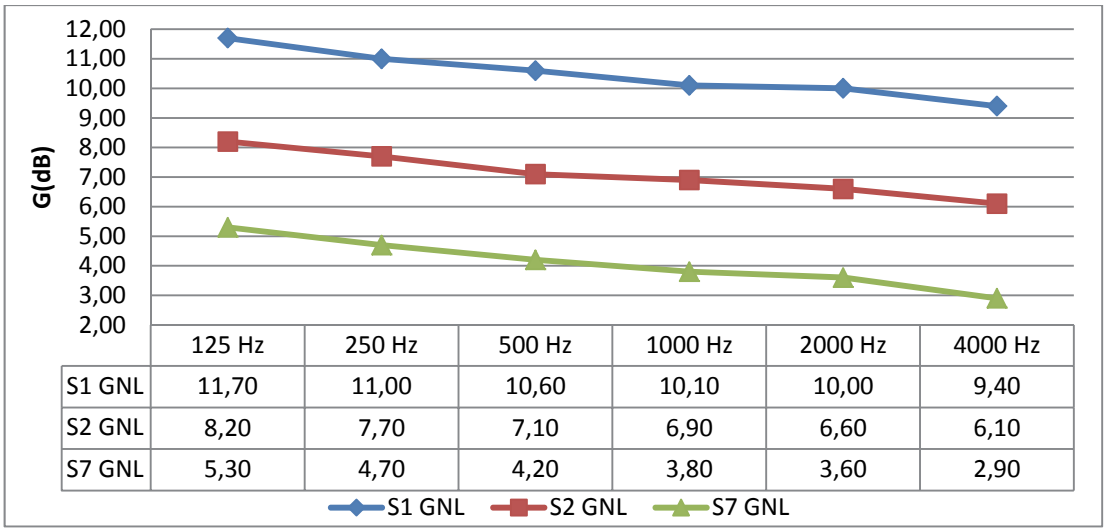
Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, diğer konuşma anlaşılabilirliği parametrelerinde olduğu gibi Al_{cons} parametresinde de düzensiz sonuçlar elde edilmesi, bu parametre üzerinden küçük salon – büyük salon değerlendirilmesinin yapılmasının doğru olmadığını göstermektedir. Tüm konuşma anlaşılabilirlik parametrelerinde elde edilen sonuçların birbirleri ile çelişkili olması da bu durumu desteklemektedir.



Şekil 5.156 : Salon genelinde elde edilen AL_{cons} değerleri grafiği.

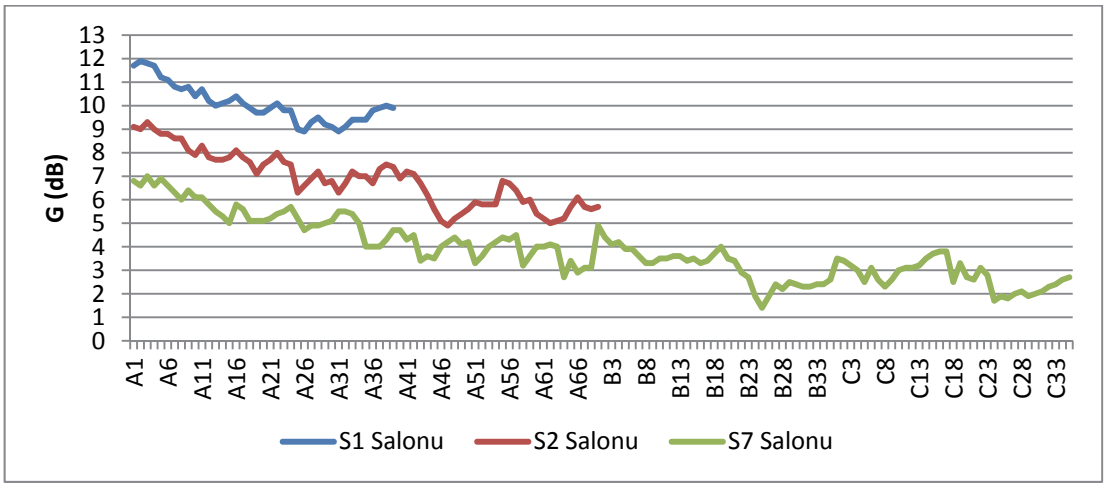
Küçük salon – büyük salon durumunun değerlendirilmesi için gruplanan parametrelerden üçüncüsü ses gücü ile ilgili parametrelerdir. Bunun için; G ve SIL parametreleri seçilmiştir.

Salonlarda yapılan hesaplamalarla elde edilen G değeri sonuçlarına bakıldığında, en yüksek ses gücü değerinin S1 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bu sonuçları sırasıyla S2 ve S7 salonunda elde edilen değerler takip etmektedir. G parametresi için elde edilen değerlere ait grafik, Şekil.5.157'de gösterilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	11,70	11,00	10,60	10,10	10,00	9,40
S2 GNL	8,20	7,70	7,10	6,90	6,60	6,10
S7 GNL	5,30	4,70	4,20	3,80	3,60	2,90

Şekil 5.157 : Salon genelinde elde edilen G değerleri grafiği.



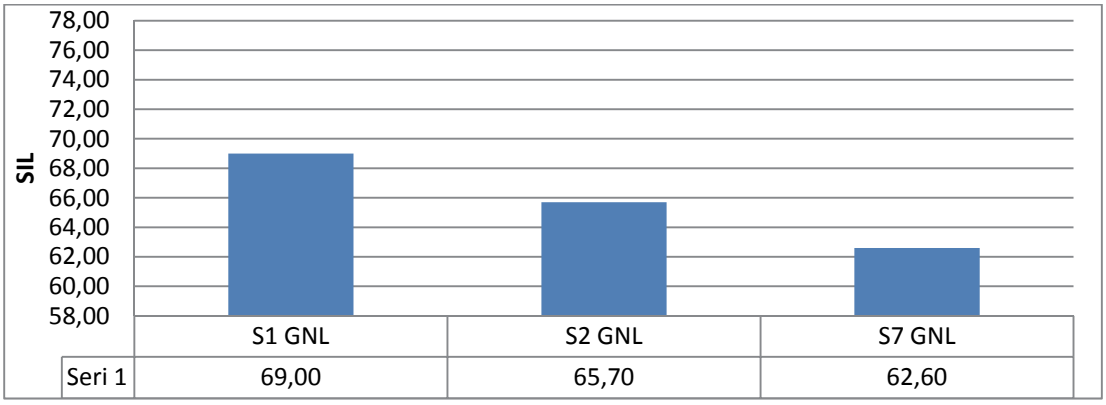
Şekil 5.158 : Üç salonda tüm alıcı noktalarında elde edilen G değerleri (1000Hz).

G parametresi, ses kaynağı ile alıcı arasındaki mesafe ile doğrudan ilişkili bir parametredir. Alıcısın ses kaynağına olan mesafesi kısaldıkça G değeri de artmaktadır. Şekil.5.158'de görüldüğü gibi salonlarda elde edilen sonuçlar da bu durumu desteklemektedir. En küçük salon olan S1 salonunda en yüksek değerlerin, en büyük salon olan S7 salonunda da en düşük değerlerin elde edilmesi, salon boyutunun artması ile G değerinin düştüğünü göstermektedir. Bu nedenle küçük salon - büyük salon durumu incelemesinde G parametresi üzerinden değerlendirme yapılabilmektedir.

Salonlarda elde edilen sonuçlara bakıldığında SIL değerlerinin beklenildiği gibi G değerleriyle paralel olduğu görülmektedir. Buna göre SIL değerlerini gösteren Şekil.5.159'daki grafiğe bakıldığında, en yüksek değerlerin S1 salona, en düşük

değerlerin de S7 salonuna ait olduğu görülmektedir. S2 salonunda elde edilen değerler bu iki salonun arasında olmuştur.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, G parametresinde olduğu gibi SIL parametresinde de salon boyutlarının ve hacminin artması ile elde edilen değerlerin düştüğü görülmektedir. SIL parametresinin G parametresinin frekans ortalamaları üzerinden üretilmesi nedeniyle beklenildiği gibi elde edilen değerler birbirine paralel olmuştur. Buna göre en yüksek değerlerin S1 salonuna, en düşük değerlerin S7 salonuna ait olması küçük salon – büyük salon durumu ile SIL parametresi arasında ters orantı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle salon boyutların ve hacmini artması ile SIL parametresinin azalacağı ve arka plan gürültüsünün konuşma anlaşılabilirliğini etkileme ihtimalinin artacağı söylenebilmektedir.



Şekil 5.159 : Salon genelinde elde edilen SIL değerleri grafiği.

Konser işlevinde küçük salon – büyük salon durumunun değerlendirilebilmesi için, S1, S2 ve S7 olarak adlandırılan salonlar üzerinde ODEON akustik simülasyon programı kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen parametre değerleri gruplanarak 125-4000 Hz arasındaki frekans bantlarını kapsayacak biçimde grafikler üzerinde gösterilmiştir. Değerlendirmeler de bu grafiklerde yer alan değerler üzerinden yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, küçük salon ve büyük salonlarda hacim akustiği parametrelerinin nasıl bir davranış sergilediğini ve hangi parametrelerin bu durum incelemesinde kullanılmasının uygun olduğunu göstermiştir.

İncelenen üç salonun hacimleri birbirinden farklıdır ve salon hacmi arttıkça ihtiyaç duyulan çınlama süresi de artmaktadır. Bu nedenle salonun sahip olduğu hacme göre ihtiyaç duyulan çınlama süreleri, salonların sadece arka duvarlarında yapılan malzeme değişiklikleri ile sağlanmıştır. Bunun sonucunda üç salon için de

birbirinden farklı çınlama süreleri oluşturulmuştur. Hesaplamalar sonucunda elde edilen EDT değerleri de çınlama süreleri ile paralel olmuştur. Sonuç olarak salonların boyutu ve hacminin artması ile salonların çınlama süreleri ve buna paralel olarak erken düşme sürelerinin uzadığı söylenebilir.

Küçük salon – büyük salon durumu incelemesi için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen bazı parametre değerleri, bu parametreler üzerinden bir yargıya varılmasının uygun olmadığını göstermiştir. Bunlar konuşma anlaşılabilirliği ve erken ses enerjisi ile ilgili parametrelerdir. T_s, C_{80} ve LF_{80} gibi erken - geç ses enerjisi oranlarını inceleyen parametrelerde elde edilen değerlerin birbirleri ile çelişmesi bu parametreler üzerinden değerlendirme yapılmasının sağlıksız olduğunu göstermiştir. Konuşma anlaşılabilirliği parametreleri D_{50}, STI, AL_{cons} parametrelerinde de elde edilen değerler küçük salon - büyük salon durumunu incelemek için uygun değildir.

Ses gücü parametreleri, Echo parametresi ve XI(T_{30}) parametresi bu durum incelemesi için sağlıklı sonuçlar vermiştir. XI(T_{30}) parametresi çınlama süresinden bağımsız olarak bu sürenin azalma eğrisinin düzgünlüğünü inceler. Elde edilen sonuçlar salon boyutu ve hacminin artması ile çınlama süresi azalma eğrisinin de bozulduğunu göstermektedir. Aynı şekilde Echo parametresi de salonların büyümesiyle Echo ihtimalinin artacağını göstermiştir. G parametresi ise ses kaynağı ile alıcı arasındaki mesafeden doğrudan etkilendiği için küçük salonda yüksek, büyük salonda da düşük G değerleri elde edilmiştir. SIL parametresinde de bu durumu destekleyen sonuçlara ulaşılmıştır. Bu nedenle salonların boyut ve hacimlerinin artmasına paralel olarak ses gücünün de düşeceği söylenebilmektedir.

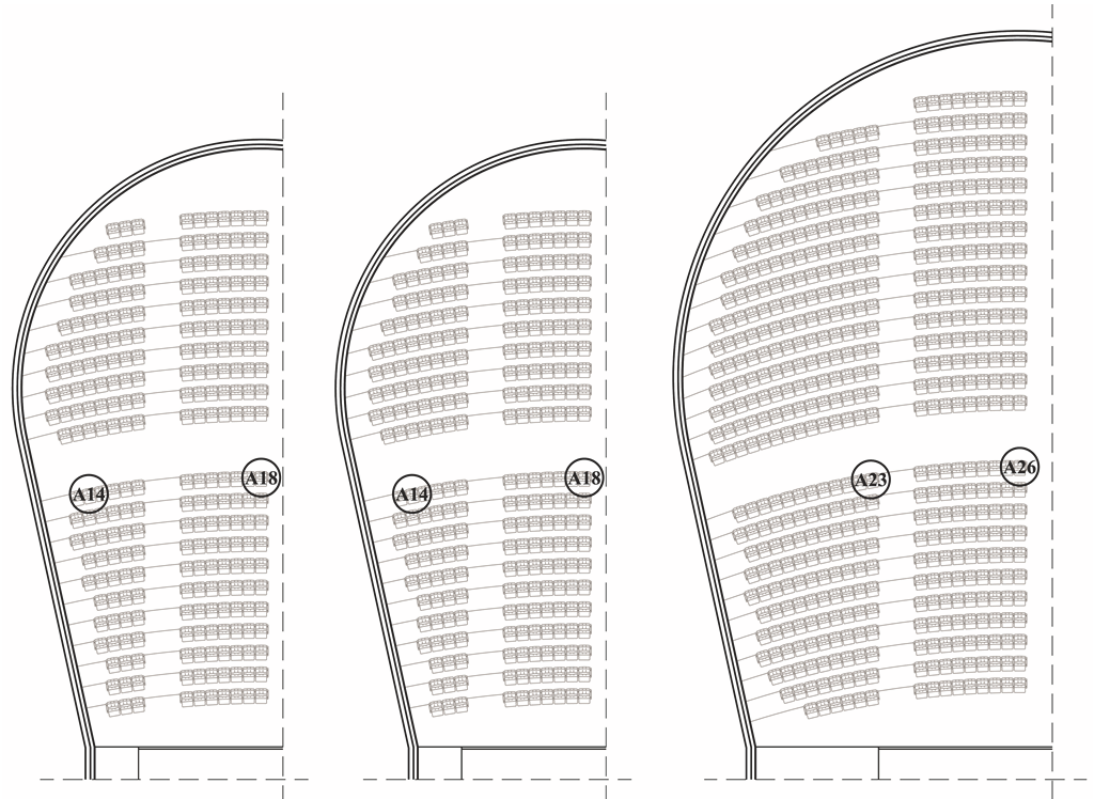
Çizelge.5.15'te incelenen üç salonda aynı konumlarda bulunan alıcı noktalarında elde edilen parametre değerleri verilmiştir. Şekil.5.160'da da bu alıcı noktalarının konumları planlar üzerinde gösterilmiştir. Yapılacak karşılaştırmalar için seçilen iki alıcı noktası, konum olarak salonların orta bölümünde ve orta bölümün kenarında yer almaktadır.

İnceleme yapılan üç salonda, salonların zemin kat orta bölümlerinde, ses kaynağına göre aynı mesafe ve konumda bulunan A14 ve A23 numaralı alıcı noktalarında elde edilen değerler karşılaştırıldığında, salonların boyutunun ve hacminin artması ile çınlama süresi ve erken düşme sürelerinin uzadığı, ses gücünün azaldığı, arka plan

gürültüsünün sesi maskelemesi ve duyulabilir eko oluşması ihtimalinin arttığı ve çınlama eğrisinin düzgünlüğünün bozulduğu görülmektedir.

Çizelge 5.15 : S1, S2 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması (1000 Hz).

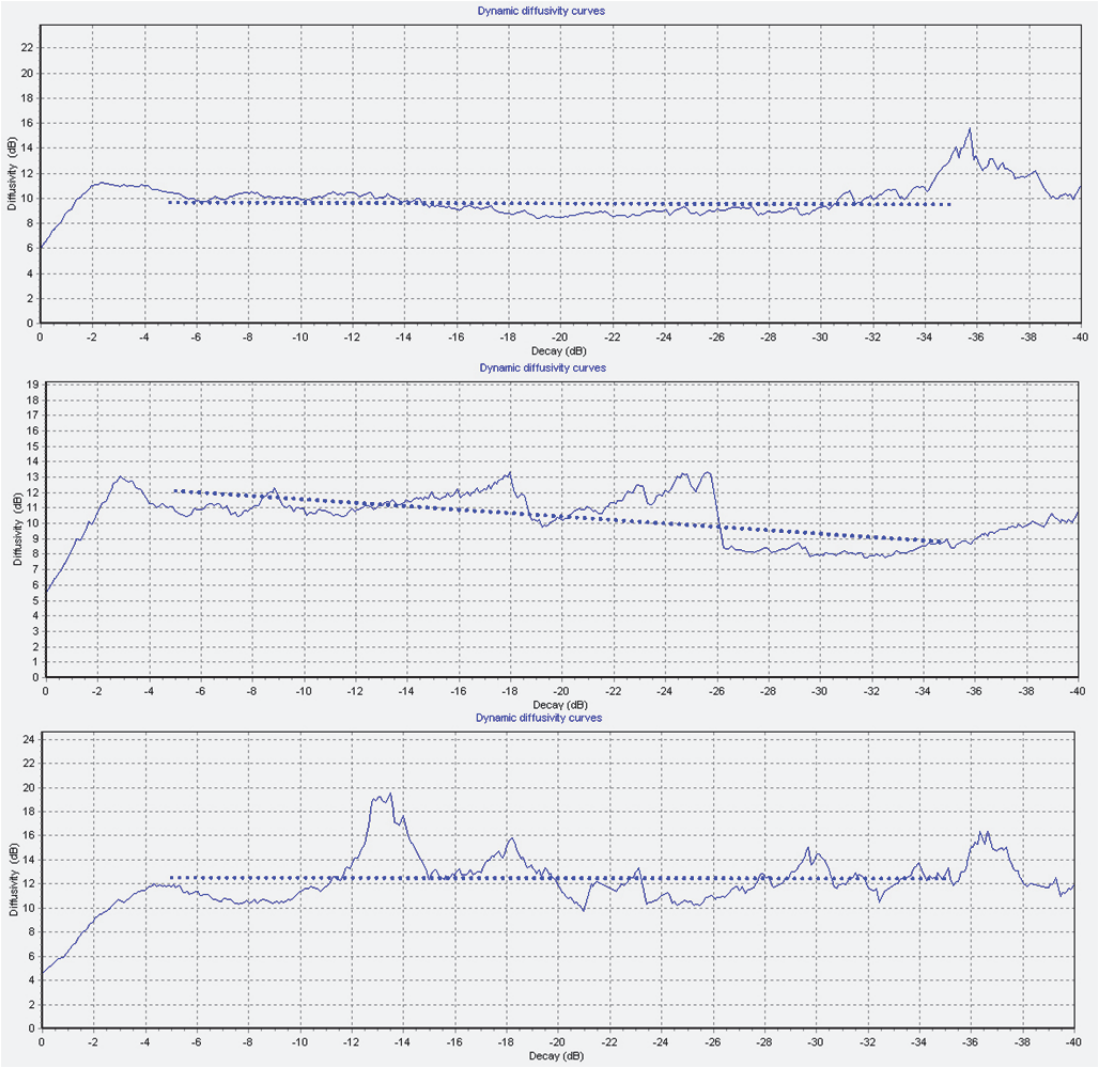
Salon Adı	**S1 SALONU**		**S2 SALONU**		**S7 SALONU**	
Alıcı No	**A14**	**A18**	**A14**	**A18**	**A23**	**A26**
EDT	1,90	1,94	1,96	2,03	2,21	2,25
T_{30}	1,78	1,80	1,91	1,89	2,06	2,12
$XI(T_{(30)})$	0,30	0,40	0,50	0,50	0,30	0,80
T_s	143,00	154,00	144,00	153,00	159,00	168,00
G	10,10	9,90	7,70	7,60	5,50	4,70
D_{50}	0,28	0,19	0,28	0,21	0,25	0,20
C_{80}	-1,60	-2,60	-1,50	-2,30	-1,80	-2,60
LF_{80}	0,205	0,204	0,183	0,180	0,238	0,125
Echo	0,50	0,59	0,55	0,61	0,60	0,66
STI	0,43	0,40	0,42	0,40	0,41	0,38
SIL	69,00	68,90	66,50	66,40	64,20	63,50
AL_{cons}	17,41	20,23	18,05	20,52	19,07	22,07



Şekil 5.160 : S1 (sol), S2 (orta), S7 (sağ) salonlarında karşılaştırılan alıcı noktaları.

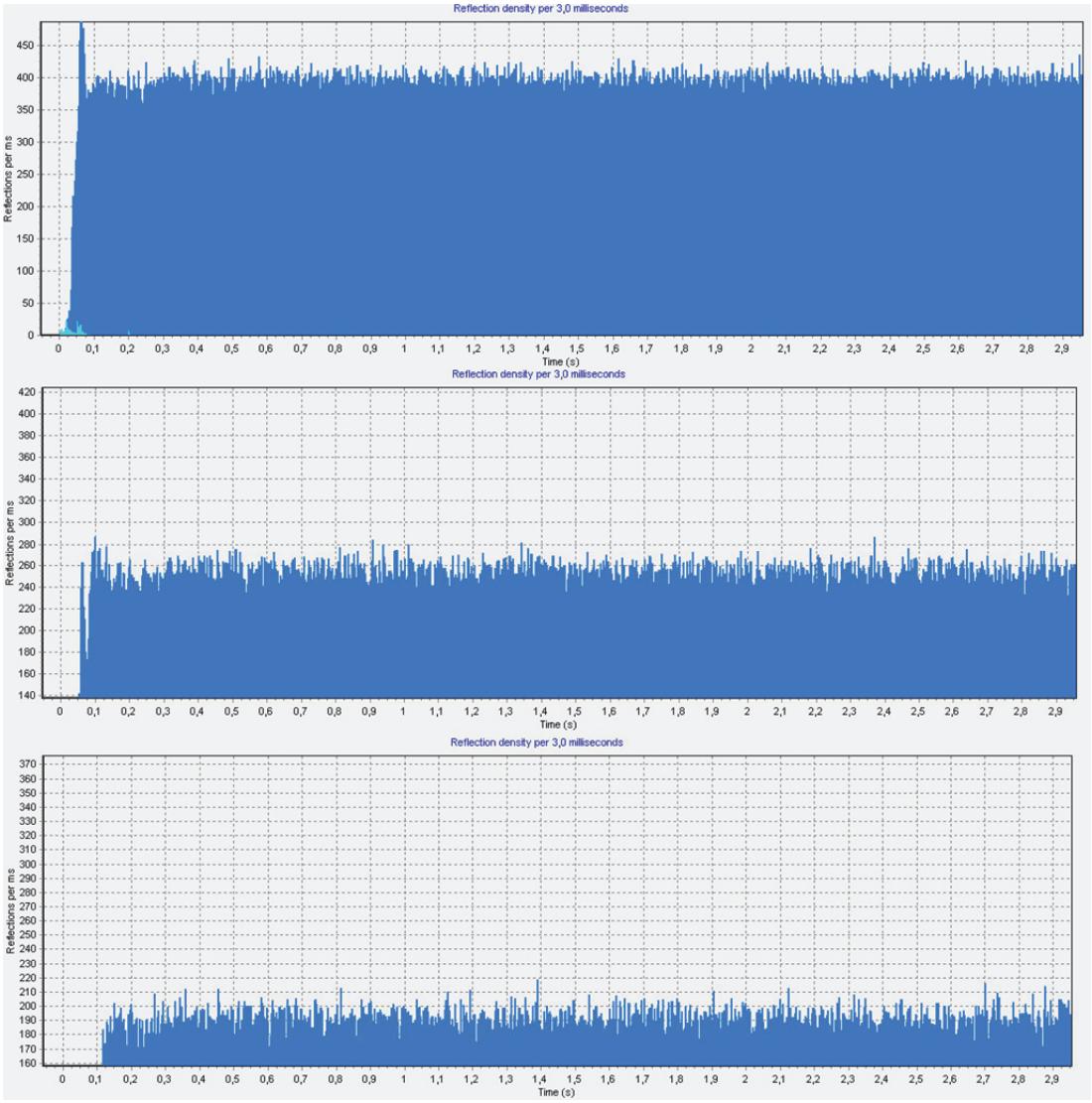
Yine aynı şekilde, üç salonda da ses kaynağına göre aynı konumda bulunan A18 ve A26 alıcılarında da salon ortasında bulunan alıcılarla benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Aynı zamanda bu çizelgeden salon ortasından kenarlara doğru

gidildikçe tüm salonlarda geç ses enerjisinin, duyulabilir eko oluşmasının ve sesin maskelenmesi ihtimalinin arttığı, konuşma anlaşılabilirliği ve netliğin de azaldığı görülmektedir.



Şekil 5.161 : S1, S2 ve S7 salonlarında elde edilen DDC eğrileri.

A18 ve A26 noktaları için elde edilen DDC ve yansıma yoğunluğu eğrileri Şekil.5.161 ve Şekil.5.162'de verilmiştir. DDC eğrisine bakıldığında S1 salonunda ses düzeyi azalması ile ses dağılımının dengeli biçimde süregeldiği ve homojen sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Ancak salon boyutu ve hacminin arması ile aynı konumda bulunan dinleyicilerde DDC eğrisinin dengesizleştiği görülmektedir. Aynı şekilde yansıma yoğunluğu grafiğine bakıldığında da salon boyutunun ve hacminin artması ile ters orantılı olarak yansıma yoğunluğunun da azaldığı görülmektedir.

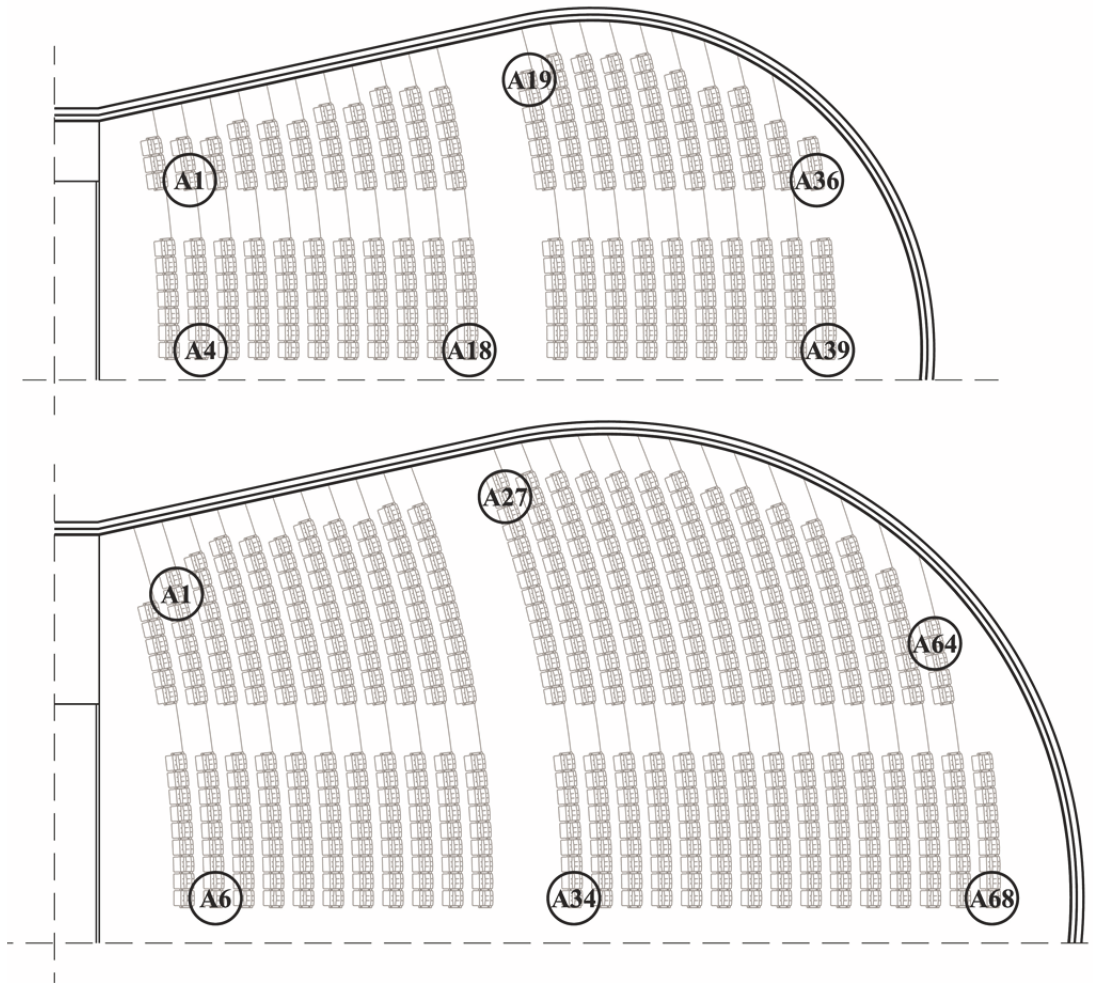


Şekil 5.162 : Sırasıyla S1, S2 ve S7 salonlarında yansıma yoğunluğu.

Küçük salon – büyük salon durumu incelemesinde, salonların kenar ve orta bölümlerde bulunan alıcı noktalarında hesaplanan hacim akustiği parametreleri üzerinden de değerlendirmeler yapılmıştır. Salonların zemin kat orta aksı üzerinde bulunan alıcı noktalarında elde edilen değerler Çizelge.5.16'da, kenar bölümlerde bulunan alıcı noktalarında elde edilen değerler de Çizelge.5.17'de verilmiştir. Seçilen alıcı noktalarının salondaki konumları da Şekil.5.163'te gösterilmiştir.

Salonların zemin kat orta aksı üzerinde bulunan alıcı noktalarında elde edilen değerler incelendiğinde, sahneye en yakın konumda bulunan alıcılardan S1 salonundaki A4 numaralı alıcının S7 salonundaki A6 numaralı alıcıya göre, daha kısa çınlama ve EDT süresine, daha iyi konuşma anlaşılabilirliği ve netliğe, daha fazla yanal enerji oranı ve ses gücüne, daha az duyulabilir eko ve ses maskelemesi oluşma ihtimaline sahip olduğu görülmektedir. Sahneye en uzak konumda bulunan, S1

salonunda A39 ve S7 salonunda A68 numaralı alıcı noktaları incelendiğinde de benzer sonuçlar elde edilmiş fakat sonuçlar sahneye en yakın konumda bulunan alıcı noktalarında elde edilen sonuçlara göre birbirine daha yakın olmuştur. Salonun orta kısmında bulunan, S1 salonunda A18 ve S7 salonunda A34 numaralı alıcı noktaları incelendiğinde ise hesaplanan parametreler arasındaki farkın kapandığı hatta konuşma anlaşılabilirliği ve netlik parametrelerinde büyük salonun daha iyi sonuçlar aldığı görülmektedir. Bu da at nalı salon tipinin sahip olduğu dairesel form nedeniyle, büyük salona göre küçük salonun orta bölümlerini daha çok olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir.



Şekil 5.163 : Üstte S1, altta S7 salonlarında seçilen alıcı noktaları konumları.

Kenar bölümlerde bulunan alıcı noktalarında elde edilen değerler incelendiğinde, orta aks üzerindeki alıcı noktalarından farklı olarak, kenar bölümlerin orta kısmındaki alıcı noktalarında elde edilen değerler birbirine daha yakın olmuş hatta

erken ses enerjisi ve konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili parametrelerde büyük salonda da iyi sonuçlar elde edilmiştir. Kenar bölümün ortalarında elde edilen değerler incelendiğinde ise, dairesel formdaki arka duvarın neden olduğu odaklama ve geç ses enerjisinin burada da etkili olduğu görülmektedir. Bu nedenle her iki salonda da en zayıf akustik koşullar orta bölümlerde oluşmuştur. Kenar bölümlerinden arka kısmında bulunan alıcı noktaları karşılaştırıldığında ise, küçük salonun daha iyi akustik koşullara sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.16 : S1 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması (1000 Hz).

Salon Adı	**S2 SALONU**			**S7 SALONU**		
Alıcı No	**A4**	**A18**	**A39**	**A6**	**A34**	**A68**
EDT	1,88	1,94	1,33	2,23	2,06	1,69
T_{30}	1,81	1,80	1,79	2,11	2,14	2,10
XI($T_{(30)}$)	0,20	0,40	0,30	0,40	0,20	1,30
T_s	121,00	154,00	102,00	125,00	156,00	121,00
G	11,70	9,90	9,90	6,60	5,00	3,10
D_{50}	0,41	0,19	0,39	0,43	0,24	0,34
C_{80}	0,80	-2,60	1,40	0,60	-1,70	1,10
LF_{80}	0,247	0,204	0,311	0,155	0,167	0,288
Echo	0,46	0,59	0,50	0,64	0,62	0,54
STI	0,50	0,40	0,54	0,47	0,42	0,54
SIL	70,70	68,90	68,80	65,40	63,80	62,00
AL_{cons}	12,47	20,23	9,94	13,93	18,14	9,76

Çizelge 5.17 : S1 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması (1000 Hz).

Salon Adı	**S2 SALONU**			**S7 SALONU**		
Alıcı No	**A1**	**A19**	**A36**	**A1**	**A27**	**A64**
EDT	1,91	1,87	1,41	2,05	2,36	1,67
T_{30}	1,81	1,78	1,78	2,12	2,17	2,19
XI($T_{(30)}$)	0,40	0,70	0,60	0,50	5,20	1,00
T_s	126,00	144,00	99,00	121,00	161,00	125,00
G	11,70	9,70	9,80	6,80	4,90	2,70
D_{50}	0,35	0,24	0,41	0,43	0,23	0,30
C_{80}	0,40	-1,90	1,80	0,40	-2,60	-0,20
LF_{80}	0,266	0,186	0,338	0,387	0,107	0,296
Echo	0,52	0,53	0,47	0,52	0,67	0,59
STI	0,47	0,42	0,54	0,49	0,40	0,47
SIL	70,60	68,60	68,70	65,60	63,60	61,60
AL_{cons}	14,10	18,04	10,22	12,73	20,25	14,31

Küçük salon – büyük salon durumunun belirli alıcı noktaları üzerinden incelenmesi sonucunda, salon genel sonuçları üzerinden yapılan değerlendirmelerle benzer

sonuçlar elde edilmiştir. Alıcı noktalarında elde edilen değerler incelendiğinde genel sonuçlar üzerinden yapılan değerlendirmelerde olduğu gibi, T_{30}, EDT, XI(T_{30}), Echo, G ve SIL parametreleri dışındaki parametreler üzerinden değerlendirme yapmanın doğru sonuçlar vermeyeceği görülmüştür. Bu duruma netlik, konuşma anlaşılabilirliği ve erken – geç ses enerjisi oranlarını inceleyen parametrelerin salon boyutu ve hacmin artışı ile çelişen sonuçlar vermesi neden olmuştur. Ayrıca at nalı plan tipinin salon ortasında geç ses enerjisine neden olduğu da alıcı noktalarında elde edilen değerler üzerinden yapılan karşılaştırmalarda görülmüştür.

Sonuç olarak, konser işlevindeki bir salonda boyutlar ve hacmin artması ile çınlama süresi ve erken düşme süresinin uzayacağı, çınlama eğrisinin düzgünlüğünün bozulacağı, ses gücünün azalacağı, ses maskelemesi ve duyulabilir eko oluşma ihtimalinin artacağı söylenebilir. At nalı plan tipinin bir dezavantajı olan odaklama etkisi sonucunda salonların orta bölgesinde oluşan geç ses enerjisi de salon boyutu ve hacminin azalması ile ters orantılı olarak artmaktadır. Ayrıca küçük ve büyük salonlarda tasarımı etkileyen en önemli problem olan, küçük salonlardaki yüksek, büyük salonlardaki düşük G değeri ile ihtiyaç duyulan çınlama süresi arasındaki hassas denge de, bu inceleme sonucunda elde edilen değerlerde görülmektedir.

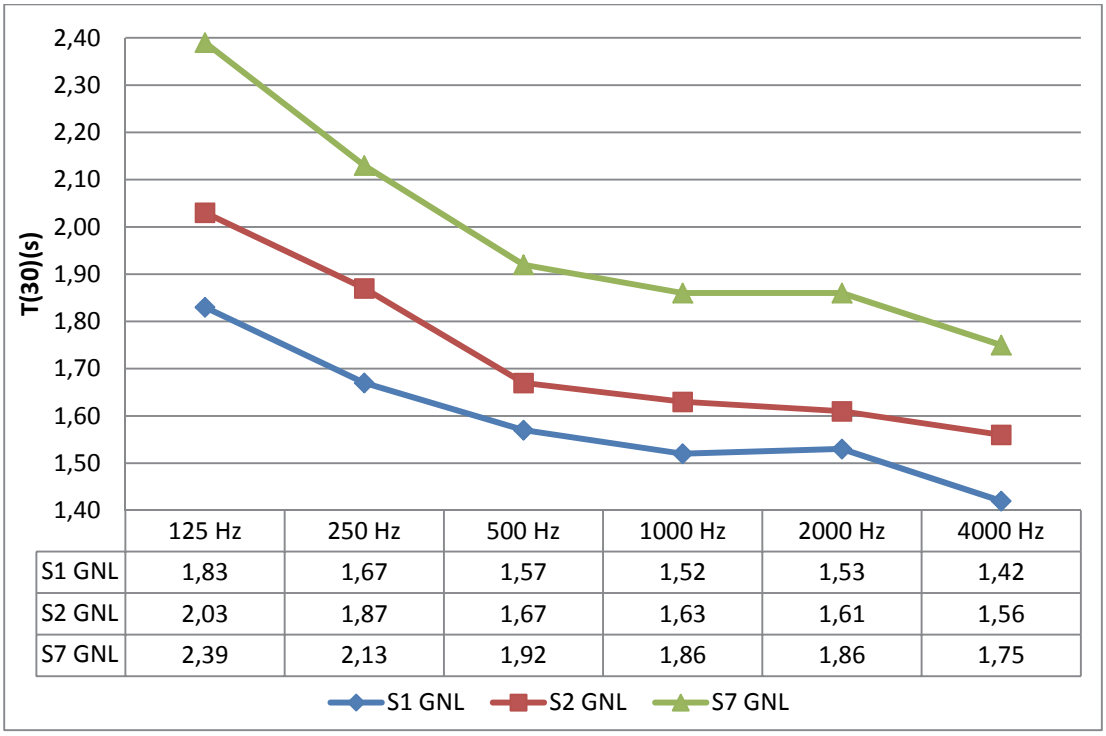
5.6 Opera İşlevinde Küçük Salon – Büyük Salon Durumunun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından İncelenmesi

Küçük salon - büyük salon durumu için konser işlevinde yapılan inceleme ve değerlendirmelerden sonra, aynı salonlar (S1, S2 ve S7) opera işlevine getirilmiş ve tekrar hesaplamalar yapılarak elde edilen sonuçlar üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Diğer durum incelemelerinde olduğu gibi, konser işlevinden opera işlevine geçiş için sahne üzerinde bulunan orkestra kabuğu kaldırılmış ve sahne kulesi aktif hale getirilmiştir. Konser işlevinde kapalı halde bulunan orkestra çukuru da açılarak salon opera işlevine getirilmiştir.

Yapılacak incelemeler için seçilen parametreler diğer durum incelemelerinde olduğu gibi üç ana başlığa ayrılmıştır. Bunlar; müzik ve ses enerjisi oranları ile ilgili parametreler, konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili parametreler ve ses gücü ile ilgili parametrelerdir. Konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de salonlar bölümsel olarak incelenmemiş, sadece salon genel sonuçları üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. İncelenecek salonların boyut, hacim ve balkon sayısı gibi fiziksel

özelliklerinin farklı olması, bölümsel inceleme yerine genel inceleme yapılmasını zorunlu kılmıştır. Bununla birlikte grid sonuçları üzerinden de karşılaştırmalar yapılmamıştır. Değerlendirmelerin yapıldığı grafiklerde salon genel sonuçları için "GNL" kısaltması kullanılmıştır.

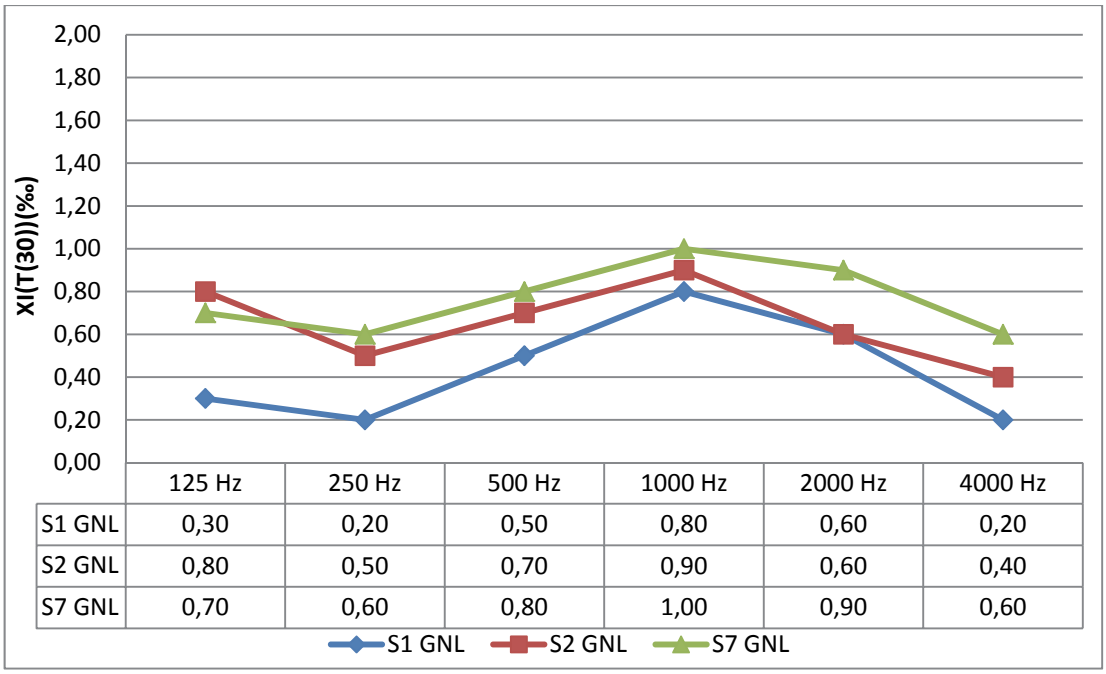
Opera işlevindeki salonlara ait çınlama süreleri, konser işlevi kullanımına göre, 0,3 saniye daha kısa olmuştur. Salonların çınlama sürelerindeki azalma, konser işlevi ile paralel olarak, alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru azalan eğride gerçekleşmiştir. Hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde, salon boyutu ve hacminin artması ile çınlama süresinin de uzadığı görülmektedir. Bu duruma ait grafik Şekil.5.164'te verilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	1,83	1,67	1,57	1,52	1,53	1,42
S2 GNL	2,03	1,87	1,67	1,63	1,61	1,56
S7 GNL	2,39	2,13	1,92	1,86	1,86	1,75

Şekil 5.164 : Salon genelinde elde edilen T_{30} değerleri grafiği.

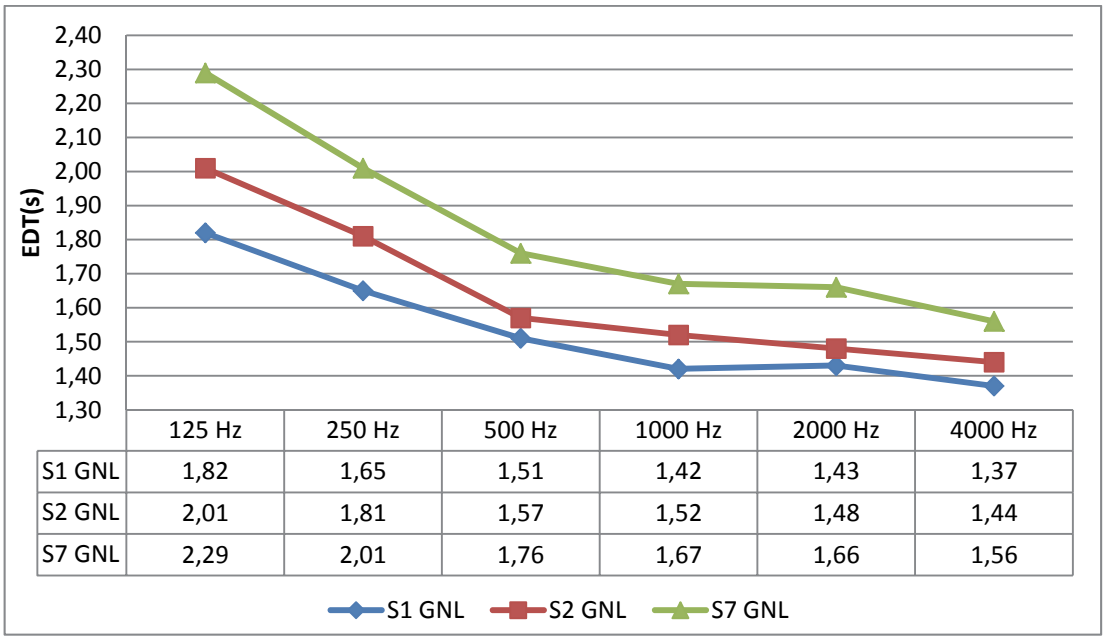
Çınlama eğrisinin düzgünlüğü ($XI(T_{30})$) incelendiğinde, en yüksek sonuçların S7, en düşük sonuçların S1 salonuna ait olduğu görülmektedir. Sonuçlar, konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de salon boyutu ve hacminin artması ile çınlamanın azalma eğrisinin düzgünlüğünün bozulduğunu göstermektedir. Fakat opera işlevinde elde edilen değerler, özellikle 1000 Hz frekans bandında, konser işlevine göre yüksek olmuştur. Şekil.5.165'te hesaplamalar sonucunda elde edilen $XI(T_{30})$ parametresinin grafiği verilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	0,30	0,20	0,50	0,80	0,60	0,20
S2 GNL	0,80	0,50	0,70	0,90	0,60	0,40
S7 GNL	0,70	0,60	0,80	1,00	0,90	0,60

Şekil 5.165 : Salon genelinde elde edilen XI(T_{30}) değerleri grafiği.

