

67239

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SALONLARIN HACİM AKUSTİĞİ YÖNÜNDEN
DEĞERLENDİRİLMESİNDE AKUSTİK KOŞUL
DAĞILIMLARININ ÖNEMİNİN ORTAYA
KONULMASI VE İRDELENMESİNE YÖNELİK BİR
YAKLAŞIM

Y.MİMAR Ayşe ERDEM AKNESİL

F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında
hazırlanan

DOKTORA TEZİ

Dr. KAYA ELCİ

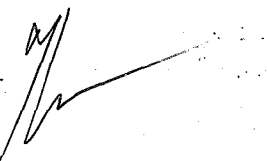


Dr. Mesut B. Özdeniz

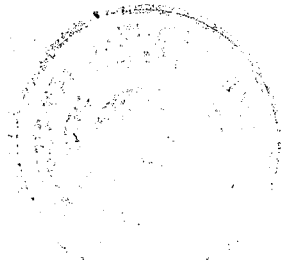


Tez Danışmanı : Doç.Dr.Zerhan KARABİBER

Dr. Zerhan KARABİBER



İSTANBUL, 1997



İÇİNDEKİLER

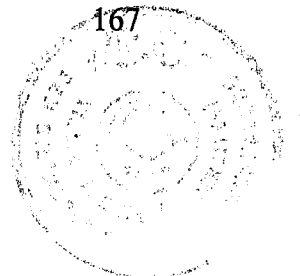
	Sayfa
SEMBOL LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xvii
KISALTMALAR LİSTESİ	xxii
TEŞEKKÜR	xxiii
TÜRKÇE ÖZET	xxiv
İNGİLİZCE ÖZET	xxvi
1. GİRİŞ	1
2. HACİMLERDE AKUSTİK AÇIDAN GEREKLİ VE YETERLİ DEĞERLENDİRMELERİN GERÇEKLEŞTİRİLEBİLMESİ AMACINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR	4
2.1. HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİ KONUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	5
2.1.1. Ses Enerjisinin Gelişme Bölümü İle İlgili Parametreler	6
2.1.1.1. Merkez Zamanı (Centre Time-TS)	8
2.1.1.2. Netlik (Clarity-C80)	9
2.1.1.3. Ayırdedilebilirlik (Distinctness-D50)	10
2.1.1.4. Sinyal-Gürültü Oranı (Signal to Noise Ratio-S/N)	11
2.1.1.5. Hacim Tepkisi (Room Response-RR)	12
2.1.2. Ses Enerjisinin Sönme Bölümü ile İlgili Parametreler	12
2.1.2.1. Yansıma Süresi (Reverberation Time-T)	13
2.1.2.2. Erken Düşme Süresi (Early Decay Time-EDT)	15
2.1.3. Ses Basınç Düzeyi İle İlgili Parametreler	16
2.1.3.1. Toplam Ses Basınç Düzeyi (Total Sound Pressure Level-SPL _t)	16
2.1.3.2. Soslilik (Strength Index-G)	18
2.1.4. Erken Yansımalar İle İlgili Parametreler	19
2.1.4.1. Erken Yansımalar İle İlgili Yapılan Çalışmalar	19

2.1.4.1.1. Erken Yansımalar İle İlgili Alt Eşik Çalışmaları	20
2.1.4.1.2. Erken Yansımaların Oluşturduğu Öznel Etkiler İle İlgili Çalışmalar	23
2.1.4.2. Uzaysal Etkilenme Derecesi (Spatial Impression Degree-SI)	28
2.1.4.3. Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction-LEF)	28
2.2. HACİMLERİ AKUSTİK AÇIDAN TÜMÜ İLE DEĞERLENDİRMEYE YÖNELİK SİSTEMLER	29
2.2.1. Beranek'in Çalışması	30
2.2.2. Jordan'ın Çalışması	31
2.2.3. Ando'nun Çalışması	31
2.3. HACİMLERDE AKUSTİK KOŞULLARIN ÖLÇÜLMESİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR	32
2.3.1. Öznel Ölçümler	32
2.3.1.1. Öznel Ölçümlere Örnekler	32
2.3.1.2. Öznel Ölçümleri Etkileyen Etkenler	34
2.3.1.2.1. Kişisel Beğeni	34
2.3.1.2.2. Psikolojik Etkenler	34
2.3.1.2.3. Tekrarlanma Durumu	34
2.3.2. Nesnel Ölçümler	34
2.3.2.1. Nesnel Ölçümlere Örnekler	34
2.3.2.2. Nesnel Ölçümleri Etkileyen Etkenler	35
2.3.2.2.1. Ölçme Tekniklerine Bağlı Farklılıklar	36
2.3.2.2.2. Hoparlörlerin Etkisi	36
2.3.2.2.3. Mikrofonların Etkisi	37
2.3.2.2.4. Kaynak-Mikrofon Konumlarındaki Değişim	38
2.3.2.2.5. Ölçmelerin Tekrarlanması Durumunda Ortaya Çıkabilecek Sorunlar	38
2.3.2.2.6. Hacim İçinde Noktadan Noktaya Değişim	39
2.4. ÖZNEL VE NESNEL DEĞERLENDİRMELER ARASINDAKİ İLİŞKİLERİ ORTAYA KOYMAYA YÖNELİK ÇALIŞMALARDAN ÖRNEKLER	39
2.4.1. Hawks ve Dauglas'ın Çalışması	40
2.4.2. Gottlob'un Çalışması	41
2.4.3. Wilkens ve Lehmann'ın Çalışması	41

	Sayfa
2.4.4. Barron'un Çalışması	41
2.4.5. Fischetti ve Jouhaneau'nun Çalışması	43
2.4.1. Beranek'in Çalışması	44
2.5. HACİMLERİN AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMELERİNİN DAHA KISA SÜREDE VE DAHA AYRINTILI YAPILABİLMESİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR	46
2.5.1. Simulasyon Teknikleri Kullanılarak Yapılan Çalışmalar	46
2.5.1.1. Ses Işınlarnın Zaman İçindeki Gelişimlerinin Simule Edilmesine Yönelik Çalışmalar	46
2.5.1.1.1. Işın Diyagramları Yöntemi (Ray-Tracing Method)	47
2.5.1.1.2. Görüntü Kaynak Yöntemi (The Image Source Method)	48
2.5.1.1.3. Bileşik Yöntem (Hybrid Method)	49
2.5.1.2. Yansımanın Dağılım Özelliğinin Simule Edilmesine Yönelik Çalışmalar	52
3. HACİMLERDE AKUSTİK KOŞULLARIN DAĞILIMININ İRDELENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEM VE BUNA İLİŞKİN KABULLERİN YAPILMASI	56
3.1. HACİMLERDE AKUSTİK KOŞULLARIN DAĞILIMININ İRDELENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEM	56
3.2. HACİM-KAYNAK-ALICI İLE İLGİLİ KABULLER VE YÖNTEMDE DEĞERLENDİRMEYE ALINACAK HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİ	60
3.2.1. Hacimle İle İlgili Kabuller	60
3.2.1.1. Hacim Büyüklüğü İle İlgili Kabullerin Yapılması	60
3.2.1.2. Hacimlerin Geometrik Biçimleri İle İlgili Kabullerin Yapılması	62
3.2.1.2.1 Tavan Yüksekliği İle İlgili Kabullerin Yapılması	66
3.2.1.3. Hacimlerin Yüzey Yutuculukları İle İlgili Kabullerin Yapılması	67
3.2.2. Kaynak ve Alıcı İle İlgili Kabuller	72
3.2.2.1. Kaynak İle İlgili Kabullerin Yapılması	72
3.2.2.2. Alıcı ile İlgili Kabullerin Yapılması	73

3.2.3. Hacim Akustiği İle İlgili Kabullerin Yapılması	74
3.2.3.1. Değerlendirmeye Alınacak Hacim Akustiği Parametreleri İle İlgili Kabullerin Yapılması	74
3.2.3.2. Değerlendirmeye Alınacak Frekanslar İle İlgili Kabullerin Yapılması	75
3.2.3.3. Simulasyon İle İlgili Kabullerin Yapılması	75
4. HACİMLERDE AKUSTİK KOŞULLARIN DAĞILIM BİÇİMLERİNİN İRDELENMESİ VE ORTAYA KONULMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALARIN YAPILMASI	76
4.1. AKUSTİK KOŞULLARIN MEKANDA DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	77
4.1.1. Akustik Parametrelerin Hacim İçindeki Dağılımlarının Biçimsel Olarak Saptanması	78
4.1.1.1. Aynı Geometri ve Büyüklüklerdeki Hacimlerde, Dağılım Özelliklerinin Saptanması (Parametre-Dağılım İlişkisi)	79
4.1.1.1.1. Değerlendirme	87
4.1.1.2. Aynı Büyüklük ve Farklı Geometrilere Dağılım Özelliklerinin Saptanması (Geometri-Dağılım İlişkisi)	88
4.1.1.2.1. Değerlendirme	93
4.1.1.3. Aynı Geometri ve Farklı Büyüklüklerdeki Dağılım Özelliklerinin Saptanması (Büyüklük-Dağılım İlişkisi)	94
4.1.1.3.1. Değerlendirme	100
4.1.2. Akustik Parametrelerin Hacim İçindeki Dağılımlarının Sayısal Olarak Saptanması	100
4.1.2.1. Hacimdeki Parametre Dağılımlarının Düzensizliklerine Göre Bir Sıralamanın Oluşturulması	101
4.1.2.1.1. Hacim İçindeki Dağılım Düzensizliklerinin Parametreler Arası İncelenmesi	102
4.1.2.1.1.1. Değerlendirme	104
4.1.2.1.2. Hacim İçindeki Dağılım Düzensizliklerinin Hacim Geometrisine Göre İncelenmesi	105
4.1.2.1.2.1. Değerlendirme	113
4.1.2.1.3. Hacim İçindeki Dağılım Düzensizliklerinin Hacim Büyüklüğüne Göre İncelenmesi	114
4.1.2.1.3.1. Değerlendirme	120

	Sayfa
4.1.2.2. Hacmin Yansıım Süresi İle Parametrelerin Dağılım Düzgünlüğü Arasındaki İlişkinin Saptanması	120
4.1.2.2.1. Yansıım Süresi İle Parametrelerin Dağılımlarının Düzgünlüğü Arasındaki İlişkilerin Sayısal Olarak Ortaya Konulması	121
4.1.2.2.1.1. Değerlendirme	123
4.1.2.3. Hacimdeki Dağılımların Genel Olarak Belirlenmesinde T ve EDT Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Ortaya Konması	124
4.1.3. Hacim Yüzeylerinin, Parametrelerin Hacim İçindeki Dağılımlarına Etkilerinin Saptanması	125
4.1.3.1. Değerlendirme	127
4.1.4. Akustik Koşulların Mekanda Dağılımlarının Genel Değerlendirmesi	127
4.2. AKUSTİK KOŞULLARIN ZAMANDA DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	129
4.2.1. Hacimlerin Ortalama Parametre Değerleri Arasındaki İlişkiler	130
4.2.1.1. Değerlendirme	135
4.2.2. Hacimler İçinde Belirlenen Örnek Konum Noktalarındaki Parametre Değerleri Arasındaki İlişkiler	135
4.2.2.1. Hacimlerdeki Örnek Konum Noktalarında Ayrı Ayrı İnceleme Yapılması	136
4.2.2.2. Hacimlerdeki Örnek Konum Noktalarındaki Parametre İlişkilerinin Hacmin Genelinde Değerlendirilmesi	144
4.2.2.3. Değerlendirme	146
4.2.3. Akustik Koşulların Zamanda Dağılımlarının Genel Değerlendirmesi	147
4.3. AKUSTİK KOŞULLARIN NOKTADA DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	149
4.3.1. Parametrelerin Kabul Edilebilirlik Sınırlarının Belirlenmesi	149
4.3.2. Hacimlerin Ortalama Parametre Değerlerine Göre Uygunluk Durumlarının Saptanması	151
4.3.2.1. Değerlendirme	158
4.3.3. Örnek Konum Noktalarındaki Parametre Değerlerine Göre Uygunluk Durumlarının Saptanması	159
4.3.3.1. Değerlendirme	167



	Sayfa
4.3.4. Akustik Koşulların Noktada Dağılımlarının Genel Değerlendirmesi	168
5. SONUÇ	170
YARARLANILAN KAYNAKLAR	174
EKLER	
Ek 1 : Tez Çalışmasında Kullanılan İstatistiksel Yöntemlere İlişkin Bilgiler	179
Ek 2 : Değerlendirme Kapsamına Alınan Hacimlerin Simetrikliği Konusunda Yapılan İnceleme	184
Ek 3 : Tez Çalışmasında Yararlanılan Hacim Akustiği Simulasyon Programına İlişkin Bilgiler	194
Ek 4 : Akustik Parametrelerin Hacim İçindeki Dağılım Biçimlerinin Frekanslar Arasında Benzer Olduğuna İlişkin Örnek Krokiler	203
Ek 5 : İncelenen Hacimlerde T, EDT, C80, TS ve LEF Parametrelerinin Ortalama Değerleri	207
Ek 6 : İncelenen Hacimlerde, Dinleyici Platformu Üzerindeki Dağılım Düzensizliğini Ortaya Koyan Değişim Katsayıları	214
Ek 7 : İncelenen Hacimlerde Parametreler Arası İlişkiler (Korelasyon Katsayıları)	218
EK 8 : Hacim Yüzeylerinin, Parametrelerin Hacim İçindeki Dağılımlarına Etkilerinin Saptanmasında Kullanılan Yöntem	225
EK 9 : Tez Kapsamında Yer Alan Denklemlerin Listesi	230

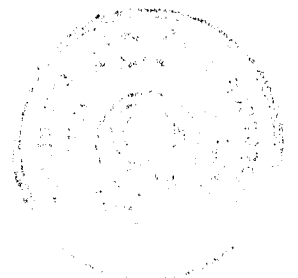
ÖZGEÇMİŞ

SEMBOL LİSTESİ

A	Bir ışının t süre kadar yol aldıktan sonra gördüğü yüzey alanı (m^2)
A_h	Havanın yutuculuğu (Sabine- m^2)
A_y	Hacimdeki yüzeylerin toplam yutuculuğu (Sabine- m^2)
A_b	Birimlerin toplam yutuculuğu (Sabine- m^2)
a	Yutma çarpanı (%)
$\bar{a}$	Ortalama Yutma Çarpanı (%)
C80	Netlik (Clarity) (dB)
c	Havadaki ses hızı (m/s)
DK	Değişim katsayısı (%)
D50	Ayırdelebilirlik (Distinctness) (%)
d	Kaynak-alıcı uzaklığı (m)
EDT	Erken Düşme Süresi (Early decay time) (s)
G	Seslilik göstergesi (Strenght Index) (dB)
IACC	Kulaklararası Çapraz Korelasyon (Interaural cross correlation)
KK	Korelasyon katsayısı
LEF	Yanal Enerji Oranı (Lateral energy fraction)
N	Bir dağılımdaki değerlerin toplam sayısı
N_{geçiken}	Işın diyagramları yöntemine göre, alıcıdaki akustik özelliklerin değerlendirilmesi için, olması gereken en az ışın sayısı
N_{gereken}	Işın diyagramları yöntemine göre, alıcıdaki akustik özelliklerin değerlendirilmesi için gereken en az ışın sayısı



$N_{\text{görüntü kaynak}}$	Görüntü kaynak yöntemine göre, belli sayıda yansıma sonundaki muhtemel görüntü kaynak sayısı
n	Bir ışının yansıma sayısı
PSA	Hece Söylem Oranı (Percentage Syllable Articulation) (%)
$P_{\text{dağılan}}$	Bir ışının düzgün yansıma sayılamıyacak yansımalarının toplam enerjisi (dağılan enerji)
P_{gelen}	Yüzeye gelen ses ışınının enerjisi
$P_{\text{toplam yansıyan}}$	Yansuyan ses ışınının toplam enerjisi
Q	Doğrultululuk çarpanı -faktörü (Directivity factor)
R	Hacim sabiti
RR	Hacim Tepkisi (Room Response) (dB)
R_{index}	Yansışım İndeksi (reverberation index) (dB)
r	Yansıtma çarpanı (%)
S	Toplam yüzey alanı (m^2)
SI	Uzaysal Etkilenme Derecesi (Degree of spatial impression)
SWL	Ses gücü düzeyi (dB)
S/N	Sinyal-Gürültü Oranı (Signal to noise ratio) (dB-dBA)
SPL_d	Dolaysız Ses Basınç Düzeyi (dB)
SPL_t	Toplam Ses Basınç Düzeyi (Toplam ses düzeyi-total sound pressure level) (dB)
SPL_r	Yayınık Ses Basınç Düzeyi (Yayınık ses düzeyi) (dB)
T	Yansışım süresi (Reverberation time) (s)
TS	Merkez Zamanı (Centre time) (ms)
T_{opt}	Optimal yansışım süresi (s)
$T_{\text{opt}(500)}$	500 Hz optimal yansışım süresi (s)
$T_{(500+1000)}$	500 ve 1000 Hz'deki yansışım sürelerinin ortalaması (s)



t	Kaynak açıldıktan sonra ışınların yol aldıkları süre (s)
t_r	Yükselme zamanı (rise time) (ms)
t_r'	Sesin gelişme bölümünde denge durumunun 5 dB altına ulaşınca kadar geçen süreyi veren parametre (ms)
V	Hacim büyüklüğü (m^3)
W	Ses kaynağının gücü (Watt)
W_0	Referans ses gücü (Watt)
x_i	Dağılımdaki her bir i değeri
x_0	x dağılımındaki değerlerin aritmetik ortalaması
y_0	y dağılımındaki değerlerin aritmetik ortalaması
α	yatay açı (derece)
β	düşey açı (derece)
δ	dağıtma çarpanı (%)
ϵ_m	Denge durumundaki ses enerji yoğunluğu ($watt.s/m^3$)
$(\epsilon t)_{growth}$	Sesin gelişme bölümünde, kaynak açıldıktan t süre sonraki ses enerji yoğunluğu ($watt.s/m^3$)
$(\epsilon t)_{decay}$	Sesin sönme bölümünde, kaynak kapandıktan t süre sonraki ses enerji yoğunluğu ($watt.s/m^3$)
σ	Standart sapma

ŞEKİL LİSTESİ

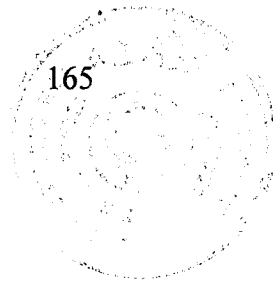
<u>NO</u>	<u>KONU</u>	<u>Sayfa</u>
2.1	Süre-Enerji yoğunluğu fonksiyonunda sesin gelişme ve sönme bölümleri (Croome, 1977)	7
2.2	Yansıma süresine göre Konuşmanın Anlaşılabilirliği ile Sinyal-Gürültü Oranı İlişkisi (Bradly, 1986)	12
2.3	Değişik fonksiyonlar için önerilen yansıma süresi değerleri (Maekawa, Lord, 1994)	14
2.4	Konuşma ve müzik için, frekansa göre optimal yansıma sürelerinin, referans olarak alınan 500 Hz optimal yansıma süresine oranları (Kinsler et al., 1982)	15
2.5	Yanal yansımaların dolaysız sese göre ulaşım gecikmesi fonksiyonunda, dolaysız sese göre algılanan alt eşik düzeyleri (Barron, 1971)	20
2.6	Erken yansımaların yatay açısına bağlı olarak, dolaysız sese göre yan yansımanın düzeyi (Barron, Marshall, 1981)	21
2.7(a)	Erken tavan yansımalarının ve dolaysız sesin, erken yansımaların alt eşik düzeylerini etkilemesi (bir vivaldi parçası için) (Barron, 1971)	22
2.7(b)	Erken tavan yansımalarının ve dolaysız sesin, erken yansımaların alt eşik düzeylerini etkilemesi (konuşma için) (Seraphim, 1963)	22
2.8	Belli gecikme zamanları ve dolaysız sese göre belli gecikme zamanları ve yansıma düzeyleri olan erken yansımaların oluşturduğu öznel etkilenme bölgeleri (Barron, 1971)	23
2.9	Yan yansıma frekansı fonksiyonunda yan yansımaların öznel etkileri (Barron, Marshall, 1981)	25
2.10	Erken yansımaların yatay açısı fonksiyonunda uzaysal etkilenme dereceleri (Barron, Marshall, 1981)	26
2.11	Erken yansımaların düşey ve yatay açıları fonksiyonunda uzaysal etkilenme derecesi (Barron, Marshall, 1981)	27
2.12	Uzaysal Etkilenme Derecesi ile önden ve yandan gelen erken yansımalar arasındaki düzey farkı (Barron, Marshall, 1981)	28
2.13	SI zaman sınırındaki ve LEF arasındaki ilişki (Barron, Marshall, 1981)	29

<u>NO</u>	<u>KONU</u>	<u>Sayfa</u>
2.14	8 ms'lik hata paylarının C80 parametresinin ölçümünü etkilemesi (Pelorson, Vian, Polack, 1992)	36
2.15	Üç ses kaynağı ile yapılan C80 ölçmelerinin karşılaştırılması (Pelorson, Vian, Polack, 1992)	37
2.16	Değişik iki mikrofon ile yapılan iki Erken düşeme süresi (EDT) ölçme sonucunun karşılaştırılması (Pelorson, Vian, Polack, 1992)	37
2.17	Mikrofonun referans konumuna göre 10, 20, 30 ve 50 cm'lik yer değişimi sonucunda ölçülen C80 ve EDT parametrelerinin karşılaştırılması (Pelorson, Vian, Polack, 1992)	38
2.18	Bileşik Yöntem'de hacim içindeki ışınların izlediği yolların ve görüntü kaynaklarının şematik gösterimi (Naylor, 1992)	51
2.19	Bir ses kaynağından çıkan iki ışıandan elde edilen iki görüntü kaynağının (S1 ve S12) ve sekiz ikincil görüntü kaynağının (a, b, c, d, e, f, g, h) oluşturduğu yanıt grafiği (Naylor, 1992)	51
2.20	Ses ışınının, frekansına ve yansıdığı yüzeyin pürüzlülüklerine bağlı olarak yüzeylerden yansması (Harris, 1994)	52
2.21	Dağıtma çarpanları (δ) 0, 0.02, 0.2 ve 1 olan yüzeylerden ses ışınlarının yansmasının şematik görüntüsü (Rindel, 1995)	55
3.1	Çalışma kapsamındaki inceleme ve değerlendirme evreleri	59
3.2	İnceleme ve değerlendirme için yapılan kabuller	61
3.3	İncelenen hacimlerin plan şemaları	65
	İncelenen, değişik büyüklük ve geometrideki hacim kesitleri	66
3.4	İncelenen hacimler üzerinde alınan dinleyici bölge kafesleri	73
4.1	9000 m ³ 'lük yelpaze planlı hacimlerde "Parametre-Dağılım ilişkisi" krokileri	81
4.2	9000 m ³ 'lük kare planlı hacimlerde "Parametre-Dağılım ilişkisi" krokileri	82
4.3	9000 m ³ 'lük dikdörtgen planlı hacimlerde "Parametre-Dağılım ilişkisi" krokileri	83
4.4	3000 m ³ 'lük yelpaze planlı hacimlerde "Parametre-Dağılım ilişkisi" krokileri	84
4.5	3000 m ³ 'lük kare planlı hacimlerde "Parametre-Dağılım ilişkisi" krokileri	85
4.6	3000 m ³ 'lük dikdörtgen planlı hacimlerde "Parametre-Dağılım ilişkisi" krokileri	86
4.7	T parametresi için "Geometri-Dağılım ilişkisi" krokileri	89
4.8	EDT parametresi için "Geometri-Dağılım ilişkisi" krokileri	90
4.9	C80 parametresi için "Geometri-Dağılım ilişkisi" krokileri	91
4.10	TS parametresi için "Geometri-Dağılım ilişkisi" krokileri	92
4.11	LEF parametresi için "Geometri-Dağılım ilişkisi" krokileri	93
4.12	T parametresi için "Büyüklük-Dağılım ilişkisi" krokileri	95
4.13	EDT parametresi için "Büyüklük-Dağılım ilişkisi" krokileri	96

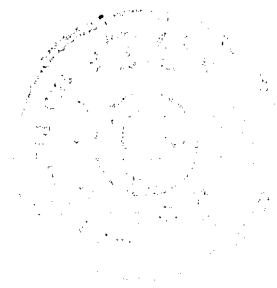
<u>NO</u>	<u>KONU</u>	<u>Sayfa</u>
4.14	C80 parametresi için “Büyüklik-Dağılım ilişkisi” krokileri	97
4.15	TS parametresi için “Büyüklik-Dağılım ilişkisi” krokileri	98
4.16	LEF parametresi için “Büyüklik-Dağılım ilişkisi” krokileri	99
4.17(a)	Yelpaze kare ve dikdörtgen hacimlerde parametreler arası değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli kacim ve 9000 m ³ için)	103
4.17(b)	Yelpaze kare ve dikdörtgen hacimlerde parametreler arası değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli kacim ve 3000 m ³ için)	103
4.18(a)	Yelpaze kare ve dikdörtgen hacimlerde parametreler arası değişim katsayıları (En kısa 8 yansıım süreli kacim ve 9000 m ³ için)	104
4.18(b)	Yelpaze kare ve dikdörtgen hacimlerde parametreler arası değişim katsayıları (En kısa 8 yansıım süreli kacim ve 3000 m ³ için)	104
4.19(a)	Hacim geometrilerine göre, yansıım süresi (T) parametresinin değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli hacim ve 9000 m ³ için)	107
4.19(b)	Hacim geometrilerine göre, yansıım süresi (T) parametresinin değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli hacim ve 3000 m ³ için)	107
4.20(a)	Hacim geometrilerine göre, erken düşme süresi (EDT) parametresinin değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli hacim ve 9000 m ³ için)	108
4.20(b)	Hacim geometrilerine göre, erken düşme süresi (EDT) parametresinin değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli hacim ve 3000 m ³ için)	108
4.21(a)	Hacim geometrilerine göre, netlik (C80) parametresinin değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli hacim ve 9000 m ³ için)	108
4.21(b)	Hacim geometrilerine göre, netlik (C80) parametresinin değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli hacim ve 3000 m ³ için)	108
4.22(a)	Hacim geometrilerine göre, merkez zamanı (TS) parametresinin değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli hacim ve 9000 m ³ için)	108
4.22(b)	Hacim geometrilerine göre, merkez zamanı (TS) parametresinin değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli hacim ve 3000 m ³ için)	108
4.23(a)	Hacim geometrilerine göre, yanal enerji oranı (LEF) parametresinin değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli hacim ve 9000 m ³ için)	109
4.23(b)	Hacim geometrilerine göre, yansıım süresi (LEF) parametresinin değişim katsayıları (En uzun 8 yansıım süreli hacim ve 3000 m ³ için)	109
4.24(a)	Hacim geometrilerine göre, yansıım süresi (T) parametresinin değişim katsayıları (En kısa 8 yansıım süreli hacim ve 9000 m ³ için)	111
4.24(b)	Hacim geometrilerine göre, yansıım süresi (T) parametresinin değişim katsayıları (En kısa 8 yansıım süreli hacim ve 3000 m ³ için)	111

<u>NO</u>	<u>KONU</u>	<u>Sayfa</u>
4.25(a)	Hacim geometrilerine göre, erken düşme süresi (EDT) parametresinin değişim katsayıları (En kısa 8 yansışım süreli hacim ve 9000 m ³ için)	112
4.25(b)	Hacim geometrilerine göre, erken düşme süresi (EDT) parametresinin değişim katsayıları (En kısa 8 yansışım süreli hacim ve 3000 m ³ için)	112
4.26(a)	Hacim geometrilerine göre, netlik (C80) parametresinin değişim katsayıları (En kısa 8 yansışım süreli hacim ve 9000 m ³ için)	112
4.26(b)	Hacim geometrilerine göre, netlik (C80) parametresinin değişim katsayıları (En kısa 8 yansışım süreli hacim ve 3000 m ³ için)	112
4.27(a)	Hacim geometrilerine göre, merkez zamanı (TS) parametresinin değişim katsayıları (En kısa 8 yansışım süreli hacim ve 9000 m ³ için)	112
4.27(b)	Hacim geometrilerine göre, merkez zamanı (TS) parametresinin değişim katsayıları (En kısa 8 yansışım süreli hacim ve 3000 m ³ için)	112
4.28(a)	Hacim geometrilerine göre, yanal enerji oranı (LEF) parametresinin değişim katsayıları (En kısa 8 yansışım süreli hacim ve 9000 m ³ için)	113
4.28(b)	Hacim geometrilerine göre, yansışım süresi (LEF) parametresinin değişim katsayıları (En kısa 8 yansışım süreli hacim ve 3000 m ³ için)	113
4.29	Hacim büyüklüklerine göre T parametresinin DK'ları (yelpaze hacim için)	117
4.30	Hacim büyüklüklerine göre EDT parametresinin DK'ları (yelpaze hacim için)	117
4.31	Hacim büyüklüklerine göre C80 parametresinin DK'ları (yelpaze hacim için)	117
4.32	Hacim büyüklüklerine göre TS parametresinin DK'ları (yelpaze hacim için)	117
4.33	Hacim büyüklüklerine göre LEF parametresinin DK'ları (yelpaze hacim için)	117
4.34	Hacim büyüklüklerine göre T parametresinin DK'ları (kare hacim için)	118
4.35	Hacim büyüklüklerine göre EDT parametresinin DK'ları (kare hacim için)	118
4.36	Hacim büyüklüklerine göre C80 parametresinin DK'ları (kare hacim için)	118
4.37	Hacim büyüklüklerine göre TS parametresinin DK'ları (kare hacim için)	118
4.38	Hacim büyüklüklerine göre LEF parametresinin DK'ları (kare hacim için)	118
4.39	Hacim büyüklüklerine göre T parametresinin DK'ları (dikdörtgen hacim için)	119
4.40	Hacim büyüklüklerine göre EDT parametresinin DK'ları (dikdörtgen hacim için)	119
4.41	Hacim büyüklüklerine göre C80 parametresinin DK'ları (dikdörtgen hacim için)	119
4.42	Hacim büyüklüklerine göre TS parametresinin DK'ları (dikdörtgen hacim için)	119
4.43	Hacim büyüklüklerine göre LEF parametresinin DK'ları (dikdörtgen hacim için)	119
4.44	9000 m ³ ve 3000 m ³ 'lük yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimlerde T ile EDT parametreleri arasındaki değişim katsayıları ilişkisi	124
4.45(a)	Yansışım süresi-Erken düşme süresi ilişkisi (1000 Hz)	134
4.45(b)	Yansışım süresi-Merkez zamanı ilişkisi (1000 Hz)	134
4.45(c)	Erken düşme süresi-Merkez zamanı ilişkisi (1000 Hz)	134

<u>NO</u>	<u>KONU</u>	<u>Sayfa</u>
4.45(d)	Yansışım süresi-Netlik ilişkisi (1000 Hz)	134
4.45(e)	Erken düşme süresi-Netlik ilişkisi (1000 Hz)	134
4.45(f)	Merkez zamanı- Netlik ilişkisi (1000 Hz)	134
4.46	Hacim genelinde alınan ortalama parametre değerleri arasında 1000 Hz'deki ilişkiler (korelasyon katsayıları)	135
4.47	9000 m ³ 'lük yelpaze hacimde incelemeye alınan örnek konum noktaları	141
4.48(a)	Yansışım süresi-Erken düşme süresi ilişkisi (1000 Hz)	142
4.48(b)	Yansışım süresi-Netlik ilişkisi (1000 Hz)	142
4.48(c)	Yansışım süresi-Merkez zamanı ilişkisi (1000 Hz)	142
4.48(d)	Yansışım süresi-Yanal enerji oranı ilişkisi (1000 Hz)	142
4.48(e)	Erken düşme süresi-Netlik ilişkisi (1000 Hz)	142
4.48(f)	Erken düşme süresi-Merkez zamanı ilişkisi (1000 Hz)	142
4.48(g)	Erken düşme süresi-Yanal enerji oranı ilişkisi (1000 Hz)	143
4.48(h)	Netlik-Merkez zamanı ilişkisi (1000 Hz)	143
4.48(ı)	Netlik-Yanal enerji oranı ilişkisi (1000 Hz)	143
4.48(j)	Merkez zamanı-Yanal enerji oranı ilişkisi (1000 Hz)	143
4.49	9000 m ³ 'lük örnek konum noktalarındaki EDT/TS ilişkisinin hacim genelindeki ortalaması (500, 1000 Hz ve frekanslara göre ortalama için)	147
4.50(a)	9000 m ³ 'lük yelpaze hacmin U2 yutuculuk seçeneğindeki, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	161
4.50(b)	9000 m ³ 'lük yelpaze hacmin U4 yutuculuk seçeneğindeki, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	162
4.51(a)	9000 m ³ 'lük kare hacmin U2 yutuculuk seçeneğindeki, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	162
4.51(b)	9000 m ³ 'lük kare hacmin U4 yutuculuk seçeneğindeki, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	163
4.52(a)	9000 m ³ 'lük dikdörtgen hacmin U4 yutuculuk seçeneğindeki, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	163
4.52(b)	9000 m ³ 'lük dikdörtgen hacmin U8 yutuculuk seçeneğindeki, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	164
4.53(a)	3000 m ³ 'lük yelpaze hacmin U2 yutuculuk seçeneğindeki, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	164
4.53(b)	3000 m ³ 'lük yelpaze hacmin U4 yutuculuk seçeneğindeki, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	165
4.54(a)	3000 m ³ 'lük kare hacmin U4 yutuculuk seçeneğindeki, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	165



<u>NO</u>	<u>KONU</u>	<u>Sayfa</u>
4.54(b)	3000 m ³ 'lük kare hacmin U6 yutuculuk seçeneğindeki, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	165
4.55(a)	3000 m ³ 'lük dikdörtgen hacmin U4 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	166
4.55(b)	3000 m ³ 'lük dikdörtgen hacmin U6 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki uygun değerlerdeki parametreler	166
E.1.1.	Değişkenler arasında negatif ve pozitif yönde ilişkilerin olması ve ilişki bulunmaması durumlarının serpilme diyagramı üzerinde gösterimi	182
E.2.1.	Simetriklik incelemesine alınan örnek konum noktaları	185
E.3.1.	Duyarlılıkları incelenen simulasyon program sonuçlarının öznel tolerans aralıklarında bulundukları yerler (Vorlönder, 1995)	196
E.4.1.	Yansıma süresinin 9000 m ³ 'lük yelpaze hacmin (U1) dağılım krokileri (125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz için)	204
E.4.2.	Erken düşme süresinin 9000 m ³ 'lük yelpaze hacmin (U1) dağılım krokileri (125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz için)	204
E.4.3.	Netlik parametresinin 9000 m ³ 'lük yelpaze hacmin (U1) dağılım krokileri (125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz için)	205
E.4.4.	Merkez zamanının 9000 m ³ 'lük yelpaze hacmin (U1) dağılım krokileri (125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz için)	205
E.4.5.	Yanal enerji oranını 9000 m ³ 'lük yelpaze hacmin (U1) dağılım krokileri (125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz için)	206



TABLO LİSTESİ

<u>NO</u>	<u>KONU</u>	<u>Sayfa</u>
2.1	Yansıyım süresine (T) bağılı önerilen Yansıyım İndeksi (R_{index}) değerleri (Cremer, Müller, Schultz, 1982)	11
2.2	Orkestra ve opera konserleri için değerlendirme skalaları (Beranek, 1962)	30
2.3	T, EDT, C80 ve RR parametrelerinin uygun değerleri (Jordan, 1980)	31
2.4	T, EDT, C80 parametrelerinin tekrarlanan ölçme sonuçlarının standart sapmaları (Pelorson, Vian, Polack, 1992)	38
3.1	İncelenen hacimler ile ilgili özellikler	63
3.2	European, Volkman ve Altın Oran (Golden Section) hacim boyut oranları (Rettinger, 1988)	64
3.3	Değerlendirmeye alınan hacim yüzeylerinde kullanılan yutma çarpanları(a) ve dağıtma çarpanı (δ)	68
3.4	Yüzeyleri çok yansıtıcı özellik gösteren hacimlerde yutuculuklar	69
3.5	Yüzeyleri orta yansıtıcı özellik gösteren hacimlerde yutuculuklar	69
3.6	9000 m ³ 'lük düşük yutuculuktaki hacimlerde yüzey yutuculukları	70
3.7	9000 m ³ 'lük orta yutuculuktaki hacimlerde yüzey yutuculukları	70
3.8	3000 m ³ 'lük düşük yutuculuktaki hacimlerde yüzey yutuculukları	71
3.9	3000 m ³ 'lük orta yutuculuktaki hacimlerde yüzey yutuculukları	71
3.10	Seçilen kaynak ile ilgili özellikler	72
3.11	Seçilen alıcı ile ilgili özellikler	74
4.1	Hacim büyüklüklerine göre Geometri-Parametre dağılımı ilişkisi	94
4.2	İncelenen salonlar içinde, yansıyım süresi en uzun 8 hacimdeki parametrelere göre, 1000 Hz Değişim Katsayıları (DK) ortalamaları	102
4.3	İncelenen salonlar içinde, yansıyım süresi en kısa 8 hacimdeki parametrelere göre, 1000 Hz Değişim Katsayıları (DK) ortalamaları	104
4.4	9000 m ³ 'lük hacimlerde, parametrelerin değişim katsayıları (yansıyım süresi en uzun olan 8 hacim için sırasıyla ve 1000 Hz için)	106
4.5	3000 m ³ 'lük hacimlerde, parametrelerin değişim katsayıları (yansıyım süresi en uzun olan 8 hacim için sırasıyla ve 1000 Hz için)	107
4.6	9000 m ³ 'lük hacimlerde, parametrelerin değişim katsayıları (yansıyım süresi en kısa olan 8 hacim için sırasıyla ve 1000 Hz için)	110

<u>NO</u>	<u>KONU</u>	<u>Sayfa</u>
4.7	3000 m ³ 'lük hacimlerde, parametrelerin değişim katsayıları (yansışım süresi en kısa olan 8 hacim için sırasıyla ve 1000 Hz için)	111
4.8	Dağılım düzgünlüğü açısından geometrik biçiminin durumunu ortaya koyan irdeleme sonuçları (yansışım süresi uzun hacimler açısından)	113
4.9	Dağılım düzgünlüğü açısından geometrik biçiminin durumunu ortaya koyan irdeleme sonuçları (yansışım süresi kısa hacimler açısından)	114
4.10	Yelpaze planlı hacimlerde parametrelerin değişim katsayıları	115
4.11	Kare planlı hacimlerde parametrelerin değişim katsayıları	115
4.12	Dikdörtgen planlı hacimlerde parametrelerin değişim katsayıları	116
4.13	Hacimlerdeki parametre dağılımlarının daha düzgün olduğunun saptandığı hacim büyüklükleri ve bunlarda yer alan hacim tipleri	120
4.14	9000 m ³ 'lük hacimlerde yansışım süresinin uzunluğu ile parametrelerin değişim katsayıları arasındaki ilişkiler (korelasyon katsayıları)	121
4.15	3000 m ³ 'lük hacimlerde yansışım süresinin uzunluğu ile parametrelerin değişim katsayıları arasındaki ilişkiler	122
4.16	Parametrelere göre, yansışım süresi ile düzgün dağılım ilişkisi sıralaması (500 Hz, 1000 Hz ve altı frekansın ortalaması için)	122
4.17	Büyüklüklere ve yüzey yutuculuklarına göre hacim çiftlerinin parametre dağılımlarını etkileme sıralaması	126
4.18(a)	Hacim genelinde zamansal dağılım ilişkilerini ortaya koyan 500 Hz için metre değerleri arası korelasyon katsayıları	131
4.18(b)	Hacim genelinde 500 Hz için parametreler arası ilişkiler	131
4.19(a)	Hacim genelinde zamansal dağılım ilişkilerini ortaya koyan 1000 Hz için metre değerleri arası korelasyon katsayıları	131
4.19(b)	Hacim genelinde 1000 Hz için parametreler arası ilişkiler	132
4.20(a)	Hacim genelinde zamansal dağılım ilişkilerini ortalama olarak ortaya koyan ortalama parametre değerleri arası korelasyon katsayıları	132
4.20(b)	Hacim genelinde parametre ortalamalarına göre ortalama parametreler arası ilişkiler	132
4.21	Sembollerin içerdikleri korelasyon katsayıları aralıkları	133
4.22	9000 m ³ 'lük yelpaze hacmin yutuculuk özellikleri açısından U2 seçeneğinde, örnek konum (ÖK) noktalarındaki 500 Hz, 1000 Hz ve ortalama için parametre değerleri	133
4.23	9000 m ³ 'lük yelpaze hacimde, 16 değişik yutuculuk için, 1000 Hz'deki parametreler arası korelasyon katsayıları	144

<u>NO</u>	<u>KONU</u>	<u>Sayfa</u>
4.24	Her bir hacmin büyüklük ve geometrisinin 16 değişik yutuculuk seçeneği ortalamasına göre korelasyon katsayısı uç değerleri	145
4.25	Öznel algılamada parametreler için alınabilecek ayırdetme aralıkları önerileri (Vorländer, 1995)	150
4.26	Uygun değerlerdeki parametreler için tolerans sınırları	151
4.27(a)	EDT parametresi açısından uygun durumda olan yelpaze planlı hacimler	152
4.27(b)	EDT parametresi açısından uygun durumda olan kare planlı hacimler	152
4.27(c)	EDT parametresi açısından uygun durumda olan dikdörtgen planlı hacimler	153
4.28(a)	C80 parametresi açısından uygun durumda olan yelpaze planlı hacimler	153
4.28(b)	C80 parametresi açısından uygun durumda olan kare planlı hacimler	154
4.28(c)	C80 parametresi açısından uygun durumda olan dikdörtgen planlı hacimler	154
4.29(a)	TS parametresi açısından uygun durumda olan yelpaze planlı hacimler	155
4.29(b)	TS parametresi açısından uygun durumda olan kare planlı hacimler	155
4.29(c)	TS parametresi açısından uygun durumda olan dikdörtgen planlı hacimler	156
4.30(a)	LEF parametresi açısından uygun durumda olan yelpaze planlı hacimler	156
4.30(b)	LEF parametresi açısından uygun durumda olan kare planlı hacimler	157
4.30(c)	LEF parametresi açısından uygun durumda olan dikdörtgen planlı hacimler	157
4.31	Örnek konum noktalarında belirlenen 4, 3, 2, 1 parametrenin bir arada uygun durumda bulunduğu ve hiç uygun durumda bulunmadığı örnek konum nokta yüzdeleri	167
E.2.1	9000 m ³ 'lük yelpaze hacimde parametreler arası simetriklik ayırım sıralaması	187
E.2.2	9000 m ³ 'lük kare hacimde parametreler arası simetriklik ayırım sıralaması	187
E.2.3	9000 m ³ 'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası simetriklik ayırım sıralaması	188
E.2.4	Frekanslara göre simetriklik ayırımlarını ortaya koymaya yönelik değerlendirme sonuçlarından alınan 9000 m ³ 'lük kare hacim için U2 ve O2 örneği (T, C80, EDT, TS parametreleri için)	189
E.2.5	Yansıma süresi ile simetriklik değişimleri konusundaki çalışmaların özet sonuçları	190
E.2.6	Frekanslara göre simetriklik ayırımlarını ortaya koymaya yönelik değerlendirme sonuçlarından alınan 3000 m ³ 'lük dikdörtgen hacim için U2 ve O2 örneği (T, EDT, C80, TS parametreleri için)	190
E.2.7	Yansıma süresi uzun U2 hacminde, kaynak-örnek konum noktası arasındaki uzaklığın simetriklik ayırımlarına etkisi	192
E.2.8	Yansıma süresi uzun O2 hacminde, kaynak-örnek konum noktası arasındaki uzaklığın simetriklik ayırımlarına etkisi	193

NO	KONU	Sayfa
E.3.1	Duyarlılıkları incelenen simulasyon program sonuçlarının tutarlılık yüzdeleri (Vorländer, 1995)	196
E.3.2	Odeon 2.5 hesaplarında kullanılan verilerden önemlileri	202
E.5.1	9000 m ³ 'lük yelpaze hacmin ortalama akustik parametre değerleri	208
E.5.2	3000 m ³ 'lük yelpaze hacmin ortalama akustik parametre değerleri	209
E.5.3	9000 m ³ 'lük kare hacmin ortalama akustik parametre değerleri	210
E.5.4	3000 m ³ 'lük kare hacmin ortalama akustik parametre değerleri	211
E.5.5	9000 m ³ 'lük dikdörtgen hacmin ortalama akustik parametre değerleri	212
E.5.6	3000 m ³ 'lük dikdörtgen hacmin ortalama akustik parametre değerleri	213
E.6.1	9000 m ³ 'lük yelpaze hacmin değişim katsayıları	215
E.6.2	3000 m ³ 'lük yelpaze hacmin değişim katsayıları	215
E.6.3	9000 m ³ 'lük kare hacmin değişim katsayıları	216
E.6.4	3000 m ³ 'lük kare hacmin değişim katsayıları	216
E.6.5	9000 m ³ 'lük dikdörtgen hacmin değişim katsayıları	217
E.6.6	3000 m ³ 'lük dikdörtgen hacmin değişim katsayıları	217
E.7.1(a)	9000 m ³ 'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz için)	219
E.7.1(b)	9000 m ³ 'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz için)	219
E.7.1(c)	9000 m ³ 'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (ORT için)	219
E.7.2(a)	3000 m ³ 'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz için)	220
E.7.2(b)	3000 m ³ 'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz için)	220
E.7.2(c)	3000 m ³ 'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (ORT için)	220
E.7.3(a)	9000 m ³ 'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz için)	221
E.7.3(b)	9000 m ³ 'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz için)	221
E.7.3(c)	9000 m ³ 'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler (ORT için)	221
E.7.4(a)	3000 m ³ 'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz için)	222
E.7.4(b)	3000 m ³ 'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz için)	222
E.7.4(c)	3000 m ³ 'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler (ORT için)	222
E.7.5(a)	9000 m ³ 'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz için)	223
E.7.5(b)	9000 m ³ 'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz için)	223
E.7.5(c)	9000 m ³ 'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası ilişkiler (ORT için)	223
E.7.6(a)	3000 m ³ 'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz için)	224
E.7.6(b)	3000 m ³ 'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz için)	224
E.7.6(c)	3000 m ³ 'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası ilişkiler (ORT için)	224
E.8.1	9000 m ³ 'lük çok yansıtıcı yüzeyli hacimlerde, ilgili frekanslarda EDT, C80, TS ve LEF dağılımları üzerindeki önem sıralamaları	227

<u>NO</u>	<u>KONU</u>	Sayfa
E.8.2	9000 m ³ 'lük orta yansıtıcı yüzeyli hacimlerde, ilgili frekanslarda EDT, C80, TS ve LEF dağılımları üzerindeki önem sıralamaları	228
E.8.3	3000 m ³ 'lük çok yansıtıcı yüzeyli hacimlerde, ilgili frekanslarda EDT, C80, TS ve LEF dağılımları üzerindeki önem sıralamaları	228
E.8.4	3000 m ³ 'lük orta yansıtıcı yüzeyli hacimlerde, ilgili frekanslarda EDT, C80, TS ve LEF dağılımları üzerindeki önem sıralamaları	229
E.8.5	Büyükliklere ve yüzey yutuculuklarına göre hacim çiftlerinin parametre dağılımlarını etkileme sıralaması	229



KISALTMALAR LİSTESİ

<u>KISALTMA</u>	<u>TANIM</u>
AQI	Acoustic Quality Index (Akustik Kalite Göstergesi)
CDFT	Klasik Yayınık Ses Alanı Teorisi (Classic Diffuse Field Theory)
DKG	Dikdörtgen planlı hacim
ISO	Uluslararası Standartlaştırma Organizasyonu (International Organization for Standardization)
KARE	Kare planlı hacim
ORT	125, 250, 500, 1000, 2000 VE 4000 Hz'deki parametrelerin ortalamaları alınarak elde edilen değer
YEL	Yelpaze planlı hacim

Bu tez çalışmam boyunca, bilimsel bir tutumla beni destekleyen, doktora çalışmamın yöneticisi değerli hocam Sayın Doç. Dr. Zerhan Karabiber'e; yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Prof. Şazi Sirel ve Sayın Prof. Müjgan Şerefhanoglu'na; ayrıca Danimarka Teknik Üniversitesi, Akustik Laboratuvarında geliştirilmiş olan bir hacim akustiği simulasyon programından ve diğer laboratuvar yayınlarından yararlanmamı sağlayan Sayın Prof. Jens Holger Rindel'e teşekkürlerimi sunarım.



ÖZET

Konser ve konferans salonları gibi akustik açıdan önemli bulunan hacimlerin olumlu akustik özellikler taşıyabilmesi için, gerek tasarım gerekse değerlendirme aşamasında dikkate alınması gereken akustik ölçütler konusunda uzun yıllardır süregelen oldukça kapsamlı çalışmalardan söz edilebilmektedir. Bilimsel ve teknolojik gelişme arttıkça iyi akustik özellikleri tanımlayabilecek parametreler üzerine daha geniş kapsamlı, derinlemesine araştırmalar yapılmaya yönelinmiştir. Öte yandan, akustik parametrelerin hacim içindeki dağılımı konusu, üzerinde yeterli düzeyde çalışılmayan bir alan olarak kalmıştır. Oysa, hacimlerde yayınlık ya da düzgün yayınlılığın sağlanması, akustik parametreler konusunda yapılan çalışmaların ve elde edilen sonuçların geçerliliği konusunda bir ön koşul durumundadır. Bir başka deyişle, hacimlerin akustik yönden değerlendirmelerinin yeterliliği, parametrelerin doğru saptanması ve irdelenmelerinin yanısıra, bunların dağılım durumlarının da (düzgünlüklerinin) ortaya konmasına bağlıdır.

Bu sav doğrultusunda bu çalışmanın amacı,

“Hacim akustiği açısından önemli ortamlarda, akustik koşul dağılımlarının hacim içindeki durumlarının/düzgünlüklerinin saptanması ve parametreler arasındaki dağılım ilişkilerinin ortaya konulması”

olarak belirlenmiştir.

Belirlenen bu amaca yönelik olarak yapılan tez çalışması, beş ana bölüm ve eklerden oluşmaktadır.

Bölüm 1’de, bir hacmin akustik açıdan tanımlanması ve değerlendirilmesine yönelik olarak geliştirilen çok sayıda ölçüt olduğu, buna karşın ölçütleri ortaya koyan çalışmalar arasındaki kopukluklar nedeni ile, akustik değerlendirmeler açısından tam bir görüş birliğine ve tutarlılığa ulaşılamadığına değinilmiştir. Ayrıca, hacimlerdeki yayınlılığın, akustik değerlendirmelerde bir ön koşul durumunda olması gerekliliği ve akustik ortamlarda düzgün dağılımın çoğunlukla sağlanamadığı görüşü ortaya atılarak, bu konuya tez kapsamında yapılan çalışmalarda açıklık getirileceği belirtilmiş ve tezin amacı ortaya konulmuştur.

Bölüm 2’de hacimlerde akustik değerlendirmelerin gerçekleştirilebilmesi ile ilgili çalışmalardan tezin amacına yönelik olanlara yer verilmiştir. Önemli hacim akustiği parametreleri konusunda bilgiler, hacimleri akustik açıdan tümü ile değerlendirmeye yönelik yöntem ve sistem arayışları ve akustik koşulların ölçülmesine yönelik yöntem ve sistemler bu bölümde yer almıştır. Ayrıca, öznel ve nesnel değerlendirmeler arasındaki ilişkileri ortaya koymaya yönelik çalışmalar ile hacim akustiği simülasyon programları ile ilgili bilgilere de kısaca değinilmiştir.

Bölüm 3’de, hacimlerdeki akustik koşul dağılımlarının irdelenmesine yönelik olarak yapılan bu tez çalışmasında ortaya konan yöntem yer almaktadır. Ayrıca, çalışmada kullanılmak üzere saptanan, hacim, kaynak, alıcı tip ve özellikleri ile inceleme kapsamına alınacak hacim akustiği parametreleri, frekanslar ve simulasyon kabulleri de bu bölümde sunulmaktadır.

Bölüm 4’de, akustik koşul dağılım biçimlerinin irdelenmesi ve bunların sonucunda ortaya çıkan bulgular yer almaktadır. Akustik koşulların inceleme ve değerlendirilmesi;

- mekanda,
- zamanda,
- noktada

dağılımların irdelendiği üç alt bölümde gerçekleştirilmiştir.

Mekanda dağılım incelemeleri, parametrelerin yeterli sayıda dinleyici konumundaki durumlarının incelenmesi sonucunda, hacmin genelinde değişik bölgeler arasındaki dağılım durumunun ortaya konmasına,

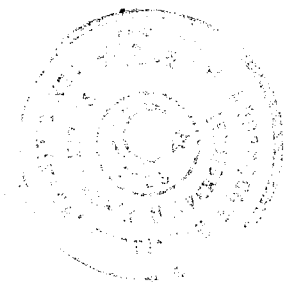
zamanda dağılım incelemeleri, hacim içinde sesin doğma, gelişme ve sönme evrelerinin istenilen biçimi gösterip göstermediğinin incelenmesine,

noktada dağılım incelemeleri ise, hacmin içindeki her bir dinleyici noktasındaki akustik parametrelerin, birbirlerine göre uygun değerlerde olup olmadığının araştırılması sonucunda, hacmin içindeki olumlu ve olumsuz dinleyici bölgelerinin belirlenmesine

yöneliktir.

Bölüm 5’de tez kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların genel bir değerlendirilmesi yapıldıktan sonra, hacimlerde dinleyici noktaları arasında akustik parametre dağılımları açısından belirgin ayrımların bulunduğu, bu ayrımların hacim büyüklüğüne, geometrisine bağlı olarak değiştiği, ayrıca akustik parametrelere göre de dağılım düzgünlüklerinin farklılık gösterdiği saptanmıştır. Böylelikle, bu çalışmanın çıkış noktası olan parametre dağılımlarının akustik açıdan gözardı edilemeyen önemde olduğu, yani dağılım düzgünlüğü belirtilmemiş akustik değerlendirmelerin yetersiz olacağı savının geçerliliği kanıtlanmıştır.

Ekler bölümünde ise, inceleme ve değerlendirmelerde yararlanılmış, hacim akustiği simulasyon programı, konu ile ilişkili yan araştırma sonuçları, kimi kuramsal bilgiler, grafik ve tablolar sunulmuştur.



SUMMARY

For many years, there has been fairly comprehensive studies on the acoustic criteria which should be taken into consideration both in design and evaluation of rooms like concert and conference halls, in order to enable these rooms to employ favourable acoustic properties. Along with the advances in science and technology, comprehensive and in depth analysis to define and investigate favourable acoustic properties have intensified. However, the distribution of these acoustic criteria within a room still remains a subject about which little satisfactory work exists. Actually, diffuseness in rooms is a prerequisite for the validity of the studies on acoustic criteria and their applications. In other words, acoustical evaluation of rooms and the determination and questioning of acoustic parameters depends on the distribution of these parameters in the room.

In line with this observation, the aim of this study is to,

“Determine the behaviour/uniformity of acoustic criteria distributions in rooms, which are of value from a room acoustics point of view, and to examine the relations between the distributions of various criteria.”

This thesis consists of five sections and appendixes.

Section one, mentions a number of different criteria which are used to define and evaluate acoustic properties of rooms. However, due to the existing gaps and inconsistencies between previous studies, a consistent and generally excepted view on the issue does not exist. In this section, the view that diffuseness is a prerequisite for the validity of acoustic evaluations and that in room acoustics a uniform distribution is generally not present, is suggested. Furthermore, it is claimed that this issue will be clarified within the context of this thesis and the purpose of the thesis is stated.

Section two, details the previous works on defining and evaluating room acoustics properties, which are relevant to the scope of this thesis. Important room acoustics criteria, search for methods for fully evaluating rooms, and methods for measuring acoustic criteria are all explained in this section. Work on identifying the quantitative and qualitative evaluations and room acoustics simulation softwares are also summarised.

Section three explains the methodology followed throughout this thesis for studying the acoustic criteria distributions. In addition the volumes, sources, receiver type and properties, the acoustic parameters to be included in the study, frequencies and simulation assumptions are explained.



Section four is concerned about the investigation of acoustic parameter distributions and about the findings which are the outcomes of these studies. Examination and evaluation of acoustic parameters are discussed in three sub-sections where the distributions,

- at different positions of the room,
- in time
- at a point

are studied.

In the studies at “different positions of the room”, after the evaluation of the parameters in the presence of sufficient number of listeners, the distribution of these parameters at different regions of the room is examined.

The studies “in time” are concerned with whether the growth, balance and decay stages of sound display the desired characteristics in the room.

The studies “at a point” are mainly about the acoustic characteristics observed at listening points (seats in an auditorium). After the consistency of these parameters at each location is studied, favourable and unfavourable seating locations are identified.

In section five a general review of the results obtained during this thesis is presented. It is stated that there exists significant differences in acoustic parameter distributions between listening points depending on the size and geometry of the room. It is also stated that the uniformity of these distributions vary significantly depending on the type of the criteria in question. This way, the initial postulate that acoustic parameters distributions are of utmost value in characterising a room and that acoustic evaluations where distribution uniformity is not mentioned are incomplete, is proved.

In the appendixes, room acoustics simulation software, some related research results, theoretical reminders, graphics and tables, all of which provide support to this thesis are displayed.

1. GİRİŞ-ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

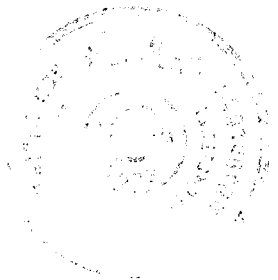
Müzik ya da konuşma amaçlı konser ve konferans salonları gibi hacimlerin olumlu akustik özellikler taşıyabilmesi için, gerek tasarım gerekse değerlendirme aşamasında dikkate alınması gereken ölçütler konusu, uzun yıllardır süregelen ve günümüzde bile sonuçlanamamış bir araştırma alanını oluşturmaktadır. Yakın bir döneme kadar olan çalışmalarda, yansıma süresi bir hacmin en önemli belirleyicisi olarak gösterilmekteydi. Günümüzde ise, bir salonun akustik kalitesinin eksiksiz olarak belirlenebilmesi için, yansıma süresinin tek başına yeterli olamayacağı, bu ölçüt (kriter) yanında pek çok nesnel ve öznel ölçütün de değerlendirmeye alınması gerektiği konusunda tüm akustikçiler görüş birliği içindedir. Hacim akustiğini daha somut ve tanımlanabilir değişkenlere kavuşturmak amacı ile, ölçme ve değerlendirme olanakları arttıkça daha ayrıntılı incelemeler yapılmaktadır. Öte yandan, bu araştırmaların sonucunda ortaya çıkan yeni akustik ölçütlerin, belirleyicilikte ne oranda etkin rol oynadıkları, gereklilikleri ve hatta o hacmi akustik açıdan tanımlayabilirlikleri konusunda ortak bir görüşe de varılabilmiş değildir. Her akustikçinin kendi belirlediği sınırlar ve koşullar içinde tutarlı çalışmalar yaptığı söylenebilmektedir. Ancak, çoğunlukla birbirinden kopuk olarak yapılan bu çalışmalar sonucunda ortaya atılan çok sayıdaki ölçütün birarada değerlendirilmeleri ya olanaksız olmakta ya da tutarsızlıklar göstermektedir. Sonuçta da bilimsel açıdan olması beklenen, değişik çalışma sonuçlarının birbirlerini desteklemeleri yolu ile akustik alanda tutarlı, yalın ve uygulamaya dönük bir değerlendirme yöntemine ulaşılabilmesi durumu henüz gerçekleşmemiştir

Bir hacmin akustik olarak tanımlanabilmesinde kullanılan ya da yararlanılan ölçütler iki grupta toplanabilmektedir. Ölçme ve hesaplama yoluyla belirlenen ölçütler, bu gruplardan birini oluşturur ve bunlara nesnel ölçütler de denilebilir. Diğer grupta ise, çeşitli istatistiksel yöntemler aracılığı ile belirlenen öznel değerlendirmeler yani öznel ölçütler yer almaktadır. Hacim akustiği ile ilgili çalışmaların temel ereği, insanların algılama ve değerlendirmelerinde beğeni, hoşnutluk, konfor oluşturmak olduğundan, esas olan öznel ölçütlerdir. Ölçme ve hesap yolu ile belirlenmiş nesnel bir ölçüt (kriter), ona ilişkin öznel değerlendirme ile uyum gösterdiğinde bir başka deyişle genellenebilir ve yinelenebilir olduğunda artık kabul görmüş olarak kullanıma girebilmektedir.