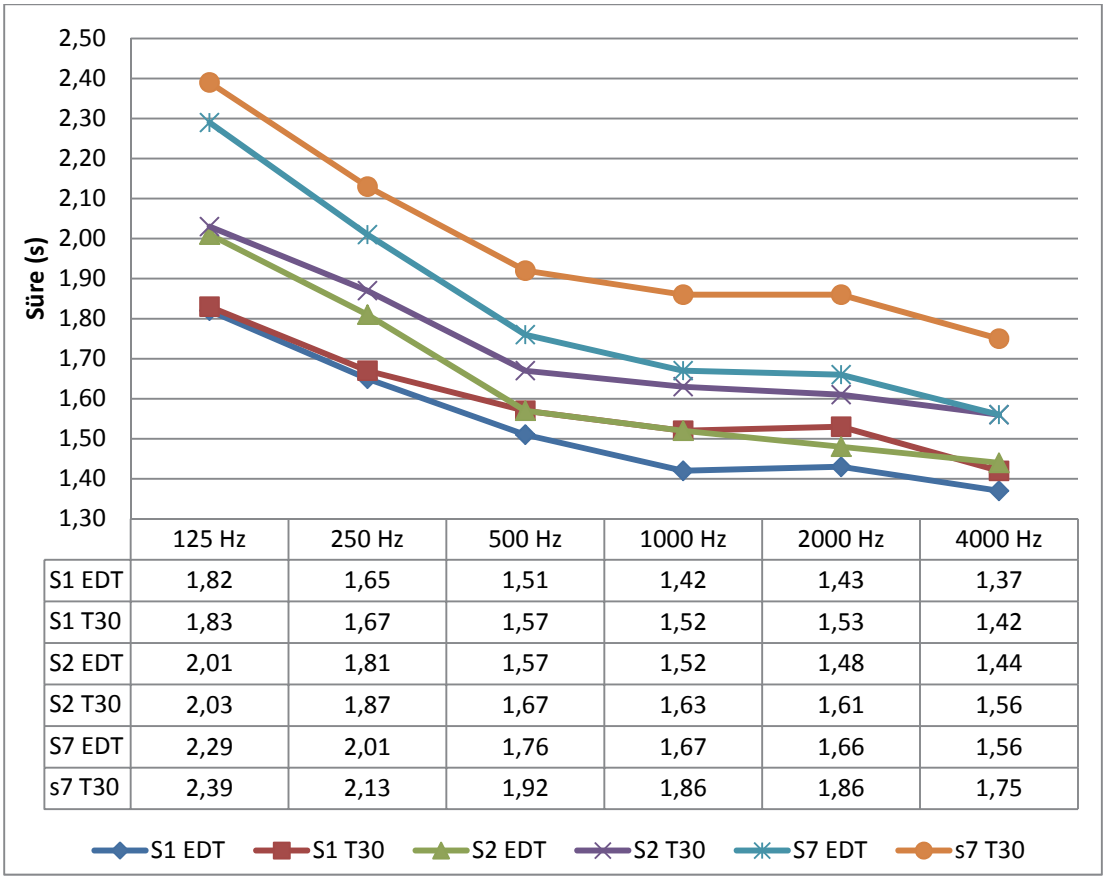
Opera işlevindeki EDT sonuçları da konser işlevindeki sonuçlar ile paraleldir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında en yüksek değerlerin S7 salonuna, en düşük sonuçların da S1 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bu da, çınlama süresi ile erken düşme süresinin paralel sonuçlar elde ederek, salonun boyutu ve hacminin artması ile EDT parametresinin de artacağını göstermektedir. Şekil.5.166'da EDT değerlerine ait grafik gösterilmiştir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	1,82	1,65	1,51	1,42	1,43	1,37
S2 GNL	2,01	1,81	1,57	1,52	1,48	1,44
S7 GNL	2,29	2,01	1,76	1,67	1,66	1,56

Şekil 5.166 : Salon genelinde elde edilen EDT değerleri grafiği.

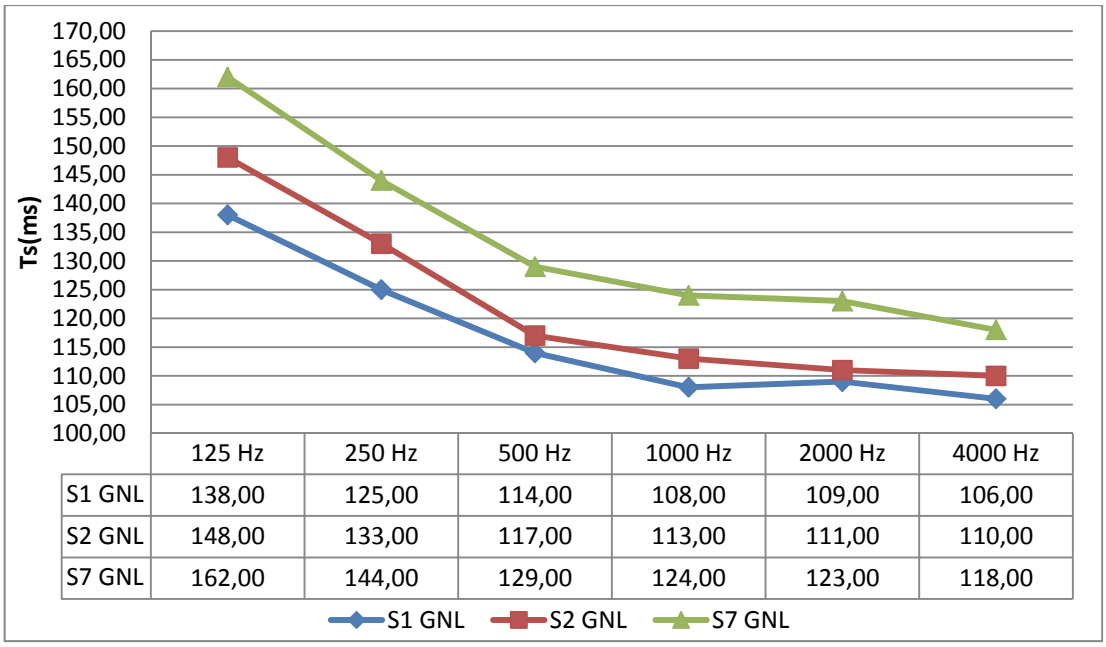
Opera işlevinde elde edilen EDT süreleri, üç salonda da, salonlara ait çınlama sürelerinden kısa olmuştur. Bununla birlikte bu iki parametre arasındaki fark konser işlevine göre daha da açılmıştır. Bu durum opera işlevinde çınlamanın erken bölümünün daha hızlı azaldığını, dolayısıyla erken ses enerjisinin daha baskın olduğunu göstermektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 EDT	1,82	1,65	1,51	1,42	1,43	1,37
S1 T30	1,83	1,67	1,57	1,52	1,53	1,42
S2 EDT	2,01	1,81	1,57	1,52	1,48	1,44
S2 T30	2,03	1,87	1,67	1,63	1,61	1,56
S7 EDT	2,29	2,01	1,76	1,67	1,66	1,56
s7 T30	2,39	2,13	1,92	1,86	1,86	1,75

Şekil 5.167 : Salon geneli için EDT ile T_{30} sonuçları karşılaştırılması.

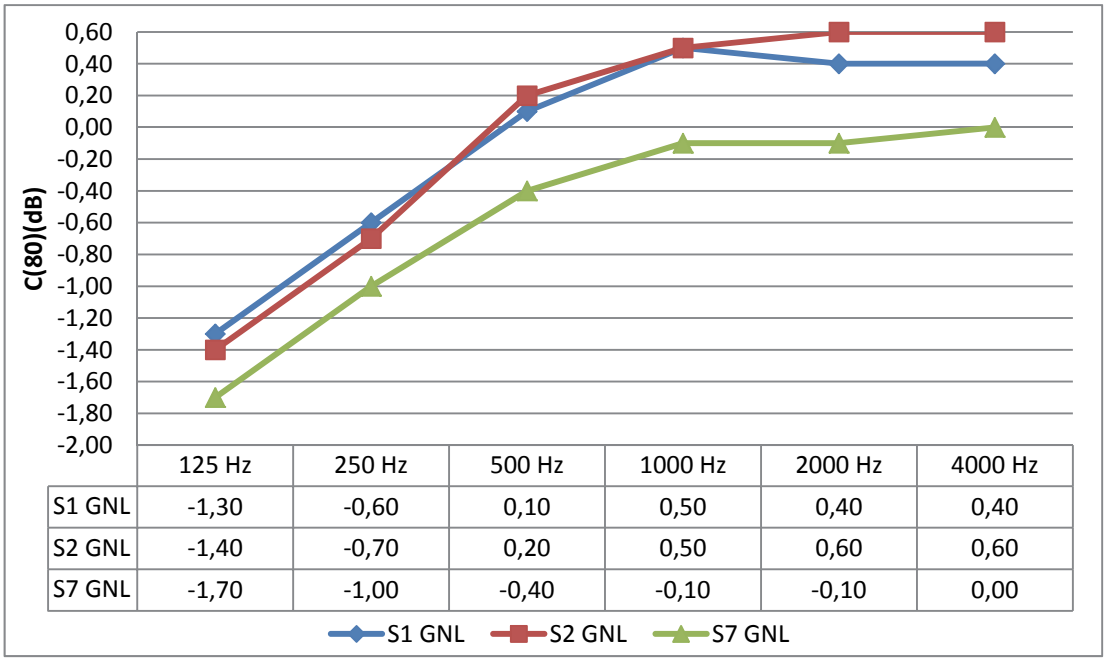
Erken - geç ses enerjisi oranını inceleyen T_s ve C_{80} parametreleri için yapılan hesaplar sonucunda elde edilen değerler de konser işlevi ile paraleldir. Şekil.5.168'de bulunan T_s parametresine ait grafik incelendiğinde, en düşük değerlerin S1, en yüksek değerlerin de S7 salonuna ait olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar en yüksek erken ses enerjisi oranının S1 salonunda olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar konser işlevinde olduğu gibi, salon hacminin ve boyutlarının artması ile geç ses enerjisinin de buna bağlı olarak arttığını göstermektedir. Merkez süresi parametresinin çınlama süresi ile yakından ilişkili bir parametre olması ve üç salonun da çınlama süresinin farklı olması bu parametre üzerinden değerlendirme yapılmasını engellemektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	138,00	125,00	114,00	108,00	109,00	106,00
S2 GNL	148,00	133,00	117,00	113,00	111,00	110,00
S7 GNL	162,00	144,00	129,00	124,00	123,00	118,00

Şekil 5.168 : Salon genelinde elde edilen T_s değerleri grafiği.

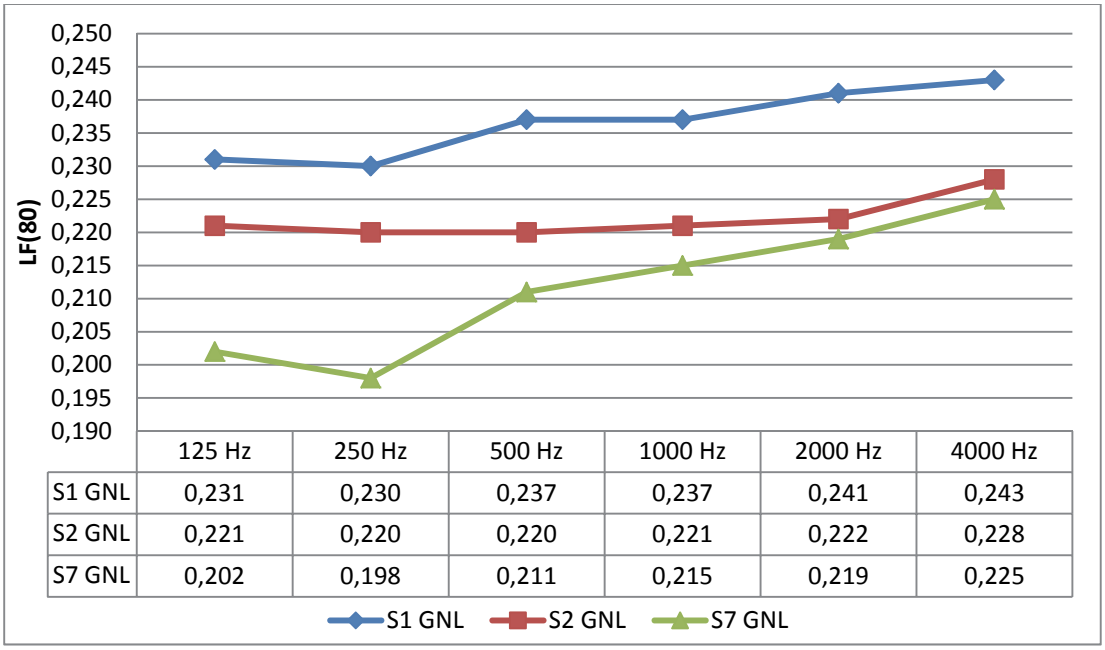
Netlik parametresi için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler de T_s parametresi ile benzerlik göstermektedir. Şekil.5.169'da yer alan grafikteki değerlere bakıldığında en düşük netlik değerlerinin S7, en yüksek netlik değerlerinin de S1 ve S2 salonlarına ait olduğu görülmektedir. Netlik parametresinin de çınlama süresi ile yakından ilişkili bir parametre olması ve salon boyutunun ve hacminin artışı ile çelişkili sonuçlar vermesi, bu parametrenin de küçük salon – büyük salon durum incelemesinde kullanılmasının uygun olmadığını göstermektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	-1,30	-0,60	0,10	0,50	0,40	0,40
S2 GNL	-1,40	-0,70	0,20	0,50	0,60	0,60
S7 GNL	-1,70	-1,00	-0,40	-0,10	-0,10	0,00

Şekil 5.169 : Salon genelinde elde edilen C_{80} değerleri grafiği.

Elde edilen sonuçlar üzerinden yanal enerji oranı parametresi (LF_{80}) incelendiğinde, konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de salon boyutu ve hacminin artışı ile yanal enerji oranının azaldığı görülmektedir. Şekil.5.170'deki grafiğe bakıldığında en düşük değerlerin S7, en yüksek değerlerin S1 salonuna ait olduğu görülmektedir.



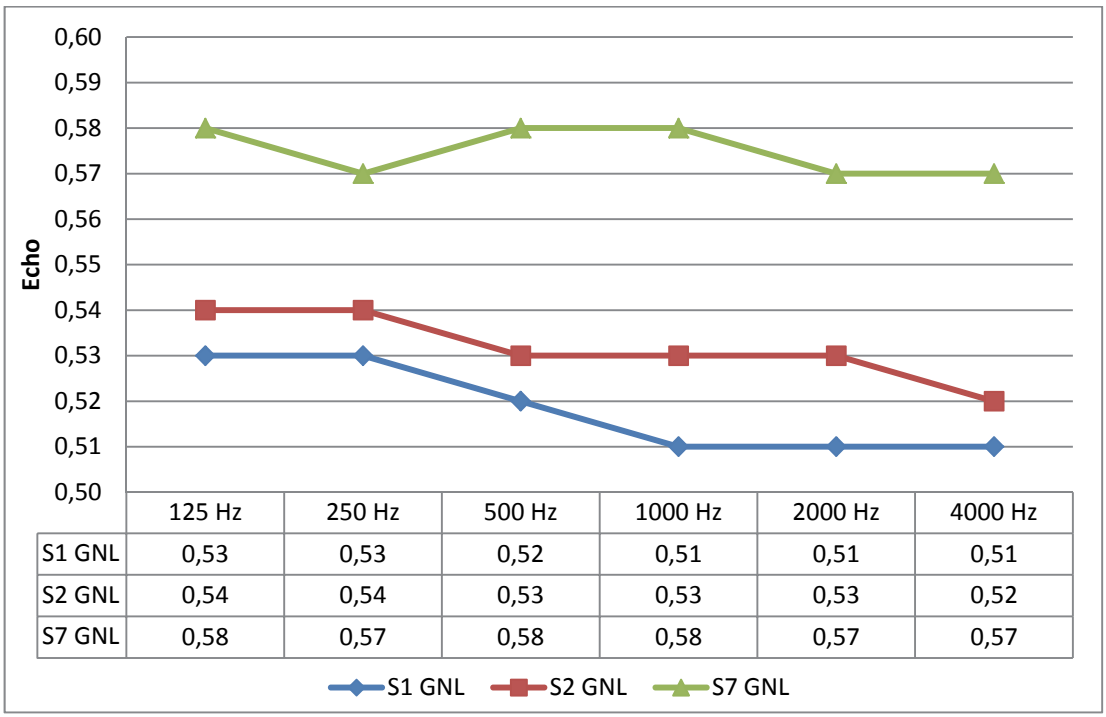
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	0,231	0,230	0,237	0,237	0,241	0,243
S2 GNL	0,221	0,220	0,220	0,221	0,222	0,228
S7 GNL	0,202	0,198	0,211	0,215	0,219	0,225

Şekil 5.170 : Salon genelinde elde edilen LF_{80} değerleri grafiği.

At nalı plan tipinin bir sonucu olarak zemin katların kenar ve arka bölümlerinde yüksek yanal yansımalar elde edilmesi ve S1 salonundaki dinleyicilerin tamamının zemin katta yer alması, S1 salonundaki yüksek sonuçları açıklamaktadır. S2 ve S7 salonlarının yüksek frekanslarda yakın değerler alması, LF_{80} parametresinin de T_s ve C_{80} gibi çınlama süresinden etkilenen bir enerji oranı parametresi olması ve salonların zemin kat ve balkon katları arasında plan tipinin etkisi nedeniyle farklı sonuçların çıkması, bu parametrenin salon boyutu ve hacmin artışından çok çınlama süresi, plan tipi ve balkon bölümlerinin varlığı gibi salonların fiziksel özellikleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle LF_{80} parametresinde elde edilen değerler üzerinden küçük salon - büyük salon değerlendirmeleri yapılması uygun değildir.

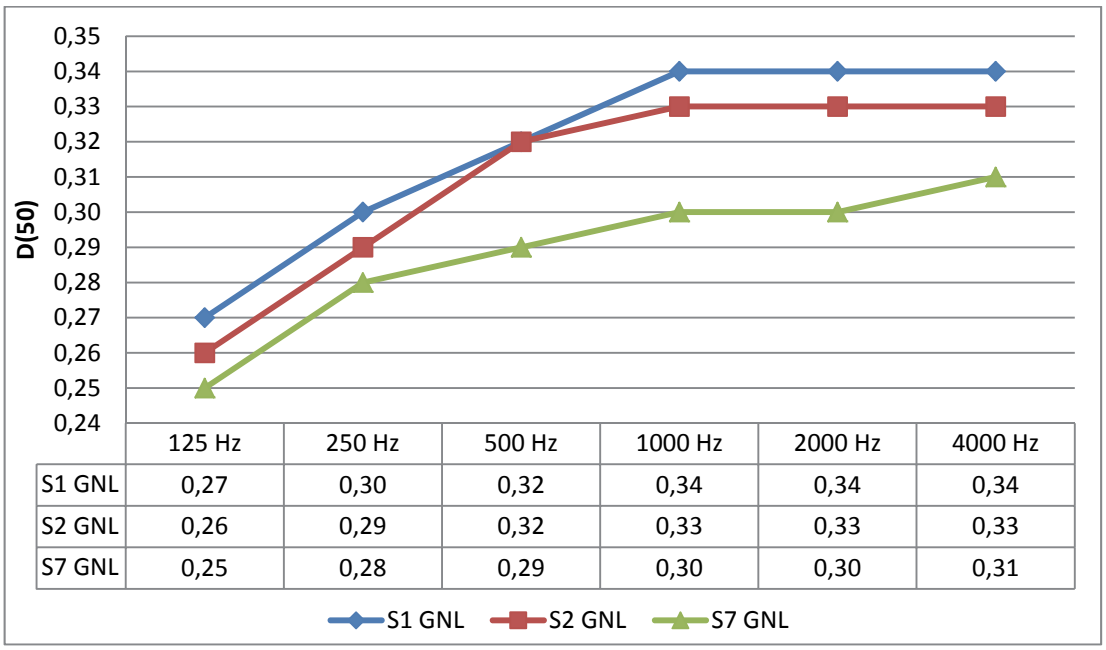
Salonlarda yapılan hesaplar sonucunda elde edilen Echo parametresi değerleri incelendiğinde, konser işlevinde olduğu gibi salon boyutu ve hacminin artışı ile birlikte duyulabilir eko oluşma ihtimalinin de arttığı görülmektedir. Şekil.5.171'de yer alan Echo parametresi grafiğine bakıldığında, en düşük sonuçların S1, en yüksek sonuçların da S7 salonuna ait olduğu görülmektedir. Sonuçlar konser işlevi ile

karşılaştırıldığında ise, opera işlevinde erken enerji oranının daha yüksek olduğu görülmektedir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51	0,51
S2 GNL	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52
S7 GNL	0,58	0,57	0,58	0,58	0,57	0,57

Şekil 5.171 : Salon genelinde elde edilen Echo değerleri grafiği.

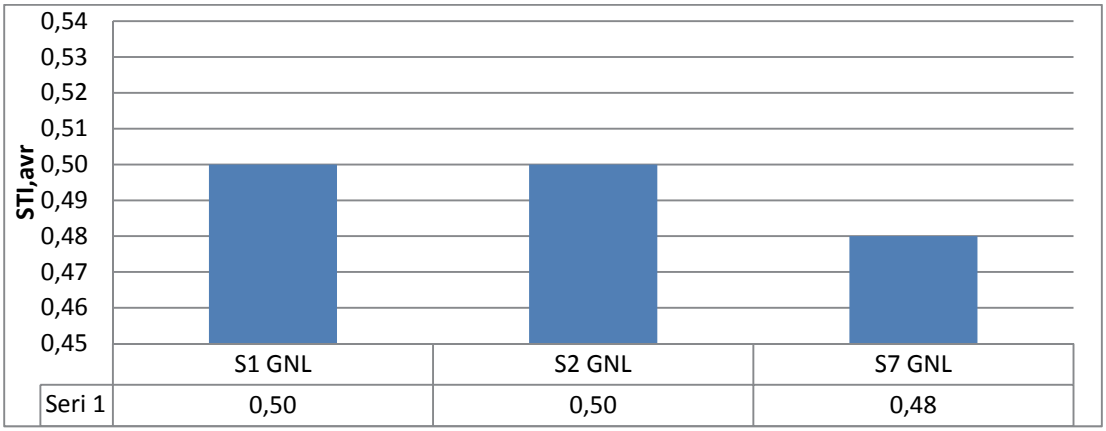


	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	0,27	0,30	0,32	0,34	0,34	0,34
S2 GNL	0,26	0,29	0,32	0,33	0,33	0,33
S7 GNL	0,25	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31

Şekil 5.172 : Salon genelinde elde edilen D_{50} değerleri grafiği.

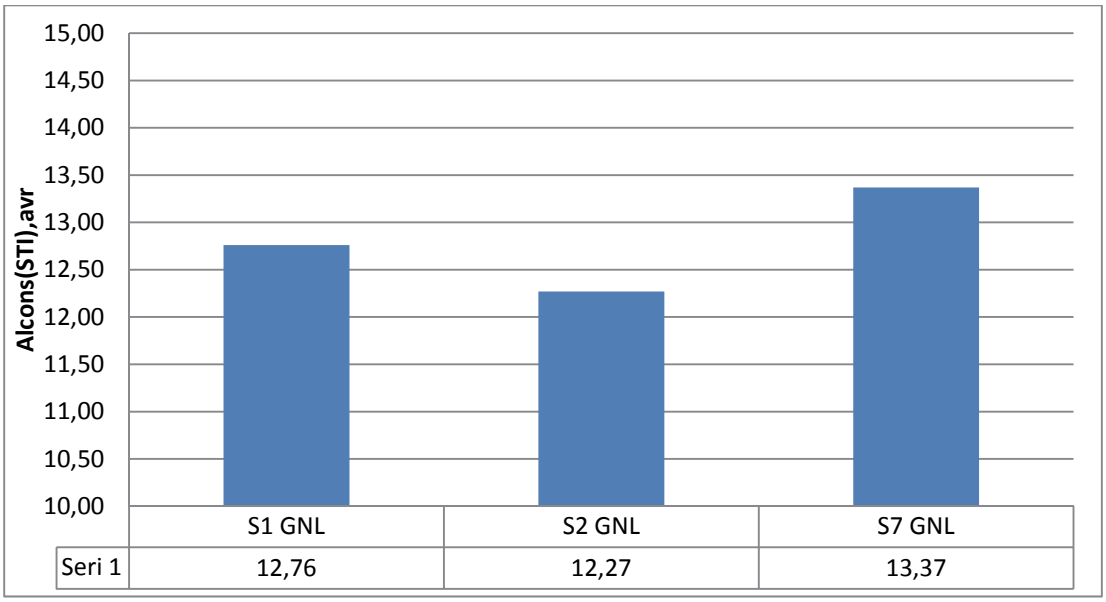
Salonlarda elde edilen D_{50} parametresi değerleri incelendiğinde, sonuçların konser işlevinde olduğu kadar düzensiz olmadığı ancak yine de salon boyutu ve hacminin artışı ile çelişkili olduğu görülmektedir. Şekil.5.172'de bulunan grafiğe bakıldığında,

en düşük ayırt edilebilirlik değerlerinin S7 salonuna, en yüksek ayırt edilebilirlik değerlerinin de alçak frekanslarda S1, yüksek frekanslarda S2 salonuna ait olduğu görülmektedir.



Şekil 5.173 : Salon genelinde elde edilen STI değerleri grafiği.

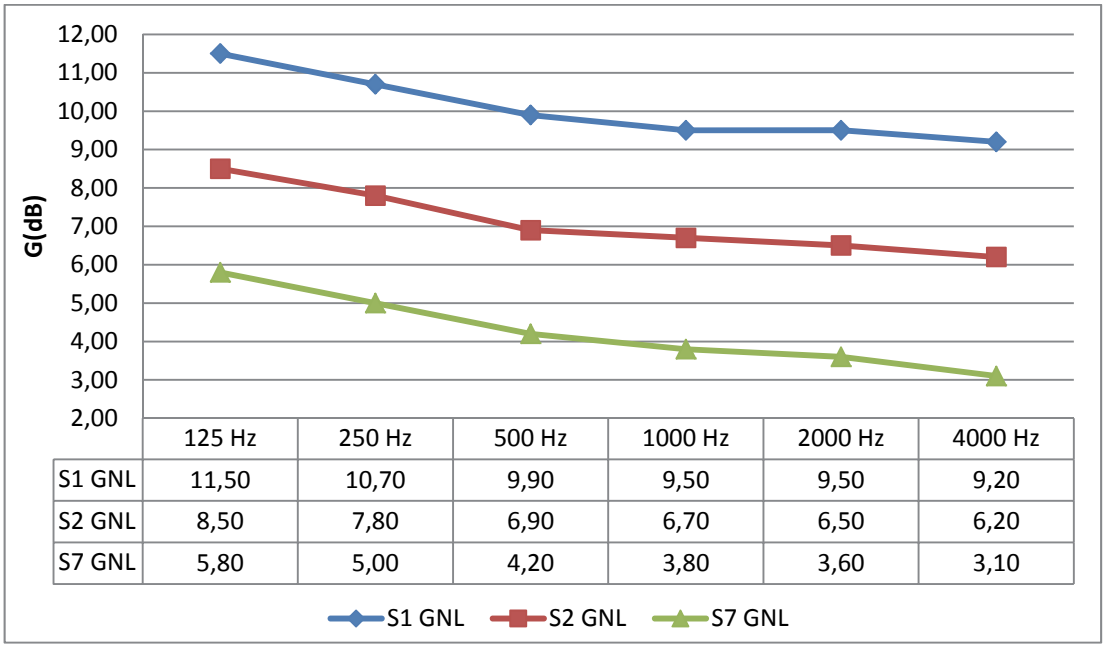
Salonlarda yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen STI değerleri de, konser işlevinde olduğu gibi küçük salon büyük salon durumu değerlendirmesi yapmak için uygun değildir. Elde edilen değerler incelendiğinde, S1 ve S2 salonlarının en yüksek, S7 salonunun en düşük değerleri elde ettiği görülmektedir.



Şekil 5.174 : Salon genelinde elde edilen AL_{cons} değerleri grafiği.

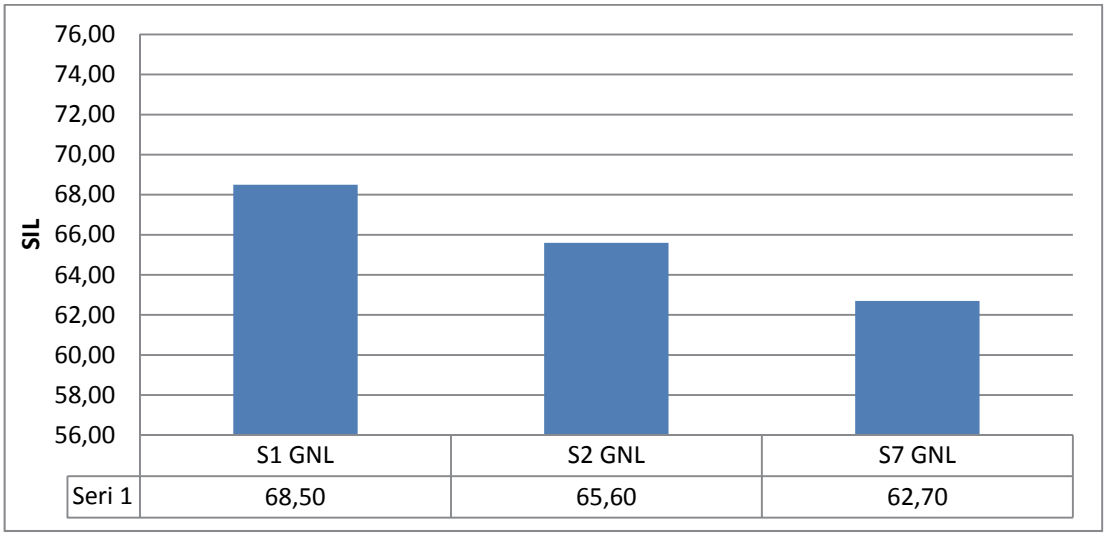
Bir diğer konuşma anlaşılabilirliği parametresi olan sessiz harflerin anlaşılabilirlik kaybı parametresinde (AL_{cons})de elde edilen sonuçlar D_{50} ve STI parametrelerindeki gibi olmuştur. Şekil.5.174'te verilen grafik incelendiğinde, en fazla sessiz harf kaybının S7 salonunda, en az sessiz harf kaybının da S2 salonunda olduğu

görülmektedir. Bu parametrede de elde edilen değerler, salonların boyut ve hacim artışı ile ilişkilendirilmesi ve küçük salon – büyük salon durumu incelemesi için kullanılması uygun değildir.



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
S1 GNL	11,50	10,70	9,90	9,50	9,50	9,20
S2 GNL	8,50	7,80	6,90	6,70	6,50	6,20
S7 GNL	5,80	5,00	4,20	3,80	3,60	3,10

Şekil 5.175 : Salon genelinde elde edilen G değerleri grafiği.



	S1 GNL	S2 GNL	S7 GNL
Seri 1	68,50	65,60	62,70

Şekil 5.176 : Salon genelinde elde edilen SIL değerleri grafiği.

Salonlarda elde edilen G değerlerine bakıldığında, konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de salonların boyut ve hacim artışı ile ters orantılı olarak azaldığı görülmektedir. S1 salonunda en yüksek, S7 salonunda en düşük G değerlerinin elde edilmesi bu durumu desteklemektedir. Alıcı noktası ile ses kaynağı arasındaki mesafe G parametresinin doğrudan etkilemektedir ve bu durum küçük salonlarda yüksek G değeri elde edilmesini açıklamaktadır.

SIL parametresi de G parametresi ile doğrudan ilişkili bir parametredir ve bu nedenle elde edilen değerler G parametresi ile paraleldir. Şekil.5.176'da görüldüğü gibi, SIL parametresi için elde edilen değerler de salonlarının boyut ve hacminin artması ile ters orantılı olarak azalmaktadır. Sonuçlar, salonların büyümesi ile arka plan gürültüsünün sesi maskelemesi riskinin arttığını göstermektedir.

Opera işlevindeki bir salonda, küçük salon – büyük salon durumunun değerlendirilebilmesi için, konser işlevinde kapalı durumda bulunan sahne kulesi ve orkestra çukuru bölümleri açılarak salon opera işlevine geçirilmiş, ardından S1, S2 ve S7 salonları üzerinde ODEON akustik simülasyon programı kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen parametre değerleri, 125-4000 Hz arasındaki frekans bantlarını kapsayacak biçimde grafikler üzerinde gösterilmiştir ve değerlendirmeler bu grafikler üzerinden yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, küçük salon ve büyük salonlarda hacim akustiği parametrelerinin nasıl davranış sergilediğini, opera işlevi ile konser işlevi sırasında bu parametrelerin sahip olduğu benzerlik ve farklılıkları ve hangi hacim akustiği parametrelerinin bu durum incelemesinde kullanılmasının uygun olduğunu göstermiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde, konser işlevinde de olduğu gibi, bazı parametreler üzerinden değerlendirme yapılmasının uygun olmadığı görülmüştür. Bunlar, konuşma anlaşılabilirliği ve erken ses enerjisi ile ilgili parametrelerdir. T_s, C_{80} ve LF_{80} gibi erken - geç ses enerjisi oranlarını inceleyen parametrelerde elde edilen değerler, salon boyutu ve hacimden çok çınlama süresi ve salonların fiziksel özellikleri ile ilişkilidirler. D_{50}, STI, AL_{cons} gibi konuşma anlaşılabilirliği parametrelerinde de birbirleriyle çelişen sonuçlar elde edilmesi, salon boyutu ve hacminin artışından çok çınlama süresi ile ilişkili olmaları, bu parametrelerin küçük salon – büyük salon durumu incelemeleri için yapılacak değerlendirmelerde kullanılmasının uygun olmadığını göstermektedir.

Bunların dışında kalan parametreler ise çınlama süresinden çok salonların boyut ve hacimlerindeki değişimlerle ilişkilidirler. Bu nedenle, çınlama süresi, erken düşme süresi, çınlama süresinin düzgünlüğü, Echo, G ve SIL parametreleri, küçük salon – büyük salon durumu incelemelerinde değerlendirme yapmak için uygundur. Yapılan tüm hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde, salonların boyut ve hacimlerinin artması ile çınlama süresinin ve erken düşme süresinin uzayacağı,

çınlama azalma eğrisinin düzgünlüğünün bozulacağı, duyulabilir eko oluşma ve ses maskelenmesi ihtimalinin artacağı ve ses gücünün azalacağı söylenebilmektedir.

Konser işlevinde incelenen üç alıcı noktası için opera işlevinde de hesaplamalar yapılmıştır. Bu alıcı noktaları üç salonda da salonların orta bölümlerinde ve ses kaynağına göre aynı konumda bulunmaktadır. Alıcı noktalarının plan üzerindeki konumları Şekil.5.160'ta, yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler de Çizelge.5.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.18 : S1, S2 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması (1000 Hz).

Salon Adı	**S1 SALONU**		**S2 SALONU**		**S7 SALONU**	
Alıcı No	**A14**	**A18**	**A14**	**A18**	**A23**	**A26**
EDT	1,58	1,57	1,66	1,70	1,79	1,92
T_{30}	1,50	1,54	1,71	1,65	1,79	1,83
$XI(T_{(30)})$	0,80	0,70	2,20	0,60	1,00	0,40
T_s	119,00	125,00	124,00	129,00	127,00	141,00
G	9,50	9,40	7,60	7,30	5,80	4,80
D_{50}	0,32	0,25	0,32	0,27	0,28	0,21
C_{80}	-0,60	-1,10	-0,30	-0,80	0,00	-1,20
LF_{80}	0,200	0,208	0,179	0,179	0,234	0,130
Echo	0,51	0,57	0,54	0,59	0,63	0,71
STI	0,46	0,44	0,46	0,45	0,46	0,45
SIL	68,50	68,40	66,50	66,20	64,70	63,70
AL_{cons}	14,92	16,36	14,64	15,43	14,65	16,02

S1, S2 ve S7 salonlarında, zemin kat orta bölümde ses kaynağına göre aynı konumda bulunan A14 ve A23 numaralı alıcı noktalarında elde edilen değerler karşılaştırıldığında, konser işlevinde olduğu gibi salonların boyutunun ve hacminin artması ile çınlama süresi ve erken düşme sürelerinin uzadığı, ses gücünün azaldığı, arka plan gürültüsünün sesi maskelemesi ve duyulabilir eko oluşması ihtimalinin arttığı ve çınlama eğrisinin düzgünlüğünün bozulduğu görülmektedir. Ses kaynağına göre aynı konumda bulunan A18 ve A26 alıcılarında da salon ortasında bulunan alıcılarla benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bu karşılaştırma sonucunda elde edilen değerler, konuşma anlaşılabilirliği ve ses enerjisi oranlarını inceleyen parametrelerin salon boyutu ve hacminin artışından bağımsız ve birbirleri ile çelişen sonuçlar verdiğini ve dolayısıyla bu parametrelerin küçük salon – büyük salon durum incelemesinde kullanılmasının uygun olmadığını göstermiştir.

Konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de, salonların kenar ve orta bölümlerde bulunan alıcı noktalarında hesaplanan hacim akustiği parametreleri üzerinden de

değerlendirmeler yapılmıştır. Salonların zemin kat orta aksı üzerinde bulunan alıcı noktalarında elde edilen değerler Çizelge.5.19'da, kenar bölümlerde bulunan alıcı noktalarında elde edilen değerler de Çizelge.5.20'de verilmiştir. Seçilen alıcı noktalarının salondaki konumları da Şekil.5.163'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.19 : S1 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması (1000 Hz).

Salon Adı	**S2 SALONU**			**S7 SALONU**		
Alıcı No	**A4**	**A18**	**A39**	**A6**	**A34**	**A68**
EDT	1,36	1,57	1,15	1,89	1,81	1,23
T_{30}	1,49	1,54	1,51	1,87	1,86	1,85
$XI(T_{(30)})$	0,10	0,70	0,90	0,50	0,20	1,10
T_s	90,00	125,00	89,00	102,00	139,00	103,00
G	11,60	9,40	9,00	6,30	4,80	2,90
D_{50}	0,50	0,25	0,42	0,49	0,26	0,36
C_{80}	2,30	-1,10	2,50	1,90	-0,90	1,80
LF_{80}	0,247	0,208	0,325	0,143	0,155	0,293
Echo	0,49	0,57	0,52	0,60	0,57	0,54
STI	0,55	0,44	0,57	0,52	0,45	0,57
SIL	70,60	68,40	68,00	65,30	63,60	61,90
AL_{cons}	9,38	16,36	8,72	11,27	16,04	8,63

Opera işlevi için, salonların zemin kat orta aksı üzerinde bulunan alıcı noktalarında elde edilen değerler incelendiğinde, sahneye en yakın konumda bulunan alıcılardan S1 salonundaki A4 numaralı alıcının, S7 salonundaki A6 numaralı alıcıya göre, daha kısa çınlama ve erken düşme süresine, daha iyi konuşma anlaşılabilirliği ve netliğe, daha fazla yanal enerji oranı ve ses gücüne, daha az duyulabilir eko ve ses maskelemesi oluşma ihtimaline sahip olduğu görülmektedir. Sahneye en uzak konumda bulunan, S1 salonunda A39 ve S7 salonunda A68 numaralı alıcı noktaları incelendiğinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Salonun orta kısmında bulunan, S1 salonunda A18 ve S7 salonunda A34 numaralı alıcı noktaları incelendiğinde ise, salonlardaki en kötü akustik koşulların orta bölümlerde olduğu görülmektedir. Bu da at nalı plan tipinin salonların orta bölümlerinde neden olduğu zayıf akustik koşulları göstermektedir.

Çizelge.5.20'de bulunan, kenar bölümlerde bulunan alıcı noktalarında elde edilen değerler incelendiğinde, konser işlevinde elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Burada elde edilen değerler de en kötü akustik koşulların salonun orta bölümlerinde olduğunu, ses enerjisi oranları ve konuşma anlaşılabilirliği parametreleri üzerinden değerlendirme yapmanın uygun olmadığını göstermiştir.

Çizelge 5.20 : S1 ve S7 salonlarında parametrelerin karşılaştırılması (1000 Hz).

Salon Adı	**S2 SALONU**			**S7 SALONU**		
Alıcı No	**A1**	**A19**	**A36**	**A1**	**A27**	**A64**
EDT	1,39	1,51	1,16	1,73	1,85	1,42
T_{30}	1,50	1,50	1,53	1,86	1,79	1,85
$XI(T_{(30)})$	0,20	0,20	0,80	0,60	2,00	1,20
T_s	92,00	116,00	83,00	101,00	137,00	109,00
G	11,90	9,10	8,90	6,70	4,40	2,20
D_{50}	0,46	0,32	0,47	0,46	0,24	0,33
C_{80}	2,20	-0,60	2,90	1,90	-1,40	0,90
LF_{80}	0,257	0,180	0,347	0,359	0,099	0,290
Echo	0,47	0,51	0,46	0,47	0,73	0,59
STI	0,54	0,47	0,57	0,51	0,44	0,49
SIL	70,80	68,00	67,80	65,50	63,30	61,30
AL_{cons}	9,99	14,47	8,73	11,52	16,82	12,92

Alıcı noktalarında elde edilen değerler, salon geneli üzerinden yapılan değerlendirmeler ile benzer sonuçlar ortaya koymuştur. Salon genel sonuçları üzerinden yapılan değerlendirmelerde olduğu gibi, belirlenen alıcı noktalarında elde edilen değerler de, T_{30}, EDT, $XI(T_{30})$, Echo, G ve SIL parametreleri dışındaki parametreler üzerinden değerlendirme yapmanın doğru sonuçlar vermeyeceğini göstermiştir. Bu sonuçlara ek olarak, at nalı plan tipinin salon ortasında geç ses enerjisine neden olduğu da alıcı noktalarında elde edilen değerler üzerinden yapılan karşılaştırmalarda görülmüştür.

Sonuç olarak, opera işlevindeki bir salonda, konser işlevi ile tamamen benzer olarak, boyutlar ve hacmin artması ile çınlama süresi ve erken düşme süresinin uzayacağı, çınlama eğrisinin düzgünlüğünün bozulacağı, ses gücünün azalacağı, ses maskelemesi ve duyulabilir eko oluşma ihtimalinin artacağı söylenebilir. At nalı plan tipinin özellikle salonların zemin kat orta bölümlerinde oluşturduğu zayıf akustik koşullar da salon genelinde ve belirlenen alıcı noktalarında elde edilen tüm parametre değerlerinde görülmüştür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında at nalı plan tipi salonlar üzerinde konser ve opera işlevleri için loca, balkon ve küçük – büyük salon incelemeleri yapılmıştır. Tasarlanan yedi salon bilgisayar ortamında modellenerek akustik simülasyon programına aktarılmış, salonlara ait hacim akustiği parametre hesapları konser ve opera işlevleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler incelenecek durumlar için gruplanmış, grafikler, şekiller ve çizelgeler üzerinden karşılaştırılmıştır. Belirlenen hacim akustiği parametre değerleri üzerinden yapılan karşılaştırmalar, değerlendirilerek incelenen tüm durumlar için sorunlar ortaya konmuş, sonuçlar ve öneriler hazırlanmıştır.

Öncelikle konser işlevi için loca durumu incelemesi yapılmıştır. Loca durumu incelemesinde, loca bölümlerine sahip bir salonda loca içinde ve salon genelinde akustik koşullar incelenmiş, hesaplanan değerler locasız ve yarım localı salonlarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen parametre değerleri, localı salonun daha fazla geç ses enerjisine sahip olduğunu göstermiştir. Locaları oluşturan bölücü duvarlar dolaysız sese engel olarak loca bölümlerine erken yansımaların ulaşmasını engellemiştir. Bölücü duvarlardan yansıyarak loca içine gelen yansımalar bu duvarlar arasında birçok kez yansıyarak geç ses enerji oranını arttırmıştır. Bunun sonucunda çınlama azalma eğrisinin düzgünlüğü bozulmuş, netlik ve konuşma anlaşılabilirliği azalmış, geç ses oranı ve duyulabilir eko oluşma ihtimali artmıştır.

Locaları oluşturan bölücü duvarların açılarının salon arkasına doğru gidildikçe değişmesi her locanın farklı akustik koşullara sahip olmasına neden olmuştur. Sahneye en yakın bölümde bulunan localarda akustik koşullar locasız salonla benzer özellikler gösterirken, salonun orta bölümünde bulunan bir loca dolaysız ses alamayıp geç ses enerjisi etkisi altında kötü akustik koşullara sahiptir. Salonun arka bölümlerine doğru gidildikçe değişen açı nedeniyle localar tekrar dolaysız ses almaya başlamış olsa bile yine de birbirlerinden farklı akustik koşullara sahip olmuşlardır. Salonlarda hesaplama yapılan noktalarda elde edilen sonuçlar da

locaların hem salon genelinden hem de birbirlerinden farklı akustik özelliklere sahip olduğunu, her locanın salon genelinden bağımsız bir bölüm gibi davranış gösterdiği sonucunu desteklemektedir. Loca bölümleri, bölücü duvarları ile oluşturdukları ek yüzeylerle geç yansımalara neden olarak zemin katlarda da olumsuz akustik koşullara neden olmuşlardır.

Aynı durum değerlendirmesinde yer alan yarım localı salonda elde edilen değerler, locasız salonla büyük oranda benzerlik göstermiştir. Yarım locaları oluşturan 90 cm yüksekliğindeki bölücü duvarlar dolaysız sesin loca iç bölümlerine ulaşmasını engellememiş ve bu bölümlerde geç ses enerjisi oranının artmasına neden olmamıştır. Yarım localar oturma bölümlerini fiziki olarak ayırsa da görsel ve akustik olarak sahne ile olan bağı koparmamış, locasız bir salon gibi davranış göstermiştir.

Loca durumu incelemesi için oluşturulan salon modelleri, orkestra çukuru ve sahne kulesi bölümleri açılarak opera işlevine geçirilmiş ve salonlardaki akustik koşullar tekrar edilen hesaplamalar üzerinden değerlendirilmiştir. Opera işlevi için elde edilen değerler, konser işlevinde elde edilen değerlerle paralellik göstermiştir. Loca bölümlerinin geç ses enerjisine sahip olduğu, bu bölümlerde netlik ve konuşma anlaşılabilirliğinin azaldığı, her loca bölümünün salon genelinden ve birbirinden bağımsız akustik koşullara sahip olduğu elde edilen değerlerle ortaya konmuştur.

Localı salonun opera ve konser işlevindeki performansı karşılaştırıldığında, salonların opera işlevinde kullanılmasının daha olumlu olduğu görülse de, elde edilen değerler oldukça dengesiz olmuş ve kabul edilebilir değerlerin dışında kalmıştır. Yarım localı salona ait değerler yine locasız salonla benzerlik göstererek salonun genel akustik karakterini etkilememiştir. Yarım localı ve locasız salonda opera işlevine geçildiğinde salonun akustik karakteri değişim göstermemiştir.

Konser ve opera işlevleri için loca durumu değerlendirmesi sonucunda, locaların kötü akustik koşullara sahip olduğu, salonun diğer bölümlerinin de akustik koşullarını olumsuz yönde etkilediği, her locada elde edilen dengesiz hacim akustiği parametre değerleri ile salon genelinden bağımsız karakter sergilediği görülmüştür. Buna alternatif olarak yarım locanın tercih edilmesi durumunda, salonun locasız bir salon gibi davranış gösterdiği ortaya konmuştur.

Elde edilen sonuçlar locaların kötü akustik koşullara sahip olduğunu göstermiştir. Locaların kötü akustik koşullara sahip olması nedeniyle, bir salonda loca bölümlerinin yapılması, salonda iyi işitme koşullarının sağlanabilmesi açısından tavsiye edilmemektedir. Eğer yine de, mimari kaygılar nedeniyle, localı bir salon tasarımı tercih edilmiş ise, locaları ayıran bölücü duvarların yüksekliği kısıtlanarak, yani yarım loca tercih edilerek, akustik dezavantajlar en aza indirilebilir. Böylelikle, locasız salona benzer akustik koşullar elde edilebilir.

İkinci durum incelemesi konser işlevi için balkon durumu incelemesi olmuştur. Bu durum incelemesinde, balkon varlığının salonların akustik koşullarını hangi yönde etkilediği araştırılmıştır. Bunun için balkonsuz, tek balkon katına sahip ve iki balkon katına sahip salonlar tasarlanmış ve tasarlanan bu salonlar için yapılan hesaplamalarla elde edilen sonuçlar üzerinden akustik koşullar değerlendirilmiştir.

ODEON akustik simülasyon programı ile hesaplanan hacim akustiği parametre değerlerine bakıldığında, balkonsuz salonun daha fazla erken enerji oranına, netlik ve konuşma anlaşılabilirliğine sahip olduğu görülmektedir. Balkonlu salonlarda, balkonların neden olduğu ek yansımalar zemin katlarda geç ses enerjisi oranını arttırmış, çınlama azalma eğrisinin düzgünlüğünü bozmuştur. Balkon sayısının artması ile birlikte geç ses enerjisi oranının da arttığı görülmüştür. Ayrıca balkon ve balkon altı bölümlerinde elde edilen olumsuz akustik koşullar da dezavantaj oluşturmaktadır. Bununla beraber, balkonlu salonlarda olumsuz akustik koşullara sahip bölümler bulunurken, balkonsuz salonda elde edilen değerler, salon genelinde daha homojen bir şekilde dağılmıştır.

Balkon durumu incelemesinde, opera işlevi için tekrar hesaplamalar yapılmış ve hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlere bakıldığında sonuçların konser işlevi ile paralel olduğu görülmüştür. Burada da hesaplanan hacim akustiği parametre sonuçları balkonlu salonların daha fazla geç ses oranına sahip olduğunu, balkon sayısının artması ile bu oranın da arttığını, balkonlu salonlarda daha az konuşma anlaşılabilirliği ve çınlama düzgünlüğü olduğunu göstermiştir. Bu durumun nedeni de balkonlara ait parapet yüzeyleri ve tavan bölümlerinin neden olduğu geç yansımalar olmuştur.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, balkon sayısının artması ile geç ses enerjisi oranının arttığı ve balkonsuz salonda daha olumlu akustik koşullar elde edildiği

görülmüştür. Buradan yola çıkarak, salonların balkonsuz yapılmasının daha iyi akustik koşullar sağlayacağı, aksi durumlarda balkon sayısının olabildiğince az tutulması gerektiği söylenebilir. Salonların balkonlu yapılması durumunda geç yansımalara neden olabilecek parapet ve balkon tavanı bölümlerinde önlem alınması gerektiği görülmüştür.

Üçüncü durum incelemesi de konser işlevi için küçük salon - büyük salon incelemesidir. Bu durum incelemesinde küçük ve büyük salonlarda akustiğin nasıl bir karaktere sahip olduğu, hangi parametreler üzerinden bu durum incelemesinin yapılabileceği konuları araştırılmıştır. Bunun için literatürdeki örneklere uygun olarak küçük, orta ve büyük boyutlu salonlar tasarlanmış, bu salonlar üzerinden hesaplamalar yapılarak sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, aynı ses kaynağı kullanıldığında, küçük salonların büyük salonlara göre daha fazla ses enerjisine sahip olduğunu göstermektedir. Salonların boyut ve hacim büyüklüklerinin artması ile birlikte, çınlama süresinin, erken düşme süresinin uzadığı, çınlama azalma eğrisinin bozulduğu, duyulabilir eko ve sesin arka plan gürültüsü tarafından maskelenme riskinin arttığı görülmüştür. Salonların farklı hacimlerde olması nedeniyle farklı çınlama sürelerine sahip olmaları bu salonların T_s, C_{80}, LF_{80}, D_{50}, STI, AL_{cons} gibi parametreler üzerinden değerlendirilmesini engellemiştir. Bu nedenle küçük salon - büyük salon durum incelemesi için uygun değerlendirme parametreleri belirlenmiş ve bunlar üzerinden yorumlar yapılmıştır.

İnceleme yapılan parametreler arasında en büyük fark G parametresine aittir. Kaynak ve alıcı arasındaki mesafe ile doğrudan ilişkili olan G parametresinde beklenildiği gibi küçük salonda yüksek, büyük salonda düşük değerler elde edilmiştir.

Opera işlevi için salonların orkestra çukuru ve sahne kulesi bölümleri aktif hale getirilip hesaplamalar tekrarlanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler opera işlevi için literatürdeki değerlere uygun hale gelmiştir. Sonuçlar incelendiğinde küçük salon – büyük salon durumunda da konser işlevi ile paralel sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar, salon boyutu ve hacminin artması ile T_{30} ve EDT'nin uzadığını, Echo değerinin arttığını, SIL değerinin azalarak arka plan gürültüsü tarafından sesin maskelenme riskinin artabileceğini göstermiştir. Yine konser işlevinde olduğu gibi opera işlevinde de küçük salonda daha dengeli ve daha

homojen sonuçlar elde edilirken salon boyutunun artması ile salonlarda kötü ve dengesiz dağılımların bulunduğu bölümlerin oluştuğu görülmüştür.

Sonuç olarak, salon boyutunun artması ile çınlama süresi ve erken düşme süresinin uzadığı, duyulabilir eko ve ses maskelenmesi riskinin arttığı, ses gücünün azaldığı görülmektedir. Buradan yola çıkarak, salon tasarımında salonların boyutunun artması ve azalması ile değişen değerler göz önüne alınarak tasarım ilkelerinin belirlenmesi gerektiği söylenebilir. Küçük salon tasarımında optimum çınlama süresi ve aşırı ses gücü arasındaki dengeyi sağlamak kadar büyük salon tasarımında da bu denge göz ardı edilmemelidir. Aşırı ses gücü düzeyi, yutuculuğun arttırılması ile azaltılırken ihtiyaç duyulan çınlama süresi de düşünülmelidir.

Çalışma kapsamında oluşturulan salonların tamamı literatürden alınan oranlar kullanılarak tasarlanmış at nalı plan tipine sahip salonlardır. Üç durum incelemesinde elde edilen değerlere bakıldığında at nalı plan tipinin olumsuz etkileri görülmektedir. Öncelikle at nalının sahip olduğu dairesel form, sesi salonun orta bölümlerinde yoğunlaştırarak bu bölümlerde geç ses enerjisi oranını arttırmış ve olumsuz akustik koşullar oluşturmuştur. Arka duvarlarda olduğu gibi balkon parapetlerinin de sahip olduğu dairesel form da aynı etkiyi yapmaktadır. Yine at nalının fan plan tipine benzeyen düz yan duvarları ve bu düz duvarların dairesel formla bitmesi özellikle salonun arka bölümlerinde yanal ses enerjisi oranının oldukça yüksek olmasına neden olmuştur.

Bu veriler doğrultusunda at nalı plan tipine sahip bir salon tasarlarken oluşabilecek odaklanma etkisini engellemek için başta arka duvarlar olmak üzere tüm dairesel formdaki yüzeylerde önlemler alınmalıdır. Dairesel yüzeylerin yutucu malzemelerle kaplanması bu durum için yeterli bir önlem olsa da ihtiyaç duyulan çınlama süresi ve ses gücü değerlerine de dikkat edilmelidir. Bu yüzeylerin saçıcı yapılması, yüzeylerinin bozulması, parçalara bölünerek yönlerinin değiştirilmesi ve kısmi yutucu yapılması gibi önlemler ise tamamen yutucu yapılmasına göre daha etkili sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, at nalı plan tipine sahip salonlarda loca, balkon ve büyüklük durumlarının incelendiği bu tez çalışmasında, akustik konfor koşullarının sağlanabilmesi için tasarımda nelere dikkat edilmesi gerektiği incelenmiştir. Buna göre, tam localı ve çok sayıda balkonlu tasarımlardan kaçınılmalıdır. Eğer tasarım

kapsamında loca yapılmak isteniyorsa, locaları oluşturan bölücü duvarlar mümkün olduğunca kısa tutulmalı, parapet yüksekliğini geçmemelidir. Tasarım kapsamında ihtiyaç duyulan koltuk kapasitesi minimum sayıda balkon yapılarak karşılanmalıdır. Salonların küçük ve büyük olması durumunda gösterdiği akustik davranışlar göz önüne alınmalı ve hacim akustiği parametreleri arasındaki denge sağlamalıdır. At nalı salon tipinin kısa mesafede çok sayıda koltuk kapasitesi imkanı vermesinin dışında olumsuz akustik koşullara da neden olduğu ve bunlarla ilgili önlemler alınarak tasarım ilkeleri oluşturulması gerektiği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

[1] **Everest, F. A. ve Pohlmann, K. C.** (2009). Master Handbook of Acoustics, Fifth Edition, The McGraw-Hill Companies, USA.

[2] **Ballou, G.** (1987). Handbook for Sound Engineers : The New Auio Cyclopedia, Howard W. Sams & Company, Indiana, USA.

[3] **Barron, M.** (2010). Auditorium Acoustics and Architectural Design, Second Edition, Spon Press, London and New York, USA.

[4] **Adler, S.** (1989) The Study of Orchestration, First Edition, Norton & Company, Incorporated, W. W. New York, USA.

[5] **Toole, F.** (2009) Sound Reproduction : The Acoustics and Psychoacoustics of Loudspeakers and Rooms, Focal Press of Elsevier, Massachusetts, USA.

[6] **Rossing, T. D.** (1990) The Science of Sound Second Edition, Addison-Wesley Pub. Co., USA.

[7] **White, H. E. ve White, D. H.** (1980) Physics and Music: The Science of Musical Sound Saunders College, Philadelphia, USA.

[8] **Huber, D. M.** (2005) Modern Recording Techniques, Sixth Edition, Focal Press of Elsevier, Massachusetts, USA.

[9] **Chasin, M.** (2009) Hearing Loss in Musicians: Prevention and Management, Plural Publishing Inc., San Diego, USA.

[10] **Beranek, L.** (2004). Concert Halls and Opera Houses : Music, Acoustics and Architecture, Second Edition, Springer - Verlag New York INC, New York, USA.

[11] **Rossing, T. D.** (2007). Springer Hanbook of Acoustics, Springer Science + Business Media, New York, USA.

[12] **Parkin, P. H. ve Humphreys H. R.** (1979). Acoustics, Noise and Buildings, Faber and Faber; Forth Edition, Dallas, USA.

[13] **Barron, R. F.** (2003). Industrial Noise Control and Acoustics, Marcel Dekker, Inc., New York, USA.

[14] **Long, M.** (2006). Architectural Acoustics. Elsevier Academic Press, Massachusetts, USA.

[15] **Mehta, M., Johnson, J., Rocafort, J.** (1999). Architectural Acoustics Principles and Design, Prentice Hall, Inc., New Jersey, USA.

[16] **Schuitman J. V. D.** (2011). Auditory Modelling for Assessing Room Acoustics, Laboratory of Acoustical Imaging and Sound Control, Faculty of Applied Sciences, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

[17] **Christensen, C. L.** (2011). ODEON Room Acoustics Software Version 11 Manual, Second Edition, Industrial, Auditorium and Combined Editions.

[18] **Gade, A. C.** (1989) Investigations of musicians' room-acoustic conditions in concert halls.

[19] **Demirkale, S.** (2007) Çevre ve Yapı Akustiği – Mimarlar ve Mühendisler İçin El Kitabı, Birsen Yayın Evi, İstanbul.

[20] **ISO 3382-2** (2009) *Acoustics – Measurement of Room Acoustic Parameters, Part 2 : Reverberation Time in Ordinary Rooms*

[21] **ISO 3382-1** (2009) *Acoustics – Measurement of Room Acoustic Parameters, Part 1 : Performance Spaces*

[22] **Ahnert, W., Schmidt, S.** (t.y.). EASERA Manual Appendix (Electronic and Acoustic System Evaluation and Response Analysis)

[23] **Paini, D., Gade, A. C., Rindel, J. H.** (2006). Is Reverberation Time Adequate For Testingthe Acoustical Quality Of Unroofed Auditoriums?, *Proceedings of the Institute of Acoustics*, Vol. 28. Pt.2.

[24] **Hyde, J. R., Möller, H.** (2006). Sound Strength in Small Halls, *Proceedings of the Institute of Acoustics*, Vol. 28. Pt.2.

[25] **Türk, E.** (2011) İstanbuldaki Salonların Akustik Kalitesinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi

[26] **Christensen, C. L., Rindel, J. H.** (2011). Diffusion in Concert Halls Analysed as a Function of Time During The Decay Process, Proceedings of the Institute of Acoustics, Vol. 33. Pt.2.

[27] **Howard, D. M. ve Angus, J. A. S.** (2009). Acoustics and Psychoacoustics, Fourth Edition, Focal Press of Elsevier, Massachusetts, USA.

[28] **Ballou, G.** (2009)**.** Electroacoustic Devices : Microphones and Loudspeakers, Focal Press of Elsevier, Massachusetts, USA.

[29] **Bradley, J.S.** (1991) A comparison of three classical concert halls, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 89, 3, 1176–1192.

[30] **Sinclair, I. R.** (1998) Audio and Hi-Fi Handbook, Third Edition, Reed Educational and Professional Publishing, Massachusetts, USA.

[31] **Aretz, M., Orlowski, R.** (2009) Sound Strength and Reverberation Time in Small Concert Halls, *Applied Acoustics* 70 (2009) 1099–1110.

[32] **Mackintosh, I.** (2002) The Mystery of the Disappearing Forestage in the 18th and 19th Century Opera House and Its Relevance To Both Modern Staging and The Audibility of the Singer Over the Orchestra Today. *Proceedings Of The Institute Of Acoustics*, 24, Part 4.

[33] **Rindel, J. H. (**1991) Design of New Ceiling Reflectors for Improved Ensemble in a Concert Hall. *Applied Acoustics*, 34, 7–17.

[34] **Meyer, J. ve Biassoni de Serra, E. C.** (1980) Zum Verdeckungseffekt bei Instrumental musikern. *Acustica*, 46, 130–140.

[35] **Doelle, L. L.** (1972) Environmental Acoustics, First Edition, The McGraw-Hill Companies, USA.

EKLER

EK A: Tüm salonlarda alıcı noktalarında elde edilen minimum ve maksimum parametre değerleri

EK B: Tüm salonlarda alıcı noktalarında elde edilen parametre değerleri (1000 Hz)

EK C: Tüm salonlarda kullanılan malzemelerin kesit ve planlar üzerinde gösterimi

EK A

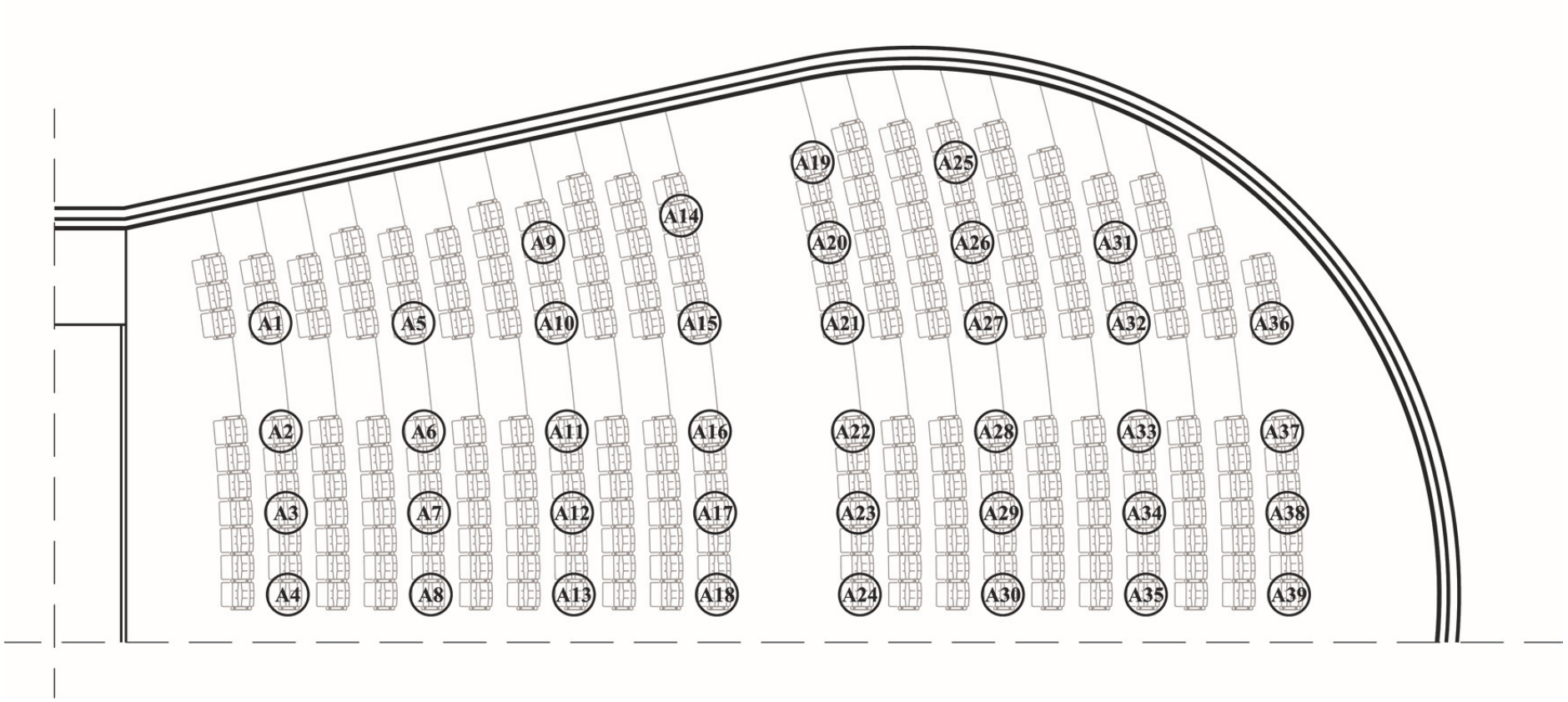
Çizelge A.1 : Konser işlevi için tüm salonlarda elde edilen minimum ve maksimum parametre değerleri.

		T_{30}	$XI(T_{30})$	EDT	T_s	C80	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G	SIL
S1	**minimum**	1,77	0,00	1,33	99,00	-2,60	0,186	0,46	0,19	0,40	9,80	8,90	67,80
	maksimum	1,82	0,70	1,94	154,00	1,80	0,338	0,59	0,41	0,54	20,23	11,90	70,80
	ortalama	1,79	0,30	1,78	133,00	-0,90	0,234	0,52	0,28	0,45	15,76	10,10	69,00
S2	**minimum**	1,84	0,00	1,58	117,00	-2,70	0,152	0,48	0,20	0,40	11,48	4,90	63,80
	maksimum	2,00	2,90	2,04	160,00	0,70	0,360	0,66	0,40	0,51	20,52	9,30	68,20
	ortalama	1,91	0,60	1,86	136,00	-0,90	0,224	0,53	0,29	0,45	15,47	6,90	65,70
S3	**minimum**	1,66	0,10	1,45	98,00	-5,70	0,146	0,46	0,08	0,39	9,60	3,40	62,10
	maksimum	2,40	28,10	2,39	193,00	2,60	0,451	0,68	0,47	0,55	21,41	10,50	69,20
	ortalama	1,91	3,60	1,94	145,00	-1,50	0,275	0,55	0,25	0,44	16,34	6,80	65,60
S4	**minimum**	1,85	0,00	1,57	111,00	-2,50	0,145	0,48	0,20	0,40	11,44	4,10	62,90
	maksimum	2,04	6,30	2,04	154,00	1,50	0,371	0,65	0,40	0,51	20,14	9,30	68,20
	ortalama	1,91	0,90	1,86	135,00	-0,90	0,227	0,53	0,29	0,45	15,59	6,70	65,50
S5	**minimum**	1,85	0,10	1,46	106,00	-2,20	0,133	0,47	0,20	0,42	10,15	5,50	64,40
	maksimum	1,97	2,10	2,10	155,00	1,60	0,344	0,60	0,40	0,54	18,44	9,30	68,20
	ortalama	1,91	0,60	1,89	135,00	-0,60	0,235	0,53	0,30	0,46	15,16	7,50	66,30
S6	**minimum**	1,85	0,10	1,17	97,00	-2,30	0,139	0,48	0,20	0,41	8,25	6,40	65,20
	maksimum	1,94	1,50	2,07	155,00	2,60	0,311	0,69	0,42	0,58	19,46	9,50	68,40
	ortalama	1,91	0,40	1,80	130,00	-0,40	0,239	0,54	0,30	0,47	14,62	7,70	66,50
S7	**minimum**	2,02	0,00	1,55	115,00	-3,80	0,107	0,48	0,16	0,38	9,76	1,40	60,20
	maksimum	2,23	5,20	2,44	182,00	1,50	0,387	0,84	0,43	0,54	22,07	7,00	65,80
	ortalama	2,12	0,70	2,00	143,00	-1,10	0,223	0,58	0,28	0,45	15,65	3,80	62,60

Çizelge A.2 : Opera işlevi için tüm salonlarda elde edilen minimum ve maksimum parametre değerleri.

		T_{30}	$XI(T_{30})$	EDT	T_s	C80	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G	SIL
S1	**minimum**	1,49	0,10	1,10	83,00	-1,10	0,180	0,46	0,25	0,44	8,43	8,20	67,30
	maksimum	1,58	2,00	1,59	125,00	2,90	0,347	0,57	0,51	0,57	16,36	11,90	70,80
	ortalama	1,52	0,80	1,42	108,00	0,50	0,237	0,51	0,34	0,50	12,76	9,50	68,50
S2	**minimum**	1,57	0,00	1,19	96,00	-1,30	0,143	0,46	0,22	0,45	9,31	4,60	63,50
	maksimum	1,74	2,80	1,71	134,00	2,40	0,362	0,70	0,43	0,55	15,43	9,20	68,20
	ortalama	1,63	0,90	1,52	113,00	0,50	0,221	0,53	0,33	0,50	12,27	6,70	65,60
S3	**minimum**	1,35	0,10	0,95	77,00	-4,60	0,139	0,46	0,05	0,43	7,67	3,00	62,00
	maksimum	1,91	22,00	1,94	172,00	3,70	0,528	0,69	0,48	0,59	17,50	11,30	70,10
	ortalama	1,61	3,70	1,58	122,00	-0,20	0,276	0,55	0,29	0,49	13,16	6,60	65,50
S4	**minimum**	1,45	0,10	1,26	88,00	-2,10	0,137	0,45	0,16	0,45	8,40	3,70	62,70
	maksimum	1,71	8,50	1,71	137,00	3,10	0,361	0,69	0,51	0,57	15,60	9,20	68,20
	ortalama	1,60	1,10	1,48	112,00	0,50	0,222	0,53	0,33	0,50	12,39	6,50	65,40
S5	**minimum**	1,48	0,10	1,19	94,00	-1,40	0,139	0,47	0,25	0,46	9,24	5,40	64,30
	maksimum	1,83	7,90	1,75	129,00	2,70	0,368	0,59	0,49	0,56	14,64	9,20	68,10
	ortalama	1,62	0,90	1,52	110,00	0,70	0,241	0,52	0,36	0,51	11,95	7,20	66,10
S6	**minimum**	1,55	0,10	0,95	85,00	-1,10	0,132	0,43	0,26	0,45	7,42	5,80	64,80
	maksimum	1,71	5,90	1,65	127,00	3,30	0,324	0,60	0,53	0,60	15,52	9,30	68,20
	ortalama	1,59	0,90	1,41	106,00	0,80	0,242	0,52	0,36	0,51	11,93	7,20	66,20
S7	**minimum**	1,76	0,00	1,23	98,00	-2,20	0,099	0,47	0,16	0,42	8,63	1,10	60,10
	maksimum	2,00	5,40	2,16	152,00	2,90	0,383	0,77	0,49	0,57	18,43	7,10	66,00
	ortalama	1,86	1,00	1,67	124,00	-0,10	0,215	0,58	0,30	0,48	13,37	3,80	62,70

EK B



Şekil B.1 : S1 salonu zemin kat alıcı noktaları.

Çizelge B.1 : S1 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,81	0,4	1,91	126	0,4	0,266	0,52	0,35	0,47	14,1	11,7	70,6
A2	1,81	0,3	1,90	127	0,2	0,241	0,52	0,35	0,47	14,0	11,9	70,7
A3	1,81	0,1	1,88	120	0,9	0,262	0,46	0,41	0,50	12,05	11,8	70,8
A4	1,81	0,2	1,88	121	0,8	0,247	0,46	0,41	0,50	12,47	11,7	70,7
A5	1,79	0,1	1,88	129	0,0	0,251	0,51	0,33	0,47	14,28	11,2	70,1
A6	1,80	0,2	1,92	139	-0,9	0,214	0,51	0,27	0,44	16,61	11,1	70,0
A7	1,81	0,1	1,90	136	-0,6	0,216	0,51	0,30	0,44	16,36	10,8	69,7
A8	1,80	0,1	1,91	138	-0,7	0,203	0,53	0,29	0,44	16,72	10,7	69,6
A9	1,80	0,2	1,85	128	-0,1	0,205	0,47	0,35	0,47	14,35	10,8	69,7
A10	1,79	0,2	1,90	140	-1,1	0,231	0,52	0,28	0,44	16,81	10,4	69,4
A11	1,78	0,1	1,89	143	-1,3	0,219	0,52	0,25	0,43	17,63	10,7	69,6
A12	1,79	0,1	1,91	144	-1,4	0,211	0,55	0,25	0,42	18,15	10,2	69,1
A13	1,79	0,0	1,93	147	-1,7	0,195	0,58	0,23	0,42	18,27	10,0	69,0
A14	1,78	0,3	1,90	143	-1,6	0,205	0,50	0,28	0,43	17,41	10,1	69,0
A15	1,78	0,1	1,89	149	-2,1	0,209	0,53	0,23	0,42	18,47	10,2	69,1
A16	1,78	0,1	1,90	150	-2,3	0,203	0,54	0,21	0,41	18,92	10,4	69,3
A17	1,81	0,7	1,92	150	-2,3	0,203	0,54	0,22	0,41	19,41	10,1	69,0
A18	1,80	0,4	1,94	154	-2,6	0,204	0,59	0,19	0,40	20,23	9,9	68,9
A19	1,78	0,7	1,87	144	-1,9	0,186	0,53	0,24	0,42	18,04	9,7	68,6
A20	1,78	0,3	1,86	143	-1,8	0,207	0,52	0,25	0,43	17,68	9,7	68,6
A21	1,80	0,1	1,82	145	-2,2	0,205	0,53	0,22	0,42	18,25	9,9	68,8
A22	1,82	0,2	1,82	145	-2,2	0,195	0,54	0,22	0,42	18,20	10,1	69,0

Çizelge B.1(devam) : S1 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

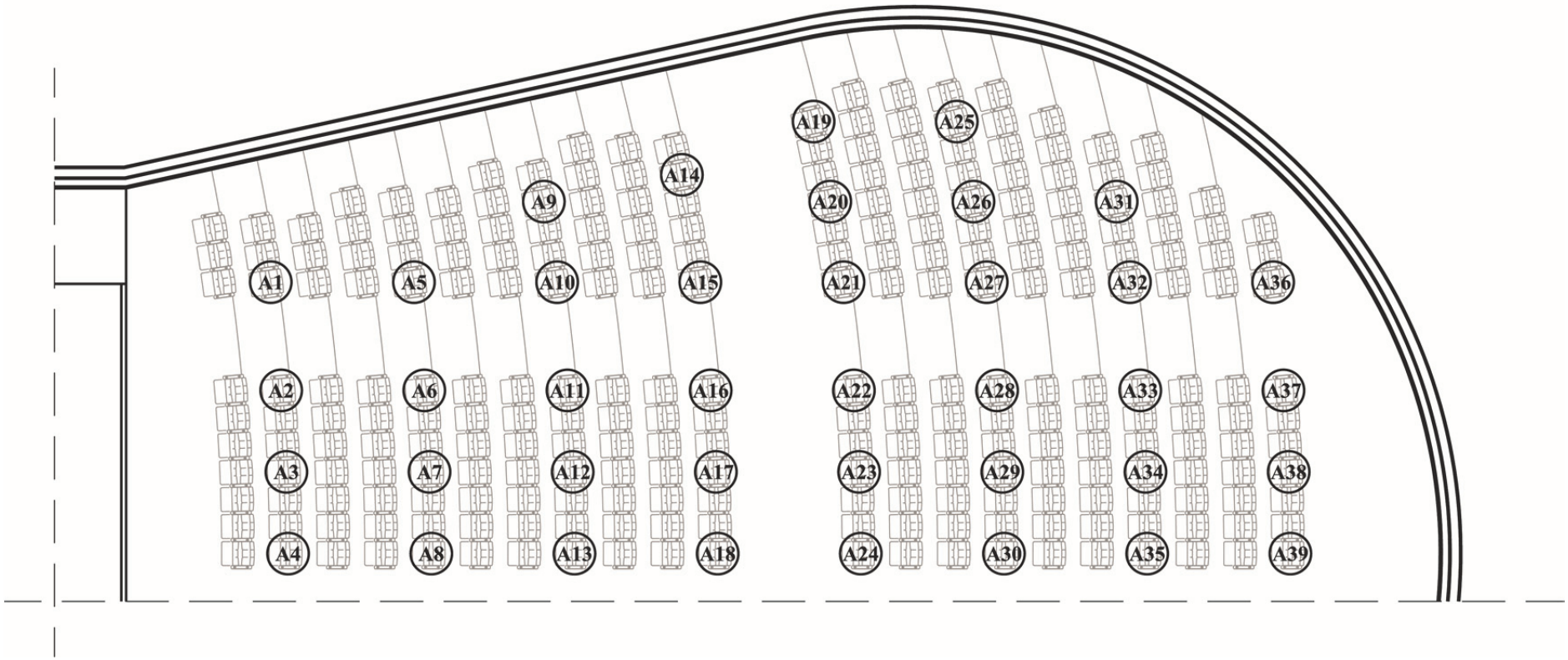
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A23	1,80	0,3	1,85	147	-2,3	0,210	0,55	0,21	0,41	19,11	9,8	68,7
A24	1,79	0,5	1,84	143	-2,1	0,208	0,52	0,23	0,42	17,93	9,8	68,7
A25	1,77	0,2	1,78	137	-1,6	0,204	0,53	0,24	0,43	17,09	9,0	67,9
A26	1,78	0,1	1,76	138	-1,7	0,204	0,54	0,23	0,43	17,28	8,9	67,8
A27	1,79	0,3	1,75	138	-1,8	0,207	0,52	0,23	0,43	17,04	9,3	68,2
A28	1,80	0,3	1,75	140	-2,0	0,208	0,54	0,21	0,43	17,28	9,5	68,4
A29	1,80	0,2	1,73	138	-1,7	0,224	0,54	0,20	0,44	16,81	9,2	68,1
A30	1,80	0,3	1,74	138	-1,8	0,214	0,54	0,20	0,43	17,02	9,1	68,0
A31	1,80	0,3	1,63	120	0,0	0,281	0,53	0,28	0,47	14,10	8,9	67,9
A32	1,79	0,4	1,65	127	-0,6	0,265	0,56	0,25	0,47	14,41	9,1	68,0
A33	1,79	0,3	1,61	125	-0,5	0,262	0,52	0,25	0,48	13,53	9,4	68,3
A34	1,80	0,2	1,55	119	0,0	0,281	0,49	0,28	0,50	12,37	9,4	68,3
A35	1,79	0,2	1,54	119	0,1	0,284	0,52	0,28	0,50	12,37	9,4	68,3
A36	1,78	0,6	1,41	99	1,8	0,338	0,47	0,41	0,54	10,22	9,8	68,7
A37	1,78	0,2	1,44	101	1,6	0,323	0,49	0,41	0,54	10,13	9,9	68,7
A38	1,78	0,2	1,39	100	1,7	0,318	0,47	0,41	0,54	9,80	10,0	68,8
A39	1,79	0,3	1,33	102	1,4	0,311	0,50	0,39	0,54	9,94	9,9	68,8

Çizelge B.2 : S1 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

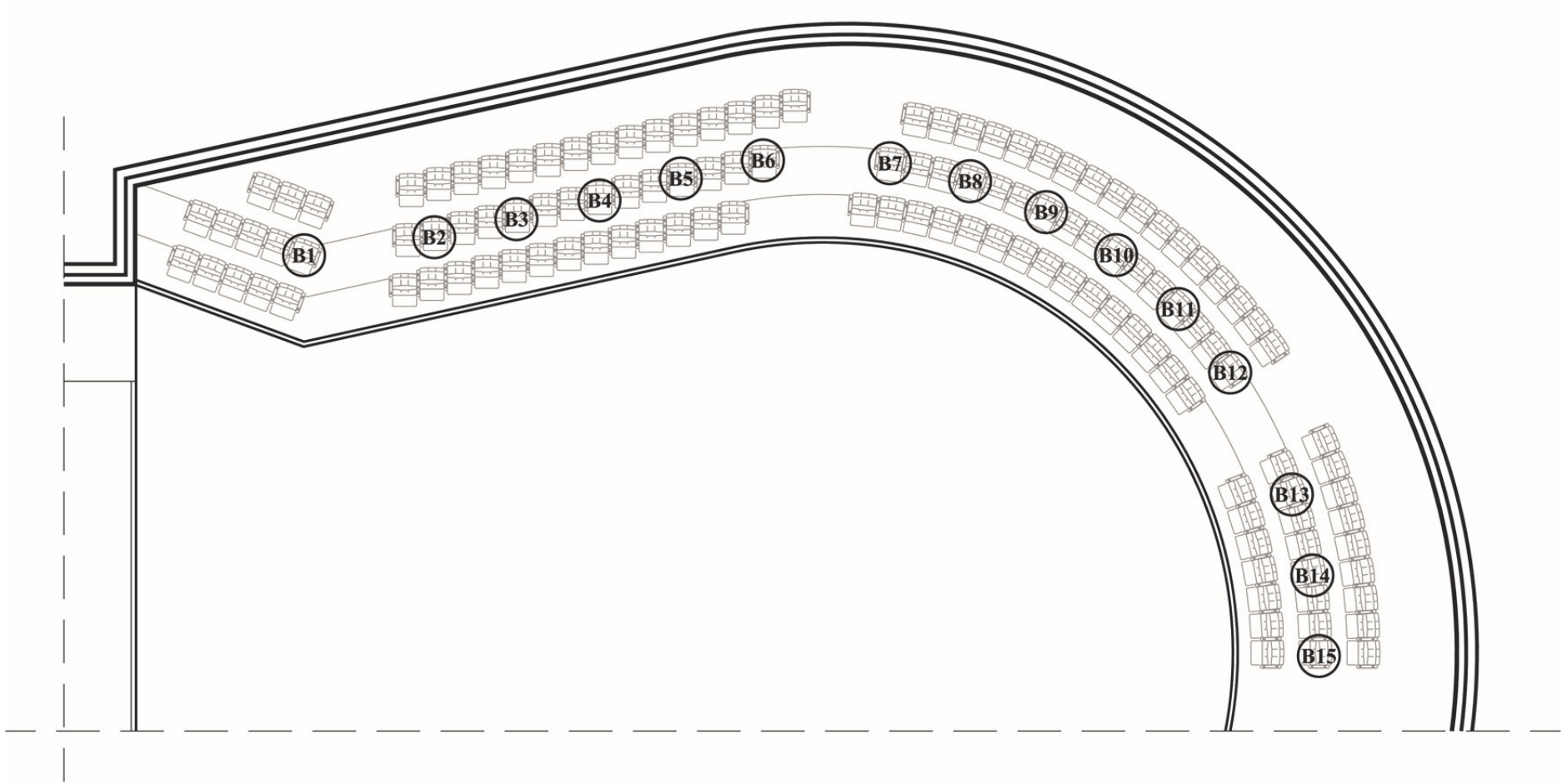
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,50	0,20	1,39	92,00	2,20	0,257	0,47	0,46	0,54	9,99	11,90	70,80
A2	1,52	0,20	1,41	95,00	2,00	0,237	0,48	0,45	0,54	10,23	11,80	70,70
A3	1,49	0,10	1,36	90,00	2,50	0,259	0,47	0,51	0,56	9,19	11,70	70,70
A4	1,49	0,10	1,36	90,00	2,30	0,247	0,49	0,50	0,55	9,38	11,60	70,60
A5	1,54	1,40	1,44	99,00	1,70	0,252	0,49	0,43	0,53	10,60	11,00	70,00
A6	1,52	0,30	1,47	107,00	0,80	0,213	0,49	0,36	0,49	12,61	10,80	69,80
A7	1,50	0,10	1,48	105,00	1,00	0,222	0,51	0,39	0,50	12,25	10,50	69,50
A8	1,50	0,20	1,51	108,00	0,80	0,205	0,52	0,37	0,48	13,29	10,30	69,30
A9	1,51	1,10	1,49	101,00	1,30	0,216	0,49	0,42	0,51	11,53	10,30	69,30
A10	1,51	0,40	1,51	111,00	0,30	0,240	0,52	0,34	0,48	13,67	9,90	68,90
A11	1,49	0,40	1,52	114,00	0,20	0,226	0,54	0,31	0,47	14,04	10,20	69,20
A12	1,54	1,20	1,54	114,00	0,20	0,226	0,53	0,32	0,47	14,42	9,70	68,80
A13	1,53	0,60	1,54	117,00	0,00	0,212	0,56	0,30	0,46	15,13	9,60	68,60
A14	1,50	0,80	1,58	119,00	-0,60	0,200	0,51	0,32	0,46	14,92	9,50	68,50
A15	1,49	0,50	1,59	122,00	-0,70	0,206	0,54	0,29	0,45	15,38	9,50	68,50
A16	1,52	1,30	1,57	122,00	-0,60	0,208	0,54	0,28	0,46	15,08	9,70	68,70
A17	1,52	0,90	1,56	122,00	-0,70	0,210	0,52	0,28	0,45	15,38	9,50	68,50
A18	1,54	0,70	1,57	125,00	-1,10	0,208	0,57	0,25	0,44	16,36	9,40	68,40
A19	1,50	0,20	1,51	116,00	-0,60	0,180	0,51	0,32	0,47	14,47	9,10	68,00
A20	1,52	0,30	1,51	116,00	-0,50	0,199	0,50	0,32	0,47	14,27	9,10	68,10
A21	1,51	0,30	1,51	119,00	-0,80	0,198	0,51	0,29	0,46	14,86	9,20	68,20
A22	1,51	1,00	1,51	119,00	-0,70	0,187	0,54	0,28	0,46	14,85	9,50	68,40

Çizelge B.2(devam) : S1 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

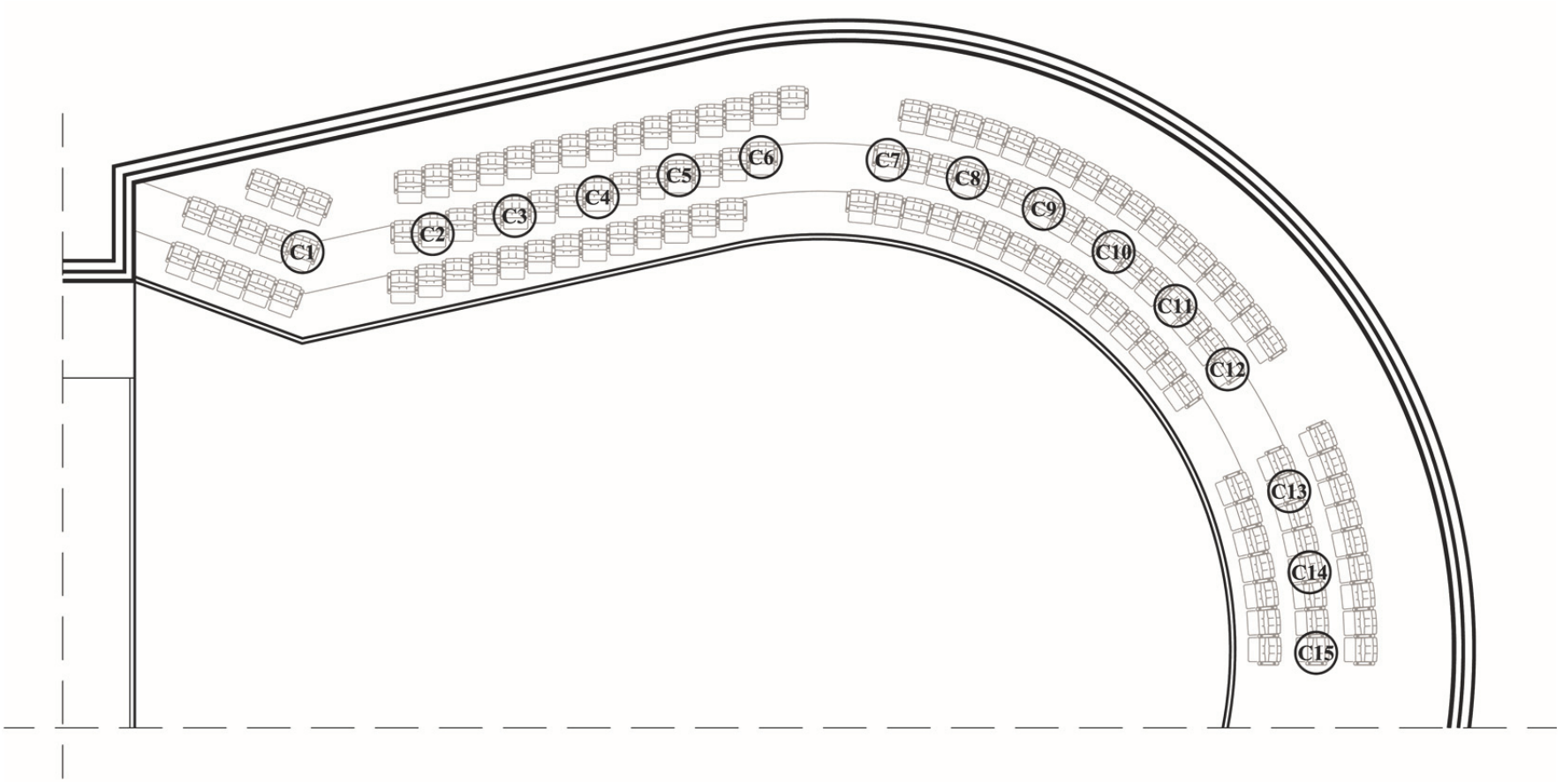
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A23	1,54	0,80	1,52	120,00	-0,90	0,200	0,54	0,27	0,46	15,08	9,10	68,10
A24	1,55	0,70	1,51	117,00	-0,70	0,200	0,51	0,30	0,47	14,23	9,20	68,20
A25	1,49	0,40	1,44	113,00	-0,30	0,216	0,52	0,31	0,47	14,42	8,30	67,40
A26	1,55	0,60	1,43	114,00	-0,40	0,212	0,52	0,30	0,47	14,40	8,20	67,30
A27	1,54	0,80	1,43	114,00	-0,30	0,206	0,51	0,29	0,47	14,14	8,60	67,60
A28	1,54	1,20	1,44	116,00	-0,60	0,208	0,53	0,27	0,47	14,30	8,70	67,80
A29	1,55	1,10	1,41	115,00	-0,50	0,223	0,53	0,26	0,47	14,47	8,50	67,50
A30	1,58	1,80	1,42	115,00	-0,60	0,217	0,53	0,26	0,47	14,31	8,40	67,40
A31	1,53	0,40	1,29	100,00	1,10	0,287	0,50	0,35	0,51	11,44	8,20	67,30
A32	1,58	1,60	1,33	106,00	0,60	0,266	0,54	0,31	0,51	11,65	8,30	67,30
A33	1,58	2,00	1,31	108,00	0,50	0,268	0,51	0,28	0,51	11,40	8,50	67,50
A34	1,55	0,80	1,25	103,00	0,80	0,293	0,49	0,30	0,53	10,66	8,50	67,50
A35	1,55	1,10	1,25	103,00	0,80	0,297	0,53	0,30	0,53	10,72	8,50	67,60
A36	1,53	0,80	1,16	83,00	2,90	0,347	0,46	0,47	0,57	8,73	8,90	67,80
A37	1,50	1,20	1,11	85,00	2,90	0,329	0,49	0,45	0,57	8,55	9,10	68,00
A38	1,52	0,60	1,10	85,00	2,70	0,329	0,48	0,44	0,57	8,43	9,20	68,10
A39	1,51	0,90	1,15	89,00	2,50	0,325	0,52	0,42	0,57	8,72	9,00	68,00



Şekil B.2 : S2 salonu zemin kat alıcı noktaları.



Şekil B.3 : S2 salonu 1. balkon katı alıcı noktaları.



Şekil B.4 : S2 salonu 2. balkon katı alıcı noktaları.