Hacmin sese etkilerinin araştırılması için yapılan nesnel (ölçme ve hesaplar) çalışmalar, elektronik ve bilgisayar teknolojisi ile edinilen bulgular doğrultusunda giderek hem nicelik hem de nitelik olarak artmaktadır. Akustikçiler ise, sözkonusu gelişmiş

teknolojilerle ulaşılan ayrıntılı nesnel değerler ile öznel değerlendirmeler arasında koşutluk oluşturma çabasındadır. Oysa bu ilişki iki temel nedenden ötürü oldukça güç kurulabilmektedir. Bu nedenlerden biri nesnel değerlerin giderek, insan değerlendirmesinin her konuda varolan alt eşiğini ve ayırdedebilirlik sınırlarını zorlayacak hatta aşacak derecede ayrıntılı olmaya yönelmesi, öteki ise öznel değerlendirmeleri etkileyen pek çok değişkenin bulunmasıdır. Öznel değerlendirmelerin de kendi içinde iki temel güçlüğü söz konusudur. Bunlar değerlendirme yöntemlerindeki güçlükler (güvenilir sonuçlara ulaşmaya yetecek sayıda deneğin, yeterli karşılaştırmanın yapılabileceği sayıda salona götürülmesi, tasarım aşamasındaki salonların değerlendirilmesi ve benzeri konulardaki güçlükler) ile, beğeni, psikolojik durum gibi kişisel özelliklerden kaynaklanan güçlüklerdir. Öte yandan yalnızca öznel değerlendirmelerin kullanılması ile tutarlı sonuçların elde edilebilmesi uygulamada neredeyse olanaksız olduğundan belli kabuller çerçevesinde öznel değerlendirmelere dayanan nesnel değerlendirmelerin devreye girmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Günümüzde bir hacmin sağlıklı olarak tanımlanabilmesinde, değerlendirmeye alınması gereken akustik ölçütler ve bu ölçütler arasındaki önem sıralamasının yanısıra her bir akustik ölçütün olması beklenen kabul edilebilir değerleri konusunda da tam bir görüş birliğine ulaşılamadığı çeşitli literatür çalışmalarından izlenebilmektedir. Akustikçilerin, teknolojinin gelişmesi ile birlikte kendilerince önemli buldukları öznel ve nesnel akustik ölçütler konusunda daha derinlemesine ve daha köklü çalışmalara yönedikleri görölmektedir. Öte yandan hacimlerin akustik yeterliliklerinin inceleme ve değerlendirilmesinde yararlanılacak parametreler kadar, bunların hacimlerdeki dağılım durumlarının değerlendirilmesi de önemlidir. Bir başka deyişle, hacimlerin akustik yönden değerlendirilmelerinin yeterliliği, bir yandan parametrelerin doğru saptanmasına öte yandan ise parametrelerin dağılım durumlarının belirlenmesine bağlıdır. Çünkü, hacim içindeki akustik koşulların dağılımında önemli ayrımlar olması durumunda, hem tek tek parametrelerin hem de bütünüyle hacmin değerlendirilmesi güçleşecektir. Ayrıca, akustik koşul dağılımlarının gerek hacim gerekse zamanda büyük değişkenlikler göstermesi, öznel değerlendirmeler ile nesnel değerler arasında kurulması öngörölen ilişkileri de etkileyecektir. Hacimde akustik koşulların dağılım durumu dikkate alınmadan yapılacak değerlendirmeler ise, büyük olasılıkla yanlış en iyimser bakış açıısıyla eksik olacaktır. Oysa bu konu, gerek değerlendirme ölçütleri üzerinde tam bir görüş birliğine ulaşılamamış olması gerekse de teknolojik yetersizlikler nedeniyle, üzerinde yeterli olarak çalışılmamış bir alan olarak kalmıştır.



Bu tez çalışmasında, akustik koşulların hacimlerin öznel ve/ya da nesnel açıdan değerlendirilmesinde kaçınılmaz olarak dikkate alınmayı gerektirecek düzeyde dağılım değişkenlikleri gösterdiği savının irdelenmesi gerçekleştirilecektir. Bu sav doğrultusunda bu çalışmanın amacı, hacim akustiği açısından önemli ortamlarda, akustik koşul dağılımlarının hacim içindeki durumlarının saptanması ve parametreler arasındaki dağılım ilişkilerinin ortaya konulması olarak belirlenmiştir.

Hacimlerdeki akustik koşulların dağılım durumlarının belirlenmesinin önem ve gerekliliğinden yola çıkılarak, bu tez kapsamında geliştirilen yeni ve özgün yöntem çerçevesinde, akustik koşul dağılımları; mekanda, zamanda ve noktada dağılım olmak üzere birbiri ile ilişkili ve birbirini bütünleyici üç başlık altında incelenmekte ve değerlendirilmektedir.

Akustik koşulların mekanda dağılımı, parametrelerin yeterli sayıda dinleyici konumundaki durumlarının incelenmesi sonucunda, hacmin genelindeki dağılım durumunun ortaya konması biçiminde ele alınmaktadır.

Akustik koşulların zamanda dağılımı, hacim içinde sesin doğma, gelişme ve sönme evrelerinin incelenmesi amacıyla yönelik olarak irdelenmektedir.

Akustik koşulların noktada dağılımı ise, yeterli sayıda dinleyici noktası alınarak, bunlarda akustik parametrelerin birbirlerine göre uygun değerlerde olup olmadığının araştırılması sonucunda, hacmin içindeki olumlu ve olumsuz dinleyici bölgelerinin ortaya konulması amacıyla yönelik çalışmaları kapsamaktadır.

Çalışmada akustik koşul dağılımlarının parametreler aracılığı ile belirlenmesi amaçlanmaktadır. Mevcut pek çok parametre içinden konuya uygun olarak seçilenlerin hacim içindeki dağılımları, saptanan değişkenlerle ilgili olarak incelenmektedir. Hacim büyüklüğü, geometrisi ve yutuculuğunun yanısıra kaynak ve alıcı ile ilgili kabuller, birer değişken olarak alınmış ve saptanan parametrelerin değerlerinin belirlenmesinde kullanılan simulasyon programına veri oluşturmuştur. Hacimlerde akustik koşulların dağılım irdelemeleri iki hacim büyüklüğü, üç hacim geometrisi ve altı yutuculuk seçeneği üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Bu tezde ortaya atılan sav ve savın irdelenmesi amacıyla yönelik olarak oluşturulan, akustik koşulların mekanda, zamanda ve noktada dağılım durumlarının incelenme ve değerlendirilmelerine ilişkin yöntem ile, hacimlerin akustik yönden değerlendirilme sürecine hem kuramsal hem de kılğısal katkıların sağlanması amaçlanmaktadır.



2. HACİMLERDE AKUSTİK AÇIDAN GEREKLİ VE YETERLİ DEĞERLENDİRMELERİN GERÇEKLEŞTİRİLEBİLMESİ AMACINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Hacim akustiğine açıklık getirmek amacı ile W.C.Sabine'in çalışmaları ve ortaya koyduğu frekansa göre yansıma süresi parametresi öncelikli olmak üzere, yakın bir zamana değin bir hacmin akustik durumunu tanımlayabilecek sınırlı sayıda parametreden yararlanılabilmektedir. Ancak yıllar geçtikçe akustiği etkileyen etkenlerin oldukça çeşitli ve değişken olduğu, tutarlı bir akustik belirleme yapılabilmesi için çok farklı etkenlerin gözönüne alınması gerektiği yolunda görüşler ağırlık kazanmaya başlamıştır. Örneğin yansıma süresi aynı olan hacimlerde, öznel değerlendirmelerin büyük farklılıklar gösterebilmesi ve yalnızca nesnel değerlendirme yapmanın çok da tutarlı sonuçlar veremediği, yolundaki bulgular bu görüşleri destekleyen etkenlerden bir kaçı olarak sıralanabilir.

Bu ve benzeri araştırma sonuçları, akustikçilerde daha başka kriterler ortaya çıkarma yolunda bir gereksinim olduğu düşüncesini yaratmıştır. Bu düşünce ile birlikte, hacmin akustik özelliklerini ayrıntılı olarak tanımlayabilecek yeni hacim akustiği parametreleri geliştirilmeye başlanmıştır.

Hacimlerin akustiğinin değerlendirilebilmesi konusunda yapılan çalışmalarda uygulanan yöntemler başlıca nesnel ve öznel yöntemler olarak iki bölüme ayrılabilir. Nesnel ölçmeler sonucunda, örneğin yansıma süresinin kaç saniye olduğu ya da fon gürültüsünün kaç desibel (dB) olduğu gibi sayısal değerler ortaya konulabilmekte, öznel ölçmeler sonucunda ise insanın gürültüden rahatsız olup olmadığı ya da bir hacmin akustiğinin iyi ya da kötü olarak değerlendirilmesi gibi beğeni, şikayet ve benzeri tepkiler ortaya konulabilmektedir.

Öznel ölçmeler tümü ile insana bağlı olup, insanın kişisel beğeni ve tercihleri doğrultusunda gerçekleştirilebilmektedir. Bu ölçmelerde, kişisel beğeni, psikolojik durum sonucu etkileyecek önemli etkenlerdir. Ayrıca aynı akustik koşullarda, farklı zamanlarda yapılabilecek öznel ölçmelerde yine kişisel etkenlere bağlı olarak ortaya farklı sonuçlar çıkabilmektedir.

Hacim akustiği koşullarının nesnel olarak ölçümü ise, "hesaplama" ve "aletle ölçme" olarak iki bölümde değerlendirilebilir. Öznel ve nesnel yollarla yapılan değerlendirme sonuçları arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve uyumunun sağlanması önemli bir konudur.



Bu bölümde, hacimlerin akustik açıdan değerlendirilmelerine yönelik çalışmaların belli başlılarının tanıtılması amaçlanmaktadır. Bölüm tezin amacını desteklemek ve amaca ulaşmada kullanılacak yöntemin belirlenmesine temel oluşturacak ilkeler, gözönünde tutularak düzenlenmiştir.

Bölüm 2.1'de hesapla ya da ölçme ile elde edilen hacim akustiği parametreleri ve bu parametrelerin önerilen değerleri konusunda kısa açıklamalar yer almaktadır. Bölüm 2.1'de yer alan akustik parametrelerin hangilerinin hangi durumlarda daha önemli olduğu konusunda akustikçilerin değişik görüşleri vardır. Bu konuda Beranek, Jordan ve Ando'nun toplu değerlendirme biçimleri Bölüm 2.2'de açıklanmaktadır. Bu üç akustikçi, hacim akustiğinin belirlenmesinde, öznel ya da nesnel yöntemlerden uygun bulduklarını toplu değerlendirme kapsamına almışlardır. Bölüm 2.3'de ise, hacimdeki öznel ve nesnel akustik koşulların ölçülmesine yönelik çalışmalar yer almaktadır. Bu bölümde öznel ve nesnel ölçüm biçimlerine örnekler verilirken, ölçüm sonuçlarını etkileyen etkenlere değinilmektedir. Bölüm 2.4'de öznel ve nesnel değerlendirmeler arasındaki ilişkileri ortaya koymaya yönelik olarak akustikçilerin yaptıkları çalışmalardan birkaçı sunulmaktadır. Bölüm 2.5'de ise hacimlerin akustik açıdan değerlendirilmelerinin daha kısa sürede ve daha ayrıntılı yapılabilmesine yönelik olan simulasyon programlarına ilişkin çalışmalar yer almaktadır.

2.1. HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİ KONUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bir hacimde yer alan bir ses kaynağının ses enerjisi yayımlaması ile ortaya çıkan akustik oluşumların değişik açılardan irdelenerek, çeşitli parametreler ile tanımlanabilmeleri olasıdır. Günümüze değin değişik akustikçiler tarafından ortaya konmuş ve hacim akustiği değerlendirmelerinde kullanılan ya da kullanılması öngörülen çok sayıda parametre bulunmaktadır. Bu parametreler kaynak açıldıktan sonra ses enerjisinin yayımlanmaya başladığı andan, kaynak kapatılıp ses enerjisi sönene kadar geçen süre içindeki farklı durumların tanımlanabilmesi amacına yöneliktir.

Akustik parametreler, Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Standardization Organization-ISO) tarafından;

- ses enerjisinin gelişme bölümü,
- ses enerjisinin sönme bölümü,
- ses basınç düzeyi ve



- erken yansımalar

olmak üzere, ölçme teknikleri açısından dört bölüme ayrılmıştır (ISO/DIS 3382). Bu bölümde de, hacim akustiği parametrelerinin ISO'nun sınıflandırmalarına uygun alt bölümler halinde ele alınması uygun bulunmuştur (Anon, 1995).

Yukarıda sıralanan dört bölüm içinde yer alan parametreler ile ilgili bilgilerin belli bir sistem oluşturularak sunulmasında yarar görülmüştür. Bu sistemin alt bölümlerindeki, parametreler ile ilgili açıklamalarda;

- parametre ile ilgili açıklamaların yapılması,
- ilgili formüllerin (varsa) verilmesi,
- ilişkili olduğu önemli öznel ve nesnel parametrelere değinilmesi,
- parametre ile ilgili öneri değerlerin sunulması,
- değerlendirme ve eleştirilerin yapılması

biçiminde genel bir sıra izlenmektedir.

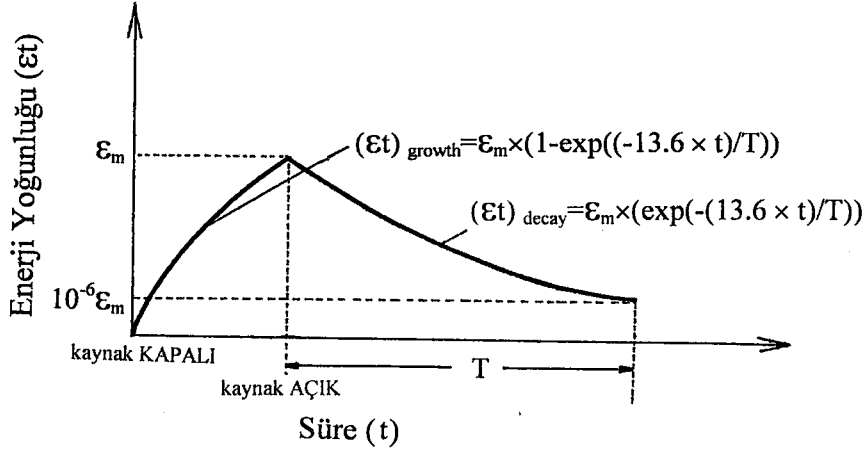
Bu bölümde yer alan akustik parametrelerin ve çalışmaların göreceli olarak daha önemlilerine değil güncel olanlarına daha çok yer verilmesi de uygun bulunmuştur.

Bölüm 2.1.1. ve Bölüm 2.1.2'de yer alan parametrelerin ortak özelliği, enerji yoğunluğunun zamana bağlı değişimlerinden yararlanarak ortaya konmuş olmalarıdır.

2.1.1. Ses Enerjisinin Gelişme Bölümü İle İlgili Parametreler

Kapalı bir hacimde yer alan bir ses kaynağının açılmasıyla birlikte, kaynaktan çıkıp pek çok doğrultuya yayılan sonsuz sayıda ışıktan söz edilebilir. Bu ses ışınları, yeterli bir süre sonunda hacmin yüzey yutuculuğu, geometrisi ve büyüklüğü gibi etkenlere bağlı olarak yansıya yutula hacmin tümünü doldurur. Kaynağın sabit ve sürekli olduğu bir hacimde, sesin gelişimi bölümü denilebilecek bu süreçte, yansıyan ve yutulan enerjiler birbirlerine eşit olana kadar, ses düzeyinde bir miktar artış gözlenmektedir. Bu artış önceleri çok hızlı gerçekleşirken, daha sonraları yavaş seyreder. Sesin gelişmesi, Şekil 2.1'de görüldüğü gibi bir eğri ile gösterilebilir. Yansıyan ve yutulan seslerin birbirlerine eşit olması ile denge durumuna ulaşılmış demektir. Bu andan itibaren, kaynakta bir değişim olmadığı sürece, hacimdeki yansıymış ses düzeyinde herhangi bir değişimden söz edilemez.





Şekil 2.1. Süre-Enerji Yoğunluğu fonksiyonunda sesin gelişme ve sönme bölümleri (Croome, 1977).

Kuramsal olarak, hacimde sessel açıdan denge durumuna sonsuzda (∞) ulaşılmaktadır. Sesin gelişme bölümünde, bir t zamanındaki ses enerji yoğunluğu belirlenebilmektedir. Sesin gelişme bölümünde, bir t zamanındaki enerji yoğunluğu $[(Et)_{\text{growth}}]$, denge durumundaki ses enerji yoğunluğu (ϵ_m) ile yansıma süresi (T) arasındaki ilişkiyi içeren aşağıdaki eşitlik ile ortaya konabilmektedir (Croome, 1977).

$$(Et)_{\text{growth}} = \epsilon_m \times (1 - \exp((-13.6 \times t)/T)) \quad (2.1.)$$

$(Et)_{\text{growth}}$: Sesin gelişme bölümünde, kaynak açıldıktan t süre sonraki ses enerji yoğunluğu (w.s/m³)

ϵ_m : Denge durumundaki ses enerji yoğunluğu (w.s/m³)

T : Yansıma süresi (s)

t : Kaynak açıldıktan sonra geçen süre (s)

Ses kaynağının açılmasından sonraki;

- sesin gelişme süreci,
- denge süreci ve
- sönme süreci

özel olarak insan kulağında farklı etkilenmeler uyandırmaktadır. Bu süreçler, akustikçiler tarafından incelenmiş ve hacim akustiği belirlemeleri açısından çok sayıda ve farklı niteliklerde akustik parametrelerin ortaya konmasına yol açmıştır. Bu bölümde erken ve geç gelen enerjiler arasındaki denge ile ilgili olarak ortaya çıkan ve gelişme bölümündeki enerjiden büyük oranda etkilenen parametrelerin en çok kabul görenleri açıklanmaktadır.

2.1.1.1. Merkez Zamanı (Centre Time-TS)^(*)

Sesin gelişmesi bölümünde denge durumuna teorik olarak sonsuzda ulaşılabilir. Gelişme bölümünde denge durumuna ulaşmak için geçen süre açısından pratikte ortaya konulabilecek yaklaşık bir sonuca varabilmek amacı ile değişik kabuller yapılabilmektedir. Bu belirleme ile ilgili olarak üç parametreden sözedilebilir.

- Merkez Zamanı (Centre Time-TS),
- Yükselme Zamanı (Rise Time-tr),
- tr'

olarak sıralanabilen denge durumu zamanını belirlemeye yönelik parametrelerden en yaygın olarak kullanılanı Merkez Zamanı (TS) parametresidir. Yükselme Zamanı parametresi (tr), denge durumunun 3 dB, tr' ise 5 dB altına ulaşınca kadar geçen süreyi veren parametrelerdir.

Cremer'in zaman ağırlıklı bir gösterge olarak ortaya koyduğu "Merkez Zamanı" parametresi, "Point of Gravity Time" ve "Centre Time" gibi adlarla da anılmaktadır. Merkez Zamanı'ndaki ses enerji yoğunluğu, denge durumundaki ses enerji yoğunluğunun 0.62'si kadardır. Bu parametrenin düşük değerler alması, enerjinin büyük bölümünün dinleyiciye erken ulaştığını, böylelikle de sesin Netlik (Clarity-C80)^(**) değerinin arttığını gösterir. Parametrenin yüksek değerleri ise, enerjinin büyük bölümünün dolaysız sestten uzunca bir süre sonra ulaştığını, böylece de daha yansımış bir ses ortamının oluştuğunu göstermektedir. Merkez Zamanı ile Erken Düşme Süresi parametresi arasında güçlü bir ilişki vardır. Bir hacmin ses alanı, tam yayınık ve yansıma eğrisi ideal olduğunda, bu parametre ile yansıma süresi çok mükemmel bir ilişki içinde olmakta ve Merkez Zamanı akustik değerlendirmelere önemli bir yenilik getirmemektedir. Ancak ses alanının yayınık olmadığı zamanlarda, bu parametre önemli anlamlar taşıyabilmektedir. 70 ms'nin altındaki TS değerlerinde, Hece Söylem Oranı'nda (Percentage Syllable Articulation-PSA)^(***) belirgin bir azalma olduğu saptanmıştır. TS ve PSA arasında ortaya çıkan bu ilişki yani hacim akustiği kalitesini belirleyen öznel bir kriter ile nesnel olarak ölçülebilen bir büyüklük arasında böyle bir

(*) Akustik terimlerde, Türkçe açısından tam bir görüş ve kabul birliği oluşmadığından, gerekli görüldükçe terimlerin alındıkları dildeki (çoğunlukla İngilizce) karşılıkları, Türkçelerinin yanında parantez içinde verilecektir.

(**) Netlik (Clarity-C80) parametresi ile ilgili bilgiler Bölüm 2.1.1.2'de yer almaktadır.

(***) Konuşmanın anlaşılabilirlik oranının belirlenmesi konusunda günümüzde kullanılan bir parametredir. PSA'nın yüksek değerlerinde, konuşma daha rahat anlaşılabilen, düşük değerlerinde daha güçleşmektedir.



ilişkinin kurulması çok önemlidir. Çünkü, öznel değerlendirmelerin yapılabilmesi, hem çok zaman alan hem de oldukça zor gerçekleştirilebilen çalışmalardır.

• **Önerilen Merkez Zamanı (TS) değerleri :**

Merkez Zamanı parametresi için, Klasik Yayınık Ses Alanı Teorisi (Classic Diffuse Field Theory-CDFT)^(*) ve Gade'in yansıma süresine (T) bağlı öneri değerleri ((TS_{CDFT})ve(TS_{GADE})), Denklem 2.2. ve Denklem 2.3.'de yer almaktadır (Gade, 1989).

$$(TS_{CDFT}) = T/0.0138 \text{ (ms)} \quad (2.2.)$$

$$(TS_{GADE}) = 8+0.95 \times (TS_{CDFT}) \text{ (ms)} \quad (2.3.)$$

Yükselme Zamanı (tr) ve (tr') parametreleri için, yansıma süresine (T) bağlı önerilen değerler ise Denklem 2.4. ve Denklem 2.5.'den yararlanılarak belirlenebilir (Cremer, Müller, 1982).

$$tr = T/19.23 \text{ (ms)} \quad (2.4.)$$

$$tr' = T/35.71 \text{ (ms)} \quad (2.5.)$$

2.1.1.2. Netlik (Clarity-C80)

Bir hacimdeki erken yansıma enerjisinin dolaysız ses ile birleşerek Netliği arttırdığı kabul edilmektedir. Müziğin öznel netliği C80 kriteri ile belirlenebilmektedir. "Clarity" ya da "Klarheitmass" adı verilen bu parametre, müzik için bir ilke geliştirmek amacı ile Reichardt tarafından (1972) ortaya atılmıştır. Netlik parametresinin ortaya çıkış mantığı, ilk baştaki ses enerjisi ile yansımış ses enerjisini birbirinden ayırmaktır. Bu parametre, ses kaynağı açıldıktan sonraki 0-80 ms ile 80-∞ ms zaman aralıklarında dinleyiciye ulaşan ses enerjileri arasındaki bir oran olarak ifade edilmektedir. Enerjiler arasındaki oranın logaritması alınarak, birimi dB olarak belirlenen parametreyi, Denklem 2.6. ortaya koymaktadır (Naylor, Rindel, 1994).

$$C80 = 10 \log[\epsilon_{0-80\text{ms}}/\epsilon_{80-\infty\text{ms}}] \text{ (dB)} \quad (2.6.)$$

$\epsilon_{0-80\text{ms}}$: 0 ms ile 80 ms arasındaki toplam ses enerji yoğunluğu (w.s/m³)

$\epsilon_{80-\infty}$: 80 ms ile sonsuz arasındaki toplam ses enerji yoğunluğu (w.s/m³)

(*) Ses dalgaları bütün doğrultulara eşit olarak yayılıyorlarsa, sözkonusu hacimdeki ses alanı için tam yayınık ses alanı denilebilmektedir. Bu koşullar altında, hacim içindeki yayınık ses basınç düzeyi, sınırların çok yakınları dışındaki tüm alanda eşittir.

Netlik değerinin yüksek olması, ilk yansıma ile dinleyiciye ulaşan enerjinin daha ağırlıklı olduğunu, öznel olarak sesin net ve açık olarak algılandığını göstermektedir. Müziğin anlaşılabilirliği açısından belirlenmiş olan bu 80 ms'lik sınır, konuşma açısından uygun olmayabilir. C80 parametresine benzer olarak, konuşma için Ayırdedilebilirlik (Distinctness-D50) parametresi önerilmektedir (Bkz. Bölüm 2.1.1.3).

Müziğin öznel netliğinin belirleyicisi olarak çoğu kaynaklarda bu parametrenin önerilmesine karşın, yapılan bazı çalışmalarda C80 ile öznel netlik arasında belirtildiği gibi bir ilişkinin sürekli olarak sağlanamadığı, erken yansıma enerjisini oluşturan erken yansımaların zaman gecikmelerinden kaynaklanan farklılıkların ortaya çıkabildiği görülmektedir (Bkz. Bölüm 2.4.5).

• **Önerilen Netlik (C80) değerleri :**

B.Jordan'ın (1980) yansıma süresinden bağımsız olarak Netlik (C80) için belirlediği tolerans sınırları ± 2 dB'dir. Ortalama kabul edilebilir değer olarak ise 0 dB önerilmektedir. Ayrıca, Klasik Yayınık Alan Teorisi'ne ve Gade'in çalışmalarına göre yansıma süresine bağlı önerilen Netlik değerlerinden sözedilebilmektedir. Klasik Yayınık Ses Alanı Teorisi'ne göre, yansıma süresine bağlı Netlik ($C80_{CDFT}$) Denklem 2.7.'de görülmektedir (Gade, 1989).

$$C80_{CDFT} = 10 \log(e^{(1.104/T)} - 1) \text{ (dB)} \quad (2.7.)$$

Gade'in, yukardaki teoriyi biraz yumuşatarak ortaya koyduğu daha toleranslı önerisi ($C80_{GADE}$) ise Denklem 2.8.'deki gibidir (Gade, 1989).

$$C80_{GADE} = -0.4 + 0.9 \times C80_{CDFT} \text{ (dB)} \quad (2.8.)$$

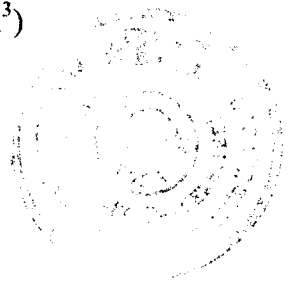
2.1.1.3. Ayırdedilebilirlik (Distinctness-D50)

Thiele, dolaysız sestten sonraki ilk 50 ms içinde alıcıya ulaşan yansımaların, ayırdedilebilirlik düzeyini belirlediğini ve konuşmanın anlaşılabilirliği açısından faydalı sesleri oluşturduğunu ortaya koymuştur (1953). Bu faydalı yansılardan oluşan ses enerjisinin, toplam ses içindeki oranını ortaya koymaya yönelik olarak geliştirdiği Ayırdedilebilirlik parametresi Denklem 2.9. ile hesaplanabilmektedir (Naylor, Rindel, 1994).

$$D50 = \epsilon_{0-50ms} / \epsilon_{0-\infty ms} \text{ (\%)} \quad (2.9.)$$

ϵ_{0-50ms} : 0 ms ile 50 ms arasındaki toplam ses enerji yoğunluğu ($w.s/m^3$)

$\epsilon_{0-\infty ms}$: 0 ms ile sonsuz arasındaki toplam ses enerji yoğunluğu ($w.s/m^3$)



D50 değeri, hacmin yansıma süresi ile ters orantılıdır. Bu parametre, konuşmanın öznel olarak anlaşılabilirliği konusunda bir gösterge durumundadır.

Yansıma İndeksi (Reverberation Index- R_{index})

Beranek (1965), Ayırdedilebilirlik parametresini, yayınlı (diffused) ses ile ilk gelen ses arasındaki düzey farkını kullanarak geliştirmiş ve Yansıma İndeksi adlı, birimi dB olan yeni bir parametre ortaya koymuştur. Bu parametreyi veren eşitlik, Ayırdedilebilirliğe (D50) bağlı olarak Denklem 2.10.'da yer almaktadır (Maekawa, Lord, 1994).

$$R_{index} : 10 \log((1-D50)/D50) \text{ (dB)} \quad (2.10.)$$

• Önerilen Ayırdedilebilirlik (D50) değerleri :

Yansıma süresine bağlı olarak ve Ayırdedilebilirlik parametresinden yararlanılarak önerilen, Yansıma İndeksi değerlerinden söz edilebilir. Bu değerler yardımı ile, önerilen ayırdedilebilirlik değerlerine de ulaşmak olanaklıdır. Yansıma süresi ile yansıma indeksinin doğru orantılı olarak değiştiği Tablo 2.1'de, önerilen Yansıma İndeksi değerleri görülebilmektedir.

Tablo 2.1. Yansıma süresine (T) bağlı önerilen Yansıma indeksi (R_{index}) değerleri (Cremer, Müller, 1982).

	Yansıma Süresi		
	0.5 (s)	1.0 (s)	2.0 (s)
Önerilen R_{index} (dB)	-4.8	0	3.9

2.1.1.4. Sinyal-Gürültü Oranı (Signal to Noise Ratio-S/N)

J.S.Bradley'nin (1986) gerçek hacimler üzerinde yaptığı oldukça ayrıntılı bir çalışmanın sonucu olarak, değişik uzunluklardaki yansıma sürelerinde, S/N oranına göre konuşmanın anlaşılabilirliğini ortaya koyan bir saptama yapılmıştır. Bu parametrede de değişik zaman aralıklarında alıcıya ulaşan ses enerjilerinin birbirlerine oranları dikkate alınmaktadır. Denklem 2.11.'de görüldüğü gibi sinyal-gürültü oranı, ilk 95 ms'de gelen ses enerjisinin 95 ms'den sonra gelen ses enerjisine oranıdır.

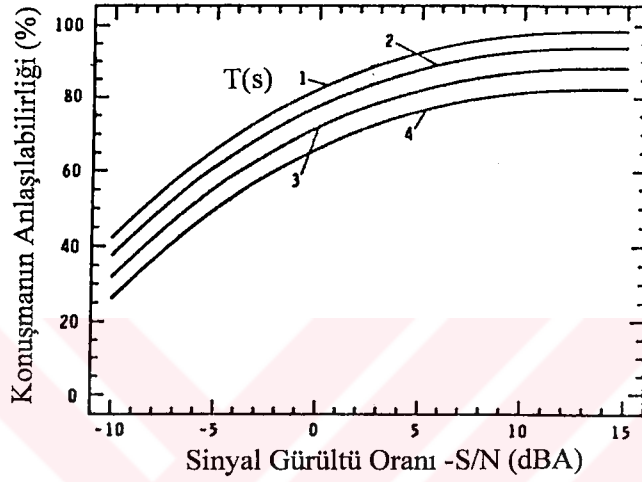
$$S/N = 10 \log[\epsilon_{0-95ms}/\epsilon_{95-\infty ms}] \text{ (dB ya da dBA)} \quad (2.11.)$$

ϵ_{0-95ms} : 0 ms ile 95 ms arasındaki toplam ses enerji yoğunluğu (w.s/m³)

$\epsilon_{95-\infty ms}$: 95 ms ile sonsuz arasındaki toplam ses enerji yoğunluğu (w.s/m³)

- **Önerilen Sinyal-Gürültü Oranı (S/N) değerleri :**

Şekil 2.2’de yer alan grafikte yansısim süresinin uzamasına bağlı olarak, konuşmanın anlaşılabilirliği için istenilen S/N oranının arttığı görülmektedir. Örneğin, konuşmanın anlaşılabilirliği oranının %80 olması için istenilen S/N oranı, yansısim süresi 1 s olduğunda -1.5 dBA, 3 s olduğunda 3.5 dBA, 4 s olduğunda 7.5 dBA olarak belirlenmektedir.



Şekil 2.2. Yansısim süresine göre Konuşmanın Anlaşılabilirliği ile Sinyal-Gürültü Oranı ilişkisi (Bradley, 1986).

2.1.1.5. Hacim Tepkisi (Room Response-RR)

Jordan’ın ortaya attığı bu kriter, 25-80 ms içindeki erken gelen enerji ile 80-160 ms arasında gelen enerjinin toplamalarının 0-80 ms içinde gelen enerjiye bir oranı alınarak belirlenmektedir. Birimi dB olan bu kriter, konser salonlarının değerlendirilmesinde yararlı olmaktadır.

- **Önerilen Hacim Tepkisi (RR) değerleri :**

Jordan, Hacim Tepkisi’nin ortalama kabuledilebilir değerini 0 dB olarak belirlemiştir. Tolerans sınırları ise ± 0.5 dB arasındadır.

2.1.2. Ses Enerjisinin Sönme Bölümü İle İlgili Parametreler

Kapalı bir hacimdeki kaynak açık kaldığı ve gücü değişmediği sürece denge durumu korunmakta, kaynak kapatıldığı andan itibaren Şekil 2.1’in sönme bölümündeki benzer eğim biçimi gözlenmektedir.

Sesin sönme bölümünde, kaynak sustuktan sonraki herhangi bir t zamanındaki ses enerji yoğunluğu da Denklem 2.12 ile belirlenebilir (Croome, 1977).

$$(\epsilon t)_{\text{decay}} = \epsilon_m \times (\exp(-(13.6 \times t)/T)) \quad (2.12.)$$

$(\epsilon t)_{\text{decay}}$: Sesin sönme bölümünde kaynak kapandıktan t süre sonraki ses enerji yoğunluğu (w.s/m³)

ϵ_m : Denge durumundaki ses enerji yoğunluğu (w.s/m³)

T : Yansıma süresi (s)

t : Kaynak kapatıldıktan sonra geçen süre (s)

Sesin gelişmesi ve sönmesi arasında çeşitli yönlerden benzerlikler vardır. Bu benzerlikler aşağıda yer almaktadır.

- Sesin gelişme bölümünde denge durumuna, sönme bölümünde ise sifıra ulaşma sonsuzda gerçekleşmektedir.
- Sesin gelişmesinde de, sönmesinde de enerji değişimi (artış ya da azalma) önceleri daha hızlı sonraları daha yavaş olmaktadır.
- Sesin hem gelişmesinde hem de sönmesinde, denge durumundaki enerji yoğunluğunun yarısına aynı sürede ulaşılmaktadır.

Ses enerjisinin sönme bölümleri ile ilgili olarak Yansıma Süresi (T) ve Erken Düşme Süresi (EDT) parametrelerinden söz edilebilir. Bu parametreler ile ilgili bilgiler Bölüm 2.1.2.1. ve Bölüm 2.1.2.2.'de yer almaktadır.

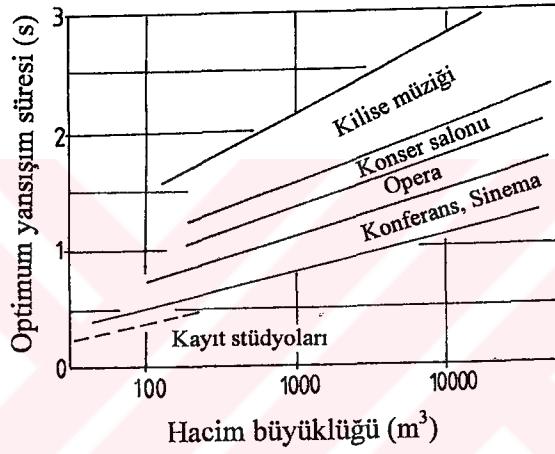
2.1.2.1. Yansıma Süresi (Reverberation Time-T)

Yansıma süresi, sesin sönme bölümü ile ilgili olarak ortaya konmuş ve uzun yıllardan beri akustikçilerce en çok kabul görmüş olan bir parametredir. Yansıma süresinin, bir hacmin akustiğinin belirlenmesi açısından en önemli parametre olduğu yolundaki düşünceler, günümüzde de önemini çok fazla kaybetmemiştir. Bu olguyu bir çok yeni parametrenin tanımlanmasında Yansıma Süresi'nden yararlanılmasından da görebilmekteyiz.

Sesin düşme hızı konusunda bir gösterge olan bu parametre, hacimlerin ortalama yutuculuklarının değişik açılardan ele alınması ile ortaya çıkan değişik formüllerle belirlenebilmektedir. Yansıma süresinin belirlenmesinde, Sabine, Eyring, Millington yöntemlerinden söz edilebilmekte ve bunlar içinde, pratikteki hacim özelliklerinin en uygun düştüğü Eyring formülü yaygın olarak kullanılmaktadır (Conturie, 1955- Maekawa, Lord, 1994).

• **Önerilen Yansıma Süresi (T) değerleri :**

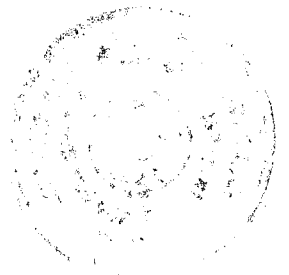
Yansıma süresi ile ilgili olarak çok sayıda akustikçinin değişik fonksiyonlar için belirlediği öneri değerlerden söz edilebilir. Konuşmanın önemli olduğu hacimlerde, konuşmanın kapladığı frekans alanı açısından, orta frekanslardaki (500 -1000 Hz) yansıma sürelerinin yeterli olacağı düşünülmektedir. Beranek, Wiley, Knudsen ve Harris ile Johnson tarafından yapılan çalışmalar, bu konuda tipik örnekleri oluşturmaktadır. Müzik açısından ise daha geniş bir frekans alanı söz konusu olduğundan daha detaylı incelemelere gidilmiştir. Şekil 2.3’de değişik fonksiyonlar için önerilen yansıma sürelerini içeren bir çalışma görülmektedir.

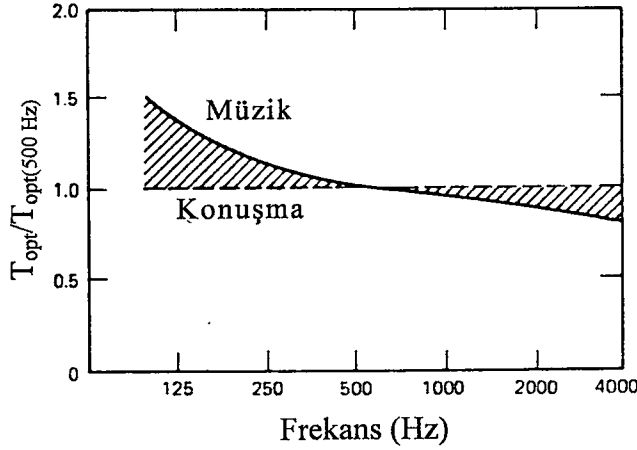


Şekil 2.3. Değişik fonksiyonlar için önerilen yansıma süresi değerleri (Maekawa, Lord, 1994).

Kulağın frekanslara göre duyarlılık ayrımlarından ötürü, yansıma sürelerinde, frekans fonksiyonunda dengelemeye gidilmesinin gerekliliğini ortaya koyan çalışmalardan da söz edilebilir. Bu çalışmalarda, frekanslar arasında söz konusu olabilecek maskeleyme olayının ortadan kaldırılmasının yanısıra, ses düzeyi açısından da dengelemeyi sağlayacak koşulların saptanması amaçlanmıştır.

Bu çalışma sonuçlarına bir örnek olarak Şekil 2.4’deki grafik sunulmaktadır. Bu grafikte, $T_{opt}/T_{opt(500\text{ Hz})}$ oranlarının müzik ve konuşma için frekanslara göre farklılık göstermesinin uygun olacağı görülmektedir.





Şekil 2.4. Konuşma ve müzik için, frekansa göre optimal yansıma sürelerinin, referans olarak alınan 500 Hz optimal yansıma süresine oranları (Kinsler et al., 1982).

2.1.2.2. Erken Düşme Süresi (Early Decay Time-EDT)

Ses kaynağı sustuktan sonraki ilk 10-15 dB'lik düşüş için geçen süreye bağlı olarak, Jordan tarafından ortaya konulan bu parametrenin önemi, son yıllarda artmıştır. Hacmin akustik durumu konusunda yansıma süresine göre, işitsel açıdan daha doğru sonuç verdiği öngörülen bu parametre, yansıma süresinin yerini almaya başlamıştır. Erken Düşme Süresinin algılanan öznel etkileri, yansımışlık, canlılık ve açıklıktır. Yüksek bir Erken Düşme Süresi değeri, yansımış bir ortamın varlığını ve Netlik (C80) parametresinin düşük değerde olduğunu gösterir (Bkz. Bölüm 2.1.1.2).

Çok yayınlık ses alanının sağlanabildiği hacimlerde, yansıma süresi ve erken düşme süresi değerleri birbirlerine yaklaşırlar. Ancak genellikle yansıma süresi değerleri, erken düşme süresi değerlerine göre daha yüksektir.

• Önerilen Erken Düşme Süresi (EDT) değerleri :

Erken Düşme Süresi parametresinin, yansıma süresine bağlı olarak önerilen iki değerinden söz edilebilir. Klasik Yayınlık Ses Alanı Teorisi (Classic Diffuse Field Theory-CDFT) ne göre yani tam yayınlık ortamlarda, Erken Düşme Süresinin Yansıma Süresine eşit olması kabulü vardır. Ancak pratikte varolan hacimlerde, ses alanı çoğunlukla tam yayınlık olmaz ve bu durumda da EDT çoğunlukla yansıma süresinden daha kısa olarak belirlenir. GADE'in bu parametreye ilişkin ortaya koyduğu değer (EDT_{GADE}) ise yansıma süresi (T) ne bağlı ve daha toleranslı olarak Denklem 2.13.'de ifade edilmektedir (Gade, 1989).

$$EDT_{GADE} = -0.2 + 1.1 \times T \text{ (s)} \quad (2.13.)$$

Parametreler için önerilen değerler, yansıma süresine bağlı olmadan, salonlarda yapılan öznel ve nesnel, incelemeler ve tecrübeler dayalı olarak da verilebilmektedir. Örneğin İngilteredeki salonlarda yapılan bir incelemenin sonucu olarak, önerilen belli aralıklar vardır. Bu çalışmaya göre, 1.8 s ile 2.2 s arasındaki erken düşme süreleri genelde uygun olarak değerlendirilebilmektedir. (Barron, 1988 ve Barron and Lee, 1988)

2.1.3. Ses Basınç Düzeyi İle İlgili Parametreler

2.1.3.1. Toplam Ses Basınç Düzeyi (Total Sound Pressure Level-SPL_t)

Kapalı bir hacimdeki ses alanının, dolaysız ve yayınlık ses alanlarından oluşmasından ötürü, hacmin herhangi bir noktasındaki toplam ses düzeyi, yayınlık ses düzeyi^(*) ile o noktadaki dolaysız ses düzeyi toplamı olarak tanımlanabilmektedir (Templeton, Saunders, 1987). Dolaysız ve yayınlık ses düzeyini veren formüller izleyen bölümlerde yer almaktadır. Denklem 2.14'den yararlanılarak dolaysız ses düzeyi hesaplanabilmektedir.

Yayınlık ses düzeyinin hesaplanmasında, iki ayrı denklem söz konusudur. Bu denklemler 2.16 ve 2.18 olarak sunulmaktadır (Templeton, Saunders, 1987; Beranek, 1990);

$$SPL_d = SWL + 10 \log(Q/4\pi d^2) \quad (2.14.)$$

SPL_d : Dolaysız ses düzeyi (dB)

SWL : Ses gücü düzeyi (dB)

Q : Doğrultululuk çarpanı (faktörü)(**)

d : Kaynak-alıcı uzaklığı (m)

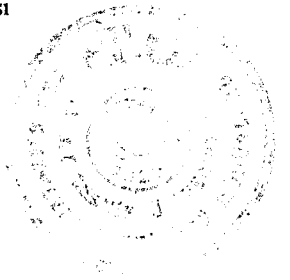
$$SWL = 10 \log(W/W_0) \quad (2.15.)$$

W : Ses kaynağının gücü (W)

W₀ : Referans ses gücü (10-12 W)

(*) Hacimde oluşan yayınlık ses ortamındaki düzey, kısaca yayınlık ses düzeyi olarak ifade edilmektedir.

(**) Bir ses kaynağının doğrultululuk çarpanı (faktörü), o kaynağın belli uzaklık ve doğrultuda ölçülen ses enerji yoğunluğunun, her doğrultuya eşit dağılım yapan omni dağılım özelliğindeki bir nokta kaynağın aynı uzaklıkta ölçülen ses enerji yoğunluğuna oranı olarak tanımlanmaktadır. Her doğrultuya eşit ses enerjisi yayımlayan bir nokta (omni) kaynağın doğrultululuk çarpanı (faktörü) 1 olarak kabul edilmektedir (Beranek, 1990).



$$SPL_r = SWL + 10 \log(4/A) \quad (2.16.)$$

SPL_r : Yayınık ses düzeyi (dB)

SWL : Ses gücü düzeyi (dB)

A : Hacmin toplam yutuculuğu (Sabine, m^2)

$$A = A_h + A_b + A_y \quad (2.17.)$$

A_y : Hacimdeki yüzeylerin toplam yutuculuğu (Sabine, m^2)^(*)

A_b : Birimlerin toplam yutuculuğu (Sabine, m^2)

A_h : Havanın yutuculuğu (Sabine, m^2)

$$SPL_r = SWL + 10 \log(4/R) \quad (2.18.)$$

SPL_r : Yayınık ses düzeyi (dB)

SWL : Ses gücü düzeyi (dB)

R : Hacim sabiti

$$R = S \times a / (1-a) \quad (2.19.)$$

S : Hacimde yer alan gereçlerin toplam yüzey alanı (m^2)

a : Hacimde yer alan gereçlerin ortalama yutma çarpanı (%)^(**)

Toplam ses düzeyi ise, yayınık ses düzeyinin Denklem 2.16 ve Denklem 2.18'de olduğu gibi iki yöntemle hesaplanabilmesinden dolayı, bu denklemlerden yararlanarak yine iki farklı biçimde hesaplanabilmektedir.

Toplam ses düzeyi;

- Denklem 2.14 ve Denklem 2.16'dan yararlanılarak Denklem 2.20'deki gibi hesaplanabilmektedir.

$$SPL_t = SWL + 10 \log((Q/4\pi d^2) + (4/A)) \quad (2.20.)$$

SPL_t : Toplam ses düzeyi (dB)

(*) A_y 'nin hesaplanmasında, değişen koşullara göre, kullanılması önerilen üç ayrı formül söz konusudur. Bu formüller Sabine, Eyring ve Millington formülleridir (Kinzey, Haward, 1961; Templeton, Saunders, 1987).

(**) Hacimde yer alan gereçlerin ortalama yutma çarpanları Eyring formülüne göre, hacimdeki her bir yüzey alanı (S_n) ile yutuculuğunun (a_n) çarpımlarının toplamının toplam yüzey alanına bölümü ile elde edilmektedir ($a = a_1 \times S_1 + a_2 \times S_2 + \dots + a_n \times S_n / (S_1 + S_2 + \dots + S_n)$) (Sirel, 1981).



- Denklem 2.14 ve Denklem 2.18'den yararlanılarak Denklem 2.21'deki gibi hesaplanabilmektedir.

$$SPL_t = SWL + 10 \log((Q/4\pi d^2) + (4/R)) \quad (2.21.)$$

Denklem 2.20. ve Denklem 2.21 ile belirlenen toplam ses düzeyleri arasında yayınlık ses düzeyinin hesaplanmasındaki fark nedeni ile, az da olsa ayırım söz konusudur.

Önerilen Toplam Ses Düzeyi (SPL_t) değerleri:

Kaynaktan doğrudan gelen ve hacim yüzeylerinden yansıyarak gelen ses enerjilerinin toplamı, toplam ses düzeyini oluşturmaktadır. Toplam ses düzeyinin yeterliliği, hacimdeki fon gürültüsüne, insan kulağının duyarlılığından ötürü frekansa, sesin türüne bağlı olarak değişim göstermektedir. Çok genel bir ifade olarak 50 ile 80 dB arasındaki toplam ses düzeyinin kabuledilebilir sınırlar olduğu söylenebilmektedir.

2.1.3.2. Sesslilik (Strength Index-G)

Sesslilik göstergesi, bir ses kaynağının toplam ses basınç düzeyi ve ses gücü düzeyleri arasındaki fark olarak ifade edilebilmektedir. Ses basınç düzeyi ve ses gücü düzeyine bağlı olan bu parametre, büyük yani ölü salonlarda daha düşük, küçük yani canlı salonlarda daha yüksektir. Sesslilik göstergesinin veren eşitlik Denklem 2.22'de yer almaktadır (Pelorson, Vian, Polack, 1992).

$$G = SPL_t - SWL \text{ (dB)} \quad (2.22.)$$

SPL_t : Toplam ses düzeyi (dB)

SWL : Ses gücü düzeyi (dB)

Kaynağın ses gücü ise, Q doğrultululuk çarpanı (faktörü) olan bir ses kaynağından 1m uzakta ölçülen ya da hesaplanan ses basınç düzeyidir. Bu durumda, kaynağın ses gücünü veren eşitlik Denklem 2.23'de yer almaktadır.

$$SWL = SPL_t(1m) + 10 \log(4\pi) - 10 \log(Q) \text{ (dB)} \quad (2.23.)$$

SWL : Ses gücü düzeyi (dB)

$SPL_t(1m)$: 1 m uzaktaki toplam ses düzeyi (dB)

Q : Kaynağın doğrultululuk çarpanı (faktörü)



2.1.4. Erken Yansımalar İle İlgili Parametreler

Dinleyiciye dolaysız gelen sesin ardından, belli bir gecikme süresi içinde yüzeylerden yansıyarak gelen ses ışınları dolaysız sesin etkisini güçlendirici bir etki oluşturmaktadır. Ayrıca erken yansıma olarak adlandırılan çok kısa zaman gecikmeli bu yansımalar, insan kulağında izleyen bölümlerde yer alacak değişik öznel etkilenmeler oluşturmaktadır.

Erken yansımalar konusunda çalışma yapan akustikçiler arasında Barron, Beranek, Seraphim, Schubert, Damaske, Müller, Lochner ve Berger, Niese, Marshall gibi akustikçiler öncelikle sayılabilmektedir. Bu bölümde, erken yansımalar konusunda yapılan çalışmalara yer verilmekte, bu konuda yapılmış olan çalışmalar yeri geldiğinde birbirleri ile karşılaştırmalı olarak açıklanmaktadır. Son olarak da, bu konu ile ilgili olarak ortaya konan ve literatürde kabul görmekte olan Uzaysal Etkilenme Derecesi (Degree of Spatial Impression-SI) ve Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction-LEF) parametrelerine yer verilmektedir.

2.1.4.1. Erken Yansımalar ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Beranek, erken yansımalar ile ilgili çalışmalarında, insan kulağına dolaysız sesden sonraki ilk 100 ms içinde gelen yansıyan seslerin, bu süreden sonra gelen yansımalara göre daha farklı algılandığını ortaya koymuştur. İlk 100 ms içinde gelen yansımalar öncelikle, yan duvarlardan, tavandan ve orkestra çukurundan gelebilmektedir.

Gerçek bir hacimde peşpeşe gelen yansımaların durumu yani yansıma ardışıklığı, en belirgin bir biçimde bir yansıma grafiğinde (echogram) görülebilmektedir. Barron'un çalışmalarında, yansıma grafiği yardımı ile görülebilen erken yansımaları tanımlayan dört öğeden söz edilmektedir. Bu öğeler, erken yansımaların referans olan dolaysız sese göre düzeyi ve ulaşım gecikmesi ile yatay ve düşey doğrultularını belirleyen açısıl değerler olarak sıralanabilmektedir.

Ses ışınlarının geldiği doğrultular açısından erken yansımalar;

- yan doğrultulardan,
- tavandan ve
- diğer doğrultulardan

gelen yansımalar olmak üzere başlıca üç bölüme ayrılabilirler. Bu değişik doğrultulardan gelen seslerin alt eşik düzeyleri ve oluşturdıkları öznel etkiler konusunda ortaya konan bulgulara izleyen bölümlerde yer verilmektedir.



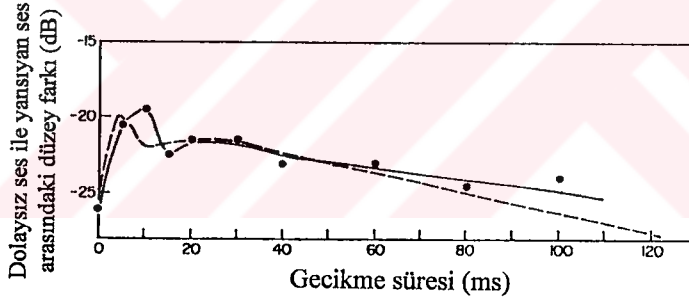
2.1.4.1.1. Erken Yansımalar ile İlgili Alt Eşik Çalışmaları

Erken yansımalar ile ilgili alt eşik^(*) çalışmalarında, dolaysız ses referans alınarak, değişik doğrultu ve gecikme zamanında gelen erken yansımaların alt eşik düzeyleri ile ilgili bulgular edinilmiştir.

• Erken Yan Yansımaların Alt Eşiği Konusunda Yapılan Çalışmalar :

Barron, yatay açısı $40^{\circ(**)}$ ve ortalama düzeyi 81 dB olan Mozart'ın bir müzik parçasının çalınması sırasında, tek bir yan yansımanın alt eşik düzeyini belirlemiştir. Deneyimli dinleyicilerin kullanıldığı bu deneylerde, yanal yansımanın dolaysız sese göre ilk ulaşım gecikmesine bağlı olarak belirlenen alt eşik düzeyleri Şekil 2.5'de görülmektedir. Şekildeki grafikte, ayrıca Schubert'in bir koro "koral" parçası kullanarak yatay açısı 30° olan yan yansımalar için elde ettiği sonuçlar da görülmektedir.

Barron ve Schubert'in farklı müzik motifleri kullanarak (Mozart parçası ve koro motifi) yaptıkları çalışmalar sonucunda oluşan alt eşik eğrileri arasındaki ilişki Şekil 2.5'de de görüldüğü gibi ilgi çekicidir.



Şekil 2.5. Yanal yansımaların dolaysız sese göre ulaşım gecikmesi fonksiyonunda, dolaysız sese göre algılanan alt eşik düzeyleri; ●—●, Barron'un çalışma sonuçları, —, Schubert'in çalışma sonuçları.(Barron, 1971).

(*) Erken yansımaların alt eşiği, erken yansımaların insan kulağı tarafından ayırt edilebildiği (algılanabildiği) en alt düzey olarak tanımlanmaktadır.

(**) Erken yansımalar konusunda yapılan çalışmalarda, dinleyiciye ulaşan yansımaların yatay açıları (α) ve düşey açıları (β) önem taşımaktadır. Bu konuda yapılacak kısa bir açıklama, bu çalışmaların daha kolaylıkla anlaşılabilmesini sağlayacaktır.

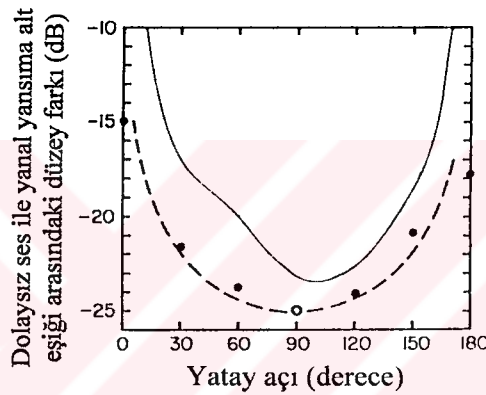
Dinleyicinin sol kulağına dik gelen bir ses sinyalinin yatay açısı 90° , sağ kulağına dik gelen bir ses sinyalinin yatay açısı -90° 'dir. Dinleyicinin tam tepesinden gelen ses ışınının düşey açısı ise 90° 'dir. Dinleyicinin tam önünden gelen bir ışının düşey açısı 0° olmaktadır. Özet olarak;

- Dinleyicinin tam karşısından gelen bir ses ışını için, $\alpha:0^{\circ}$, $\beta:0^{\circ}$,
- Dinleyicinin tepesinden gelen bir ses ışını için, $\alpha:0^{\circ}$, $\beta:90^{\circ}$,
- Dinleyicinin tam sağından kulağına gelen bir ses ışını için $\alpha:-90^{\circ}$, $\beta:0^{\circ}$,
- Dinleyicinin tam solundan kulağına gelen bir ışın için, $\alpha:+90^{\circ}$, $\beta:0^{\circ}$ 'dir.



İki eğrinin tepe noktalarının farklı gecikme zamanlarında olması olarak ifade edilebilecek ayrımın ise, değişik müzik parçalarının kullanılmasından ötürü oluşabildiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca yine bu nedenden ötürü, uzun gecikme zamanlarında eğrilerde eğim farklılıklarının olduğu da söylenebilmektedir. Özet olarak, gecikme süreleri, 5-20 ms arasında olan erken yansımaların alt eşikleri, daha uzun gecikme sürelerine göre daha yüksektir denilebilir. Yani, erken yansımaların ilk ulaşım gecikmeleri arttıkça, alt eşikler alçalmaktadır.

Erken yan yansımaların yatay açılarına bağlı olarak, alt eşiklerinin değişimi konusunda Barron, Schubert ve Damaske'nin çalışma sonuçları Şekil 2.6'da birarada görülmektedir.



Şekil 2.6. Erken yansımanın yatay açısına bağlı olarak, dolaysız sese göre yan yansımanın düzeyi; ----, Barron'un çalışması, ●●●, Schubert'in çalışması, —, Damaske'nin çalışması (Barron, Marshall, 1981).

Noktalarla gösterilen Schubert'in ölçüm değerleri ile kesikli çizgi ile gösterilen Barron'un ortaya koyduğu bir denklem ile elde edilen değerler büyük benzerlik göstermektedir.

Yatayda oluşan en düşük alt eşik, yatay açısının $+90^\circ$ ve -90° olduğu durumlarda yani sesin tam sol ve tam sağdan geldiği durumlarda elde edilebilmektedir. En yüksek alt eşik ise, yatay açının 0° olduğu, yani sesin tam karşıdan geldiği durumda elde edilebilmektedir.

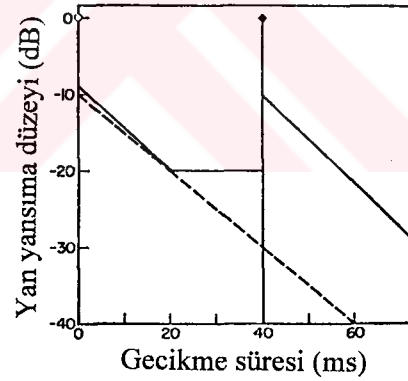
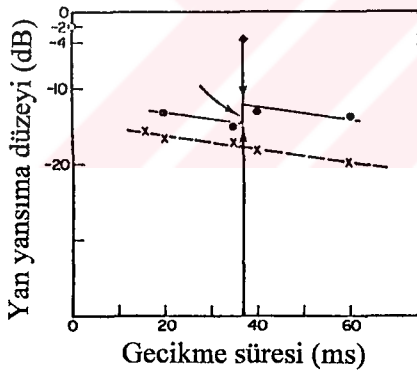
• Erken Tavan Yansımalarının Alt Eşik Konusunda Yapılan Çalışmalar :

Tam ön doğrultudan gelen ($\alpha:0^\circ$) ve düşey açısı 40° olan bir erken tavan yansımasının alt eşik konusunda Barron'un bulguları Şekil 2.5'de elde edilen alt eşik sonuçlarına göre 0 ile -2 değerleri arasında değişen bir ayrım göstermektedir. Gecikme süresi 0 ms

olan yani dolaysız sesle aynı sürede ulaşan bir tavan yansımasının alt eşik düzeyi ise dolaysız sesin -22 dB altında olmaktadır.

• **Erken Tavan Yansımasının Olduğu Durumda Bir Yan Yansımanın Alt Eşiği Konusunda Yapılan Çalışmalar :**

Bu çalışmada erken tavan yansımalarının alt eşik düzeylerinin ortaya konmasının yanısıra, tavan yansımalarının yanal yansımalar üzerindeki etkileri de irdelenmektedir. Barron'un Vivaldi'nin bir müzik parçasını kullanarak, yatay açısı 0° ($\alpha:0^\circ$), düşey açısı -16° ($\beta:-16^\circ$) olan dolaysız ses ve yatay açısı 0° ($\alpha:0^\circ$), düşey açısı $+16^\circ$ ($\beta:+16^\circ$), ilk ulaşım gecikmesi dolaysız sese göre 37 ms ve düzeyi -2 dB olan tavan yansıması ile yatay açısı 40° olan tek bir yan yansımanın kullanıldığı çalışmanın sonuçları Şekil 2.7.(a)'da yer almaktadır. Bu grafikte, ilk 38 ms'ye kadar yanal yansımaları, yalnızca dolaysız sesin etkilemesi durumundaki alt eşik düzeyleri görülmektedir. 38 ms'den sonra ise hem dolaysız ses hem de tavan yansımasının birarada olması durumunda, yanal yansımaların alt eşiklerinin nasıl birden yükseldiği açıkça görülmektedir. Seraphim'in konuşma için yaptığı benzer bir çalışmaya göre elde edilen sonuçlar, Şekil 2.7.(b)'de yer almaktadır. Seraphim'in çalışmasında, tavan yansımasının gecikme süresi 40 ms'dir.



(a)

(b)

Şekil 2.7.(a) Erken tavan yansımalarının ve dolaysız sesin, erken yansımaların alt eşik düzeylerini etkilemesi (bir Vivaldi parçası için);

x—x—x, yalnızca dolaysız sesin alt eşik düzeyi,

•—•—•, dolaysız ses ve tavan yansımalarından etkilenen bir yan yansımanın alt eşik düzeyleri (Barron, 1971).

(b) Erken tavan yansımalarının ve dolaysız sesin, erken yansımaların alt eşik düzeylerini etkilemesi (konuşma için);

— — —, yalnızca dolaysız sesin alt eşik düzeyi,

— — —, dolaysız ses ve tavan yansımalarından etkilenen bir yan yansımanın alt eşik düzeyleri (Seraphim, 1963).

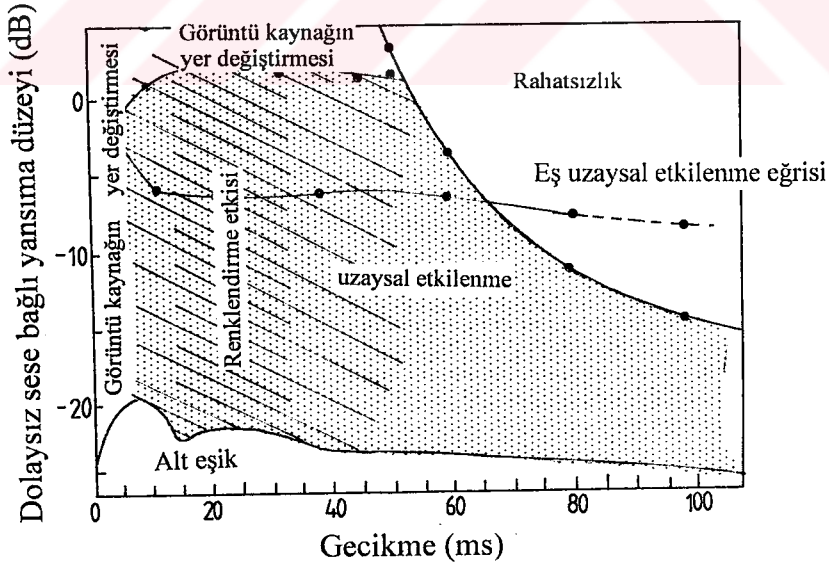
Şekil 2.7.(b)'deki grafikte, Barron'un çalışmasına benzer olarak tavan yansımalarının yanal yansımaları oldukça olumsuz etkilediğinin bir kez daha görülmesinin yanısıra, müzik ile konuşma arasındaki ayrımlar da göze çarpmaktadır.

Bu ayrımlardan birisi, konuşma ve müzikte yan yansımaların dolaysız sesden ne oranda etkilendikleridir. Vivaldi parçası ile elde edilen Barron'un çalışma sonuçlarının yer aldığı Şekil 2.7.(a)'da, yan yansıma alt eşiğinin dolaysız sesden yaklaşık 4 dB etkilendirken, konuşma için elde edilen Seraphim'in çalışmalarında (Bkz.Şekil 2.7.(b)) hemen hiç bir etkilenmenin oluşmadığı görülebilmektedir.

Bu sonuç da, müzik açısından yanal yansımaların büyük önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. İki çalışma arasındaki diğer bir ayrım ise alt eşik değerlerinin gecikme zamanına göre değişim eğrisinin müzik için daha az, konuşma için daha fazla olmasıdır.

2.1.4.1.2. Erken Yansımaların Oluşturduğu Öznel Etkiler İle İlgili Çalışmalar

Tek bir yan yansımanın dinleyiciler üzerinde oluşturduğu öznel etkiyi incelemek için yatay açısı 40° olan, farklı gecikme zamanlarındaki yansılardan yararlanılmıştır. Dinleyicide oluşan bu öznel etkilenme nitelikleri arasında, birinden diğerine yavaş yavaş bir geçiş söz konusudur. Bu etkilerin ortaya çıktığı bölgeler Şekil 2.8'de sunulmuştur.



Şekil 2.8. Dolaysız sese göre belli gecikme zamanları ve yansıma düzeyleri olan erken yansımaların oluşturduğu öznel etkilenme bölgeleri (Barron, 1971).

- **Erken Yansımaların Yer Belirleme Etkisi (Location Effect) :**

İlk olarak Haas tarafından yapılan çalışmalardan sonra, Barron'un deneylerinde, daha ayrıntılı sonuçlara varılmıştır. İlk ulaşım gecikmesi ms'den kısa ve çok yüksek düzeyli olan erken yansımalarda, algılanan kaynak, dolaysız ses hoparlöründen yansıma hoparlörüne^(*) doğru bir kayma göstermektedir. Bu etki, yani çok kısa zaman gecikmeli yan yansımaların yer belirlemede yaptığı bu bozulma, görüntü kaynağın yer değiştirmesi (image shift) adını almaktadır. Bu etki özellikle 4000 Hz civarındaki frekanslarda oluşmaktadır.

- **Erken Yansımaların Renklendirme Etkisi (Tone Coloration Effect)**

Müller, renklendirme etkisini artan ses etkisi terimi ile açıklamaktadır. Müller'e göre kısa gecikmeli yansımalar, bazen sesin uyumlularından bir kısmının yeğinliğinin artması ile oluşan harmonik distorsiyona, bazen de gelen ses notalarının zamansal değişimden ötürü ortaya çıkabilen melodik distorsiyona neden olabilmektedir. Ayrıca Müller, frekans arttıkça girişimlerin de arttığını söylemektedir.

Dolaysız sesin 10 dB üzerindeki erken yansımalarda, renklendirme etkisi düzeyden bağımsızdır. Belirtilen bu özellik, Şekil 2.8'de çapraz çizgilerden oluşan bir gölgeleme ile gösterilmiştir. Gölgelemenin yoğunluğu renklendirme derecesi ile ilişkilidir.

10 ile 50 ms arasında ve özellikle 20 ms civarındaki gecikme zamanlarındaki yansımalar için, tipik olarak keman müziğinde, öznel olarak bir keskinleşme algılanmaktadır. Bir sinyal ve onu takip eden 20 ms gecikmeli yansıması arasında oluşan girişim etkisi, sesin tınısında bir değişiklik meydana getirmektedir.

- **Erken Yansılardan Kaynaklanan Yankı Rahatsızlığı (Echo Disturbance) :**

Kulağın belli bir süre içinde gelen ses enerjisini topladığı ve dolaysız sesle yansıyarak gelen sesleri bir bütün olarak algıladığı kabul edilmektedir. Kulak belli bir süreden sonra gelen sesleri ise, dolaysız sestten bağımsız olarak değerlendirebilmektedir. Bu geç gelen erken yansımalar, dolaysız ses ile aralarındaki düzey farkına da bağlı olarak olumsuz bir akustik özellik olan yankı rahatsızlığını oluşturmaktadır. Lochner ve Burger, anlaşılabilirlik testleri kullanarak dolaysız ses ile yan yansımalar arasında yankı rahatsızlığına yol açabilecek süre sınırının 30 ms dolaylarında olduğunu bulmuşlardır. Bu süre sonrasında gelen seslerin ise, yankı etkisi yaptığı düşünülmektedir. Niese'nin

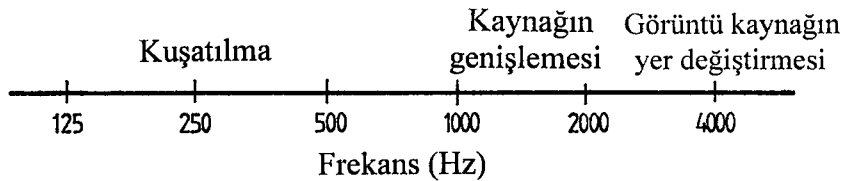
(*) Barron'un yaptığı deneylerde yan yüzeylerden yansıyan ışınların yerine, yansıma hoparlörleri kullanılmıştır. Bu hoparlörler istenilen ses düzeyi ve gecikme zamanına göre ayarlanabilmektedir.

frekans pulsları ile yaptığı çalışma sonucunda elde ettiği süre 23 ms'dir. Müzik konusunda böyle bir çalışma henüz yapılamamış olmakla birlikte, bu süre genellikle 50 ms olarak kabul edilebilmektedir. Özellikle dolaysız sesin ardından 50-60 ms gecikmeli ve yüksek yeğnlikli gelen erken yansımaların yankı rahatsızlığı oluşturmaları söz konusudur.

• **Erken Yansımaların Oluşturduğu Uzaysal Etkilenme (Spatial Impression):**

Yan yansımaların, uzaysal etkilenme dışında oluşan öznel etkilerinin hepsi, akustik kalite açısından olumsuzdur. Belli bir gecikmeye kadar olan yan yansımaların öznel etkisi ise, uzaysal etkilenme olarak da adlandırılan üç boyutlu bir etkilenme oluşturur. Bu durumda, kaynak daha geniş gibi algılanır, müzik vücut ve zenginlik kazanır. Marshall'ın bir çalışmasında, uzaysal etkilenmenin açıklanması açısından, Amsterdam'daki Concertgebouw orkestrasının şefi tarafından söylenen bir tanımlama yer almaktadır. Şef, uzaysal etkilenmeyi, insanın kendisini müziğin içinde hissetmesi olarak belirtmiş, bunun tersini de müziğe bir pencereden bakıyormuş gibi hissetmesi olarak tanımlamıştır.

Bu parametre ile ilgili olarak, literatürde geçen Kuşatılma (Envelopment) ve kaynağın genişlemesi (Source Broadening) adlı iki terimden söz edilebilir. Kuşatılma, 250 Hz civarındaki seslerin oluşturduğu sarılma ve kuşatılma etkisi olarak tanımlanmaktadır. 1000-2000 Hz'lerde oluşan kaynağın genişlemesi ise, kaynaktan gelen sesin daha geniş bir açıdan geliyormuş gibi algılanması olarak tanımlanabilmektedir. Kaynağın genişlemesi, bir yere kadar sese zenginlik kazandırırken, yansıma düzeylerinin artması ile oluşan aşırı genişleme ise, görüntü kaynağın yerinin değişmesi (Image Shift) biçiminde bir etki oluşturmaya başlayabilir (Bkz. Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Yan yansıma frekansı fonksiyonunda yan yansımaların öznel etkileri (oktav filtrelerde) (Barron, Marshall, 1981).

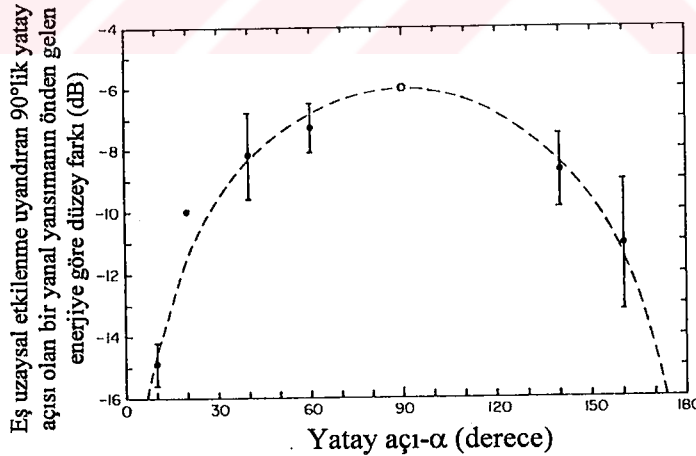


Barron ve Marshall'ın yan yansımalarla ilişkin çalışmalarının bir sonucu olarak, uzaysal algılama etkisi öznel olarak analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlardan teorik birtakım eşitliklere ulaşılmıştır. Bu çalışmalara yönelik üç ana bulgu aşağıda yer almaktadır.

I. Yataya paralel olarak gelen yanal sesin, yatay açısına (α) bağlı olarak elde edilen uzaysal etkilenme derecesinin belirlenmesine yönelik bulgular

Yapılan çalışmalarda, yan yansımalar dinleyiciye $\pm 90^\circ$ lik yatay açılarda geldiğinde, yani kulağa tam sağ ya da tam sol doğrultulardan dik olarak geldiğinde, en yüksek düzeyde Uzaysal Etkilenme oluşmaktadır. Bu uzaysal etkilenmenin 90° den uzaklaştıkça azaldığı görülmektedir. Şekil 2.10'da, öznel olarak belirlenmiş değerler noktalarla, gösterilmiştir. Bu gösterimde, apsis ekseninde yatay açılar (α), ordinat ekseninde ise 90 derecelik yatay açısı olan bir yanal yansımanın düzeyi ile aynı uzaysal etkilenmeyi yaratabilecek önden gelen bir ışının düzeyi arasındaki fark yer almaktadır. Bu öznel değerlendirme sonuçları ışığında, Barron tarafından yaklaşık sonuçlar verebilen bir eşitlik ortaya konmuştur. Bu denklem ile bulunabilen değerler de, yine Şekil 2.10'da kesikli çizgilerle ifade edilmiştir^(*). (Denklemin açıklamasının yapılması gerekli bulunmamış, elde edilen değerlerin grafikte gösterimi yeterli bulunmuştur.)

Ayrıca yine bu eşitlikten yararlanılarak, sesin insan kulağına tam sağ ya da tam soldan gelmesi durumunda, önden gelen ses düzeyine göre yandan gelen ses düzeyinin 6 dB daha az olduğu da söylenebilmektedir.



Şekil 2.10. Erken yansımanın yatay açısı fonksiyonunda uzaysal etkilenme dereceleri (Barron, Marshall, 1981).

(*) Barron tarafından ortaya konulan, yaklaşık sonuçlar verebilen eşitliğin ayrıntılı açıklamasının yapılması gerekli bulunmamış, elde edilen değerlerin grafikte gösterimi yeterli görülmüştür.

II. Yatay açıları $\pm 90^\circ$ olan, değişik düşey açılardaki (β) yanal yansımalarla ilgili olarak elde edilen uzaysal etkilenme derecesinin belirlenmesine yönelik bulgular

Bu koşullar ile elde edilen deney sonuçları Şekil 2.11'de noktalarla gösterilmektedir. Barron ve Marshall'ın çalışmasından elde edilen bu grafikte, deney sonuçlarından yararlanılarak, istenilen açılar için yaklaşık sonuç vermek üzere oluşturulan denklem değerleri de kesikli çizgilerle verilmektedir.

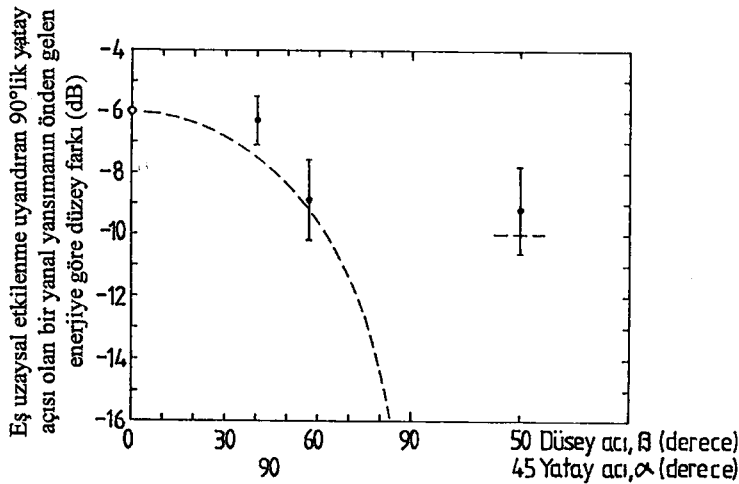
III. Yatay ve düşey açıları değişik değerler alabilen yan yansımalar için elde edilen uzaysal etkilenme derecesinin belirlenmesine yönelik bulgular

Herhangi bir α ve β açısı olan yanal yansımaların oluşturduğu uzaysal etkilenmenin belirlenebilmesi için, Denklem 2.24.'den yararlanılmaktadır (Barron, Marshall, 1981).

$$SI \text{ derecesi} = 10 \log[(\lambda/(5-\lambda))] \text{ (dB)} \quad (2.24.)$$

- α : Işının yatay açısı (derece)
 β : Işının düşey açısı (derece)
 λ : $\sin \alpha \times \cos \beta$ (derece)

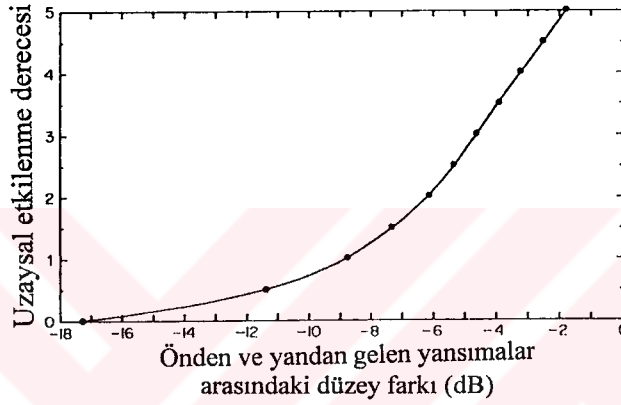
Öznel olarak algılanabilen uzaysal etkilenme derecesini sayısal olarak ifade edebilmeye yönelik parametrelerden yaygın olarak kabul görmüş olan ikisi Uzaysal Etkilenme Derecesi (Degree of Spatial Impression-SI) ve Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction-LEF)'dir. Bu parametrelerle ilgili bilgiler aşağıdaki bölümlerde yer almaktadır.



Şekil 2.11. Erken yansımaların düşey ve yatay açıları fonksiyonunda uzaysal etkilenme derecesi (Barron ve Marshall, 1981).

2.1.4.2. Uzaysal Etkilenme Derecesi (Degree of Spatial Impression-SI)

Barron ve Marshall, yanal ses enerjisinin önden gelen ses enerjisine oranına bağlı olarak yani yanal ses ile önden gelen ses arasındaki düzey farkına bağlı olarak, bir uzaysal etkilenme derecesi belirlemişlerdir. Uzaysal etkilenme derecesi (SI) olarak adlandırılan bu parametre, 0'dan 5'e kadar değerler almaktadır. Şekil 2.12'deki grafikte de görüldüğü gibi, 2.5-3-3.5-4-4.5-5 SI derecelerinde önden ve yandan gelen ses düzeyleri arasındaki değişim aralığı 1.4 dB gibi lineer bir değer iken, doğrunun eğriye dönüştüğü bölümlerde daha büyüktür. Yani değişik SI dereceleri için, değişim aralığının ≥ 1.4 dB olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 2.12. Uzaysal Etkilenme Derecesi ile önden ve yandan gelen erken yansımalar arasındaki düzey farkı (Barron, Marshall, 1981).

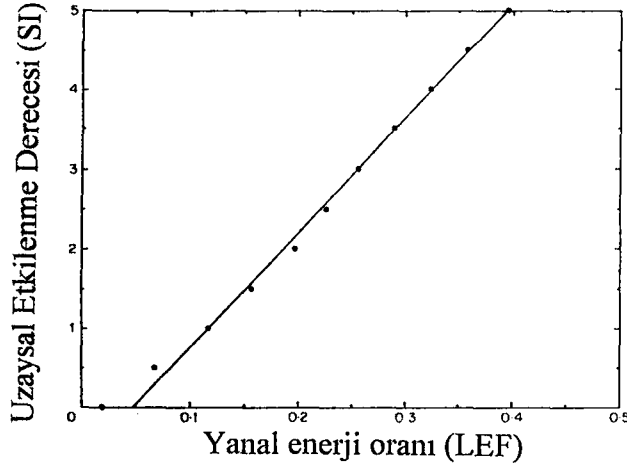
2.1.4.3. Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction-LEF)

Uzaysal etkilenme derecesini sayısal olarak gösterebilmenin bir diğer yöntemi de, yanal enerji oranı (LEF)'na göre bir değerlendirme yapmaktır. Bu sayısal belirlemede, önden gelen enerji ile yanal enerjinin logaritmasal oranı yerine, yanal enerjinin toplam enerjiye oranı da alınabilmektedir. Bu durumda LEF'yi veren eşitlik Denklem 2.25.'de yer almaktadır.

$$LEF = \frac{\text{Erken yanal enerji}}{\text{Önden gelen enerji} + \text{Yanal enerji}} \quad (2.25.)$$

(toplam erken yansıma enerjisi)

Sonuç olarak, yandan gelen erken yansımalar üzerinde yapılan çalışmalar ile ilgili olarak bir uzaysal etkilenme parametresinden söz etmek mümkündür. Bu parametre literatürde, uzaysal etkilenme derecesi (SI) ve yanal enerji oranı (LEF) olmak üzere iki farklı biçimde ifade edilebilmektedir. Bu ifade biçimlerinin ikisinde de değerler birimsizdir. Aralarındaki ilişki ise Şekil 2.13'de görülmektedir.



Şekil 2.13. SI ve LEF arasındaki ilişki (Barron, Marshall, 1981).

• **Önerilen Yanal Enerji Oranı (LEF) değerleri:**

Bu parametre ile ilgili olarak Gade'in hacim genişliğine bağlı öneri değerinden söz edilebilir. LEF ile hacim genişliği arasındaki ilişki Denklem 2.26'da görülmektedir.

$$LEF_{GADE} = 0.47 - (0.0085 \times \text{hacim genişliği(m)}) \quad (2.26.)$$

2.2. HACİMLERİ AKUSTİK AÇIDAN TÜMÜ İLE DEĞERLENDİRMEYE YÖNELİK SİSTEMLER

Bir hacmin akustiğini, ses enerjisinin gelişme ve sönme süreçleri içinde inceleyen, ses düzeyi ile ilgili değerlendirmeleri ortaya koyan ve erken yansımalar ile ilgili sonuçları veren parametrelerin başlıcalarına Bölüm 2.1'de değinilmiştir. Bu parametrelerin herbiri, kendi açılarından bakıldığında akustik açıdan oldukça önemli sayılabilirler. Ancak bir hacimde bu parametrelerin tümünün birden değerlendirmeye alınabilmesi türlü nedenlerden ötürü olanaklı görülmemektedir.

Örneğin birtakım parametreler birbirleri ile ters düşmektedir. Ayrıca pratik açıdan çok sayıda parametrenin değerlendirme kapsamına alınmaları pek olanaklı değildir. Akustikçilerin bir hacmi tümü ile değerlendirirken hangi parametreleri gözönüne alacakları yani önemli bulacakları konusunda değişik yaklaşımlar bulunmaktadır. İnsan kulağının algılaması ile oluşan öznel algılama gözardı edilmeden, çeşitli fiziksel büyüklüklerin ölçülmesi ile oluşturulan akustik değerlendirme sistemlerinden bir bölümüne aşağıda yer verilmektedir. Konuşma için geliştirilen akustik parametrelerin

içinde, ön planda yer alan söylem testleri, değerlendirmede büyük katkı sağlamaktadır. Öte yandan müzik için konu daha karmaşıktır. Özellikle müziğin önemli olduğu değerlendirmeler, parametrelerin öncelik sıralamasının nasıl yapılacağı ya da hangi parametrelerin değerlendirmeye alınmasının gerekli olduğu konusunda akustikçiler arasında ortak bir yargıya varılamadığı görülmektedir. Ayrıca parametrelerin uygun değerleri konusunda da farklı görüşler vardır. Bu konuda yapılan çalışmalar içinden seçilen Beranek, Jordan ve Ando'nun yaklaşımları izleyen bölümlerde yer almaktadır.

2.2.1. Beranek'in Çalışması

Beranek (1962), o güne kadar inşa edilmiş ve kullanılmakta olan müzik amaçlı yapıları incelemiş, bunların mükemmel akustikli olabilmeleri için harcanan tüm iyi niyetli çabalara karşın, sonucun sanki raslantısalmış gibi oluştuğunu gözlemiştir. Bu sonucu çözmeye çalışan Beranek, hacimlerde icra edilen müziğin, akustik kalitesinin iyileştirilmesinde, müziğin, mimarlığın ve akustiğin etkili olduğuna inanmıştır. Bu nedenle, müzik, mimarlık ve akustik öğelerinin birbirleri ile etkileşimlerinin kurallarını saptamaya ve bunlara dayalı bir dizge oluşturmaya çalışmıştır. Beranek, orkestra ve opera salonlarını değerlendirmek amacı ile Tablo 2.2'de görülen skalaları belirlemiş ve herbirine puanlar vermiştir. Bir salonun, skalaların herbirinden aldığı puanlar toplanarak, salonların akustiğini genel olarak belirleyen toplam puan elde edilmektedir.

Tablo 2.2. Orkestra ve Opera konserleri için değerlendirme skalaları (Beranek, 1962).

ÖLÇÜT	FİZİKSEL ÖZELLİK	MAX PUAN
Samimilik	İlk ulaşım gecikmesi	40
Canlılık	Tam dolu salonlar için orta frekans yansıma süresi	15
Sıcaklık	125 ve 250 Hz yansıma sürelerinin orta frekans yansıma sürelerine oranı	15
Dolaysız ses yenginliği	Dinleyici-kaynak uzaklığı	10
Yansımış ses yenginliği	$[T_{(500+1000)}/V] \times 10^6^{(*)}$	6
Yayınma ^(**)	Duvar ve tavan düzgünlükleri	4
Dengeleme ve Harmanlama	Orkestra bölümleri arasındaki dengeleme	6
Birliktelik	İcracıların birbirlerini işitme kolaylığı	4

(*) Yansımış ses yenginliğini veren bu denklemde hacim (V) birimi ft³'dür (1 ft³=0.0283 m³)

(**) Opera için sıralama skalalarında yayınma yer almamaktadır. Bunun yerine dengeleme ve harmanlama 6 puandan 10 puana çıkarak 4 puan artmaktadır.

Beranek, başlıca 54 konser salonu üzerinde yaptığı değerlendirmelerle bu kabullerin doğru sonuç verdiğini bulmuştur. Ancak yine de Beranek'in seçtiği özellikler ve bunlara verdiği ağırlık puanları konusunda problemler vardır. Şöyleki onun bu değerlendirmelerine dayalı olarak 1962'de yapılan New York filarmoni salonu başarılı olamamıştır.

2.2.2. Jordan'ın Çalışması

Jordan (1980), konser salonlarının akustik tasarımları üzerinde yıllarca yaptığı deneysel çalışmalar sonucunda Yansıma Süresi (T), Erken Düşme Süresi (EDT), Netlik (C80), Hacim Tepkisi (RR) parametreleri için kabuledilebilir sınırlar belirlemiştir. Jordan tarafından akustik değerlendirmede öncelikli olarak ele alınan bu parametrelerin tolerans sınırları ve uygun ortalama değerleri Tablo 2.3'de yer almaktadır.

Tablo 2.3. T, EDT, C80 ve RR parametrelerinin uygun değerleri (Jordan, 1980).

PARAMETRE	UYGUN ORTALAMA DEĞER	TOLERANS SINIRLARI
T (s)	2.1	1.4-2.8
EDT (s)	2.1	1.8-2.6
C80 (dB)	0	(-2)-(+2)
RR (dB)	0	(-0.5)-(+0.5)

2.2.3. Ando'nun Çalışması

Ando (1985), bir hacimde iyi akustik koşullar elde etmek için dört etkenin önemli rol oynadığını öne sürmektedir. Bu etkenlerden üçü, kaynaktan gelen sinyalleri tek kulak ile tanımlanabilen, biri ise iki kulak ile tanımlanabilen özellik göstermektedir. Sözü geçen ilk üç etken toplam ses enerjisi, erken yansıma gecikmesi ve yansımadır. Diğer etken ise kulaklararası çapraz korelasyon (Interaural Cross Correlation-IACC)^(*) dur.

Bu etkenler, herbirinin optimum değerine göre normalize edilmiştir. Her bir etken için algılanan skala değerinin elde edildiği öznel deneyler yapılmıştır. Bu dört etken birbirinden bağımsız ve lineer olarak düşünülmekte ve birbirine eş skalalar ile değerlendirilerek dördünün toplamı alınmaktadır. Ando'nun bu değerlendirmesine de öznel değerlendirmeler sonucunda ulaşılmaktadır. Öte yandan bu çalışma ile ilgili olarak, hem öznel değerlendirmelerin normalizasyonu ile elde edilen sayısal değerler,

(*) İki kulağa ulaşan ses sinyal geliş doğrultuları arasındaki ayrımların neden olduğu uzaysal algılamayı matematiksel olarak ortaya koyabilmek amacı ile Ando tarafından geliştirilmiş bir büyüklüktür. Gelen ses ışınları arasındaki ayrımlar matematiksel olarak çapraz korelasyon fonksiyonu ile ifade edilmektedir.

hem de öznel değerlendirmelerin doğruluğu konusundaki kuşkular sürmektedir (Maekawa, Lord, 1994).

2.3. HACİMLERDE AKUSTİK KOŞULLARIN ÖLÇÜLMESİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Kapalı bir hacimde akustik koşulların ölçülmesi ve ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi ile akustik kalitenin nasıl olduğuna yönelik bir değerlendirme yapılabilmektedir. Bu belirlemenin doğru olarak yapılabilmesinin koşullarından birisi de kuşkusuz ölçümlerin sağlıklı olarak yapılabilmesidir. Akustik koşulların saptanabilmesinde öznel ve nesnel ölçümlerden yararlanılmaktadır. Bu bölümde insanın kendi izlenimlerinin saptandığı öznel ölçümler ve ölçme tekniklerinden yararlanılarak, ölçme aygıtları ile elde edilen nesnel ölçümler konusunda kısa açıklamalar yapılmakta ve bu ölçmeleri etkileyen etkenlere değinilmektedir.

2.3.1. Öznel Ölçümler

2.3.1.1. Öznel Ölçümlere Örnekler

Hacimlerin akustiğinin öznel olarak belirlenebilmesi ile ilgili olarak yapılan öznel çalışmalar, müzik ve konuşma açısından ayrımlar göstermektedir.

Hacmin akustiğinin müzik açısından değerlendirilmesi durumunda genellikle müzik konusunda deneyimli kişilerden yararlanılmaktadır. Dinletilen müzik parçaları konusunda kişilerin beğeni ve tepkilerini ortaya koymak amacı ile değişik testler uygulanabilmektedir. Deneyler sırasında müzik parçalarının dinleyicilere ulaştırılması, türlü zorlayıcı nedenlerden ötürü, her zaman incelenen gerçek mekanlarda çalınan gerçek müziği, gerçek deneklerin değerlendirmesi biçiminde olamamaktadır. Müzik parçalarının dinleyicilere ulaştırılmasında değişik yöntemlerden sözedilebilmektedir. Bunlardan birkaçı izleyen paragraflarda sıralanmaktadır.

- Dinleyicilere, incelenecek gerçek konser salonlarında, gerçek konser parçaları dinletilebilmekte ve öznel değerlendirmeleri alınabilmektedir (Hawks, Douglas, 1971; Barron, 1988).
- İncelenecek gerçek salonlarda, canlı orkestraların çaldığı müzik, yapay alıcılar ile kaydedilmekte ve bu kayıtlar bir laboratuvar ortamında dinleyicilere kulaklıklar ile dinletilebilmekte ve edindikleri yargılar yazılı ya da sözlü olarak belirlenebilmektedir (Wilkins, Lehmann, 1975).

- Yansışimsız odalarda çalınan gerçek orkestra müziği kaydedilerek, incelenmek istenen gerçek salonlarda çalınabilmekte ve bu salonlarda elde edilen müzik, bu kez yapay alıcılar (dummy head)^(*) tarafından kaydedilmekte ve herhangi bir ortamda kulaklıklar aracılığı ile dinleyicilere dinletilmekte ve değerlendirme yapımları istenebilmektedir.(Gottlob, 1973)

Hacmin akustiğinin konuşma açısından değerlendirilmesi ise konuşmanın anlaşılabilirliği testlerine dayanmaktadır. Konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilgili test yöntemlerinden örnekler aşağıda yer almaktadır.

- Nabelek ve Robinson'un çalışmasında (1981), dikdörtgenler prizması biçiminde 165 m³'lük bir hacim kullanılmıştır. Yansışım süresinin sıfır olması durumunda yapılan çalışmaların ardından, değişik büyüklüklerdeki hacimlerin akustik koşullarına yaklaştırmak amacı ile, hacmin yansışım süresi sırası ile 0.4 s (küçük salonlar için), 0.8 s (orta büyüklükteki konferans salonları için) ve 1.2 s (büyük tiyatrolar v.b. için) olarak değiştirilmiştir (Nabelek, Robinson, 1982).

Konuşma testi olarak uygulanan MRT testi (Modified Rhyme Test) için hazırlanmış listelerde belirlenen toplamı 100 kelimeden oluşan cümleler bir erkek konuşmacı tarafından, değişik yansışım süreleri için, yaynık sesin baskın olduğu noktalarda konumlanmış dinleyicilere, TDH-50 tipi kulaklık ile, tek ve iki kulakla dinletilmiş yanıtları alınmıştır. Doğru, yanlış ve yanıtlanmayan kelimeler değerlendirilerek anlaşılabilirlik oranları belirlenmiştir.

- Yanz ve Anderson'un çalışmasında (1984), önce, deneklerin konuşmayı algılama eşiklerinin ölçümü yapılmıştır. Bunun ardından deneklere, konuşmayı algılama eşiklerinin 40 dB üzerinde, tek heceli 200 test kelimesi, sinyal-gürültü oranının (S/N) 0 ve +5 dB olduğu durumda TDH-49 tipi kulaklıkla dinletilmiştir. Her iki durum için, deneklerin kelimeleri algılama duyarlılıkları belirlenmiştir (Yanz, Anderson, 1984).
- Duquesnoy'un çalışmasında (1980), konuşma düzeyi/fon gürültüsü ilişkisinin, yaşlı dinleyicilerin konuşmayı algılama eşikindeki etkisini belirlemek amacı ile yaptığı deneylerde, dinleyicilerin konuşmayı algılama eşikleri önce sessiz ortamda, ardından sırası ile 28, 43, 58 ve 73 dBA olan dört ayrı gürültü düzeyinin varlığı durumunda belirlenmiştir (Duquesnoy, 1980).

Bu bölümde sıralanan öznel ölçmelerde, kimi durumlarda mekanik aygıtların da devreye sokularak değişik yöntemlerle sonuca ulaşmaya çalışılması sırasında ortaya çıkabilecek

(*) Sessel olayların insan kulağı tarafından işitsel olarak algılanmasının belirlenebilmesi için, gerçek inleyicilerin yerine "dummy head" adı verilen yapay alıcılar, günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

hata paylarının yanısıra izleyen bölümlerde yer alan kişiye bağlı özelliklerden ötürü de ölçmelerin sağlıklılığı konusunda temkinli olunmasında yarar bulunmaktadır.

2.3.1.2. Öznel Ölçümleri Etkileyen Etkenler

2.3.1.2.1. Kişisel Beğeni

Salonların öznel değerlendirmeleri sırasında, dinleyicilerin özellikle deneyimli kişiler içinden seçilmiş olmalarına karşın, birtakım bireysel etkenlerin olayı etkilemesi kaçınılmazdır. Dinledikleri müzik parçasına duydukları beğeni kişiden kişiye değişim gösterebilmektedir. Örneğin kimileri hızlı, kimileri yavaş müziğe daha sıcak bakarken, kimileri Mozart'ın kimileri de Vivaldi'nin parçalarını tercih edebilmektedirler. Bu kişisel beğeni etkeni sonucun çok da hassas elde edilemeyeceğini ortaya koymaktadır.

2.3.1.2.2. Psikolojik Etkenler

Kişilerin değerlendirmeleri sırasında içlerinde bulundukları psikolojik durum, değerlendirmelerini etkileyecek etkenlerden birisi olabilmektedir. Deney sırasında yaşadıkları başka olaylardan ötürü üzgün ya da sevinçli, yorgun ya da dinlenmiş olmaları önem taşıyabilmektedir.

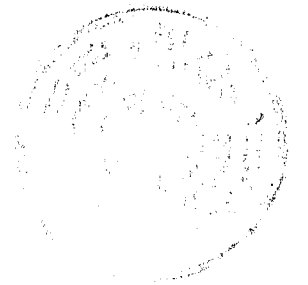
2.3.1.2.3. Tekrarlanma Durumu

Bölüm 2.3.2.1.5'de, nesnel ölçmelerdeki oldukça gelişmiş teknolojik aygıtların kullanılması durumunda yapılan değerlendirmelerin tekrarlanması sırasında bile birbirinden az da olsa farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Pek çok etkenin her an türlü biçimlerde etkilemesine oldukça açık bulunan insanın, değerlendirilecek olay aynı da olsa farklı zamanlardaki değerlendirmelerinin aynı olmama olasılığı oldukça fazladır.

2.3.2. Nesnel Ölçümler

2.3.2.1. Nesnel Ölçümlere Örnekler

Bölüm 2.1'de de değinildiği gibi, Uluslararası Standartlaştırma Organizasyonu tarafından nesnel akustik parametrelerin dört akustik ölçüm grubuna ayrılması önerilmektedir (Anon, 1995). Her bir grupta yer alan parametreler birbirleri ile sıkı ilişki içinde bulunmaktadır.



Bu parametre grupları ve ölçümleri konusundaki kısa açıklamalar izleyen paragraflarda yer almaktadır.

- **Seslilik Göstergesi (Sound Strength-Strength Index) Ölçmeleri:**

Sesliliğin, kalibre edilmiş doğrultusuz bir ses kaynağı kullanılarak ölçülmesi uygun görülmektedir. Entegre edilmiş ses basıncının karesinin, serbest bir alandaki aynı ses kaynağının 10 m uzağında ölçülen tepkisine oranının logaritması alınarak belirlenmektedir (Anon, 1995).

- **Yansıma Süresi (T) ve Erken Düşme Süresi (EDT) Ölçmeleri:**

Nesnel olarak ölçülen parametrelerin en yaygın olarak kullanım alanı bulan ve uzun yıllardır akustik belirleyici olarak nitelendirilen bir hacmin yansıma süresinin ölçülmesinin klasik yöntemi, oktav bantlarda (1/2 ya da 1/3) filtre edilmiş ve amplifikatörde güçlendirilmiş beyaz gürültü kullanarak, kaynağı aniden susturmak ve yeghinliğinin 60 dB düşmesi için geçen süreyi kaydetmektir. Ses genellikle mikrofonla alınır, ve ses basınç düzeyi ölçer aracılığı ile yüksek hızlı bir grafik çizere (düzey kaydedici) verilir. Aygıtın bilinen bir hızla ilerleyen, çıktı kağıdında, zaman fonksiyonunda ses basınç düzeyi değişimlerini gösteren bir eğri oluşur. Yansıma süresi oluşan bu eğri yardımı ile belirlenmiş olur (Karabiber, 1989). Ayrıca, günümüzde gerekli aritmetik işlemleri yaparak sonucu sayısal olarak veren gelişmiş aygıtlar da kullanılmaktadır.

- **Erken ve Geç Gelen Enerjiler Arasındaki Denge (C80, D50 v.b.) Ölçmeleri:**

Bu gruptaki büyüklükler belli bir süreye kadar olan enerjinin, bu süreden sonra gelen enerjiye oranı olabileceği gibi, belli bir süredeki enerjinin tüm gelen enerjiye oranı biçiminde de elde edilebilmektedir.

- **Erken Gelen Yanal Enerji Ölçümleri:**

Sekiz yüzlü ve dolaysız mikrofonların kullanılması ile elde edilen impulse response'lerden yararlanarak, yan doğrultulardan ilk 80 ms içinde gelen enerji parçacıklarının ölçülmesi olanaklıdır.

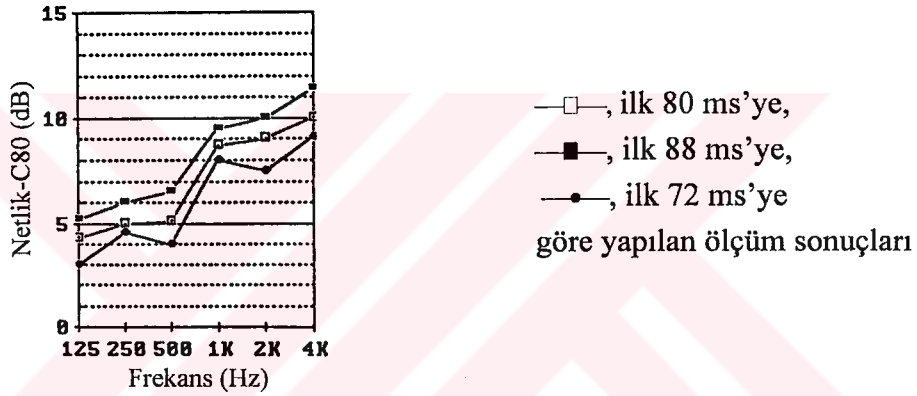
2.3.2.2. Nesnel Ölçümleri Etkileyen Etkenler

Bu bölümde, Bölüm 2.3.2.1'de örneklerle sunulan nesnel ölçmelerin duyarlılığını etkileyen etkenlere değinilmektedir. Bu konuda değişik akustikçilerin çalışmaları

bulunmakla birlikte, daha ayrıntılı ve sistemli bir anlatım biçiminin bulunması nedeni ile Pelorson, Vian ve Polack'ın çalışmalarına (1992) yer verilmesi uygun bulunmuştur.

2.3.2.2.1. Ölçme Tekniklerine Bağlı Farklılıklar

Ölçme teknikleri arasındaki küçük ayrımlar, bir çok parametre için sayısal hesaplama sonuçlarını belli miktarda etkileyebilmektedir. Örneğin C80'i ölçmek, erken gelen enerjinin hesaplanmasını gerektirmektedir. Kullanılan ölçme tekniklerinde, gelen enerji çok kesin olamayan yaklaşık bir süre ile hesaplanabilmekte ve bunun sonucunda da tam bir kesinlik sağlanamamaktadır. Örneğin zaman sınırındaki 8 ms'lik bir duyarlılık duyarlılık bozukluğunun, C80 üzerindeki etkileri araştırıldığında elde edilen sonuçlar Şekil 2.14'de görülmektedir.

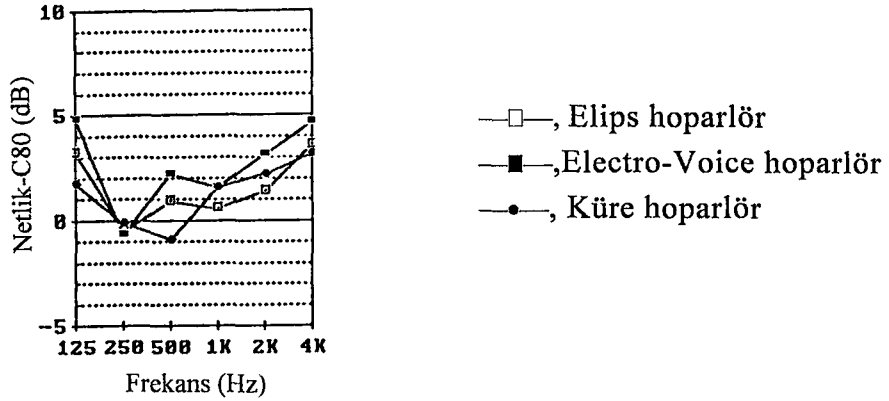


Şekil 2.14. Zaman sınırındaki 8 ms'lik hata paylarının Netlik (C80) parametresinin ölçümünü etkilemesi (Pelorson, Vian, Polack, 1992).

Yansıma süresinin bulunması da çok standart bir ölçüm olmasına karşın salınımlara sebep olabilmektedir. Bu salınımlar özellikle düşük frekanslarda daha büyük olmaktadır.

2.3.2.2.2. Hoparlörlerin Etkisi

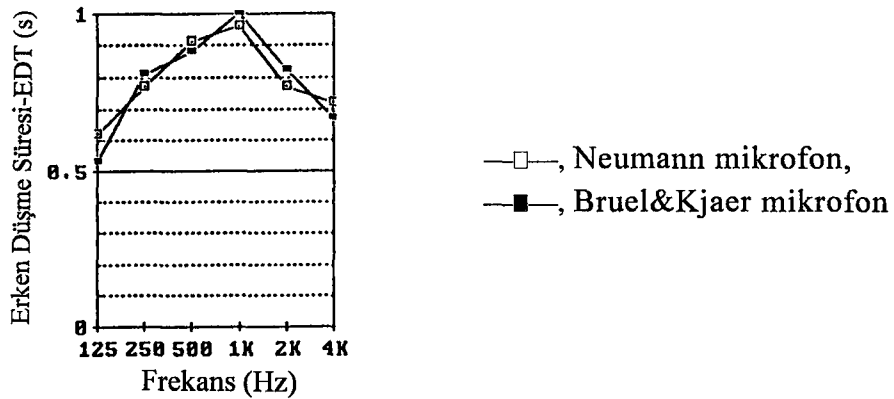
Tekrarlanabilirlik durumunun incelenmesinde diğer bütün etkenlerden daha fazla olarak hoparlör sisteminin seçimi önemli değişimlere neden olabilmektedir. Değişik hoparlörlerin kullanılması ile elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak Şekil 2.15'de değerlendirilmiştir. Bu çalışma hacim içindeki değişik konumlar için tekrarlanmış ve sonuçlar benzer bulunmuştur. Hoparlör değişiminden T ve EDT gibi parametrelerin, enerji oranları ile elde edilen parametrelere göre daha az etkilendikleri ortaya konmuştur. Şekil 2.15'de Netlik (C80) ölçümlerinin hoparlör değişiminden ne oranda etkilendiği görülmektedir.



Şekil 2.15. Üç ses kaynağı ile yapılan C80 ölçmelerinin karşılaştırılması. (Pelorson, Vian, Polack, 1992).

2.3.2.2.3. Mikrofonların Etkisi

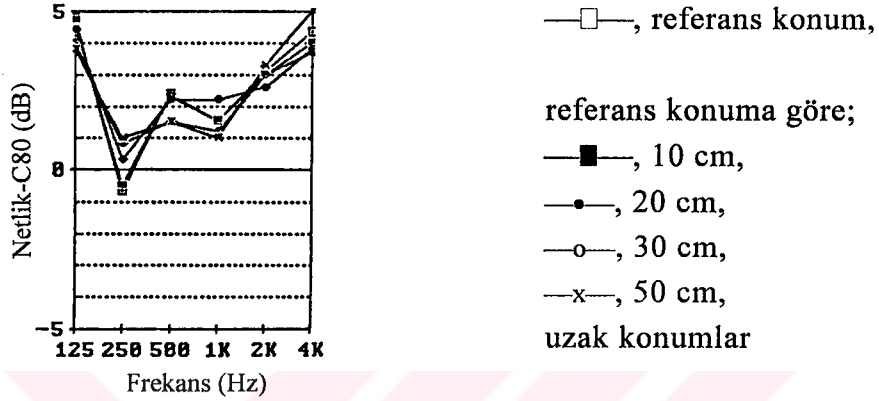
Ölçmelerde kullanılan mikrofonların değişik özellikler taşıyabilmesinden ötürü farklılıklar oluşabilmektedir. Erken düşme süresi (EDT) ölçmelerinde, iki tip mikrofon ile elde edilen sonuçlar Şekil 2.16'da yer almaktadır. Değişik özelliklerdeki mikrofonlarla yapılan tekrarlanabilirlik ölçümleri değerlendirildiğinde, bütün parametreler için, mikrofonların karakteristik özelliklerinin Şekil 2.16'daki gibi yakın olduğu durumlarda, ölçüm sonuçlarındaki ayrımların da çok az olduğu sonucu elde edilmektedir.



Şekil 2.16. Değişik iki mikrofon ile yapılan iki Erken düşme süresi (EDT) ölçme sonucunun karşılaştırılması (Pelorson, Vian, Polack, 1992).

2.3.2.2.4. Kaynak-Mikrofon Konumlarındaki Değişim

Hacim içindeki bir konumun nesnel parametreler ile ne dereceye kadar tanımlanabildiği konusuna yönelik bu incelemede, alıcının küçük yer değişimleri sonucunda ölçümlerde ortaya çıkan değişimler saptanmıştır. Netlik (C80) ve Erken düşme süresi (EDT) parametreleri için elde edilen sonuçlar Şekil 2.17’de sunulmaktadır.



Şekil 2.17. Mikrofonun referans konuma göre 10, 20, 30 ve 50 cm’lik yer değişimi sonucunda ölçülen C80 ve EDT parametrelerinin karşılaştırılması. (Pelorson, Vian, Polack, 1992).

2.3.2.2.5. Ölçmelerin Tekrarlanması Durumunda Ortaya Çıkabilecek Sorunlar

Kaynak-dinleyici konumları, hoparlörler, mikrofon, ölçüm teknikleri ve benzeri tüm koşulların aynı olduğu bir hacimde bile tekrarlanacak ölçümler arasında farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Bu amaçla yapılan bu çalışmada, ölçümler arasında bütün ölçüm sistemi yani hoparlör, mikrofon gibi ekipmanlar sökülüp bir kaç dakika ya da saat sonra yeniden kurularak tekrar ölçmeleri yapılmıştır. Farklı salonlarda ve farklı konumlarda yapılan ölçmelerde elde edilen sonuçların ISO 5725 standardına göre uygun sınırlar içinde kaldığı ancak yine de aralarında az da olsa farklılıklar bulunduğu ortaya konulmuştur. T, EDT, C80 parametreleri için tekrarlanan ölçmelerin standart sapmaları Tablo 2.4’de yer almaktadır.

Tablo 2.4. T, EDT, C80 parametrelerinin tekrarlanan ölçme sonuçlarının standart sapmaları (Pelorson, Vian, Polack, 1992).

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
T (s)	0.05	0.02	0.04	0.02	0.02	0.01
EDT (s)	0.03	0.03	0.08	0.04	0.06	0.06
C80 (dB)	0.30	0.10	0.50	0.30	0.30	0.40

2.3.2.2.6. Hacim İçinde Noktadan Noktaya Değişim

Kaynak ve alıcı konumlarındaki küçük değişimlerin akustik parametre ölçümlerinde farklılıklar yarattığı daha önceki bölümlerde yer almaktadır. Bundan farklı olarak, salon içindeki pek çok değişik noktada parametre değerlerinin farklılık göstermesi durumu da olasıdır. Bu konuda yapılan çalışmalar oldukça sınırlı olmasına karşın, bazı kaynaklardan değişik hacimler içindeki değişik noktalardaki parametre ölçümlerinden elde edilen standart sapma ve ortalama menzıl değeri adı verilen yani hacimdeki en düşük ve en yüksek parametre değerleri arasındaki farkın bütün oktav bantlarında alınmış ortalamaları yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda, genel olarak parametrelerdeki toplam sapmalar, salonun ne büyüklüğüne ne de geometrik biçimine bağlı görülmektedir. Ancak yine de en büyük standart sapmalı salonların en kötü akustik kaliteye sahip salonlar olduğu söylenebilmektedir (Pelorson, Vian, Polack, 1992). Buna göre de parametrelerin standart sapmaları akustik kalitesizliğin bir göstergesi olarak görülmektedir.

2.4. ÖZNEL VE NESNEL DEĞERLENDİRMELER ARASINDAKİ İLİŞKİLERİ ORTAYA KOYMAYA YÖNELİK ÇALIŞMALARDAN ÖRNEKLER

Hacim akustiğindeki nesnel kriterler ve öznel değerlendirmeler bir başka deyişle, akustik değerlendirmeler arası ilişkiler konusu, akustik değerlendirmenin tutarlılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bölüm 2.3'de değinildiği gibi, öznel ve nesnel ölçümleri etkileyen pek çok etken sözkonusudur. Bu etkenlerin ortadan tümü ile kaldırılabilmesi çoğunlukla olanaksız görülmektedir. Elde edilen akustik değerlendirmelerdeki öznel ve nesnel ölçüm sonuçlarında, kendi içlerinde belli yaklaşıklıklardan söz edilebileceği gibi, birbirleri arasında yapılabilecek bir karşılaştırmada da farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Daha önceki bölümlerde de belirtilen pek çok nedenden ötürü, değerlendirmelerde daha ağırlıklı olarak kullanılan nesnel değerlendirmelerin, öznel algılama ile ilişkilerinin çok tutarlı bir biçimde belirlenmesi ön koşul durumundadır. Bu amaçla öznel ve nesnel değerlendirmeler arasındaki ilişkileri ortaya koymaya yönelik olarak yapılmış çok sayıda çalışma arasından seçilen, karakteristik özellikteki birkaç çalışmaya izleyen bölümlerde yer verilmektedir.

2.4.1. Hawks ve Douglas'ın Çalışması

Hawks ve Douglas (1971), Beranek'in (1962) daha önceki yıllarda yaptığı "Music Acoustics and Architecture" adlı yayınında ortaya koyduğu çalışmasından yola çıkarak,

salonlardaki öznel etkilenmeye dayalı bir uygulama çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada müzik konusunda deneyimli kişilere, canlı bir konser dinletilmiş ve bu konserle ilgili bir anket hazırlanmıştır. Anketlerin değerlendirilmesini, beş öznel parametreden oluşan dört gruba ayırdıkları, öznel tepkilerin analizi biçiminde yapmışlardır. Bu dört grup öznel tepki aşağıda yer almaktadır.

- **Yansışım (Reverberance)**
- **Dengeleme-Harmanlama (Balance-Blend):** Dengeleme, hem orkestranın bölümleri arasında, hem de orkestra ya da enstrumantal solistler arasındaki dengelemedir. Harmanlama, orkestradaki değişik çalgıların seslerinin dinleyicilere uyumlu gelecek biçimde karşılaştırılması olarak tanımlanır.
- **Belirlilik-Açıklık (Definition):** Ses açık ve ayırdedilebilir olduğunda, salonun belirliliği vardır denir. Belirliliği az bir salonda müzik bulanık ve karmaşıktır. Belirlilik için, iç yüzey gereçlerinin ses yutma biçimleri, yansışım süresine, yansımış ses ve dolaysız ses yeğinliğine bağlıdır.
- **Parlaklık (Brilliance):** Parlak, açık, uyumluları zengin sesi anlatır. Tizlerin fazlalığından ve düşüşlerin yavaşlığından kaynaklanır. Bu nitelik, ilk ulaşım gecikmesi, yüksek frekanslardaki yansışım süresinin orta frekanslara oranı, dinleyicilerin icracılardan uzaklığı ve salonda uygun ses yansıtıcı yüzeylerin varlığından etkilenir.

Sonuç olarak, elde ettikleri bulgulardan yola çıkarak, Beranek'in (1962) çalışmasındaki öznel niteliklerin lineer olarak toplanmasını eleştirmişlerdir. Beranek'e göre bu lineer toplam, örneğin yankı gibi bir akustik kusurun, diğer nitelikler yardımı ile telafi edilebileceğini göstermektedir ki Hawks ve Douglas'a göre bu temel bir yanılgıdır.

2.4.2. Gottlob'un Çalışması

Gottlob çalışmasını (1973), yansışımless bir odada çalınan müziğin kaydedilerek, incelenen salon sahnelerinden iki hoparlörle verilmesi ile gerçekleştirmiştir. Kullanılan yapay alıcıların (dummy head) sağ ve sol kulaklarında, sağ ve soldan gelen sesleri almak üzere yerleştirilmiş mikrofonlar bulunmaktadır.

Elde edilen sonuçlardan en önemlisi, Barron'un Lizbon Gulbenkian salonu için yaptığı çalışma ve Cremer-Müller çalışması ile koşut olarak, uzun yansışım süresinin istendiği yerlerde, yanal enerji oranı (LEF)'in düşük olmasının tercih edilmesidir. Gottlob bu çalışmasında ayrıca, 50 ms. içindeki erken gelen enerji oranını ortalama olarak 0.34 önermektedir. Elde edilen bir başka sonuca göre de, kısa yansışım süreli salonların,

yanal enerji oranı (LEF) değerlerinin büyük, uzun yansıma süreli salonların ise küçük olduğunu bulmuştur.

Wilkens ve Lehmann'ın kullanılan ses kaynağının gerçek olmayıp, bir kayıt ve hoparlör aracılığı ile oluşturulmasının, çalışma sonucunun duyarlılığını olumsuz yönde etkilediğine yönelik bir eleştirisi söz konusudur.

2.4.3. Wilkens ve Lehmann'ın Çalışması

İncelenen salonlarda (1975), canlı bir orkestranın çaldığı müzik, yapay alıcılar (dummy head) ile kaydedilmiş ve dinleyicilere laboratuvar ortamında kulaklıklarla dinletilmiştir. 19 skaladan oluşan anket sonuçlarına göre, yanıtların üç skala üzerinde toplandığı görülmektedir;

- Sesslilik, (Loudness),
- Parlaklık-Canlılık, (Clarity) ve
- Tını (Timbre)

Bu üç skala sonuçları ile algılama sonuçları karşılaştırıldığında, dinleyicilerin yeğin sesi ya da parlak-açık sesi tercih ettikleri görülmüştür. Yani bir hacmin akustik açıdan değerlendirilmesinde dinleyiciler iki gruba ayrılmakta, bir grup dinleyici için en önemli etken düzey iken diğer grup için netlik olmaktadır.

2.4.4. Barron'un Çalışması

İngiltere'deki, biri dışında 11600 m³ ile 22000 m³ arasında değişen ve yansıma süreleri birbirine çok yakın onbir konser salonunda yapılan çalışmalarda (1988), deneyimli dinleyicilere canlı bir orkestra dinletilmiş ve anketler yapılmıştır. Diğer çalışmalara göre daha kısa tutulan anketler, dinleyicilerce salon içindeki farklı konumlarda ayrı ayrı doldurulmuştur. Bu anketlerde, erken yansımaların akustik mükemmellik için bir gösterge olup olmadığı konusu iyi ve kötü yönleri ile ortaya konmuştur. Bu amaçla skalaya konulmuş kuşatılma (envelopment) skalası dışında, netlik (clarity), öznel yansıma (reverberance), samimilik (intimacy) ve sesslilik (loudness) skalaları yer almaktadır. Bu önemli beş skala için değerlendirme olumlu ya da olumsuz olarak yapılmıştır. Örneğin sesslilik (loudness) (sesslilik) skalası için, “sesli” (loud) ve “sessiz” (quiet) olmak üzere iki seçenek yer almıştır.

Barron'un çalışmasında, Geniş Kapsamlı Akustik Etkilenme (Overall Acoustic Impression) skalası dışındaki anket skalaları bağımsız olarak değerlendirilebilecek

biçimde tasarlanmıştır. Sonuç olarak, istatistiksel açıdan önemli olabilecek yalnızca üç ilişki görülmektedir. Bu ilişkiler;

- Öznel yansışım (Reverberation) ile Kuşatılma etkisi (Envelopment),
- Kuşatılma etkisi (Envelopment) ile Samimilik (Intimacy) ve
- Samimilik (Intimacy) ile Seslilik (Loudness)

arasındadır.

Kuşatılma etkisi (Envelopment) ile Seslilik (Loudness) arasında da küçük bir ilişki olduğu söylenebilmektedir. Tüm bu ilişkiler arasında en belirgin ve önemli olanı, Kuşatılma etkisi (Envelopment) ile Samimilik (Intimacy) arasındadır. Ayrıca ulaşılan sonuçların en önemlisi;

- Öznel yansışım (Reverberation),
- Kuşatılma etkisi (Envelopment),
- Samimilik (Intimacy)

ile Geniş Kapsamlı Akustik Etkilenme arasında yüksek bir ilişkinin bulunmasıdır. Bundan ötürü bu üç skala, öznel akustik parametreler arasında en önemlilerindendir. Ancak ilginç olan, Öznel yansışım (Reverberance) ve Samimilik (Intimacy) skalaları arasında hiçbir dinleyicinin bir ilişki kuramamış olmasıdır. Buna karşılık, çoğu dinleyici, Kuşatılma etkisi (Envelopment) ile hem Öznel yansışım (Reverberance) hem de Samimilik (Intimacy) arasında ilişki kurmuştur. Bu durumdan ötürü dinleyicilerin,

- Öznel yansışımı (Reverberance) ve
- Samimiliği (Intimacy)

seçenler olmak üzere iki bölüme ayrılması yararlı görülmüştür.

Öznel yansışım (Reverberance) grubundaki dinleyiciler Kuşatılma etkisini (envelopment) genelde yansışım karakteristikleri ile tanımlamışlardır. Onlar, Kuşatılma etkisini belirlerken yansışmış sesin uzaysal bileşenlerini değerlendirirler. Samimilik (Intimacy) grubu dinleyicileri için ise en önemli belirleyici, Samimilik ve Kuşatılma etkisi algılamalarında ortak olan algılama karakteristiği yani ses düzeyidir.

Barron'un deneyinin nesnel kriterler ile öznel değerlendirmelerin karşılaştırılması bölümünde elde edilen sonuçlara göre;

- Öznel netlik (Clarity) ile en iyi ilişki orta frekans yansışım süresi arasındadır.

- Öznel yansışım (Reverberance) ile Erken Düşme Süresi (EDT) arasında yüksek bir ilişki vardır. Ayrıca öznel yansışım ile orta frekans yansışım süresi arasında da bir ilişki söz konusudur.
- Kuşatılma etkisi (Envelopment) ile nesnel ölçmeler karşılaştırıldığında, Uzaysal Algılama Derecesi (Spatial Impression-SI) ile arasında 0.46 gibi yüksek bir korelasyon görülmektedir.
- Samimilik (Intimacy) ile orta frekans erken gelen ses düzeyi, orta frekans ses düzeyi ve toplam ses düzeyi arasında yüksek bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca samimilik ile kaynak-dinleyici uzaklığı arasında da güçlü bir ilişkiden söz edilebilmektedir.
- Sesslilik (Loudness) ile kaynak-dinleyici uzaklığı arasında ise oldukça ilginç bir sonuca varılmıştır. Ses düzeyi uzaklığa bağlı olarak azalsa bile, sesslilik eşit olarak algılanabilmektedir. Bir başka deyişle, aynı ses düzeyi kaynağa daha uzak noktalarda daha yeğin olarak algılanmaktadır. Yani dinleyiciler, uzaklık faktörünü kompanse edebilmektedirler. Bu durumun, görsel etkilerin söz konusu olmadığı bir laboratuvar ortamında ortaya çıkmayacağı açıktır. Uzaklığa bağlı olarak dinleyicilerin kendilerini kompanse edebilmeleri, her uzaklık için aynı oranda ve 0.09 dB/m'dir.

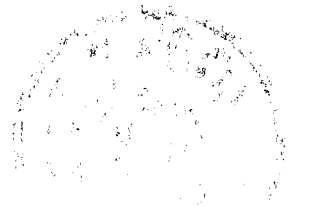
Öznel yansışım ile ilgili olarak, dinleyiciler tarafından yansışım süresinin öneminin çok fazla olduğu ve 2 s'den daha az olan yansışım süresi değerlerinin tatmin edici olmadığı söylenebilmektedir. Ayrıca, orta frekans değil, frekanslara göre ortalama yansışım süresinin daha iyi uyum gösterdiği saptanmıştır.

2.4.5. Fischetti ve Jouhaneau'nun Çalışması

Bu çalışmada, öznel netlik kriteri olan Netlik (C80) parametresi ile uluslararası boyutlarda kabul gören bir deney hacminin geometrik parametreleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Yapılan çalışmalarda, Netlik (C80) parametresi ile öznel netlik arasında koşutluk olmadığı görülmüş ve erken yansışım enerjisinin öznel netlik üzerindeki rolü, yapay bir yansışım yaratılarak yeniden gözden geçirilmiştir (Fischetti, Jouhaneau, 1992).

Netlik (C80) parametresi ile öznel netlik arasında bir koşutluk olup olmadığının ortaya konması çalışmanın ilk bölümünü oluşturmaktadır. Netlik (C80) parametresi ile öznel netlik arasında bir paralellik bulunmayıp hatta zıtlıkların bulunmasının, ilk 80 ms'deki enerji dağılımının değişiminden kaynaklandığının ortaya konması çalışmanın ikinci bölümünü oluşturmaktadır. Netlik (C80) değeri aynı kalsa bile, enerji dağılımının değişmesi öznel netliğin de değişmesine neden olmaktadır. Sonuç olarak;

- Zaman içindeki enerjinin değişimi ile, öznel netliğin çok genel olarak ters orantılı olduğu söylenebilmektedir.