Çizelge B.3 : S2 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,90	0,20	2,02	129,00	0,20	0,297	0,52	0,36	0,45	15,64	9,10	67,90
A2	1,90	0,20	2,04	137,00	-0,40	0,191	0,66	0,29	0,43	17,10	9,00	67,80
A3	1,91	0,10	1,98	122,00	0,60	0,240	0,52	0,40	0,47	14,28	9,30	68,20
A4	1,91	0,10	2,01	126,00	0,20	0,215	0,57	0,38	0,46	15,04	9,00	67,90
A5	1,88	0,20	1,94	131,00	0,10	0,251	0,50	0,34	0,45	15,44	8,80	67,70
A6	1,91	0,40	1,92	134,00	-0,40	0,184	0,50	0,31	0,44	16,54	8,80	67,70
A7	1,92	0,10	1,93	130,00	-0,10	0,190	0,53	0,34	0,45	15,62	8,60	67,50
A8	1,91	0,00	1,92	130,00	0,10	0,176	0,56	0,34	0,47	14,53	8,60	67,50
A9	1,88	0,30	2,00	137,00	-0,70	0,184	0,54	0,32	0,44	16,90	8,10	66,90
A10	1,89	0,60	2,03	146,00	-1,10	0,235	0,53	0,28	0,42	18,02	7,90	66,70
A11	1,92	0,80	1,99	139,00	-0,70	0,227	0,50	0,29	0,43	17,14	8,30	67,20
A12	1,90	0,30	1,99	142,00	-1,10	0,206	0,55	0,28	0,42	18,25	7,80	66,70
A13	1,90	0,20	2,01	146,00	-1,30	0,184	0,62	0,26	0,43	17,50	7,70	66,60
A14	1,91	0,50	1,96	144,00	-1,50	0,183	0,55	0,28	0,42	18,05	7,70	66,50
A15	1,90	0,40	2,00	147,00	-1,60	0,212	0,51	0,28	0,42	18,04	7,80	66,60
A16	1,91	0,10	1,96	145,00	-1,50	0,196	0,52	0,27	0,43	17,20	8,10	66,90
A17	1,91	0,20	2,00	148,00	-1,70	0,186	0,53	0,26	0,41	18,71	7,80	66,60
A18	1,89	0,50	2,03	153,00	-2,30	0,180	0,61	0,21	0,40	20,52	7,60	66,40
A19	1,90	1,20	1,93	140,00	-1,10	0,152	0,55	0,27	0,44	16,55	7,10	65,90
A20	1,92	0,20	1,96	139,00	-1,10	0,199	0,51	0,30	0,44	16,66	7,50	66,30
A21	1,89	0,50	1,97	144,00	-1,60	0,201	0,51	0,29	0,43	16,95	7,70	66,40
A22	1,90	0,50	1,93	143,00	-1,60	0,187	0,53	0,28	0,44	16,69	8,00	66,70
A23	1,89	0,30	1,94	145,00	-1,90	0,196	0,55	0,25	0,43	17,54	7,60	66,40

Çizelge B.3(devam) : S2 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A24	1,89	0,30	1,96	147,00	-2,10	0,189	0,55	0,24	0,42	17,89	7,50	66,30
A25	1,90	0,50	1,86	133,00	-0,70	0,190	0,54	0,28	0,44	16,61	6,30	65,10
A26	1,90	0,40	1,88	137,00	-1,20	0,213	0,53	0,28	0,43	17,39	6,60	65,40
A27	1,90	0,30	1,87	142,00	-1,90	0,215	0,55	0,25	0,43	17,53	6,90	65,70
A28	1,89	0,30	1,89	141,00	-1,90	0,208	0,54	0,27	0,44	16,38	7,20	66,00
A29	1,91	0,10	1,88	145,00	-2,20	0,215	0,55	0,20	0,42	17,92	6,70	65,60
A30	1,91	0,20	1,86	145,00	-2,10	0,223	0,55	0,20	0,43	17,47	6,80	65,60
A31	1,90	0,20	1,68	120,00	0,10	0,278	0,53	0,30	0,47	14,49	6,30	65,20
A32	1,91	0,20	1,70	130,00	-0,90	0,276	0,57	0,25	0,46	14,94	6,70	65,50
A33	1,93	0,10	1,74	136,00	-1,50	0,273	0,54	0,23	0,46	15,08	7,20	66,00
A34	1,93	0,20	1,75	132,00	-0,90	0,294	0,53	0,25	0,47	13,87	7,00	65,90
A35	1,93	0,10	1,74	132,00	-0,80	0,281	0,57	0,25	0,47	14,05	7,00	65,80
A36	1,91	2,90	1,64	119,00	-0,10	0,360	0,50	0,32	0,48	13,31	6,70	65,40
A37	1,96	1,80	1,63	123,00	-0,60	0,348	0,51	0,31	0,49	12,84	7,30	66,00
A38	2,00	1,30	1,59	118,00	0,10	0,360	0,48	0,34	0,51	11,48	7,50	66,20
A39	1,99	1,00	1,58	121,00	-0,10	0,343	0,54	0,31	0,51	11,89	7,40	66,10
B1	1,90	0,60	2,02	160,00	-2,20	0,153	0,53	0,24	0,46	15,30	6,90	65,70
B2	1,89	1,50	1,93	144,00	-1,50	0,246	0,51	0,30	0,46	15,02	7,20	66,00
B3	1,86	0,90	1,90	137,00	-0,80	0,225	0,49	0,34	0,48	13,73	7,10	65,80
B4	1,87	0,30	1,93	138,00	-1,10	0,225	0,49	0,34	0,47	14,06	6,70	65,50
B5	1,87	0,20	1,97	140,00	-1,30	0,216	0,49	0,33	0,47	14,47	6,20	65,00
B6	1,85	0,90	2,03	148,00	-2,00	0,230	0,55	0,28	0,43	17,14	5,60	64,40
B7	1,84	1,10	1,98	152,00	-2,20	0,195	0,52	0,24	0,45	15,76	5,10	63,90

Çizelge B.3(devam) : S2 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
B8	1,85	1,00	1,93	141,00	-1,30	0,194	0,50	0,28	0,45	15,84	4,90	63,80
B9	1,86	1,10	1,83	131,00	-0,40	0,212	0,54	0,30	0,46	14,87	5,20	64,00
B10	1,86	1,00	1,75	122,00	0,30	0,208	0,52	0,34	0,48	13,37	5,40	64,20
B11	1,87	1,40	1,70	118,00	0,70	0,218	0,53	0,35	0,49	12,88	5,60	64,40
B12	1,86	2,80	1,69	119,00	0,50	0,243	0,51	0,34	0,50	12,46	5,90	64,70
B13	1,87	2,10	1,66	118,00	0,40	0,232	0,50	0,33	0,49	12,55	5,80	64,60
B14	1,89	1,30	1,62	117,00	0,50	0,224	0,51	0,33	0,50	12,37	5,80	64,60
B15	1,93	0,60	1,58	117,00	0,50	0,217	0,54	0,34	0,50	12,50	5,80	64,60
C1	1,90	0,70	2,02	151,00	-1,70	0,200	0,51	0,27	0,45	15,69	6,80	65,50
C2	1,87	0,40	1,99	149,00	-1,90	0,201	0,52	0,28	0,45	15,58	6,70	65,50
C3	1,89	0,30	1,96	149,00	-2,00	0,236	0,52	0,27	0,44	16,22	6,40	65,10
C4	1,91	0,50	1,97	154,00	-2,40	0,225	0,51	0,23	0,43	17,04	5,90	64,70
C5	1,93	0,70	1,93	143,00	-1,70	0,189	0,50	0,29	0,46	14,88	6,00	64,80
C6	1,95	1,30	1,93	155,00	-2,70	0,233	0,54	0,21	0,43	17,38	5,40	64,20
C7	1,97	0,50	1,87	147,00	-2,20	0,223	0,54	0,22	0,44	16,82	5,20	64,00
C8	1,98	0,40	1,86	139,00	-1,50	0,201	0,51	0,26	0,45	15,58	5,00	63,80
C9	1,96	0,30	1,80	135,00	-1,10	0,200	0,55	0,26	0,47	14,27	5,10	63,90
C10	1,95	0,60	1,75	131,00	-0,70	0,209	0,54	0,27	0,48	13,32	5,20	64,00
C11	1,97	0,90	1,66	123,00	0,00	0,223	0,53	0,31	0,48	13,42	5,70	64,40
C12	1,92	0,40	1,61	123,00	0,00	0,220	0,53	0,31	0,49	12,57	6,10	64,80
C13	1,94	0,90	1,68	123,00	0,10	0,241	0,56	0,29	0,48	13,75	5,70	64,40
C14	1,94	1,10	1,66	120,00	0,50	0,243	0,59	0,28	0,49	13,08	5,60	64,30
C15	1,90	1,30	1,66	118,00	0,70	0,221	0,55	0,30	0,48	13,30	5,70	64,40

Çizelge B.4 : S2 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

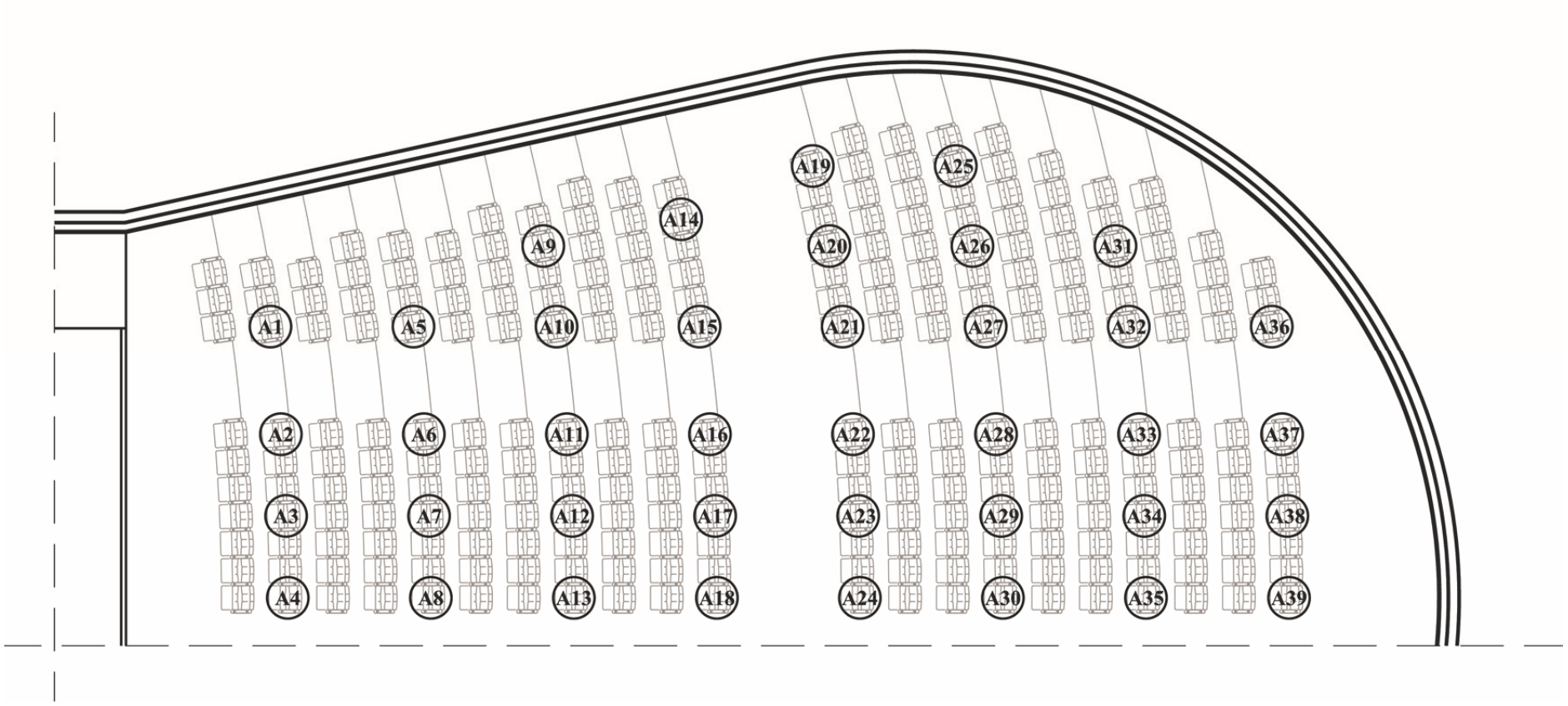
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,58	0,60	1,58	104,00	1,80	0,276	0,53	0,39	0,49	12,78	9,20	68,10
A2	1,59	0,40	1,62	109,00	1,50	0,190	0,70	0,32	0,50	12,06	9,00	67,90
A3	1,60	0,20	1,54	98,00	2,40	0,233	0,57	0,43	0,51	11,55	9,20	68,20
A4	1,60	0,20	1,58	100,00	2,10	0,212	0,61	0,41	0,50	12,42	8,90	67,90
A5	1,60	0,30	1,51	102,00	2,00	0,253	0,50	0,40	0,50	12,08	9,10	68,00
A6	1,61	0,40	1,53	107,00	1,50	0,202	0,52	0,36	0,51	11,90	9,00	68,00
A7	1,61	0,10	1,55	106,00	1,50	0,199	0,55	0,37	0,52	11,29	8,60	67,60
A8	1,61	0,10	1,54	106,00	1,70	0,184	0,58	0,37	0,52	10,84	8,50	67,50
A9	1,62	0,40	1,51	104,00	1,80	0,204	0,56	0,39	0,50	12,19	8,50	67,40
A10	1,63	0,30	1,56	111,00	1,30	0,232	0,56	0,35	0,50	11,98	8,20	67,20
A11	1,61	0,40	1,60	110,00	1,30	0,224	0,51	0,36	0,50	12,51	8,50	67,40
A12	1,62	0,20	1,61	114,00	0,90	0,192	0,53	0,35	0,50	12,31	7,90	66,80
A13	1,62	0,20	1,60	116,00	0,70	0,176	0,59	0,33	0,51	11,78	7,70	66,70
A14	1,71	2,20	1,66	124,00	-0,30	0,179	0,54	0,32	0,46	14,64	7,60	66,50
A15	1,67	0,60	1,66	121,00	-0,10	0,220	0,51	0,34	0,46	14,69	7,80	66,70
A16	1,67	0,50	1,66	122,00	-0,10	0,192	0,52	0,32	0,48	13,78	7,90	66,80
A17	1,67	0,30	1,66	124,00	-0,30	0,182	0,52	0,31	0,47	14,49	7,60	66,50
A18	1,65	0,60	1,70	129,00	-0,80	0,179	0,59	0,27	0,45	15,43	7,30	66,20
A19	1,60	1,40	1,54	119,00	-0,20	0,143	0,54	0,31	0,49	13,12	6,90	65,80
A20	1,61	1,00	1,60	119,00	0,00	0,191	0,49	0,34	0,48	13,44	7,40	66,30
A21	1,61	0,70	1,64	123,00	-0,40	0,180	0,48	0,33	0,48	13,52	7,50	66,30
A22	1,64	0,60	1,59	120,00	-0,10	0,177	0,48	0,34	0,49	13,06	7,70	66,50
A23	1,65	0,20	1,58	120,00	-0,20	0,181	0,48	0,32	0,48	13,72	7,30	66,20

Çizelge B.4(devam) : S2 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

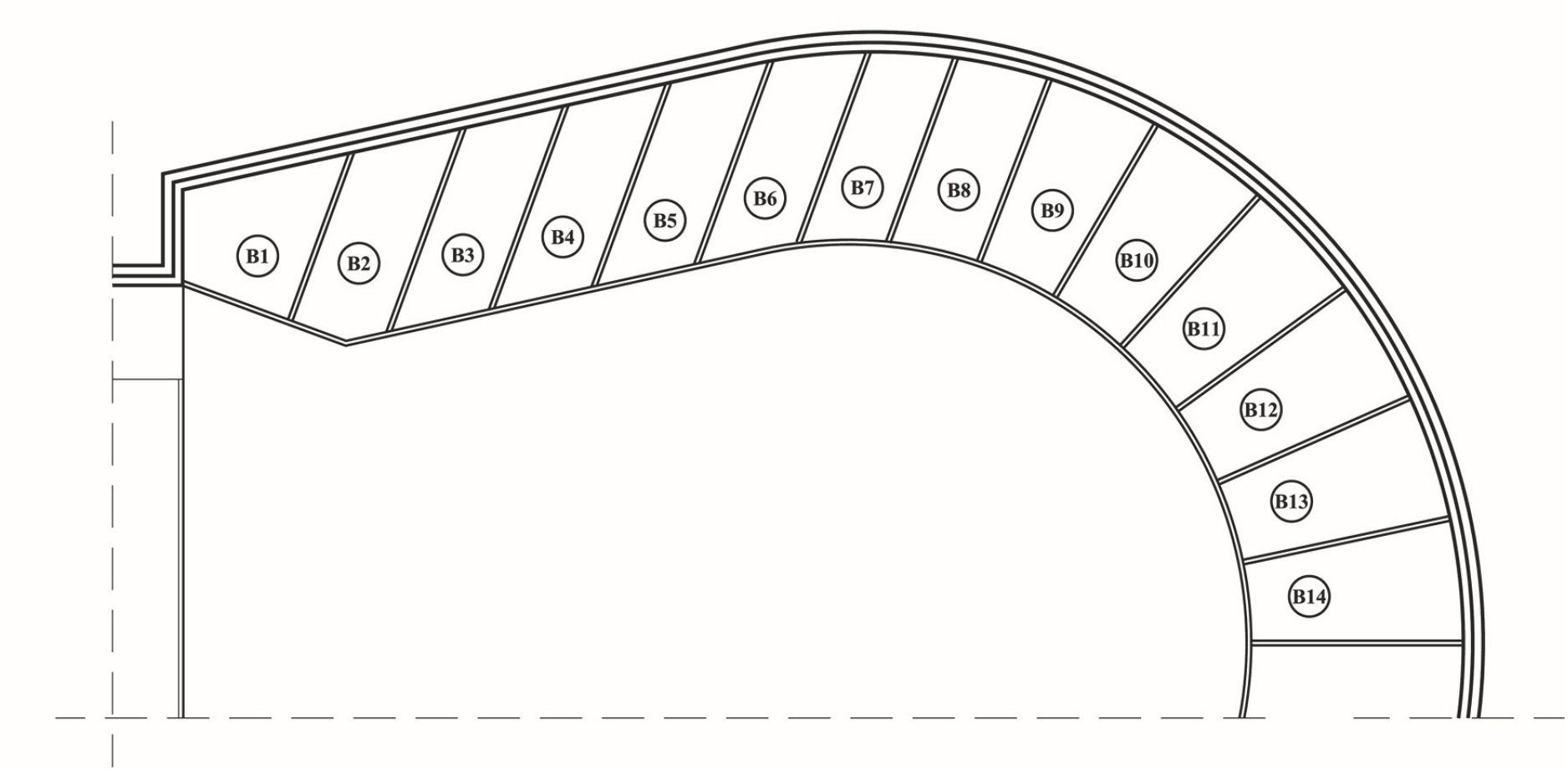
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A24	1,64	0,10	1,58	122,00	-0,50	0,178	0,48	0,30	0,47	13,97	7,30	66,20
A25	1,65	0,70	1,45	109,00	0,60	0,163	0,52	0,34	0,49	12,99	6,10	65,10
A26	1,63	0,40	1,51	115,00	0,00	0,184	0,52	0,32	0,48	13,75	6,50	65,40
A27	1,63	0,90	1,54	120,00	-0,60	0,199	0,52	0,31	0,48	13,66	6,70	65,60
A28	1,63	0,50	1,56	119,00	-0,60	0,192	0,50	0,32	0,48	13,45	7,00	65,80
A29	1,64	0,10	1,52	121,00	-0,70	0,201	0,51	0,26	0,47	13,86	6,50	65,50
A30	1,64	0,00	1,49	120,00	-0,60	0,203	0,51	0,25	0,48	13,21	6,60	65,50
A31	1,64	0,90	1,30	102,00	1,00	0,282	0,54	0,32	0,50	12,37	6,10	65,00
A32	1,64	1,80	1,37	110,00	0,30	0,266	0,57	0,29	0,50	12,29	6,50	65,30
A33	1,65	0,60	1,39	114,00	-0,10	0,257	0,53	0,27	0,50	12,44	6,90	65,80
A34	1,65	0,30	1,36	111,00	0,30	0,279	0,51	0,29	0,51	11,38	6,80	65,80
A35	1,65	0,10	1,34	110,00	0,30	0,268	0,54	0,29	0,51	11,57	6,80	65,80
A36	1,66	2,10	1,25	97,00	1,30	0,355	0,47	0,37	0,52	11,00	6,30	65,10
A37	1,68	2,20	1,27	98,00	1,50	0,337	0,49	0,38	0,54	9,93	6,70	65,50
A38	1,72	1,70	1,24	96,00	1,70	0,362	0,47	0,40	0,55	9,31	6,90	65,80
A39	1,74	1,60	1,19	99,00	1,30	0,338	0,52	0,37	0,55	9,56	6,80	65,60
B1	1,61	0,80	1,63	109,00	1,50	0,197	0,51	0,41	0,55	9,44	7,70	66,60
B2	1,62	0,40	1,66	114,00	0,70	0,257	0,51	0,36	0,50	12,09	7,00	65,90
B3	1,61	0,60	1,67	115,00	0,70	0,233	0,47	0,39	0,51	11,86	6,80	65,70
B4	1,60	0,70	1,71	118,00	0,40	0,227	0,48	0,38	0,50	12,33	6,30	65,20
B5	1,61	0,90	1,70	120,00	0,20	0,232	0,48	0,36	0,49	12,85	5,90	64,80
B6	1,60	1,20	1,69	126,00	-0,50	0,223	0,48	0,32	0,46	14,84	5,40	64,30
B7	1,59	2,50	1,62	134,00	-1,10	0,202	0,49	0,26	0,50	12,08	4,90	63,80

Çizelge B.4(devam) : S2 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

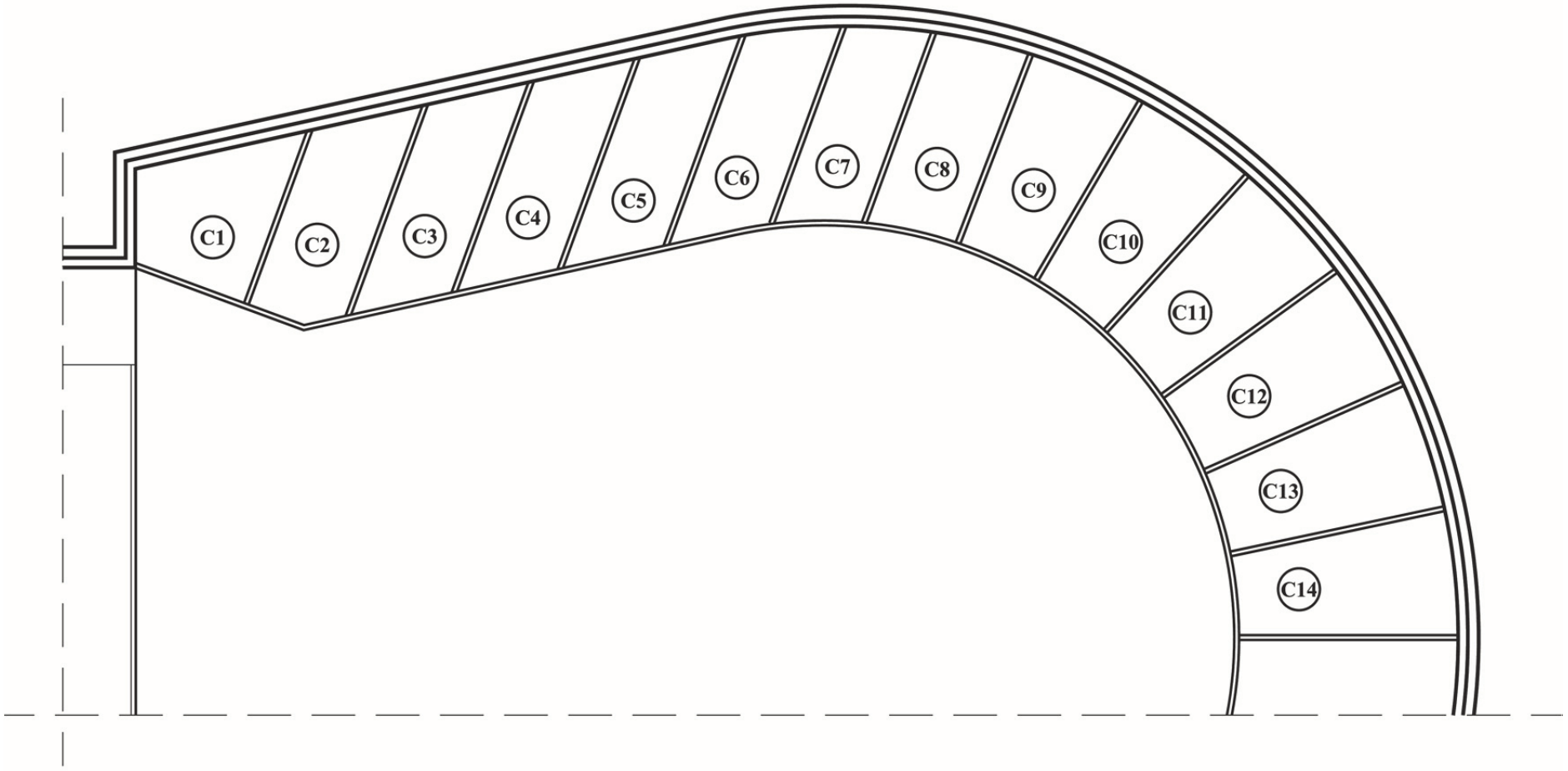
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
B8	1,57	2,30	1,60	121,00	-0,40	0,178	0,51	0,31	0,47	14,15	4,60	63,50
B9	1,57	2,40	1,51	112,00	0,40	0,200	0,53	0,34	0,49	12,98	4,90	63,80
B10	1,58	2,10	1,44	107,00	0,80	0,211	0,55	0,35	0,50	12,10	5,10	64,00
B11	1,60	0,90	1,36	100,00	1,40	0,209	0,54	0,38	0,51	11,36	5,40	64,30
B12	1,60	0,20	1,37	104,00	1,00	0,248	0,53	0,35	0,51	11,63	5,50	64,40
B13	1,59	0,30	1,35	105,00	0,60	0,246	0,53	0,31	0,50	12,51	5,20	64,10
B14	1,59	0,40	1,30	103,00	0,90	0,227	0,54	0,33	0,51	11,72	5,30	64,20
B15	1,59	1,10	1,29	101,00	1,10	0,211	0,54	0,35	0,51	11,39	5,40	64,30
C1	1,62	0,40	1,64	111,00	0,70	0,196	0,46	0,40	0,52	11,10	7,00	65,90
C2	1,65	0,60	1,60	108,00	0,80	0,209	0,47	0,41	0,52	10,94	6,90	65,80
C3	1,64	0,50	1,60	113,00	0,30	0,213	0,49	0,37	0,51	11,77	6,50	65,40
C4	1,64	0,70	1,62	121,00	-0,30	0,210	0,54	0,33	0,50	12,46	6,10	65,00
C5	1,65	1,00	1,65	121,00	-0,40	0,188	0,49	0,34	0,50	12,44	6,00	64,90
C6	1,63	1,40	1,69	134,00	-1,30	0,202	0,57	0,25	0,47	14,04	5,20	64,10
C7	1,60	1,60	1,65	127,00	-0,80	0,186	0,54	0,28	0,47	13,95	5,10	64,00
C8	1,62	2,80	1,58	120,00	0,10	0,194	0,51	0,31	0,50	12,22	5,00	63,90
C9	1,63	1,70	1,47	115,00	0,30	0,201	0,51	0,28	0,51	11,69	5,00	63,90
C10	1,64	0,70	1,40	114,00	0,50	0,221	0,52	0,27	0,54	10,00	4,90	63,90
C11	1,63	0,70	1,34	103,00	1,40	0,233	0,51	0,36	0,53	10,57	5,30	64,20
C12	1,64	1,50	1,35	107,00	0,90	0,241	0,54	0,32	0,53	10,27	5,30	64,20
C13	1,63	2,10	1,37	113,00	0,20	0,267	0,61	0,24	0,52	11,06	4,80	63,60
C14	1,63	1,00	1,36	112,00	0,40	0,272	0,66	0,22	0,53	10,33	4,70	63,50
C15	1,62	1,20	1,35	110,00	0,60	0,255	0,61	0,23	0,54	10,11	4,60	63,50



Şekil B.5 : S3 salonu zemin kat alıcı noktaları.



Şekil B.6 : S3 salonu 1. balkon katı alıcı noktaları.



Şekil B.7 : S3 salonu 2. balkon katı alıcı noktaları.

Çizelge B.5 : S3 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,93	0,20	2,06	135,00	-0,30	0,297	0,51	0,34	0,44	16,43	9,40	68,20
A2	1,93	0,20	2,07	142,00	-0,80	0,191	0,67	0,28	0,43	17,61	9,20	68,00
A3	1,93	0,10	2,02	127,00	0,30	0,246	0,51	0,38	0,46	14,93	9,50	68,40
A4	1,94	0,10	2,05	132,00	-0,10	0,225	0,56	0,35	0,45	15,87	9,30	68,20
A5	1,93	0,20	2,02	136,00	-0,20	0,251	0,51	0,33	0,45	15,96	9,00	67,90
A6	1,94	0,30	2,05	140,00	-0,60	0,182	0,49	0,31	0,44	16,73	9,00	67,80
A7	1,93	0,10	2,02	137,00	-0,50	0,190	0,53	0,32	0,44	16,11	8,80	67,70
A8	1,94	0,30	2,00	136,00	-0,30	0,176	0,57	0,32	0,46	15,05	8,80	67,70
A9	1,92	0,30	2,08	140,00	-0,80	0,189	0,55	0,31	0,43	17,38	8,30	67,10
A10	1,93	0,20	2,08	150,00	-1,60	0,233	0,53	0,26	0,41	19,05	8,10	67,00
A11	1,94	0,40	2,04	144,00	-1,10	0,236	0,51	0,27	0,42	17,92	8,50	67,40
A12	1,93	0,10	2,01	145,00	-1,30	0,207	0,53	0,27	0,41	18,70	8,10	66,90
A13	1,93	0,10	2,02	148,00	-1,60	0,185	0,61	0,25	0,42	18,32	8,00	66,80
A14	1,86	0,20	2,02	147,00	-1,50	0,194	0,54	0,28	0,42	18,37	8,00	66,80
A15	1,87	0,10	2,08	153,00	-1,90	0,216	0,51	0,27	0,41	18,85	8,00	66,80
A16	1,89	0,20	2,09	154,00	-2,00	0,192	0,51	0,26	0,41	18,84	8,10	66,90
A17	1,90	0,10	2,05	152,00	-1,90	0,183	0,52	0,26	0,41	19,30	8,00	66,80
A18	1,90	0,10	2,05	158,00	-2,40	0,183	0,60	0,21	0,39	20,92	7,70	66,50
A19	1,88	0,30	1,96	146,00	-1,80	0,146	0,55	0,25	0,43	17,65	7,50	66,30
A20	1,90	0,50	1,98	143,00	-1,50	0,200	0,52	0,29	0,43	17,26	7,70	66,50
A21	1,89	0,20	1,99	148,00	-1,90	0,190	0,51	0,28	0,43	17,50	7,70	66,50
A22	1,89	0,30	2,02	150,00	-2,00	0,179	0,52	0,26	0,42	17,99	7,90	66,60

Çizelge B.5(devam) : S3 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A23	1,91	0,10	2,02	151,00	-2,20	0,186	0,53	0,24	0,41	18,95	7,50	66,30
A24	1,92	0,20	2,00	151,00	-2,10	0,183	0,52	0,24	0,42	18,23	7,50	66,30
A25	1,92	0,60	1,86	139,00	-1,50	0,188	0,53	0,25	0,42	18,05	6,80	65,60
A26	1,91	0,20	1,92	143,00	-1,80	0,205	0,53	0,26	0,42	18,28	6,80	65,70
A27	1,90	0,30	1,95	149,00	-2,20	0,222	0,54	0,24	0,41	18,72	7,00	65,80
A28	1,89	0,30	1,98	149,00	-2,30	0,198	0,54	0,25	0,42	18,01	7,20	66,00
A29	1,90	0,10	1,97	153,00	-2,60	0,205	0,54	0,18	0,41	19,15	6,80	65,60
A30	1,91	0,20	1,95	152,00	-2,60	0,210	0,56	0,19	0,41	18,85	6,80	65,70
A31	1,88	0,50	1,82	127,00	-0,20	0,296	0,53	0,28	0,46	15,30	6,60	65,50
A32	1,88	0,70	1,85	139,00	-1,30	0,289	0,58	0,23	0,45	15,88	6,70	65,60
A33	1,89	0,20	1,83	141,00	-1,60	0,281	0,55	0,22	0,45	15,75	7,30	66,10
A34	1,90	0,20	1,78	133,00	-0,70	0,301	0,51	0,26	0,48	13,48	7,30	66,20
A35	1,91	0,30	1,76	132,00	-0,60	0,288	0,57	0,25	0,48	13,62	7,30	66,20
A36	1,92	1,70	1,71	119,00	0,20	0,365	0,47	0,33	0,49	13,07	6,80	65,60
A37	1,89	5,60	1,80	123,00	0,60	0,364	0,49	0,36	0,50	12,21	7,00	65,90
A38	1,89	2,40	1,66	115,00	1,10	0,372	0,46	0,39	0,53	10,73	7,40	66,30
A39	1,89	1,00	1,71	120,00	0,70	0,347	0,53	0,34	0,52	11,31	7,30	66,20
B1	1,91	5,60	1,63	98,00	2,60	0,249	0,55	0,47	0,55	9,60	10,50	69,20
B2	2,02	4,10	1,91	137,00	-0,90	0,299	0,57	0,26	0,45	15,91	8,20	66,90
B3	1,87	2,20	1,85	162,00	-2,80	0,334	0,61	0,17	0,46	15,05	5,80	64,50
B4	1,80	10,30	2,39	183,00	-3,70	0,320	0,55	0,14	0,44	16,56	6,40	65,00
B5	2,11	4,50	1,99	169,00	-3,70	0,418	0,61	0,15	0,45	15,62	4,60	63,40

Çizelge B.5(devam) : S3 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
B6	1,90	7,70	2,03	189,00	-5,30	0,430	0,68	0,08	0,42	18,47	4,40	63,10
B7	1,82	6,80	1,91	182,00	-5,60	0,406	0,59	0,13	0,39	21,41	5,00	63,70
B8	1,80	18,40	2,00	162,00	-3,30	0,354	0,57	0,20	0,42	18,37	5,50	64,40
B9	2,00	16,20	1,80	142,00	-1,90	0,444	0,56	0,23	0,45	15,97	5,00	63,80
B10	1,79	3,20	2,16	151,00	-2,40	0,388	0,55	0,22	0,43	17,36	4,20	63,10
B11	1,68	5,10	2,04	143,00	-1,30	0,281	0,56	0,23	0,45	15,94	4,30	63,20
B12	2,09	7,60	1,63	133,00	-1,20	0,318	0,59	0,23	0,47	14,28	4,90	63,60
B13	2,06	4,00	1,70	121,00	0,20	0,235	0,56	0,32	0,49	13,05	5,90	64,70
B14	1,90	4,90	1,74	126,00	0,20	0,173	0,60	0,31	0,48	13,77	4,60	63,30
C1	2,25	28,10	1,61	107,00	2,00	0,268	0,50	0,39	0,54	9,91	9,30	68,00
C2	1,87	2,00	1,94	140,00	-1,10	0,354	0,50	0,27	0,48	13,28	7,30	66,00
C3	2,06	7,30	2,18	157,00	-1,80	0,331	0,58	0,22	0,48	13,60	5,90	64,60
C4	1,77	2,20	1,95	163,00	-3,40	0,349	0,57	0,15	0,45	15,41	5,80	64,50
C5	2,08	10,50	2,05	170,00	-3,50	0,373	0,52	0,16	0,45	15,81	6,10	64,70
C6	2,02	4,90	2,18	186,00	-4,40	0,425	0,58	0,13	0,41	19,54	3,50	62,40
C7	2,40	23,50	2,16	193,00	-5,70	0,405	0,59	0,09	0,40	20,41	4,30	63,00
C8	1,66	4,60	1,45	145,00	-3,80	0,449	0,58	0,13	0,44	16,33	6,20	64,90
C9	1,88	5,20	2,12	157,00	-1,80	0,451	0,61	0,17	0,43	17,69	3,90	62,70
C10	1,86	5,70	1,76	155,00	-3,10	0,427	0,63	0,16	0,42	18,68	3,40	62,10
C11	2,06	5,70	1,83	136,00	-0,10	0,283	0,55	0,26	0,48	13,53	4,10	62,90
C12	1,93	3,30	1,63	137,00	-2,20	0,256	0,53	0,24	0,47	14,30	4,60	63,30
C13	1,86	6,70	1,72	117,00	0,60	0,254	0,54	0,35	0,48	13,73	5,10	63,90
C14	2,02	9,00	1,97	132,00	0,00	0,177	0,52	0,31	0,46	14,88	4,80	63,40

Çizelge B.6 : S3 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

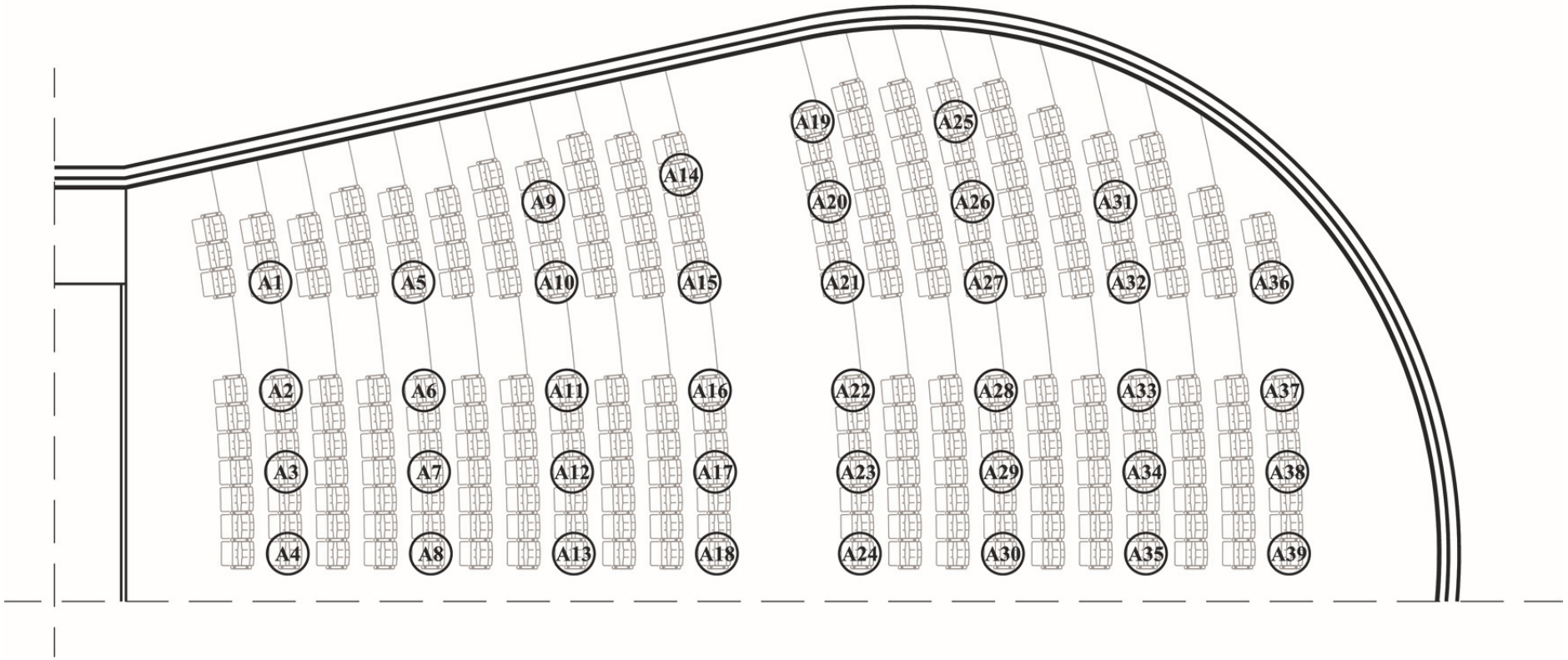
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,60	0,20	1,61	107,00	1,40	0,285	0,53	0,38	0,48	13,31	9,40	68,20
A2	1,64	0,30	1,60	111,00	1,20	0,183	0,69	0,31	0,50	12,26	9,30	68,20
A3	1,63	0,20	1,53	100,00	2,00	0,235	0,56	0,41	0,50	11,94	9,40	68,40
A4	1,64	0,20	1,58	103,00	1,70	0,218	0,60	0,39	0,49	12,86	9,10	68,10
A5	1,62	0,10	1,57	106,00	1,80	0,249	0,51	0,39	0,50	12,34	9,20	68,10
A6	1,64	0,20	1,57	109,00	1,30	0,196	0,53	0,36	0,50	12,50	9,20	68,10
A7	1,63	0,10	1,58	110,00	1,20	0,198	0,54	0,36	0,51	11,90	8,70	67,70
A8	1,64	0,20	1,56	109,00	1,30	0,184	0,58	0,35	0,52	11,28	8,70	67,70
A9	1,63	0,10	1,60	106,00	1,90	0,210	0,56	0,39	0,50	12,12	8,50	67,40
A10	1,61	0,20	1,65	115,00	1,00	0,234	0,54	0,35	0,49	12,55	8,30	67,20
A11	1,61	0,10	1,60	112,00	1,10	0,220	0,51	0,35	0,49	12,91	8,70	67,60
A12	1,63	0,10	1,61	116,00	0,60	0,189	0,52	0,35	0,49	12,78	8,00	67,00
A13	1,64	0,30	1,60	118,00	0,50	0,176	0,58	0,32	0,50	12,21	7,90	66,90
A14	1,62	0,70	1,69	124,00	0,00	0,186	0,55	0,32	0,47	14,08	7,60	66,50
A15	1,61	0,30	1,71	123,00	0,00	0,224	0,51	0,35	0,46	14,81	7,80	66,60
A16	1,61	0,70	1,70	126,00	-0,30	0,185	0,51	0,31	0,47	14,52	7,90	66,70
A17	1,63	0,10	1,69	126,00	-0,40	0,178	0,50	0,31	0,46	14,60	7,70	66,60
A18	1,64	0,20	1,72	132,00	-1,20	0,172	0,59	0,26	0,44	16,21	7,40	66,30
A19	1,63	1,00	1,63	117,00	0,30	0,139	0,54	0,35	0,48	13,70	7,10	66,00
A20	1,62	0,30	1,63	118,00	0,30	0,186	0,50	0,36	0,49	13,07	7,30	66,20
A21	1,62	0,50	1,68	124,00	-0,20	0,183	0,48	0,34	0,48	13,49	7,30	66,20
A22	1,61	0,50	1,66	124,00	-0,50	0,160	0,48	0,33	0,48	13,77	7,60	66,50

Çizelge B.6(devam) : S3 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

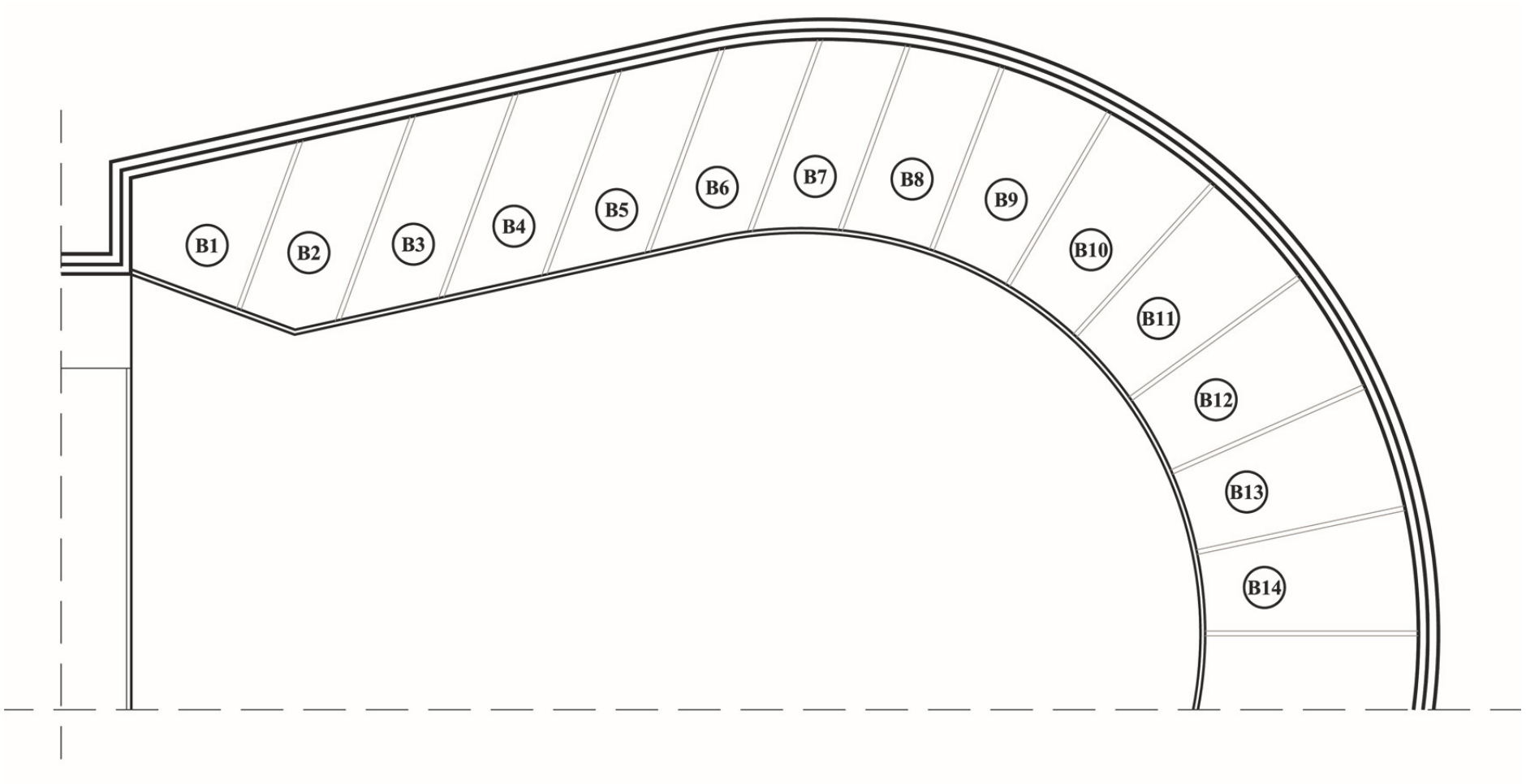
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A23	1,62	0,20	1,67	126,00	-0,80	0,171	0,48	0,30	0,46	14,80	7,30	66,10
A24	1,63	0,30	1,66	126,00	-0,70	0,166	0,48	0,30	0,47	14,38	7,20	66,10
A25	1,62	1,10	1,54	114,00	0,40	0,168	0,53	0,33	0,48	13,38	6,30	65,30
A26	1,62	0,20	1,57	118,00	-0,10	0,202	0,52	0,32	0,47	14,09	6,50	65,50
A27	1,61	0,50	1,58	122,00	-0,50	0,203	0,51	0,31	0,47	13,91	6,70	65,60
A28	1,61	0,50	1,61	123,00	-0,70	0,182	0,50	0,31	0,47	13,95	7,00	65,80
A29	1,63	0,20	1,59	126,00	-0,90	0,207	0,50	0,24	0,46	14,77	6,50	65,50
A30	1,65	0,10	1,58	125,00	-1,00	0,194	0,52	0,24	0,47	14,38	6,50	65,50
A31	1,62	0,70	1,44	106,00	1,20	0,284	0,53	0,33	0,50	12,52	6,10	65,10
A32	1,64	0,90	1,46	115,00	0,10	0,264	0,57	0,28	0,49	12,76	6,40	65,30
A33	1,62	0,40	1,46	118,00	-0,40	0,265	0,51	0,27	0,49	12,71	6,90	65,80
A34	1,60	0,30	1,43	112,00	0,40	0,289	0,50	0,31	0,52	11,22	7,00	65,90
A35	1,61	0,20	1,42	112,00	0,40	0,279	0,56	0,30	0,51	11,55	7,00	65,90
A36	1,61	2,40	1,45	103,00	1,40	0,372	0,47	0,39	0,51	11,42	6,30	65,30
A37	1,59	1,80	1,40	103,00	1,50	0,349	0,49	0,38	0,53	10,45	6,80	65,70
A38	1,60	1,90	1,32	98,00	1,90	0,377	0,48	0,40	0,55	9,60	7,10	66,10
A39	1,57	1,20	1,34	103,00	1,40	0,350	0,53	0,36	0,54	10,13	7,00	66,00
B1	1,46	2,60	0,95	77,00	3,70	0,242	0,52	0,48	0,59	7,67	11,30	70,10
B2	1,50	4,20	1,50	106,00	1,50	0,249	0,58	0,34	0,51	11,53	8,90	67,70
B3	1,66	15,60	1,67	148,00	-2,70	0,317	0,60	0,13	0,48	13,77	6,40	65,20
B4	1,77	13,30	1,86	156,00	-2,40	0,364	0,55	0,16	0,47	13,85	6,10	64,80
B5	1,54	4,10	1,73	152,00	-2,90	0,389	0,63	0,11	0,49	12,87	4,80	63,60