- Bir erken yansımanın dolaysız sese göre zaman gecikmesinin değişmesi ile öznel netlik de değişebilmektedir.
 - o Erken yansımaların gecikmelerinin dolaysız sese göre çok artması öznel netliği azaltmaktadır. Dolaysız sesden yaklaşık 25-30 ms'den sonra gelen erken yansıma durumlarında öznel netlik daha az olmaktadır.
 - o Sık zaman aralıklarıyla gelen erken yansıma silsilesinin kısa sürdüğü durumlarda yegînliğin fazla olması öznel netliği arttırmaktadır. Yansımaların geliş süreleri uzadığı zaman ise düzeyin fazla olması öznel netliği azaltmaktadır.

2.4.6. Beranek'in Çalışması

Beranek uzun yıllardır süregelen, salonların müzikal, akustik ve mimari verilerin değerlendirilmesine yönelik çalışmalarına bir yenisini daha eklemiş ve bu çalışmasında, 1962 yılında yayımladığı çalışmasına göre biraz daha farklı yaklaşımlarda bulunarak daha farklı bir değerlendirme yöntemi uygulamıştır (Beranek, 1996).

Beranek'in bu çalışmasında, deneyimli müzisyenler ve müzik eleştirmenlerinin katıldığı anket çalışmalarından elde edilen öznel değerlendirme sonuçları ile nesnel değerlendirme sonuçları arasında bir karşılaştırma yapılabilme olanağı söz konusudur.

Beranek'in çalışmasında elde edilen sonuçlar, tam dolu hacimler için geçerli olup, değerlendirmeler, dinleyici platformu üzerinde yer alan dinleyici noktalarında yapılmıştır. Yani sahnede yer alan müzisyen ve icracılarla ilgili değerlendirmeler konu dışında tutulmuştur. 22 ülkeden 76 konser salonunda yapılan incelemeler, hacim büyüklüğü, biçimi, yüzey özellikleri, balkonlar, koltuk özellikleri, asılı elemanlar gibi özellikler ile öznel değerlendirmeler arasındaki ilişkiye açıklık getirmeye ve mimari tasarımlara yeni bir yön vermeye yönelik olmuştur. Değerlendirmeye alınan akustik kriterler;

- Kulaklararası Çapraz Korelasyon (Interaural Cross Correlation-IACC)
- Başlangıçtaki Zaman Gecikmesi Aralığı (Initial Time Delay Gap- t_1)^(*)
- Orta frekans Seslilik Göstergesi^(**) (Signal Strength at mid frequencies- G_{mid})
- Erken Düşme Süresi (Early Decay Time-EDT)

(*) Dinleyici noktasına ulaşan dolaysız gelen ses ile ilk erken yansıyan ses arasındaki ulaşma süresi farkına başlangıçtaki zaman gecikmesi aralığı (initial Time Delay Gap) denilmektedir.

(**) 500 ve 1000 Hz'de ölçülen Ses Gücü ortalaması



- Bas Oranı (Bas Ratio-BR)(*)
- Dağıtma Çarpanı İndeksi (Surface Diffusivity Index-SDI)(**)

olarak sıralanabilir.

Beranek'in incelemeleri sonucunda, Akustik Kalite Göstergesi (Acoustic Quality Index-AQI) adını verdiği yeni bir genel akustik değerlendirme kriteri ortaya konmuştur. Akustik Kalite Göstergesi (AQI), 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Salonlar bu aralıkta iyiden kötüye doğru A+, A, B+, B, C+, C sınıflarından birinde yer almışlardır. Deneyimli müzisyen ve müzik eleştirmenlerinin değerlendirmelerinden elde edilen sonuçların bir ortalaması alındığında elde edilen sonuca göre, mükemmel sınıfına giren (A+) üç salon saptanmıştır. Bu salonlar;

- Viyana'da Grosser Musikvereinssaal,
- Boston'da Boston Symphony Hall ve
- Amsterdam'da Concertgebouw

olarak sıralanmaktadır.

Tüm hacimlerde değerlendirmeye alınan akustik kriterlerin, önerilen değerlerine göre bir ortalaması alınarak, hacimler arası bir sıralama oluşturulmuştur. Böylelikle hacimlere göre parametrelerin durumları saptanmıştır.

Öznel ve nesnel değerlendirme sonuçlarına göre, hacimlerdeki ses kalitesi derecesi, hacim biçimine olduğu kadar büyüklüğüne ve yüzey özelliklerine de bağlı görünmektedir. Ortaya konan ilişkiler büyüklük sırasına göre aşağıda yer almaktadır;

- En büyük ilişki, 0.63 korelasyon katsayısı ile yüzey pürüzlülükleri ile AQI arasında görülmüştür. Yüzey pürüzlülüklerinin fazla olması, Bölüm 3.1.2'de de yer alan dağıtma çarpanının (δ) yüksek olmasına ve yüzey dağıtıcılığının fazla olmasına yol açmaktadır.
- En önemli ikinci etken, yan duvarların plan üzerindeki açısıdır.
- Diğer önemli bir etken ise hacmin genişlik/yükseklik oranı olmaktadır.

Müzisyenlerin, %75'i dikdörtgen konser salonlarını tercih etmektedirler. Beranek bu sonucun, Gade'in bu konuda yaptığı çalışma sonuçları (1981) ile paralellik gösterdiğini de söylemektedir.

(*) Bas oranı, 125 ve 250 Hz'deki yansımam süreleri toplamının, 500 ve 1000Hz'deki yansımam süreleri toplamına oranıdır.

(**) Dağıtma Çarpanı İndeksi, Bölüm 3.1.2'deki "Diffusivity Coefficient" ile aynıdır.

2.5. HACİMLERİN AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMELERİNİN DAHA KISA SÜREDE VE DAHA AYRINTILI YAPILABİLMESİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Günümüzde bir hacmin akustiğinin geleneksel yöntemlerle belirlenebilmesi, hesaplanabilmesi ya da hacimlerin, oluşturulan ölçekli modellerinin üzerinde akustik olayların pratikte nasıl olacağının görülebilmesi amacı ile yapılan çalışmalar, artık yerini simulasyon programlarına bırakmaya başlamışlardır. Bir simulasyon programı, küçük mikrofonlar ile oluşturulan bir skala modeli içindeki bir ölçme sisteminin yaptığından çok daha fazla bilgiyi içerebilmektedir. Bilgisayar tekniği kullanılarak oluşturulan bu programlarda, hacmin bire bir görüntüsü elde edilebilmekte ve sessel olayların uygulamada nasıl olabileceği oldukça büyük bir yaklaşıklıkla gözlenebilmektedir.

Günümüzde eski yöntemlerle yapılan akustik değerlendirme biçimlerinin yerlerini simulasyon programlarına bırakmalarının başlıca nedenleri;

- bu yöntemle daha ayrıntılı ve tekrarlanabilir incelemelerin yapılabilmesi,
- çok daha fazla incelemenin daha kısa sürede sonuçlandırılabilmesi,
- henüz tasarım aşamasında iken, tüm olasılıkların incelenerek daha en başta akustik belirlemelerin yapılabilmesi,
- sonuçların daha rahat görülebilmesi,

olarak sıralanabilmektedir.

Bu bölümde, simulasyon programları ile ilgili olarak ses ışınlarının zaman içindeki gelişimleri ve yansımanın dağılım özelliğinin simule edilmesi ile ilgili olarak geliştirilmiş yöntemler kısaca tanıtılmaktadır.

2.5.1. Simulasyon Teknikleri Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

25 yılı aşkın bir süre önce Krakstad, Stem ve Sorsda adlı akustikçilerin hacim akustiği simulasyon programları üzerine başlattıkları çalışmalar, günümüze değin büyük bir aşama kaydetmiştir. Hacim akustiği dalında, araştırma, ticari ve eğitim amaçlarıyla kullanılan, değişik üniversite ve kuruluşların oluşturduğu Catt, dB Ray, Epidaure, Ramset, Ray, RayNoise, Raypid, Odeon gibi çok sayıda simulasyon programından yararlanılabilmektedir.

2.5.1.1. Ses Işınlarının Zaman İçindeki Gelişimlerinin Simule Edilmesine Yönelik Çalışmalar

Simulasyon programlarında en genel anlatımla, hacmin üç boyutlu olarak incelenmesi ve görüntülenmesini sağlayan verilerin girilmesinden sonra, ses kaynağından çıkan ışınların zaman içindeki gelişimlerinin izlenmesi amaçlanmaktadır. Gerçek bir hacimde

oluşan duruma en yakın olması hedeflenen, ilerleyen ses ışınlarının hacim içindeki zamana bağlı seyirleri, başlıca üç değişik yöntemle elde edilebilmektedir. Bu üç yöntem,

- Işın Diyagramları Yöntemi (Ray Tracing Method)
- Görüntü Kaynak Yöntemi (The Image Source Method)
- Bileşik Yöntem (Hybrid Method)

olarak ilerdeki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

2.5.1.1.1. Işın Diyagramları Yöntemi (Ray-Tracing Method)

Bu yöntemde, ses kaynağı olarak alınan bir noktadan çıkan ve üç boyutlu olarak değişik doğrultulara yayılan ses ışınları, yolları üzerindeki bir yüzeye çarptıklarında, yüzeylerin yutma çarpanlarına bağlı olarak enerjilerinin bir bölümünü kaybetmekte ve yansıyarak, yeni bir doğrultuda yollarına devam etmektedirler. Bu yansımada genel olarak yansıyan ışın, gelen ışının, yüzeyin normali ile yaptığı açıya eşit bir açı yaparak yansımaktadır. Özel bir alıcı konumu ile ilgili hesapların yapılabilmesi için, yol alan ses ışınlarını yakalamak üzere, o alıcının çevresinde bir hacim ya da bir alan tanımlaması yapılabilmekte ya da ses ışınları, bir piramidin ya da bir V biçiminin aksında varsayılabilmektedir. Ancak bu durumda, her nasıl olursa olsun, yanlış yansımaların hesaba katılması ve hesaba katılmaları gereken yansımaların ise bulunamaması gibi sakıncalar doğabilmektedir.

Bu durumda, ses dalgasının önündeki her bir ışının, t süre kadar yol aldıktan sonra gördüğü açı, önüne çıkan yüzeyin alanından küçükse, t zamanlı bir yol alıştan sonra, ışının A alanlı bir yüzeyi görme olasılığı olduğu söylenebilmektedir. Yukarıdaki varsayıma göre, alıcıdaki akustik özelliklerin değerlendirilmesi için, olması gereken en az ışın sayısı Denklem 2.27 ile elde edilebilmektedir (Naylor, 1993; Rindel, 1995a).

$$N_{\text{gereken}} \geq (8\pi c^2/A)t^2 \quad (2.27.)$$

N_{gereken} : Işın diyagramları yöntemine göre, alıcıdaki akustik özelliklerin değerlendirilmesi için, olması gereken en az ışın sayısı

c : Havadaki ses hızı (m/s)

A : Bir ışının t süresi kadar yol aldıktan sonra gördüğü yüzeyin alanı (m²)

t : Kaynaktan çıktıktan sonra ışının yol aldığı süre (s)

Bu varsayıma göre, klasik bir hacim için, oldukça çok sayıda ses ışını gerekmektedir. Hacim akustiği simulasyon programlarındaki Işın Diyagramları Yöntemi üzerinde yapılan çalışmalar, yaklaşık 30 yıl öncesinden, basit geometrik çizimler oluşturmak

biçiminde başlamıştır. İlk ışın diyagram modelleri, yansıma dağılımlarının görsel olarak belirlenmesi için çizimler oluşturmak biçimindeydi. A.Knokstad, S.Stroem ve S.Soersda adlı akustikçilerin bu konudaki çalışmaları Journ.of S.and Vib. yayınının 8(1968) sayısında, "Calculating the Acoustical Room Response by the Use of a Ray Tracing Technique" adı ile yayınlanmıştır.

Işın Diyagramları yöntemi ile ilgili çalışmaları daha da ileriye götüren A.Kulowski bu konudaki çalışmalarını Applied Acoustics'de "Algorithmic Representation of the Ray Tracing Technique" adı ile yayınlamıştır (1985).

Daha yakın tarihlerde J.P.Vian ve D.van Maercke tarafından, ışın diyagramları yöntemini daha ileriye götürmeye yönelik çalışmalarda yine de yeterli hassasiyette sonuçlar sağlanamamıştır. Gerçeğe en yakın sonuçlar verebilen çalışmalar ise 1993'de T.Lever tarafından yapılmıştır.

2.5.1.1.2. Görüntü Kaynak Yöntemi (The Image Source Method)

Görüntü Kaynak Yöntemi, yansıtıcı bir yüzeyde oluşan doğrultulu bir yansımanın görüntü kaynağının, geometrik olarak oluşturulabilmesi ilkesine dayanmaktadır. Dikdörtgenler prizması biçimindeki bir hacimde, belli görüntü kaynaklar oldukça basit bir biçimde oluşturulabilmektedir. Böylelikle, eğer hacmin büyüklüğü de biliniyorsa, belli bir yarıçap içindeki görüntü kaynak sayısı yaklaşık olarak Denklem 2.28 ile belirlenebilmektedir. Bu denklem, t süre sonundaki ses ışınları dağılımına bağlı olarak, bir alıcıya ulaşan yansıma sayısını vermektedir (Naylor, Rindel, 1994).

$$N_{\text{yansıma}} = (4\pi c^3 / 3V) t^3 \quad (2.28)$$

$N_{\text{yansıma}}$: Görüntü Kaynak Yöntemi'ne göre, t süre sonundaki ses ışınları dağılımına bağlı olarak, bir alıcıya ulaşan yansıma sayısı

V : Hacim büyüklüğü (m^3)

t : Işının yol aldığı süre (s)

c : Havadaki ses hızı (m/s)

Görüntü kaynak yönteminin avantajı, çok hassas yani gerçeğe çok yakın sonuçlar verebilmesidir. Ancak, eğer hacim basit bir dikdörtgenler prizması değilse, o zaman sorunlar ortaya çıkmaktadır. n sayıda yüzey için, birinci yansımanın n sayıda görüntü kaynağının olması olasıdır. Bunların herbiri (n-1) adet ikinci yansıma görüntü kaynaklarını oluşturabilmektedirler. i yansıma sonrasındaki muhtemel görüntü kaynak sayısı Denklem 2.29 ile elde edilebilmektedir (Rindel, 1995).

$$N_{\text{görüntü kaynak}} = (1 + n/n-2)((n-1)^i - 1) \approx (n-1)^i \quad (2.29.)$$

Görüntü kaynak yöntemi, ışın diyagramları yöntemine göre biraz daha ileri düzeydedir. Ancak bu yöntemde, klasik dikdörtgen prizmasından daha çok sayıda yüzeyi olan hacimlerdeki hesaplama sonuçlarında, olması gerektiğinden çok daha fazla görüntü kaynak oluşabilmektedir. Yapılan incelemelerde, bu görüntü kaynakların çoğunun alıcı noktada hiçbir yansıma oluşturmadığı ortaya konmuştur. Görüldüğü gibi, bu yöntemin çok sayıda yüzeyi olan hacimler için pek doğru sonuçlar vermediği söylenebilmektedir. Ancak yansısız bir hacimde, örneğin bir hoparlör sistemi tasarımı için bu yöntemle başvurulabilmektedir.

2.5.1.1.3. Bileşik Yöntem (Hybrid Method)

Yukarıda açıklanan iki simülasyon yönteminin olumsuz yanları, Bileşik Yöntem'in gelişiminde öncü olmaktadır. Bu yöntemde, her iki modelin en iyi özellikleri biraraya getirilmiştir. Bileşik yöntemin geliştirilmesi konusunda çalışma yapan M.Vorlander'in, J.Acoust.Soc.Am. 86(1989) yayınında yer alan "Simulation of the Transient and Steady State Sound Propagation in Rooms Using a New Combined Ray-Tracing Image Source Algorithm" adlı çalışmasından söz edilebilir. Daha sonraları ise G.M.Naylor'ın (1993) "Odeon-Another Hybrid Room Acoustical Model" ve "Treatment of Early and Late Reflections in a Hybrid Computer Model for Room Acoustics" adlı çalışması gelmektedir.

Bileşik yöntemde erken ve geç yansımaların simüle edilmesi konusunda yapılan işlemler aşağıda yer almaktadır;

Bileşik modelde, geçerli olma olasılıkları yüksek olan görüntü kaynakların bulunmasında en etkin olabilecek yöntem düşüncesinden yola çıkılmaktadır. Bu nedenle, yansıma ardışıkları oluşturmakta ve sonra bu yansımalar bir alıcı konumundaki sessel oluşumu belirlemeye yönelik olarak denetlenmektedir. Bu denetim, görünürlük testi (visibility test) olarak adlandırılmaktadır. Bu testte, ışınlar sanki alıcıdan çıkıyormuş ve kaynağa geri gidiyorlarmış biçiminde bir denetim yapılmaktadır. Bu incelemenin yapılabilmesi için de, görüntü kaynağı oluşturan yansıtıcı yüzeylerin tersine sıralanmasını sağlayan bir yansıma dizisinin belirlenmesi gerekmektedir. İlk önce, ses ışınlarının geri ışınlama yöntemi (backtracing)^(*) ile geçerli görüntüleri bulunabilmektedir. Daha sonra görüntülere ilişkin yansımaların düzeyleri, sözü edilen belli bir yansıma çarpanı olan yüzeyin yansıttığı enerjinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Yansımanın ulaşma süresi ise, görüntü kaynağın uzaklığına bağlı olarak

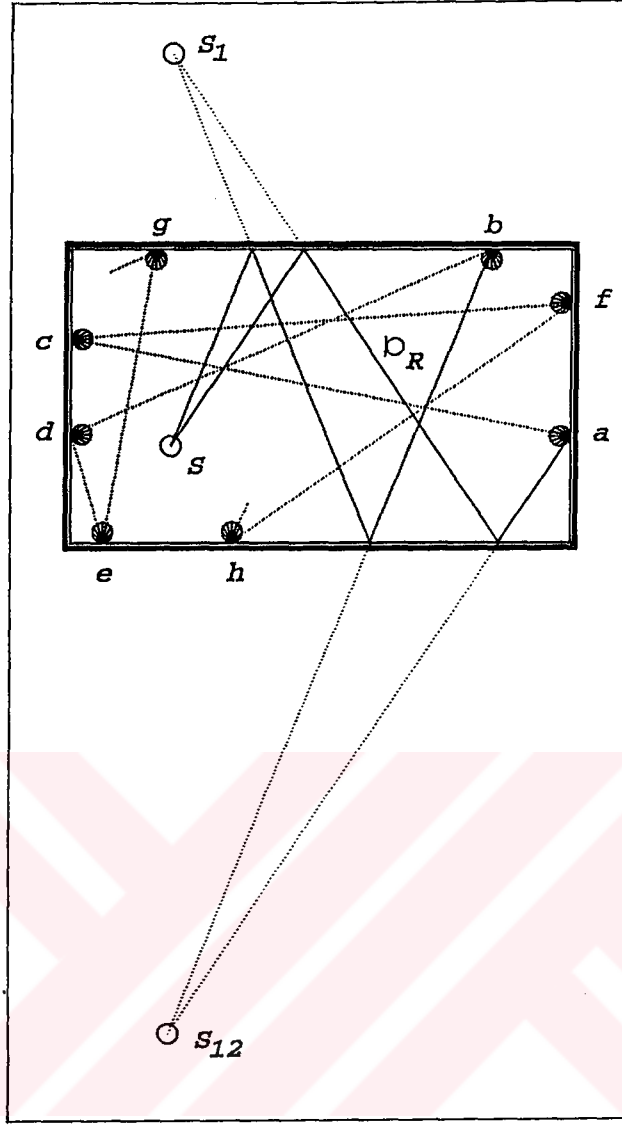
(*) Çok kereler yansıyan bir ışının izlediği yolların belirlenmesi, geriye doğru bir inceleme yapılarak geri ışınlama adı verilen bir yöntem ile geometrik olarak belirlenebilmektedir.

verilmektedir. Bu ulaşma süresi, aynı yüzeylerden birbirini peşpeşe izleyen yansımaların bir genellemesi alınarak bulunabilmektedir. Ancak bu yöntemde, her geçerli görüntü kaynağın yalnızca bir kere kullanıldığından emin olunması gerekliliği vardır. Yani yüzeye gelen ışının, bir yüzeyden yalnız bir kere yansıdığından emin olmak gerekmekte, tersi durumunda, bir görüntü kaynak için, birden çok yansıma ortaya çıkmakta ve bu durum da hatalara yol açabilmektedir. Bu nedenle, görüntü ağacı (image tree)^(*) oluşturularak erken yansımaların kontrol altına alınması sağlanmalıdır.

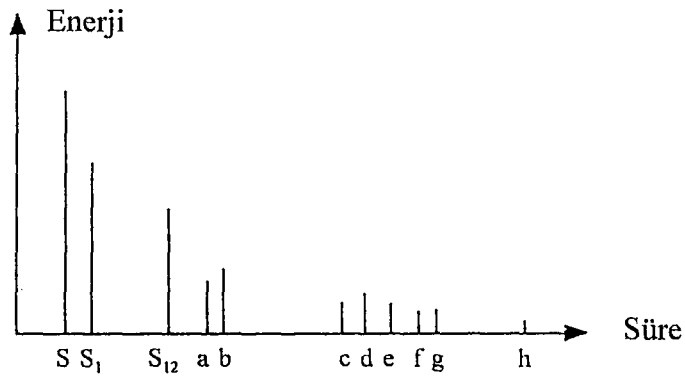
Görüntü kaynaklar oluşturularak, alıcıya ulaşan yansıma ardışıklarının doğru olarak elde edilmesinin ardından, bir yansıma eğrisi oluşturabilmek için, başka yöntemlere başvurulabilmektedir. Bu konuda genellikle, hacmin geometrisinin ve yutuculuğunun istatistiksel özelliklerine bağlı olan değişik yaklaşımlar önerilmektedir. Bu yaklaşımlardan birisi de, yararlılığı günümüzde kullanılmakta olan bir simülasyon programında ortaya konmuş olan ikincil kaynak yöntemi olmaktadır (Naylor, Rindel, 1994). Erken yansılardan geç yansılara geçişten sonra ışın, geometrinin bir belirleyicisi değil de, enerjinin taşıyıcısı gibi davranmaktadır. Bir ışın her defasında bir yüzeye çarpmakta ve çarpışma noktasında bir ikincil kaynak oluşturmaktadır. İkincil kaynağın enerjisi, olduğu noktaya bağlı olarak, başlangıçtan o ana kadar olan süre içinde, ana kaynağın toplam ses enerjisinin, ışın sayısına bölünmesi ve yüzeylerin yansıtma çarpanlarına bağlı olarak belirlenmektedir.

Şekil 2.18'de, hybrid modelinin nasıl işlediğini gösteren şematik bir gösterim yer almaktadır. Burada, birinci yansımalar ile oluşan birinci görüntü kaynak (S_1), ikinci yansımalar ile oluşan ikinci görüntü kaynak (S_{12}) ve alıcı (R) görülmektedir. Kaynaktan (S) çıkan ışınların önceden yapılacak belirlemelerine göre, birinci ya da birinci ve ikinci yansımalar, normal ile eşit açı yaparak doğrultulu yansıtılır. Böylelikle bu yansımalar erken yansımaları oluşturur. Daha sonraki yansılarda bir gelişigüzellik söz konusu olmakla birlikte bu yansımalar sonucu oluşan ışınlar, yansıma olayını meydana getirmektedir. Basit dikdörtgenler prizması biçimindeki bir hacimde, tüm yansımalar alıcı tarafından görünür durumda olduğundan bu ışınların hepsi alıcıda oluşan yeğinlik düzeyine katkıda bulunmaktadır. Şekil 2.19'da bir ses kaynağından çıkan iki ışından elde edilen iki görüntü kaynağından (S_1 ve S_{12}) ve sekiz ikincil görüntü kaynağından (a, b, c, d, e, f, g, h) oluşan yanıt grafiği görülmektedir.

(*) Işınlardan çok kere yansıması durumunda oluşacak görüntü kaynaklarının yerlerinin bir arada görülebilmelerini sağlayacak bir geometrik çalışma



Şekil 2.18. Bileşik Yöntem'de hacim içindeki ışınların izlediği yolların ve görüntü kaynaklarının şematik gösterimi (Naylor, 1992)

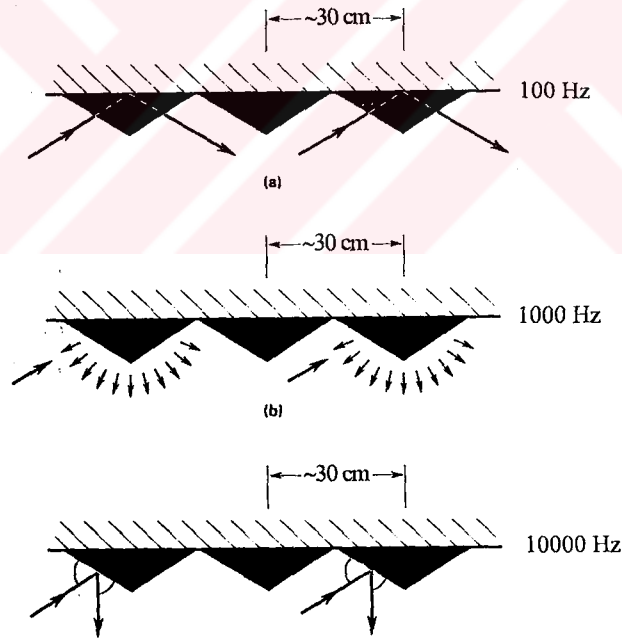


Şekil 2.19. Bir ses kaynağından çıkan iki ışından elde edilen iki görüntü kaynağının (S_1 ve S_{12}) ve sekiz ikincil görüntü kaynağının (a, b, c, d, e, f, g, h) oluşturduğu yanıt grafiği (Naylor, 1992).

2.5.1.2. Yansımanın Dağılım Özelliğinin Simule Edilmesine Yönelik Çalışmalar

Yüzeye gelen bir ışının yansırken oluşan iki farklı özelliğinden sözedilebilmektedir. Bunlardan biri, yansımanın nicel özelliği olarak tanımlanmaktadır. Bu da sesin, yansıma ve yutulma oranlarına bağlı olarak (%) belirlenen yansıtma çarpanı (r) ya da yutma çarpanı ($a:1-r$) olarak ifade edilebilen bir özelliktir. Diğer özellik ise, birincisinden çok daha karmaşık nitel bir belirleyici olarak gösterilebilir. Belli oranda yansıyan ses ışını, yansıdığı yüzeyden üç boyut içinde çok değişik doğrultulara, çok değişik enerji oranlarında geri döner. Yüzeyin pürüzlülüğüne ve biçimine göre değişen bu özelliğin, akustik değerlendirme çabalarına ve simulasyon programlarına yansıması ise çok daha karmaşıktır. Yüzeye gelen bir ses ışını, dalga boyuna dolayısıyla da frekansına bağlı olarak, yüzeyin fiziksel özelliklerinden Şekil 2.20'de yer alan biçimlerde yansıma eğilimi gösterir.

Şekil 2.20(a), Şekil 2.20(b) ve Şekil 2.20(c)'de sırasıyla frekansı 100 Hz, 1000 Hz ve 10000 Hz olan ses ışınlarının yansıma eğilimleri yer almaktadır.



Şekil 2.20. Ses ışınının, frekansına ve yansıdığı yüzeyin pürüzlülüklerine bağlı olarak yüzeylerden yansıması (Harris, 1994).

Yüzeylerdeki sesin dağılımı (surface diffusivity) olarak adlandırılan özellik, uzun yıllardır önemsenen ve incelenen bir hacim akustiği alanını oluşturmaktadır. Yaklaşık

bir yüzyıl öncesinde Sabine, Boston Senfoni Orkestrası Salonu'nun tasarımında, sesi dağıtıcı özellikteki duvar ve tavanlara büyük önem vermiştir. Bu salondaki sesin dağılımı, düzensiz girintiler, heykelcikler ve tavanlardaki kutucuklar ile sağlanmaktadır. Sabine kendi yansıma odasında da dağılımı sağlamak için, büyük döner dağıtıcılar (diffuser) kullanmıştır.

Kuttruff ve Strassen'in çalışmalarında, yutuculuğun eşit olarak dağılmadığı dikdörtgenler prizması biçimli bir hacimde, yansıma süresi düşüş eğrisinin lineer olabilmesi için, duvarların en azından %40 dağıtıcı özellikte olmasının uygun olduğu belirtilmektedir (Kuttruff ve Strassen, 1980). Yamamoto ise, altıgen ya da silindirik yüzeylerden yansıyan sesin nasıl dağıldığına yönelik ölçümler yapmıştır (Yamamoto, 1968). Schroeder'in çalışmasına göre de iyi bir dağılım, söz konusu frekansdaki sesin dalga boyunun dörtte birine eşit derinlikleri olan bir yüzeyde oluşabilmektedir (Schroeder, 1975). Ayrıca, Schroeder, en iyi ses dağıtıcı elemanlar olarak ne tür yayıcıların kullanılacağı konusunda geniş kapsamlı araştırma ve çalışmalarda bulunmuştur (Schroeder, 1979; Schroeder, 1984).

Yüzey dağıtıcılık özelliği ile ilgili olarak, yüzey dağıtıcılığının ölçülebilmesi ve nasıl değerler alacağı gibi birtakım sorulara günümüzde henüz tam bir yanıt getirilememekle birlikte, bu konuda kullanılabilirliği kabul gören, Haan ve Fricke'in çalışması önem taşımaktadır. Bu çalışma özellikle yüzey yayıcılığının öneminin ortaya konabilmesi amacı ile yapılmıştır. Müzisyenlerce incelenen 59 konser salonunun değerlendirilmesi sonucunda oluşturulan Akustik Kalite İndeksi (Acoustic Quality Index-AQI) ile çok sayıda geometrik akustik parametre arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu araştırmaya göre, en büyük ilişki AQI ile yüzey yayıcılığı arasında bulunmuştur ($r:0.613$). Akustik Kalite İndeksi'nin, hacim derinliğinin yüksekliğine oranı, hacim genişliğinin yüksekliğine oranı, yan duvarların açıları gibi geometrik parametreler ile ilişkisi çok daha azdır (Haan ve Fricke, 1993).

Yüzeylerin dağıtma özelliğinin bilgisayar programlarında simüle edilmesi, yansıma dağılımının doğrultusunun Lambert'in kosinüs yasasına bağlı olarak gelişigüzel hesaba katılması ile gerçekleştirilebilmektedir. Dağıtma çarpanı (δ) belirlenirken, düzgün yansımış ses ışınları, yansıyan toplam ses ışınlarından ayrılmaktadır. Yansıyan ses ışınları, düzgün yansımış sayılabilecek ve sayılamıyacak ses ışınları olmak üzere iki grupta incelenmektedir (Rindel, 1995b) ;

- Düzgün yansımış sayılamıyacak ses ışınlarının toplam enerjisi, dağılan enerji ($P_{\text{dağılan}}$) olarak adlandırılabilir.



- Dağılan enerji, toplam yansıyan enerjinin dağıtma katsayısı (δ) ile çarpımından elde edilmektedir. ($P_{\text{dağılan}} = \delta \times P_{\text{toplam yansıyan}}$).
- Dağıtma katsayısı 1 olduğunda, dağılan enerji ile toplam yansıma enerjisi birbirine eşit olmaktadır ($P_{\text{dağılan}} = P_{\text{toplam yansıyan}}$). Yani yansıma tam yayınık olarak gerçekleşmektedir.
- Toplam yansıyan ses enerjisi ise, yüzeye gelen ışının gücü (P_{gelen}) ile yüzeyin yansıtma çarpanının (r) çarpımına eşit olarak belirlenmektedir. ($P_{\text{toplam yansıyan}} = r \times P_{\text{gelen}}$).
- Dağıtma Katsayısının 1 olması, yansıyan tüm gücün dağıldığı anlamına gelmektedir. Bu durumda, düzgün ya da düzgüne yakın yansımalar ortadan kalkmış durumdadır.

Yüzey dağıtıcılığı (surface diffusivity) olarak adlandırılan bu özellik yüksek, orta ve düşük olmak üzere üç sınıfa ayrılarak belirlenebilir. Genel olarak dağıtma çarpanları (diffusion coefficient);

- en yüksek dağıtıcılıktaki bir yüzey için 1,
- düşük dağıtıcılıkta bir yüzey için 0 ,
- orta dağıtıcılıkta bir yüzey için ise 0.5

değerini alabilmektedir. Dağıtma çarpanının yüksek olması, yüzeye çarpan ışının hemen her doğrultuya birbirine yakın enerjilerde geri dönmesi anlamına gelmektedir. Bu çarpanın düşük olması ise yansımanın ağırlıklı olarak tek bir doğrultuya yönelik olduğunu göstermektedir. Aşağıda yüksek ve düşük yüzey dağıtıcılığı olan yüzeylerin özelliklerine ilişkin belirlemeler yer almaktadır.

Yüzey dağıtıcılıkları oldukça fazla, dağıtma çarpanları yüksek olan yüzeylere örnek olarak;

- Çok sık biblolar kullanılarak tasarlanmış, sütunlardan ya da heykellerden oluşmuş yüzeyler,
- 50 mm'den daha derin kafeslerden ya da kafes benzeri derin dekorasyon uygulamalarından oluşturulmuş yüzeyler,
- %50'den fazlasının geometrik ya da gelişigüzel biçimli yayıcı elemanlarla kaplanmış olduğu yüzeyler,
- Tümü ses yutuculuğu olmayan yansıtıcı malzemeler ile kaplanan yüzeyler,

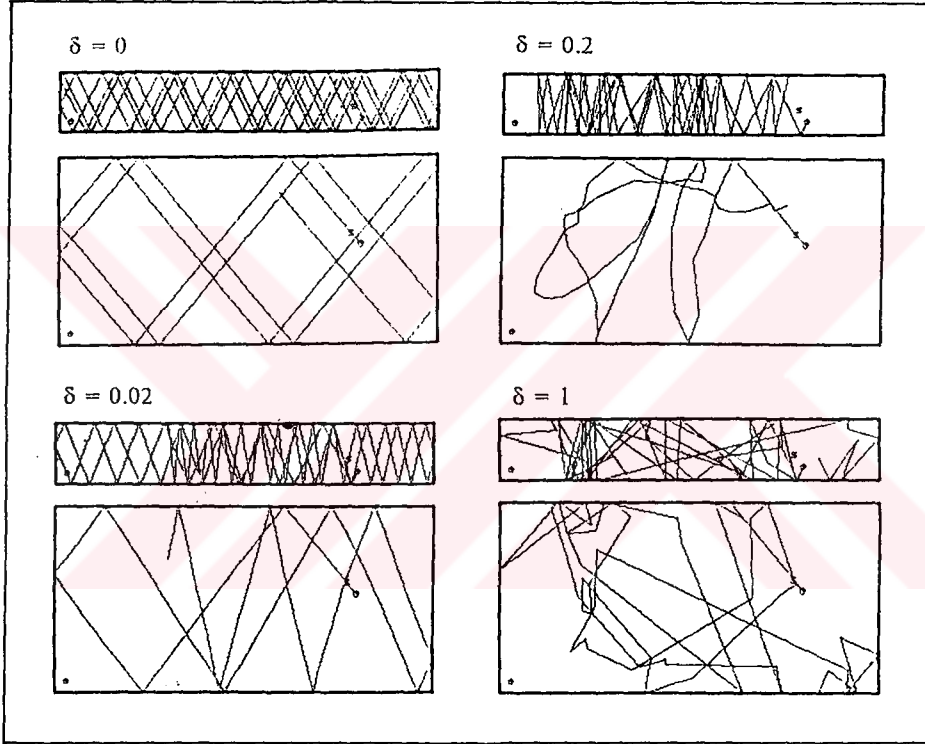
Yüzey dağıtıcılıkları oldukça az, dağıtma çarpanları düşük olan yüzeylere örnek olarak;

- Geniş, düz, pütürlü yüzeyler

gösterilebilmektedir (Naylor, Rindel, 1994).

Bilgisayar modellerinde dağılım katsayısı için, ölçülen ve hesaplanan yansıma süreleri arasında en iyi ilişkiyi sağlayacak sayısal değerlerin kullanılması elde edilecek sonuçların duyarlılığı açısından önem taşımaktadır.

Lam'in yaptığı çalışmalara göre en uygun dağılım katsayısı değerleri, düz yüzeyler için 0.1, dinleyici platformları gibi oldukça düzensiz ve girinti çıkıntıları bulunan yüzeyler için 0.7 olarak önerilmektedir (Lam, 1993). Işınlardan çok kereler yansıması durumunda oluşacak görüntü kaynakların yerlerinin, bir arada görülebilmelerini sağlamak amacıyla yapılan bir geometrik çalışma Şekil 2.21'de değişik dağılım katsayıları için şematik olarak görülebilmektedir.



Şekil 2.21. Dağıtma çarpanları (δ) 0, 0.02, 0.2 ve 1 olan yüzeylerden ses ışınlarının yansımasının şematik görüntüsü (Rindel, 1995)

3. HACİMLERDE AKUSTİK KOŞULLARIN DAĞILIMININ İRDELENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEM VE BUNA İLİŞKİN KABULLERİN YAPILMASI

Tezin bu bölümünde, öncelikle akustik koşulların hacim içindeki dağılımlarının ortaya konulmasına yönelik olarak oluşturulan yeni bir yöntem tanıtılacaktır. Bu yöntemin adımları ortaya konulduktan sonra, yöntemle elde edilen sonuçların günümüze değin yapılan çalışmalara göre sağladığı yenilik ve olanaklar belirtilecek ve akustik açıdan önemli hacimlerdeki akustik koşul dağılımlarının bu yöntem aracılığı ile saptanabileceği ortaya konulacaktır.

Ardından yöntem ile dağılım durumlarının ortaya konacağı akustik parametrelerin seçimine ve buna ek olarak yöntemin uygulanmasında veri oluşturacak hacim büyüklükleri, geometrileri, yutuculukları ile birlikte kaynak, alıcı ve öteki hacim akustiği değişkenlerine ilişkin kabullere yer verilecektir.

3.1. HACİMLERDE AKUSTİK KOŞULLARIN DAĞILIMININ İRDELENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEM

Akustik koşulların hacim içindeki dağılımlarının irdelenmesi amacıyla yönelik olarak bu çalışmada oluşturulan yöntemin aşamaları;

- hacim akustiği parametrelerinin saptanması,
- parametre değerlerinin hacim ve hacim özellikleri fonksiyonunda belirlenmesi ve kaynak-alıcı ile ilgili saptamaların yapılması,
- akustik koşulların dağılımlarının mekanda, zamanda, noktadaki durumlarının ortaya konması

biçimindedir.

Akustik koşul dağılımlarının parametreler aracılığı ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, mevcut pek çok hacim akustiği parametresi arasından konuya uygun olanların seçilmesi yöntemin aşamalarından ilkinin oluşturmaktadır.

İkinci aşamanın gerçekleştirilebilmesinde hacim ve hacim özellikleri olarak büyüklük, geometri ve yutuculuk belirlemelerinin yanısıra kaynak ve alıcı ile ilgili kabullerin yapılması sözkonusudur. Tüm bu kabullerin değişik bölgelerdeki hacim akustiği

değerlerinin saptanabilmesi amacı ile kullanılan bilgisayar simülasyon programına veri olarak girilmesi de bu aşamada yapılan bir başka çalışmadır.

Değinilen yöntem çerçevesinde akustik koşul dağılımlarının saptanması amacına ulaşmada, üçüncü aşamanın, akustik koşul dağılımlarının nicel ve nitel açıdan doğru belirlenmesi ve yöntemin geçerliliğinin de savunulabilmesi (kanıtlanabilmesi) açısından en önemli bölüm olduğu açıktır.

Akustik koşul dağılımlarının yeterli duyarlılıkta incelenebilmesi için, söz konusu kavramın açılımı bu tezde birbirini bütünlediği öngörülen üç bölümden oluşmaktadır.

Mekanda dağılım; parametrelerin yeterli sayıda dinleyici konumundaki durumlarının incelenmesi sonucunda, hacmin genelinde değişik bölgeler arasındaki dağılımlarının ortaya konması,

Zamanda dağılım; ses kaynağının açılmasından kapanmasına kadar geçen süreç içindeki sesin doğma, gelişme ve sönme evrelerinin istenilen seyri gösterip göstermediğinin incelenmesi,

Noktada dağılım; hacim içindeki her bir dinleyici noktasındaki akustik parametrelerin birbirlerine göre uygun değerlerde olup olmadığının araştırılması ve hacim içinde seçilen her bir dinleyici noktasının kendi içinde bir değerlendirmesinin yapılması ile olumlu durumdaki dinleyici bölgelerinin belirlenmesi,

olarak ifade edilebilir.

Çalışma kapsamındaki inceleme ve değerlendirme evreleri şematik olarak Şekil 3.1’de sunulmaktadır. Bunun yanı sıra akustik koşul dağılımlarının birbirlerini bütünlediği öngörülen mekanda, zamanda, noktada dağılım değerlendirmeleri kapsamında yapılan incelemelerinde yer alan konular,

Akustik koşulların mekanda dağılımında;

- akustik parametrelerin hacim içindeki dağılımlarının biçimsel olarak ortaya konması,
- akustik parametrelerin hacim içindeki dağılımlarının sayısal olarak saptanması,
- hacim yüzeylerinin, parametrelerin hacim içindeki dağılımlarına etkilerinin belirlenmesi,

Akustik koşulların zamanda dağılımında;

- hacimlerin ortalama parametre değerleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi,
- hacimler içinde belirlenen örnek konum noktalarındaki parametre değerleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi,



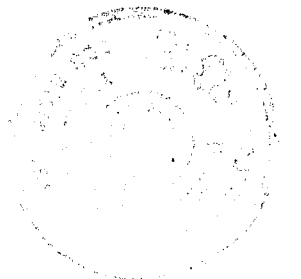
Akustik koşulların noktada dağılımında;

- hacimlerin ortalama parametre değerlerine göre uygunluk durumlarının ortaya konması,
- örnek konum noktaları için uygun durumda olan ve olmayan parametrelerin dağılım krokilerinin belirlenmesi,

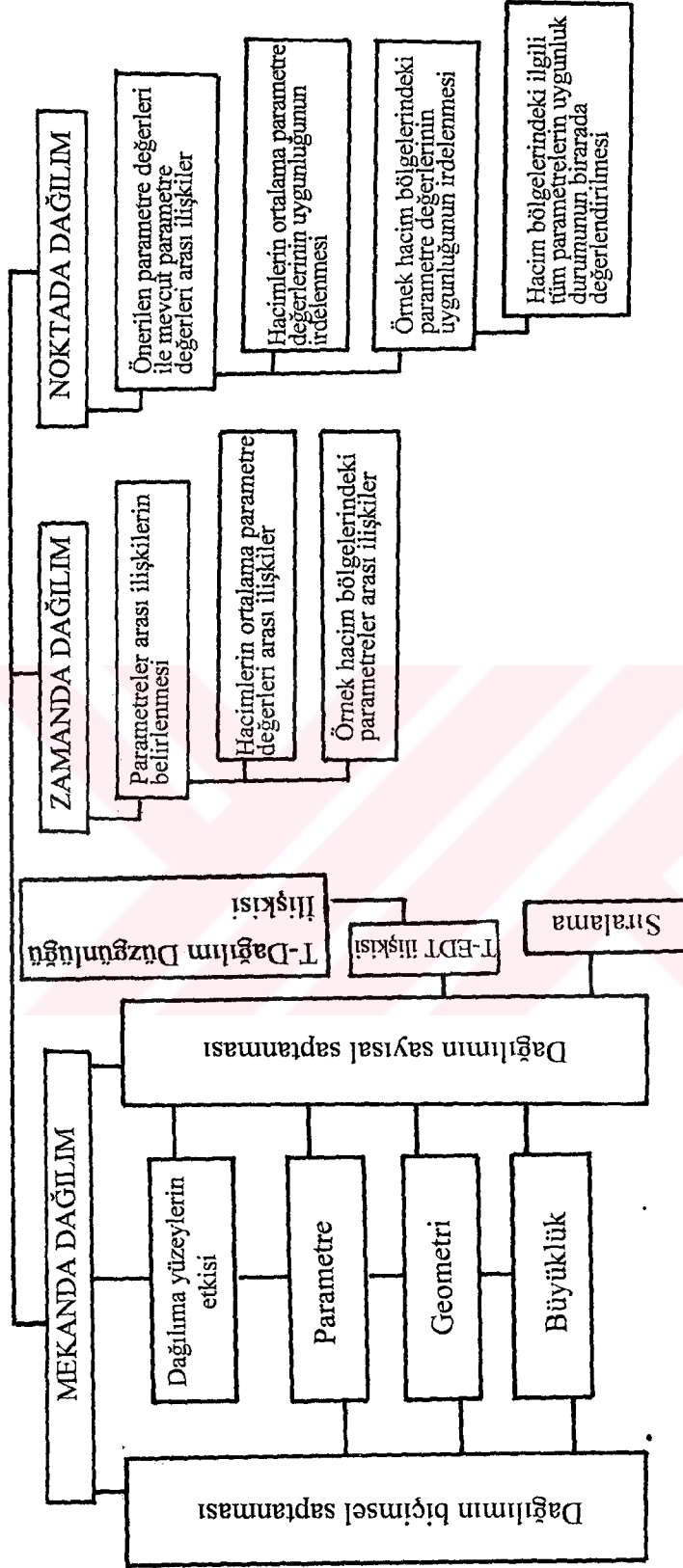
olarak sıralanabilir.

Yukarıda ortaya konulan mekanda, zamanda, noktada dağılım incelemesi konularında edinilen bulgular Bölüm 4’de ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Hacimlerde akustik koşulların dağılımlarının birinci derecede öncelikli olarak saptanması gerekliliğinden yola çıkılarak, akustik koşul dağılımlarının eksiksiz bir biçimde irdelenebilmesi amacıyla mekanda, zamanda, noktada dağılım olmak üzere birbirleri ile ilişkili ve birbirlerini bütünleyici üç bölümden oluşan bu değerlendirme yönteminin ortaya konmuş olmasının, hacim akustiği (değerlendirme) çalışmalarına kuramsal ve kılgsal yenilikler getireceği düşünülmektedir.



İNCELEME VE DEĞERLENDİRME EVRELERİ



Şekil 3.1. Çalışma kapsamındaki inceleme ve değerlendirme evreleri

3.2. HACİM-KAYNAK-ALICI İLE İLGİLİ KABULLER VE YÖNTEMDE DEĞERLENDİRMeye ALINACAK HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİ

Tez çalışmasında değerlendirmeye alınacak hacim-kaynak-alıcı ile ilgili kabuller ve yöntemde değerlendirmeye alınacak hacim akustiğı parametreleri, başlıca üç bölüm altında toplanabilmektedir. Hacim, kaynak ve alıcının yanısıra hacim akustiğı ile ilgili kabuller şematik olarak Şekil 3.2'de ve bu bölüm içinde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

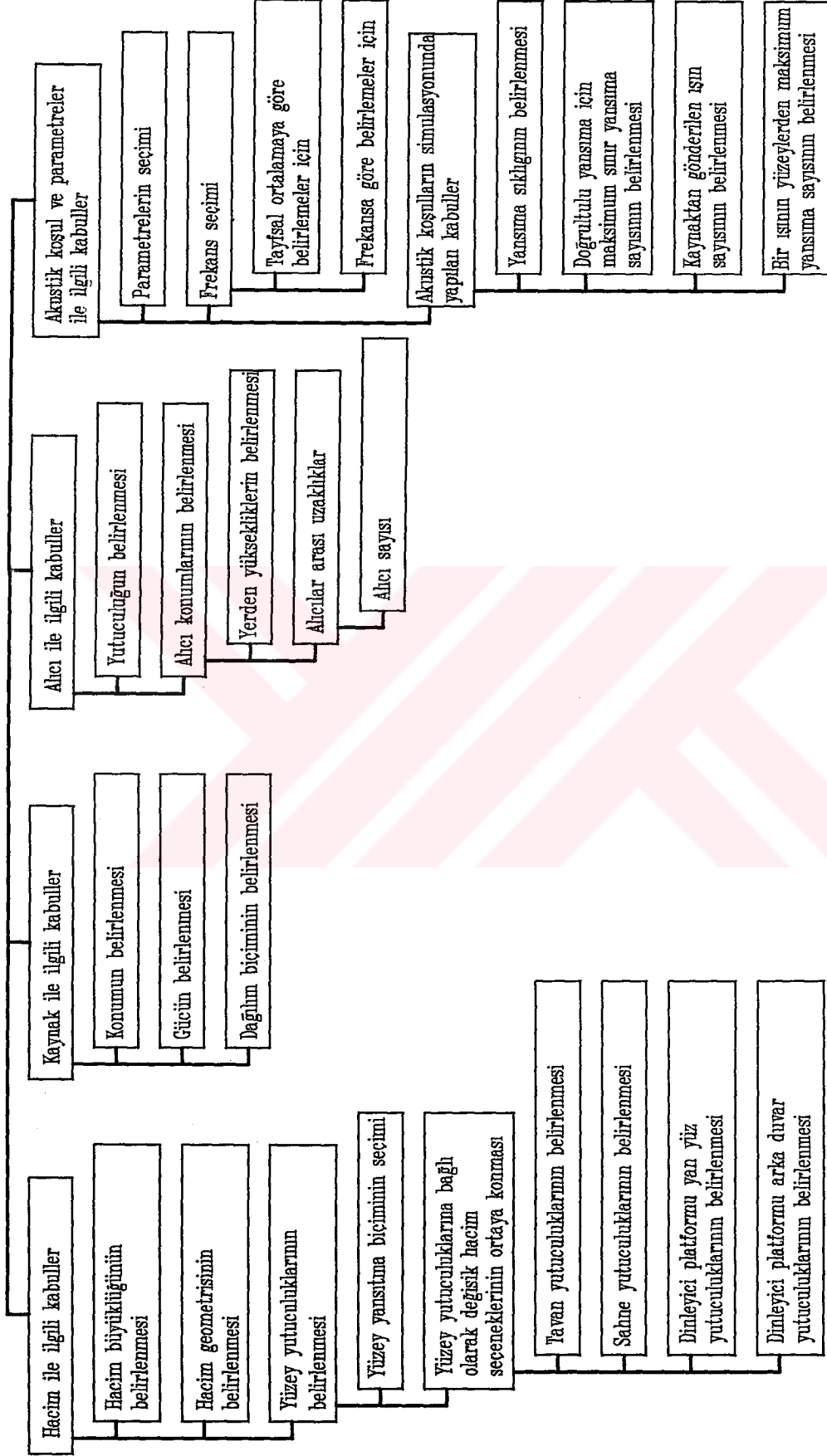
3.2.1. Hacim İle İlgili Kabuller

3.2.1.1. Hacim Büyüklüğü İle İlgili Kabullerin Yapılması

İncelenecek hacimlerin büyüklüklerinin belirlenebilmesi konusunda, değişik fonksiyonlar için kullanılan hacimler arasında bir irdeleme ve saptama yapılmıştır. Bu saptamada akustik özelliklerinin olumlu olarak değerlendirildiği yerli ve yabancı, tanınmış salonlar gözden geçirilmekle birlikte çevremizde yer alan ve sıklıkla kullanılan salonlarla ilgili veriler ön planda tutulmuştur. Konser, konferans, tiyatro ve benzeri amaçlarla kullanılan, plan geometrisi yelpaze ve dikdörtgen olan yaklaşık 30'ar salonda yapılan incelemelerde bunların hacim büyüklüklerinin 42500 m^3 ile 1127 m^3 arasında değiştiği saptanmıştır. Yapılan tüm inceleme ve değerlendirmeler sonucu, küçük ve büyük sayılabilecek 3000 m^3 ve 9000 m^3 'lük iki hacim büyüklüğünün kullanılması uygun bulunmuştur. Bu büyüklüklerin seçimi konusunda aşağıda yer alan faktörler etkin rol oynamıştır;

- Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan hacim büyüklükleri, konuşma ve müzik amaçlı salonlara göre belirlenmiştir. Konuşma amaçlı salonlarda hacim büyüklüğünün 3000 m^3 dolaylarına kadar azalması doğru bulunmuştur. Müzik ve konser amaçlı salonlarda ise, özellikle balkonsuz olan hacimlerde, yaklaşık 9000 m^3 'e kadar çıkılabildiği saptanmıştır. Böylelikle birbirinden belirgin biçimde büyüklük farkları bulunan iki hacim üzerinde bulgular edinilmesi amaçlanmaktadır.
- Geometrinin akustiğe etkilerinin tam olarak ortaya konulabilmesi düşüncesi ile salonların balkonsuz olmaları uygun bulunmuştur. Balkonsuz salonlarda, dinleyici platformunun arka bölümlerinde bulunan dinleyicilerin sahneyi görsel ve işitsel olarak kolaylıkla algılayabilmeleri ise ancak belli bir hacim derinliğine ve büyüklüğüne kadar olanaklı görülmektedir. Bu durumdan ötürü, çok büyük hacimler kullanılmamış ve yapılan mimari etüdler sonucunda ortaya konan kabuller doğrultusunda, alınabilecek hacim büyüklüğü üst sınırı yaklaşık 9000 m^3 olarak saptanmıştır.

YAPILAN KABULLER



Şekil 3.2. İnceleme ve değerlendirme için yapılan kabuller

- Tez kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların özellikle seslendirmesiz durumlardaki kullanımlar açısından ağırlıklı önem taşıyacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, seslendirmenin yapılmadığı durumlarda da kullanılabilecek büyüklükte yani çok büyük olmayan hacimlerin ele alınması uygun görülmüştür.
- Yapılan inceleme kapsamında, dünya çapında tanınan salonlar arasında, 10000-20000 m³ gibi oldukça büyük hacim boyutlarının olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki salonların en büyüklerinin ise yaklaşık 10000 m³ olması nedeni ile daha büyük hacimlerde inceleme yapılmasının sonraki aşamalara bırakılabileceği düşünülmüştür. Yine çevremizdeki salonlar gözönüne alınarak, hacim akustiğine yönelik amaçlar açısından kullanılan en küçük hacim boyutu 3000 m³ olarak alınabilmektedir.

• Kişi Başına Düşen Hava Hacmi

Kişi başına düşen hava hacminin belirlenmesi konusunda akustikçilerin önerdikleri değişik formül sonuçlarından yararlanılabilmektedir. Sabine'in, hacimlerde bulunabilecek maksimum kişi sayısını veren eşitliğinden yararlanarak elde edilen sonuca göre, 3000 m³ için 4.8 m³'ün, 9000 m³ için 6.3 m³'ün üzerindeki büyüklükler yeterli görülmektedir (Sirel, 1981).

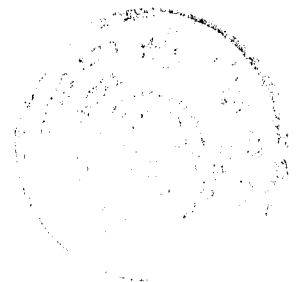
Literatürde incelemeye değer bulunan 42 hacim üzerinde yapılan genel bir inceleme sonucunda ise kişi başına düşen hava hacminin oldukça değişken olduğu, hacmin büyüklüğü ile hava hacmi arasında düzgün bir ilişkinin bulunmadığı, ancak değişik büyüklükteki hacimler için 5.4 m³ ile 12.9 m³ arasında değiştiği görülmüştür.

Yapılan bu incelemeye göre, iyi akustik kalitedeki tüm salonların, Sabine'in önerdiği kişi başına düşen hacim büyüklüğü değerine genel olarak uyduğu görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, incelenen 3000 m³ ve 9000 m³'lük altı hacimde ise kişi başına 7.5 m³ düşmektedir. Dinleyici sayıları yaklaşık olarak 3000 m³'de 400, 9000 m³'de 1200 kişi olarak alınmıştır.

3.2.1.2. Hacimlerin Geometrik Biçimleri İle İlgili Kabullerin Yapılması

Tez kapsamında değerlendirilen hacimler saptanırken yapılan kabullerden birisi de, hacmin geometrik biçimlenişi ile ilgilidir. Hacimlerin geometrisinin saptanmasında, dinleyici platformu alanının biçimlenişi, balkon gereksinimi, kişi başına düşen hava hacmi, dinleyici platformu eğimi, tavan yüksekliği konuları etkin rol oynamaktadır. Yapılan kabuller izleyen bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.



• Dinleyici Platformu Geometrisinin Belirlenmesi

Geçmişten günümüze değin yapılmış ve kullanılmakta olan pek çok değişik planlı hacimden söz edilebilir. Özellikle günümüzde, değişik estetik ve fonksiyonel arayışlar sonucunda çok değişik mimariler ortaya çıkmaktadır. Akustik kriterlerin değerlendirilmesi üzerine yapılacak bu çalışmada elde edilmesi düşünülen sonuçların bir genelleme oluşturacağı düşünülerek, incelenecek salonların da en sıklıkla kullanılan ve en çok kabul gören mimari biçimlenişlerde olması uygun bulunmuştur. Bu amaçla dikdörtgen, yelpaze ve kare planlı hacim tipleri örnek olarak alınmıştır.

• Boyut Oranlarının Belirlenmesi

Seçilen hacimler ile ilgili boyutsal özellikler Tablo 3.1'de yer almaktadır.

Tablo 3.1. İncelenen hacimler ile ilgili özellikler^(*) ^(**)

UZUNLUKLAR (m)	YEL	KARE	DKG	YEL	KARE	DKG
	9000 m ³			3000 m ³		
Sahne yüksekliği (ort)	8.4	8.4	8.4	8.8	8.8	8.8
Salon yüksekliği (ort)	8.0	8.0	8.0	8.8	8.8	8.5
Sahne derinliği	11.5	9.5	12.0	6.0	6.0	6.5
Salon derinliği	32.5	31.0	41.0	17.0	16.0	21.0
Sahne genişliği (ort)	25.0	26.5	21.0	11.5	13.0	10.5
Salon genişliği (ort)	31.0	31.0	25.5	16.2	16.0	13.0
ALANLAR (m ²)						
Salon alanı	1013	969	1053	277	259	276
Sahne alanı	264	252	249	72	78	68
Sahne arka duvarı	141	147	107	83	75	60
Sahne yan duvarları toplamı	97+97 194	88+88 176	108+108 216	53+53 106	59+59 118	61+61 122
Salon yan duvarları toplamı	247+247 494	248+248 496	308+308 616	150+150 300	140+140 280	179+179 358
Salon arka duvarı	183	186	128	142	120	91
Sahne tavanı	274	267	258	78	85	73
Dinleyici tavanı	1001	961	1046	274	256	273
Toplam yüzey alanı	3565	3453	3671	1333	1270	1320
Toplam yüzey sayısı	10	10	10	10	10	10
HACİMLER (m ³)						
Hacim toplamı	9000	9000	9000	3000	3000	3000
Sahne hacmi	1020	1312	1046	576	727	601
Dinleyici hacmi	7980	7688	7955	2424	2253	2400

(*) Tabloda yer alan uzunluk, alan ve hacim değerleri yaklaşık değerlerdir.

(**) Buradan sonraki bölümlerde, yelpaze, kare ve dikdörtgen planlı hacimler, yer sıkışıklığı olan bölümlerde YEL, KARE ve DKG olarak kısaltılacaktır.

Dikdörtgen planlı hacimlerde boyut oranlarının belirlenmesi

İncelenecek dikdörtgen planlı hacimlerde uygun boyut oranlarının elde edilmesi konusunda belli düzeyde değişik akustik uzmanlarının önerdiği oranlardan kısmen yararlanılmıştır.

Hacimlerde değişim gösteren etkenlerin en aza indirgenmesi ve yalnızca belli değişkenlerin etkilerinin incelenmesi amaçlandığından, geometrileri ve büyüklükleri arasında ayrımlar olan hacimlerin tavan yüksekliklerinin olabildiğince benzer tutulması uygun bulunmuştur.

3000 m³ ve 9000 m³'lük dikdörtgen salonların en ve boyları arasındaki oran, birbirine oldukça benzer özellik gösteren European, Volkman ve Altın Oran (Golden Section) oranları ile benzer tutulmuştur (Bkz. Tablo 3.2).

Saptanan salon planları ise Şekil 3.3'de görülmektedir.

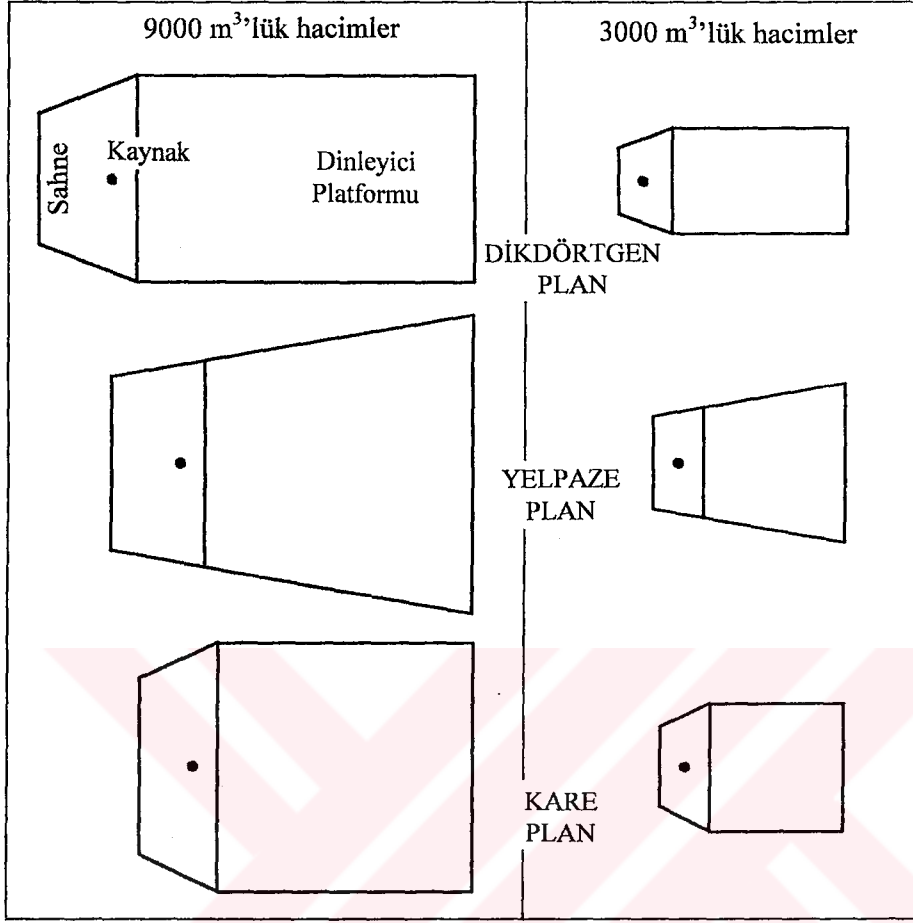
Tablo 3.2. European, Volkman ve Altın Oran (Golden Section) hacim boyut oranları (Rettinger, 1988).

ORAN ADI	BOYUT ORANLARI Yükseklik x En x Boy
European	1 x 1.67 x 2.67
John E.Volkman	1 x 1.60 x 2.50
Altın Oran(Golden section)	1 x 1.62 x 2.62

Yelpaze planlı hacimlerde boyut oranlarının belirlenmesi

Özellikle son yıllarda yaygın olarak kullanılmakta olan yelpaze planlı hacimler, dikdörtgen plana göre daha fazla dinleyiciyi barındırabilmesi açısından yararlı bulunmaktadır. Yelpaze planlı hacimlerde uygun boyut oranlarının belirlenmesinde, dinleyicilerin iki yanında yer alan salon yan yüzeylerin eğimleri büyük önem taşımaktadır. Ses ışınlarının sahnedeki bir kaynaktan çıkarak yan duvarlardan yansdıktan sonra dinleyiciler için yararlı olan bölgelere gidebilmesi için, uygun eğimin oluşturulması önemlidir. Bu incelemenin yapılmasında, yan duvarların sahneye yakın olan bölümünün büyük önemde olduğu da göz ardı edilmemelidir (Cremer, 1989).





Şekil 3.3. İncelenen hacimlerin plan şemaları

Yapılan oran belirleme etüdlerinde, dinleyici platformu yan duvarlarının kaynağa yakın 1/3'lük bölümü yararlı görülerek salon yan duvarı eğimleri saptanmıştır. Yelpaze salon planları üzerinde yapılan ayrıntılı etüdler sonucunda yelpaze hacimler için yan duvarların eğimi, 3000 ve 9000 m³'lük hacimlerde 10° ve 14° olarak belirlenmiştir (Bkz. Şekil 3.3.).

• Balkon Seçiminin Yapılması

Büyüklikleri ve geometrileri belirlenen hacimlerin balkonlu olup olamayacağına ilişkin daha önceki bölümlerde de kısaca değinilen bir inceleme yapılmıştır. Özellikle 10000-20000 m³ büyüklüğündeki hacimler içinde, balkonlu olanlar daha fazla olmakla birlikte bu büyüklükte balkonsuz da pek çok salon bulunmaktadır. Bu sonuçtan yola çıkılarak, 3000 ve 9000 m³'lük hacimlerin balkonsuz olarak incelenmesi düşünülmüştür.

Ayrıca, geometrik biçimlerin akustiğe etkisi de öncelikle saptanmak istenen bir durum olduğundan, balkon gibi geometrinin etkisini değiştirebilecek unsurlardan kaçınılmış ve sade biçimler tercih edilmiştir.

Daha ileri bir aşama olarak, balkonlu hacimlerin incelenmesi de söz konusu olabilir, ancak bu aşamada da tez çalışmasında kullanılmakta olan simulasyon programında hacim biçimi oluşturma zorlukları, yönlendirici etkenlerden biri olabilir.

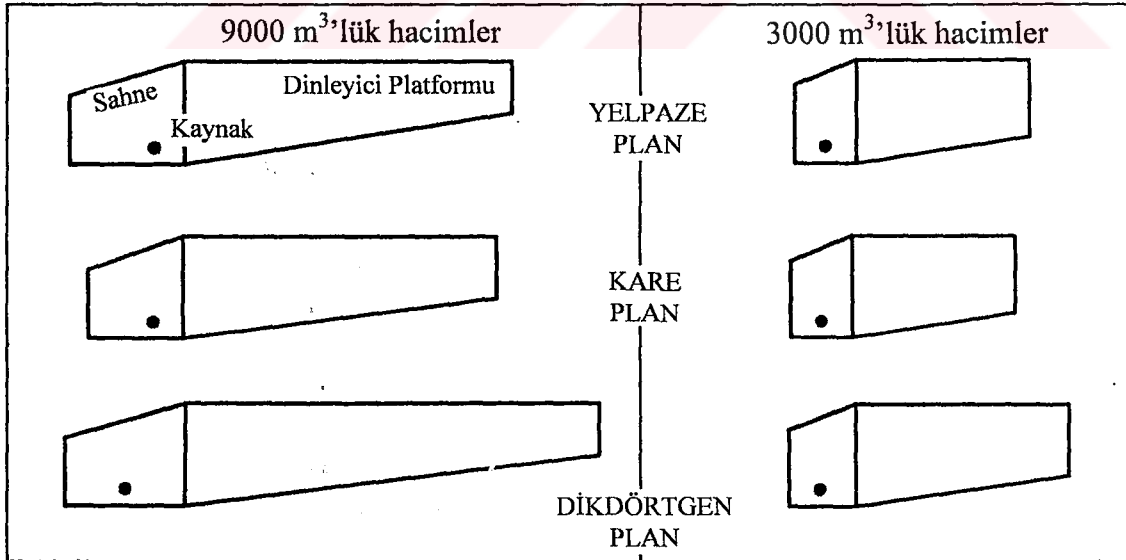
• Dinleyici Platformu Eğiminin Belirlenmesi

Dinleyiciler açısından görsel ve işitsel algılama konusunda hacmin arka bölgelerine gidildikçe ortaya çıkan sakıncaları azaltmak ya da ortadan kaldırmanın bir yolu da, salon döşemesinin eğimli yapılmasıdır. Bu nedenle, incelenecek olan 3000 ve 9000 m³ büyüklüğündeki kare, dikdörtgen ve yelpaze hacimlerin döşemeleri eğimlidir.

Tüm dinleyicilerin görsel ve işitsel olarak sahneyi algılamalarına olanak tanıyan bu eğim, yapılan araştırmalar ve etüdler sonucunda 7-9 derece dolaylarında alınmıştır. Birbirlerine oldukça benzer özellik gösteren salon kesitlerinden 3000 m³ ve 9000 m³'deki tüm geometriler için Şekil 3.4'de yer almaktadır (Hoke, 1988; Neufert, 1983).

3.2.1.2.1. Tavan Yüksekliği İle İlgili Kabullerin Yapılması

Tavan yükseklikleri, hacim içindeki etkinliklerin gerçekleştirilebilmesine, teknik gereksinimlere ve kişi başına düşmesi uygun olan hava hacminin sağlanmasına olanak verecek biçimde etüd edilmiştir. Sahnenin tavan yüksekliği 8.8-8.4 m, salonun tavan yüksekliği de 8.8-8.0 m dolaylarında alınmıştır. Değişik hacimler için Tablo 3.2'de görülen tavan yükseklikleri giydirilmiş salonlar için sözkonusudur.



Şekil 3.4. İncelenen değişik büyüklük ve geometrideki hacim kesitleri

Havalandırma, klima ve benzeri tesisat döşemelerinin, bu kesitlerde görülen yüksekliğin üzerindeki hava boşluklarında çözülmesi düşünülmüştür. Daha önce de belirtildiği gibi, hacim boyut ve büyüklüklerinin akustiğe etkilerini görebilmek amacı ile tavan yükseklikleri tüm hacim büyüklüklerinde benzer tutulmuştur.

Dinleyici platformunun eğiminden ötürü, özellikle büyük hacimlerde, salon derinliğinin fazlalığı, arka bölgelerdeki tavan yüksekliğinin küçük ve daha az derin hacimlere göre biraz daha az olmasına neden olmaktadır. Bu durum, döşeme eğiminin olabildiğince azaltılması (7-9 derece arasında) ile belli bir oranda denetlenebilmiştir.

3.2.1.3. Hacimlerin Yüzey Yutuculukları İle İlgili Kabullerin Yapılması

İncelenen hacimlerde başlıca üç değişken söz konusudur. Bu üç değişkenin ikisi daha önceki bölümlerde değinilen, hacim büyüklüğü ve geometrisidir. Hacimlerle ilgili üçüncü değişken ise yüzeylerin yutuculuk özellikleridir.

Bu tez çalışmasında, yüzeylerin yutuculuklarının saptanması sırasında baştan gerçekleşmesi istenilen üç ön koşuldan söz edilebilir;

- Yüzey yutma çarpanlarının frekanslara göre fazla değişim göstermemesi,
- Hacimlerdeki yansıma sürelerinin frekanslara göre fazla değişim göstermemesi,
- Hacimlerin uzun ve kısa yansıma süreli olmak üzere birbirinden farklı iki grupta toplanması.

Yukarıdaki gibi sıralanabilecek bu üç ön koşula göre hangi yüzeylerin hangi yutuculukta olacağı belirlenmiştir. Akustik koşulların frekansa göre değişim göstermemesi durumunun akustik parametrelerin incelenmesinin daha sağlıklı yapılabilmesine olanak tanıyacağı düşünülmüş ve yutma çarpanları ve yansıma süresinin frekanslara göre fazla değişim göstermemesine çalışılmıştır.

Yukarıda belirtilen yansıma süresinin frekanslara göre fazla değişim göstermemesi koşulunu en çok zorlayan, havanın yüksek frekansları diğer frekanslara göre kaydadeğer biçimde daha fazla yutmasının yanı sıra, yutuculukta en etkin rol oynayan dinleyicilerin de yine yüksek frekansları oldukça fazla yutmasıdır. Bu iki durumu telafi ederek yansıma süresinin frekansa göre fazla değişmemesi ve bununla birlikte fonksiyonlar için optimum değerlerin çok dışına çıkılmamasını sağlayacak, yani konuşma için optimum yansıma süresinin altına inmeyecek ve klasik müzik için optimum değerlerin çok üstüne çıkmayacak dinleyici yutuculukları alınmaya çalışılmıştır.

Tablo 3.3'de her bir yüzeyin altı frekans için yutma çarpanları yutuculuk kod numaralarına göre yer almaktadır (Naylor, 1994; Sirel, 1980). Bu tabloda yüzeylerin

dağıtma çarpanları da bulunmaktadır. Dağıtma çarpanlarının dinleyici bölgesi gibi girinti ve çıkıntıları çok olan yüzeyler için 0.7, düz ve geniş boyutlu yüzeyler için 0.1 olarak alınması önerilmektedir (Lam, 1993; Rindel, 1995).

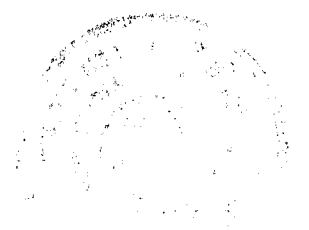
Tablo 3.3. Değerlendirmeye alınan hacim yüzeylerinde kullanılan yutma çarpanları (a) ve dağıtma çarpanları (δ)

YUTUCULUK KOD NO	YUTMA ÇARPANLARI (%)						DAĞITMA ÇARPANLARI (%)
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
901	0.60	0.74	0.88	0.96	0.93	0.85	0.70
1600	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25	0.10
1312	0.54	0.43	0.30	0.35	0.32	0.25	0.10
90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.10
20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10
169	0.35	0.30	0.20	0.20	0.10	0.04	0.10
1309	0.26	0.17	0.12	0.13	0.13	0.08	0.10
1800	0.12	0.10	0.08	0.08	0.05	0.06	0.10
163	0.20	0.20	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10
701	0.28	0.14	0.09	0.06	0.05	0.05	0.10
40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.10
703	0.30	0.12	0.08	0.06	0.06	0.05	0.10
80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.10
99	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.10

- Yüzeyler arası yutuculuk ilişkilerinin belirlenmesi

Hacimlerin ortalama yüzey yutuculukları genel olarak çok yansıtıcı ve orta yansıtıcı olmak üzere iki farklı grupta incelenmiştir. Bunun amacı, yansım süresinin de yutuculuklara bağlı olarak değişik uzunluklarda olabilmesinin sağlanmasıdır. Ayrıca, Bölüm 4'de de yer alan, parametreler açısından yüzeylerin etkinlik durumlarının belirlenmesine yönelik çalışmanın gerçekleştirilebilmesi amacı ile, yutuculukları birbiri ile ilişkili hacim çiftleri oluşturulmuştur. Bu hacim çiftleri;

- Çok yansıtıcı yüzeyli hacimlerde, U1-U2, U3-U4, U5-U6, U7-U8
- Orta yansıtıcı yüzeyli hacimlerde, O1-O2, O3-O4, O5-O6, O7-O8



olarak belirlenmiştir. Ortalama yutma çarpanı çok yansıtıcı ve orta yansıtıcı olarak düzenlenen iki grup hacmin, sekizer farklı seçeneğinvaryasyonunun yüzey özellikleri Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'te yer almaktadır.

TABLO 3.4. Yüzeyleri çok yansıtıcı özellik gösteren hacimlerde yutuculuklar

HACİM NO	SEÇİLEN YÜZEYİN YUTUCULUK ÖZELLİĞİ	DİĞER YÜZEYLERİN YUTUCULUK ÖZELLİĞİ
U1	TAVAN ÇOK YUTUCU	diğer yüzeyler ÇOK YANSITICI
U2	TAVAN ÇOK YANSITICI	diğer yüzeyler ÇOK YANSITICI
U3	YAN YÜZ ÇOK YUTUCU	diğer yüzeyler ÇOK YANSITICI
U4	YAN YÜZ ÇOK YANSITICI	diğer yüzeyler ÇOK YANSITICI
U5	SAHNE ÇOK YUTUCU	diğer yüzeyler ÇOK YANSITICI
U6	SAHNE ÇOK YANSITICI	diğer yüzeyler ÇOK YANSITICI
U7	ARKA DUVAR ÇOK YUTUCU	diğer yüzeyler ÇOK YANSITICI
U8	ARKA DUVAR ÇOK YANSITICI	diğer yüzeyler ÇOK YANSITICI

TABLO 3.5. Yüzeyleri orta yansıtıcı özellik gösteren hacimlerde yutuculuklar

HACİM NO	SEÇİLEN YÜZEYİN YUTUCULUK ÖZELLİĞİ	DİĞER YÜZEYLERİN YUTUCULUK ÖZELLİĞİ
O1	TAVAN ÇOK YUTUCU	diğer yüzeyler ORTA YANSITICI
O2	TAVAN ÇOK YANSITICI	diğer yüzeyler ORTA YANSITICI
O3	YAN YÜZ ÇOK YUTUCU	diğer yüzeyler ORTA YANSITICI
O4	YAN YÜZ ÇOK YANSITICI	diğer yüzeyler ORTA YANSITICI
O5	SAHNE ÇOK YUTUCU	diğer yüzeyler ORTA YANSITICI
O6	SAHNE ÇOK YANSITICI	diğer yüzeyler ORTA YANSITICI
O7	ARKA DUVAR ÇOK YUTUCU	diğer yüzeyler ORTA YANSITICI
O8	ARKA DUVAR ÇOK YANSITICI	diğer yüzeyler ORTA YANSITICI

Yukarıda yüzey özellikleri verilen hacimlerde kullanılan yutuculuk değerleri 9000 m³ ve 3000 m³'lük yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimler için Tablo 3.6, Tablo 3.7, Tablo 3.8 ve Tablo 3.9'da görülmektedir. Belirtildiği gibi, her bir hacim çiftinde yalnızca bir yüzey yutuculuğu değişmektedir. Bu değişen yutuculuklar taralı olarak gösterilmiştir.



Tablo 3.6. 9000 m³'lük düşük yutuculuktaki hacimlerde yüzey yutuculukları
(taralı bölgeler çok yutuculuktan az yutuculuğa doğru belirgin yutuculuk değişimi gösteren
hacim yüzeylerini belirtmektedir)

		DÖŞEME				DÖŞEME				DÖŞEME	
		Sahne	Dinl.	Sahne	Sahne	Dinl.	Sahne	Dinl.	Dinl.	Sahne	Dinl.
				arka	yan	yan			arka		
U1	YEL	1800	901	20	169	1800	169	1800	169	169	90
	KARE	169				1309		1309		1309	
	DKG	1800				1800		1800		169	
U2	YEL	1800	901	20	169	1800	169	1800	169	169	20
	KARE	169				1309		1309		1309	
	DKG	1800				1800		1800		169	
U3	YEL	1800	901	20	169	90	169	90	169	169	1800
	KARE	169				1309		1309		1309	169
	DKG	1800				1800		1800		169	1800
U4	YEL	1800	901	20	169	20	169	20	169	169	1800
	KARE	169				1309		1309		1309	169
	DKG	1800				1800		1800		169	1800
U5	YEL	1800	901	90	90	169	90	1309	1309	169	169
	KARE	90				169		1309		90	169
	DKG	1800				1800		1800		169	1800
U6	YEL	20	901	20	20	169	20	1309	1309	20	169
	KARE	20				169		1309		20	169
	DKG	169				20		20		169	1800
U7	YEL	169	901	20	169	1309	169	1309	90	169	169
	KARE	169				1309		1309		169	169
	DKG	1800				1800		1800		1800	1800
U8	YEL	169	901	20	169	1309	169	1309	20	169	169
	KARE	169				1309		1309		169	169
	DKG	1800				1800		1800		1800	1800

Tablo 3.7. 9000 m³'lük orta yutuculuktaki hacimlerde yüzey yutuculukları
(taralı bölgeler çok yutuculuktan az yutuculuğa doğru belirgin yutuculuk değişimi gösteren
hacim yüzeylerini belirtmektedir)

		DÖŞEME				DÖŞEME				DÖŞEME	
		Sahne	Dinl.	Sahne	Sahne	Dinl.	Sahne	Dinl.	Dinl.	Sahne	Dinl.
				arka	yan	yan			arka		
O1	YEL	1600	901	1600	1312	1600	1312	1600	1600	1312	90
	KARE										
	DKG										
O2	YEL	1600	901	1600	1312	1600	1312	1600	1600	1312	20
	KARE										
	DKG										
O3	YEL	1600	901	1600	1312	90	1312	90	1600	1312	1600
	KARE					1312		1312			
	DKG					1600		1600			
O4	YEL	1600	901	1600	1312	20	1312	20	1600	1312	1600
	KARE					1312		1312			
	DKG					1600		1600			
O5	YEL	90	901	90	90	1600	90	1600	1600	90	1600
	KARE	90		90	90	1600	90	1600	1600	90	1600
	DKG	1600		1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
O6	YEL	20	901	20	20	1600	20	1600	1600	20	1600
	KARE	20		20	20	1600	20	1600	1600	20	1600
	DKG	1600		1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
O7	YEL	1600	901	1600	1312	1600	1312	1600	90	1312	1600
	KARE								1312		
	DKG								1600		
O8	YEL	1600	901	1600	1312	1600	1312	1600	20	1312	1600
	KARE								1312		
	DKG								1600		

3.2.2. Kaynak ve Alıcı İle İlgili Kabuller

3.2.2.1. Kaynak ile İlgili Kabullerin Yapılması

Tez çalışmasında kullanılan hacim akustiği simülasyon programında, hacim içindeki akustik parametrelerin detaylı olarak incelenmesine yönelik yapılacak araştırma amaçlı bir çalışmada her doğrultuya eşit ses enerjisi yayımlayan (omni) kaynak tipi önerilmektedir (Naylor ve Rindel, 1994). Bu kaynaktan frekanslara göre değişim göstermeyen beyaz gürültü yayımlanmıştır.

Alıcıda oluşabilecek yaklaşık 70 dB'lik bir ses düzeyinin gerek müzikal sesler gerekse konuşmanın anlaşılabilirliği açısından yeterli olduğu düşünülmüştür. Buna göre kaynağın yayımladığı ses gücü düzeyi, 10 m uzaktaki ses basınç düzeyinin yaklaşık 70 dB olması durumuna göre ayarlanmış ve 100 dB olarak belirlenmiştir. Bu durumda akustik kriter özelliklerinin tüm frekanslarda rahatlıkla değerlendirilmesine olanak sağlayacak yeterli ses düzeyi, hacmin her noktasında elde edilebilmektedir.

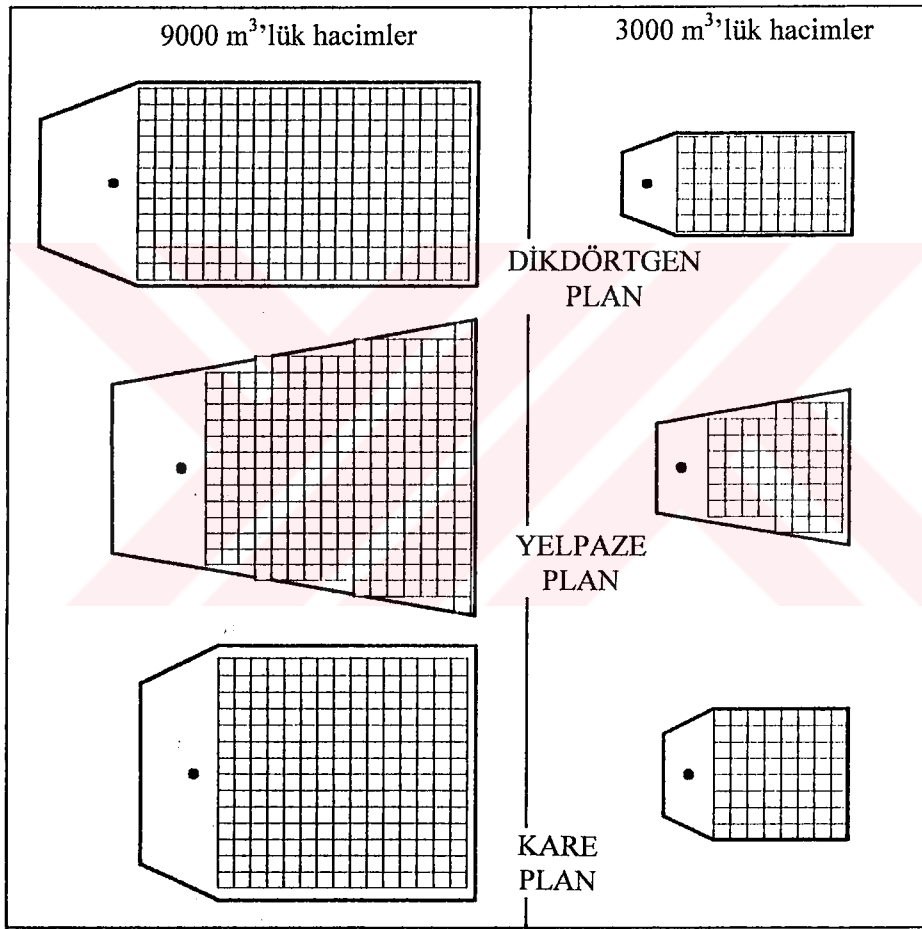
Kaynağın yerden yüksekliği, hem oturabilecek hem de ayakta durabilecek bir kişi açısından düşünülerek 1.6 m alınmıştır. Sahneye konacak yaklaşık 40 cm'lik bir platform, oturan bir konuşmacı için de uygun kaynak yüksekliğini sağlayabilmektedir. Kaynak ile ilk dinleyici arasındaki uzaklık tüm hacimler için benzer ve yaklaşık 4 m olarak alınmıştır. Bu uzaklık, kaynağın yakın alanı olmayacak ve serbest alan ölçümlerinin rahatlıkla yapılabilmesine olanak tanıyacak bir ortamın varlığı için gereklidir (Karabiber, 1991). Kaynak ile ilgili diğer bilgiler Tablo 3.10'da görülmektedir.

Tablo 3.10. Seçilen kaynak ile ilgili özellikler

KAYNAK İLE İLGİLİ ÖZELLİKLER		YEL	KARE	DKG	YEL	KARE	DKG
		9000 m ³			3000 m ³		
Kaynak yüksekliği	m	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Kaynak-sahne önü uzaklığı		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5
Kaynak-tavan uzaklığı		~6.8	~6.8	~6.8	7.2	7.2	7.2
Kaynak-sahne yanı uzaklığı		~13.0	~13.0	~13.0	~5.8	6.5	~5.3
Kaynak-ilk dinleyici bölge uzaklığı		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5

3.2.2.2. Alıcı İle İlgili Kabullerin Yapılması

İncelenen tüm hacimlerde dinleyiciler eğimli bir döşeme üzerinde oturur konumdadır ve kulak hizaları yerden 1.2 m yükseklikte yer almaktadırlar. Yapılan ön incelemeler sonucunda, birbiri yanında oturan ve birbirinden yaklaşık 0.50-1.00 m uzaklıkta bulunan dinleyici konumlarındaki akustik parametre değerleri çok az farklılıklar göstermektedir. Ayrıca tüm hacimlerde Şekil 3.5'de görüldüğü gibi bir düzen içinde yer alan dinleyiciler, bu incelemeyi gerçekleştirebilmek için yeterli sayıda seçilmişlerdir.



Şekil 3.5. İncelenen hacimler üzerinde alınan dinleyici bölge kafesleri

Elde edilen akustik parametre değerleri, 2x2 m'lik kare biçimli dinleyici bölgelerinin ortalama değerleri olmaktadır. Bu durumda her bir karenin merkezinde bir dinleyici varmış gibi düşünülebilir. Hacimlerde incelenen toplam dinleyici bölge sayıları 3000 m³'lük hacimde yaklaşık 60, 9000 m³'lük hacimlerde yaklaşık 230 dolaylarındadır (Bkz. Tablo 3.11.).

Tablo 3.11. Seçilen alıcı ile ilgili özellikler

ALICI İLE İLGİLİ ÖZELLİKLER		YEL	KARE	DKG	YEL	KARE	DKG
		9000 m ³			3000 m ³		
Dinleyici yüksekliği	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Dinleyici bölge merkezleri arası uzaklık		2	2	2	2	2	2
Kişi başına düşen hava hacmi (m ³)		~7.5	~7.5	~7.5	~7.5	~7.5	~7.5
Salon döşemesi eğimi	(derece)	~7°	~9°	~7°	~8°	~9°	~9°
Salon yan duvarı eğimi		-	~14°	-	-	~10°	-
İncelenen örnek konum sayısı		240	234	210	60	56	64

İncelemelerde hacimlerin simetrik olması nedeni ile simetrik dinleyici konumlarındaki akustik parametre değerlerinin de büyük ölçüde benzer hatta aynı olduğu görülmüştür. Hacmin simetrik dinleyici noktalarındaki parametre değerlerinin incelenmesi konusunda yapılan incelemenin sonuçları EK 2'de ayrıntılı olarak yer almaktadır. Simetriklik durumunu ortaya koyan bu çalışmaya göre hacmin simetrik olarak kabul edilebileceği görülmüş ve çalışmalardaki hesap yükünü belli bir oranda hafifletebilmesi amacı ile hacimlerin simetrik olan yarılarından birinde inceleme yapılarak diğer yarının da aynı özelliklerde olduğu varsayılmıştır.

3.2.3. Hacim Akustiği İle İlgili Kabullerin Yapılması

3.2.3.1. Değerlendirmeye Alınacak Hacim Akustiği Parametreleri İle İlgili Kabullerin Yapılması

Günümüzde kabul gören ve kullanılmakta olan parametrelerin başlıcaları Bölüm 2'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Bu tez çalışmasında, birbirinden farklı özellik gösteren parametreler içinde, tüm fonksiyonlardaki değerlendirmelerde kullanılabilirliği olanları seçilmeye çalışılmıştır. Sesin sönme bölümü ile ilgili olan ve yaygın kullanım alanı bulunan yansıma süresi (T) ve erken düşme süresi (EDT) parametrelerinin yanı sıra, sesin gelişme bölümündeki erken ve geç enerji oranları ile ilgili tanımlamalarda yararı olabilecek netlik (C80) ve merkez zamanı (TS) parametreleri ile yandan gelen enerji oranını ortaya koyan bir parametre olan yanal enerji oranı (LEF)'nin hacim içindeki dağılımları incelenmiştir. Akustik koşulların saptanmasında ses düzeyinin yadsınamaz bir önemi bulunmaktadır. Ancak, ses düzeyi ile fon gürültüsü bir arada değerlendirilmesi

gerekli iki özelliktir. Ve fon gürültüsünün tam olarak bilinmediği durumlarda, ses düzeyi ile ilgili belirleme ve incelemelerin yapılması ile çoğunlukla yararlı sonuçlar elde edilememektedir. Bu nedenle ses düzeyi, inceleme dışı bırakılmıştır.

3.2.3.2. Değerlendirmeye Alınacak Frekanslar İle İlgili Kabullerin Yapılması

Konuşma amaçlı salonlar için akustik incelemenin yapılmasında öncelikli olarak 500-1000 Hz'in alınması uygun ve yeterli görülebilmektedir. Müzik için ise durum daha karmaşıktır. Konuşmada ağırlıklı ve insan kulağının duyarlılığı ile ilişki kurulabilecek belli frekans bölgesinden söz edilebilmekte iken, müzikte hem frekans yelpazesinin çok geniş olması, bir müzik parçasında çok farklı frekansların bir arada yer alabilmesi durumları söz konusudur. Bu iki nedenden ötürü, müzik ile ilgili akustik değerlendirmelerde belli frekansların ağırlıklı olarak incelenmesi değil de 125 Hz'den 4000 Hz'e kadar olan geniş bir yelpaze aralığının kullanılması uygun bulunmaktadır.

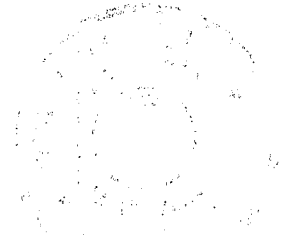
Çalışmada incelenecek hacimlerin yutuculukları, yansıma sürelerinin frekanslara göre değişimini en azda tutabilecek biçimde belirlenmiştir (Bkz. Bölüm 3.2.1.3). Bu nedenle hacimdeki akustik koşulların frekansa göre pek fazla değişim göstermedikleri söylenebilir. Bundan ötürü, tez çalışması genelinde 125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'lerin aritmetik ortalamalarının yanısıra 500 ve 1000 Hz üzerindeki değerlendirmelerin sunulması yeterli görülmüştür.

3.2.3.3. Simulasyon İle İlgili Kabullerinin Yapılması

Bölüm 3'ün bu alt bölüm dışındaki diğer tüm bölümlerinde yer alan kabuller, bir hacim akustiği simulasyon programına veri olarak girilmiştir. Sonuçta, bu kabuller doğrultusunda simulasyon programı yardımı ile belirlenen akustik koşul oluşumları üzerinde gerekli değerlendirme ve sentezler yapılmıştır. Bu simulasyon programının gerekli duyarlılıkta sonuçlar verebilmesi için ise, programı oluşturan akustikçilerin önerileri doğrultusunda, girilen verilere bağlı olarak, program ile ilgili birtakım kabuller yapılmıştır. Akustik koşulların simulasyonunda yapılan kabullerden en önemlileri;

- Kaynaktan gönderilen ışın sayısının belirlenmesi,
- Bir ışının yüzeylerden max yansıma sayısının belirlenmesi,
- Bir yüzeyde oluşan yansımaların sıklığının belirlenmesi,
- Doğrultulu yansıma için max sınır yansıma sayısının belirlenmesi

olarak sıralanabilir. Kullanılan simulasyon programında yapılan kabuller ve çalışma prensipleri ile ilgili ayrıntılı bilgi EK 3'de yer almaktadır.



4. HACİMLERDE AKUSTİK KOŞULLARIN DAĞILIM BİÇİMLERİNİN İRDELENMESİ VE ORTAYA KONULMASINA YÖNELİK ÇALIŞMALARIN YAPILMASI

Hacimlerdeki akustik koşulların dağılım biçimlerinin saptanması konusunda bu tez kapsamında yapılacak olan çalışmada, Bölüm 3.2.3.1’de de açıklandığı gibi yansım süresi (T), erken düşme süresi (EDT), netlik (C80), merkez zamanı (TS) ve yanal enerji oranı (LEF) parametrelerinin dağılımlarının ne oranda düzgün oldukları incelenecektir. Dağılımların inceleneceği hacimler, Bölüm 3.2.1’de yer alan kabuller doğrultusunda, 3000 m³ ve 9000 m³ olmak üzere iki hacim büyüklüğü ile yelpaze, kare ve dikdörtgen olmak üzere üç farklı hacim geometrisi olarak belirlenmiştir.

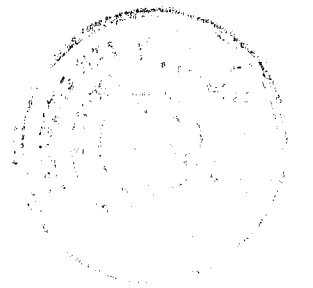
Hacimler içinde, akustik niteliklerin dinleyici platformu üzerindeki değişimlerini ortaya koyabilmek amacı ile aralarında belli uzaklıklar bulunan örnek dinleyici konum noktaları belirlenmiştir. Dinleyici konumları arası uzaklığın çok yakın olması durumunda belirgin ayrımların ortaya konulamayacağı, çok uzak olması durumunda ise sonuca gerekli duyarlılıkla yaklaşamayacağı düşünülerek ön inceleme yapılmıştır. Parametre değerleri arasındaki ayrımların gözönüne alındığı bu incelemede 2x2 m boyutlarındaki 4 m²’lik bir bölgeyi simgeleyen örnek konumlar belirlemenin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. 3000 m³ ve 9000 m³’lük hacimlerde, büyüklüklere bağlı olarak, bu 4 m²’lik karenin ortasında varsayılan örnek konumlardan çok sayıda bulunmaktadır (Bkz.Şekil 3.5). Her bir hacimde incelenen örnek konum sayıları Bölüm 3.2.2.2’deki Tablo 3.5’de sunulmaktadır.

Hacimler içindeki dağılım koşullarının incelenmesinde, Bölüm 3.2.3.2’deki kabullere bağlı olarak 500 ve 1000 Hz frekanslardaki değerler ile 125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz dağılımlarının ortalama parametre değerleri kullanılmıştır.

4. Bölümdeki tüm çalışmaların dayandığı temel veriler, EK5, EK6 ve EK7’de yer almaktadır. Bu ek bölümlerde yer alan tablolarda parametrelerin incelenen frekanslara göre,

- ortalama değerleri (EK5),
- değişim katsayıları (EK6),
- korelasyon katsayıları (EK7)

bulunmaktadır.



Hacimlerdeki akustik koşulların dağılımı konusuna Bölüm 3.1’de ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, üç farklı açıdan bakılması uygun görülmüştür. Mekanda, zamanda ve noktadaki dağılım olmak üzere sıralanan incelemelere, sırasıyla Bölüm 4.1, Bölüm 4.2 ve Bölüm 4.3’de yer verilecektir.

4.1. AKUSTİK KOŞULLARIN MEKANDA DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmanın bu bölümünde hacim içindeki akustik koşulların saptanan örnek konumlarda,

- dağılım durumlarının,
- dağılım büyüklük ve biçimlerinin,
- yansım süresinden etkilenmelerinin,

belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışma saptanan iki hacim büyüklüğünde ve üç farklı geometrik biçimdeki altı hacim tipi üzerinde gerçekleştirilecektir (Bkz.Bölüm 3.2.1).

Öncelikle parametre dağılımlarının dinleyici platformu üzerindeki durumu ya da biçimlenişleri plan krokileri üzerinde oluşturulmaya çalışılacaktır (Bkz.Bölüm 4.1.1). Söz konusu biçimlenişin rahatlıkla ortaya konulabilmesi için parametrelerin düşük, orta ve yüksek değerlerinin gruplandığı bir gösterim biçimi kullanılacaktır. Böylelikle, önerilen değerlerle de karşılaştırılarak parametreler açısından uygun hacim bölgelerinin saptanmasına yönelik bulgulara da ulaşılabileceği öngörülmektedir.

Ardından, akustik dağılımların düzgünlük durumlarının sayısal olarak ortaya konmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilecektir (Bkz. Bölüm 4.1.2). Sayısal değerlerin belirlenmesinde bir istatistiksel büyüklük olan standart sapmadan yararlanılacaktır (*). Bu tez çalışmasında da parametrelerin standart sapmaları, akustik kalitesizliğin bir göstergesi olarak kabul edilmiştir. Tez çalışması kapsamında yararlanılan istatistiksel değerlendirmelerin ve değerlerin ayrıntılı olarak yer aldığı EK1’de de belirtildiği gibi standart sapma değerleri, dağılımın birimi ile ifade edilmekte ve farklı dağılımların standart sapmalarını karşılaştırmada sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu ve benzeri sakıncalarının bulunması nedeni ile çalışmadaki dağılımların düzgünlük oranlarının belirlenmesinde sayısal değer olarak, yine standart sapmadan elde edilen bir büyüklük olan “değişim katsayısı” kullanılması uygun bulunmuştur.

(*)Standart sapmanın akustik amaçlı kullanımı, sınırlı bir çalışma olan Pelorson, Vian ve Polack (1992) çalışmasında da görülmektedir (Bkz. Bölüm 2.3.2.1.6). Pelorson ve arkadaşlarının çalışmalarına göre, en büyük standart sapması olan salonların en kötü akustik kaliteye sahip oldukları yolunda önemli bulgular edinilmiştir.

Tüm çalışma kapsamı içinde dağılım özelliklerinin, parametrelere, hacim büyüklüğü ve geometrisine göre incelenmesinin yanısıra, yansıma süresi baz alınarak yapılması uygun bulunmuştur. Bu kabulün yapılmasında, günümüzde artık tek belirleyici parametre olmamasına ve belki onun kadar önemli başka parametrelerin bulunmasına karşın, yıllardan beri süre gelen belli bir alışkanlığın yanısıra, ölçüm, hesap ve kullanım kolaylığından ötürü bugün bile en yaygın parametre olması durumunu koruması rol oynamıştır.

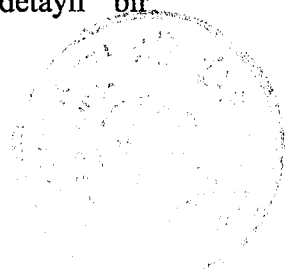
Mekan içindeki dağılım incelemesinde son olarak, akustik koşulların dağılımında hacim yüzeylerinin etkinliğinin varlığı konusu irdelenecektir (Bkz. Bölüm 4.1.3). Yüzeyler parametre dağılımlarını etkiler mi sorusuna yanıt verilmeye çalışılacak ve sonraki aşamada ise, yüzeylerin parametrelerin dağılımlarına göre önem sıralamasının olup olmadığı gibi konular irdelenecektir.

4.1.1. Akustik Parametrelerin Hacim İçindeki Dağılımlarının Biçimsel Olarak Saptanması

Bu bölümde, çalışmada incelenen hacimlerin, Şekil 3.5'te görülen örnek konum noktalarındaki parametre değerlerinin, yüksek, orta ve düşük olarak gruplandırılması sonucunda oluşturulan planlar üzerinde yapılacak incelemeler yer almaktadır. Mimariye yönelik olarak yapılan bu çalışmada tezin amacı doğrultusunda dağılım biçimlerinin ortaya konmasının yanısıra hacim içindeki olumlu bölgelerin belirlenmesi ile elde edilecek bulguların da tasarım aşamasında yararlı olacağı düşünülmektedir. Akustik koşulların hacim geometrisi, hacim büyüklüğü ve parametrelere göre hangi oranda farklılık gösterdiğinin ortaya konulabilmesi amacı ile, bu bölümdeki çalışmalar üç grupta ele alınmıştır. Bu gruplandırmada belirtilen üç değişkenden ikisi sabit tutularak, diğeri değişken olarak kabul edilmiştir.

- Akustik parametrelerin, geometri ve büyüklükleri aynı hacimlerde, dağılım özelliklerinin saptanması (Parametre-Dağılım İlişkisi),
- Akustik parametrelerinin aynı büyüklük ve farklı geometrilerdeki dağılım özelliklerinin saptanması (Geometri-Dağılım İlişkisi),
- Aynı geometri ve parametrelerdeki hacimlerde, farklı büyüklükler için dağılım özelliklerinin saptanması (Büyüklük-Dağılım İlişkisi)

olarak gruplandırılabilen çalışmaların daha ileriki aşamasında, saptanan dağılım özelliklerinin farklı geometri, büyüklük ve parametreler açısından detaylı bir değerlendirilmesi yapılacaktır.



Bu değerlendirmelerde hacim içindeki değişik örnek konum noktalarındaki parametrelerin en düşük ve en yüksek değerleri arası, kendi içinde düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. Hacim içindeki parametre değerlerinin;

- en düşük üçte birlik bölümü en düşük,
- en yüksek üçte birlik bölümü en yüksek,
- diğer üçte birlik bölümü ise orta

değerler olarak kabul edilmiştir. Akustik koşul dağılımlarının yer aldığı krokilerde, parametrelerin düşük, orta ve yüksek değerlerde olduğu bölgeler değişik taramalarla gösterilmektedir ve taramaların,

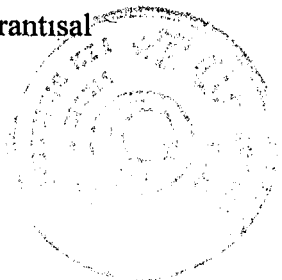
- en yoğun olduğu koyu bölgeler yüksek,
- en az yoğun olduğu açık bölgeler düşük,
- orta yoğun olduğu orta koyu bölgeler orta

değerleri göstermektedir.

4.1.1.1. Aynı Geometri ve Büyüklüklerdeki Hacimlerde, Dağılım Özelliklerinin Saptanması (Parametre-Dağılım İlişkisi)

Bu bölümdeki çalışmanın amacı, geometri ve büyüklük gibi hacim özelliklerinin etkilerini bir yana bırakarak, parametrelerin karakteristik dağılımlarını ortaya koymaktır. İncelemelerde, Tablo 3.6 - Tablo 3.9'da yüzey yutuculukları verilmiş olan değişik geometri, büyüklük ve yutuculuklardaki toplam 96 hacmin parametre dağılımları belirlenmiştir. Bu dağılımlar arasında, uzun ve orta yansıma sürelili hacimler üzerinde yapılan genel incelemede, parametre ve geometrilere göre tipik dağılım biçimlerinin ortaya çıktığı görülmüştür.

Yüzey yutuculuk özellikleri farklı olan uzun ve orta uzunluktaki yansıma süreli hacimlere göre dağılım değişimleri çok büyük ayrımlar göstermemektedir. Bu nedenle hepsinin bir sentezi yapılarak, tüm değişik yutuculuklardaki hacimler için genel dağılım sonuçları verilmiştir. Ayrıca frekanslara göre de dağılım biçimlerinin oldukça benzer olduğu görülmüş, çalışma sonuçları olarak 1000 Hz dağılımlarının sunulması yeterli bulunmuştur. Frekanslara göre dağılım benzerliği, EK 4'de yer alan grafiklerle sunulmuştur. 9000 m³'lük hacimler için saptanan parametrelerin dağılım özelliklerini gösteren krokiler, yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimler için Şekil 4.1 - Şekil 4.3'de yer almaktadır. 3000 m³'lük hacimlerde saptanan parametrelerin dağılım krokileri ise yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimler için Şekil 4.4 - Şekil 4.6'da sunulmuştur. Tüm krokilerde, belirgin bir ölçek bulunmamakla birlikte, gerçek hacimlerdeki orantısal

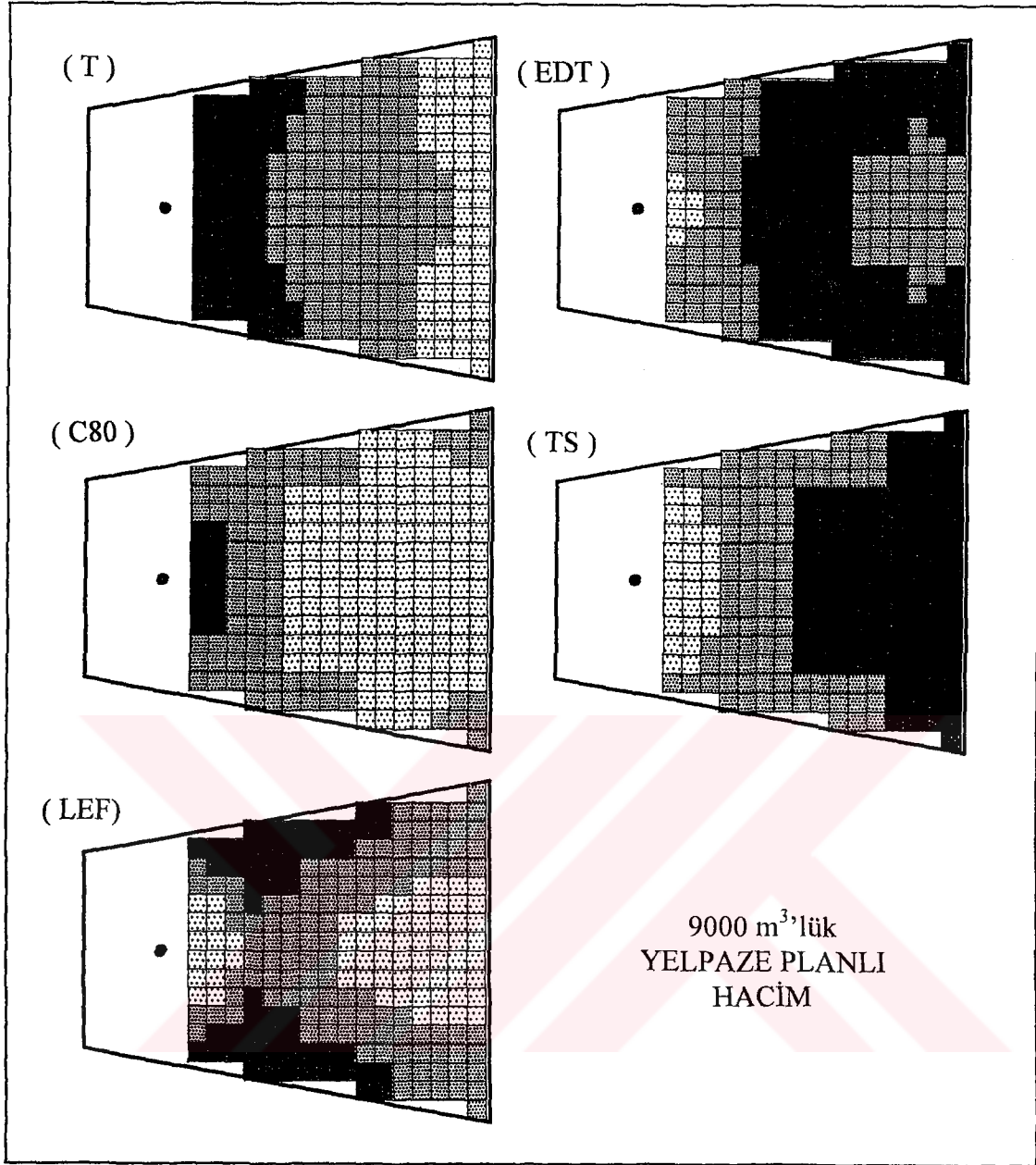


ilişkiler vardır. 3000 m³'lük hacim krokileri, 9000 m³'lük hacim krokilerinden daha küçük olmakla birlikte aralarında, gerçek boyutlarındaki oransal ilişki bulunmamaktadır. Oysa, büyük hacim boyutları, küçük hacim boyutlarının yaklaşık iki katıdır ve gerek 9000 m³ gerekse 3000 m³'lük hacimlerdeki örnek konum bölgeleri 2x2 boyutlarındadır. Ancak krokilerde gerçek oranlar alındığında,

- küçük hacim krokilerinde anlaşılabilirlikte bozulma,
- büyük hacim krokilerinde ise gereksiz büyüme ve tezde yer kaplama

gibi sorunlar ortaya çıkabileceği düşünülerek gerçek oranlar kullanılmamakta ancak yazılı olarak ifade edilmektedir. Bu bölümde, 9000 ve 3000 m³'lük hacimler arasındaki dağılım krokileri üzerinde oransal ilişkiler görülmemekle birlikte, gerek duyulduğunda Şekil 3.3 - Şekil 3.5'deki gerçek oranların yer aldığı krokilerden yararlanılabilir. İncelenen beş parametrenin dağılım özellikleri, Şekil 4.1 - Şekil 4.6'da sunulan krokilerde görüldüğü gibi düzgün dağılmamakta ve farklı karakteristik özellikler göstermektedir. Bu özellikler, aşağıda her bir parametreler için ayrı ayrı açıklanmaktadır.

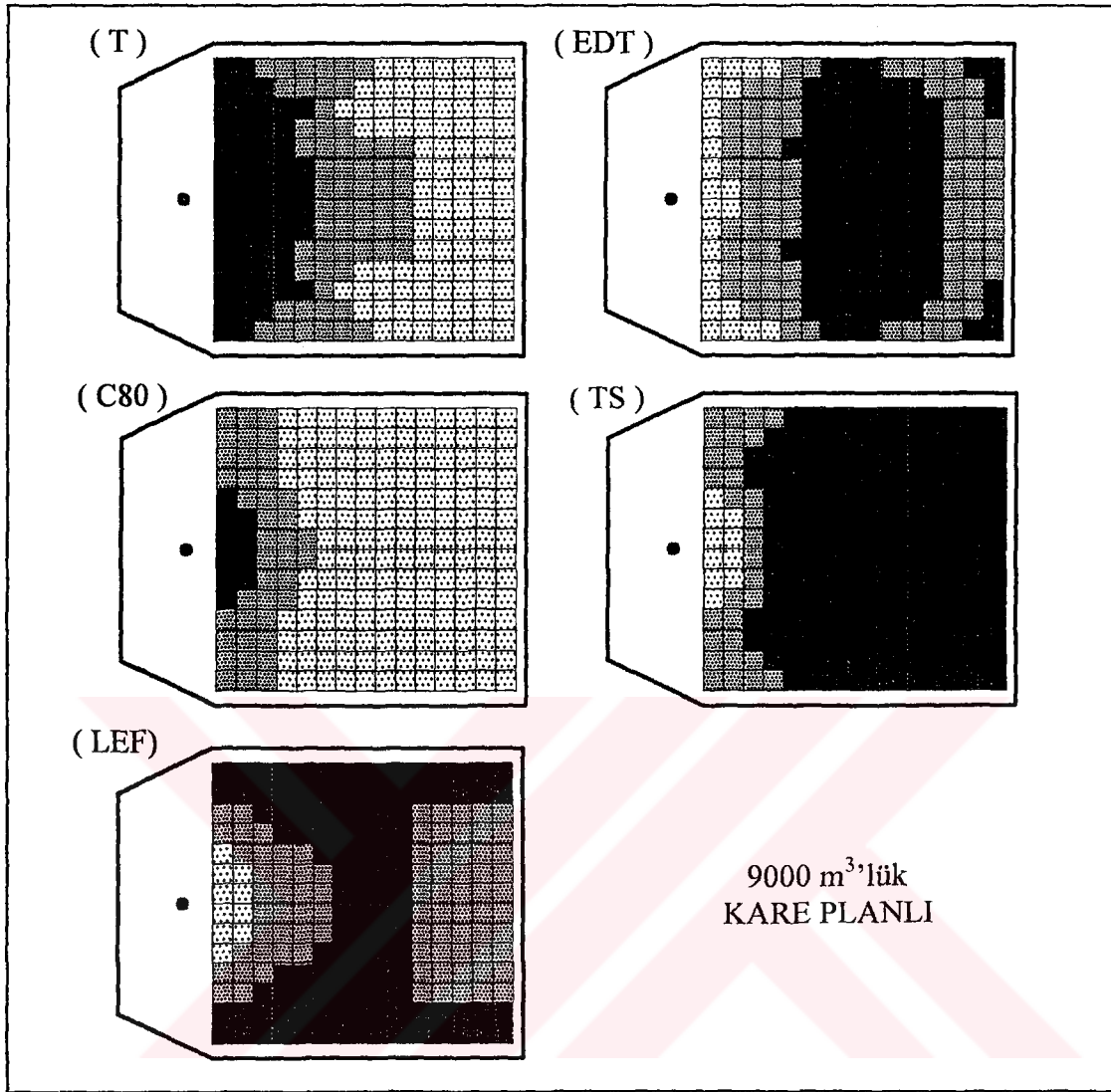




Şekil 4.1. 9000 m³'lük yelpaze planlı hacimlerde "Parametre-Dağılım İlişkisi" krokileri, (Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Yansıma Süresi (T) Parametresinin Hacim İçindeki Dağılımı:

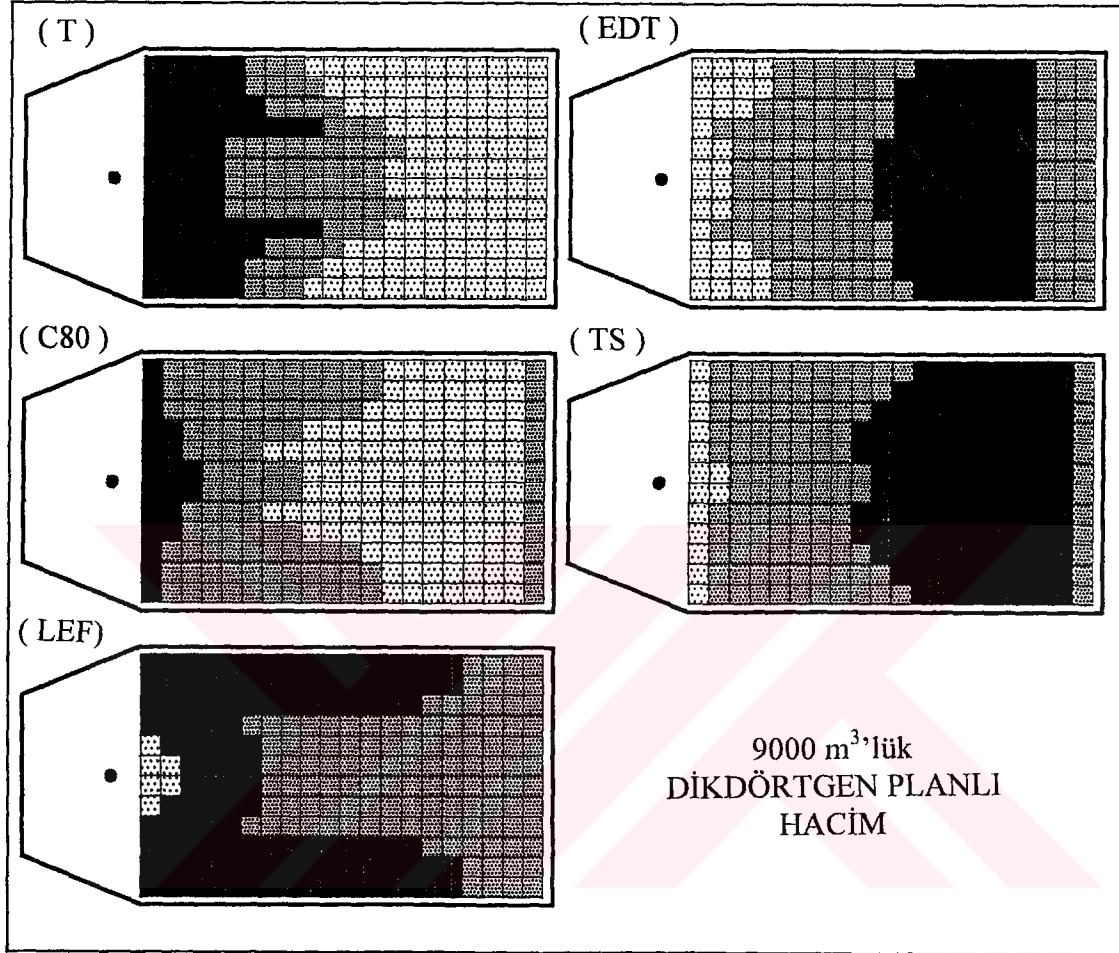
Yansıma süresi parametresinin dağılımı konusunda altı hacimdeki sonuçların genellemesi yapıldığında, 9000 ile 3000 m³'lük hacimlerde birbirinden farklı sonuçların ortaya çıktığı görülmektedir. 9000 m³'lük hacimlerde dağılımların benzer olduğu saptanmıştır. Bu büyüklükteki üç hacim geometrisinde uzun yansıma sürelerinin kaynağa yakın ön dinleyici bölgelerinde yoğunlaştığı, orta bölgelerde orta değerler aldığı, arka duvara yakın olan arka dinleyici bölgelerinde ise en kısa değerlerini aldığı görülmektedir. 3000 m³'lük hacimlerde ise dağılımda belirgin bir benzerlik görülmemiştir (Bkz. Şekil 4.1-Şekil 4.6).



Şekil 4.2. 9000 m³'lük kare planlı hacimlerde "Parametre-Dağılım İlişkisi" krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Erken Düşme Parametresi (EDT) Parametresinin Hacim İçindeki Dağılımı:

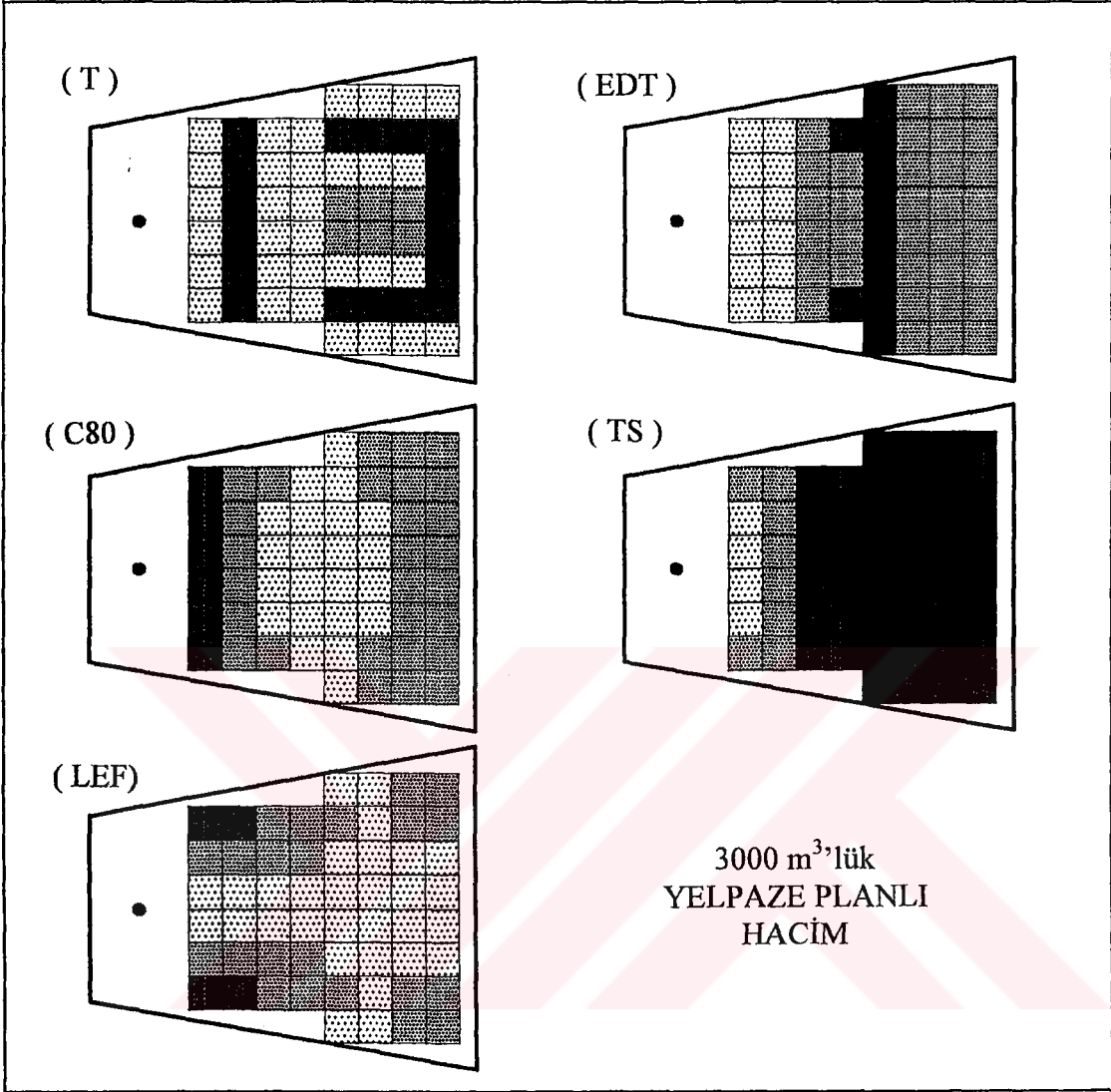
Erken düşme süresi parametresinin üç hacim tipinin altı seçeneği içindeki dağılımına bakıldığında gerek değişik geometriler gerekse büyüklükler açısından oldukça benzer özellik gösterdiği söylenebilir. En kısa erken düşme sürelerinin bulunduğu bölgeler, dinleyici platformunun kaynağa yakın bölgelerinde yer almaktadır. Hacmin arkalarına gidildikçe, parametre değerinin büyüdüğü, orta bölgelerde en uzun değerini aldığı saptanmıştır. Dinleyici platformunun en arka bölgelerinde erken düşme sürelerinin biraz daha kısaldığı söylenebilmektedir. Kısaca kaynağa en yakın dinleyici bölgelerinde EDT parametresi en kısa değerlerini, orta bölgelerinde ise en uzun değerlerini almaktadır (Bkz. Şekil 4.1-Şekil 4.6).



Şekil 4.3. 9000 m³'lük dikdörtgen planlı hacimlerde "Parametre-Dağılım İlişkisi" krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Netlik (C80) parametresinin hacim içindeki dağılımı:

Genel olarak incelenen tüm hacimlerdeki dağılımların benzer olduğu söylenebilir. Büyük değerlerin kaynağa yakın bölgelerde yoğunlaştığı, hacmin arka bölgelerine gidildikçe, netlik değerlerinin küçüldüğü 3000 m³'lük kare hacimde biraz farklılaşmasına karşın genel olarak ortaya konabilmektedir. Çoğu durumda da, en arkada dar bir bölge için C80'in orta değerler aldığı görülmektedir (Bkz. Şekil 4.1-Şekil 4.6).