Çizelge B.6(devam) : S3 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

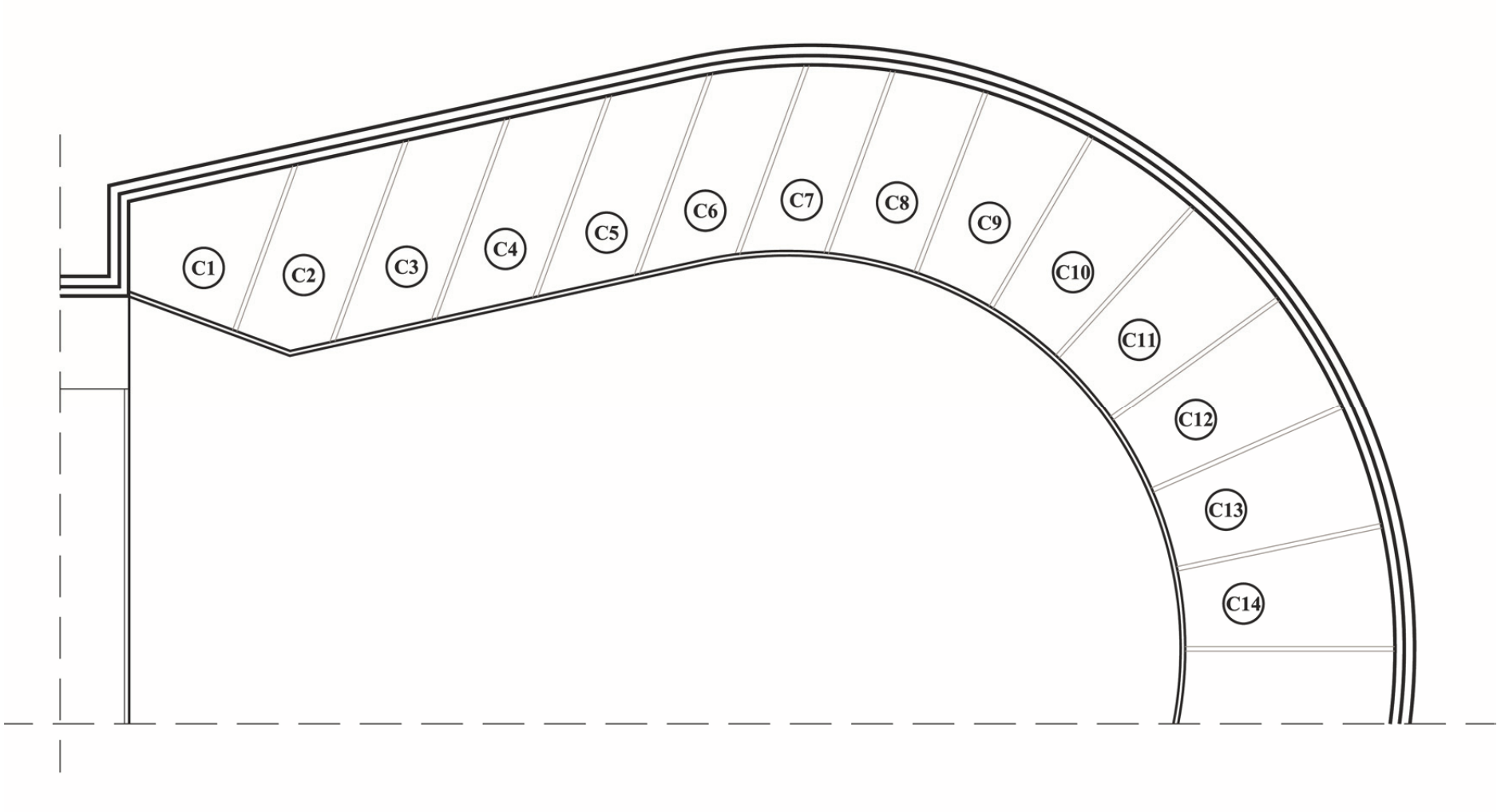
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
B6	1,77	7,00	1,78	165,00	-4,60	0,526	0,57	0,05	0,46	15,01	3,60	62,50
B7	1,73	14,90	1,94	172,00	-4,40	0,436	0,56	0,06	0,45	15,51	4,20	62,90
B8	1,37	4,50	1,94	155,00	-2,80	0,482	0,62	0,14	0,43	17,50	4,90	63,70
B9	1,44	2,10	1,45	123,00	-1,20	0,528	0,57	0,22	0,47	14,34	4,80	63,70
B10	1,62	2,40	1,56	131,00	-1,90	0,445	0,61	0,21	0,45	15,66	4,00	62,90
B11	1,35	6,70	1,88	146,00	-1,70	0,294	0,57	0,21	0,45	15,76	3,70	62,60
B12	1,38	3,30	1,94	136,00	-2,10	0,291	0,60	0,18	0,47	14,07	4,00	62,90
B13	1,60	9,60	1,62	114,00	0,70	0,218	0,53	0,34	0,49	13,03	4,30	63,20
B14	1,81	18,90	1,40	114,00	-0,20	0,198	0,56	0,28	0,47	13,89	4,20	63,10
C1	1,55	5,00	1,08	83,00	3,10	0,242	0,46	0,45	0,58	8,06	10,20	69,00
C2	1,52	8,30	1,21	101,00	1,50	0,358	0,53	0,34	0,55	9,31	8,00	66,80
C3	1,62	3,70	1,58	124,00	-0,40	0,350	0,56	0,28	0,51	11,63	6,10	64,80
C4	1,81	22,00	1,59	133,00	-0,70	0,407	0,58	0,23	0,50	12,45	5,80	64,50
C5	1,55	8,20	1,55	140,00	-2,30	0,406	0,52	0,16	0,49	12,58	5,70	64,40
C6	1,53	6,40	1,78	152,00	-2,90	0,457	0,68	0,14	0,45	16,05	4,00	62,90
C7	1,90	13,00	1,62	141,00	-2,20	0,409	0,55	0,19	0,45	15,32	4,00	62,90
C8	1,54	5,00	1,61	132,00	-1,50	0,448	0,60	0,18	0,46	15,01	4,60	63,50
C9	1,91	20,60	1,35	122,00	-0,60	0,450	0,55	0,19	0,50	12,21	3,00	62,00
C10	1,55	1,60	1,47	128,00	-1,50	0,359	0,58	0,19	0,48	13,78	3,00	62,00
C11	1,64	4,70	1,59	125,00	-0,20	0,322	0,63	0,23	0,51	11,43	3,40	62,30
C12	1,42	5,40	1,81	143,00	-2,20	0,245	0,59	0,18	0,47	14,27	3,50	62,30
C13	1,57	5,80	1,55	118,00	-0,80	0,176	0,54	0,30	0,46	14,61	4,20	63,10
C14	1,67	10,10	1,87	129,00	-0,50	0,184	0,59	0,26	0,46	15,22	4,30	63,10



Şekil B.8 : S4 salonu zemin kat alıcı noktaları.



Şekil B.9 : S4 salonu 1. balkon katı alıcı noktaları.



Şekil B.10 : S4 salonu 2. balkon katı alıcı noktaları.

Çizelge B.7 : S4 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,89	0,30	1,94	127,00	0,10	0,295	0,52	0,36	0,45	15,58	9,20	68,00
A2	1,89	0,10	1,96	136,00	-0,60	0,191	0,65	0,29	0,43	17,22	9,10	67,90
A3	1,90	0,00	1,93	121,00	0,50	0,239	0,51	0,40	0,47	14,35	9,30	68,20
A4	1,90	0,10	1,98	125,00	0,20	0,216	0,57	0,38	0,46	14,94	9,00	67,90
A5	1,89	0,20	1,91	129,00	0,10	0,251	0,49	0,34	0,46	15,12	8,90	67,70
A6	1,89	0,20	1,89	133,00	-0,30	0,181	0,53	0,31	0,45	15,88	8,90	67,80
A7	1,90	0,10	1,90	130,00	-0,20	0,191	0,53	0,34	0,45	15,45	8,70	67,50
A8	1,90	0,00	1,89	129,00	0,00	0,177	0,56	0,34	0,47	14,37	8,60	67,50
A9	1,91	0,20	1,97	134,00	-0,50	0,194	0,53	0,33	0,44	16,48	8,10	67,00
A10	1,90	0,10	1,99	145,00	-1,30	0,231	0,53	0,27	0,42	18,52	7,90	66,70
A11	1,90	0,00	1,94	141,00	-1,10	0,216	0,52	0,26	0,42	17,78	8,20	67,10
A12	1,91	0,10	1,96	140,00	-1,10	0,202	0,54	0,28	0,42	17,98	7,80	66,70
A13	1,90	0,00	1,96	143,00	-1,20	0,183	0,61	0,27	0,43	17,35	7,70	66,60
A14	1,92	1,10	2,00	144,00	-1,40	0,185	0,53	0,29	0,42	18,36	7,60	66,40
A15	1,91	0,10	1,98	148,00	-1,70	0,206	0,53	0,27	0,42	18,16	7,70	66,50
A16	1,92	0,20	1,95	147,00	-1,70	0,192	0,53	0,25	0,42	18,41	7,90	66,70
A17	1,91	0,10	1,95	145,00	-1,50	0,183	0,52	0,26	0,42	18,38	7,70	66,50
A18	1,92	0,00	1,98	151,00	-2,10	0,182	0,61	0,23	0,40	20,14	7,40	66,30
A19	1,89	0,60	1,83	131,00	-0,80	0,145	0,53	0,31	0,44	16,61	7,30	66,10
A20	1,88	0,30	1,89	138,00	-1,20	0,195	0,51	0,29	0,44	16,36	7,40	66,30
A21	1,91	0,20	1,92	144,00	-1,80	0,192	0,52	0,27	0,43	17,10	7,50	66,30
A22	1,91	0,40	1,92	143,00	-1,70	0,179	0,51	0,28	0,44	16,74	7,70	66,50

Çizelge B.7(devam) : S4 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A23	1,91	0,30	1,93	145,00	-1,90	0,189	0,53	0,25	0,42	17,82	7,30	66,10
A24	1,91	0,10	1,94	146,00	-1,90	0,183	0,53	0,25	0,43	17,74	7,30	66,10
A25	1,90	0,50	1,84	133,00	-0,70	0,181	0,53	0,28	0,44	16,59	6,20	65,10
A26	1,90	0,10	1,89	140,00	-1,50	0,203	0,52	0,26	0,43	17,75	6,40	65,20
A27	1,91	0,10	1,90	144,00	-2,00	0,210	0,54	0,25	0,42	18,00	6,60	65,40
A28	1,92	0,70	1,87	142,00	-1,90	0,198	0,52	0,26	0,44	16,75	7,00	65,70
A29	1,93	0,10	1,87	145,00	-2,10	0,210	0,54	0,21	0,42	18,17	6,50	65,40
A30	1,94	0,10	1,84	143,00	-2,00	0,211	0,55	0,20	0,43	17,33	6,50	65,40
A31	1,89	0,20	1,71	123,00	0,00	0,276	0,53	0,29	0,46	14,92	6,10	65,00
A32	1,90	0,20	1,77	134,00	-1,10	0,271	0,58	0,24	0,46	15,19	6,30	65,20
A33	1,90	0,30	1,79	136,00	-1,20	0,256	0,53	0,24	0,46	15,00	6,80	65,70
A34	1,91	0,10	1,73	131,00	-0,80	0,279	0,52	0,26	0,48	13,72	6,80	65,70
A35	1,94	0,10	1,71	130,00	-0,70	0,276	0,56	0,25	0,47	14,01	6,80	65,70
A36	1,91	1,20	1,63	118,00	0,00	0,371	0,50	0,31	0,48	13,38	6,20	65,00
A37	1,93	1,20	1,63	118,00	0,00	0,336	0,49	0,33	0,50	12,43	6,50	65,40
A38	1,94	1,50	1,57	116,00	0,30	0,341	0,48	0,35	0,51	11,44	6,80	65,70
A39	1,94	1,20	1,58	119,00	0,10	0,316	0,52	0,31	0,51	11,89	6,70	65,60
B1	1,95	0,60	1,90	128,00	0,10	0,149	0,53	0,36	0,47	14,14	8,50	67,30
B2	1,91	0,70	1,92	137,00	-0,70	0,214	0,49	0,32	0,48	13,24	7,40	66,10
B3	1,92	1,40	1,94	142,00	-1,50	0,232	0,50	0,29	0,45	15,37	7,10	65,90
B4	2,04	2,70	1,91	137,00	-0,90	0,239	0,50	0,32	0,46	15,17	6,60	65,30
B5	1,89	2,60	2,04	144,00	-1,40	0,226	0,49	0,31	0,45	15,37	6,40	65,10

Çizelge B.7(devam) : S4 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
B6	1,87	0,50	1,96	144,00	-1,50	0,220	0,52	0,28	0,43	17,36	5,20	64,00
B7	1,93	1,40	1,72	134,00	-1,40	0,233	0,51	0,26	0,44	16,33	5,50	64,30
B8	1,89	0,90	1,94	151,00	-2,30	0,281	0,55	0,20	0,42	17,91	4,10	62,90
B9	1,93	1,10	1,77	138,00	-1,50	0,295	0,54	0,26	0,45	15,46	4,40	63,20
B10	1,88	0,40	1,82	130,00	-0,50	0,242	0,57	0,29	0,45	15,31	4,60	63,40
B11	1,85	3,70	1,74	126,00	0,20	0,239	0,55	0,29	0,48	13,50	4,80	63,60
B12	1,93	1,10	1,72	122,00	0,50	0,236	0,55	0,33	0,49	12,62	5,00	63,80
B13	1,85	3,00	1,72	120,00	0,40	0,213	0,53	0,33	0,49	12,60	5,20	64,00
B14	1,85	1,80	1,67	117,00	0,60	0,226	0,55	0,34	0,50	12,12	5,30	64,10
C1	1,99	4,10	1,93	140,00	-0,60	0,184	0,48	0,30	0,47	14,09	7,60	66,40
C2	1,99	2,00	1,87	140,00	-1,20	0,207	0,50	0,30	0,47	14,38	6,70	65,50
C3	1,96	0,70	1,87	138,00	-1,40	0,240	0,53	0,31	0,47	14,25	6,70	65,40
C4	1,88	0,40	1,95	143,00	-1,30	0,270	0,51	0,30	0,46	14,81	6,30	65,00
C5	1,96	4,70	2,01	145,00	-1,40	0,278	0,50	0,27	0,46	15,11	6,20	64,90
C6	1,95	0,50	1,94	151,00	-2,20	0,240	0,50	0,23	0,44	16,35	4,80	63,60
C7	1,93	1,20	1,95	154,00	-2,50	0,236	0,55	0,20	0,42	18,19	4,30	63,00
C8	1,92	3,00	1,83	140,00	-1,40	0,212	0,56	0,24	0,44	16,28	4,50	63,30
C9	1,91	0,70	1,76	132,00	-0,60	0,216	0,55	0,26	0,46	15,21	4,40	63,20
C10	1,95	6,30	1,86	133,00	-0,50	0,238	0,60	0,25	0,46	15,00	4,50	63,30
C11	1,92	1,80	1,71	122,00	0,60	0,265	0,53	0,32	0,50	12,37	4,80	63,50
C12	1,89	0,60	1,72	123,00	0,00	0,260	0,53	0,31	0,49	12,71	4,80	63,50
C13	1,86	0,80	1,72	111,00	1,50	0,202	0,53	0,39	0,50	12,07	5,00	63,70
C14	1,93	1,80	1,68	115,00	0,90	0,197	0,54	0,33	0,48	13,47	4,70	63,40

Çizelge B.8 : S4 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

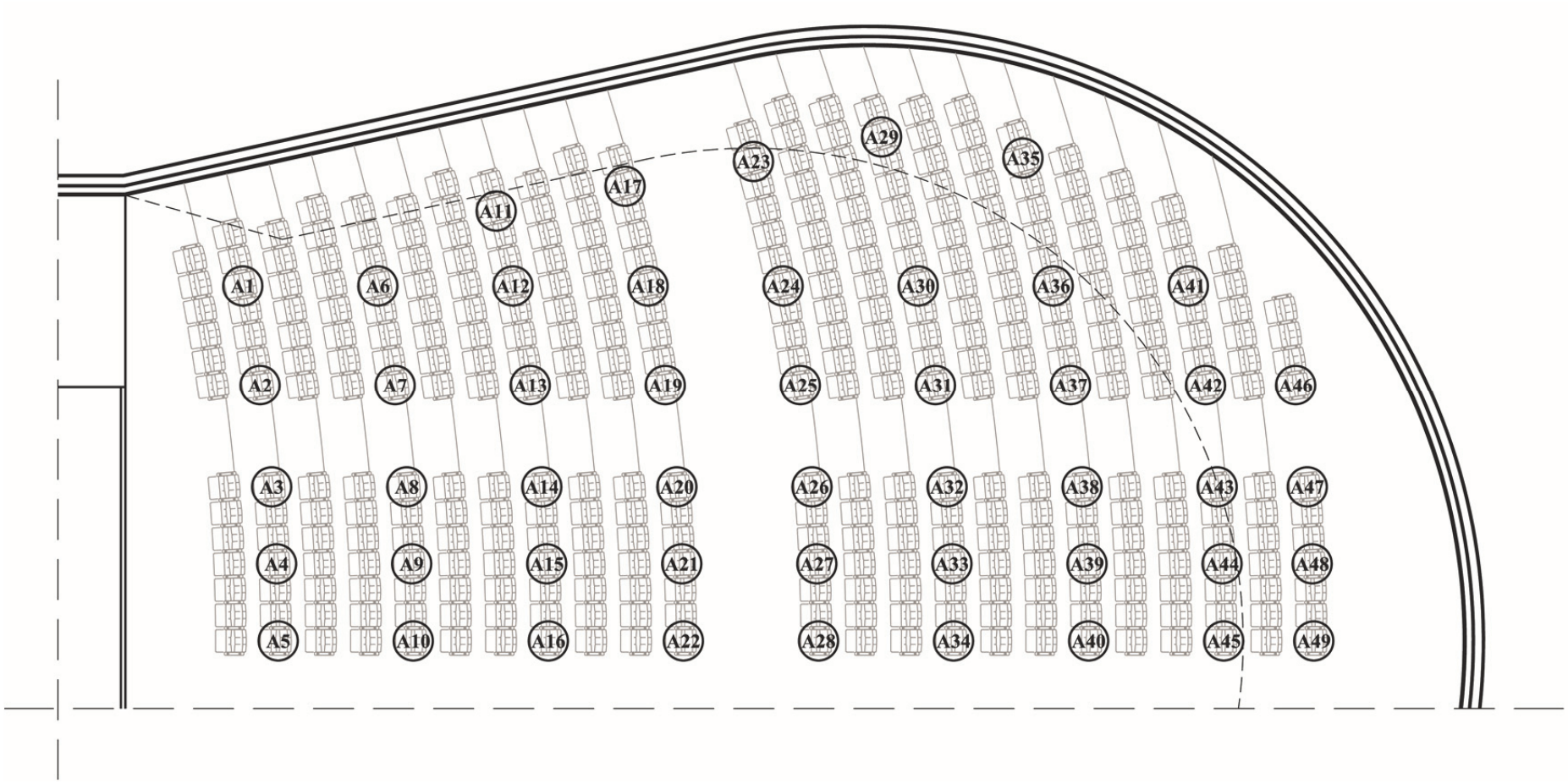
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,59	1,40	1,56	103,00	1,80	0,277	0,53	0,39	0,49	12,85	9,20	68,10
A2	1,60	1,70	1,57	108,00	1,40	0,187	0,69	0,32	0,50	12,17	9,00	67,90
A3	1,60	0,70	1,49	96,00	2,30	0,232	0,57	0,43	0,51	11,57	9,20	68,20
A4	1,60	0,40	1,53	99,00	2,00	0,212	0,61	0,41	0,50	12,44	8,90	67,90
A5	1,57	0,40	1,49	103,00	1,90	0,243	0,52	0,38	0,51	11,65	8,90	67,80
A6	1,59	0,50	1,49	105,00	1,60	0,186	0,53	0,36	0,51	11,60	9,00	67,90
A7	1,61	0,60	1,50	104,00	1,50	0,198	0,55	0,37	0,52	11,31	8,60	67,60
A8	1,60	0,20	1,49	104,00	1,70	0,184	0,58	0,37	0,53	10,74	8,50	67,50
A9	1,56	0,50	1,50	105,00	1,70	0,191	0,56	0,38	0,50	12,13	8,30	67,20
A10	1,60	1,20	1,56	112,00	1,00	0,216	0,56	0,34	0,50	11,98	8,00	67,00
A11	1,61	0,60	1,53	110,00	1,10	0,211	0,50	0,34	0,50	12,35	8,30	67,20
A12	1,60	0,10	1,54	110,00	1,00	0,195	0,52	0,36	0,50	12,15	7,90	66,80
A13	1,59	0,10	1,55	113,00	0,80	0,175	0,58	0,34	0,51	11,56	7,70	66,70
A14	1,53	0,30	1,65	122,00	-0,10	0,184	0,53	0,32	0,47	14,38	7,50	66,40
A15	1,55	0,20	1,65	123,00	-0,30	0,207	0,52	0,32	0,47	14,53	7,50	66,40
A16	1,56	0,30	1,64	123,00	-0,30	0,188	0,51	0,31	0,47	14,16	7,70	66,60
A17	1,57	0,20	1,59	121,00	-0,20	0,181	0,51	0,31	0,47	13,86	7,50	66,40
A18	1,57	0,10	1,65	126,00	-0,80	0,178	0,59	0,27	0,45	15,55	7,20	66,10
A19	1,52	1,40	1,51	111,00	0,60	0,137	0,53	0,35	0,48	13,21	7,00	65,90
A20	1,55	0,40	1,52	115,00	0,10	0,186	0,51	0,34	0,49	12,82	7,20	66,10
A21	1,56	0,30	1,56	119,00	-0,20	0,182	0,48	0,33	0,48	13,18	7,20	66,10
A22	1,57	0,50	1,55	118,00	-0,20	0,171	0,47	0,34	0,49	12,87	7,50	66,40

Çizelge B.8(devam) : S4 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

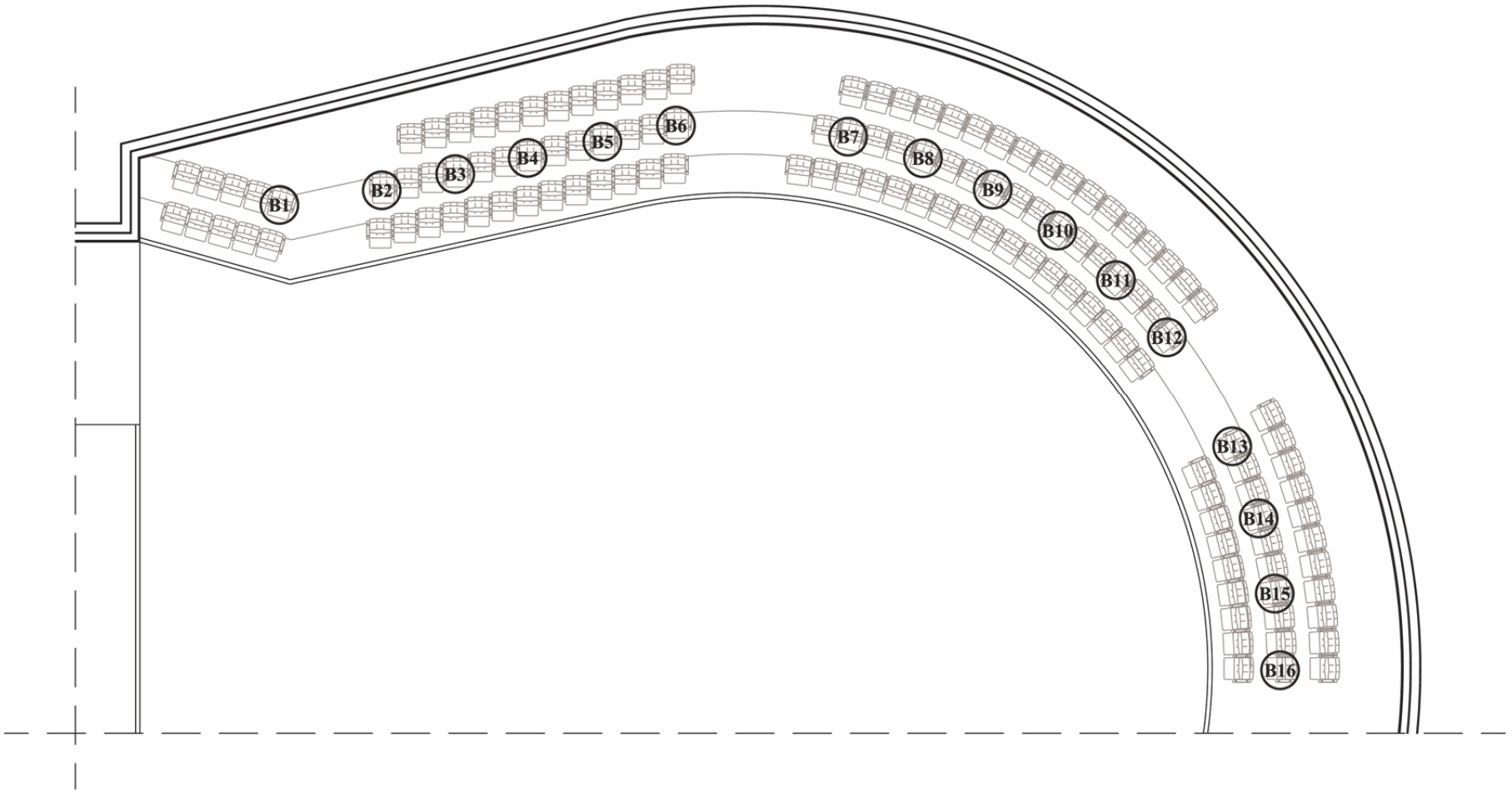
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A23	1,57	0,20	1,54	119,00	-0,30	0,179	0,48	0,31	0,48	13,61	7,20	66,10
A24	1,56	0,20	1,57	119,00	-0,30	0,173	0,47	0,32	0,48	13,61	7,10	66,00
A25	1,58	0,70	1,43	109,00	0,70	0,164	0,52	0,34	0,49	12,53	5,90	64,80
A26	1,57	0,20	1,48	115,00	-0,10	0,180	0,50	0,32	0,48	13,25	6,20	65,10
A27	1,58	0,20	1,50	118,00	-0,40	0,191	0,51	0,31	0,48	13,27	6,50	65,40
A28	1,58	0,20	1,50	117,00	-0,50	0,189	0,49	0,32	0,49	13,11	6,80	65,70
A29	1,56	0,10	1,50	119,00	-0,50	0,201	0,51	0,27	0,48	13,58	6,40	65,30
A30	1,56	0,10	1,47	117,00	-0,40	0,198	0,51	0,26	0,49	12,93	6,40	65,40
A31	1,61	0,20	1,32	102,00	1,10	0,275	0,52	0,33	0,50	12,48	5,70	64,70
A32	1,64	0,70	1,38	111,00	0,30	0,253	0,57	0,29	0,50	12,27	6,10	65,00
A33	1,65	1,40	1,39	113,00	0,00	0,245	0,51	0,29	0,50	12,06	6,60	65,50
A34	1,57	0,10	1,37	110,00	0,40	0,270	0,51	0,31	0,52	11,23	6,60	65,50
A35	1,57	0,10	1,35	109,00	0,50	0,266	0,54	0,30	0,51	11,40	6,60	65,60
A36	1,59	1,00	1,26	100,00	1,00	0,361	0,49	0,35	0,51	11,59	5,90	64,80
A37	1,63	1,50	1,27	100,00	1,10	0,332	0,50	0,37	0,53	10,70	6,30	65,30
A38	1,60	1,50	1,29	100,00	1,30	0,349	0,49	0,38	0,54	10,00	6,60	65,50
A39	1,62	3,10	1,28	102,00	1,00	0,311	0,50	0,35	0,54	10,02	6,60	65,50
B1	1,71	1,80	1,33	88,00	3,10	0,176	0,46	0,51	0,57	8,40	9,10	68,00
B2	1,57	0,90	1,40	92,00	2,70	0,238	0,56	0,44	0,56	8,87	8,20	67,10
B3	1,58	0,40	1,52	112,00	0,40	0,250	0,51	0,34	0,49	12,53	6,90	65,80
B4	1,56	1,00	1,66	117,00	0,20	0,228	0,48	0,36	0,49	13,00	6,20	65,10
B5	1,47	0,90	1,71	124,00	-0,40	0,217	0,49	0,34	0,48	13,81	5,90	64,70

Çizelge B.8(devam) : S4 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
B6	1,45	1,50	1,65	126,00	-0,90	0,214	0,51	0,31	0,45	15,60	5,10	64,00
B7	1,71	2,20	1,52	122,00	-0,40	0,248	0,54	0,27	0,48	13,64	4,60	63,50
B8	1,56	0,60	1,56	137,00	-2,10	0,298	0,58	0,16	0,49	12,96	3,70	62,70
B9	1,56	8,50	1,60	127,00	-1,30	0,290	0,52	0,27	0,48	13,71	4,10	63,00
B10	1,53	1,10	1,43	109,00	0,50	0,231	0,56	0,32	0,48	13,17	4,50	63,40
B11	1,52	0,60	1,42	108,00	0,80	0,232	0,57	0,30	0,50	12,38	4,60	63,50
B12	1,52	1,40	1,44	109,00	0,60	0,238	0,57	0,31	0,50	12,07	4,40	63,30
B13	1,63	1,90	1,43	108,00	0,70	0,217	0,56	0,32	0,50	12,37	4,40	63,30
B14	1,61	1,10	1,41	107,00	0,90	0,229	0,54	0,31	0,49	12,60	4,40	63,30
C1	1,66	1,80	1,37	95,00	2,10	0,175	0,46	0,47	0,56	8,98	8,10	66,90
C2	1,63	1,40	1,48	104,00	1,20	0,210	0,45	0,43	0,54	10,22	7,20	66,10
C3	1,60	1,10	1,51	108,00	0,50	0,210	0,49	0,40	0,52	11,09	6,80	65,70
C4	1,60	1,00	1,61	108,00	0,90	0,212	0,49	0,40	0,52	10,82	6,50	65,30
C5	1,54	2,30	1,59	121,00	-0,40	0,256	0,48	0,30	0,49	12,55	6,00	64,80
C6	1,58	0,70	1,50	124,00	-1,20	0,253	0,54	0,25	0,48	13,71	5,00	63,80
C7	1,57	1,20	1,58	127,00	-1,30	0,186	0,53	0,26	0,46	14,63	4,20	63,10
C8	1,68	4,50	1,45	117,00	-0,50	0,207	0,54	0,29	0,48	13,71	4,40	63,30
C9	1,71	4,60	1,47	118,00	-0,40	0,210	0,52	0,27	0,48	13,41	4,30	63,20
C10	1,57	0,50	1,36	114,00	-0,20	0,241	0,57	0,24	0,50	12,35	4,50	63,40
C11	1,56	0,60	1,31	109,00	0,50	0,239	0,53	0,28	0,53	10,40	4,50	63,30
C12	1,55	2,00	1,38	114,00	-0,20	0,258	0,54	0,26	0,50	12,15	4,10	62,90
C13	1,59	1,20	1,31	101,00	0,90	0,212	0,56	0,34	0,50	11,95	4,50	63,30
C14	1,68	2,70	1,31	105,00	0,80	0,239	0,57	0,30	0,50	12,31	4,40	63,20



Şekil B.11 : S5 salonu zemin kat alıcı noktaları.



Şekil B.12 : S5 salonu 1. balkon katı alıcı noktaları.

Çizelge B.9 : S5 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,94	0,10	1,99	128,00	0,40	0,287	0,58	0,35	0,46	14,82	9,00	67,90
A2	1,92	0,10	2,05	128,00	0,60	0,268	0,53	0,40	0,47	14,54	9,30	68,10
A3	1,90	0,20	2,08	131,00	0,30	0,250	0,54	0,36	0,45	15,95	9,20	68,00
A4	1,91	0,20	2,07	130,00	0,30	0,226	0,54	0,37	0,45	15,94	9,10	67,90
A5	1,91	0,20	2,04	125,00	0,80	0,264	0,56	0,37	0,46	14,79	9,30	68,20
A6	1,92	0,20	2,01	132,00	0,00	0,285	0,54	0,35	0,45	15,37	8,50	67,30
A7	1,91	0,10	2,07	141,00	-0,60	0,249	0,55	0,31	0,43	17,27	8,60	67,40
A8	1,90	0,30	2,06	138,00	-0,40	0,205	0,51	0,32	0,43	16,95	8,70	67,60
A9	1,91	0,10	2,07	140,00	-0,60	0,176	0,55	0,30	0,43	17,14	8,40	67,30
A10	1,90	0,20	2,05	138,00	-0,30	0,180	0,54	0,32	0,44	16,21	8,50	67,40
A11	1,92	0,40	1,96	136,00	-0,30	0,269	0,54	0,31	0,44	16,37	8,30	67,10
A12	1,91	0,20	1,97	136,00	-0,50	0,242	0,56	0,31	0,44	16,25	8,20	67,00
A13	1,89	0,50	2,10	148,00	-1,10	0,211	0,58	0,28	0,43	17,67	8,20	67,00
A14	1,89	0,30	2,07	144,00	-0,80	0,210	0,51	0,29	0,43	17,10	8,40	67,30
A15	1,91	0,20	1,99	141,00	-0,90	0,153	0,51	0,28	0,44	16,59	8,20	67,10
A16	1,91	0,20	1,99	142,00	-0,90	0,150	0,54	0,27	0,44	16,21	8,20	67,10
A17	1,92	0,50	1,97	142,00	-0,90	0,232	0,55	0,28	0,43	16,95	8,00	66,80
A18	1,90	0,60	2,04	147,00	-1,30	0,202	0,53	0,26	0,43	17,22	7,90	66,70
A19	1,90	0,50	2,09	152,00	-1,80	0,202	0,55	0,27	0,44	16,89	8,20	66,90
A20	1,91	0,60	2,06	150,00	-1,50	0,183	0,52	0,27	0,44	16,82	8,30	67,10
A21	1,91	0,40	2,04	149,00	-1,40	0,157	0,51	0,29	0,43	17,74	8,10	66,90
A22	1,92	0,40	2,03	150,00	-1,70	0,133	0,53	0,28	0,42	18,44	8,00	66,80
A23	1,93	0,30	1,97	144,00	-1,10	0,169	0,57	0,26	0,43	17,13	7,50	66,30

Çizelge B.9(devam) : S5 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A24	1,91	0,30	2,00	145,00	-1,30	0,214	0,54	0,27	0,44	16,59	7,60	66,40
A25	1,94	0,30	2,00	148,00	-1,80	0,198	0,53	0,27	0,44	16,29	7,90	66,60
A26	1,97	0,40	2,01	150,00	-1,90	0,169	0,55	0,26	0,43	17,36	8,00	66,70
A27	1,95	0,20	1,99	145,00	-1,40	0,166	0,54	0,29	0,44	16,35	7,90	66,70
A28	1,93	0,30	2,00	145,00	-1,30	0,164	0,53	0,29	0,44	16,38	7,80	66,60
A29	1,95	0,50	1,93	138,00	-1,00	0,180	0,51	0,28	0,44	16,52	6,60	65,40
A30	1,94	0,20	1,94	145,00	-1,90	0,207	0,56	0,23	0,43	17,09	6,80	65,60
A31	1,95	0,50	1,91	144,00	-1,80	0,182	0,54	0,24	0,43	16,99	7,40	66,20
A32	1,93	0,50	1,97	150,00	-2,20	0,173	0,56	0,23	0,42	18,03	7,20	66,00
A33	1,93	0,30	1,94	147,00	-1,80	0,195	0,55	0,24	0,43	17,71	7,10	65,90
A34	1,94	0,10	1,89	141,00	-1,20	0,196	0,53	0,25	0,44	16,14	7,30	66,10
A35	1,90	1,20	1,81	129,00	-0,70	0,253	0,51	0,31	0,47	14,41	7,00	65,80
A36	1,94	0,40	1,83	135,00	-1,00	0,232	0,54	0,25	0,45	15,92	6,80	65,60
A37	1,97	1,30	1,92	145,00	-1,90	0,221	0,57	0,22	0,43	16,99	6,80	65,60
A38	1,93	0,80	1,84	142,00	-1,70	0,233	0,60	0,20	0,45	15,48	7,20	66,00
A39	1,92	0,40	1,80	137,00	-1,10	0,262	0,57	0,22	0,46	15,23	7,10	66,00
A40	1,93	0,30	1,76	133,00	-0,70	0,260	0,55	0,26	0,47	14,36	7,30	66,10
A41	1,94	1,00	1,66	116,00	0,60	0,291	0,51	0,35	0,49	12,54	6,80	65,60
A42	1,96	1,80	1,68	126,00	-0,40	0,307	0,52	0,28	0,48	13,26	7,20	66,00
A43	1,92	0,90	1,69	126,00	-0,20	0,309	0,53	0,27	0,48	13,41	7,50	66,30
A44	1,92	0,70	1,67	123,00	0,10	0,326	0,50	0,29	0,50	12,07	7,40	66,30
A45	1,92	0,30	1,66	123,00	0,00	0,334	0,49	0,31	0,51	11,48	7,50	66,30
A46	1,90	1,90	1,56	116,00	0,40	0,301	0,52	0,32	0,50	12,18	7,20	65,90

Çizelge B.9(devam) : S5 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A47	1,89	2,10	1,61	119,00	0,30	0,309	0,52	0,31	0,51	11,76	7,40	66,10
A48	1,90	1,30	1,61	118,00	0,30	0,342	0,47	0,33	0,52	11,18	7,40	66,20
A49	1,89	1,20	1,64	120,00	0,10	0,344	0,49	0,33	0,51	11,46	7,50	66,20
B1	1,90	1,00	2,01	139,00	-0,60	0,151	0,60	0,27	0,44	16,24	7,40	66,20
B2	1,87	0,50	1,98	140,00	-0,80	0,224	0,59	0,27	0,46	15,15	7,60	66,30
B3	1,86	0,20	1,98	134,00	-0,40	0,289	0,51	0,33	0,47	13,90	7,30	66,10
B4	1,85	0,10	2,00	145,00	-1,40	0,306	0,55	0,28	0,45	16,02	6,70	65,50
B5	1,86	0,40	2,00	151,00	-2,00	0,269	0,55	0,24	0,44	16,71	6,20	65,10
B6	1,88	1,80	2,03	155,00	-2,10	0,260	0,56	0,24	0,42	17,80	5,70	64,60
B7	1,90	1,10	1,94	143,00	-1,70	0,228	0,56	0,25	0,43	16,96	5,50	64,40
B8	1,90	1,10	1,85	128,00	-0,50	0,231	0,51	0,33	0,47	14,07	5,90	64,70
B9	1,90	0,80	1,83	123,00	0,00	0,235	0,49	0,35	0,48	13,23	5,90	64,70
B10	1,92	0,80	1,75	117,00	0,50	0,282	0,50	0,37	0,50	12,39	6,10	64,90
B11	1,93	0,60	1,67	113,00	1,00	0,257	0,49	0,36	0,50	11,92	6,40	65,10
B12	1,91	0,50	1,57	108,00	1,50	0,242	0,48	0,37	0,52	11,24	6,90	65,60
B13	1,91	1,20	1,60	110,00	1,30	0,247	0,50	0,35	0,52	11,03	6,80	65,50
B14	1,93	1,00	1,50	108,00	1,50	0,258	0,50	0,35	0,53	10,28	6,50	65,20
B15	1,90	0,80	1,46	106,00	1,60	0,260	0,50	0,38	0,54	10,15	6,50	65,30
B16	1,88	0,90	1,52	109,00	1,30	0,272	0,51	0,36	0,53	10,60	6,40	65,20

Çizelge B.10 : S5 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

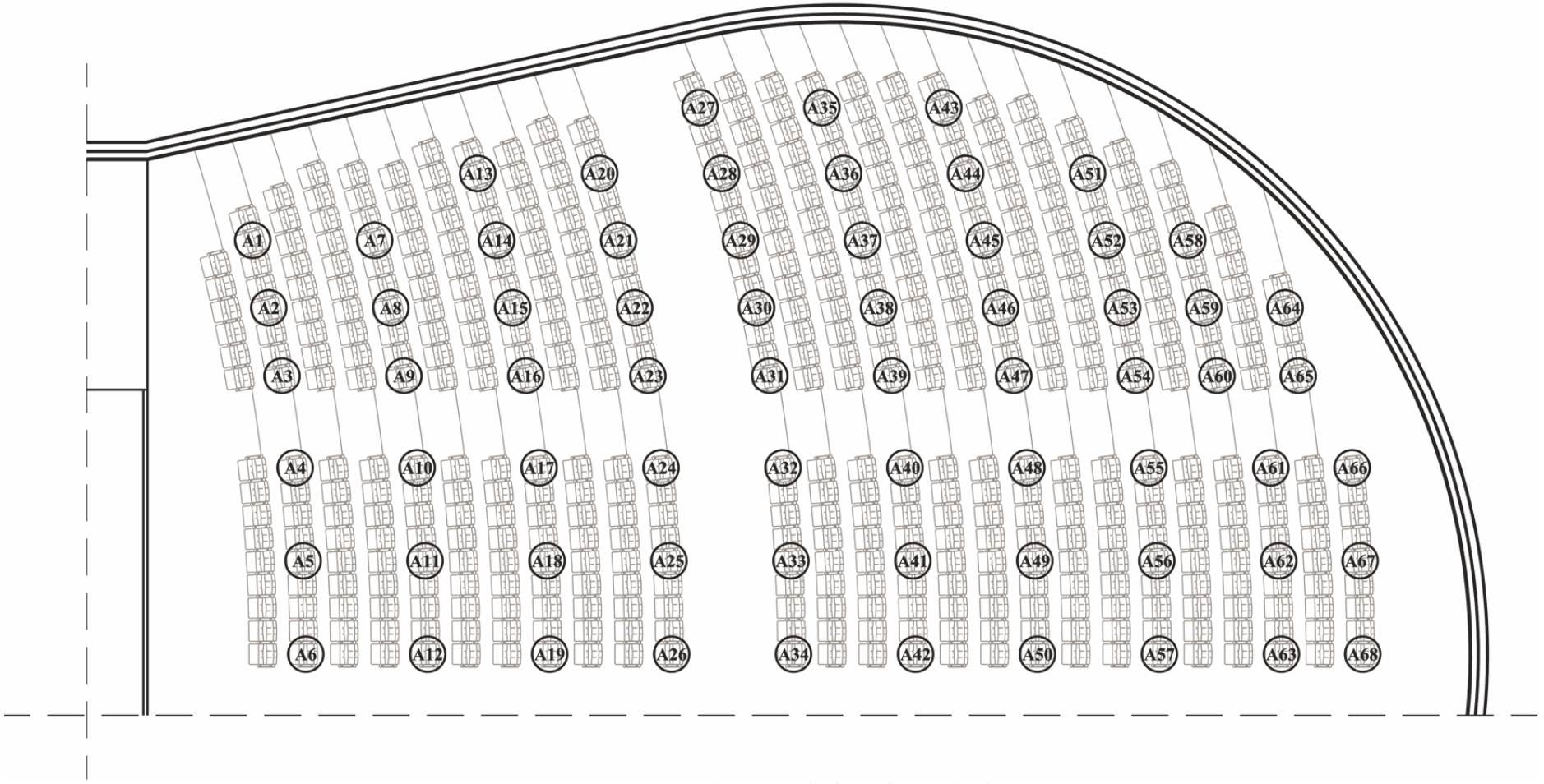
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,63	0,60	1,65	104,00	1,80	0,272	0,51	0,44	0,50	12,21	8,80	67,70
A2	1,62	0,60	1,63	102,00	2,20	0,265	0,47	0,49	0,53	10,67	9,20	68,10
A3	1,63	0,40	1,69	105,00	1,90	0,255	0,49	0,43	0,50	12,12	9,00	68,00
A4	1,64	0,30	1,68	103,00	2,10	0,236	0,55	0,44	0,50	12,41	8,70	67,70
A5	1,65	0,30	1,64	99,00	2,70	0,273	0,58	0,45	0,52	11,04	8,90	67,90
A6	1,63	0,60	1,60	103,00	1,90	0,266	0,48	0,44	0,50	11,93	8,60	67,50
A7	1,62	0,40	1,60	105,00	1,80	0,242	0,47	0,44	0,52	10,86	9,00	67,90
A8	1,62	0,40	1,63	108,00	1,60	0,198	0,50	0,41	0,51	11,53	8,90	67,80
A9	1,62	0,20	1,61	107,00	1,50	0,184	0,56	0,39	0,50	11,94	8,50	67,50
A10	1,65	0,20	1,59	105,00	2,00	0,190	0,56	0,41	0,52	10,87	8,60	67,60
A11	1,62	0,70	1,58	105,00	1,80	0,257	0,51	0,42	0,51	11,90	8,30	67,20
A12	1,61	0,60	1,57	103,00	1,60	0,252	0,48	0,44	0,52	11,19	8,30	67,20
A13	1,60	0,70	1,65	111,00	1,00	0,208	0,47	0,42	0,52	11,13	8,40	67,30
A14	1,60	0,40	1,66	112,00	0,80	0,202	0,47	0,39	0,51	11,62	8,50	67,40
A15	1,62	0,20	1,60	111,00	0,80	0,158	0,47	0,39	0,50	11,97	8,20	67,10
A16	1,63	0,10	1,60	112,00	0,70	0,147	0,51	0,38	0,50	12,33	8,00	67,00
A17	1,60	0,60	1,70	116,00	0,60	0,226	0,53	0,35	0,48	13,25	7,70	66,60
A18	1,60	0,70	1,75	119,00	0,20	0,225	0,48	0,36	0,49	12,96	7,70	66,60
A19	1,57	0,20	1,74	121,00	-0,30	0,196	0,53	0,38	0,50	12,36	8,10	67,00
A20	1,59	0,10	1,72	124,00	-0,70	0,190	0,53	0,33	0,48	13,40	7,90	66,80
A21	1,61	0,20	1,67	122,00	-0,50	0,171	0,51	0,34	0,48	13,61	7,70	66,60
A22	1,63	0,30	1,68	124,00	-0,70	0,139	0,50	0,35	0,47	14,09	7,50	66,40
A23	1,64	1,80	1,65	119,00	-0,10	0,161	0,54	0,33	0,48	13,77	7,30	66,10

Çizelge B.10(devam) : S5 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A24	1,61	0,40	1,68	122,00	-0,60	0,211	0,53	0,32	0,47	13,94	7,30	66,10
A25	1,59	0,70	1,67	126,00	-1,30	0,184	0,54	0,31	0,48	13,77	7,60	66,40
A26	1,61	0,70	1,65	126,00	-1,30	0,175	0,55	0,31	0,47	14,10	7,60	66,50
A27	1,63	0,50	1,62	121,00	-0,60	0,171	0,51	0,34	0,48	13,32	7,60	66,50
A28	1,62	0,40	1,61	120,00	-0,40	0,169	0,51	0,33	0,48	13,23	7,60	66,50
A29	1,63	1,40	1,53	116,00	-0,10	0,183	0,50	0,33	0,48	13,83	6,20	65,10
A30	1,60	0,40	1,58	123,00	-0,90	0,217	0,55	0,28	0,46	14,57	6,40	65,30
A31	1,62	0,70	1,54	122,00	-1,10	0,187	0,55	0,28	0,47	14,36	6,90	65,80
A32	1,61	0,50	1,55	125,00	-1,40	0,174	0,55	0,28	0,46	14,64	6,70	65,60
A33	1,61	0,30	1,52	122,00	-0,90	0,203	0,54	0,29	0,47	14,54	6,70	65,60
A34	1,61	0,20	1,48	118,00	-0,30	0,201	0,53	0,30	0,48	13,40	6,90	65,80
A35	1,56	0,60	1,55	107,00	0,60	0,250	0,49	0,38	0,50	12,05	6,50	65,40
A36	1,61	0,40	1,44	110,00	0,20	0,229	0,53	0,31	0,49	12,77	6,50	65,40
A37	1,61	0,80	1,45	118,00	-0,70	0,217	0,56	0,28	0,47	13,90	6,60	65,50
A38	1,59	1,30	1,41	117,00	-0,60	0,227	0,59	0,25	0,48	13,57	6,80	65,70
A39	1,60	0,50	1,37	113,00	0,00	0,257	0,57	0,27	0,49	13,06	6,70	65,70
A40	1,61	0,20	1,34	110,00	0,20	0,258	0,53	0,31	0,49	12,55	6,90	65,80
A41	1,56	1,00	1,31	96,00	1,70	0,306	0,50	0,39	0,53	10,51	6,30	65,20
A42	1,54	0,40	1,37	104,00	1,00	0,299	0,51	0,34	0,53	10,76	6,80	65,60
A43	1,54	0,30	1,34	106,00	0,80	0,314	0,52	0,30	0,52	11,20	6,90	65,80
A44	1,57	0,30	1,29	103,00	1,10	0,336	0,50	0,33	0,54	10,03	6,90	65,80
A45	1,59	0,30	1,27	102,00	1,10	0,341	0,50	0,35	0,55	9,63	6,90	65,90
A46	1,52	1,10	1,33	100,00	1,40	0,307	0,52	0,37	0,54	10,25	6,50	65,30

Çizelge B.10(devam) : S5 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A47	1,48	0,90	1,37	105,00	1,00	0,336	0,52	0,34	0,54	10,10	6,70	65,50
A48	1,50	1,10	1,31	103,00	1,00	0,363	0,47	0,36	0,55	9,59	6,70	65,60
A49	1,55	0,40	1,24	100,00	1,30	0,368	0,49	0,37	0,55	9,40	6,70	65,50
B1	1,73	1,10	1,55	96,00	2,30	0,166	0,55	0,42	0,53	10,40	8,30	67,10
B2	1,80	5,00	1,55	101,00	1,90	0,232	0,54	0,42	0,54	10,00	8,00	66,80
B3	1,65	1,50	1,58	103,00	1,60	0,298	0,49	0,42	0,54	10,18	7,60	66,50
B4	1,61	1,20	1,63	116,00	0,50	0,345	0,55	0,35	0,50	12,05	6,80	65,60
B5	1,63	0,80	1,66	124,00	-0,40	0,301	0,56	0,32	0,48	13,28	6,00	64,90
B6	1,69	0,90	1,69	129,00	-0,80	0,252	0,53	0,29	0,47	14,40	5,40	64,40
B7	1,65	0,70	1,55	110,00	0,20	0,246	0,52	0,36	0,50	12,41	5,50	64,50
B8	1,63	0,50	1,43	101,00	1,20	0,264	0,49	0,42	0,52	10,88	5,90	64,80
B9	1,64	0,60	1,43	107,00	0,80	0,261	0,51	0,37	0,51	11,82	5,40	64,30
B10	1,65	0,50	1,37	101,00	1,30	0,302	0,51	0,38	0,52	10,89	5,60	64,50
B11	1,70	1,50	1,31	99,00	1,70	0,279	0,48	0,37	0,54	10,22	5,80	64,70
B12	1,83	7,90	1,22	94,00	2,30	0,242	0,48	0,40	0,55	9,65	6,40	65,20
B13	1,73	4,80	1,19	97,00	1,90	0,245	0,51	0,36	0,55	9,64	6,00	64,90
B14	1,69	2,00	1,21	98,00	1,90	0,259	0,52	0,35	0,56	9,24	5,70	64,50
B15	1,65	1,30	1,27	98,00	1,70	0,276	0,52	0,38	0,55	9,41	5,50	64,40
B16	1,64	1,20	1,27	100,00	1,50	0,284	0,53	0,35	0,54	9,90	5,40	64,30



Şekil B.13 : S6 salonu zemin kat alıcı noktaları.