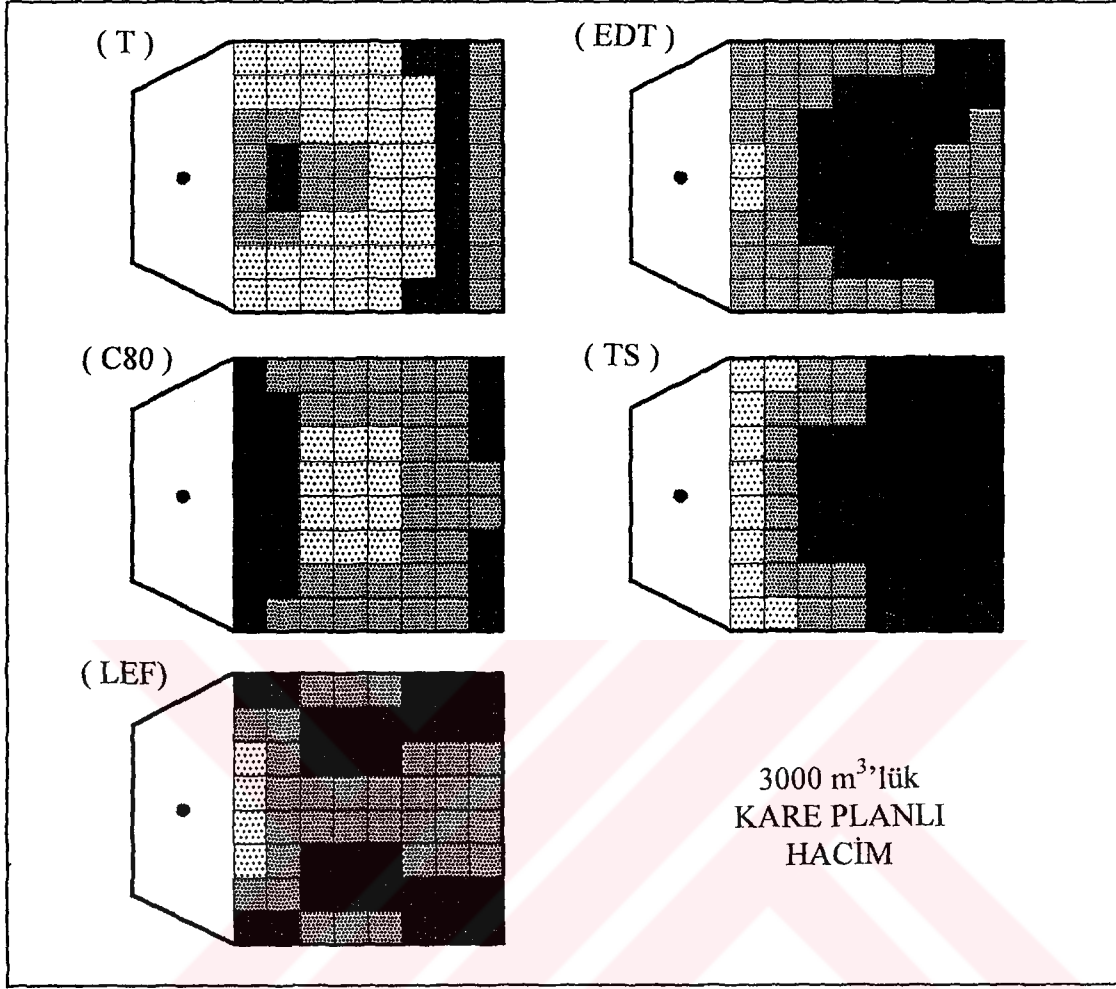


Şekil 4.4. 3000 m³'lük yelpaze planlı hacimlerde "Parametre-Dağılım İlişkisi" krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Merkez Zamanı (TS) Parametresinin Hacim İçindeki Dağılımı:

Merkez zamanı (TS) parametresinin hacimler içindeki dağılımının karakteristik özelliği kaynaktan uzaklaştıkça, değerlerin büyümesi biçimindedir. Kaynağa en yakın hacim bölgelerinde en kısa merkez zamanı değerlerinin bulunduğu, arkalara gidildikçe bu sürelerin orta ve uzun değerler almasının yanısıra, hacim derinliğinin en fazla olduğu dikdörtgen hacimlerde, arka duvara yakın dar bir dinleyici bölgesi için TS değerlerinin orta uzunlukta olduğu söylenebilmektedir (Bkz. Şekil 4.1-Şekil 4.6).

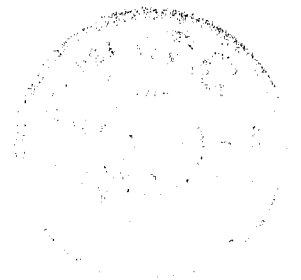




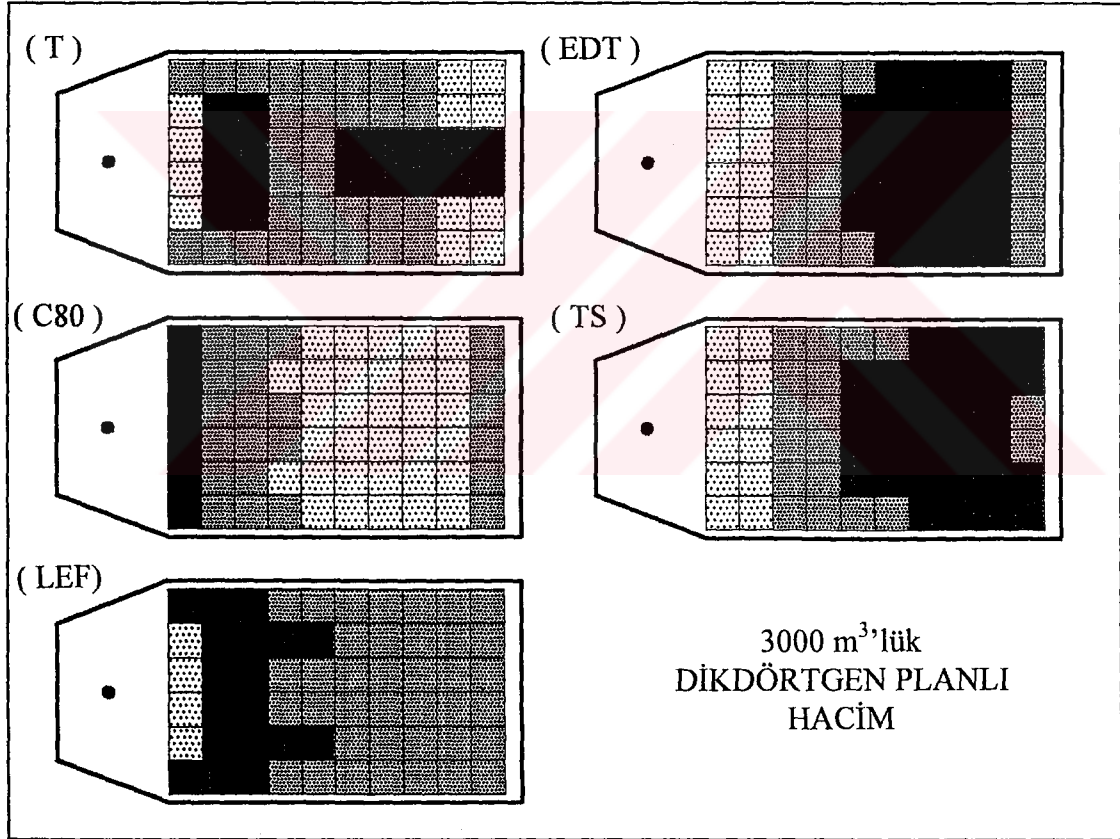
Şekil 4.5. 3000 m³'lük kare planlı hacimlerde “Parametre-Dağılım İlişkisi” krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Yanal Enerji Oranı (LEF) Parametresinin Hacim İçindeki Dağılımı:

Yandan gelen ses ışınlarının çok fazla etkileyebildiği yanal enerji oranı (LEF) parametresinin dinleyici platformu üzerindeki dağılımının özelliği, diğer akustik parametrelerden farklılık göstermektedir. Şöyleki, diğer tüm parametrelerde hacmin kaynağa yakın olan ön bölgelerinden arkalarına ya da arkalarından önlerine doğru bir artış ya da azalış gerçekleşirken, LEF dağılımında bu değişimin hacmin yan duvarlarından ortalarına doğru gerçekleştiği görülmektedir. LEF dağılımının kendine özgü biçimini, özellikle büyük hacimlerde yani kaynak yan duvarlarına yakın olan bölgeler ile uzakta ve belirgin akustik ayrım gösteren orta bölgeleri bulunan 9000 m³'lük hacimlerde görmek mümkündür.



3000 m³'lük hacimlerde ise dağılım yine benzer özellikler göstermekle birlikte tipik dağılım biçiminden biraz uzaklaşmaktadır. Bu gözlemler doğrultusunda elde edilen bulgulara göre, dinleyici platformlarının yan duvarlara yakın bölgelerinde LEF değerlerinin en büyük, kaynağa yakın ön bölgelerde en az oldukları söylenebilir. Bu bölgeler dışında dinleyici platformunun orta ve arkalarında, parametre değerlerinin orta ve düşük olduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 4.1-Şekil 4.6).



Şekil 4.6. 3000 m³'lük dikdörtgen planlı hacimlerde "Parametre-Dağılım İlişkisi" krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

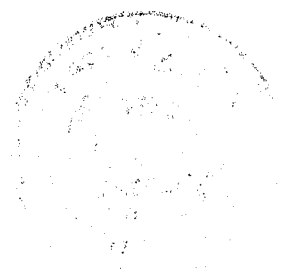
4.1.1.1.1. Değerlendirme

Değişik büyüklük ve geometrilerdeki hacimlerde parametre dağılımlarının belirlenmesi konusunda yapılan incelemelerde, frekansa göre kaydadeğer bir ayrım görülmediğinden 1000 Hz'deki dağılımlar üzerinde elde edilen sonuçlar Bölüm 4.1.1.1'de yer almıştır.

Bu sonuçlara göre, hacimlerin büyüklüğünden ve geometrik yapılarından belli oranda etkilenseler bile, parametrelerin herbirinin kendilerine özgü dağılım biçimleri olduğu görülmektedir. Yani parametrelerin dağılımları hacimlerde benzerlik gösterir. Böylelikle, parametreler açısından, hangi hacim bölgelerinin ne kadar olumlu durumda olduğu, çok genel bir yaklaşımla söylenebilmektedir. Bu açıdan bakıldığında, tüm parametreler açısından uygun olabilecek dinleyici bölgeleri konusunda bir çalışmanın pek olanaklı olamayacağı görülmektedir. Şöyleki, Bölüm 2.1'de ortaya konulan araştırmalarda da görüldüğü gibi, T, EDT, TS ve LEF parametrelerinin büyük değerlerinin genelde daha olumlu sonuçlar verebildiği, bunun yanısıra C80 parametresinin düşük değerlerinin müziğin netliği açısından daha iyi sonuç verdiği söylenebilmektedir.

Dinleyici platformu krokileri üzerinde elde edilen dağılımlar incelendiğinde, T için olumlu durumda olan kaynağa yakın ön bölgeler açısından, C80 parametresinin en olumsuz durumda bulunduğu görülmektedir. Buna benzer olarak, en olumlu yansıma süresi değerinin yer aldığı yine ön bölgelerde, EDT TS ve LEF parametreleri en olumsuz koşullardadır.

Sonuç olarak bu çalışmada ortaya konan geometrik dağılım krokileri (Bkz. Şekil 4.1-Şekil 4.6), parametrelerin dinleyici platformu üzerindeki tipik dağılım biçimlenişlerini göstermektedir. Bu sonuç, mimari biçimlenişe belli oranda yardımcı olabilecek niteliktedir.



4.1.1.2. Aynı Büyüklük ve Farklı Geometrilerdeki Dağılım Özelliklerinin Saptanması (Geometri-Dağılım İlişkisi)

Bölüm 4.1.1.1’de ortaya konulduğu gibi, akustik parametre dağılımlarının genelde tipik özellikleri olduğu söylenebilmektedir. Ancak, yine de dağılımların, hacimlerin büyüklük ve geometrilerden ortaya çıkan farklılıklarının incelenmesinde yarar görülmüştür. Çalışmanın amacı, hacim büyüklüklerinin aynı tutularak, geometrik özelliklerinin akustik parametrelerin dağılımlarını nasıl etkilediklerini ortaya koyabilmektir. Bu amaçla, herbir hacmin orta ve uzun yansıma süresi 16 seçeneğinin bir genellemesi yapılmış (Bkz. Bölüm 3.2.1.3), bu genellemelere yakın tipik özellik gösteren hacimler üzerinde elde edilen sonuçlardan örnekler sunulmuştur. Parametrelerin dağılımlarının, hacim geometrisinden nasıl etkilendiğine ilişkin örnek krokiler Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de yer almaktadır.

Yansıma Süresi (T) Parametresi İçin “Geometri-Dağılım İlişkisi”:

9000 m³ ve 3000 m³’lük hacimlerin dinleyici platformları üzerindeki yansıma süresi parametresi dağılımları incelenmeye ve aralarındaki ilişkiler ortaya konmaya çalışılmıştır. Büyük hacimdeki her üç geometride, kaynaktan uzaklaştıkça, parametre değerlerinin değişiminde büyük bir benzerlik saptanmıştır. Ancak yine de yelpaze hacimdeki uzun yansıma sürelerinin bulunduğu ön bölge, diğer iki geometrik biçimli salona göre biraz daha geniştir. Bu sonuç, yansıma süresi açısından en uygun geometrik formun yelpaze olma olasılığını doğrulamaktadır. 3000 m³’lük hacimlerde ise farklı geometrilerde dağılım biçimi biraz daha karmaşık görünmektedir. 9000 m³’lük değişik geometriler arasındaki benzerlikler, 3000 m³’lük hacimde görülememektedir. Bu durumun ortaya çıkmasında,

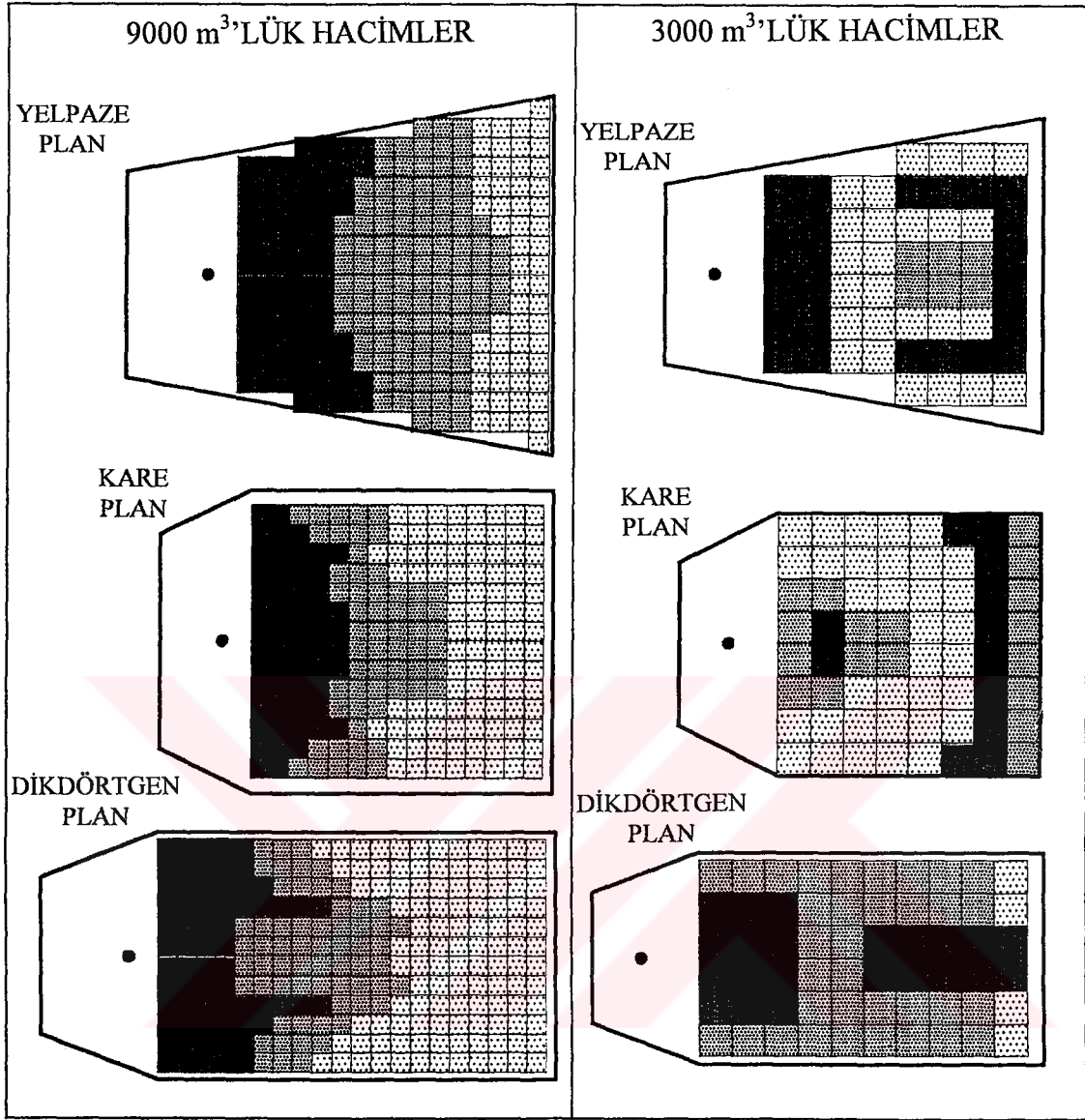
- küçük hacimdeki uzaklık ayrımları, dolayısıyla da parametre değerleri arasındaki ayrımların az olması,
- düşük, orta ve yüksek olarak belirlenen parametre değerleri arasındaki farkın az olması ve sınırların çok kesin olarak oluşmaması

etken olabilmektedir. Sonuç olarak, yansıma süresi (T) parametresinin dağılımına geometrinin etkisi,

- 9000 m³’lük hacimlerde pek fazla yok iken,
- 3000 m³’lük hacimlerde belli oranda var

denebilmektedir (Bkz. Şekil 4.7).

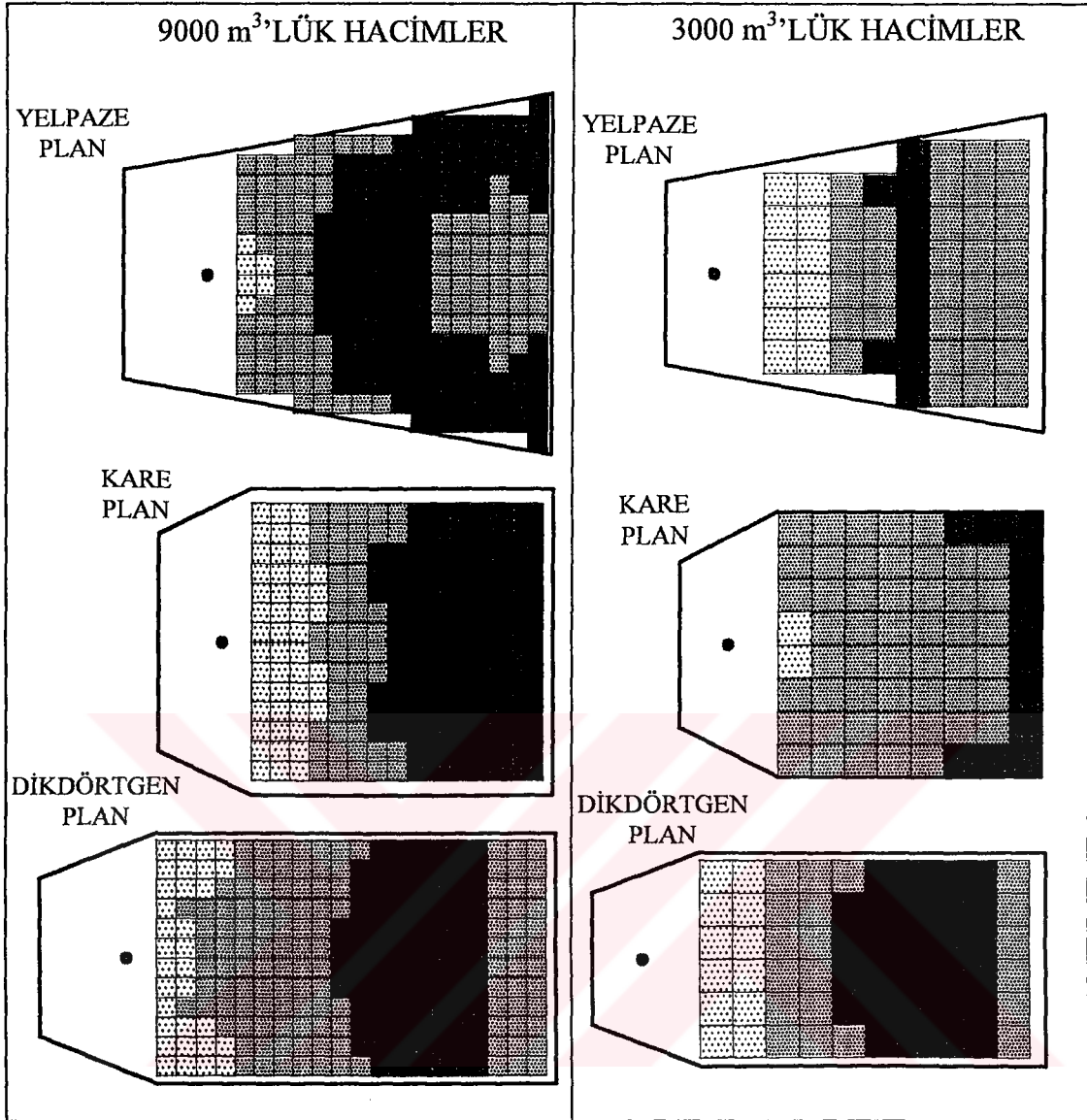




Şekil 4.7. T parametresi için “Geometri-Dağılım İlişkisi” krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Erken Düşme Süresi (EDT) Parametresi İçin “Geometri-Dağılım İlişkisi”:

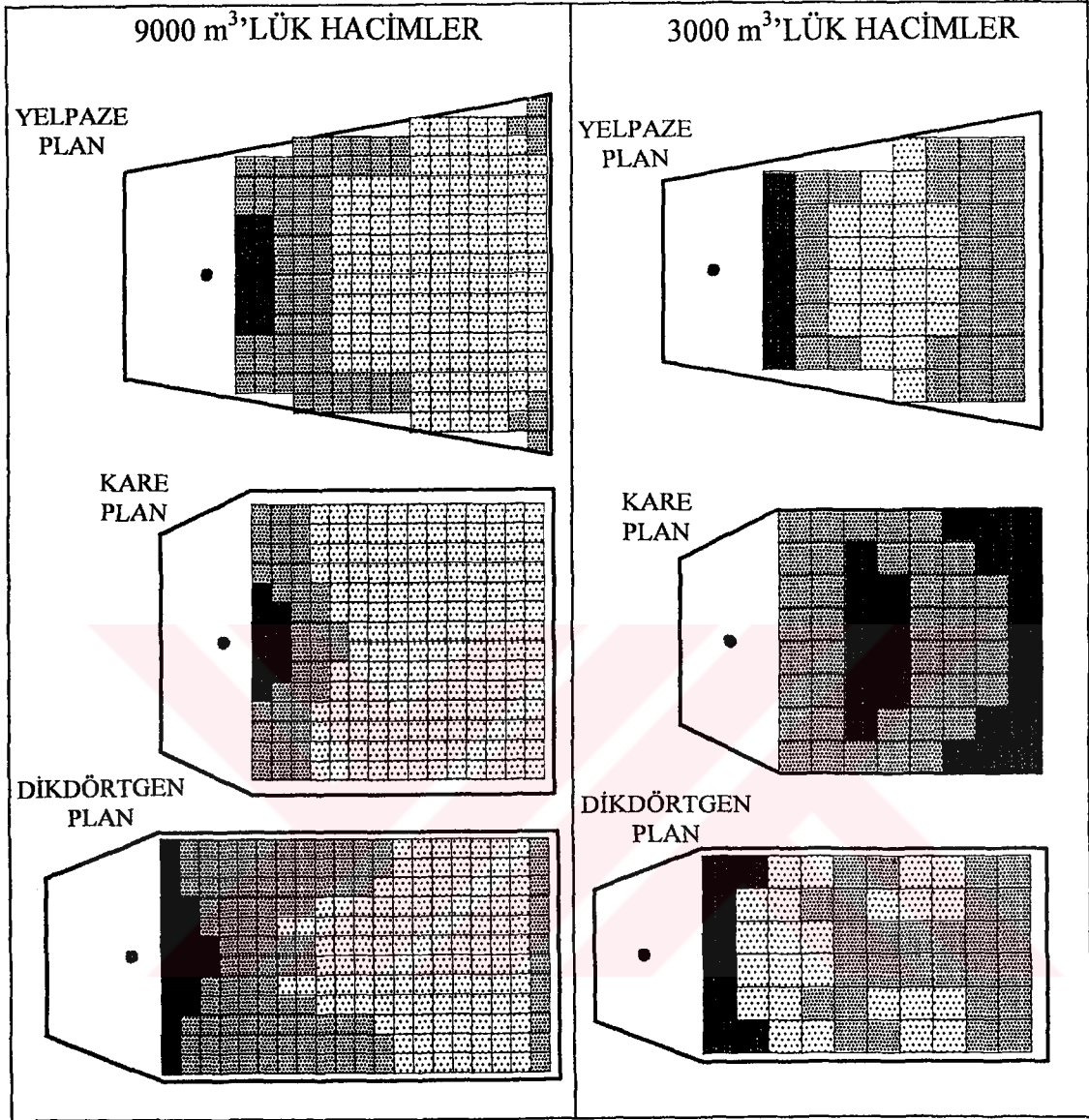
Büyük ve küçük hacimler arasındaki EDT dağılımına bakıldığında, daha önce de saptanan, kaynaktan uzaklaştıkça parametre değerlerinin büyümesi durumu gerçekleşmektedir. Özellikle, 9000 m³'lük hacimlerde EDT parametresi dağılımına geometrinin etkisi pek yok iken, 3000 m³'lük hacimlerin gerek ön gerekse en arka bölgelerinde farklı etkileri olmaktadır. Ancak, derinliği daha fazla olan dikdörtgen ve yelpaze hacimlerde, gerek büyük gerekse küçük hacimler için saptanan bir özellik olarak, salonların arka bölgelerinde parametre değerlerinin biraz kısaldığı görülmektedir (Bkz. Şekil 4.8).



Şekil 4.8. EDT parametresi için “Geometri-Dağılım İlişkisi” krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Netlik (C80) Parametresi İçin “Geometri-Dağılım İlişkisi”:

C80 parametresinin dağılımı için de kaynaktan uzaklaştıkça değerlerin azalması eğilimi her iki büyüklük ve geometri için birbirine yakındır. Geometrinin parametre dağılımlarına etkisi, yansıma süresi dağılımında olduğu gibi netlik dağılımında da hacim büyüklüğüne göre ayırım göstermektedir. Büyük hacimlerde, geometrinin dağılıma belli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Oysa küçük hacimlerde belli etkilenmeler söz konusudur. Derinliği fazla olan yelpaze ve dikdörtgen hacimler için en arka bölgelerde C80 değerlerinin azalış eğilimine ters olarak biraz artış gösterdiğinden söz edilebilmektedir. Ayrıca yine yelpaze ve dikdörtgen hacimlerdeki parametrelerin orta değerli bölgelerinde yan duvarlara doğru bir yayılma gözlenmektedir (Bkz. Şekil 4.9).

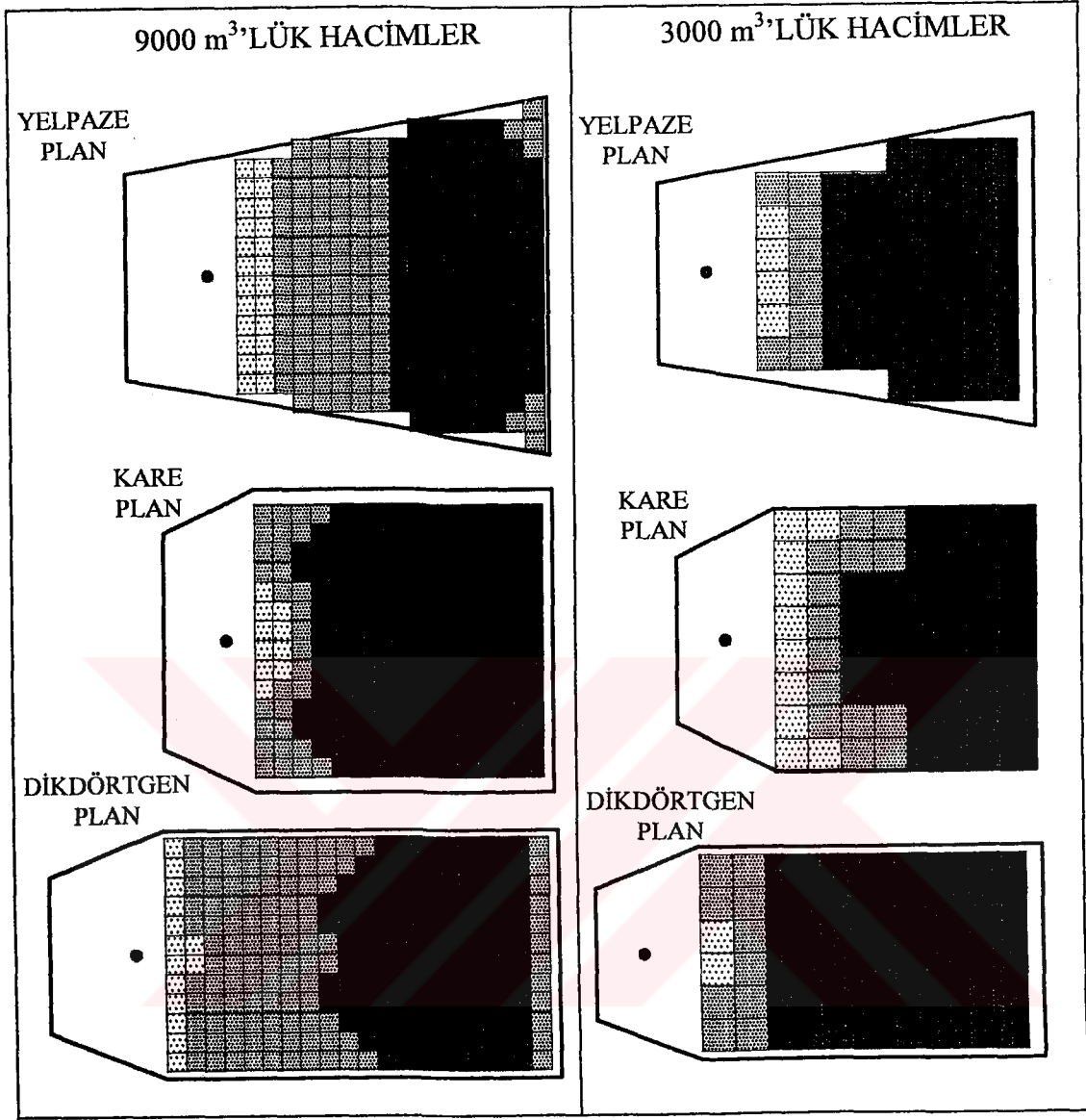


Şekil 4.9. C80 parametresi için “Geometri-Dağılım İlişkisi” krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Merkez Zamanı (TS) Parametresi İçin “Geometri-Dağılım İlişkisi”:

Merkez zamanı parametresinin dinleyici platformu üzerindeki dağılımı, parametre-dağılım ilişkilerinin belirlendiği Bölüm 4.1.1.1’de elde edilen karakteristik dağılıma çok yakın bulunmuştur. Gerek 9000 m³ gerekse 3000 m³’lük hacimlerde yapılan incelemelerde, bu dağılımlara geometrinin belirgin bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Yalnızca, salon derinliğinin fazla olduğu 9000 m³’lük dikdörtgen ve yelpaze hacimlerin dinleyici arka duvarına yakın dar bölgelerinde, giderek artan değerlerin bir miktar azalma eğiliminde oldukları söylenebilmektedir (Bkz. Şekil 4.10).

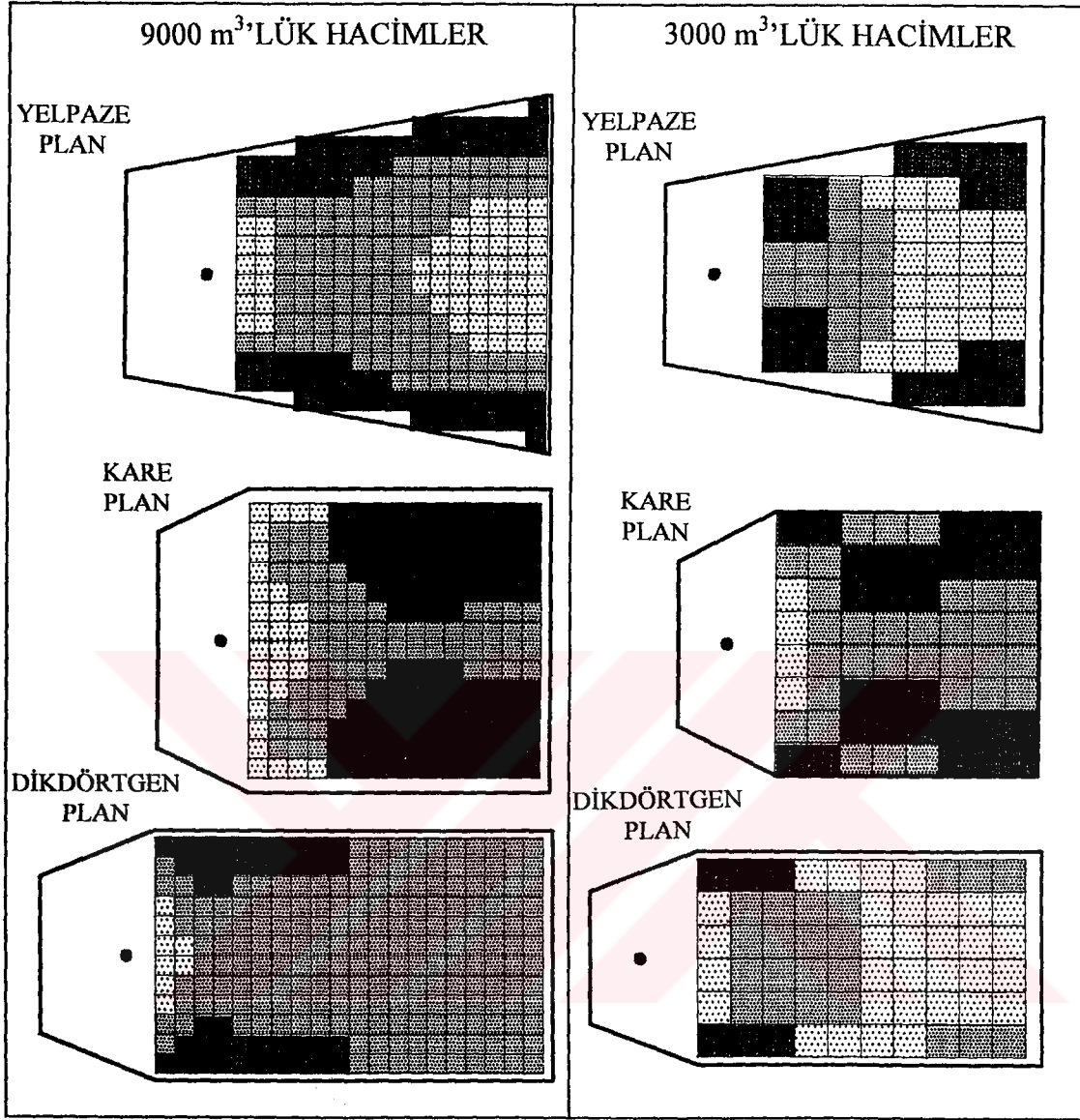




Şekil 4.10. TS parametresi için “Geometri-Dağılım İlişkisi” krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Yanal Enerji Oranı (LEF) Parametresi İçin “Geometri-Dağılım İlişkisi”:

Yanal enerji oranı parametresi diğer parametrelerden farklı bir dağılım özelliği göstermektedir. Bölüm 4.1.1.1’de de dağılım karakteristiği, oluşturulan grafiklerde görüldüğü gibi (Bkz. Şekil 4.1-Şekil 4.6), en yüksek LEF değerleri, salon yan duvarlarına yakın olan belli bölgelerde yoğunlaşmaktadır. Bu dağılıma geometrinin belli bir etkisi olup olmadığına bakıldığında, 9000 m³’lük hacimlerde hemen hiç etkisinin bulunmadığı, 3000 m³’lük hacimde de az da olsa bir etkisinin olduğu sonucu çıkartılabilmektedir (Bkz. Şekil 4.11).



Şekil 4.11. LEF parametresi için “Geometri-Dağılım İlişkisi” krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

4.1.1.2.1. Değerlendirme

Parametrelerin dinleyici platformlarındaki dağılım biçimlerinin geometriden etkilenmeleri konusunda yapılan çalışmalarda, hacim büyüklüğüne göre farklı sonuçların ortaya çıktığı görülmektedir. Genel olarak 3000 m³’lük hacimlerdeki parametre dağılımlarının geometrik biçimlenişten daha çok etkilendikleri söylenebilmektedir. Geometri-Parametre dağılımı ilişkileri Tablo 4.1’de sunulmaktadır.

Tablo 4.1. Hacim büyüklüklerine göre Geometri-Parametre Dağılımı ilişkisi

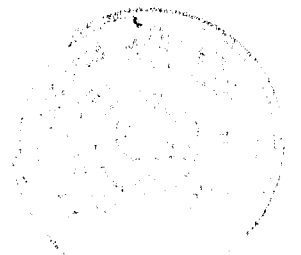
PARAMETRELER	Geometrinin parametre dağılımına etkisi	
	9000 m ³ 'lük YEL-KARE-DKG	3000 m ³ 'lük YEL-KARE-DKG
T	YOK	VAR
EDT	YOK	—
C80	YOK	VAR
TS	YOK	YOK
LEF	YOK	—

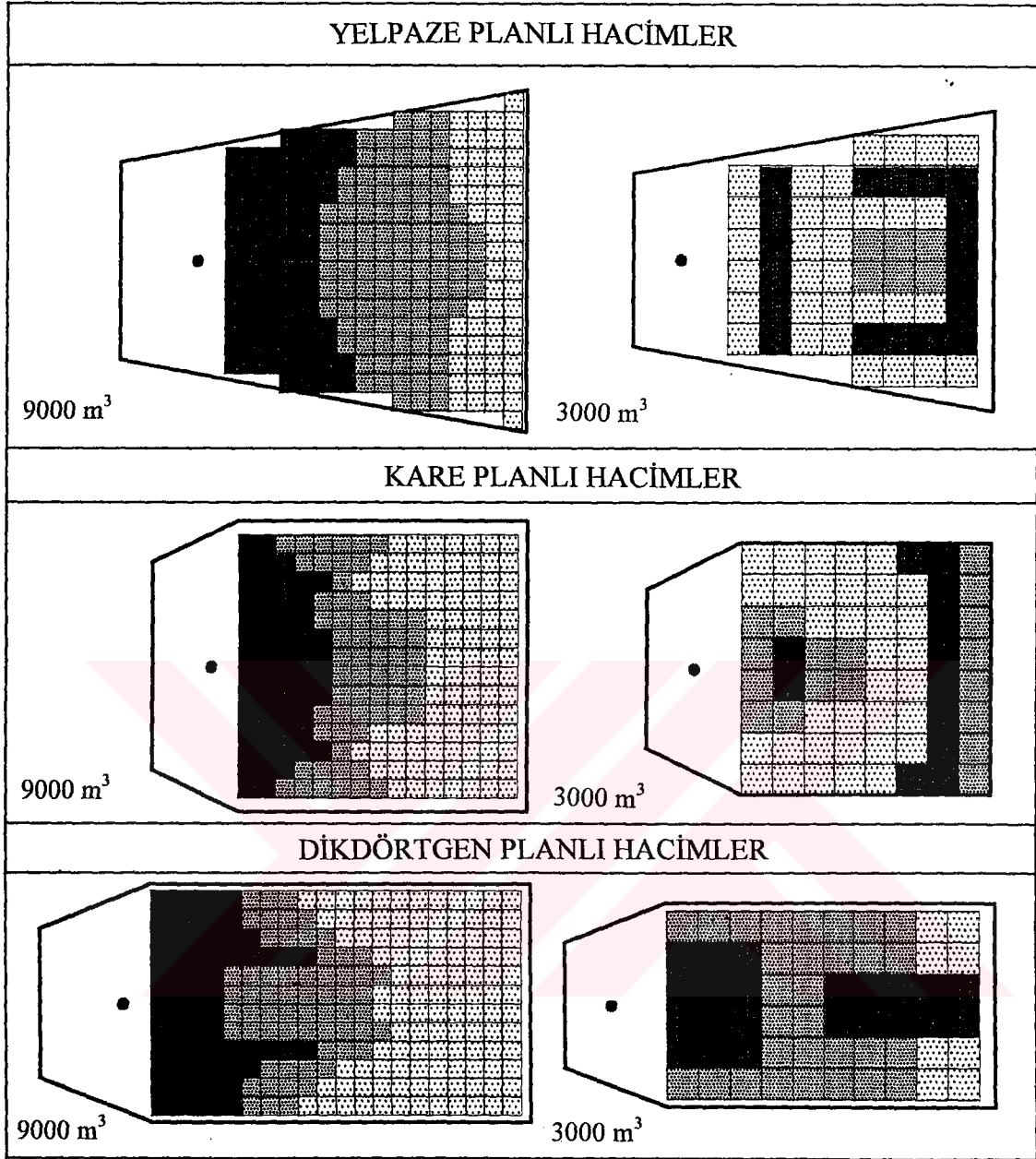
Hacim büyüklükleri arasında oluşan ayrımlar bir yana bırakılıp, geometrilere bakıldığında görülen tipik bir özellikten söz edilebilmektedir. Bu da salonların derinliklerinin belli bir orandan fazla artması durumunda arka dinleyici duvarının önünde, normal değerlerin gidiş eğilimine uymayan ve olumsuz sayılabilecek bölgelerin oluşmasıdır. Bu bölgelerin ortadan kaldırılmasına yönelik olarak yapılabilecek çalışmalar sonucunda salon tasarımlarında daha farklı bir konumlandırmaya gidilebileceği düşünülebilir.

4.1.1.3. Aynı Geometri ve Farklı Büyüklüklerdeki Dağılım Özelliklerinin Saptanması (Büyüklük-Dağılım İlişkisi)

Bu çalışmanın amacı, hacim geometrilerinin aynı tutularak, hacim büyüklüklerinin parametrelerin dağılım özelliklerini nasıl etkilediklerini ortaya koyabilmek olarak açıklanabilir. Yine 9000 ve 3000 m³ olmak üzere iki büyüklük ve yelpaze, kare ve dikdörtgen olmak üzere üç hacim geometrisinin onaltışar değişik yutuculuk seçeneğinde olmak üzere toplam 96 hacimde büyüklüğün dağılımı nasıl etkilediğine yönelik incelemeler yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen dağılım biçimlerinden tipik örnekler Şekil 4.12-Şekil 4.16'da yer almaktadır.

İzleyen paragraflarda sırasıyla yansıma süresi, erken düşme süresi, netlik, merkez zamanı ve yanal enerji oranı parametrelerinin dağılımlarının hacim büyüklüklerinden nasıl etkilendikleri ile ilgili sonuçlar yer almaktadır.



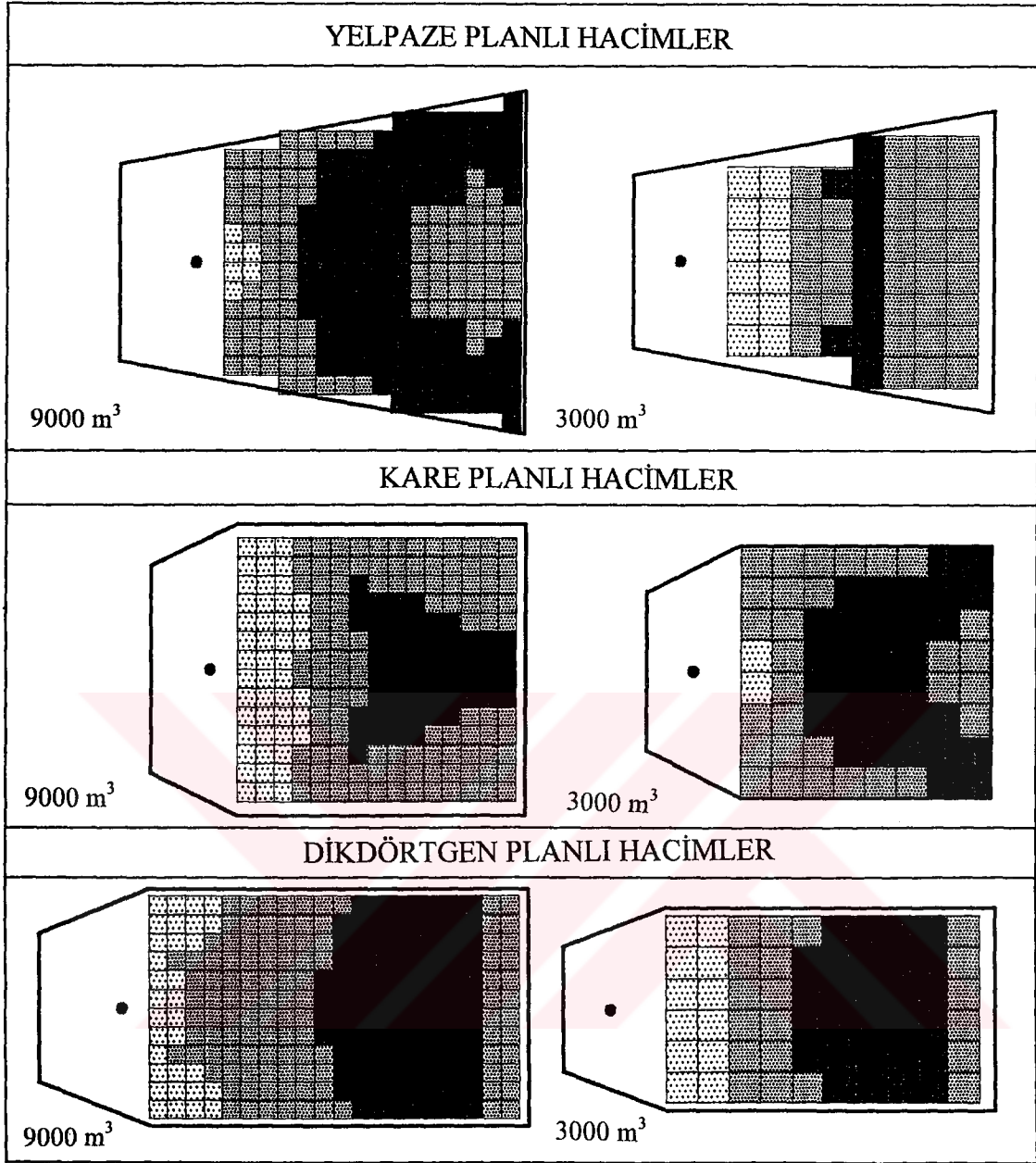


Şekil 4.12. T parametresi için “Büyüklik-Dağılım İlişkisi” krokileri

(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Yansıım Süresi (T) Parametresi İçin “Büyüklik-Dağılım İlişkisi”:

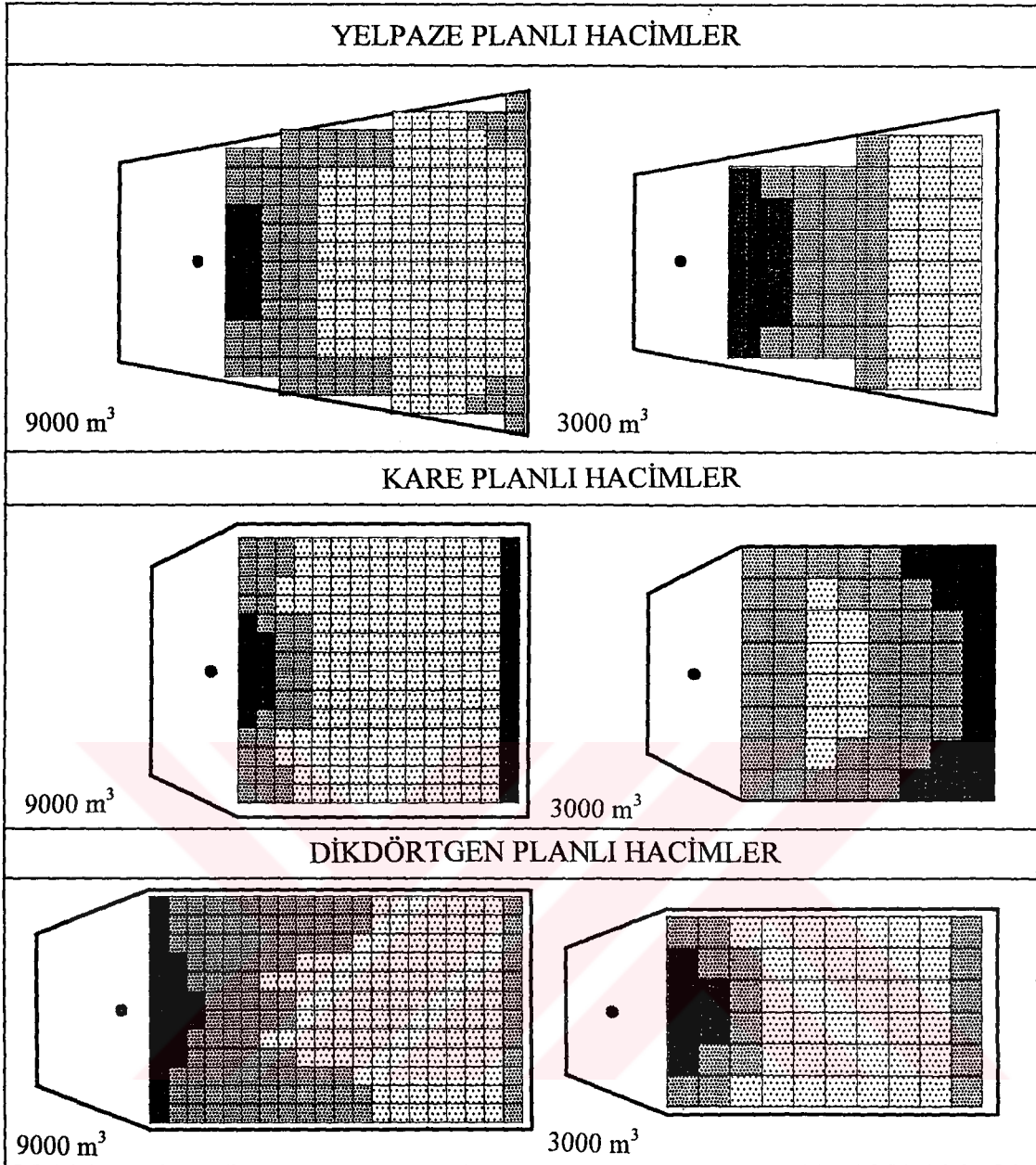
Yansıım süresi (T) parametresi dağılımlarının hacim büyüklüğünden nasıl etkilendiğine ilişkin sonuçlar, Şekil 4.12’de yer almaktadır. Krokilerde görüldüğü gibi, yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimlerin her üçünde de dağılım biçimleri hacim büyüklüğünden etkilenmektedir. 9000 m³’lük her üç geometride, dağılım biçimleri hem birbirlerine hem de tipik T dağılımına büyük ölçüde benzer iken, 3000 m³’lük hacimlerdeki dağılımlar ne kendi aralarında tutarlılık göstermekte ne de tipik T dağılımına benzemektedirler.



Şekil 4.13. EDT parametresi için “Büyüklik-Dağılım İlişkisi” krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

EDT Parametresi İçin “Büyüklik-Dağılım İlişkisi”:

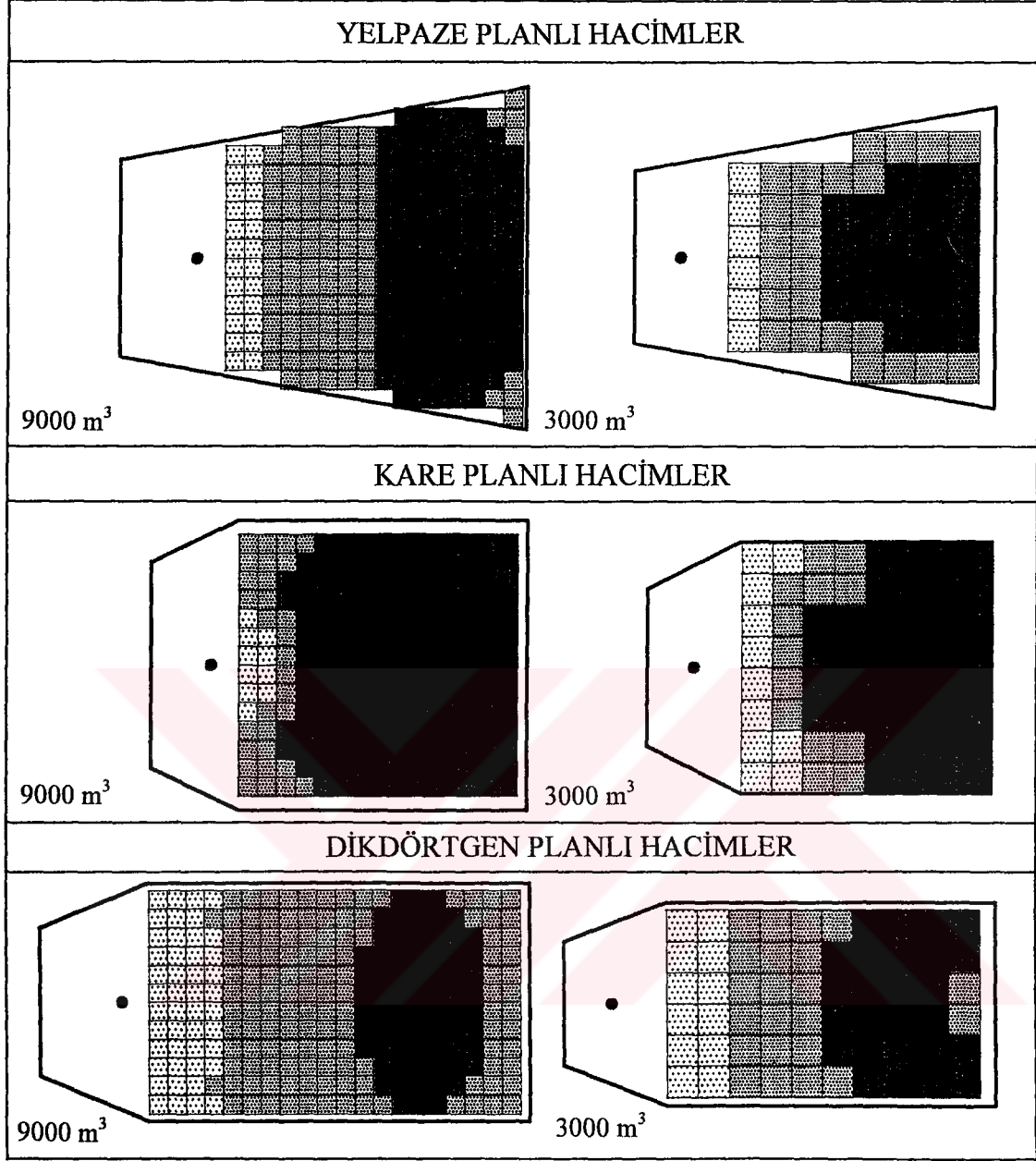
Erken düşme süresi (EDT) parametresinin dinleyici platformu üzerindeki dağılımının hacim büyüklüğünden etkilenmesi konusundaki saptamalar, yansıma süresi parametresi için elde edilen sonuçlar kadar belirgin olamamaktadır. Yapılan incelemede, EDT dağılımının karakteristik özelliği olan kaynaktan uzaklaştıkça parametre değerlerindeki artma eğilimi, her üç geometrideki büyüklüklerde belli oranda gözlenmektedir. Ancak, düşük, orta ve yüksek değerli bölgeler biçimsel olarak hem hacim büyüklük hem de geometrileri arasında belli ayrımlar göstermektedir (Bkz. Şekil 4.13).



Şekil 4.14. C80 parametresi için “Büyüklik-Dağılım İlişkisi” krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Netlik (C80) Parametresi İçin “Büyüklik-Dağılım İlişkisi”:

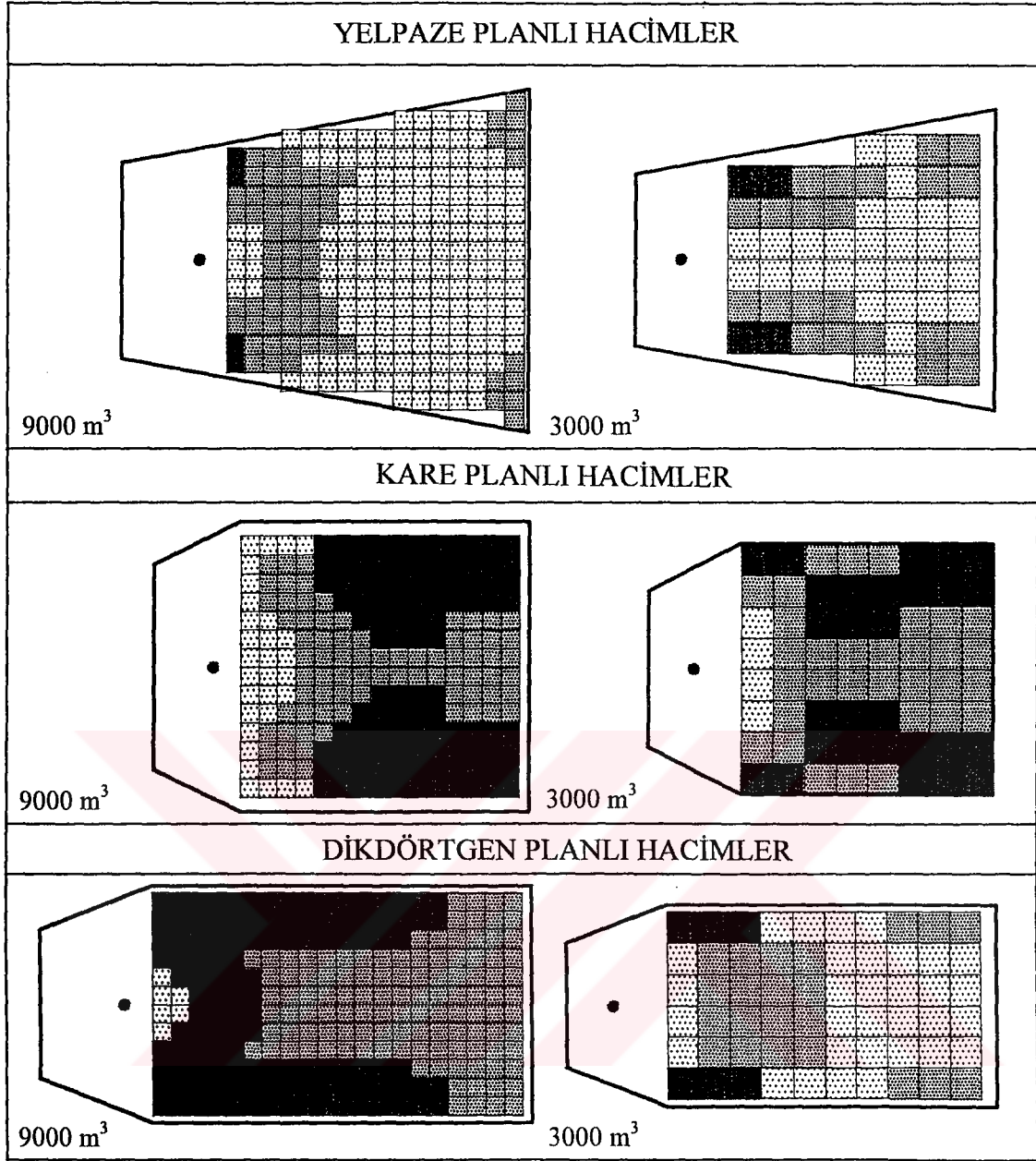
Netlik (C80) parametresi dağılımının, hacim büyüklüğü ile ilişkisini saptamak amacıyla yapılan incelemeler sonucunda oluşturulan krokilere göre, özellikle yelpaze ve dikdörtgen planlı hacimler için, dağılımların büyüklüklerden etkilenmediği söylenebilmektedir (Bkz. Şekil 4.14). Kare planlı hacimde ise, dağılımlar arasında ayrımlar bulunmaktadır. Bu ayrım da özellikle, 3000 m³’lük kare planlı hacimde dinleyici platformunun kaynağa yakın olan bölümünde yüksek değerlerin yer alması gösterilebilir. Ancak bu bölgede, orta sınıftaki değerler arasında yüksek olan değerler yer almaktadır. Yani, tüm geometriler aynı dağılım özelliklerindedir, C80 parametresi dağılımı büyüklükten fazla etkilenmemektedir.