Çizelge B.11 : S6 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,89	0,20	2,02	121,00	0,90	0,311	0,48	0,41	0,50	12,14	9,20	68,00
A2	1,88	0,40	2,04	126,00	0,70	0,229	0,53	0,39	0,49	13,10	9,00	67,80
A3	1,88	0,70	2,01	122,00	1,20	0,272	0,49	0,42	0,50	12,40	9,50	68,40
A4	1,86	0,80	2,04	130,00	0,50	0,203	0,54	0,34	0,45	15,44	9,30	68,20
A5	1,87	0,70	1,99	123,00	1,20	0,274	0,59	0,34	0,47	14,52	9,40	68,30
A6	1,87	0,30	2,04	126,00	0,70	0,217	0,69	0,34	0,46	15,14	9,20	68,10
A7	1,86	0,30	2,00	129,00	0,20	0,297	0,55	0,35	0,47	14,05	8,60	67,40
A8	1,87	0,40	1,98	133,00	0,00	0,307	0,55	0,32	0,46	14,90	8,50	67,40
A9	1,88	0,50	2,01	132,00	0,20	0,272	0,54	0,33	0,46	15,00	8,90	67,70
A10	1,85	0,30	2,05	141,00	-0,60	0,201	0,59	0,27	0,43	17,19	8,60	67,50
A11	1,87	0,20	2,05	140,00	-0,60	0,181	0,63	0,25	0,43	17,02	8,30	67,20
A12	1,87	0,20	2,07	141,00	-0,70	0,178	0,63	0,26	0,43	17,06	8,20	67,10
A13	1,85	0,60	1,97	131,00	-0,10	0,286	0,53	0,32	0,47	14,51	8,50	67,30
A14	1,88	0,30	1,96	132,00	-0,20	0,274	0,53	0,32	0,46	14,87	8,20	67,10
A15	1,90	0,40	1,98	138,00	-0,60	0,251	0,54	0,30	0,45	15,93	8,10	67,00
A16	1,90	0,40	1,94	134,00	-0,20	0,226	0,58	0,30	0,46	14,89	8,70	67,50
A17	1,88	0,20	1,99	139,00	-0,70	0,199	0,57	0,29	0,44	16,72	8,50	67,40
A18	1,88	0,10	2,00	141,00	-1,00	0,146	0,57	0,28	0,43	16,99	8,10	66,90
A19	1,88	0,10	2,01	142,00	-1,10	0,139	0,61	0,27	0,43	17,18	8,00	66,90
A20	1,88	0,30	1,97	136,00	-0,50	0,273	0,53	0,31	0,46	15,09	8,10	66,90
A21	1,87	0,20	1,96	138,00	-0,80	0,245	0,55	0,29	0,45	15,73	8,10	66,90
A22	1,88	0,20	1,95	141,00	-1,20	0,225	0,58	0,27	0,44	16,29	8,10	67,00
A23	1,90	0,20	1,97	145,00	-1,60	0,216	0,51	0,27	0,44	16,44	8,20	67,00

Çizelge B.11(devam) : S6 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A24	1,90	0,30	1,96	147,00	-1,70	0,192	0,55	0,25	0,42	18,05	8,20	67,00
A25	1,88	0,50	2,00	151,00	-1,90	0,170	0,57	0,23	0,41	19,31	7,90	66,80
A26	1,88	0,40	2,05	155,00	-2,30	0,145	0,58	0,22	0,41	19,46	7,70	66,60
A27	1,91	0,50	1,92	134,00	-0,70	0,199	0,54	0,30	0,46	14,88	8,00	66,80
A28	1,89	0,30	1,92	135,00	-0,80	0,230	0,56	0,29	0,46	15,21	7,70	66,60
A29	1,87	0,30	1,95	143,00	-1,50	0,244	0,53	0,25	0,44	16,71	7,50	66,40
A30	1,89	0,30	1,93	146,00	-1,90	0,229	0,54	0,24	0,43	17,17	7,60	66,40
A31	1,89	0,50	1,94	147,00	-1,90	0,212	0,53	0,25	0,43	17,17	7,90	66,70
A32	1,88	0,50	1,93	149,00	-2,10	0,205	0,52	0,24	0,42	18,07	7,90	66,70
A33	1,87	0,50	1,93	146,00	-1,70	0,189	0,54	0,25	0,43	17,63	7,90	66,70
A34	1,89	0,40	1,95	151,00	-2,20	0,178	0,58	0,22	0,41	19,30	7,60	66,40
A35	1,90	0,70	1,86	135,00	-0,90	0,223	0,59	0,26	0,45	15,88	7,00	65,80
A36	1,89	0,40	1,88	136,00	-1,20	0,216	0,52	0,28	0,45	15,46	6,70	65,60
A37	1,88	0,20	1,89	141,00	-1,70	0,199	0,55	0,25	0,44	16,34	6,70	65,60
A38	1,88	0,20	1,88	142,00	-1,90	0,195	0,56	0,24	0,43	16,98	6,90	65,80
A39	1,88	0,40	1,90	145,00	-2,10	0,178	0,56	0,23	0,43	17,30	7,30	66,10
A40	1,88	0,30	1,87	143,00	-1,90	0,181	0,54	0,25	0,44	16,84	7,50	66,30
A41	1,89	0,20	1,80	140,00	-1,90	0,175	0,54	0,24	0,43	17,14	7,30	66,10
A42	1,90	0,20	1,77	140,00	-1,80	0,167	0,54	0,21	0,43	17,31	7,30	66,20
A43	1,92	0,60	1,75	121,00	0,00	0,283	0,53	0,34	0,48	13,27	6,80	65,60
A44	1,91	0,30	1,76	126,00	-0,50	0,261	0,52	0,31	0,47	13,86	6,60	65,40
A45	1,89	0,20	1,79	136,00	-1,50	0,207	0,56	0,24	0,44	16,25	6,40	65,20
A46	1,88	0,20	1,78	136,00	-1,60	0,197	0,56	0,24	0,44	16,29	6,70	65,60

Çizelge B.11(devam) : S6 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A47	1,89	0,50	1,78	139,00	-1,90	0,186	0,56	0,22	0,43	17,01	7,00	65,80
A48	1,91	0,40	1,75	138,00	-1,90	0,199	0,54	0,22	0,44	16,69	7,20	66,00
A49	1,90	0,30	1,73	139,00	-1,90	0,204	0,55	0,21	0,44	16,74	6,90	65,70
A50	1,91	0,30	1,70	136,00	-1,70	0,196	0,53	0,20	0,44	16,16	7,00	65,80
A51	1,91	0,80	1,65	112,00	0,70	0,281	0,49	0,38	0,51	11,76	6,70	65,50
A52	1,92	0,50	1,62	115,00	0,40	0,303	0,48	0,35	0,50	11,93	6,60	65,50
A53	1,93	0,40	1,58	118,00	0,10	0,309	0,50	0,32	0,50	12,25	6,90	65,70
A54	1,93	0,40	1,54	119,00	0,10	0,286	0,50	0,30	0,50	11,93	7,40	66,20
A55	1,92	0,40	1,55	123,00	-0,30	0,293	0,54	0,27	0,51	11,91	7,30	66,10
A56	1,93	0,70	1,57	124,00	-0,30	0,269	0,53	0,25	0,51	11,90	7,00	65,90
A57	1,91	0,30	1,54	123,00	-0,30	0,287	0,52	0,25	0,51	11,65	7,10	65,90
A58	1,91	0,70	1,50	105,00	1,40	0,294	0,51	0,40	0,53	10,68	6,80	65,70
A59	1,93	0,50	1,44	104,00	1,50	0,308	0,51	0,40	0,54	10,24	7,20	66,00
A60	1,92	0,50	1,46	110,00	1,10	0,301	0,51	0,35	0,52	10,99	7,40	66,20
A61	1,89	0,30	1,39	107,00	1,50	0,308	0,53	0,35	0,54	10,14	7,40	66,20
A62	1,90	0,40	1,34	105,00	1,70	0,303	0,52	0,35	0,55	9,52	7,30	66,10
A63	1,90	0,40	1,30	104,00	1,70	0,289	0,51	0,34	0,56	9,18	7,40	66,20
A64	1,93	1,40	1,38	100,00	2,10	0,299	0,54	0,41	0,54	9,88	7,20	66,00
A65	1,94	1,50	1,37	101,00	2,00	0,302	0,51	0,39	0,55	9,66	7,50	66,20
A66	1,87	0,60	1,28	100,00	2,10	0,309	0,53	0,39	0,56	9,08	7,20	65,90
A67	1,90	0,40	1,20	99,00	2,30	0,309	0,55	0,36	0,58	8,38	7,20	66,00
A68	1,93	0,70	1,17	97,00	2,60	0,305	0,52	0,38	0,58	8,25	7,40	66,20

Çizelge B.12 : S6 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

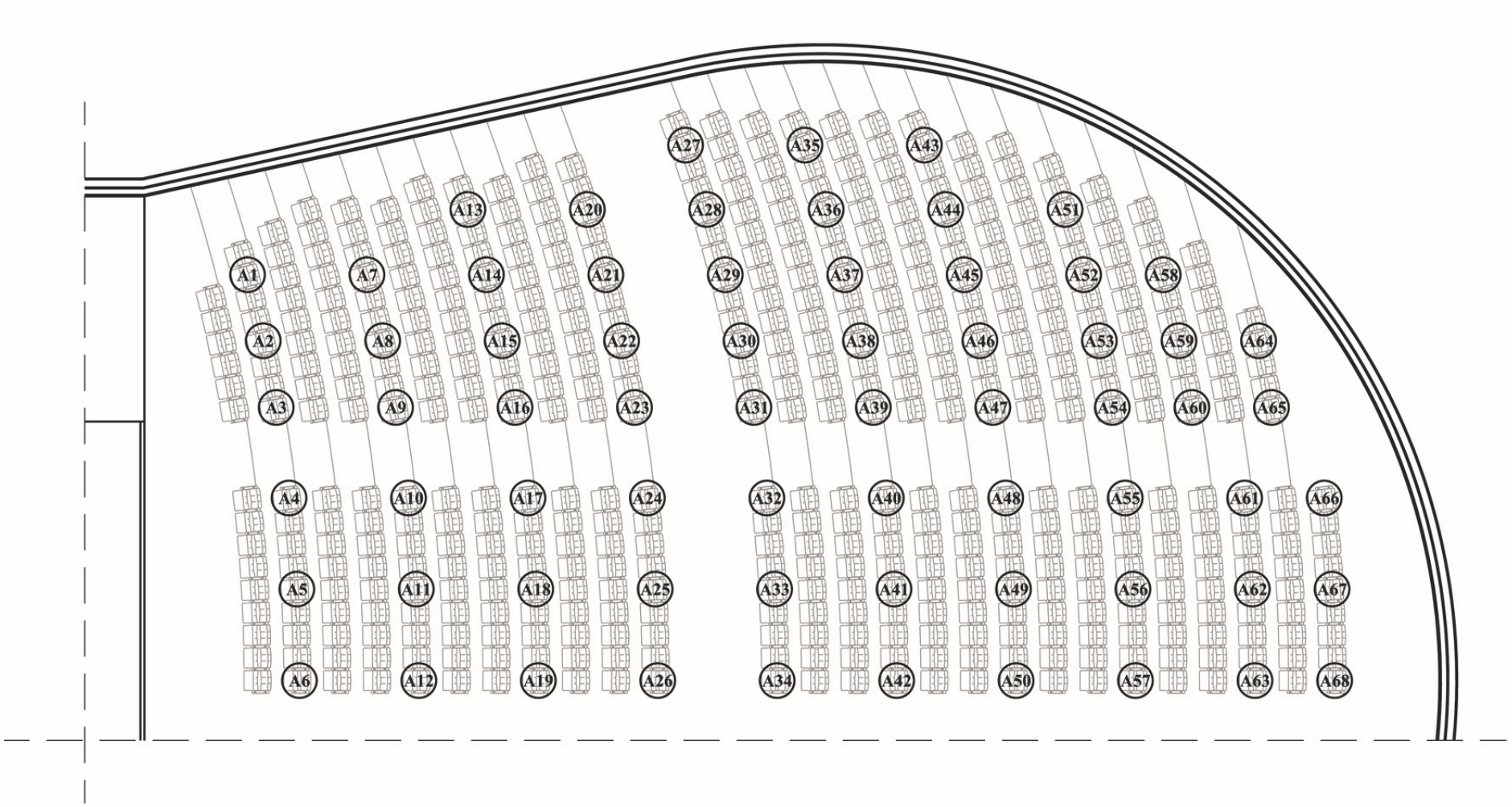
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,57	0,50	1,54	92,00	2,30	0,287	0,48	0,53	0,55	9,58	9,00	67,90
A2	1,58	0,40	1,57	98,00	1,90	0,224	0,48	0,49	0,53	10,54	8,70	67,60
A3	1,59	0,50	1,56	94,00	2,60	0,276	0,43	0,52	0,54	9,83	9,30	68,20
A4	1,59	0,80	1,61	103,00	1,70	0,217	0,51	0,41	0,49	12,65	9,00	67,90
A5	1,58	0,50	1,51	95,00	2,70	0,273	0,53	0,43	0,51	11,60	9,20	68,20
A6	1,58	0,40	1,56	97,00	2,30	0,220	0,60	0,44	0,50	12,15	9,00	68,00
A7	1,57	0,40	1,48	95,00	2,20	0,276	0,47	0,50	0,54	9,96	8,70	67,70
A8	1,58	0,30	1,51	100,00	1,80	0,277	0,48	0,47	0,53	10,34	8,50	67,50
A9	1,58	0,30	1,52	99,00	1,90	0,235	0,45	0,47	0,53	10,32	9,00	67,90
A10	1,61	0,60	1,63	110,00	0,70	0,189	0,53	0,37	0,48	13,24	8,40	67,40
A11	1,58	0,30	1,62	109,00	0,80	0,175	0,51	0,35	0,48	13,55	8,10	67,10
A12	1,58	0,10	1,65	111,00	0,60	0,167	0,50	0,36	0,48	13,31	7,90	66,90
A13	1,58	0,60	1,52	103,00	1,30	0,299	0,49	0,43	0,51	11,65	8,20	67,10
A14	1,58	0,20	1,52	105,00	1,10	0,284	0,48	0,41	0,50	11,99	7,80	66,80
A15	1,57	0,20	1,58	110,00	0,50	0,262	0,48	0,39	0,49	12,95	7,60	66,60
A16	1,58	0,20	1,49	104,00	1,20	0,232	0,49	0,41	0,52	11,29	8,50	67,40
A17	1,60	0,50	1,60	112,00	0,30	0,195	0,48	0,37	0,48	13,31	8,00	67,00
A18	1,59	0,30	1,62	116,00	-0,20	0,154	0,49	0,35	0,47	13,92	7,60	66,60
A19	1,58	0,10	1,65	118,00	-0,40	0,132	0,52	0,34	0,48	13,59	7,40	66,50
A20	1,64	3,00	1,53	107,00	0,90	0,283	0,53	0,39	0,50	12,26	7,70	66,60
A21	1,63	1,10	1,56	110,00	0,60	0,250	0,49	0,37	0,49	12,77	7,60	66,50
A22	1,57	0,60	1,57	113,00	0,30	0,226	0,53	0,35	0,49	13,11	7,60	66,60
A23	1,56	0,60	1,59	116,00	0,00	0,213	0,49	0,37	0,49	12,73	7,80	66,70

Çizelge B.12(devam) : S6 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

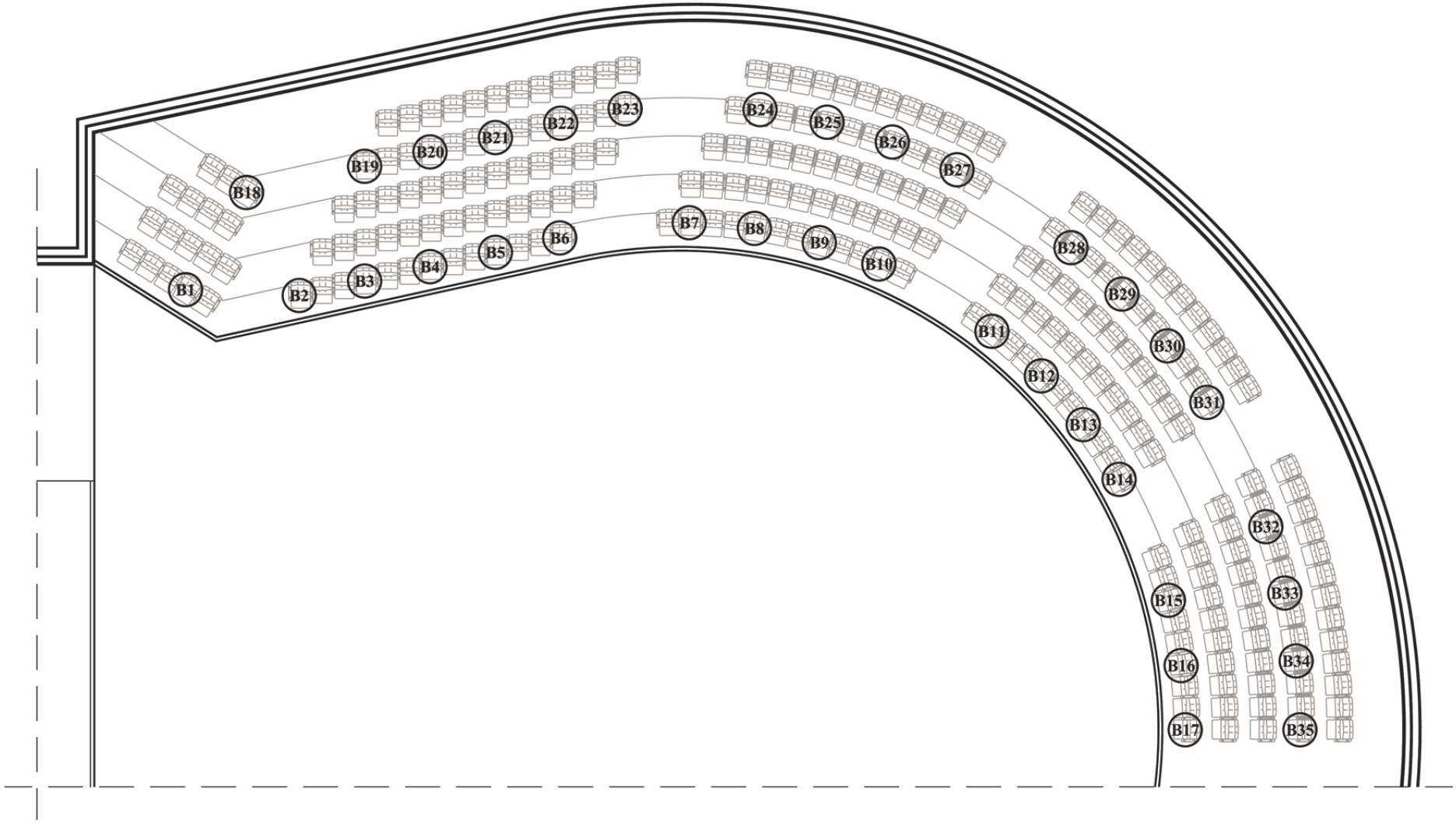
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A24	1,57	0,50	1,61	122,00	-0,60	0,190	0,50	0,31	0,46	14,78	7,70	66,60
A25	1,60	1,40	1,63	124,00	-0,70	0,179	0,51	0,29	0,45	15,52	7,50	66,40
A26	1,62	0,60	1,65	127,00	-1,10	0,158	0,52	0,30	0,46	15,13	7,30	66,30
A27	1,63	2,20	1,50	106,00	0,80	0,184	0,53	0,39	0,50	12,02	7,60	66,50
A28	1,58	0,70	1,48	104,00	0,90	0,220	0,51	0,38	0,50	11,92	7,40	66,30
A29	1,58	0,60	1,52	111,00	0,20	0,227	0,51	0,36	0,49	12,76	7,20	66,10
A30	1,56	0,80	1,56	117,00	-0,20	0,223	0,53	0,33	0,48	13,57	7,20	66,10
A31	1,55	1,40	1,54	116,00	-0,10	0,205	0,52	0,33	0,48	13,63	7,60	66,50
A32	1,55	1,00	1,53	120,00	-0,60	0,199	0,51	0,31	0,46	14,75	7,60	66,40
A33	1,59	1,30	1,54	119,00	-0,50	0,198	0,49	0,33	0,47	14,39	7,40	66,30
A34	1,61	1,20	1,59	124,00	-0,90	0,179	0,52	0,29	0,46	15,12	7,10	66,00
A35	1,57	1,00	1,51	110,00	0,40	0,251	0,56	0,34	0,49	12,87	6,40	65,30
A36	1,59	0,70	1,47	110,00	0,30	0,235	0,53	0,34	0,49	12,93	6,20	65,20
A37	1,58	0,30	1,47	115,00	-0,20	0,223	0,57	0,30	0,47	13,88	6,20	65,20
A38	1,57	0,40	1,47	116,00	-0,20	0,220	0,58	0,29	0,47	14,10	6,40	65,40
A39	1,57	0,50	1,47	116,00	-0,40	0,181	0,53	0,29	0,47	14,02	6,80	65,70
A40	1,56	0,70	1,43	116,00	-0,50	0,201	0,50	0,30	0,47	13,96	6,90	65,80
A41	1,57	0,80	1,44	117,00	-0,70	0,201	0,50	0,31	0,47	14,12	6,70	65,60
A42	1,58	0,90	1,45	118,00	-0,70	0,187	0,51	0,27	0,47	13,96	6,70	65,70
A43	1,63	1,30	1,38	96,00	1,40	0,293	0,53	0,41	0,52	11,09	6,10	65,10
A44	1,60	0,50	1,37	100,00	1,10	0,264	0,55	0,38	0,51	11,61	6,10	65,10
A45	1,61	0,20	1,39	110,00	0,10	0,208	0,53	0,30	0,48	13,44	5,80	64,80
A46	1,62	0,40	1,39	110,00	-0,10	0,197	0,55	0,30	0,48	13,26	6,10	65,10

Çizelge B.12(devam) : S6 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

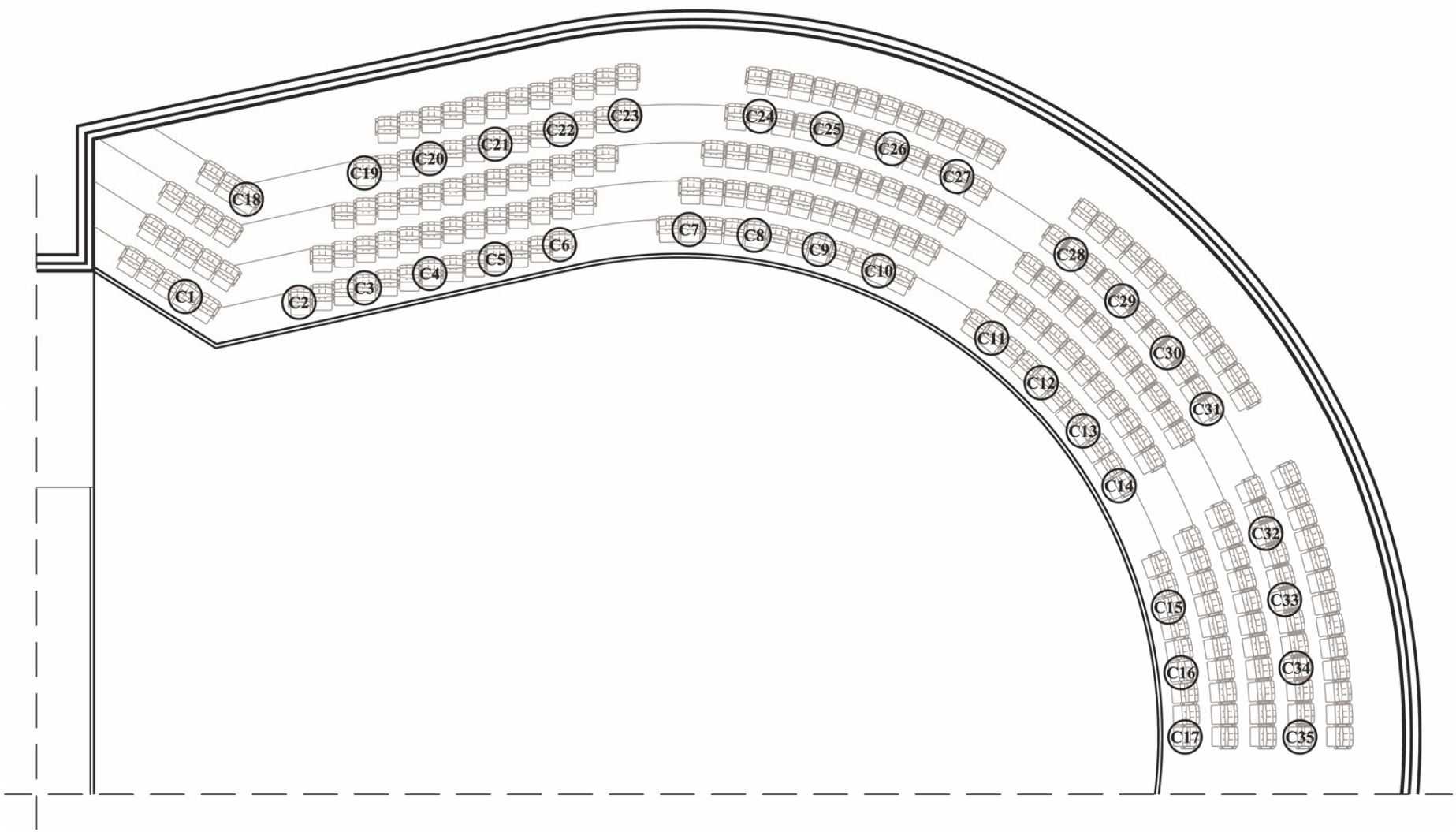
ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A47	1,59	0,60	1,41	113,00	-0,40	0,183	0,53	0,29	0,48	13,56	6,50	65,40
A48	1,59	1,10	1,36	115,00	-0,60	0,201	0,52	0,28	0,47	13,91	6,60	65,50
A49	1,60	0,70	1,36	115,00	-0,70	0,206	0,52	0,28	0,47	14,10	6,30	65,20
A50	1,61	1,10	1,34	114,00	-0,60	0,198	0,52	0,26	0,48	13,77	6,40	65,30
A51	1,59	0,70	1,28	95,00	1,60	0,302	0,48	0,42	0,53	10,49	6,00	65,00
A52	1,62	0,60	1,25	97,00	1,40	0,309	0,48	0,39	0,53	10,48	6,10	65,00
A53	1,64	1,10	1,21	100,00	1,20	0,313	0,50	0,37	0,53	10,38	6,40	65,30
A54	1,62	1,20	1,21	101,00	1,10	0,288	0,50	0,35	0,54	10,21	6,80	65,70
A55	1,62	1,10	1,20	106,00	0,50	0,300	0,54	0,31	0,54	10,12	6,70	65,60
A56	1,60	1,00	1,20	106,00	0,40	0,277	0,52	0,28	0,53	10,36	6,40	65,30
A57	1,62	1,40	1,20	107,00	0,30	0,296	0,54	0,28	0,54	10,22	6,40	65,30
A58	1,62	0,70	1,14	90,00	2,30	0,301	0,49	0,43	0,55	9,57	6,20	65,10
A59	1,63	1,20	1,10	90,00	2,30	0,324	0,51	0,42	0,56	9,15	6,50	65,40
A60	1,61	1,40	1,10	94,00	1,90	0,307	0,53	0,37	0,55	9,42	6,80	65,70
A61	1,59	1,00	1,06	93,00	2,10	0,317	0,56	0,35	0,57	8,81	6,70	65,60
A62	1,62	1,40	1,03	92,00	2,20	0,313	0,51	0,36	0,58	8,28	6,50	65,40
A63	1,71	5,10	1,01	92,00	2,20	0,298	0,52	0,35	0,58	8,07	6,60	65,50
A64	1,63	2,70	1,07	87,00	2,70	0,309	0,53	0,42	0,57	8,79	6,60	65,40
A65	1,60	3,20	1,10	89,00	2,50	0,303	0,52	0,40	0,57	8,53	7,00	65,80
A66	1,66	5,90	1,03	89,00	2,60	0,320	0,54	0,38	0,58	8,30	6,60	65,40
A67	1,55	1,60	0,96	87,00	3,00	0,309	0,54	0,38	0,60	7,55	6,60	65,50
A68	1,58	1,60	0,95	85,00	3,30	0,307	0,51	0,40	0,60	7,42	6,70	65,60



Şekil B.14 : S7 salonu zemin kat alıcı noktaları.



Şekil B.15 : S7 salonu 1. balkon katı alıcı noktaları.



Şekil B.16 : S7 salonu 2. balkon katı alıcı noktaları.

Çizelge B.13 : S7 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	2,12	0,50	2,05	121,00	0,40	0,387	0,52	0,43	0,49	12,73	6,80	65,60
A2	2,10	0,30	2,05	127,00	0,30	0,290	0,55	0,39	0,47	14,45	6,60	65,40
A3	2,10	0,50	2,10	125,00	0,90	0,252	0,53	0,40	0,47	14,13	7,00	65,80
A4	2,09	0,40	2,20	132,00	0,50	0,160	0,72	0,33	0,46	15,23	6,60	65,40
A5	2,11	0,40	2,09	118,00	1,50	0,263	0,66	0,42	0,48	13,76	6,90	65,80
A6	2,11	0,40	2,23	125,00	0,60	0,155	0,64	0,43	0,47	13,93	6,60	65,40
A7	2,12	0,20	2,03	125,00	0,30	0,296	0,51	0,40	0,48	13,66	6,30	65,10
A8	2,10	0,20	2,07	130,00	0,20	0,308	0,51	0,37	0,46	15,04	6,00	64,90
A9	2,12	0,30	2,08	128,00	0,50	0,319	0,55	0,40	0,47	14,24	6,40	65,20
A10	2,09	0,30	2,18	137,00	-0,30	0,163	0,69	0,32	0,45	15,95	6,10	64,90
A11	2,11	0,10	2,11	131,00	0,30	0,170	0,55	0,32	0,46	15,25	6,10	64,90
A12	2,10	0,10	2,18	135,00	0,00	0,135	0,66	0,34	0,46	15,17	5,80	64,70
A13	2,11	0,80	2,10	143,00	-1,30	0,319	0,58	0,31	0,44	16,34	5,50	64,30
A14	2,10	0,20	2,13	142,00	-1,00	0,292	0,54	0,30	0,44	16,52	5,30	64,20
A15	2,09	0,20	2,21	148,00	-1,50	0,264	0,56	0,30	0,43	17,09	5,00	63,90
A16	2,11	0,30	2,10	145,00	-0,90	0,244	0,70	0,28	0,44	16,50	5,80	64,60
A17	2,08	0,20	2,20	146,00	-0,90	0,213	0,55	0,31	0,42	18,28	5,60	64,40
A18	2,12	0,10	2,14	151,00	-1,60	0,127	0,69	0,24	0,42	18,17	5,10	63,90
A19	2,12	0,10	2,16	152,00	-1,40	0,134	0,71	0,23	0,42	18,18	5,10	63,90
A20	2,11	0,70	2,23	155,00	-1,90	0,270	0,62	0,27	0,42	18,69	5,10	63,90
A21	2,10	0,30	2,12	150,00	-1,60	0,238	0,74	0,25	0,41	18,89	5,20	64,00
A22	2,09	0,20	2,13	150,00	-1,70	0,238	0,74	0,26	0,42	18,21	5,40	64,20

Çizelge B.13(devam) : S7 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A23	2,06	0,30	2,21	159,00	-1,80	0,238	0,60	0,25	0,41	19,07	5,50	64,20
A24	2,07	0,30	2,15	153,00	-1,30	0,212	0,53	0,25	0,42	18,28	5,70	64,40
A25	2,15	0,50	2,15	154,00	-1,40	0,197	0,57	0,24	0,41	19,17	5,20	64,00
A26	2,12	0,80	2,25	168,00	-2,60	0,125	0,66	0,20	0,38	22,07	4,70	63,50
A27	2,17	5,20	2,36	161,00	-2,60	0,107	0,67	0,23	0,40	20,25	4,90	63,60
A28	2,17	1,70	2,21	154,00	-2,00	0,199	0,72	0,22	0,41	19,15	4,90	63,60
A29	2,12	0,10	2,10	149,00	-1,70	0,237	0,63	0,25	0,42	18,36	5,00	63,80
A30	2,11	0,30	2,08	151,00	-1,90	0,224	0,62	0,24	0,41	19,18	5,10	63,80
A31	2,07	0,70	2,10	154,00	-1,60	0,209	0,60	0,24	0,43	17,67	5,50	64,30
A32	2,09	0,90	2,08	152,00	-1,30	0,199	0,63	0,25	0,44	16,69	5,50	64,20
A33	2,15	0,20	2,01	146,00	-1,00	0,194	0,55	0,29	0,44	16,21	5,40	64,20
A34	2,14	0,20	2,06	156,00	-1,70	0,167	0,62	0,24	0,42	18,14	5,00	63,80
A35	2,20	2,10	2,00	144,00	-1,60	0,178	0,64	0,24	0,43	17,35	4,00	62,90
A36	2,15	0,50	2,05	145,00	-1,70	0,221	0,59	0,27	0,42	17,85	4,00	62,90
A37	2,14	0,20	2,05	149,00	-1,70	0,219	0,53	0,26	0,42	18,13	4,00	62,90
A38	2,12	0,10	2,02	151,00	-1,90	0,213	0,56	0,25	0,41	19,07	4,30	63,10
A39	2,14	0,60	2,03	154,00	-2,00	0,188	0,56	0,20	0,42	18,01	4,70	63,40
A40	2,12	0,30	2,02	155,00	-1,90	0,202	0,55	0,24	0,44	16,61	4,70	63,40
A41	2,12	0,20	1,98	157,00	-2,30	0,192	0,59	0,22	0,43	17,30	4,30	63,10
A42	2,11	0,20	1,94	153,00	-1,70	0,184	0,60	0,18	0,46	15,22	4,50	63,20
A43	2,17	1,60	1,90	126,00	-0,30	0,269	0,52	0,36	0,47	14,30	3,40	62,30
A44	2,16	0,80	1,97	134,00	-0,70	0,278	0,53	0,33	0,46	15,25	3,60	62,50

Çizelge B.13(devam) : S7 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A45	2,15	0,50	2,04	149,00	-1,80	0,227	0,57	0,25	0,42	18,46	3,50	62,30
A46	2,15	0,40	1,97	144,00	-1,60	0,211	0,56	0,26	0,43	17,68	4,00	62,80
A47	2,11	0,50	1,96	150,00	-1,80	0,198	0,52	0,24	0,44	16,20	4,20	63,00
A48	2,10	0,30	1,92	153,00	-2,10	0,201	0,58	0,20	0,45	15,80	4,40	63,10
A49	2,11	0,20	1,90	153,00	-2,20	0,197	0,55	0,20	0,45	15,96	4,10	62,90
A50	2,12	0,10	1,86	148,00	-1,70	0,199	0,65	0,16	0,47	14,44	4,20	63,00
A51	2,18	0,80	1,79	118,00	0,60	0,264	0,49	0,39	0,49	12,97	3,30	62,30
A52	2,19	0,80	1,83	125,00	0,10	0,266	0,51	0,36	0,48	13,67	3,60	62,50
A53	2,17	0,30	1,79	131,00	-0,50	0,277	0,51	0,32	0,47	14,43	4,00	62,90
A54	2,13	0,30	1,82	140,00	-1,20	0,281	0,54	0,26	0,47	14,43	4,20	63,00
A55	2,13	0,10	1,77	137,00	-0,90	0,301	0,54	0,28	0,50	12,47	4,40	63,30
A56	2,14	0,10	1,75	136,00	-0,70	0,259	0,51	0,25	0,50	11,98	4,30	63,20
A57	2,15	0,00	1,70	133,00	-0,50	0,283	0,56	0,25	0,52	11,32	4,50	63,30
A58	2,23	0,80	1,66	115,00	0,90	0,267	0,54	0,37	0,49	12,73	3,20	62,20
A59	2,20	0,60	1,68	120,00	0,40	0,285	0,53	0,35	0,49	12,83	3,60	62,60
A60	2,15	0,60	1,66	131,00	-0,50	0,287	0,53	0,29	0,49	12,75	4,00	62,90
A61	2,14	1,00	1,61	128,00	-0,40	0,318	0,55	0,27	0,50	12,37	4,00	62,80
A62	2,12	0,20	1,65	126,00	0,20	0,280	0,48	0,29	0,52	10,94	4,10	63,00
A63	2,12	0,40	1,65	124,00	0,60	0,287	0,49	0,28	0,54	10,02	4,00	63,00
A64	2,19	1,00	1,67	125,00	-0,20	0,296	0,59	0,30	0,47	14,31	2,70	61,60
A65	2,16	0,90	1,61	127,00	-0,50	0,323	0,53	0,28	0,48	13,18	3,40	62,30
A66	2,13	2,80	1,69	128,00	-0,20	0,298	0,53	0,29	0,50	12,51	2,90	61,80

Çizelge B.13(devam) : S7 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A67	2,12	0,70	1,64	120,00	0,80	0,281	0,54	0,32	0,54	10,07	3,10	62,10
A68	2,10	1,30	1,69	121,00	1,10	0,288	0,54	0,34	0,54	9,76	3,10	62,00
B1	2,06	0,80	2,35	137,00	0,20	0,134	0,55	0,39	0,46	14,83	4,90	63,60
B2	2,12	0,60	2,22	155,00	-1,60	0,124	0,62	0,29	0,40	20,36	4,40	63,20
B3	2,09	0,40	2,19	156,00	-1,80	0,206	0,65	0,29	0,41	19,54	4,10	62,80
B4	2,07	0,30	2,12	151,00	-1,30	0,189	0,56	0,30	0,41	18,82	4,20	62,90
B5	2,07	0,30	2,15	155,00	-1,70	0,177	0,66	0,32	0,43	17,29	3,90	62,60
B6	2,08	0,50	2,11	157,00	-2,40	0,181	0,61	0,28	0,42	17,87	3,90	62,60
B7	2,14	0,90	2,06	144,00	-1,00	0,161	0,63	0,30	0,43	17,66	3,60	62,40
B8	2,10	0,50	2,04	143,00	-1,30	0,157	0,54	0,32	0,43	17,45	3,30	62,10
B9	2,07	0,80	2,03	139,00	-0,80	0,168	0,53	0,34	0,46	15,27	3,30	62,10
B10	2,09	0,80	2,06	141,00	-0,90	0,183	0,51	0,31	0,46	15,26	3,50	62,30
B11	2,05	0,60	1,96	139,00	-0,80	0,182	0,52	0,30	0,46	15,27	3,50	62,30
B12	2,07	0,30	1,90	136,00	-0,70	0,225	0,51	0,32	0,46	14,68	3,60	62,30
B13	2,08	0,30	1,83	136,00	-0,90	0,217	0,55	0,30	0,47	14,40	3,60	62,30
B14	2,13	0,50	1,80	140,00	-1,40	0,236	0,52	0,28	0,46	14,87	3,40	62,20
B15	2,19	1,40	1,77	132,00	-0,60	0,185	0,52	0,30	0,49	13,01	3,50	62,20
B16	2,13	0,30	1,82	133,00	-0,60	0,188	0,51	0,29	0,49	12,91	3,30	62,10
B17	2,12	0,20	1,77	131,00	-0,50	0,196	0,52	0,30	0,50	12,20	3,40	62,10
B18	2,08	1,20	2,25	177,00	-2,40	0,236	0,57	0,23	0,44	16,78	3,70	62,40
B19	2,08	0,90	2,21	155,00	-1,50	0,252	0,56	0,30	0,46	15,29	4,00	62,70
B20	2,06	0,80	2,26	159,00	-2,00	0,281	0,57	0,27	0,45	16,03	3,50	62,20

Çizelge B.13(devam) : S7 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
B21	2,10	1,40	2,16	155,00	-2,00	0,284	0,60	0,25	0,44	16,26	3,40	62,10
B22	2,14	1,90	2,16	157,00	-2,50	0,301	0,62	0,26	0,44	16,14	2,90	61,70
B23	2,13	0,60	2,08	154,00	-2,40	0,292	0,57	0,25	0,44	16,50	2,70	61,50
B24	2,12	0,70	2,09	159,00	-2,40	0,275	0,73	0,18	0,43	17,69	1,90	60,80
B25	2,05	0,90	2,18	167,00	-3,30	0,385	0,56	0,18	0,43	17,77	1,40	60,20
B26	2,04	0,70	2,13	149,00	-1,70	0,276	0,62	0,27	0,44	16,64	1,90	60,70
B27	2,02	0,80	2,00	139,00	-0,80	0,210	0,49	0,32	0,47	14,40	2,40	61,20
B28	2,04	1,70	1,98	141,00	-0,80	0,179	0,53	0,29	0,46	14,73	2,20	61,00
B29	2,06	1,80	1,86	135,00	-0,20	0,186	0,55	0,31	0,49	12,67	2,50	61,30
B30	2,09	1,30	1,88	138,00	-0,40	0,184	0,54	0,29	0,49	13,03	2,40	61,10
B31	2,11	0,80	1,91	140,00	-0,80	0,205	0,56	0,27	0,48	13,78	2,30	61,00
B32	2,14	1,00	1,82	135,00	-0,80	0,201	0,55	0,29	0,47	14,08	2,30	61,10
B33	2,13	0,60	1,73	129,00	-0,40	0,187	0,55	0,28	0,49	13,01	2,40	61,20
B34	2,16	0,50	1,67	126,00	-0,10	0,174	0,54	0,30	0,50	12,14	2,40	61,20
B35	2,12	0,40	1,64	124,00	0,00	0,176	0,53	0,31	0,51	11,40	2,60	61,40
C1	2,05	0,30	2,21	158,00	-1,20	0,168	0,60	0,26	0,44	16,36	3,50	62,20
C2	2,03	0,60	2,34	177,00	-2,80	0,162	0,63	0,19	0,40	19,68	3,40	62,10
C3	2,04	0,70	2,29	176,00	-3,00	0,171	0,59	0,18	0,40	19,75	3,20	61,90
C4	2,06	0,80	2,25	174,00	-3,30	0,161	0,66	0,17	0,40	19,91	3,00	61,70
C5	2,06	1,20	2,33	182,00	-3,80	0,171	0,62	0,17	0,39	21,02	2,50	61,30
C6	2,08	2,40	2,33	167,00	-2,50	0,142	0,55	0,25	0,44	16,68	3,10	61,80
C7	2,08	1,10	2,30	171,00	-2,80	0,188	0,55	0,16	0,42	18,53	2,60	61,30

Çizelge B.13(devam) : S7 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
C8	2,12	1,30	2,19	163,00	-2,80	0,127	0,69	0,20	0,40	20,49	2,30	61,00
C9	2,12	1,50	2,08	155,00	-2,30	0,124	0,62	0,21	0,40	20,41	2,60	61,30
C10	2,12	1,10	2,05	140,00	-1,00	0,109	0,53	0,30	0,45	15,93	3,00	61,80
C11	2,14	1,10	1,94	140,00	-1,40	0,176	0,57	0,25	0,43	17,21	3,10	61,80
C12	2,15	0,70	1,84	136,00	-1,00	0,159	0,59	0,26	0,44	16,76	3,10	61,80
C13	2,14	0,50	1,82	134,00	-1,10	0,173	0,59	0,26	0,44	16,22	3,20	61,90
C14	2,12	0,50	1,79	134,00	-1,10	0,166	0,63	0,24	0,44	16,33	3,50	62,10
C15	2,14	0,30	1,68	121,00	0,50	0,165	0,58	0,26	0,49	12,63	3,70	62,30
C16	2,13	0,30	1,57	117,00	0,70	0,159	0,59	0,26	0,51	11,63	3,80	62,40
C17	2,12	0,40	1,56	120,00	0,10	0,156	0,61	0,24	0,50	12,10	3,80	62,40
C18	2,04	0,90	2,33	181,00	-3,10	0,155	0,84	0,21	0,41	19,62	2,50	61,20
C19	2,06	0,40	2,21	161,00	-2,10	0,264	0,62	0,28	0,45	15,86	3,30	62,00
C20	2,09	1,00	2,28	167,00	-2,30	0,309	0,65	0,26	0,44	16,42	2,70	61,40
C21	2,08	1,20	2,36	170,00	-2,40	0,297	0,60	0,25	0,43	17,16	2,60	61,30
C22	2,12	1,50	2,22	148,00	-0,90	0,241	0,54	0,33	0,48	13,80	3,10	61,80
C23	2,13	1,90	2,15	150,00	-1,60	0,262	0,55	0,32	0,47	14,39	2,80	61,50
C24	2,12	2,30	2,44	162,00	-2,60	0,248	0,53	0,25	0,45	15,64	1,70	60,50
C25	2,13	1,50	2,13	147,00	-1,20	0,248	0,58	0,29	0,47	13,94	1,90	60,70
C26	2,13	1,00	2,07	146,00	-1,30	0,267	0,51	0,30	0,47	13,95	1,80	60,60
C27	2,11	1,00	2,10	148,00	-1,40	0,317	0,50	0,28	0,47	14,55	2,00	60,70
C28	2,14	1,40	1,94	141,00	-1,50	0,267	0,57	0,24	0,45	15,54	2,10	60,80
C29	2,16	0,70	1,82	137,00	-1,10	0,273	0,53	0,25	0,47	14,52	1,90	60,70

Çizelge B.13(devam) : S7 salonunda konser işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
C30	2,21	0,80	1,77	136,00	-1,20	0,281	0,56	0,22	0,46	14,71	2,00	60,70
C31	2,13	0,60	1,81	141,00	-1,50	0,247	0,58	0,20	0,47	14,29	2,10	60,80
C32	2,13	0,70	1,83	131,00	-0,60	0,244	0,57	0,26	0,46	14,80	2,30	61,00
C33	2,16	0,70	1,66	122,00	0,50	0,221	0,55	0,24	0,50	12,41	2,40	61,10
C34	2,17	0,90	1,56	117,00	0,80	0,222	0,54	0,26	0,52	11,23	2,60	61,30
C35	2,14	0,90	1,55	116,00	1,00	0,226	0,53	0,27	0,52	10,80	2,70	61,40

Çizelge B.14 : S7 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A1	1,86	0,60	1,73	101,00	1,90	0,359	0,47	0,46	0,51	11,52	6,70	65,50
A2	1,87	0,50	1,70	104,00	2,20	0,277	0,55	0,43	0,52	11,14	6,50	65,40
A3	1,89	0,40	1,67	99,00	2,90	0,242	0,54	0,45	0,52	11,10	7,10	66,00
A4	1,90	0,40	1,80	107,00	2,30	0,161	0,69	0,39	0,50	12,30	6,60	65,60
A5	1,89	0,50	1,78	98,00	2,90	0,246	0,65	0,48	0,52	11,21	6,70	65,70
A6	1,87	0,50	1,89	102,00	1,90	0,143	0,60	0,49	0,52	11,27	6,30	65,30
A7	1,85	0,20	1,71	108,00	1,30	0,286	0,53	0,41	0,49	12,71	6,10	65,00
A8	1,86	0,30	1,77	113,00	1,20	0,295	0,57	0,39	0,47	13,96	5,90	64,80
A9	1,85	0,40	1,71	107,00	1,80	0,311	0,49	0,44	0,51	11,87	6,70	65,60
A10	1,89	0,30	1,79	113,00	1,00	0,178	0,63	0,37	0,49	12,97	6,30	65,20
A11	1,88	0,20	1,80	112,00	1,20	0,161	0,60	0,33	0,49	12,86	6,00	64,90
A12	1,88	0,20	1,85	114,00	0,90	0,123	0,70	0,35	0,50	12,33	5,60	64,60
A13	1,84	0,60	1,72	119,00	0,10	0,296	0,61	0,33	0,47	14,44	5,40	64,20
A14	1,85	0,20	1,77	116,00	0,60	0,309	0,62	0,34	0,47	13,90	5,40	64,30
A15	1,85	0,10	1,84	122,00	0,10	0,278	0,58	0,33	0,47	14,55	5,20	64,10
A16	1,85	0,20	1,72	117,00	0,90	0,228	0,65	0,32	0,48	13,64	6,20	65,00
A17	1,87	0,20	1,75	118,00	0,50	0,209	0,60	0,32	0,48	13,84	6,10	65,00
A18	1,87	0,20	1,73	125,00	-0,50	0,117	0,76	0,24	0,48	13,29	5,40	64,30
A19	1,87	0,20	1,75	125,00	-0,40	0,111	0,77	0,24	0,49	13,13	5,30	64,30
A20	1,80	0,60	1,84	127,00	-0,40	0,270	0,58	0,30	0,45	15,53	5,20	64,10
A21	1,81	0,20	1,81	126,00	0,00	0,232	0,74	0,27	0,46	15,18	5,40	64,30
A22	1,81	0,40	1,80	124,00	0,00	0,226	0,73	0,29	0,46	14,62	5,60	64,50

Çizelge B.14(devam) : S7 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A23	1,79	1,00	1,79	127,00	0,00	0,234	0,63	0,28	0,46	14,65	5,80	64,70
A24	1,83	0,60	1,76	127,00	0,00	0,194	0,57	0,26	0,46	14,69	5,80	64,70
A25	1,85	0,70	1,83	133,00	-0,30	0,186	0,61	0,25	0,45	15,53	5,20	64,10
A26	1,83	0,40	1,92	141,00	-1,20	0,130	0,71	0,21	0,45	16,02	4,80	63,70
A27	1,79	2,00	1,85	137,00	-1,40	0,099	0,73	0,24	0,44	16,82	4,40	63,30
A28	1,81	0,40	1,81	132,00	-0,60	0,169	0,77	0,22	0,46	14,88	4,70	63,50
A29	1,84	0,70	1,82	132,00	-0,70	0,205	0,69	0,25	0,44	16,29	5,00	63,80
A30	1,83	0,80	1,80	134,00	-0,90	0,199	0,68	0,24	0,44	16,26	5,00	63,80
A31	1,84	0,90	1,75	131,00	-0,40	0,233	0,60	0,26	0,46	15,14	5,40	64,20
A32	1,91	1,20	1,78	133,00	-0,50	0,183	0,61	0,26	0,47	14,42	5,30	64,10
A33	1,87	0,20	1,76	129,00	-0,20	0,179	0,52	0,31	0,46	14,86	5,10	64,00
A34	1,86	0,20	1,81	139,00	-0,90	0,155	0,57	0,26	0,45	16,04	4,80	63,60
A35	1,82	1,90	1,69	128,00	-0,70	0,156	0,67	0,27	0,47	14,43	3,60	62,50
A36	1,84	0,70	1,72	130,00	-0,90	0,199	0,55	0,29	0,44	16,62	3,80	62,70
A37	1,86	0,30	1,73	132,00	-0,70	0,189	0,58	0,25	0,44	16,86	3,90	62,70
A38	1,85	0,50	1,69	130,00	-0,60	0,197	0,56	0,27	0,44	16,55	4,20	63,10
A39	1,83	0,90	1,71	131,00	-0,40	0,155	0,60	0,21	0,47	14,04	4,70	63,50
A40	1,83	0,60	1,73	133,00	-0,60	0,164	0,57	0,24	0,47	13,86	4,60	63,50
A41	1,86	0,40	1,69	137,00	-1,20	0,156	0,59	0,23	0,47	14,28	4,20	63,10
A42	1,86	0,20	1,63	133,00	-0,80	0,152	0,58	0,18	0,49	12,78	4,50	63,40
A43	1,89	1,60	1,53	111,00	0,60	0,254	0,57	0,35	0,48	13,73	3,30	62,20
A44	1,87	0,40	1,55	115,00	0,40	0,239	0,57	0,33	0,47	14,13	3,60	62,50

Çizelge B.14(devam) : S7 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A45	1,85	0,40	1,63	127,00	-0,50	0,190	0,60	0,28	0,45	15,68	3,50	62,50
A46	1,84	0,40	1,62	125,00	-0,40	0,181	0,56	0,30	0,45	15,43	4,00	62,90
A47	1,85	1,30	1,64	129,00	-0,30	0,160	0,53	0,28	0,48	13,64	4,40	63,20
A48	1,83	0,90	1,63	134,00	-1,00	0,172	0,57	0,24	0,48	13,70	4,30	63,10
A49	1,85	0,30	1,59	132,00	-0,90	0,175	0,59	0,25	0,48	13,40	4,00	62,90
A50	1,87	0,20	1,55	129,00	-0,50	0,173	0,58	0,20	0,50	12,30	4,10	63,00
A51	1,86	0,90	1,42	104,00	1,20	0,266	0,55	0,39	0,50	12,17	3,00	62,00
A52	1,84	0,50	1,46	108,00	1,00	0,250	0,56	0,39	0,50	12,33	3,40	62,40
A53	1,84	0,40	1,47	115,00	0,40	0,254	0,54	0,35	0,48	13,17	3,90	62,80
A54	1,84	0,30	1,51	123,00	-0,20	0,242	0,56	0,27	0,49	13,10	4,10	63,10
A55	1,85	0,30	1,49	123,00	-0,20	0,293	0,52	0,29	0,51	11,66	4,30	63,20
A56	1,89	0,30	1,44	120,00	-0,10	0,252	0,50	0,26	0,52	11,03	4,10	63,10
A57	1,88	0,30	1,42	118,00	0,10	0,277	0,54	0,26	0,53	10,34	4,20	63,20
A58	1,86	0,70	1,42	104,00	1,20	0,273	0,54	0,39	0,50	12,12	2,70	61,70
A59	1,86	0,90	1,42	108,00	1,00	0,280	0,57	0,37	0,50	12,13	3,20	62,20
A60	1,88	1,40	1,45	117,00	0,30	0,261	0,59	0,32	0,51	11,86	3,70	62,60
A61	1,86	1,10	1,37	115,00	0,10	0,304	0,54	0,29	0,51	11,65	3,80	62,80
A62	1,86	0,40	1,35	111,00	0,70	0,281	0,50	0,32	0,54	10,16	3,80	62,80
A63	1,85	0,50	1,30	108,00	1,10	0,276	0,50	0,30	0,56	9,11	3,90	62,90
A64	1,85	1,20	1,42	109,00	0,90	0,290	0,59	0,33	0,49	12,92	2,20	61,30
A65	1,83	2,90	1,40	113,00	0,60	0,318	0,55	0,31	0,50	12,35	2,90	61,90
A66	1,87	3,30	1,40	112,00	0,60	0,297	0,55	0,29	0,51	11,37	2,70	61,70

Çizelge B.14(devam) : S7 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
A67	1,84	1,40	1,26	105,00	1,50	0,289	0,54	0,33	0,56	9,23	3,00	62,00
A68	1,85	1,10	1,23	103,00	1,80	0,293	0,54	0,36	0,57	8,63	2,90	61,90
B1	1,87	0,30	1,91	109,00	1,70	0,124	0,58	0,43	0,49	13,04	5,30	64,10
B2	1,82	0,70	1,84	114,00	1,10	0,142	0,66	0,39	0,47	14,05	5,50	64,30
B3	1,79	0,80	1,78	114,00	0,90	0,178	0,63	0,39	0,47	14,00	5,40	64,20
B4	1,77	5,40	1,91	122,00	0,70	0,189	0,63	0,37	0,46	15,09	4,90	63,60
B5	1,79	2,10	1,91	130,00	0,20	0,207	0,59	0,36	0,47	14,05	4,00	62,80
B6	1,77	1,90	1,90	133,00	-0,20	0,190	0,56	0,36	0,47	13,87	4,00	62,80
B7	1,82	0,20	1,65	120,00	0,70	0,178	0,61	0,34	0,50	12,03	3,90	62,70
B8	1,83	0,00	1,65	122,00	0,10	0,204	0,49	0,36	0,50	12,26	3,50	62,30
B9	1,84	0,10	1,65	122,00	0,10	0,206	0,55	0,35	0,50	12,15	3,20	62,00
B10	1,84	0,10	1,63	127,00	-0,70	0,195	0,56	0,30	0,49	13,16	3,10	61,90
B11	1,97	0,90	1,62	127,00	-0,80	0,191	0,53	0,28	0,47	14,02	2,90	61,70
B12	2,00	1,80	1,58	119,00	0,00	0,198	0,52	0,35	0,49	13,00	3,10	62,00
B13	1,99	1,40	1,53	120,00	-0,40	0,195	0,55	0,33	0,48	13,23	3,10	61,90
B14	1,89	0,40	1,53	125,00	-1,10	0,205	0,54	0,29	0,47	14,14	3,10	61,90
B15	1,90	1,10	1,46	120,00	-0,70	0,180	0,52	0,30	0,49	12,95	3,20	62,00
B16	1,92	0,60	1,47	122,00	-0,90	0,174	0,54	0,27	0,48	13,43	3,00	61,80
B17	1,89	0,20	1,47	120,00	-0,80	0,184	0,55	0,28	0,49	13,06	2,90	61,70
B18	1,82	0,60	1,83	126,00	0,70	0,219	0,50	0,39	0,53	10,41	4,90	63,60
B19	1,78	0,70	1,77	120,00	-0,10	0,247	0,59	0,40	0,51	11,36	5,20	63,90
B20	1,76	0,50	1,89	129,00	-0,70	0,315	0,53	0,34	0,49	12,72	4,10	62,90

Çizelge B.14(devam) : S7 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
B21	1,76	0,40	1,92	132,00	-0,90	0,318	0,55	0,33	0,48	13,18	3,60	62,40
B22	1,76	1,30	1,93	136,00	-1,30	0,340	0,56	0,32	0,47	13,89	3,00	61,80
B23	1,79	0,90	1,88	131,00	-0,90	0,335	0,55	0,31	0,48	13,72	2,80	61,60
B24	1,81	5,00	1,87	152,00	-2,10	0,321	0,74	0,16	0,45	15,94	1,30	60,30
B25	1,86	2,40	1,85	149,00	-2,20	0,383	0,56	0,21	0,45	15,77	1,10	60,10
B26	1,88	2,00	1,77	131,00	-0,90	0,292	0,61	0,29	0,45	15,55	1,50	60,40
B27	1,89	1,80	1,70	127,00	-0,60	0,219	0,54	0,30	0,46	15,26	1,80	60,70
B28	1,95	0,60	1,64	126,00	-0,40	0,175	0,54	0,30	0,47	14,46	1,80	60,70
B29	1,92	0,50	1,56	120,00	0,30	0,183	0,55	0,32	0,50	12,23	2,10	61,00
B30	1,90	3,00	1,58	122,00	0,10	0,168	0,51	0,31	0,49	12,64	2,00	60,90
B31	1,87	0,70	1,56	122,00	-0,40	0,182	0,55	0,29	0,48	13,51	2,10	60,90
B32	1,88	0,80	1,46	114,00	0,10	0,179	0,55	0,34	0,50	12,19	2,20	61,10
B33	1,88	0,80	1,45	114,00	0,20	0,162	0,55	0,31	0,50	12,45	2,00	60,90
B34	1,85	0,30	1,45	114,00	0,20	0,167	0,55	0,31	0,50	12,30	2,10	61,00
B35	1,86	0,50	1,38	111,00	0,40	0,165	0,55	0,32	0,52	11,26	2,20	61,10
C1	1,84	0,60	1,79	118,00	1,30	0,138	0,54	0,40	0,52	11,07	4,80	63,60
C2	1,83	0,30	1,96	146,00	-1,40	0,141	0,56	0,28	0,45	15,86	3,70	62,40
C3	1,82	0,20	1,95	143,00	-1,30	0,150	0,53	0,31	0,46	14,67	3,50	62,30
C4	1,81	0,50	1,98	147,00	-1,40	0,138	0,52	0,29	0,46	15,27	3,10	61,90
C5	1,81	0,60	1,94	139,00	-0,90	0,117	0,54	0,35	0,48	13,46	3,20	62,00
C6	1,83	2,80	1,98	139,00	-0,70	0,149	0,51	0,36	0,48	13,34	3,30	62,10

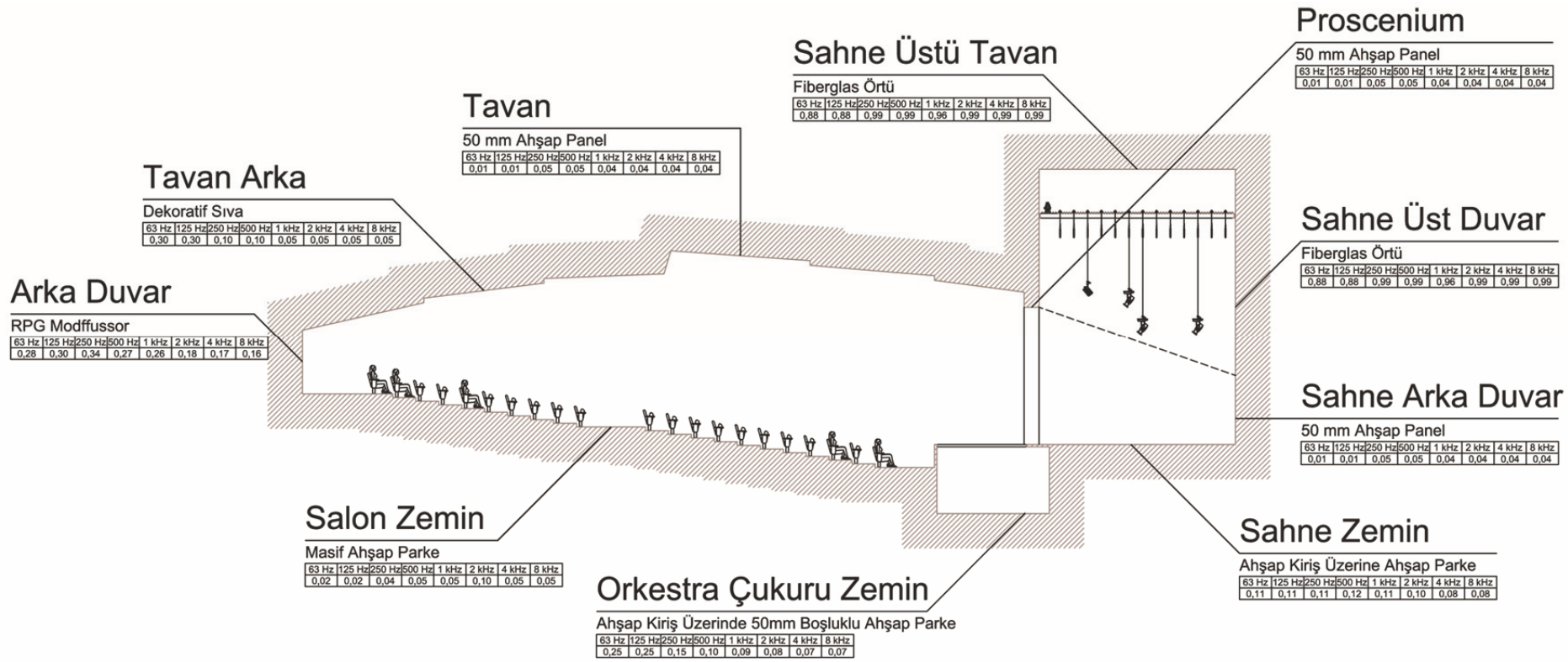
Çizelge B.14(devam) : S7 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
C7	1,83	1,50	1,83	145,00	-1,60	0,173	0,53	0,21	0,45	16,06	2,60	61,40
C8	1,87	0,80	1,81	138,00	-1,40	0,129	0,62	0,26	0,42	18,43	2,40	61,20
C9	1,90	0,50	1,72	131,00	-0,90	0,136	0,60	0,28	0,43	17,00	2,70	61,60
C10	1,89	1,00	1,67	130,00	-1,10	0,142	0,56	0,27	0,44	16,47	2,90	61,70
C11	1,93	2,50	1,64	127,00	-0,90	0,185	0,54	0,27	0,44	16,14	2,90	61,80
C12	1,92	1,50	1,53	121,00	-0,40	0,153	0,59	0,28	0,46	14,90	3,10	61,90
C13	1,84	0,80	1,53	124,00	-1,00	0,163	0,58	0,23	0,47	14,23	3,10	61,90
C14	1,83	3,00	1,53	124,00	-1,10	0,177	0,64	0,22	0,48	13,44	3,40	62,20
C15	1,85	2,00	1,40	116,00	-0,10	0,168	0,59	0,22	0,51	11,73	3,40	62,20
C16	1,84	1,80	1,38	115,00	0,10	0,163	0,60	0,22	0,52	10,85	3,40	62,20
C17	1,86	1,40	1,44	121,00	-0,50	0,160	0,68	0,18	0,53	10,67	3,20	62,00
C18	1,81	2,30	1,94	142,00	-1,10	0,175	0,62	0,30	0,46	14,86	3,20	62,00
C19	1,84	0,80	1,93	130,00	-0,20	0,234	0,56	0,39	0,50	12,44	3,60	62,40
C20	1,86	2,10	1,90	136,00	-0,70	0,254	0,60	0,34	0,48	13,43	3,00	61,80
C21	1,86	2,30	1,83	123,00	0,40	0,203	0,52	0,41	0,51	11,66	3,20	62,00
C22	1,95	2,30	1,79	126,00	0,20	0,243	0,53	0,38	0,50	12,10	2,80	61,70
C23	1,88	1,50	1,76	124,00	0,10	0,239	0,50	0,39	0,50	11,95	2,70	61,60
C24	1,87	1,30	2,16	141,00	-1,30	0,237	0,49	0,30	0,47	13,93	1,50	60,50
C25	1,92	0,90	1,67	126,00	-0,20	0,232	0,53	0,33	0,50	12,52	2,10	61,00
C26	1,86	0,60	1,64	125,00	-0,50	0,272	0,51	0,33	0,49	12,73	2,10	61,00
C27	1,88	0,60	1,59	122,00	-0,30	0,308	0,50	0,33	0,50	12,32	2,10	61,00
C28	1,92	0,70	1,59	127,00	-0,60	0,276	0,59	0,26	0,47	14,02	1,90	60,80
C29	1,90	0,80	1,58	131,00	-1,00	0,270	0,57	0,22	0,49	12,92	1,90	60,80

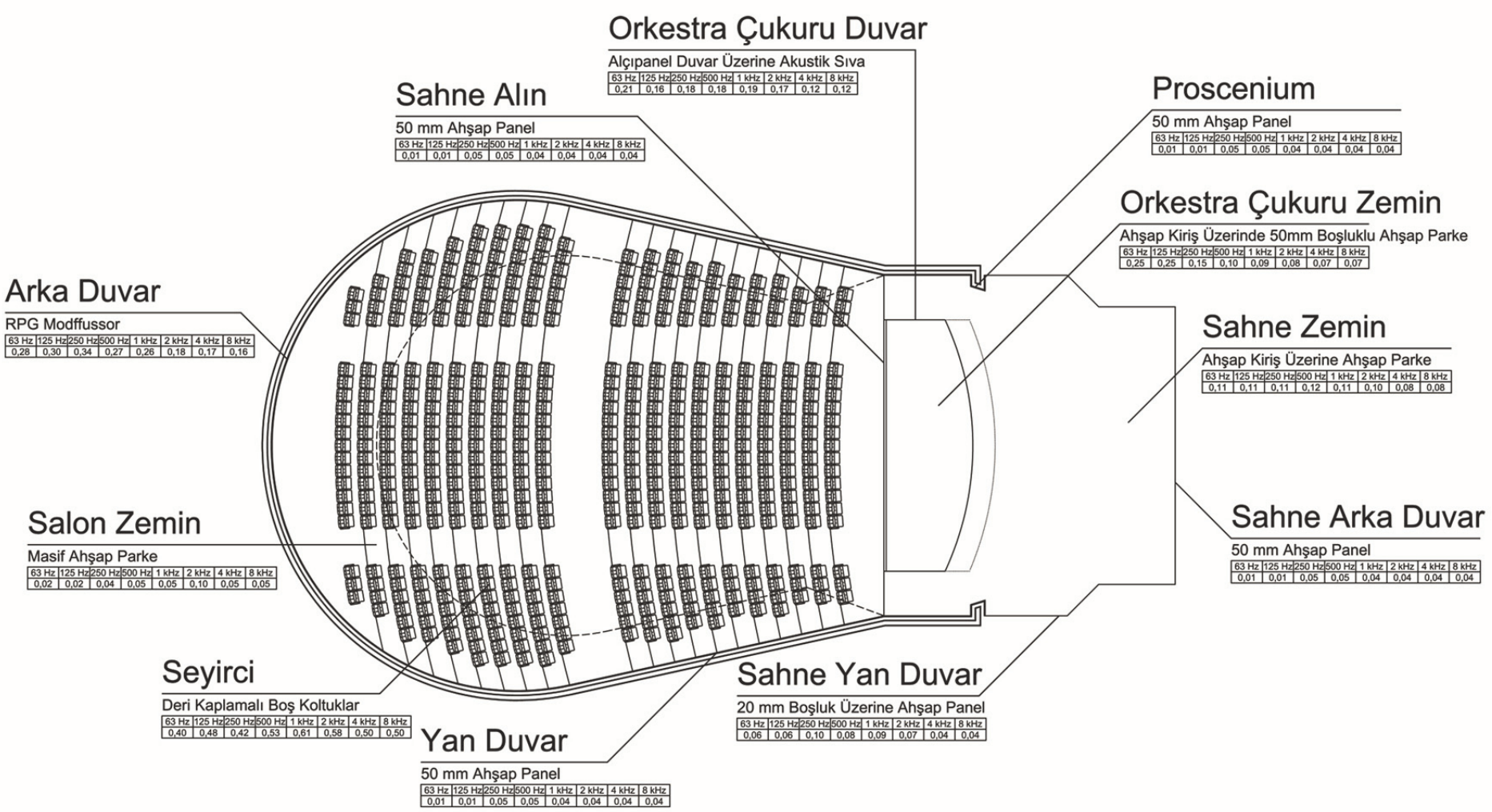
Çizelge B.14(devam) : S7 salonunda opera işlevi için tüm alıcı noktalarında elde edilen değerler (1000 Hz).

ALICI NO	T_{30}(s)	XI(T_{30})	EDT(s)	T_s (s)	C_{80} (dB)	LF_{80}	Echo	D_{50}	STI	AL_{cons}	G (dB)	SIL (dB)
C30	1,86	2,00	1,53	132,00	-1,50	0,281	0,58	0,19	0,48	13,32	1,90	60,70
C31	1,83	4,40	1,52	134,00	-1,90	0,262	0,59	0,16	0,50	12,27	2,00	60,80
C32	1,83	4,10	1,56	131,00	-1,50	0,266	0,59	0,19	0,49	13,05	1,90	60,70
C33	1,82	3,30	1,53	127,00	-0,70	0,221	0,69	0,18	0,52	10,92	2,30	61,10
C34	1,85	2,10	1,46	123,00	-0,30	0,212	0,65	0,17	0,53	10,46	2,40	61,20
C35	1,88	1,60	1,44	121,00	0,20	0,205	0,67	0,17	0,54	10,06	2,40	61,30

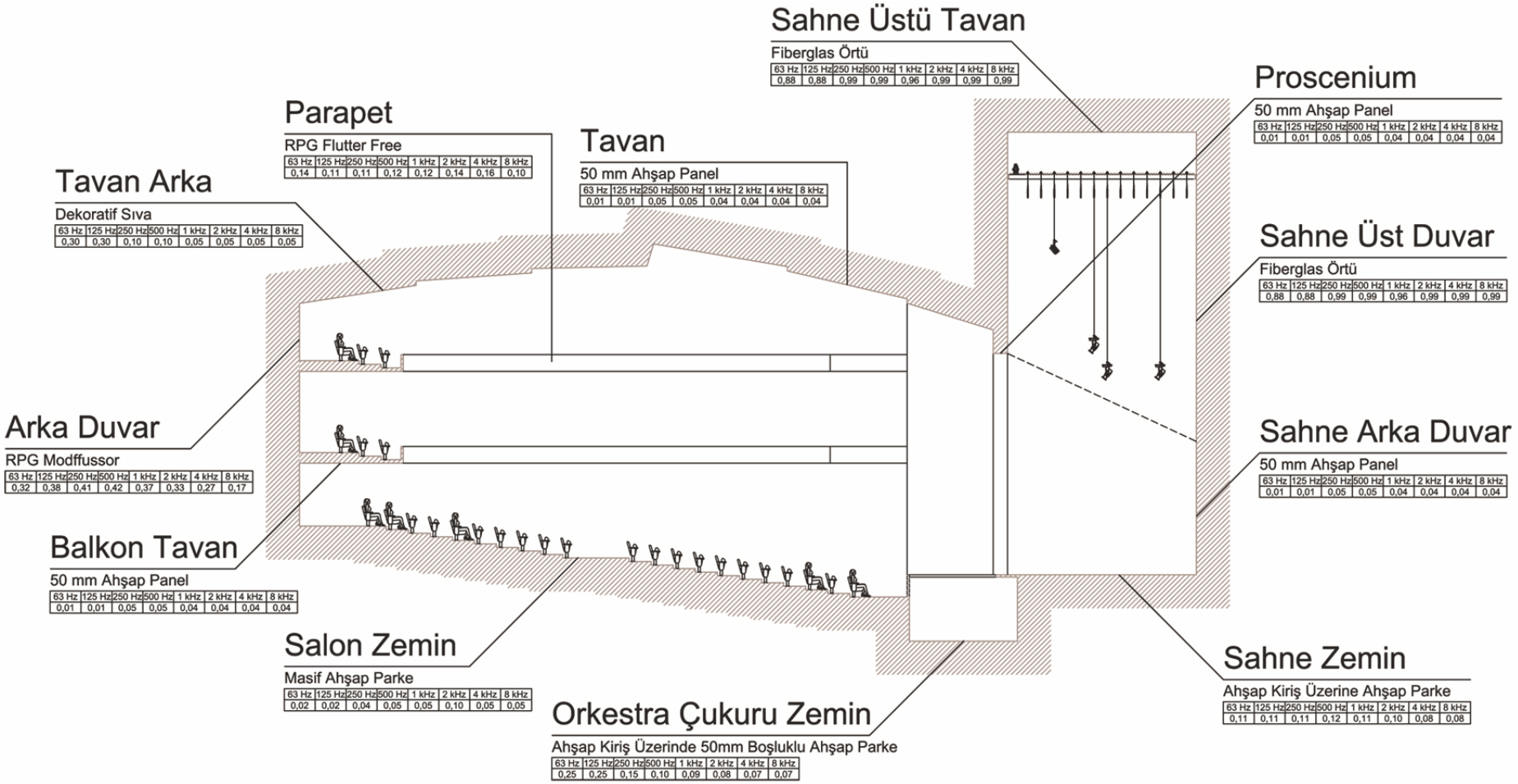
EK C



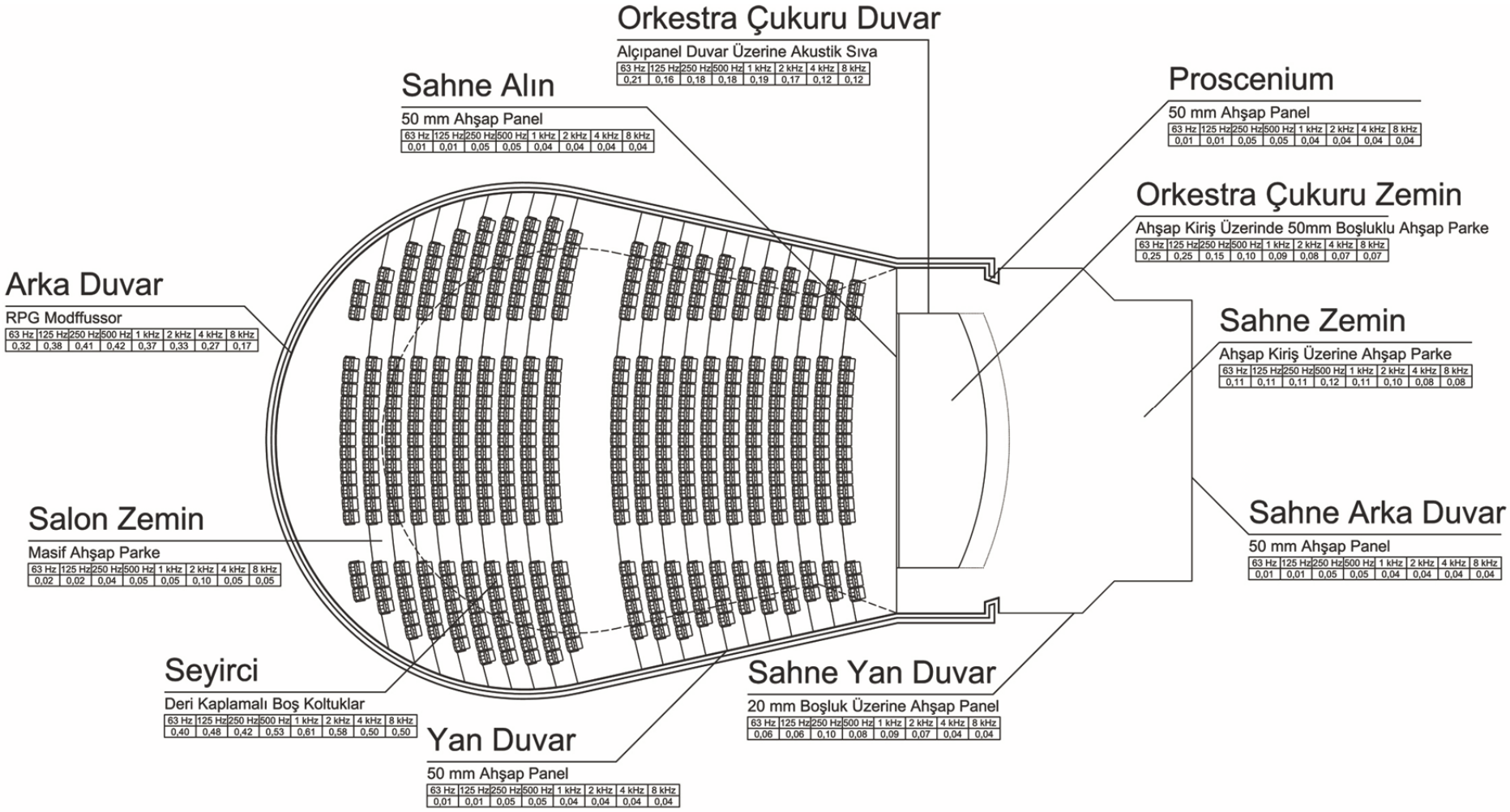
Şekil C.1 : S1 salonu boy kesiti.



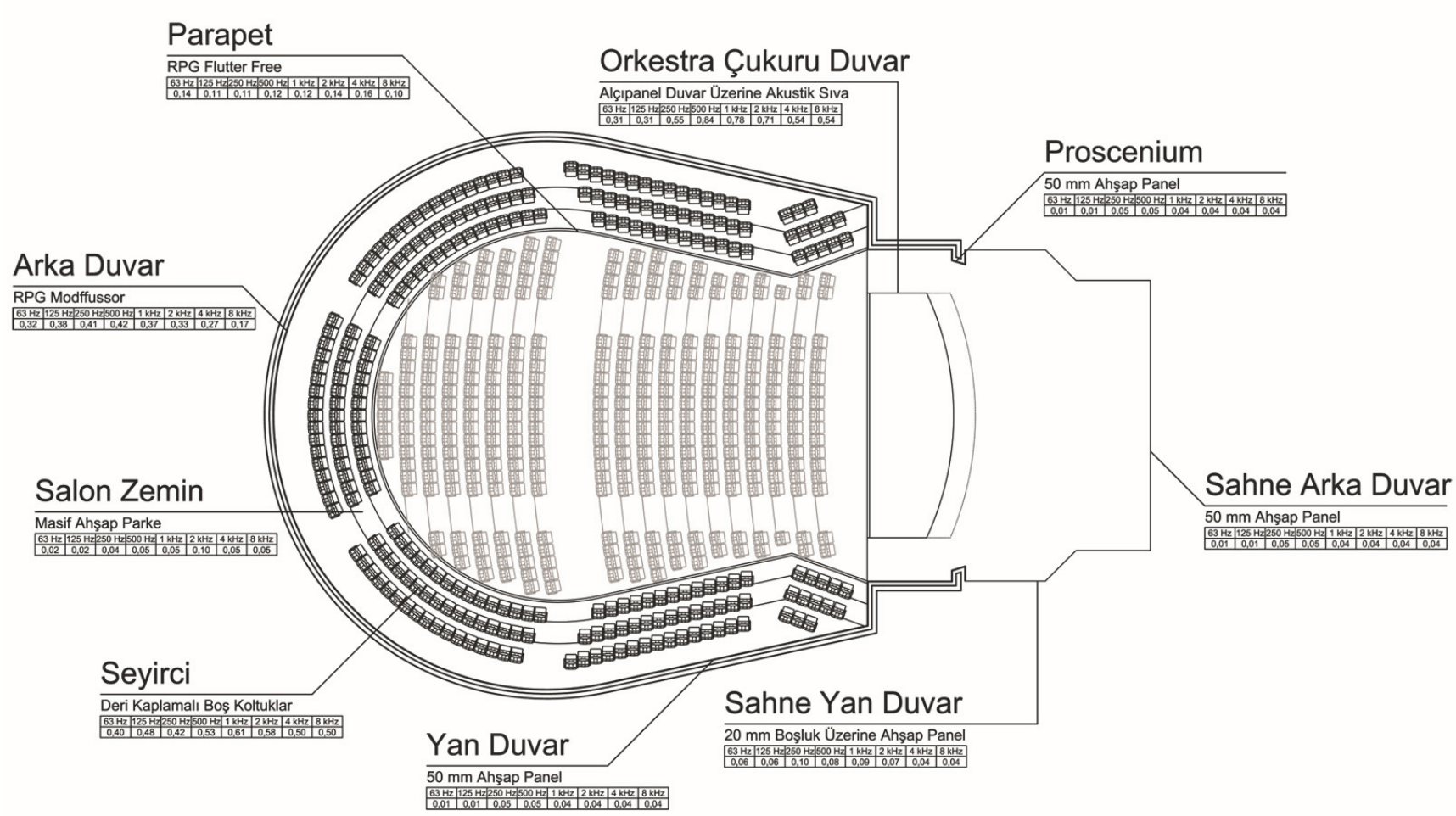
Şekil C.2 : S1 salonu zemin kat planı.



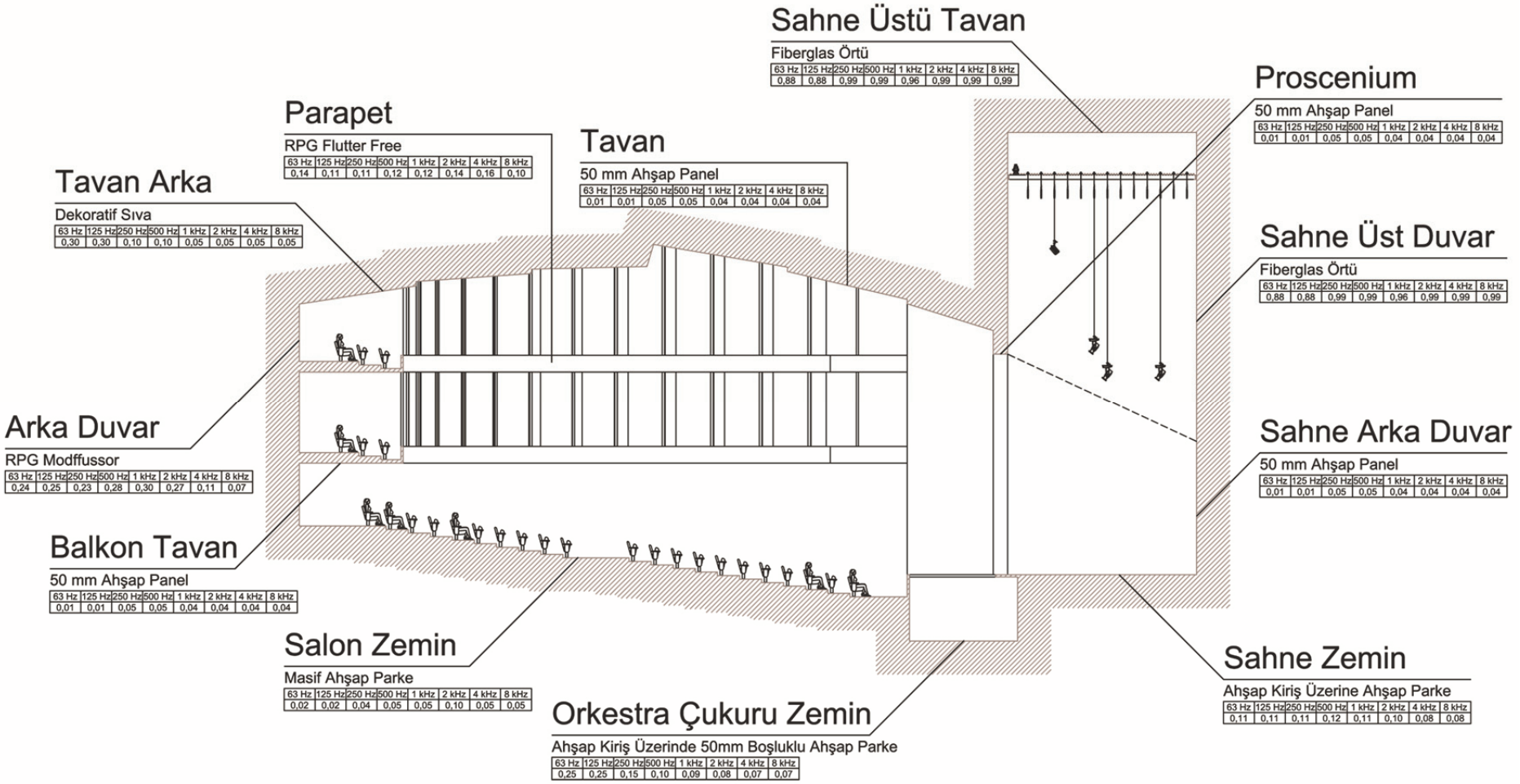
Şekil C.3 : S2 salonu boy kesiti.



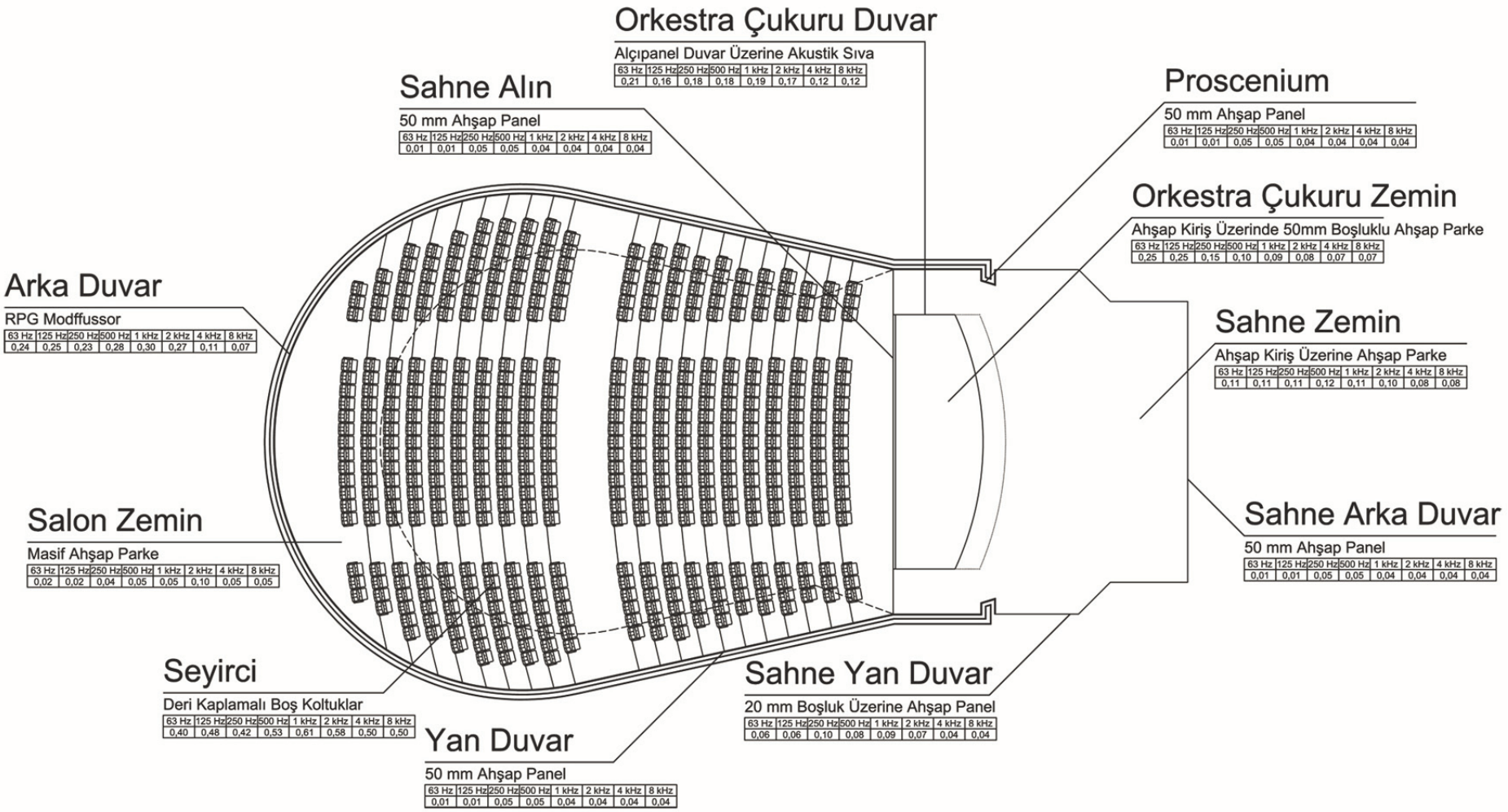
Şekil C.4 : S2 salonu zemin kat planı.