Şekil 4.15. TS parametresi için “Büyüklik-Dağılım İlişkisi” krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Merkez Zamanı (TS) Parametresi İçin “Büyüklik-Dağılım İlişkisi”:

İncelenen parametreler arasında, hacim büyüklüğünden en az etkilenen parametrenin merkez zamanı (TS) parametresi olduğu Şekil 4.15’den de açıkça görülebilmektedir. Geometrilere arasındaki TS dağılımlarının benzerliğinin yanısıra, 9000 m³ ve 3000 m³’lük hacimler arasında üç geometri için de benzerliklerin oldukça fazla olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 4.16. LEF parametresi için “Büyüklik-Dağılım İlişkisi” krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

Yanal Enerji Oranı (LEF) Parametresi İçin “Büyüklik-Dağılım İlişkisi”:

Yanal enerji oranı (LEF)’nin yüksek olduğu noktaların bölgesel özellik gösterdiği daha önceki çalışma sonuçlarında belirtilmektedir (Bkz. Bölüm 4.1.1.1). Bu çalışma sonuçlarını gösteren krokilerde de görüldüğü gibi özellikle yüksek LEF’li dinleyici noktaları dinleyici platform üzerindeki yan duvarlara yakın yerlerde konumlanmaktadır. Bu durum, kare ve dikdörtgen planlı hacimlerde daha belirgindir. Yelpaze hacimde ise hacim yüzeylerinin yutuculuk özelliklerinden kaynaklandığı düşünülen tipik LEF dağılım karakteristiğinden belli bir sapma görülmektedir. Ancak, yine de değişik büyüklüklerdeki geometriler karşılaştırıldığında, dağılımın büyüklükten etkilenmediği söylenebilmektedir.

4.1.1.3.1. Değerlendirme

Bölüm 4.1.1'deki bulgular, bir yandan parametrelerin hacim içinde gözardı edilemeyecek değişimler gösterdiğini, öte yandan ise bu değişimlerin parametrelere göre farklılaştığını göstermektedir.

Parametrelerin dinleyici platformlarındaki biçimlenişlerinin hacim büyüklüğünden etkilenip etkilenmediği ve etkileniyorsa nasıl etkilendiği konusunda yapılan çalışmada, farklı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Genel olarak, büyüklükler ve parametre dağılımları arasında elde edilen sonuçların, her üç geometri için de geçerli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre;

- T parametresi için, dağılımın büyüklükten genel olarak etkilendiği,
- EDT parametresi için, dağılımın büyüklükten etkilenmesinin çok net olarak saptanamadığı,
- C80 parametresi için, dağılımın büyüklükten genel olarak etkilenmediği,
- TS parametresi için, dağılımın büyüklükten hemen hiç etkilenmediği,
- LEF parametresi için, dağılımın büyüklükten genel olarak etkilenmediği

söylenebilmektedir.

4.1.2. Akustik Parametrelerin Hacim İçindeki Dağılımlarının Sayısal Olarak Saptanması

Akustik parametrelerin yüksek, orta ve düşük değerlerinin, dinleyici platformu üzerindeki biçimlenişleri konusundaki inceleme sonuçları Bölüm 4.1.1'de yer almaktadır. Sunulan dağılım krokilerinde(Bkz. Şekil 4.1-Şekil 4.16) bir bakıma, parametrelerin uygunluk durumlarının bölgelere göre dağılımı ortaya konmaktadır. Ancak parametrelerin alt ve üst sınırları arasındaki ayrımın ne kadar olduğu, akustik parametrelerin dağılım ortalamasından ne kadar sapma gösterdikleri yani standart sapmaları(*) gibi sayısal değerler konusunda bilgi edinebilmek için daha farklı incelemelere gereksinim duyulmuştur.

Özetle bu bölümde, Bölüm 4.1.1'de ortaya konan saptamanın, (yani parametrelerin önemli dağılım değişkenlikleri gösterdiğinin) sayısal büyüklüklerle gösterimi gerçekleştirilecektir.

(*) Bir istatistiksel büyüklük olan standart sapma, kısaca dağılımın ortalama değerinden sapma olarak ifade edilebilmektedir. Standart sapma ve çalışma içinde yararlanılan diğer istatistiksel büyüklükler konusundaki açıklamalar EK 1'de yer almaktadır.

Standart sapmaların, parametrelerin düzgün dağılımlarının ne oranda gerçekleştiği konusunda bir gösterge olabileceği düşünülmüştür. Akustik parametreler konusunda en büyük standart sapması olan salonların en kötü akustik kaliteye sahip oldukları yolunda önemli bulgular edinilmiştir. (Bkz.Bölüm 2.3.2.2.6). Bu tez çalışmasında da parametrelerin standart sapmaları, akustik kalitesizliğin bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Hacim içindeki dağılımların sayısal sonuçlarının ortaya konulması, başlıca üç açıdan ele alınarak gerçekleştirilmiştir. Parametrelerin hacim içindeki dağılımlarının düzgünlüklerine göre bir sıralamanın yapılması bunların ilkinin oluşturmaktadır. Hangi parametrenin daha düzgün dağılım gösterdiği, ya da en düzgünsüz dağılım gösteren parametrenin hangisi olduğunun belirlenmesi ile birlikte, hacim içindeki dağılım koşulları bakımından, parametreler arası ilişkiler konusunda ortaya konan bulgular Bölüm 4.1.2.1’de sunulmaktadır.

Başka bir açıdan bakılarak dağılımların, en yaygın ve temel parametrelerden biri durumunda olan yansıma süresinden etkilenmeleri konusunda yapılan çalışmalar ise Bölüm 4.1.2.2’de yer almaktadır. Ayrıca, dağılımların sayısal olarak elde edilen bulgularından ortaya çıkan, yansıma süresi ile erken düşme süresi parametreleri arasındaki dağılım ilişkilerini ortaya koyan, önemli sayılabilecek bir sonuca da Bölüm 4.1.2.3’de yer verilmektedir.

4.1.2.1. Hacimdeki Parametre Dağılımlarının Düzgünlüklerine Göre Bir Sıralamanın Oluşturulması

Seçilen örnek hacimlerde, homojen olarak dağılan örnek konum noktalarında, kullanılan simulasyon programı ile elde edilen parametre değerlerinin analizi sonucunda, dağılımların sayısal tanımlamaları gerçekleştirilmiştir. 500 Hz, 1000 Hz ve frekanslara göre ortalamalar alınarak yapılan değerlendirmede, dağılımların standart sapmalarından yararlanılarak değişim katsayıları^(*) elde edilmiştir.

Bu çalışmada, değişim katsayılarından yararlanılarak, hacim içindeki dağılım düzgünlük oranlarının değişim açılarından belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda dağılım düzgünlüklerinin,

- parametrelere,
- hacim geometrisine,

(*) Dağılımların hacim içindeki standart sapmalarının, o dağılımdaki tüm değerlerin ortalamasına oranı olarak ifade edilen değişim katsayısı yüzde(%) olarak ifade edilmektedir (Bkz. EK 1).

- hacim büyüklüğüne

göre incelemeleri yapılacaktır. Böylece dağılımların, hacim geometrileri ve büyüklüklerinden etkilenme durumları da sayısal olarak ortaya konabilecektir. İncelenen hacimler ile ilgili, simulasyon programından yararlanılarak belirlenen, örnek konumlardaki 500 Hz, 1000 Hz ve frekanslara göre ortalama parametre değerleri, tüm büyüklük ve geometrilerdeki hacimler için, EK 5’de yer almaktadır.

4.1.2.1.1. Hacim İçindeki Dağılım Düzgünlüklerinin Parametreler Arası İncelenmesi

9000 m³ ve 3000 m³’lük yelpaze, kare ve dikdörtgen hacim geometrilerindeki salon tipleri üzerinde yapılan çalışmalarda, tez kapsamındaki diğer tüm incelemelerde olduğu gibi, yutuculukları yüzeylere göre farklılık gösteren, uzun ve orta uzun yansışım süreli sekizer hacim varyasyonu kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 3.2.1.3).

Değişim katsayılarının frekanslara göre belirgin ayrımlar göstermemesi nedeni ile, sunulan bulguların yalnız 1000 Hz’de olması yeterli görülmüştür. Değişim katsayılarının incelenen üç frekans dağılımı açısından benzerliği EK 6’da yer alan tablolardan görülebilmektedir (Bkz. Tablo E.6.1-Tablo E.6.6). Hacimlerin yansışım süreleri ile parametrelerin değişim katsayıları arasında Bölüm 4.1.2.2’de ortaya konulan ilişki nedeni ile sonuçların daha duyarlı olmasını sağlamak amacı ile irdelemeler, gerekli görülen durumlarda en uzun yansışım süreli sekiz hacim ve daha kısa yansışım süreli sekiz hacim için ayrı ayrı yapılmıştır.

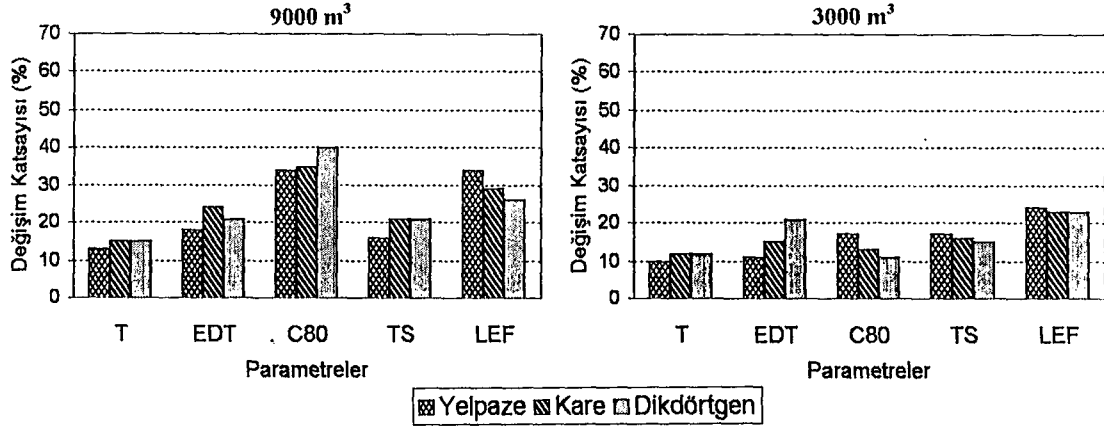
- Uzun Yansışım Sürelerine Göre Parametre Dağılımlarının Düzgünlük Sıralaması

Yansışım süresi en uzun hacimlerdeki, parametrelere göre 1000 Hz değişim katsayılarının ortalamaları Tablo 4.2’de yer almaktadır.

Tablo 4.2. İncelenen salonlar içinde, T’si en uzun 8 hacimdeki parametre değerlerine göre, 1000 Hz Değişim Katsayılarının (DK)ortalamaları

Hacim Geometrisi	Hacim Büyüklüğü	T	EDT	C80	TS	LEF
Değişim Katsayıları (%)						
YELPAZE	9000 m³	13	18	34	16	34
KARE		15	24	35	21	29
DİKDÖRTGEN		15	21	40	21	26
YELPAZE	3000 m³	10	11	17	17	24
KARE		12	15	13	16	23
DİKDÖRTGEN		12	21	11	15	23

Tablo 4.2'deki değişim katsayılarının incelenmesi sonucunda, parametrelere göre hacim içindeki dağılımların düzgünlükleri konusunda bir fikir elde edilebilmektedir. Şekil 4.17(a) ve 4.17(b), 9000 m³ ve 3000 m³'lük yansışım süresi daha uzun hacimlerde, değişik geometrilerdeki parametrelerin değişim katsayılarını göstermektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.17. Yelpeze, kare ve dikdörtgen hacimlerde parametreler arası değişim katsayıları (1000 Hz'de en uzun 8 yansışım süreli hacmin ortalaması alınmıştır)

Her iki büyüklüğe bakılarak görülen genel bir sonuç, LEF parametresinin değişim katsayılarının en fazla olduğu yani düzgün dağılımın en kötü olduğudur. EDT ve TS parametre dağılım düzgünlüklerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmekte, C80 dağılımının ise 3000 m³ ve 9000 m³'de farklılık gösterdiği söylenebilmektedir. Her iki hacim büyüklüğü için, tüm parametreler içinde, yansışım süresinin en düzgün dağıldığı söylenebilmektedir.

• Kısa Yansışım Sürelerine Göre Parametre Dağılımlarının Düzgünlük Sıralaması

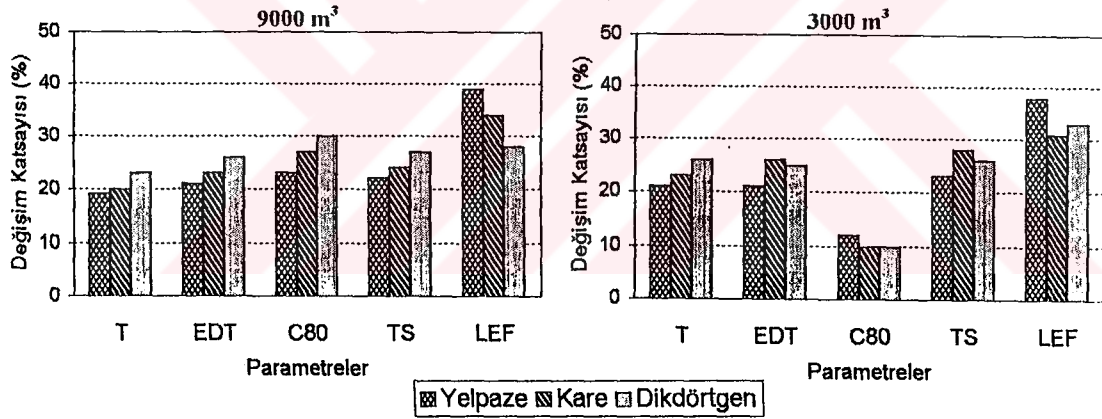
Yansışım süresi göreceli olarak daha kısa olan sekiz hacimdeki, parametrelere göre 1000 Hz'deki değişim katsayılarının ortalamaları Tablo 4.3'de sunulmaktadır.

Yansışım süresi daha kısa olan parametrelerdeki değişim katsayılarının ortalamalarına bakıldığında, C80 parametresi dışındaki diğer parametrelerde dağılım düzgünlük oranlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir. C80 parametresinde ise uzun yansışım sürelerindeki parametre dağılımlarını içeren sonuçlara benzer olarak 9000 m³ ve 3000 m³'lük hacimler arasındaki dağılım düzgünlüğünün farklılık gösterdiği söylenebilmektedir.

Tablo 4.3. İncelenen salonlar içinde, T'si en kısa 8 hacimdeki parametrelere göre, 1000 Hz Değişim Katsayılarının (DK) ortalamaları

Hacim Geometrisi	Hacim Büyüklüğü	T	EDT	C80	TS	LEF
Değişim Katsayıları (%)						
YELPAZE	9000 m ³	19	21	23	22	39
KARE		20	23	27	24	34
DİKDÖRTGEN		23	26	30	27	28
YELPAZE	3000 m ³	21	21	12	23	38
KARE		23	26	10	28	31
DİKDÖRTGEN		26	25	10	26	33

LEF parametresinin en az düzgün dağılan parametre olması, EDT ve TS parametre dağılımlarının birbirine çok benzer olmasının yanısıra, ayrım gösteren bir duruma da değinilebilir. Bu da C80 parametresinin 3000 m³'lük hacimde tüm parametrelerden daha düzgün dağıldığıdır (Bkz. Şekil 4.18(a), Şekil 4.18(b)).



(a)

(b)

Şekil 4.18. Yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimlerde parametreler arası değişim katsayıları(1000 Hz'de en kısa 8 yansıma sürelili hacmin ortalaması alınmıştır)

4.1.2.1.1. Değerlendirme

Bu çalışmada ortaya çıkan en önemli sonuç, hacimlerin yansıma süreleri uzun olduğunda dağılım katsayılarının yani standart sapmaların küçük, kısa olduğunda ise büyük olmasıdır (Bkz. Şekil 4.17(a), Şekil 4.17(b), Şekil 4.18(a) ve Şekil 4.18(b)). Yani yansıma süresinin uzunluğu ile dağılım düzgünlüğü arasında doğru bir orantı ortaya

çıkmaktadır. Ayrıca genel olarak, dağılımın küçük hacimlerde göre büyük hacimlerde daha düzgün olduğu söylenebilmektedir.

Yansışım süresi bir yana bırakılarak, parametrelere göre bir dağılım düzgünlüğü sıralaması yapıldığında sonuçların hacim büyüklüğünden etkilendiği ortaya çıkmaktadır. Yani 9000 m^3 ve 3000 m^3 'lük hacimlerde parametrelerin düzgün dağılım sıralamaları birbirinden belli ayrımlar göstermektedir;

- Gerek 9000 m^3 gerekse 3000 m^3 'lük hacimlerde en düzgün dağılan parametre yansışım süresi (T), en az düzgün dağılan parametre yanal enerji oranı (LEF)'dir.
- Diğer üç parametrenin dağılımı (EDT, C80, TS) bunların arasında yer almaktadır.

4.1.2.1.2. Hacim İçindeki Dağılım Düzgünlüklerinin Hacim Geometrisine Göre İncelenmesi

Bu incelemede genel olarak, parametre dağılımlarının diğer hacimlere göre daha düzgün olabildiği geometrik biçimler var mıdır sorusuna bir yanıt aranmaya çalışılmıştır. Bir geometrik hacim biçimi, düzgün dağılım açısından, diğer hacim biçimlerine sürekli bir üstünlük sağlayabilir mi sorusunun yanıtı, tez kapsamı içinde yer alan 96 hacim seçeneği (Bkz. Bölüm 3.2.1) üzerinde araştırılmıştır.

• Uzun Yansışım Sürelerine Göre Parametre Dağılımlarının Düzgünlük Sıralaması

9000 m^3 ve 3000 m^3 'lük hacimlerde, yansışım süresi daha uzun ilk sekizine ilişkin bulgular Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'de yer almaktadır.

9000 m^3 'lük uzun yansışım süreli hacimlerde bir genelleme yapıldığında, LEF dışındaki tüm parametreler açısından en iyi durumda olan hacmin yelpaze planlı hacim olduğu görülmektedir. T, EDT ve TS parametreleri açısından bakıldığında, kare ve dikdörtgen açısından belirgin ayrım olmadığı saptanmıştır.

Ancak, dikdörtgen hacimdeki dağılımlar C80 parametresi için belirgin kötü, LEF parametresi için ise belirgin iyi durumdadır (Bkz. Tablo 4.4, Şekil 4.19(a), Şekil 4.20(a), Şekil 4.21(a), Şekil 4.22(a), Şekil 4.23(a)).

Tablo 4.4. 9000 m³'lük hacimlerde, parametrelerin değişim katsayıları (T'si en uzun olan 8 hacim (sırasıyla) ve 1000 Hz için)

(taralı alanlar, değişim katsayıları en küçük olan yani mekanda dağılımları en düzgün olan durumları göstermektedir)

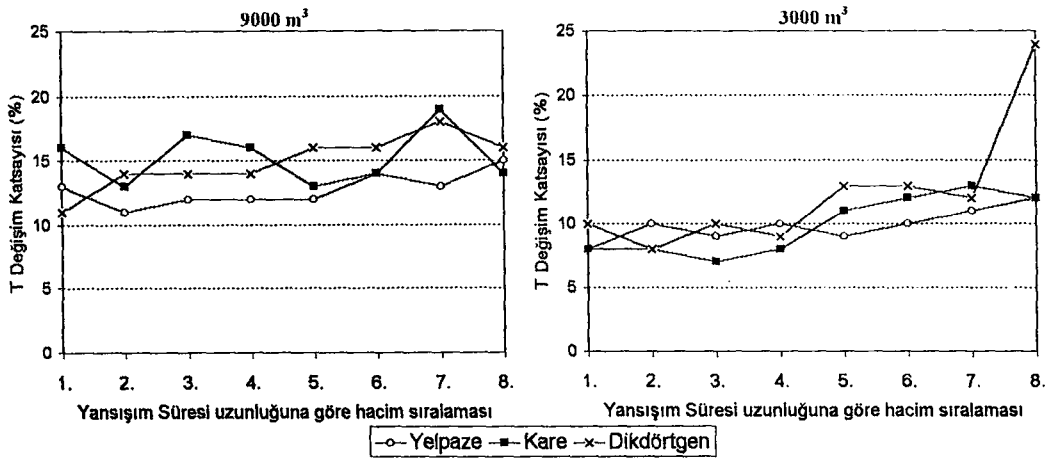
Büyüklik	Parametre	Geometri	Yansıma süresi uzunluğuna göre hacim sıralaması (*)							
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
9000 m ³	T	Yelpaze	13	11	12	12	12	14	13	15
		Kare	16	13	17	16	13	14	19	14
		Dikdörtgen	11	14	14	14	16	16	18	16
	EDT	Yelpaze	14	14	15	15	16	21	23	23
		Kare	27	22	21	22	22	25	28	24
		Dikdörtgen	21	22	22	22	20	19	24	24
	C80	Yelpaze	33	28	30	31	24	23	25	24
		Kare	36	36	36	37	30	32	41	30
		Dikdörtgen	75	95	91	71	57	55	54	50
	TS	Yelpaze	15	14	15	15	15	17	18	18
		Kare	21	18	18	18	20	22	26	22
		Dikdörtgen	21	22	22	22	22	23	25	24
	LEF	Yelpaze	31	32	31	30	31	31	31	31
		Kare	32	28	28	29	28	28	30	28
		Dikdörtgen	21	21	22	22	22	23	23	23

3000 m³'lük uzun yansıma süreli hacimlerdeki değişim katsayısına bakıldığında, hiçbir parametrede, hiç bir geometrik biçimin üstünlük sağlayamadığı ortaya konmuştur. Tablo 4.5 ve Şekil 4.19(b), Şekil 4.20(b), Şekil 4.21(b), Şekil 4.22(b), Şekil 4.23(b)'ye bakıldığında hiç bir geometrik biçimin diğerlerine üstünlük sağlayamadığı görülmektedir.

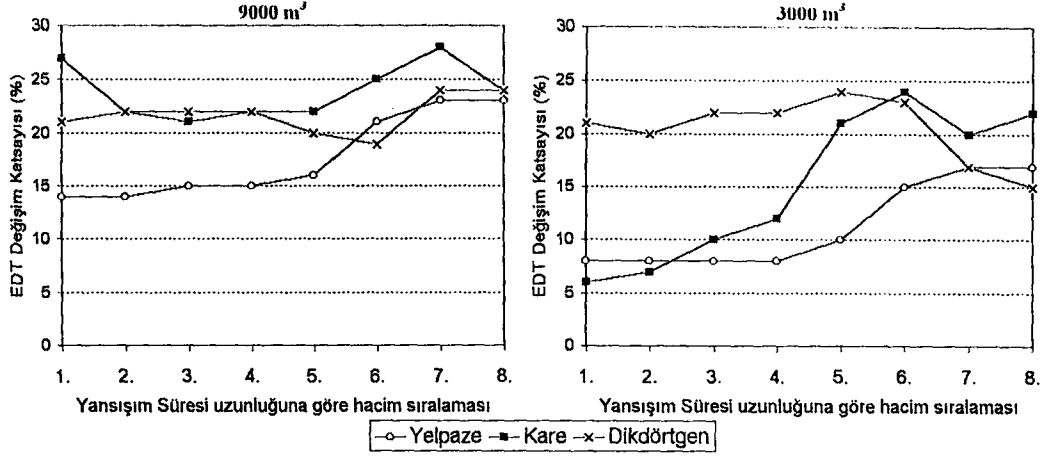
(*) Yansıma süresi uzunluğuna göre yapılan hacim sıralamasında, yansıma süresi değerleri 1.'den 8.'ye doğru giderek azalmaktadır (Bkz. Tablo 4.4, Tablo 4.5).

Tablo 4.5. 3000 m³'lük hacimlerde, parametrelerin değişim katsayıları (T'si en uzun olan 8 hacim için sırasıyla ve 1000 Hz için)

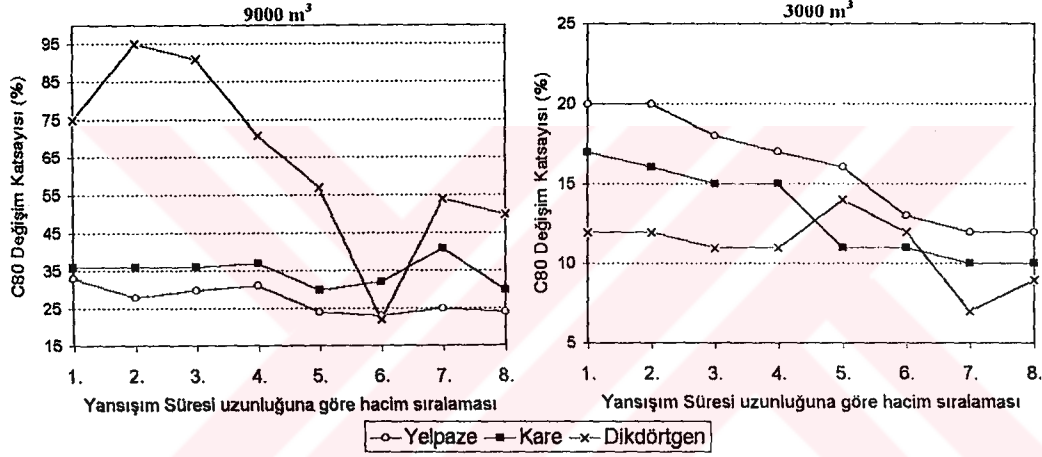
Büyüklik	Parametre	Geometri	Yansıma süresi uzunluğuna göre hacim sıralaması							
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
3000 m ³	T	Yelpaze	8	10	9	10	9	10	11	12
		Kare	8	8	7	18	11	12	13	12
		Dikdörtgen	10	8	10	9	13	13	12	24
	EDT	Yelpaze	8	8	8	8	3	15	17	17
		Kare	6	7	10	12	21	24	20	22
		Dikdörtgen	21	20	22	22	24	23	17	15
	C80	Yelpaze	20	20	18	17	22	13	12	12
		Kare	17	16	15	15	11	11	10	10
		Dikdörtgen	12	12	11	11	14	12	7	9
	TS	Yelpaze	15	14	15	14	20	16	21	20
		Kare	11	12	13	12	22	18	16	23
		Dikdörtgen	11	13	12	11	24	15	14	20
	LEF	Yelpaze	23	23	23	23	28	27	24	24
		Kare	24	22	23	22	24	22	23	24
		Dikdörtgen	22	23	22	22	23	22	25	23



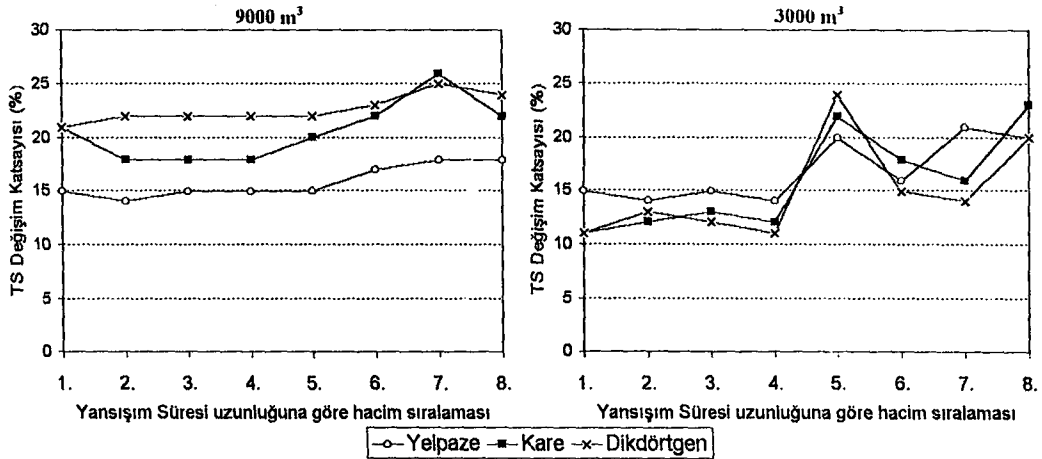
Şekil 4.19. Hacim geometrilerine göre, yansıma süresi (T) parametresinin değişim katsayıları (T'si en uzun ilk 8 hacim ve 1000 Hz için)



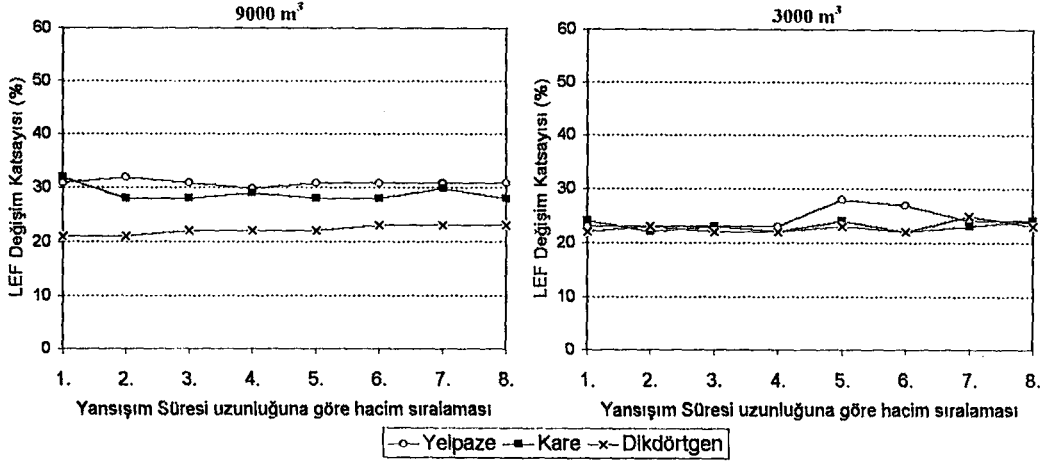
Şekil 4.20. Hacim geometrilerine göre, erken düşme süresi (EDT) parametresinin değişim katsayıları (T'si en uzun ilk 8 hacim ve 1000 Hz için)



Şekil 4.21. Hacim geometrilerine göre, netlik (C80) parametresinin değişim katsayıları (T'si en uzun ilk 8 hacim ve 1000 Hz için)



Şekil 4.22. Hacim geometrilerine göre, merkez zamanı (TS) parametresinin değişim katsayıları (T'si en uzun ilk 8 hacim ve 1000 Hz için)



(a) (b)
Şekil 4.23. Hacim geometrilerine göre, yanal enerji oranı (LEF) parametresinin değişim katsayıları (T 'si en uzun ilk 8 hacim ve 1000 Hz için)

• Kısa Yansıma Sürelerine Göre Parametre Dağılımlarının Düzgünlük Sıralaması

Bir önceki çalışmanın benzeri olan, yansıma süreleri daha kısa sekiz hacim üzerinde, değişik geometrilerdeki dağılımlar üzerinde yapılan incelemelerde ortaya konan değişim katsayıları 9000 m³ ve 3000 m³'lük hacimler için Tablo 4.6 ve Tablo 4.7'de yer almaktadır.

Tablolardaki değişim katsayılarından yararlanarak değişik geometrilerdeki hacimlerdeki dağılımların birbirleri ile ilişkisini gösteren grafiklere göre bir önceki çalışmadaki benzer analizler, bu farklı durum için tekrarlanmıştır (Bkz. Şekil 4.24-Şekil 4.28).

9000 m³'lük kısa yansıma süreli hacimlerde yapılan incelemelerde, parametrelerin değişim katsayılarına bakıldığında, 3000 m³'lük uzun yansıma süreli hacimlerde elde edilen sonuca benzer olarak, hiçbir geometrik biçimin belirgin bir üstünlük sağlayamadığı görülmektedir.

Elde edilen bu sonuçlar, Tablo 4.6 ve Şekil 4.24(a), Şekil 4.25(a), Şekil 4.26(a), Şekil 4.27(a), Şekil 4.28(a)'da görülmektedir.

Tablo 4.6. 9000 m³'lük hacimlerde, parametrelerin değişim katsayıları (T'si en kısa olan 8 hacim için sırasıyla ve 1000 Hz için)

Büyüklik	Parametre	Geometri	Yansıma süresi uzunluğuna göre hacim sıralaması (*)							
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
9000 m ³	T	Yelpaze	18	19	13	18	18	25	16	28
		Kare	17	18	20	20	23	23	27	14
		Dikdörtgen	18	19	18	18	20	19	38	36
	EDT	Yelpaze	21	13	12	22	11	37	14	36
		Kare	24	11	29	23	22	22	28	24
		Dikdörtgen	23	21	17	18	22	19	44	42
	C80	Yelpaze	40	14	16	28	12	20	31	19
		Kare	29	13	35	29	13	26	39	30
		Dikdörtgen	49	72	18	51	47	35	56	48
	TS	Yelpaze	26	13	15	25	15	31	17	33
		Kare	22	17	29	23	20	25	37	22
		Dikdörtgen	24	26	16	21	27	22	42	39
	LEF	Yelpaze	35	47	31	36	47	42	32	42
		Kare	28	45	30	31	44	29	37	28
		Dikdörtgen	23	24	52	21	25	23	29	30

Yansıma süreleri daha kısa olan hacimlerdeki değerler yaklaşık olarak tüm hacimlerin bir genellemesi yapıldığında 1 saniye ile 0.45 saniye arasında değişim göstermektedir. Oldukça kısa sayılabilecek bu yansıma sürelerinde, geometrinin dağılıma etkileri, bir önceki sınıfta yer alan hacimlere göre daha az belirgin olarak ortaya konabilmektedir. Yani sonuç olarak yansıma süresinin kısa olduğu hacimlerde geometrinin dağılıma etkisinin de az olabildiği görülmektedir.

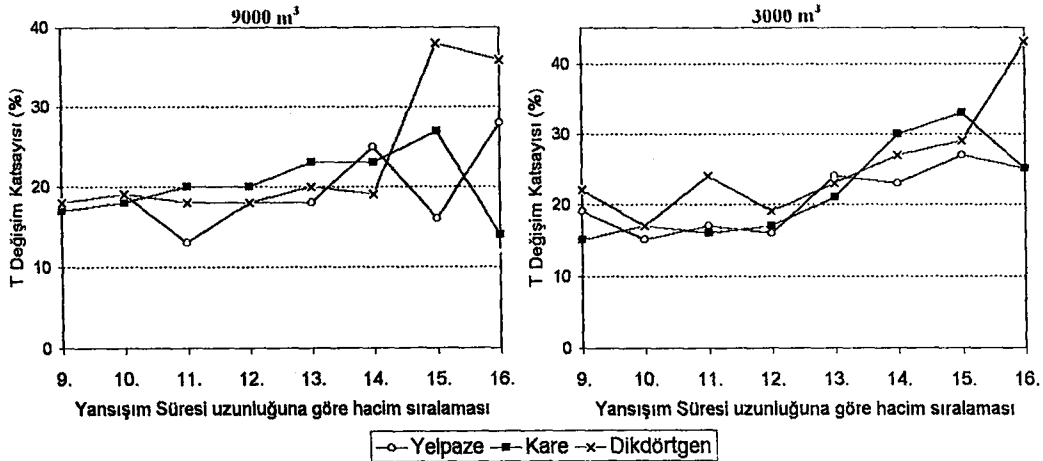
3000 m³'lük kısa yansıma süreli hacimlerdeki değişim katsayısı sonuçlarına bakıldığında, yelpaze hacim geometrisinde, C80 parametresi dışındaki tüm parametrelerde dağılımın en düzgün olduğu ortaya konulabilmektedir. Bu sonuçlar, Tablo 4.7 ve Şekil 4.24(b), Şekil 4.25(b), Şekil 4.26(b), Şekil 4.27(b), Şekil 4.28(b)'de görülmektedir.

(*) Yansıma süresi uzunluğuna göre yapılan hacim sıralamasında, yansıma süresi değerleri 1.'den 8.'ye doğru giderek azalmaktadır (Bkz. Tablo 4.6-Tablo 4.7).

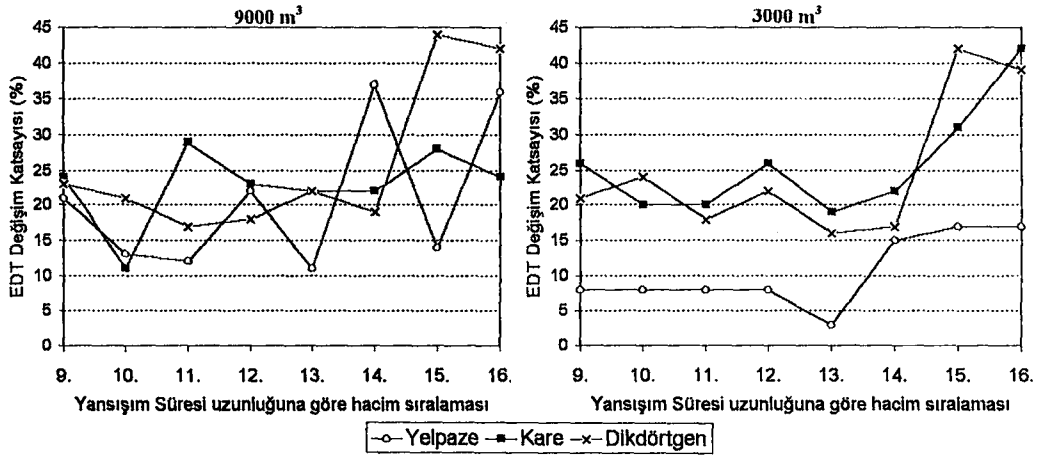
Tablo 4.7. 3000 m³'lük hacimlerde, parametrelerin değişim katsayıları (T'si en kısa olan 8 hacim için sırasıyla ve 1000 Hz için)

(taralı alanlar, değişim katsayıları en küçük olan yani mekanda dağılımları en düzgün olan durumları göstermektedir)

Büyüklik	Parametre	Geometri	Yansıma süresi uzunluğuna göre hacim sıralaması							
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
3000 m ³	T	Yelpaze	19	15	17	16	24	23	27	25
		Kare	15	17	16	17	21	30	33	25
		Dikdörtgen	22	17	24	19	23	27	29	43
	EDT	Yelpaze	8	8	8	8	3	15	17	17
		Kare	26	20	20	26	19	22	31	42
		Dikdörtgen	21	24	18	22	16	17	42	39
	C80	Yelpaze	20	20	18	17	22	13	12	12
		Kare	16	8	9	9	12	8	11	8
		Dikdörtgen	11	10	6	9	9	8	15	11
	TS	Yelpaze	15	14	15	14	20	16	21	20
		Kare	17	23	23	29	26	30	34	43
		Dikdörtgen	25	21	16	22	23	25	35	40
	LEF	Yelpaze	23	23	23	23	28	27	24	24
		Kare	35	22	24	25	35	24	39	41
		Dikdörtgen	25	25	45	25	45	26	34	35



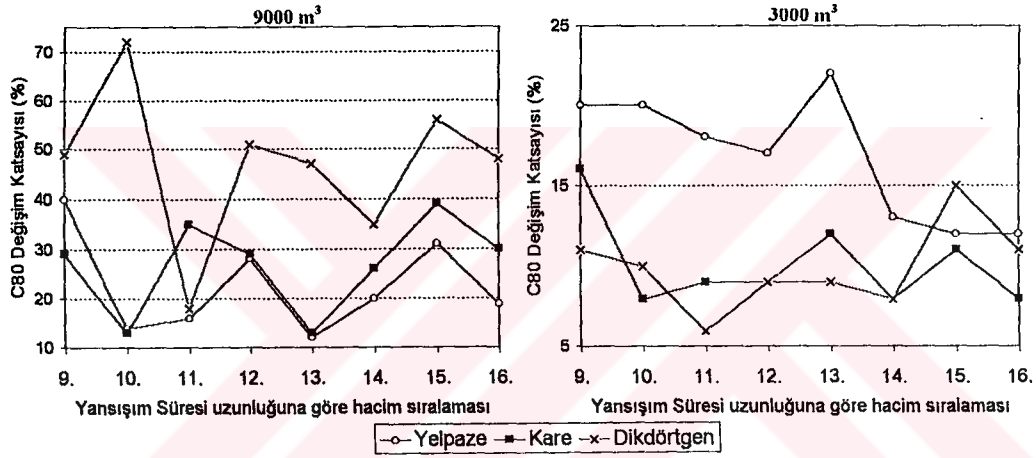
Şekil 4.24. Hacim geometrilerine göre, yansıma süresi (T) parametresinin değişim katsayıları (T'si en kısa 8 hacim ve 1000 Hz için)



(a)

(b)

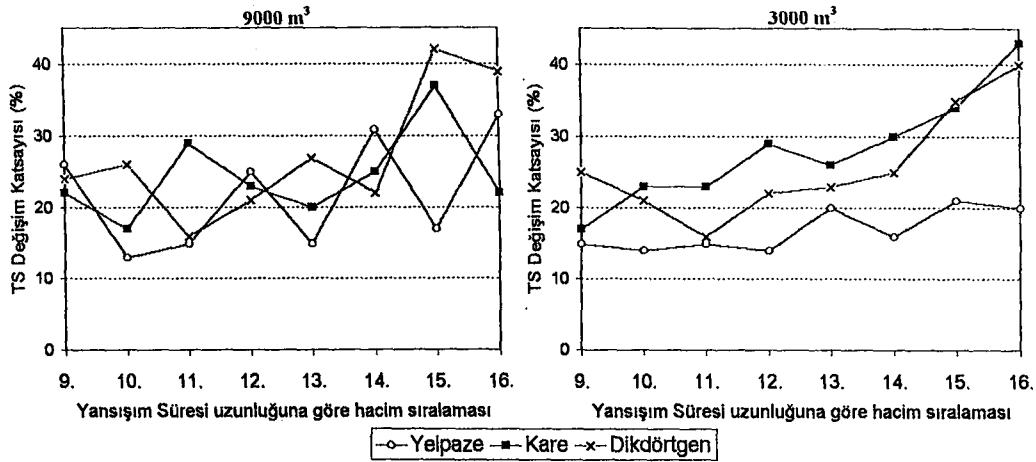
Şekil 4.25. Hacim geometrilerine göre, erken düşme süresi (EDT) parametresi değişim katsayıları (T'si en kısa 8 hacim ve 1000 Hz için)



(a)

(b)

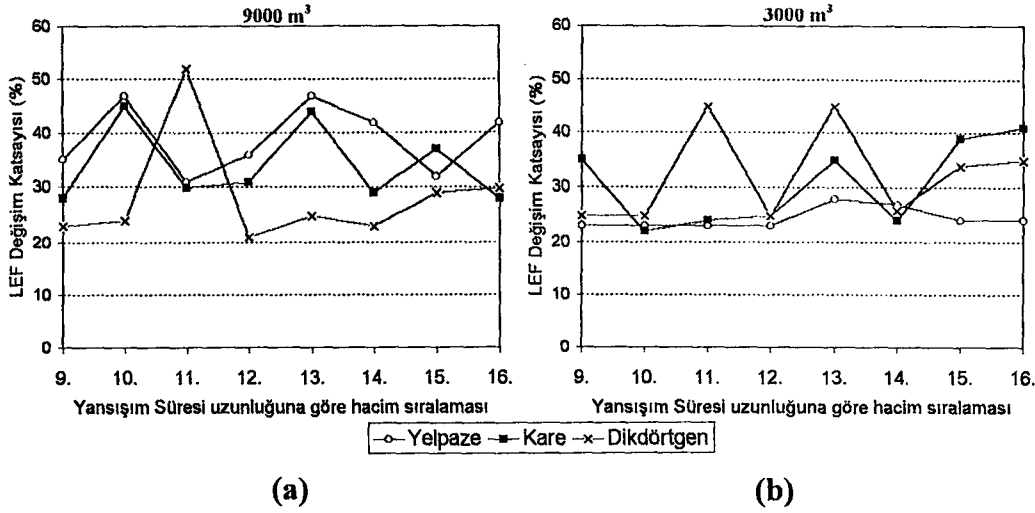
Şekil 4.26. Hacim geometrilerine göre, netlik (C80) parametresi değişim katsayıları (T'si en kısa 8 hacim ve 1000 Hz için)



(a)

(b)

Şekil 4.27. Hacim geometrilerine göre, merkez zamanı (TS) parametresinin değişim katsayıları (T'si en kısa 8 hacim ve 1000 Hz için)



Şekil 4.28. Hacim geometrilerine göre, yanal enerji oranı (LEF) parametresinin değişim katsayıları (yansıma süresi en kısa 8 hacim ve 1000 Hz için)

4.1.2.1.2.1. Değerlendirme

Bu değerlendirme bölümünde, hacim geometrisinin parametrelerin hacim içindeki dağılımlarına etkileri üzerine, yansıma süreleri birbirinden farklı olan durumlarda elde edilen sonuçların bir sentezinin yapılması uygun görülmüştür.

Yansıma süresi uzun olan hacimlerde yapılan değerlendirme sonuçlarında, 9000 m³ ve 3000 m³'lük hacimler için farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Küçük hacimler arasında dağılım düzgünlüğü açısından belirgin üstünlük sağlayan bir geometrik biçim ortaya konamazken, büyük hacimler içinden yelpaze hacim geometrisinin belirgin iyi durumda olduğu görülmektedir (Bkz. Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Dağılım düzgünlüğü açısından geometrik biçimlerin durumunu ortaya koyan irdeleme sonuçları (Yansıma süresi uzun hacimler açısından). (İ) iyi, (O) orta, (K) kötü'yü göstermektedir.

Geometri	T		EDT		C80		TS		LEF	
	9000 m³	3000 m³	9000 m³	3000 m³	9000 m³	3000 m³	9000 m³	3000 m³	9000 m³	3000 m³
Yelpaze	İ	İ	İ	İ	İ	K	İ	O	K	K
Kare	K	K	K	O	O	O	O	K	O	—
Dikdörtgen	O	O	O	K	K	İ	K	İ	İ	—

Yansıma süresi kısa olan hacimlerde yapılan değerlendirme sonuçlarında da değişik büyüklükler için farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu hacimlerde ise uzun yansıma

sürelerinde elde edilen sonucun tersine, büyük hacimler için hiçbir geometri biçimi dağılım düzgünlüğü açısından belirgin bir üstünlük sağlayamamıştır. Kısa yansıma sürelili küçük hacimlerde ise yelpaze biçimi üç parametre için (EDT, TS, LEF) iyi durumdadır (Bkz. Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Dağılım düzgünlüğü açısından geometrik biçimlerin durumunu ortaya koyan irdelene sonuçları (Yansıma süresi kısa hacimler açısından). (İ) iyi, (O) orta, (K) kötü'yu göstermektedir.

Geometri	T		EDT		C80		TS		LEF	
	9000 m ³	3000 m ³	9000 m ³	3000 m ³	9000 m ³	3000 m ³	9000 m ³	3000 m ³	9000 m ³	3000 m ³
Yelpaze	İ	—	—	İ	İ	K	—	İ	K	İ
Kare	K	—	—	K	O	—	—	K	O	O
Dikdörtgen	O	K	—	O	K	—	—	O	İ	K

Tüm bu sonuçların bir genellemesi yapıldığında, büyük hacimlerde uzun, küçük hacimlerde kısa yansıma süresi zaten olması gereken bir durum olduğundan, pratikte yelpaze tipi salon bir kaç olumsuzluk dışında en iyi geometrik biçimdir denilebilir.

4.1.2.1.3. Hacim İçindeki Dağılım Düzgünlüklerinin Hacim Büyüklüğüne Göre İncelenmesi

Değişik boyutlardaki salonlarda, akustik parametre dağılımlarının düzgünlüğünün araştırılmasına yönelik olarak gerçekleştirilen bu çalışmada, 9000 m³ ve 3000 m³ olarak alınan salonlar arasındaki düzgünlük ayrımlarının sayısal olarak ortaya konması amaçlanmaktadır.

Büyük ve küçük salonlardan hangisinin, akustik dağılım açısından daha tercih edilir olduğunun belirlenmesi, yine çok sayıda örnek konum noktalarındaki (Bkz. Tablo 3.11) parametre değerlerinin değişim katsayılarından yararlanarak yapılmıştır. Tablo 4.10, Tablo 4.11 ve Tablo 4.12'de hesaplanan bu değişim katsayıları, değişik uzunluklardaki yansıma süreleri olan hacimler için sunulmuştur. Bu tablolarda tez kapsamında incelenen hacimler arasından en uzun yansıma sürelili ikisi (1. ve 2.), en kısa yansıma sürelili ikisi (15. ve 16.) ile orta yansıma sürelili dördü (6., 7., 10., 11.) alınmıştır.

Tablo 4.10. Yelpaze planlı hacimlerde parametrelerin değişim katsayıları, (koyulaştırılmış değişim katsayıları, 3000 m³'lük küçük hacmin 9000 m³'lük büyük hacme göre daha düzgün dağılım gösterdiği durumları belirlemektedir)

Hacim Geometrisi	Hacim Büyüklüğü (m ³)	Parametreler	Değişim Katsayıları (%)							
			1.	2.	6.	7.	10.	11.	15.	16.
YELPAZE	9000	T	13	11	14	13	19	13	16	28
			8	10	10	11	15	17	27	25
	3000	EDT	14	14	21	23	13	12	14	36
			8	8	15	17	16	11	17	17
	9000	C80	33	28	23	80	14	16	31	19
			20	20	13	12	10	11	10	10
	3000	TS	15	14	17	18	13	15	17	33
			15	14	16	21	19	16	19	22
	9000	LEF	31	59	31	31	47	31	32	42
			23	23	24	24	24	46	47	27
	3000									

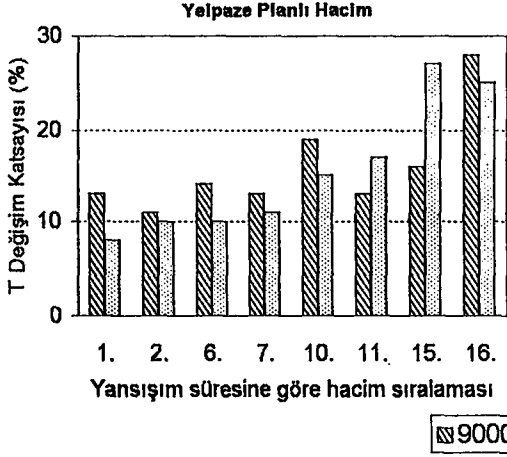
Tablo 4.11. Kare planlı hacimlerde parametrelerin değişim katsayıları (koyulaştırılmış değişim katsayıları, 3000 m³'lük küçük hacmin 9000 m³'lük büyük hacme göre daha düzgün dağılım gösterdiği durumları belirlemektedir)

Hacim Geometrisi	Hacim Büyüklüğü (m ³)	Parametreler	Değişim Katsayıları (%)							
			1.	2.	6.	7.	10.	11.	15.	16.
KARE	9000	T	16	13	14	19	18	20	27	14
			8	8	12	13	17	16	33	25
	3000	EDT	27	22	25	28	11	29	28	24
			6	7	24	20	20	20	31	42
	9000	C80	36	36	32	41	13	35	39	30
			17	16	11	10	8	9	11	8
	3000	TS	21	18	22	26	17	29	37	22
			11	12	18	16	23	23	34	43
	9000	LEF	32	28	28	30	45	30	37	28
			24	22	22	23	22	24	39	41
	3000									

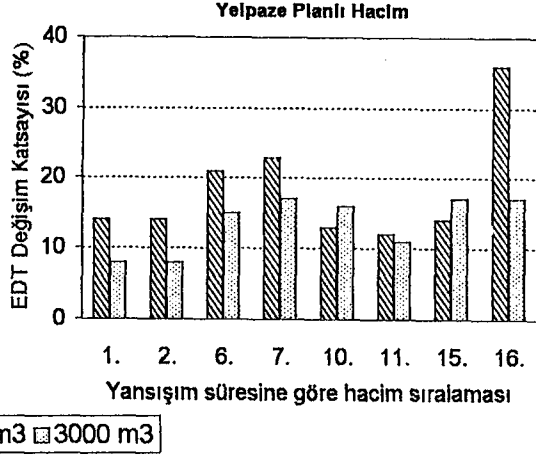
Tablo 4.12. Dikdörtgen planlı hacimlerde parametrelerin değişim katsayıları (koyulaştırılmış değişim katsayıları, 3000 m³'lük küçük hacmin 9000 m³'lük büyük hacme göre daha düzgün dağılım gösterdiği durumları belirlemektedir)

Hacim Geometrisi	Hacim Büyüklüğü (m ³)	Parametreler	Değişim Katsayıları (%)							
			1.	2.	6.	7.	10.	11.	15.	16.
DİKDÖRTGEN	9000	T	11	14	16	18	19	18	38	36
	3000		10	8	13	12	17	24	29	43
	9000	EDT	21	22	12	24	21	17	44	42
	3000		21	20	23	17	24	18	42	39
	9000	C80	75	95	22	54	72	18	56	48
	3000		12	12	12	7	10	6	15	11
	9000	TS	21	22	12	25	26	16	35	40
	3000		11	13	15	14	21	16	35	40
	9000	LEF	21	21	54	23	24	52	29	30
	3000		22	23	22	25	25	45	34	35

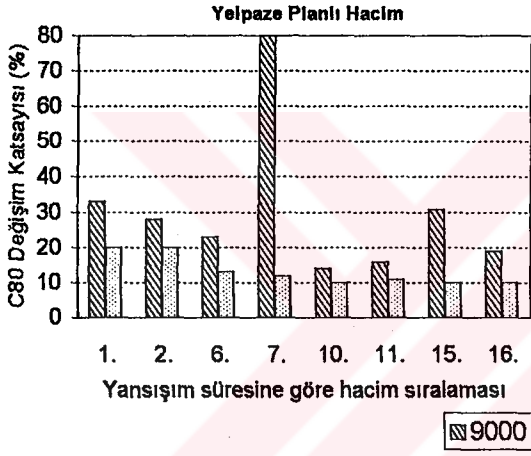
Tablo ve grafiklerde incelenen 16 hacim tipinin tümünün yer almasına gerek duyulmamış, en uzun (1. ve 2.) ve en kısa (15. ve 16.) yansıma süresi hacimleri ile, orta uzunlukta yansıma süresi olan dört hacim (6., 7., 10. ve 11.) verileri sunulmuştur. Çalışmada geometrik biçimlenişin, dağılım düzgünlüklerini etkileyecek bir faktör olmasını önlemek amacı ile yelpaze, kare ve dikdörtgen hacim için ayrı ayrı inceleme yapılarak daha sonra sonuçların karşılaştırılması uygun görülmüştür. Tablo 4.10, Tablo 4.11, Tablo 4.12'deki değişim katsayılarından (DK) yararlanılarak parametrelere göre oluşturulan grafikler, yelpaze hacimleri için Şekil 4.29-4.33'de, kare hacimleri için Şekil 4.34-4.38'de, dikdörtgen hacimleri için Şekil 4.39-4.43'dedir. Bu grafiklerde yer alan hacimlerin ilk dördü (1., 2., 6., 7.) yansıma süresi daha uzun gruptan, diğer dördü (10., 11., 15., 16.) yansıma süresi daha kısa olan gruptan alınmıştır. Yapılan irdeleme sonucunda genellikle ilk dört ya da beş hacim için uzun yansıma süreleri için, tüm parametre dağılımlarında ve tüm hacim geometrilerinde, 3000 m³'lük küçük hacimdeki dağılımların daha düzgün olduğu ortaya çıkmaktadır (Bkz. Tablo 4.13) Kısa yansıma süresi son dört ya da beş hacim için ise durum daha farklıdır. Yansıma süresi kısa olan hacimlerde 3000 m³'lük hacimlerin durumu 9000 m³'lük hacimlere göre daha kötüdür. Bu izlenimden yola çıkılarak Bölüm 4.1.2.1.1. ve 4.1.2.1.2'de ortaya çıkan kısa yansıma süresi hacimlerde elde edilen, sonuçların daha az tutarlı görüldüğü yolundaki kaygı burada da kendini göstermektedir.



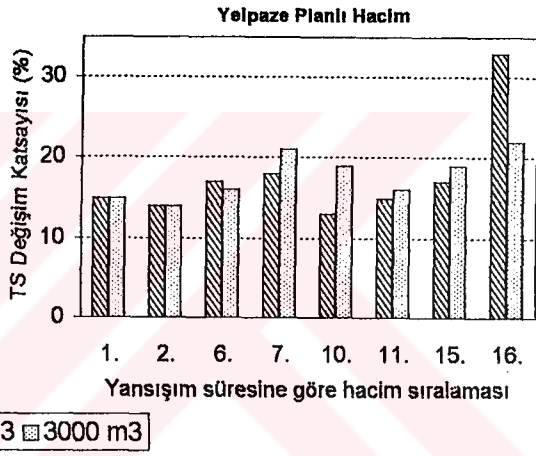
Şekil 4.29. Hacim büyüklüklerine göre T parametresinin DK'ları (yelpaze hacim için)



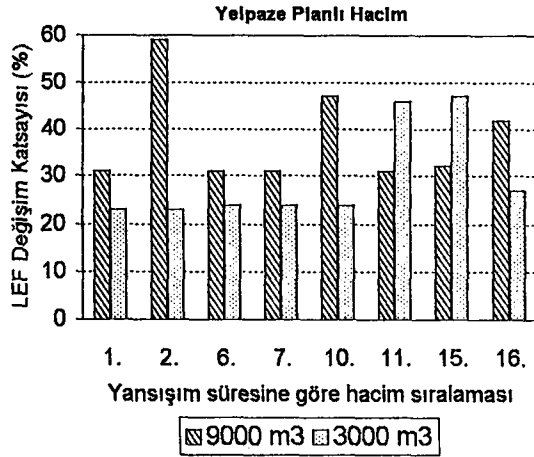
Şekil 4.30. Hacim büyüklüklerine göre EDT parametresinin DK'ları (yelpaze hacim için)



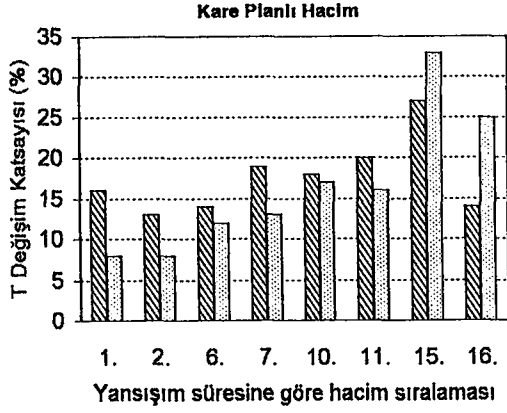
Şekil 4.31. Hacim büyüklüklerine göre C80 parametresinin DK'ları (yelpaze hacim için)



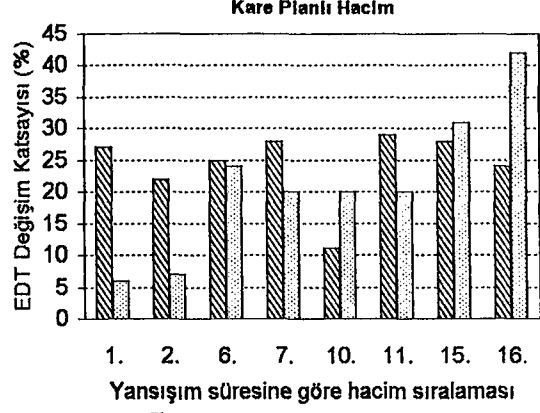
Şekil 4.32. Hacim büyüklüklerine göre TS parametresinin DK'ları (yelpaze hacim için)



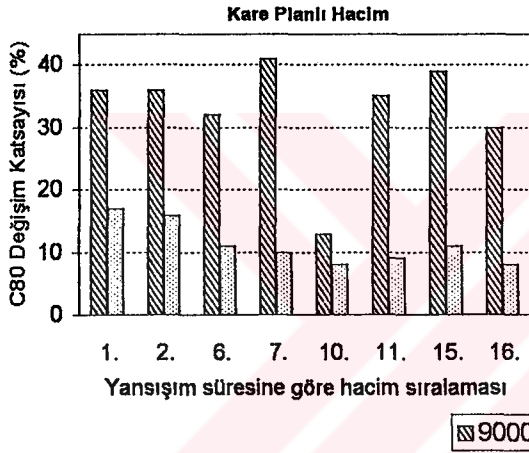
Şekil 4.33. Hacim büyüklüklerine göre LEF parametresinin DK'ları (yelpaze hacim için)



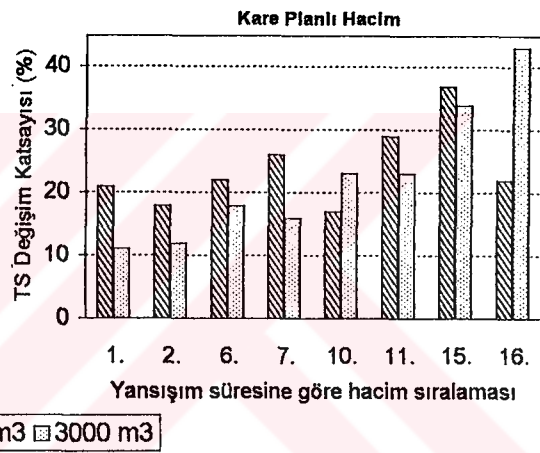
Şekil 4.34. Hacim büyüklüklerine göre T parametresinin DK'ları (kare hacim için)



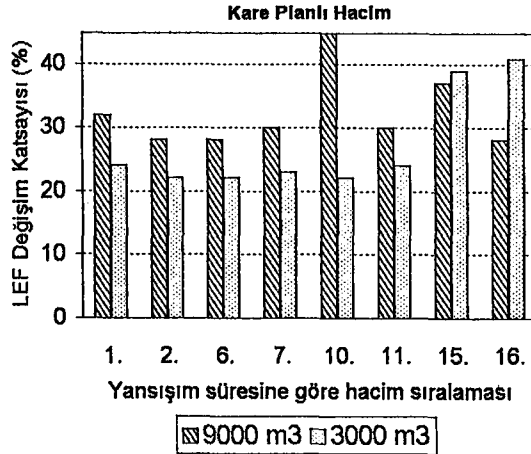
Şekil 4.35. Hacim büyüklüklerine göre EDT parametresinin DK'ları (kare hacim için)



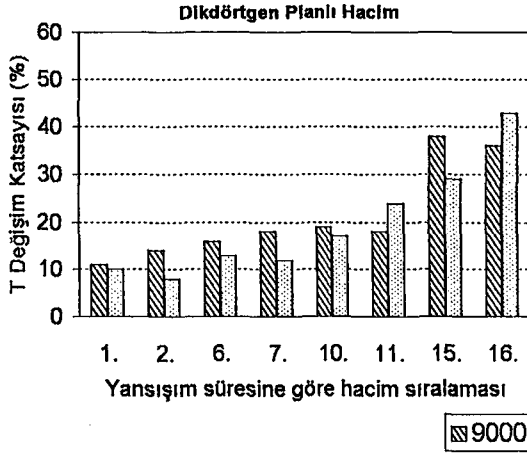
Şekil 4.36. Hacim büyüklüklerine göre C80 parametresinin DK'ları (kare hacim için)



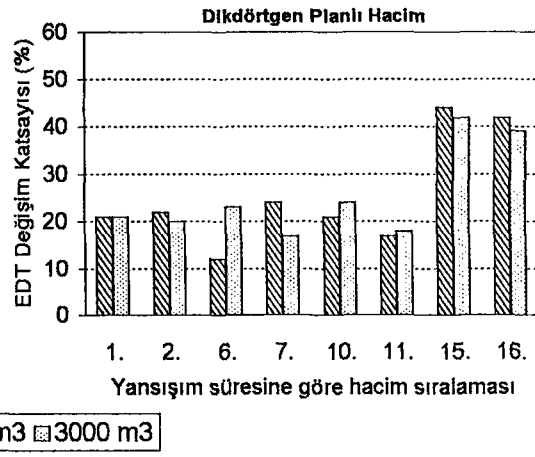
Şekil 4.37. Hacim büyüklüklerine göre TS parametresinin DK'ları (kare hacim için)



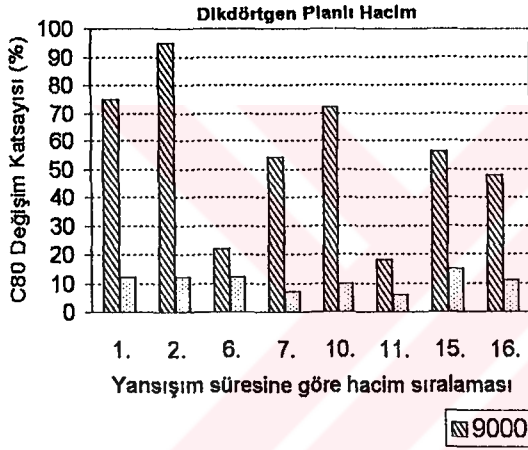
Şekil 4.38. Hacim büyüklüklerine göre LEF parametresinin DK'ları (kare hacim için)



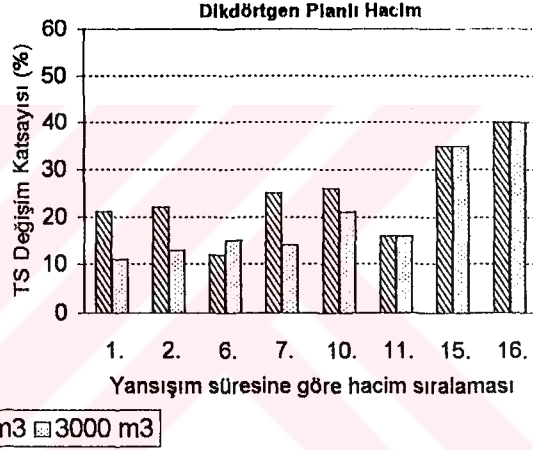
Şekil 4.39. Hacim büyüklüklerine göre T parametresinin DK'ları (dikdörtgen hacim için)



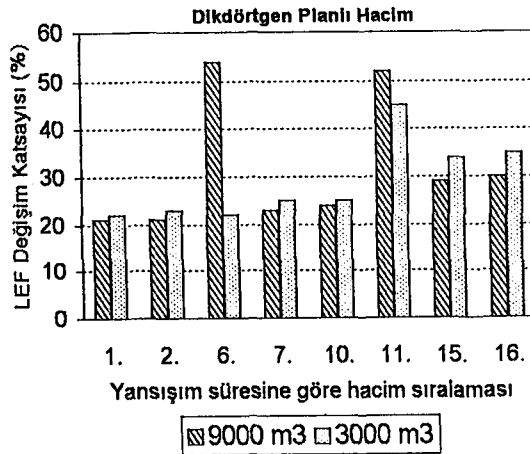
Şekil 4.40. Hacim büyüklüklerine göre EDT parametresinin DK'ları (dikdörtgen hacim için)



Şekil 4.41. Hacim büyüklüklerine göre C80 parametresinin DK'ları (dikdörtgen hacim için)



Şekil 4.42. Hacim büyüklüklerine göre TS parametresinin DK'ları (dikdörtgen hacim için)



Şekil 4.43. Hacim büyüklüklerine göre LEF parametresinin DK'ları (dikdörtgen hacim için)

4.1.2.1.3.1. Değerlendirme

Üç farklı geometrideki 9000 m³ ve 3000 m³'lük hacimlerde, büyüklüklerden, parametre dağılımlarının nasıl etkilendiklerini araştırmak için yapılan yukardaki incelemede, özellikle yansıma süresi daha uzun konumlar için söylenebilecek ortak bir sonuca değinilebilir. T, EDT, C80, TS ve LEF parametrelerinin hacim içindeki dağılımları, hacim büyüklüğünden olumsuz yönde etkilenmektedir. Tablo 4.13'den de görülebildiği gibi, her üç hacim geometrisinde, tüm parametre dağılımlarında 9000 m³'lük hacimlerin 3000 m³'lük hacimlere göre daha az düzgün dağıldığı söylenebilmektedir.