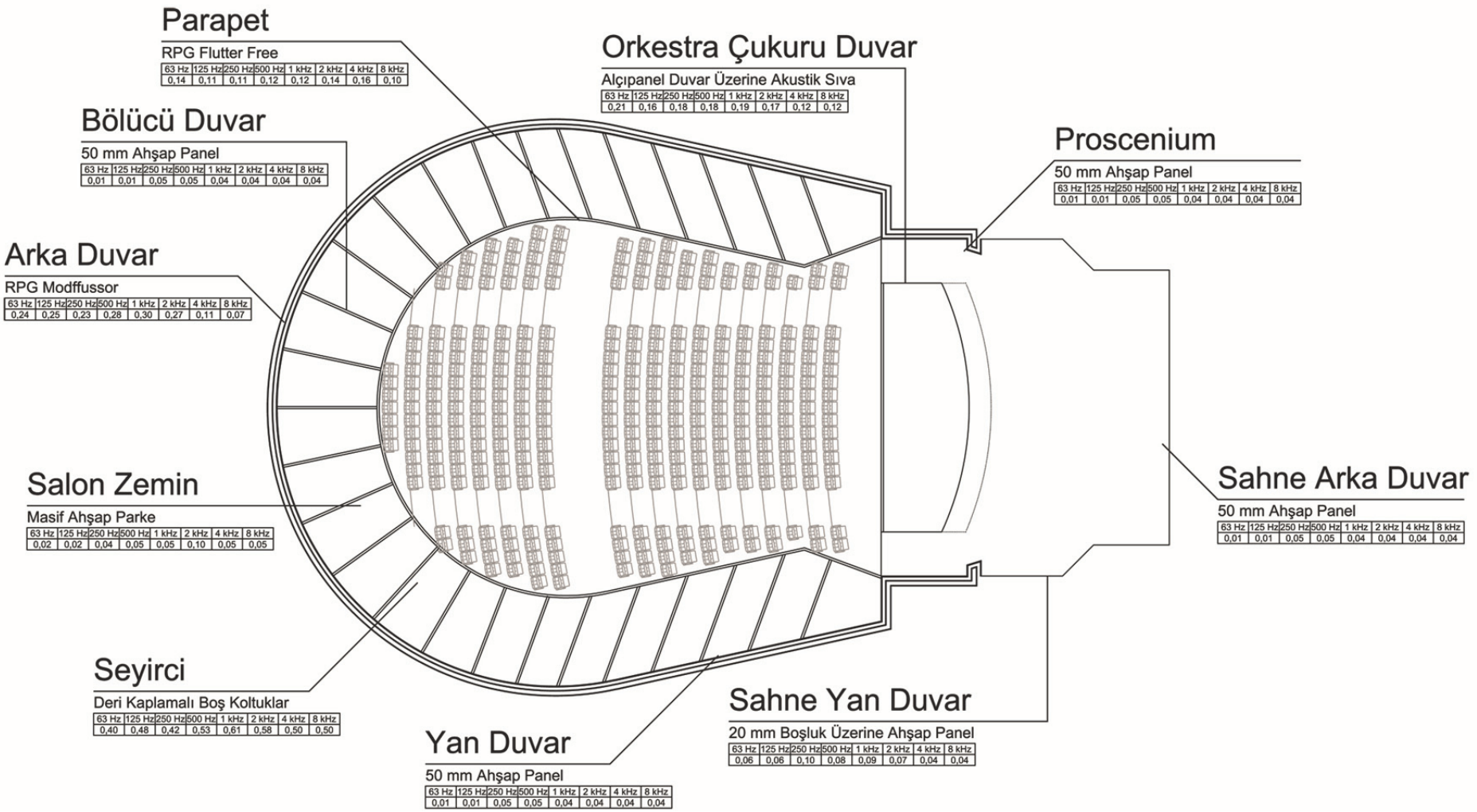
Şekil C.5 : S2 salonu balkon katı planı.



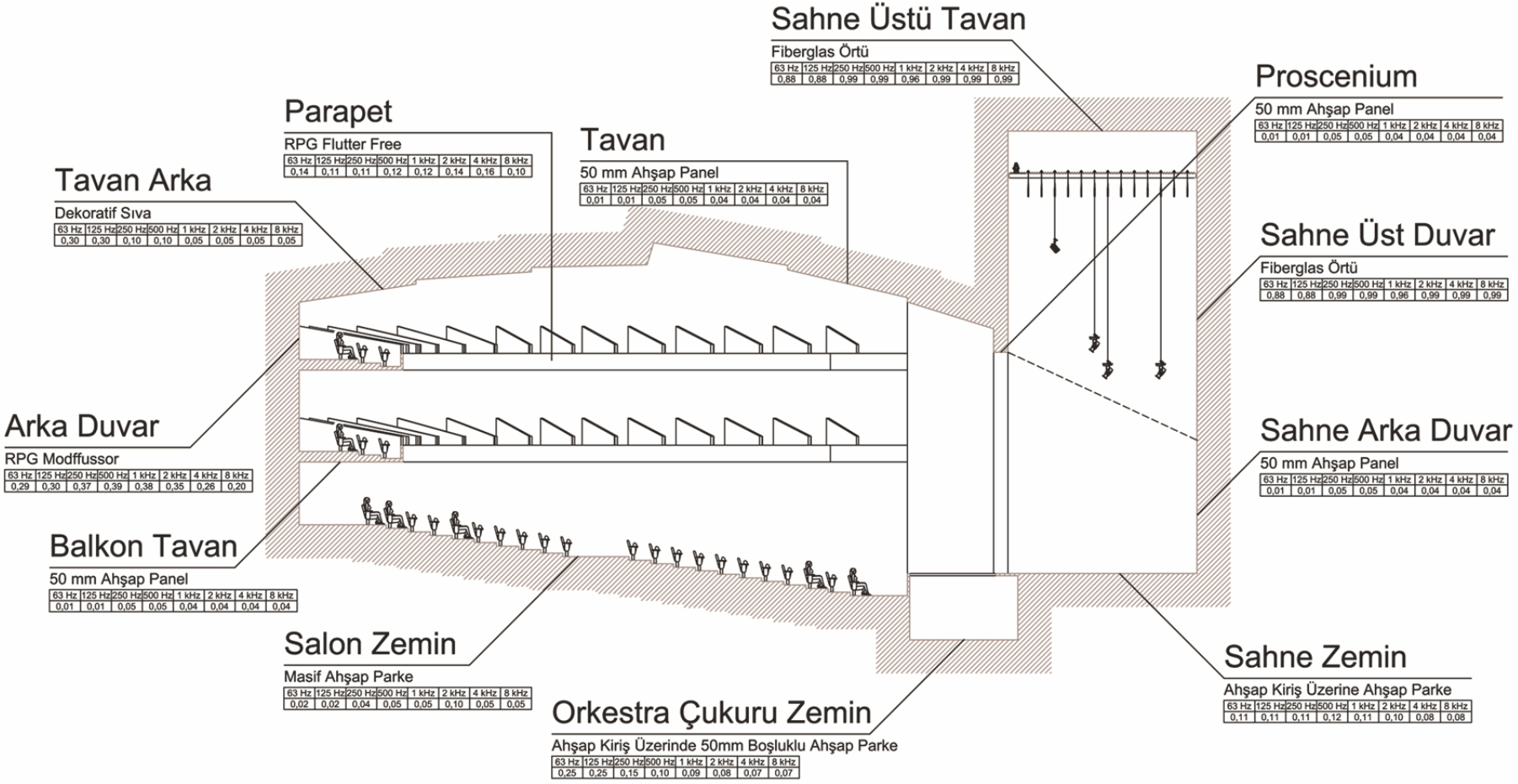
Şekil C.6 : S3 salonu boy kesiti.



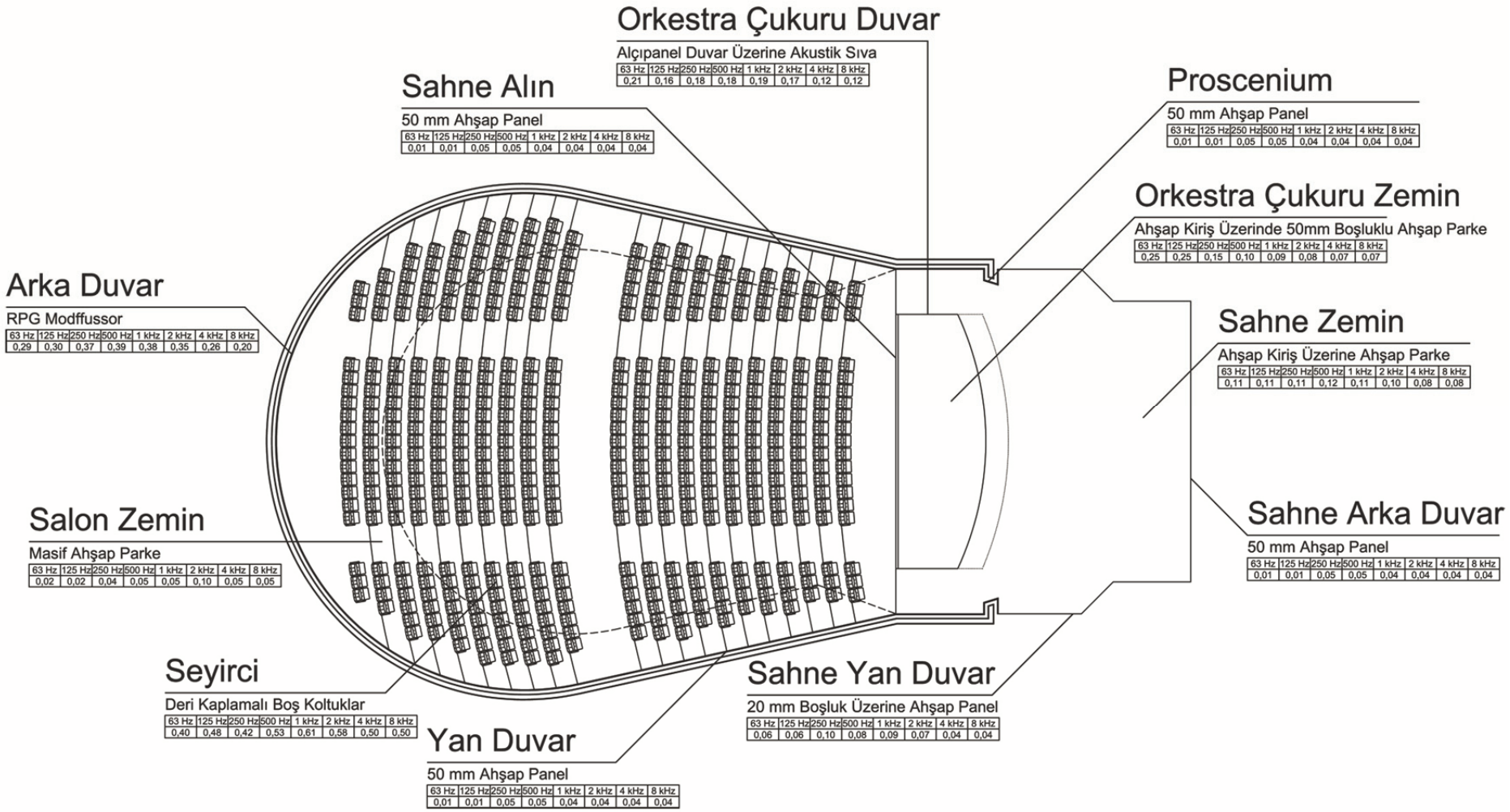
Şekil C.7 : S3 salonu zemin kat planı.



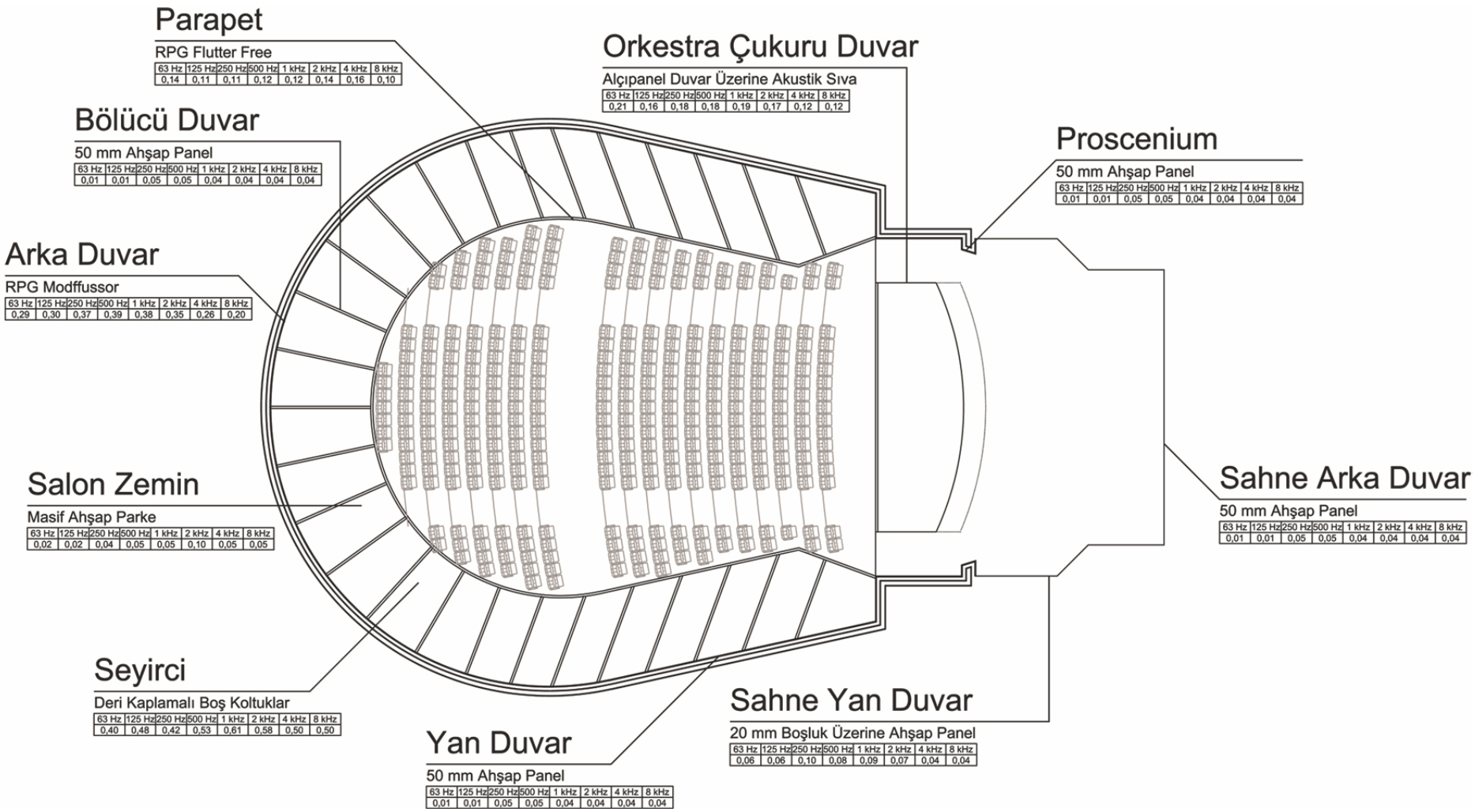
Şekil C.8 : S3 salonu balkon katı planı.



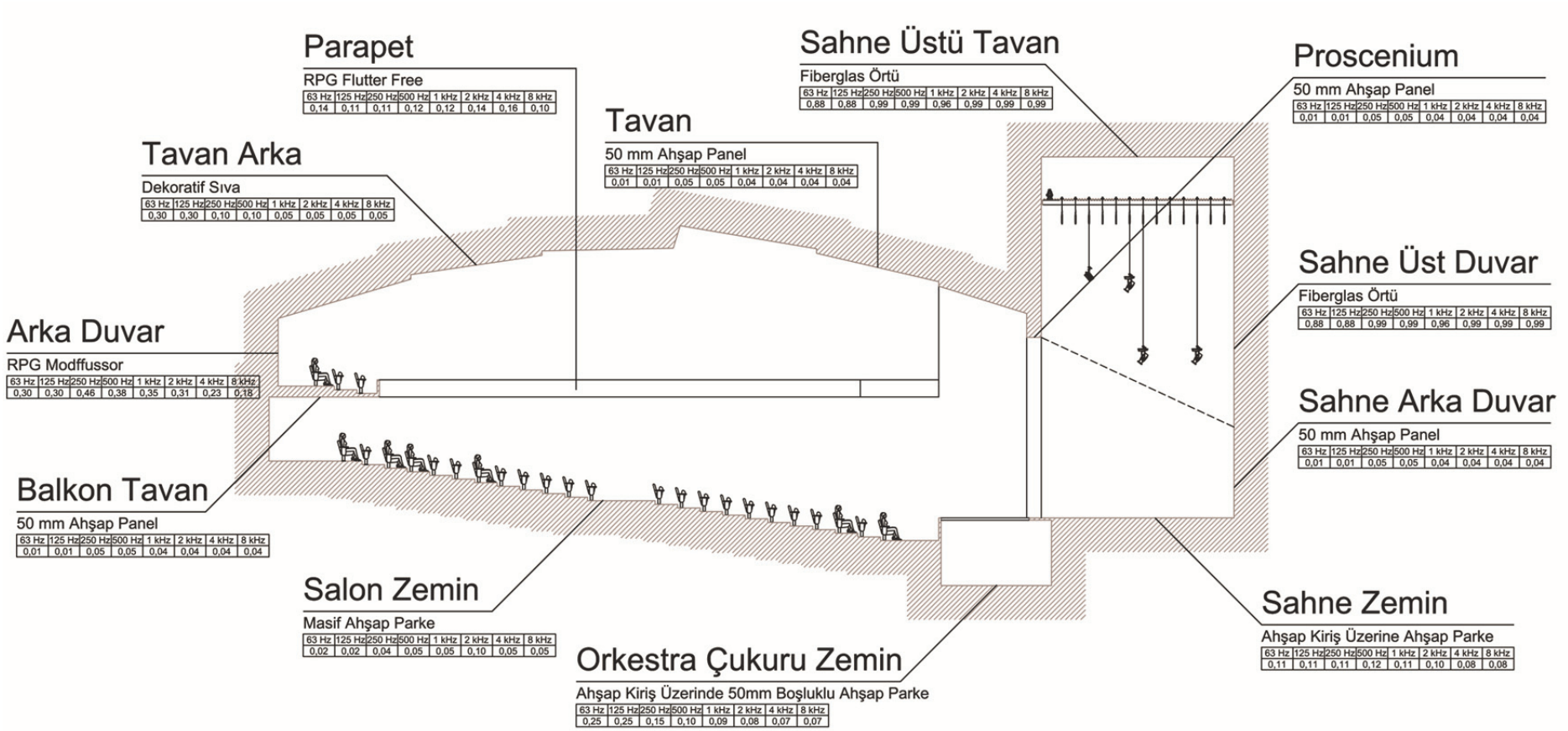
Şekil C.9 : S4 salonu boy kesiti.



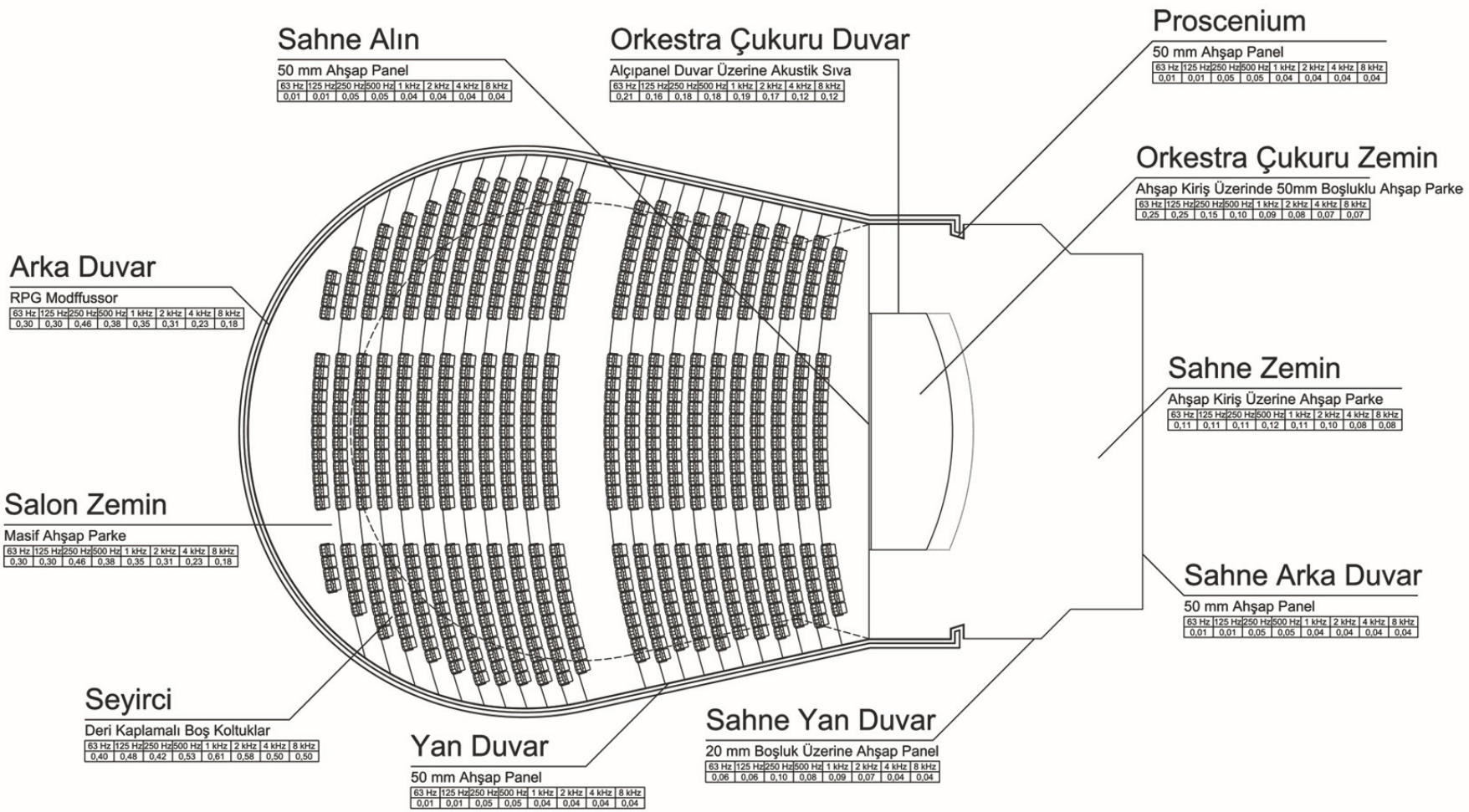
Şekil C.10 : S4 salonu zemin kat planı.



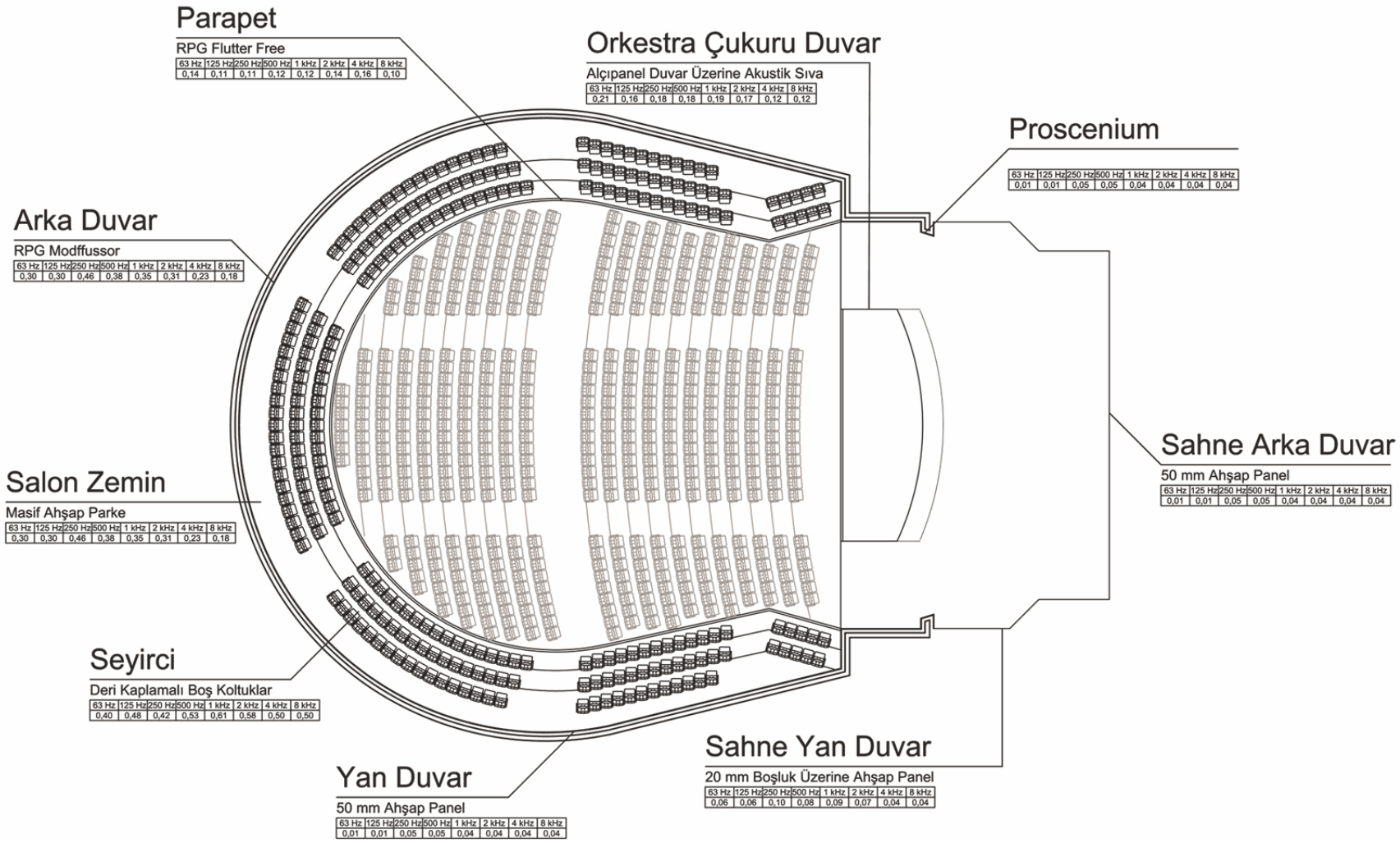
Şekil C.11 : S4 salonu balkon katı planı.



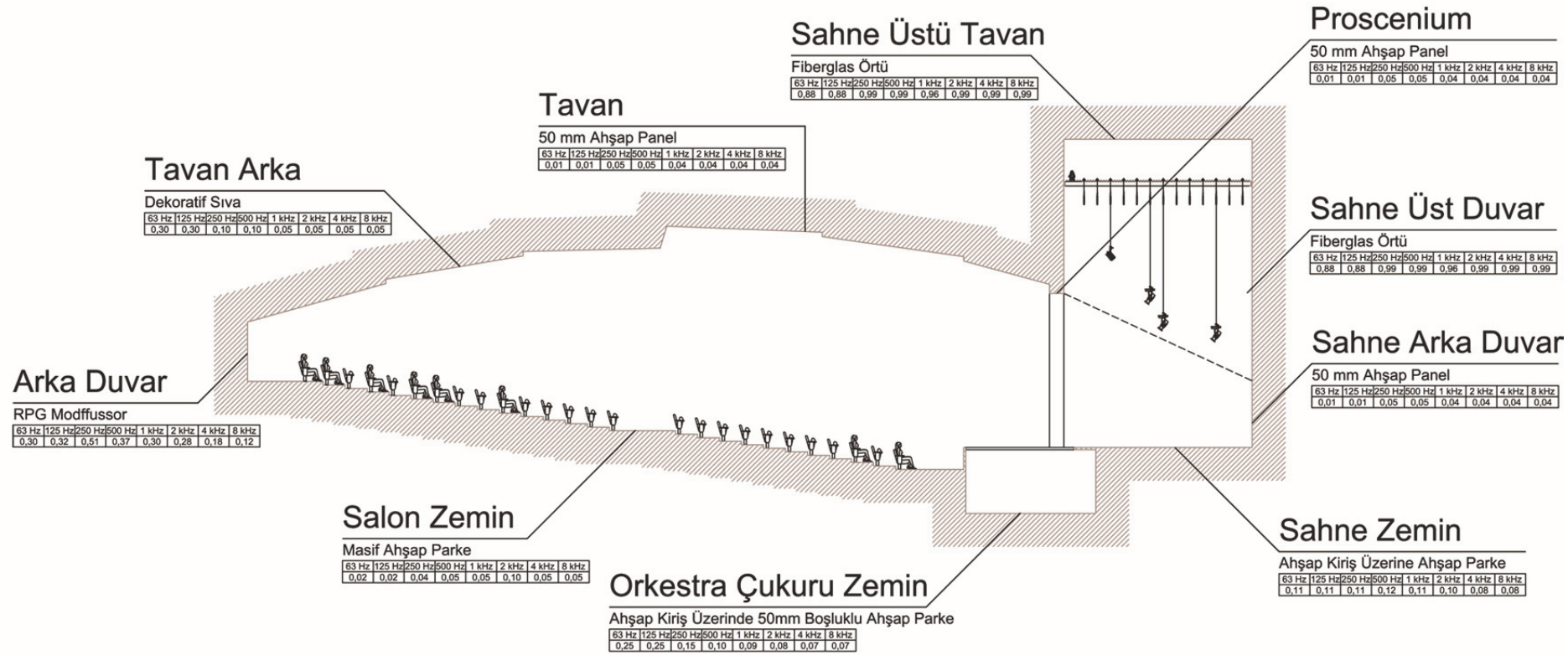
Şekil C.12 : S5 salonu boy kesiti.



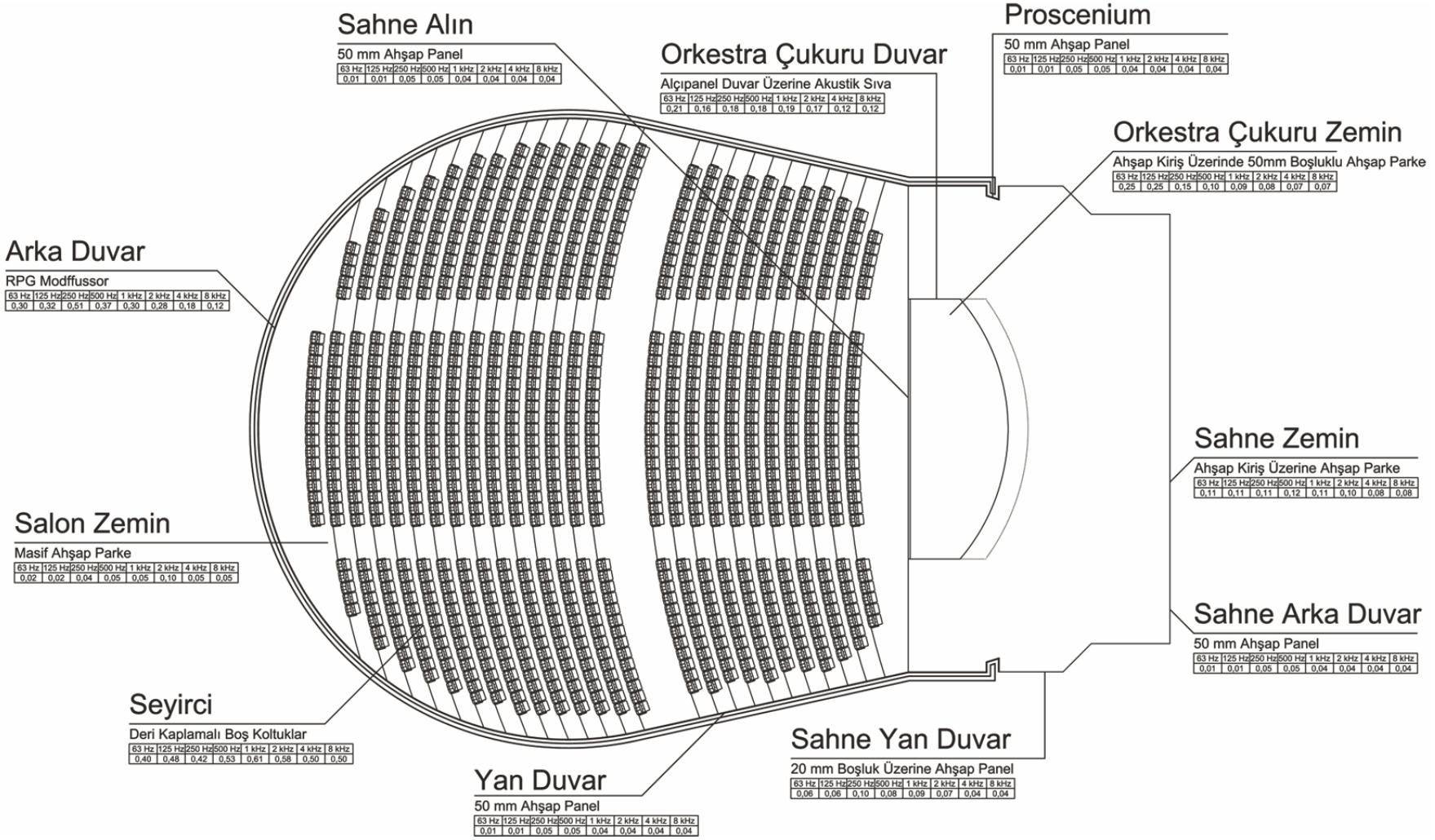
Şekil C.13 : S5 salonu zemin kat planı.



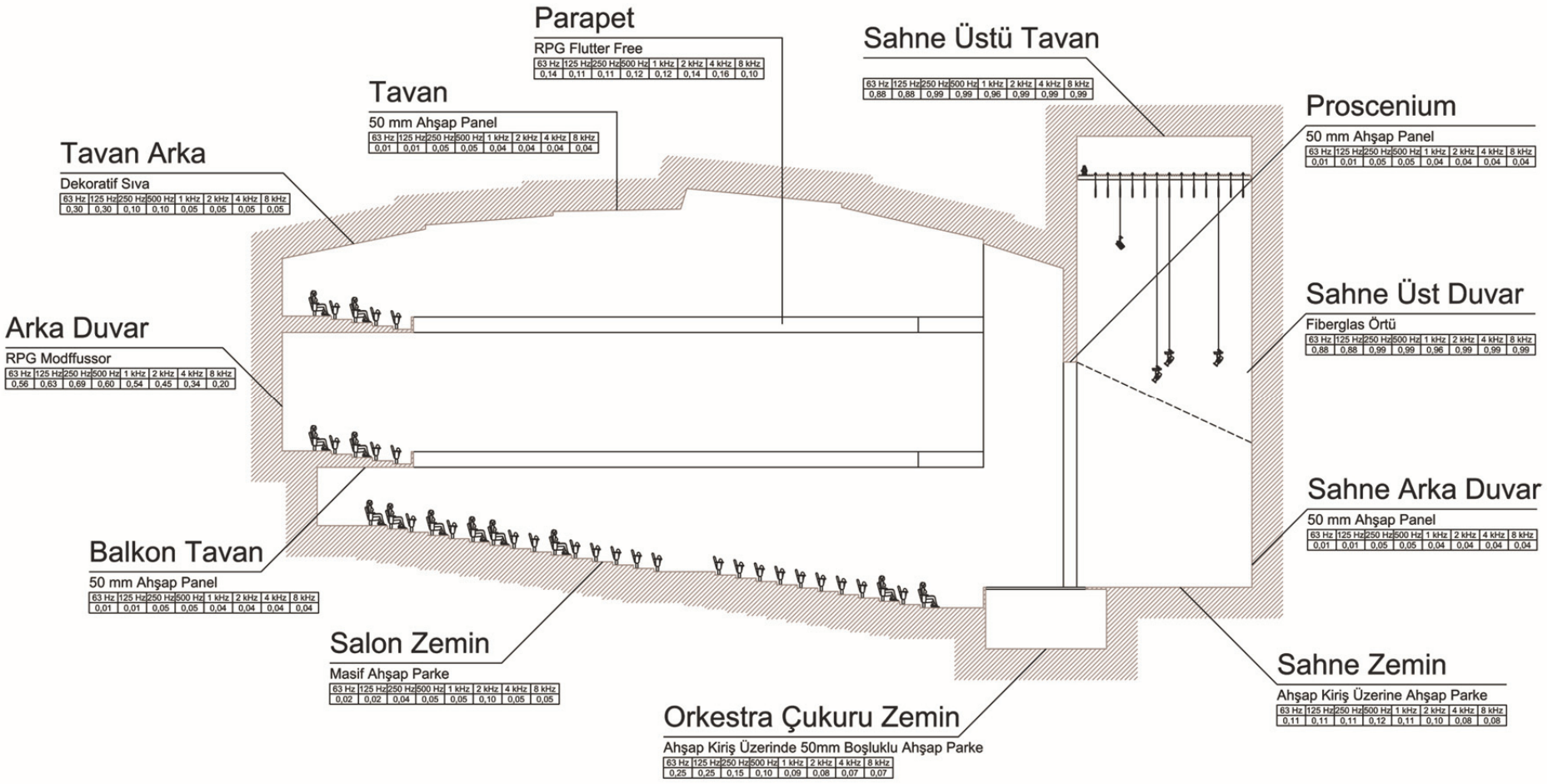
Şekil C.14 : S5 salonu balkon katı planı.



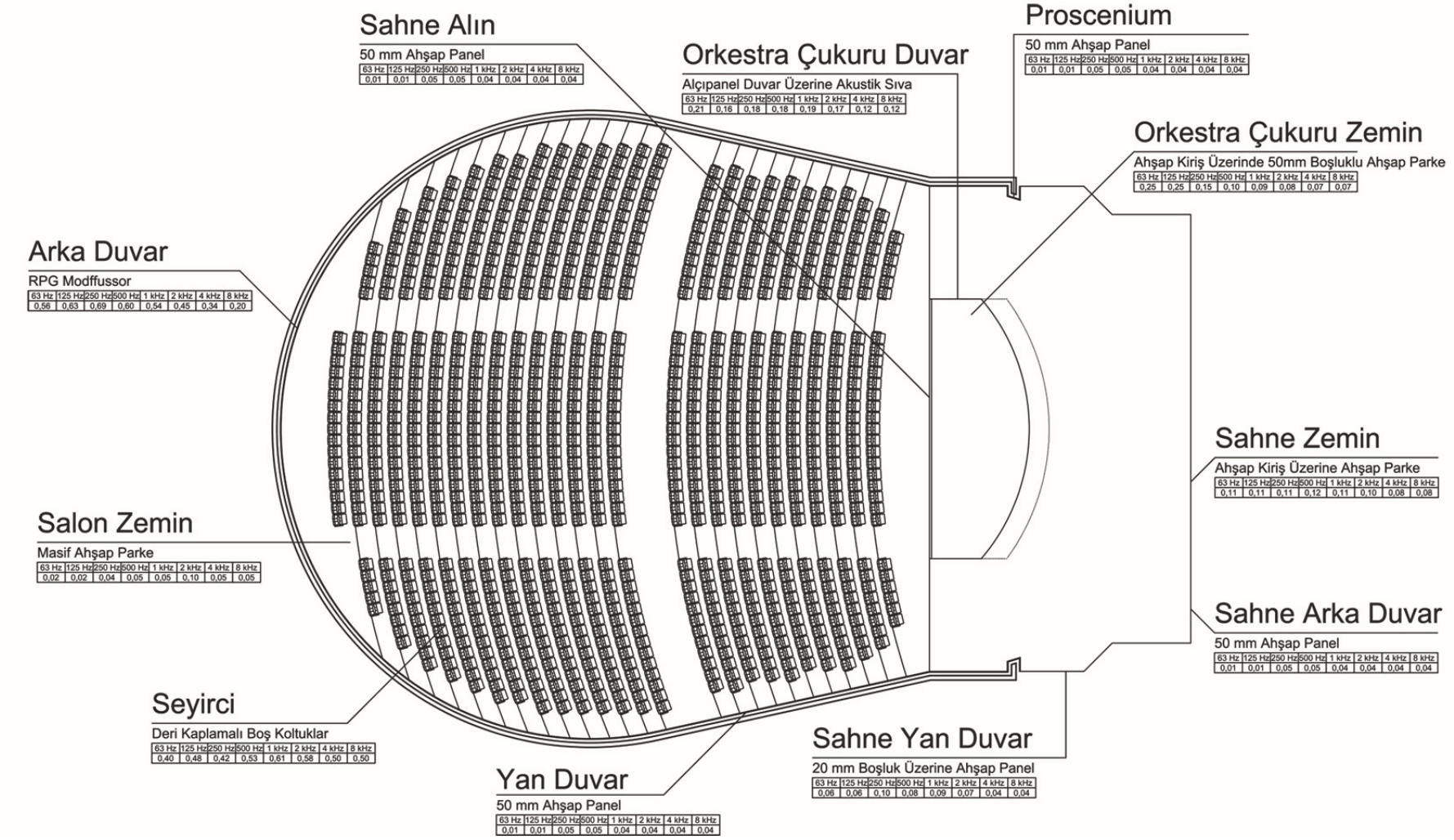
Şekil C.15 : S6 salonu boy kesiti.



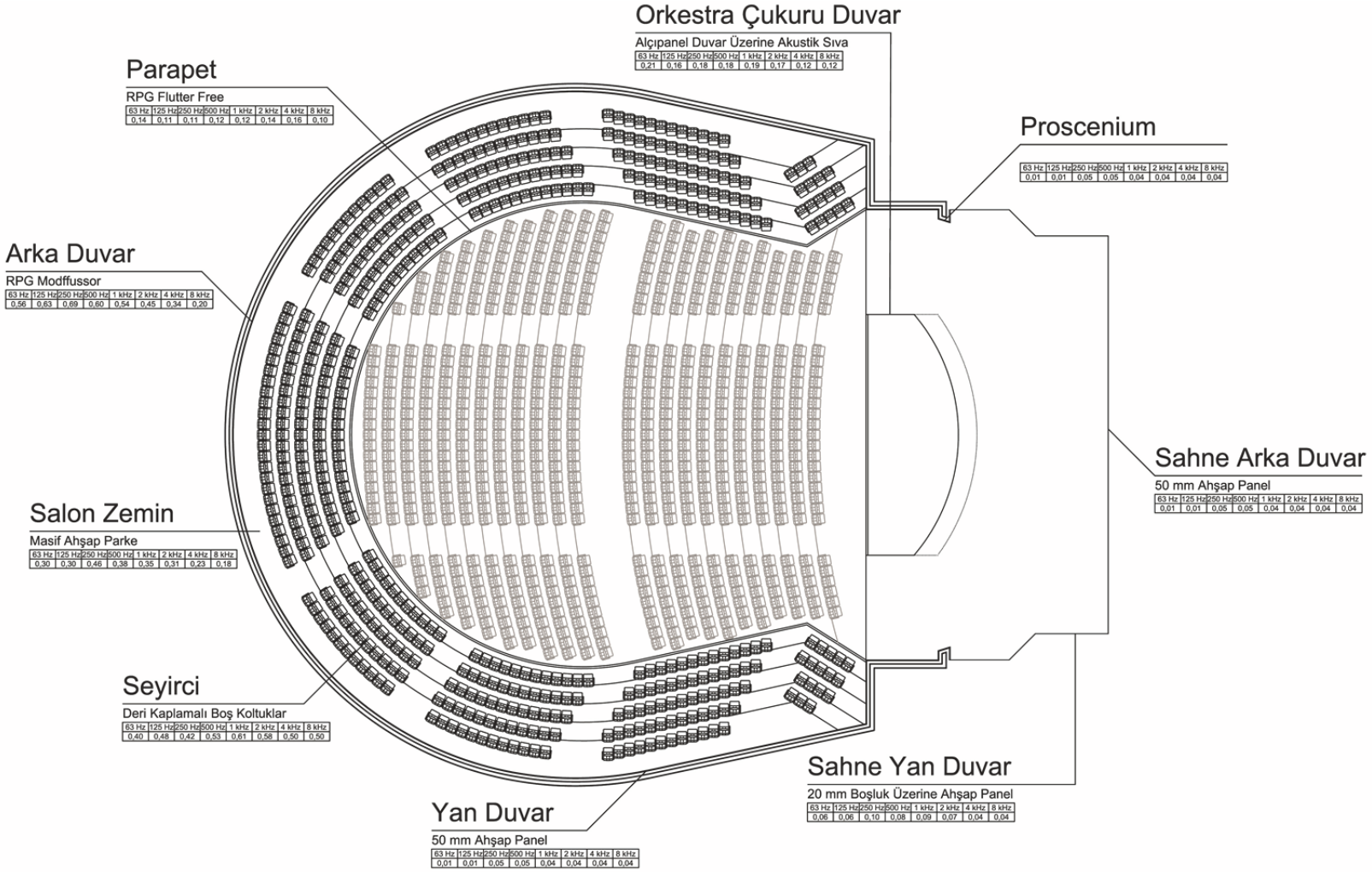
Şekil C.16 : S6 salonu zemin kat planı.



Şekil C.17 : S7 salonu boy kesiti.



Şekil C.18 : S7 salonu zemin kat planı.



Şekil C.19 : S7 balkon katı planı.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ergin Gürkan

Doğum Yeri ve Tarihi: 12.06.1985 / Merzifon

E-Posta: ergingurkan@outlook.com

Lisans:

2003 – 2007 : Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü

Mesleki Deneyim:

2006 – 2007 : Neo Tasarım / Mimar

2007 – 2009 : Aşçıoğlu İnşaat / Mimar

2010 – 2011 : Nissa İnşaat / Mimar

2011 – 2012 : Savoy İnşaat / Dizayn Ofis Şefi

2012 – : Panaroma İnşaat / Dizayn Ofis Şefi