Tablo 4.13. Hacimlerdeki parametre dağılımlarının daha düzgün olduğunun saptandığı hacim büyüklükleri ve bunlarda yer alan hacim tipleri (Y; yelpaze, K;kare, D; dikdörtgen hacimler için olumlu anlamına gelmektedir.)

Hacim No	T		EDT			C80		TS			EDT	
	9000 m ³	3000 m ³	9000 m ³	3000 m ³		9000 m ³	3000 m ³	9000 m ³	3000 m ³		9000 m ³	3000 m ³
1		YKD		D	YK		YKD		Y	KD	D	YK
2		YKD			YKD		YKD		Y	KD	D	YK
6		YKD	D		YK		YKD	D		YK		YKD
7		YKD			YKD		YKD	Y		KD	D	YK
10		YKD	YKD				YKD	YK		D	D	YK
11	YD	K	D		YK		YKD	Y	D	K	Y	DK
15	YK	D	YK		D		YKD	Y	D	K	YKD	
16	KD	Y	K		YD		YKD	K	D	Y	KD	Y

4.1.2.2. Hacmin Yansıma Süresi İle Parametrelerin Dağılım Düzgünlüğü Arasındaki İlişkinin Saptanması

Bu çalışma, yansıma süresinin değişimine bağlı olarak, akustik parametrelerin dağılım eğilimlerinin hangi yönde olduğu konusunda genel bir fikir edinebilmek amacı ile gerçekleştirilmiştir.

4.1.2.2.1. Yansışım Süresi İle Parametrelerin Dağılımlarının Düzgünlüğü Arasındaki İlişkilerin Sayısal Olarak Ortaya Konulması

Bu bölümde, yansışım süresinin uzunluğundan parametrelerin hacim içindeki dağılımlarının etkilenip etkilenmediğinin araştırılması amaçlanmıştır. Yansışım süresinin uzunluğu ile tez içinde değerlendirme kapsamına alınan T, EDT, C80, TS ve LEF parametrelerinin hacim içindeki dağılım düzgünlüklerini ifade eden değişim katsayıları arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Bu ilişkilerin ortaya konmasında, değişim katsayısı gibi istatistiksel bir büyüklük olan Korelasyon Katsayısı'ndan^(*) yararlanılmıştır. İnceleme 9000 m³ ve 3000 m³'lük değişik iki büyüklük ile yelpaze, kare ve dikdörtgen olmak üzere üç hacim geometrisindeki toplam altı hacmin değişik yüzey yutuculuklarındaki 16 seçeneğinin hacimler için alınan ortalama yansışım süreleri ile parametrelerin değişim katsayıları arasındaki ilişkinin ortaya konması biçiminde gerçekleştirilmiştir.

Yansışım süresinin uzunluğu ile parametre değişim katsayıları arası korelasyon katsayıları, 500, 1000 Hz ve altı frekansın ortalaması üzerinden belirlenmiş, sonuçlar Tablo 4.14 , Tablo 4.15'de 9000 m³ ve 3000 m³'lük hacimler için yer almıştır.

Tablo 4.14. 9000 m³'lük hacimlerde yansışım süresinin uzunluğu ile parametrelerin değişim katsayıları arasındaki ilişkiler (korelasyon katsayıları)

YELPAZE 9000 m ³					
Frekans	T60	EDT	C80	TS	LEF
500 Hz	-0.89	-0.63	0.43	-0.70	-0.73
1000 Hz	-0.85	-0.48	0.34	-0.63	-0.22
ORT	-0.71	-0.59	0.44	-0.68	-0.23
KARE 9000 m ³					
Frekans	T60	EDT	C80	TS	LEF
500 Hz	-0.88	-0.63	0.33	-0.79	-0.38
1000 Hz	-0.63	-0.08	0.30	-0.56	-0.30
ORT	-0.66	-0.60	0.42	-0.76	-0.53
DİKDÖRTGEN 9000 m ³					
Frekans	T60	EDT	C80	TS	LEF
500 Hz	-0.89	-0.52	0.92	-0.61	-0.53
1000 Hz	-0.91	-0.44	0.88	-0.53	-0.67
ORT	-0.77	-0.15	0.83	-0.66	-0.53

(*) EK 1'de ayrıntılı olarak açıklandığı gibi "korelasyon katsayısı", iki dağılım arasındaki ilişkiyi belirlemek amacı ile kullanılmakta, +1 ile -1 arasında değerler almaktadır. Değerin 0 olması, iki değişken grubu arasında hiçbir ilişki bulunmadığını, işaretin (+) olması, değişken grupları arasındaki ilişkinin doğru orantılı olduğunu, (-) olması ise tersini göstermektedir.

Tablo 4.15. 3000 m³'lük hacimlerde yansıma süresinin uzunluğu ile parametrelerin değişim katsayıları arasındaki ilişkiler

YELPAZE 3000 m ³					
Frekans	T60	EDT	C80	TS	LEF
500 Hz	-0.89	-0.52	0.92	-0.61	-0.53
1000 Hz	-0.91	-0.44	0.88	-0.53	-0.67
ORT	-0.77	-0.15	0.83	-0.66	-0.53
KARE 3000 m ³					
Frekans	T60	EDT	C80	TS	LEF
500 Hz	-0.76	-0.89	0.82	-0.91	-0.69
1000 Hz	-0.84	-0.85	0.74	-0.92	-0.67
ORT	-0.82	-0.85	0.79	-0.93	-0.62
DİKDÖRTGEN 3000 m ³					
Frekans	T60	EDT	C80	TS	LEF
500 Hz	-0.86	-0.48	0.10	-0.86	-0.69
1000 Hz	-0.90	-0.38	0.21	-0.84	-0.63
ORT	-0.84	-0.62	0.07	-0.89	-0.68

Bu tablolarda T, EDT, TS ve LEF parametrelerinin değişim katsayıları ile yansıma süresi uzunluğu arasındaki ilişki sürekli olarak negatif çıkmaktadır. Yani hacim içindeki dağılımlar, yansıma süresinin uzamasından olumlu yönde etkilenmektedir. C80'in ise yansıma süresinden olumsuz yönde etkilendiği görülmektedir. Tablo 4.16'da, her bir hacim için elde edilen ortalama korelasyon katsayıları konusunda bir sıralama yapılmıştır.

Tablo 4.16. Parametrelere göre, yansıma süresi ile düzgün dağılım ilişkisi sıralaması

DAĞILIM İLİŞKİSİ SIRALAMASI						
HACİMLER	FREKANS (Hz)	T60	EDT	C80	TS	LEF
YELPAZE 9000 m ³	500	1	4	-	3	2
	1000	1	3	-	2	4
	ORT	1	3	-	2	4
KARE 9000 m ³	500	1	3	-	2	4
	1000	1	3	-	2	4
	ORT	2	3	-	1	4
DİKDÖRTGEN 9000 m ³	500	1	4	-	2	3
	1000	1	4	-	3	2
	ORT	1	4	-	2	3
YELPAZE 3000 m ³	500	1	4	-	2	3
	1000	1	4	-	3	2
	ORT	1	4	-	2	3
KARE 3000 m ³	500	3	2	-	1	4
	1000	3	2	-	1	4
	ORT	3	2	-	1	4
DİKDÖRTGEN 3000 m ³	500	1	3	-	2	4
	1000	1	4	-	2	3
	ORT	2	4	-	1	3

Yapılan bu sıralamada en büyük korelasyon değeri (1) en küçük korelasyon değeri (4) olacak biçimde, 1., 2., 3. ve 4. sırada ilişkili parametreler ortaya konmuştur. C80 parametresinde korelasyon değeri (-) işaretli olduğundan bu sıralamada bir yeri bulunmamaktadır.

Genel olarak bakıldığında, yansım süresinin uzunluğundan olumsuz yönde etkilenen değişim katsayıları yani olumlu yönde etkilenen dağılımlar içinde ilk sırayı yansım süresi dağılımı almaktadır. Bunu TS, EDT ve LEF dağılımlarının izlediği görülmektedir.

4.1.2.2.1.1. Değerlendirme

Yansım süresi ile parametrelerin hacimlerdeki dağılım düzgünlükleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacı ile yapılan incelemelerde Tablo 4.14 ve Tablo 4.15'den de görüldüğü gibi, değişik hacim büyüklüklerinde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Bu sonuçlar, 9000 m³ ve 3000 m³ büyüklüğündeki yelpaze, kare ve dikdörtgen planlı hacimlerin 16 farklı yüzey yutuculuğundaki seçeneklerinde yapılan incelemelerden ortaya konmuştur. Elde edilen bulgulara göre;

- Yansım süresi ile parametre dağılımları arasında bir ilişki vardır. (Bu ilişki korelasyon katsayılarının +1 ile -1'e yakınlığından görülmektedir)
- T ile parametre dağılımları arasındaki ilişki, parametrelere göre farklılık göstermektedir.
- T ile parametre dağılımları arasındaki ilişki doğru ya da ters orantılı olabilmektedir.

Bu sonuçlara göre, yansım süresinin uzunluğundan etkilenmede T, EDT, TS ve LEF parametre dağılımları benzer özellik gösterirken, C80 parametresi farklı eğilim göstermektedir. Şöyleki, yansım süresi ile,

- T, EDT, TS ve LEF parametrelerinin dağılımının düzgünlüğü doğru,
- C80 parametresi dağılımının düzgünlüğü ters

orantılıdır.

Ayrıca;

- hacmin yansım süresinden en çok etkilenen dağılımın 3000 m³'lük kare hacimler dışında yansım süresi (T) dağılımı olduğu,
- merkez zamanı (TS) parametresi dağılımının hacmin yansım süresinden 3000 m³'lük kare hacim dışında ikinci sırada etkilediği (3000 m³'lük kare hacim birinci sırada),

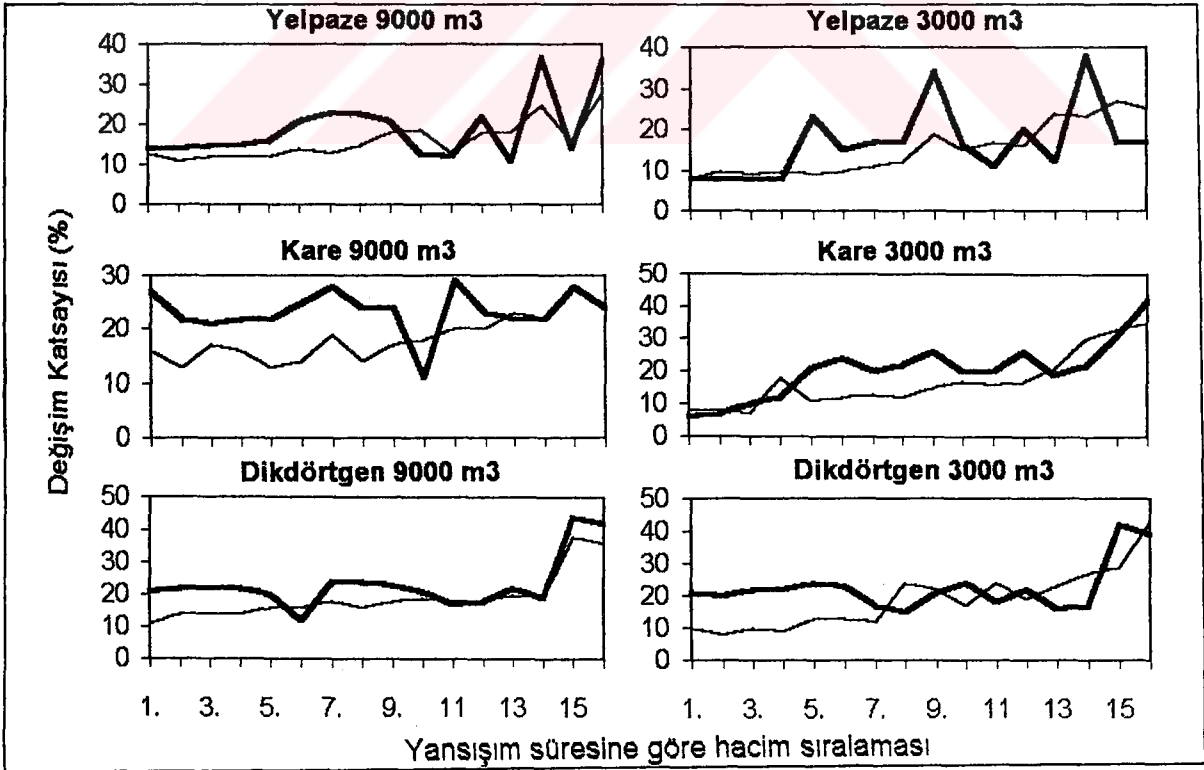
- EDT ve LEF parametrelerinin dağılımlarının da yansıma süresinden üçüncü ve dördüncü sırada etkilendikleri,

saptanmıştır.

4.1.2.3. Hacimdeki Dağılımların Genel Olarak Belirlenmesinde T ve EDT Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Ortaya Konması

Bir hacmin akustik değerlendirmesi açısından pek çok kolaylığı bulunması nedeni ile en çok kullanılan ve önem verilen parametrenin yansıma süresi olduğu bilinmektedir. Ancak, son dönemlerdeki çalışmalar, daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, öznel algılanabilirlik açısından EDT parametresinin daha doğru bir gösterge olduğu yolunda birleşmektedirler (Bkz. Bölüm 2.1.2.2).

Hacmin düzgün yayılmışlığı incelenirken, yansıma süresi parametresine bakıldığında daha iyi görünen düzgün dağılım, kulağın duyarlılığı açısından daha geçerli sonuç veren EDT dağılımına bakıldığında daha kötü olabilmektedir. Yansıma süresi ve erken düşme süresi değişim katsayıları frekanslar arasında belirgin farklılıklar göstermediğinden (Bkz. EK6) yalnızca 1000 Hz sonuçlarına yer verilmesi yeterli bulunmuştur. Şekil 4.44’de, değişik yansıma süreli hacimlerdeki T ve EDT parametrelerinin değişim katsayıları yani düzgün dağılımları arasındaki ilişki yer almaktadır.



Şekil 4.44. 9000 m³ ve 3000 m³’lük yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimlerde T ile EDT parametreleri arasındaki değişim katsayıları ilişkisi; (—, T; —, EDT)

Genellikle EDT değişim katsayılarının daha yüksek değerler aldıkları yani düzgün dağılımlarının daha kötü olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Yani yansışım süreleri düzgün dağılmış hacmin erken düşme süreleri kötü olabilir, ancak erken düşme süreleri düzgün hacmin yansışım süresi çoğunlukla daha düzgün dağılmıştır yargısına varılabilmektedir.

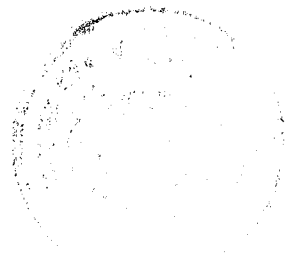
4.1.3. Hacim Yüzeylerinin, Parametrelerin Hacim İçindeki Dağılımlarına Etkilerinin Saptanması

Buraya kadar yapılan çalışmalarda, akustik koşulların hacim içindeki dağılımlarını etkileyen faktörlerden, parametreler, hacim geometrisi ve büyüklüğü üzerinde durulmuştur. Ulaşılan sonuçlar yüzey yutuculukları birbirinden oldukça farklı olan 16 hacim tipinden elde edilen bulguların bir sentezi biçiminde olup ve irdelemelerde ön planda tutulan, hacimlerin yüzey yutuculukları değil, ortalama yutuculuğa bağlı olarak oluşan yansışım süreleri idi.

Bu bölümde ise, yüzeylerin parametre dağılımlarını etkileyip etkilemediğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yüzeylerin dağılımları etkilediğı yolunda bulguların elde edilmesi durumunda, bu etkilemenin ne oranda gerçekleştiğinin saptanmasına çalışılmıştır. Ayrıca bu aşamada farklı özellik gösteren hacim yüzeylerinin, hangi parametreleri ne oranda etkilediğı belirlenmiştir.

Bu amaçlarla yapılan, hacim yüzeylerinin parametrelerin hacim içindeki dağılımlarına etkilerinin saptanması çalışmasında elde edilen sonuçların metin içinde ortaya konulması, uygulanan yöntemle ise EK 8’de yer verilmesi uygun bulunmuştur.

EK 8’de de ayrıntılı olarak yer alan yöntemin sonucunda elde edinilen bulgular, değişik hacim yüzeylerinin parametre dağılımlarını etkilediğini ortaya koymaktadır. Farklı büyüklük ve yüzey yutuculuklarındaki hacim çiftlerinin (Bkz. EK 8) parametre dağılımlarını etkileme sıralaması Tablo 4.17’de görölmektedir.



Tablo 4.17. Büyüklüklere ve yüzey yutuculuklarına göre hacim çiftlerinin parametre dağılımlarını etkileme sıralaması

para metre	hacim çifti	YELPAZE				KARE				DİKDÖRTGEN			
		9000 m ³		3000 m ³		9000 m ³		3000 m ³		9000 m ³		3000 m ³	
		çok yans	orta yans	çok yans	orta yans	çok yans	orta yans	çok yans	orta yans	çok yans	orta yans	çok yans	orta yans
EDT	(1)	2	3	1	1	1	1	1	1	4	4	3	1
	(2)	4	1	4	4	4	2	2	4	2-3	1	4	3
	(3)	1	2	2	2	2	4	3	2	1	2	1	2
	(4)	3	4	3	3	3	3	4	3	2-3	3	2	4
C80	(1)	3	4	4	1	2	2	1	1	2-3	4	2	1
	(2)	1	1	1	2	1	1	4	4	1	1	1	2
	(3)	4	3	2	4	4	4	3	3	4	3	3	3
	(4)	2	2	3	3	3	3	2	2	2-3	2	4	-
TS	(1)	1	2	1	2	1	1	2	2	3	3	2	1
	(2)	3	3	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4
	(3)	2	1	2	1	2	2	3	1	2	2	1	2
	(4)	4	4	3	3	3	3	1	3	4	4	3	3
LEF	(1)	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	3	1
	(2)	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2
	(3)	2	1	1	1	3	2	2	1	2	2	2	3
	(4)	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Bu tabloda, yüzey yutuculuklarının çok yansıtıcı ve orta yansıtıcı olarak alındığı durumlar ayrı ayrı incelenmiş, parametre dağılımlarının,

- Hacim çifti (1) durumunda dinleyici platformu tavanından,
- Hacim çifti (2) durumunda dinleyici platformu yan yüzeylerinden,
- Hacim çifti (3) durumunda sahne yüzeylerinden,
- Hacim çifti (4) durumunda ise dinleyici platformu arka duvarından

etkilenme sıralamaları 1'den 4'e kadar yer almıştır.

Bu çok genel sonuçlara göre bir ortalama alındığında parametrelere göre yüzeylerin önem sıralaması;

EDT parametresi için, dinleyici platform tavanı (1), sahne duvarları (2), dinleyici platformu arka duvarı (3), dinleyici platformu yan duvarları (4),

C80 parametresi için, dinleyici platformu yan duvarları (1), dinleyici platform tavanı (2), dinleyici platformu arka duvarı (3), sahne duvarları (4),

TS parametresi için, dinleyici platform tavanı (1), sahne duvarları (2), dinleyici platformu arka duvarı (3), dinleyici platformu yan duvarları (4),

LEF parametresi için, dinleyici platformu yan duvarları (1), sahne duvarları (2), dinleyici platform tavanı (3), dinleyici platformu arka duvarı (4),

4.1.3.1. Değerlendirme

Hacim yüzeylerinin parametrelerin hacim içindeki dağılımlarına etkisi, parametreden parametreye ayırım göstermektedir. EDT ve TS parametresi dağılımında en etkili yüzey dinleyici platformu tavanı iken, C80 parametresi için dinleyici platformu yan duvarlarıdır. LEF parametresi için yanal enerjiler büyük önem taşıdığından, bu parametre dağılımı açısından en etkili yüzeyin yan duvarlar olarak bulunması bir sürpriz olmamıştır. Genel olarak, LEF dışındaki parametreler için yan duvarların en az etkili olduğu söylenebilmektedir. Ancak, bir hacim akustiği tasarımında, tüm yüzeylerin değişik parametreler açısından etkili olduğunu ve yüzeyler arasında yapılmaya çalışılabilecek bir önem sıralamasının çok da iyi bir çözüm olamayacağı söylenebilir.

4.1.4. Akustik Koşulların Mekanda Dağılımlarının Genel Değerlendirmesi

Saptanan üç hacim büyüklüğü ve üç farklı geometrik biçimdeki altı hacim tipi üzerinde gerçekleştirilen akustik koşulların mekanda dağılımları, dinleyici platformu üzerinde alınan örnek dinleyici noktalarında incelenmiştir. İnceleme sonuçları hem biçimsel hem de belli sayısal değerler olarak dağılım durumlarını değişik açılardan ortaya koymaktadır.

Akustik koşulların mekanda dağılımlarına genel olarak bakıldığında:

Akustik parametrelerin hacim içindeki dağılımlarının saptanması sonucu,

- Parametrelerin herbirinin hacimler içinde kendilerine özgü dağılım biçimleri olduğu saptanmıştır (Bkz. Şekil 4.1-Şekil 4.6).
- Parametrelerin kendilerine özgü dağılım biçimlerinin hacim geometrisinden etkilenmeleri, hacim büyüklüğüne göre değişim göstermektedir. Tez kapsamında incelenen 9000 m³'lük büyük hacimlerde parametre dağılımları hacim geometrisinden etkilenmezken, 3000 m³'lük küçük hacimlerde yansıma süresi ve netlik parametrelerinin dağılımları büyüklükten etkilenmekte, erken düşme zamanı ve yanal enerji oranı parametreleri konusunda ise kesin bir belirleme yapılamamaktadır (Bkz. Şekil 4.7-4.11).
- Parametrelerin kendilerine özgü dağılım biçimlerinin hacim büyüklüğünden genel olarak etkilendiği görülmektedir (Bkz. Şekil 4.12-4.16).

Akustik parametrelerin hacim içindeki dağılımlarının sayısal olarak saptanması sonucunda

- Dinleyici platformu üzerinde en düzgün dağılan parametrenin, yani ortalama değerden sapmaların en az olduğu parametrenin yansıma süresi en az düzgün dağılan parametrenin ise yanal enerji oranı parametresi olduğu saptanmıştır. Diğer üç parametre bunların arasında değişik sıralarda yer almaktadır. (Bkz. Bölüm 4.1.2.1.1).
- Geometrinin parametrelerin dağılımlarına etkileri, yansıma süresinin uzun ve kısa olması açısından belli farklılıklar göstermekle birlikte, parametre dağılımlarının en düzgün olduğu geometrik biçimin yelpaze plan olduğu sonucuna varılmıştır (Bkz. Bölüm 4.1.2.1.2).
- Parametrelerin hacim içindeki dağılımları hacim büyüklüğünden olumsuz yönde etkilenmektedir. Parametre dağılımları, küçük hacimlerde daha düzgün bulunmuştur (Bkz. Bölüm 4.1.2.1.3).
- Yansıma süresi ile netlik parametresinin düzgünlüğü arasındaki ilişki ters orantılıdır. Yansıma süresi ile erken düşme süresi, merkez zamanı ve yanal enerji oranı parametresinin dağılım düzgünlükleri arasındaki ise doğru orantılıdır. Yansıma süresi ile bu üç parametre dağılımları arasındaki ilişki erken düşme süresinden yanal enerji oranına doğru giderek azalmaktadır (Bölüm 4.1.2.2).
- Bir hacmin yansıma sürelerinin dağılım düzgünlüğü, çoğunlukla erken düşme sürelerinin dağılımına göre daha kötü olmaktadır Bkz. Bölüm 4.1.2.3). EDT parametresi ise özellikle son yıllarda insan kulağının özelliği ve fon gürültüsü gibi bir takım etkenler nedeni ile sesin düşme bölümünün tanımlanabilmesi açısından yansıma süresine göre daha tercih edilir bir parametredir. Ortaya çıkan bu durum incelemelerde EDT parametresinin daha öncelikli tutulmasının yararlı olacağını göstermektedir.

Hacim yüzeylerinin parametrelerin hacim içindeki dağılım düzgünlüklerine belli oranda bir etkisi olduğu saptanmıştır. Erken düşme süresi ve merkez zamanı parametresi dağılımında en etkili yüzey dinleyici platformu yan duvarları, yanal enerji oranı parametresi için yan duvarlardır (Bkz. Bölüm 4.1.3).

4.2. AKUSTİK KOŞULLARIN ZAMANDA DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Akustik dağılım konusunda Bölüm 4.1’de ayrıntılı olarak incelenen mekanda dağılım sonuçları, hacim içinde bölgeden bölgeye akustik değişimleri göstermektedir. Çalışmanın bu bölümünde ise sesin doğma, gelişme ve sönme süreci içindeki akustik oluşumlar irdelenecek, böylelikle akustik koşulların zaman içindeki dağılımları ortaya konacaktır.

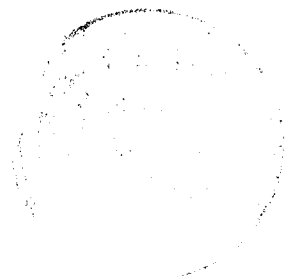
Bu bölümün amacı, akustik koşulların zaman içindeki dağılımlarının uygunluğu konusunda bir belirleme yapmak değil, zamansal dağılım koşullarının hacim içindeki değişimlerini ortaya koymaktır. Bu amaçla, incelenen hacimler üzerinde parametreler arası ilişkiler konusunda edinilen bulgular da sunulacaktır.

Sesin doğma, gelişme ve sönme süreci içinde, akustik koşulları belirlemeye yönelik tüm parametreler Bölüm 2.1’de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Bu parametreler içinden seçilen ve tezde araştırma kapsamına alınan ilgili parametreler üzerinde zamansal dağılım konusunda irdelemeler yapılmıştır.

Bölüm 2.1’de de değinildiği gibi uygun akustik parametre değerleri, ya yansışım süresine ya da birbirlerine göre belirlenmektedir. Bu mantıktan yola çıkılarak zamansal dağılım konusundaki irdelemelerde parametreler arası ilişkilerin incelenmesi önemli görülmektedir.

Akustik koşulların zamanda dağılımlarının değerlendirilmesinde, iki farklı inceleme yapılacaktır;

- Bunlardan ilki olan, bir hacmin akustik değerlendirmesinde, sözü geçen parametrelerin her bir hacim genelinde alınan ortalama değerleri üzerinden yapılacak irdeleme, hacimde zamansal dağılımın parametreler arası durumu konusunda genel bir fikir verebilecektir.
- İkincisinde ise, hacimde örnek konum olarak belirlenen ve sayıları Tablo 4.1’de sunulan tüm noktalar için, parametre dağılımları arasındaki ilişkiler ayrı ayrı incelenecektir. Bu inceleme sonuçlarının, hem hacmin genel parametre değerleri için yapılan ilk çalışma ile ilişkisinin ortaya konması, hem de dinleyici platformu üzerinde zamansal dağılım farklılıklarının belirlenebilmesi açısından yararlı olacağı düşünülmüştür.



4.2.1. Hacimlerin Ortalama Parametre Değerleri Arasındaki İlişkiler

Değişik hacim büyüklükleri ve geometrilerdeki altı hacmin yüzey yutuculuklarının değişimi ile oluşturulan 16 seçenekle ilgili (Bkz. Bölüm 3.2.1.3) T, EDT, C80, TS ve LEF ortalama parametre değerleri, 500 Hz, 1000 Hz ve frekanslara göre ortalama göre belirlenmiştir (Bkz. Tablo E.5.1-Tablo E.5.6).

Parametre değerleri arası ilişkilerin toplam 96 hacim için hesaplanan değerleri ise EK 7'deki tablolarda yer almaktadır. Bu tabloların herbirinde sözü geçen 16 hacim varyasyonu, yansım süresi uzunluğuna göre sıralanmaktadır. Bu tablolardan yararlanarak tüm ortalama parametre değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiş ve korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Bkz. Tablo E.7.1-Tablo E.7.6). Korelasyon katsayılarının hacimlerin değişik yutuculuklardaki varyasyonları arasında belirgin ayrımlar göstermemesi nedeni ile, her bir geometri ve büyüklükteki hacim için ortalama değerler olarak altı seçenek alınmıştır.

Parametreler arası ilişkileri ortaya koymaya yönelik bu ortalama korelasyon katsayıları Tablo 4.18(a), Tablo 4.19(a) ve Tablo 4.20(a)'de 500 Hz, 1000 Hz ve frekanslara göre ortalama olmak üzere üç dağılım için yer almaktadır. Bu tablolar incelendiğinde oldukça belirgin sonuçların ortaya çıktığı görülmektedir. Örneğin parametreler arasındaki ilişkilerden bir bölümünün oldukça güçlü olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca, 9000 m³ ve 3000 m³'lük yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimlerdeki sonuçların birbirlerine oldukça benzer olması, sonucun tutarlı olduğunun ortaya konulabilmesi açısından önemli görülmektedir.

Parametreler arasındaki 500 Hz, 1000 Hz ve frekanslara göre ortalama korelasyon katsayılarının yer aldığı Tablo 4.18(a), Tablo 4.19(a) ve Tablo 4.20(a)'deki değerlerin daha sade ve anlaşılabilir olabilmesi açısından, Tablo 4.18(b), Tablo 4.19(b) ve Tablo 4.20(b) oluşturulmuştur.

Tablolarda pozitif ve negatif korelasyon katsayıları sırasıyla içi dolu ve içi boş yuvarlak şekillerle sembolize edilmişlerdir. Yuvarlak sembol sayısının artması, ilişkinin pozitif ya da negatif yönde arttığı anlamına gelmektedir. Her bir sembol grubunun içerdiği korelasyon katsayıları aralıkları Tablo 4.21'de görülmektedir.

Tablo 4.18(a). Hacim genelinde zamansal dağılım ilişkilerini ortaya koyan 500 Hz için parametre değerleri arası korelasyon katsayıları

500 Hz'de korelasyon katsayıları										
HACİM	T ve EDT	T ve C80	T ve TS	T ve LEF	EDT ve C80	EDT ve TS	EDT ve LEF	C80 ve TS	C80 ve LEF	TS ve LEF
Y-9	0.96	-0.88	0.94	0.44	-0.96	0.99	0.50	-0.95	-0.37	0.51
K-9	0.86	-0.43	0.94	0.43	-0.93	0.97	0.68	-0.57	-0.49	0.62
D-9	0.83	-0.84	0.88	0.17	-0.82	0.99	0.65	-0.87	-0.33	0.58
Y-3	0.94	-0.94	0.95	0.80	-0.93	0.99	0.79	-0.96	-0.83	0.82
K-3	0.96	-0.94	0.98	0.67	-0.93	0.99	0.63	-0.95	-0.68	0.64
D-3	0.94	-0.92	0.96	0.65	-0.93	0.98	0.60	-0.96	-0.61	0.58

Tablo 4.18(b). Hacim genelinde 500 Hz için parametreler arası ilişkiler (Sembol anlamları için Tablo 4.21'e bakınız)

500 Hz'de parametreler arası ilişkiler										
HACİM	T ve EDT	T ve C80	T ve TS	T ve LEF	EDT ve C80	EDT ve TS	EDT ve LEF	C80 ve TS	C80 ve LEF	TS ve LEF
Y-9		000000	.....	...	000000	.....	...	000000	00	...
K-9		000	.....	...	000000	.....	.....	000	000	.....
D-9		000000	.....	.	000000	.....	.....	000000	00	...
Y-3		000000	.....	.....	000000	.....	.....	000000	000000	.....
K-3		000000	.....	.....	000000	.....	.....	000000	0000	.....
D-3		000000	.....	.....	000000	.....	.....	000000	0000	...

Tablo 4.19(a). Hacim genelinde zamansal dağılım ilişkilerini ortaya koyan 1000 Hz için parametre değerleri arası korelasyon katsayıları

1000 Hz'de korelasyon katsayıları										
HACİM	T ve EDT	T ve C80	T ve TS	T ve LEF	EDT ve C80	EDT ve TS	EDT ve LEF	C80 ve TS	C80 ve LEF	TS ve LEF
Y-9	0.95	-0.91	0.94	0.43	-0.95	0.99	0.50	-0.93	-0.36	0.51
K-9	0.84	-0.92	0.92	0.36	-0.95	0.97	0.70	-0.99	-0.59	0.61
D-9	0.71	-0.84	0.80	0.31	-0.80	0.98	0.69	-0.87	-0.31	0.58
Y-3	0.94	-0.94	0.93	0.78	-0.92	0.99	0.76	-0.95	-0.77	0.75
K-3	0.94	-0.94	0.97	0.64	-0.92	0.99	0.61	-0.95	-0.67	0.63
D-3	0.93	-0.87	0.95	0.61	-0.82	0.98	0.59	-0.87	-0.62	0.56

Tablo 4.19(b). Hacim genelinde 1000 Hz için ortalama parametreler arası ilişkiler (Sembol anlamları için Tablo 4.21'e bakınız)

1000 Hz'de parametreler arası ilişkiler										
HACİM	T ve EDT	T ve C80	T ve TS	T ve LEF	EDT ve C80	EDT ve TS	EDT ve LEF	C80 ve TS	C80 ve LEF	TS ve LEF
Y-9		00000	.....	...	00000	.....	...	00000	00	...
K-9		00000	.....	..	00000	.....	....	00000	000	.....
D-9		00000	....	..	0000	.....	....	00000	00	...
Y-3		00000	.....	....	00000	.....	....	00000	0000	.....
K-3		00000	.....	....	00000	.....	....	00000	0000	.....
D-3		00000	.....	....	00000	.....	...	00000	0000	...

Tablo 4.20(a). Hacim genelinde zamansal dağılım ilişkilerini ortalama olarak ortaya koyan ortalama parametre değerleri arası korelasyon katsayıları

ORTALAMA'da korelasyon katsayıları										
HACİM	T ve EDT	T ve C80	T ve TS	T ve LEF	EDT ve C80	EDT ve TS	EDT ve LEF	C80 ve TS	C80 ve LEF	TS ve LEF
Y-9	0.96	-0.88	0.95	0.50	-0.96	1.00	0.53	-0.95	-0.40	0.53
K-9	0.89	-0.93	0.95	0.45	-0.95	0.98	0.69	-0.98	-0.58	0.62
D-9	0.85	-0.86	0.88	0.27	-0.84	0.99	0.70	-0.88	-0.39	0.64
Y-3	0.95	-0.93	0.95	0.80	-0.92	0.99	0.78	-0.96	-0.80	0.81
K-3	0.96	-0.94	0.98	0.68	-0.93	0.99	0.63	-0.95	-0.69	0.65
D-3	0.95	-0.92	0.97	0.52	-0.93	0.99	0.47	-0.96	-0.47	0.45

Tablo 4.20(b). Hacim genelinde parametre ortalamalarına göre ortalama parametreler arası ilişkiler (Sembol anlamları için Tablo 4.21'e bakınız)

ORTALAMA'da parametreler arası ilişkiler										
HACİM	T ve EDT	T ve C80	T ve TS	T ve LEF	EDT ve C80	EDT ve TS	EDT ve LEF	C80 ve TS	C80 ve LEF	TS ve LEF
Y-9		00000	.....	...	00000	.....	...	00000	00	...
K-9		00000	.....	...	00000	.....	....	00000	000	.....
D-9		00000	.....	..	00000	.....	....	00000	00	.....
Y-3		00000	.....	....	00000	.....	....	00000	0000	.....
K-3		00000	.....	....	00000	.....	....	00000	0000	.....
D-3		00000	.....	...	00000	.....	...	00000	000	...

Tablo 18(b), Tablo 19(b) ve Tablo 20(b)'de, ilgili üç frekans için parametreler arası korelasyon katsayılarına göre elde edilen sonuçlar;

- Yansıma süresi (T) ve Erken düşme süresi (EDT),
- Yansıma süresi (T) ve Merkez zamanı (TS),
- Erken düşme süresi (EDT) ve Merkez zamanı (TS)

parametreleri arasındaki ilişkilerin güçlü ve pozitif yönlü,

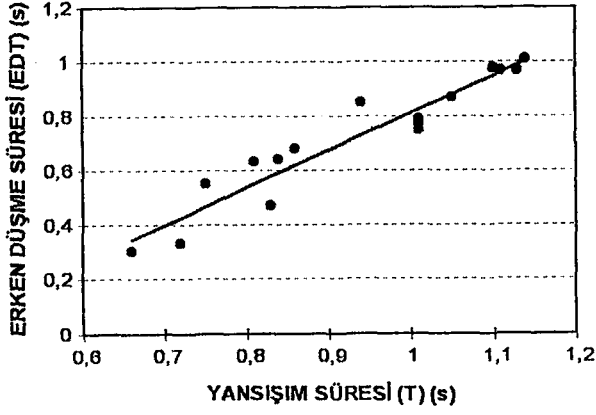
- Yansıma süresi (T) ve Netlik (C80),
- Erken düşme süresi (EDT) ve Netlik (C80),
- Netlik (C80) ve Merkez zamanı (TS)

parametreleri arasındaki ilişkilerin ise güçlü ve negatif yönlü olduğunu göstermektedir.

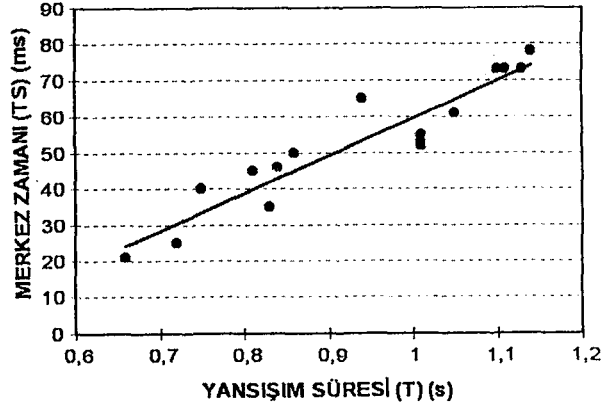
Tablo 4.21. Sembollerin içerdikleri korelasyon katsayıları aralıkları

SEMBOL	KORELASYON KATSAYISI ARALIĞI
.....	0.81 - 1.00
....	0.61 - 0.80
...	0.41 - 0.60
..	0.21 - 0.40
• ya da o	0.00 - 0.20
oo	(-0.21) - (-0.40)
ooo	(-0.41) - (-0.60)
oooo	(-0.61) - (-0.80)
ooooo	(-0.81) - (-1.00)

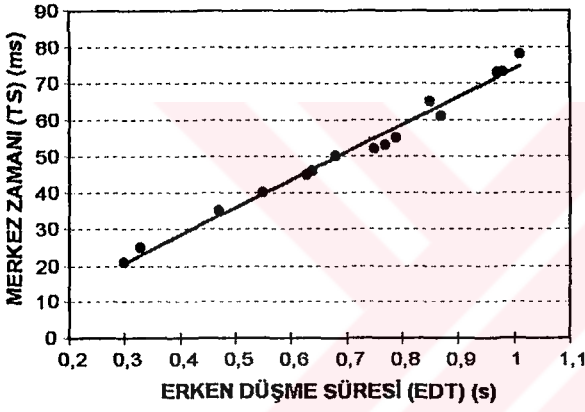
Bu çalışma sonucu, parametreler arasında ortaya konan güçlü pozitif ve negatif ilişkiler, Şekil 4.45(a, b, c, d, e, f)'deki grafiklerde, her bir parametre çifti için görülmektedir. Aynı grafiklerde, bu değerlerden hesaplanan regresyon eğrileri de yer almaktadır. Parametreler arası ilişkilerin, Tablo 4.18(a-b), Tablo 4.19(a-b) ve Tablo 4.20(a-b)'den de görüldüğü gibi benzer olması nedeni ile grafiklerin örnek olarak 9000 m³'lük yelpaze hacmin 16 değişik yutuculuk seçeneği için 1000 Hz'de sunulması uygun bulunmuştur.



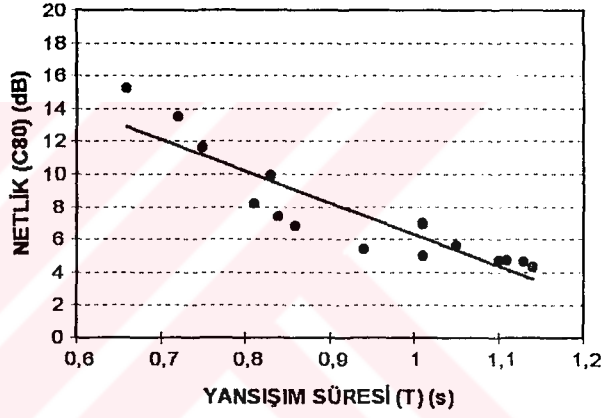
Şekil 4.45(a). Yansısim Süresi-Erken Düşme Süresi ilişkisi (1000 Hz)



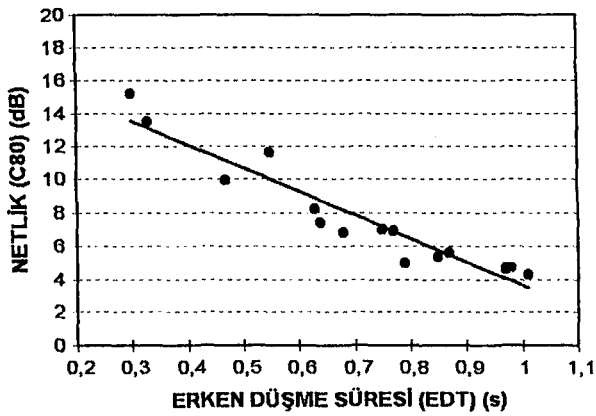
Şekil 4.45(b). Yansısim Süresi-Merkez Zamanı ilişkisi (1000 Hz)



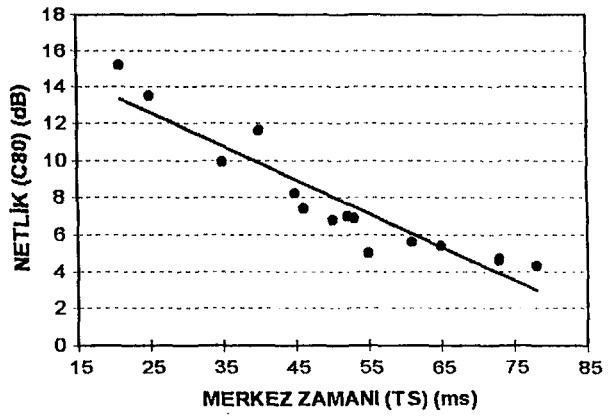
Şekil 4.45(c). Erken Düşme Süresi-Merkez Zamanı ilişkisi (1000 Hz)



Şekil 4.45(d). Yansısim Süresi-Netlik ilişkisi (1000 Hz)



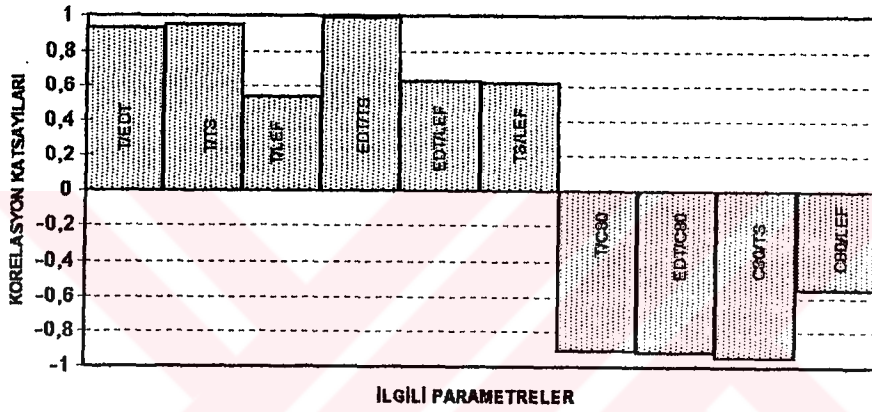
Şekil 4.45(e). Erken Düşme Süresi-Netlik ilişkisi (1000 Hz)



Şekil 4.45(f). Merkez Zamanı-Netlik ilişkisi (1000 Hz)

4.2.1.1. Değerlendirme

Bölüm 4.2.1’de yapılan çalışmaya göre, hacmin genelinde alınan ortalama parametre değerleri arasında güçlü ilişkiler ortaya çıkmaktadır. Bu genel eğilimin tüm değişik yansışım sürelerinde, geometrilerde ve yutuculuklarda gerçekleştiği söylenebilmektedir. Elde edilen genel sonuçlar, tüm parametreler arası ilişkiler açısından çubuk grafiklerle Şekil 4.46’da sunulmaktadır. Grafikte, 500, 1000 Hz ve frekanslara göre ortalama dağılımların benzerliği nedeni ile 1000 Hz’deki ilişkilerin sunulması yeterli görülmüştür. Grafiklerdeki korelasyon katsayıları Tablo 4.23(a)’daki değişik geometri ve yutuculuktaki değerlerin ortalamaları alınarak elde edilmiştir.



Şekil 4.46. Hacim genelinde alınan ortalama parametre değerleri arasında 1000 Hz’deki ilişkiler (korelasyon katsayıları)

Değişik geometri ve büyüklüklerdeki hacimlerin farklı onaltı yutuculuk seçeneğindeki parametre ilişkilerinin gösterildiği Şekil 4.45(a-f) sonuçları da Şekil 4.46 sonuçları ile benzerdir.

4.2.2. Hacimler İçinde Belirlenen Örnek Konum Noktalarındaki Parametre Değerleri Arasındaki İlişkiler

Bölüm 4.2.1’de akustik koşulların zamanda dağılımları, bir başka deyişle akustik parametrelerin birbirleri ile ilişkileri konusuna, hacim genelinde açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte, tez çalışmasının başından beri süregelen, dinleyici platformu üzerinde yer alan noktadaki özelliklerin kendi aralarında gösterdikleri uyum ve dağılım düzgünlüğü konusundaki kaygılar nedeni ile akustik koşulların zamanda dağılımlarının, örnek konumlar üzerindeki durumları ve dolayısıyla düzgünlüklerinin irdelenmesinde yarar olduğu düşünülmüştür.

Bu amaçla, zamansal dağılımın hacim içinde belirlenen örnek konumlarda gösterdiği değişimlerin iki biçimde değerlendirilmesi ve araştırılmasında yarar görülmektedir. Bu değerlendirme ve araştırma, hacimlerdeki örnek konum noktalarında;

- Ayrı ayrı inceleme yapılması,
- Bu noktalardaki parametre ilişkilerinin hacmin genelinde değerlendirilmesi,

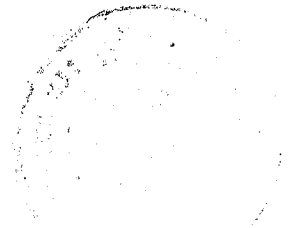
olarak izleyen bölümlerde yer almaktadır.

4.2.2.1. Hacimlerdeki Örnek Konum Noktalarında Ayrı Ayrı İnceleme Yapılması

İnceleme kapsamında yer alan farklı büyüklük ve geometrilerdeki toplam altı salonun, değişik yutuculuk özelliklerindeki 16'şar seçeneğinde olmak üzere değerlendirmeye alınan toplam 96 salonda, 3000 m³'lük hacimlerde yaklaşık 60, 9000 m³'lük hacimlerde ise yaklaşık 330'ar adet olan örnek konum noktalarının tümünde, parametreler arası ilişkiler incelenmiştir. Böylelikle her bir hacmin farklı noktalarında zamansal dağılımların ne ölçüde değişim gösterdiği ortaya konmuştur.

Elde edilen değişim sonuçlarının tüm hacimler için benzerlik göstermesinden ötürü, değerlendirme kapsamında yer alan hacimler için elde edilen sonuçların herbirine ayrı ayrı yer verilmesine gerek duyulmamıştır. Bu nedenle 96 hacim içinden, yansıma süresi diğer hacimlere göre daha uzun, geometrik biçimi yelpaze ve büyüklüğü 9000 m³ olan, yüzey yutuculuk özelliklerine göre U2 adını alan hacimdeki örnek konumlara göre parametre değerleri arasındaki ilişkilerin bir örnek oluşturabilmesi açısından sunulması uygun bulunmuştur.

500 Hz, 1000 Hz ve frekanslara göre ortalama parametre değerleri Tablo 4.22'de yer almaktadır. Tablo 4.22'deki örnek dinleyici noktaları ile ilgili kodlamalar, Şekil 4.47'de sözkonusu hacim krokisi üzerinde gösterilmektedir.



Tablo 4.22. 9000 m³'lük yelpaze hacmin yutuculuk özellikleri açısından U2 seçeneğinde, örnek konum (ÖK) noktalarındaki 500 Hz, 1000 Hz ve ortalama için parametre değerleri (Bu tabloda hacmin simetrik bulunan örnek konum noktaları yer almaktadır).

ÖK Kod No	PARAMETRE DEĞERLERİ														
	T			EDT			C80			TS			LEF		
	(s)			(s)			(dB)			(ms)					
	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT
D1	1.12	1.28	1.22	1.10	0.85	1.06	4.2	5.0	4.4	82	71	76	0.205	0.250	0.229
E1	1.35	1.09	1.27	0.90	0.82	0.94	5.1	5.5	5.1	66	61	64	0.219	0.220	0.212
F1	1.38	1.43	1.30	0.83	0.75	0.84	6.0	6.4	6.1	56	52	54	0.170	0.169	0.163
G1	1.29	1.30	1.30	0.71	0.66	0.71	6.9	7.3	7.2	46	43	44	0.124	0.124	0.117
H1	1.36	1.29	1.33	0.64	0.61	0.62	8.1	8.4	8.3	35	33	33	0.072	0.072	0.069
I1	1.47	1.35	1.45	0.57	0.49	0.52	9.1	9.5	9.4	28	26	27	0.043	0.043	0.039
D2	1.05	1.19	1.22	1.00	0.86	1.11	4.4	5.2	4.8	77	69	70	0.329	0.360	0.311
E2	1.09	1.21	1.23	1.03	0.93	1.02	4.2	4.8	4.5	75	70	70	0.295	0.292	0.241
F2	1.23	1.20	1.24	1.01	0.85	0.97	4.7	5.2	5.1	71	65	65	0.231	0.223	0.180
G2	1.11	1.19	1.26	0.86	0.80	0.85	5.3	6.1	5.9	64	57	57	0.184	0.170	0.149
H2	1.20	1.09	1.29	0.83	0.74	0.80	5.7	6.8	6.7	57	48	49	0.124	0.108	0.101
I2	1.43	1.14	1.26	0.78	0.69	0.75	6.2	7.5	7.0	51	41	44	0.086	0.071	0.068
D3	1.37	1.31	1.34	1.01	0.91	0.99	4.5	5.0	4.6	83	78	78	0.305	0.310	0.296
E3	1.50	1.28	1.29	0.99	0.94	1.00	4.4	4.8	4.5	78	74	74	0.254	0.260	0.256
F3	1.20	1.19	1.17	0.99	0.87	0.97	4.4	5.0	4.5	74	69	71	0.226	0.261	0.224
G3	1.40	1.35	1.28	0.97	0.89	0.94	4.1	4.7	4.2	73	69	69	0.124	0.126	0.118
H3	1.39	1.00	1.21	0.90	0.83	0.89	5.0	5.5	5.1	67	64	64	0.157	0.164	0.137
I3	1.13	1.10	1.20	0.91	0.82	0.89	4.9	5.3	5.1	66	62	63	0.123	0.130	0.110
C4	1.44	1.49	1.34	0.82	0.80	0.82	4.3	4.7	4.7	108	105	98	0.215	0.222	0.210
D4	1.17	1.27	1.19	0.99	0.91	0.98	4.5	4.9	4.6	85	79	81	0.282	0.284	0.286
E4	1.27	1.24	1.31	1.05	0.95	1.03	4.4	4.9	4.4	79	75	77	0.266	0.268	0.264
F4	1.23	1.01	1.19	1.00	0.92	0.99	4.1	4.7	4.0	77	73	75	0.228	0.230	0.220
G4	1.05	1.35	1.20	0.94	0.90	0.93	4.1	4.8	4.1	75	71	72	0.203	0.207	0.205
H4	1.27	1.19	1.26	0.94	0.87	0.95	4.4	5.1	4.5	73	69	71	0.178	0.202	0.161
I4	1.24	1.28	1.24	0.95	0.88	0.97	4.8	5.5	4.8	73	68	70	0.141	0.166	0.130
C5	1.12	1.10	1.23	0.94	0.87	0.94	3.9	4.6	4.3	97	90	88	0.210	0.229	0.204
D5	1.51	1.30	1.34	1.21	0.95	1.13	3.9	4.7	4.0	91	81	86	0.317	0.316	0.300
E5	1.42	1.42	1.33	1.13	0.99	1.09	3.9	4.5	4.0	84	77	80	0.289	0.285	0.274
F5	1.19	1.32	1.27	1.14	1.02	1.09	3.7	4.4	3.8	84	77	80	0.254	0.248	0.243

Tablo 4.22.devamı

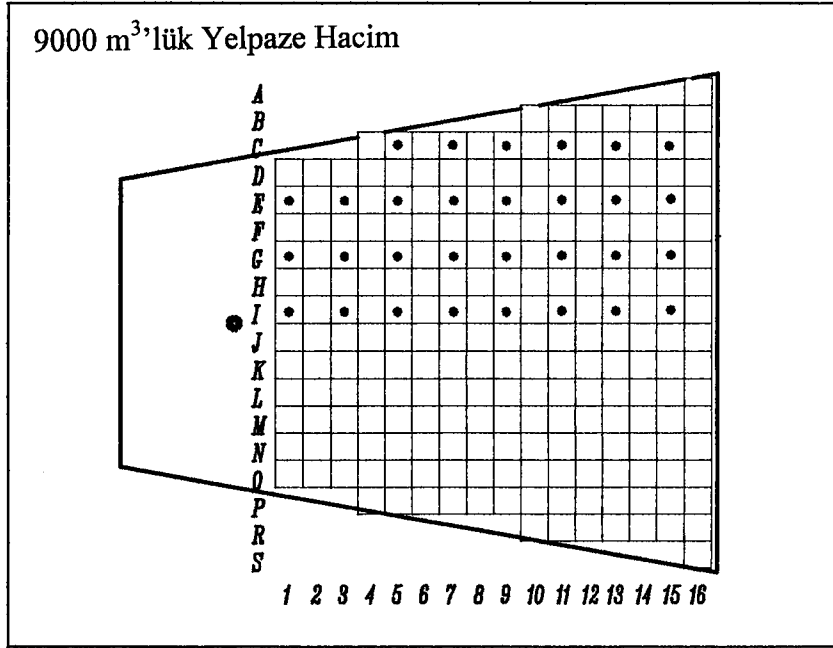
ÖK Kod	PARAMETRE DEĞERLERİ														
	T			EDT			C80			TS			LEF		
	(s)			(s)			(dB)			(ms)					
	No	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT
G5	1.45	1.24	1.28	1.13	1.03	1.07	3.6	4.5	3.8	82	76	78	0.221	0.221	0.210
H5	1.37	1.06	1.30	1.19	1.08	1.13	3.7	4.7	3.8	82	75	78	0.188	0.188	0.173
I5	1.20	0.99	1.22	1.24	1.12	1.17	3.2	4.0	3.5	84	77	79	0.120	0.121	0.116
C6	1.10	1.29	1.18	0.97	0.88	0.97	4.6	5.2	4.8	84	79	80	0.322	0.330	0.321
D6	1.19	1.32	1.24	1.18	1.00	1.12	3.9	4.4	3.9	86	80	82	0.287	0.292	0.284
E6	1.34	1.22	1.36	1.19	1.05	1.14	3.4	3.9	3.4	87	81	84	0.250	0.252	0.246
F6	1.14	1.15	1.19	1.22	1.15	1.19	3.3	4.0	3.2	87	80	84	0.232	0.240	0.227
G6	1.30	1.29	1.29	1.22	1.18	1.19	3.2	4.0	3.3	86	81	83	0.212	0.217	0.207
H6	1.42	1.08	1.27	1.25	1.21	1.23	2.9	3.8	3.0	88	82	85	0.171	0.189	0.169
I6	1.41	1.21	1.25	1.23	1.21	1.22	3.3	3.9	3.3	88	82	85	0.171	0.173	0.165
C7	1.30	1.14	1.22	1.09	0.92	1.04	5.1	5.7	5.1	74	69	72	0.297	0.305	0.296
D7	1.28	1.01	1.18	1.17	1.09	1.14	4.2	4.6	4.1	82	76	80	0.264	0.269	0.263
E7	1.39	1.15	1.32	1.17	1.14	1.16	3.6	4.5	3.6	85	79	83	0.233	0.234	0.228
F7	1.26	1.03	1.17	1.22	1.19	1.20	2.7	3.2	2.8	89	84	86	0.201	0.200	0.196
G7	1.25	1.26	1.19	1.21	1.17	1.19	3.0	3.6	3.0	88	83	86	0.190	0.190	0.183
H7	1.22	1.27	1.19	1.19	1.17	1.18	2.7	3.3	2.7	90	85	88	0.172	0.174	0.168
I7	1.09	0.97	1.17	1.21	1.19	1.20	3.3	3.7	3.3	89	85	87	0.174	0.171	0.174
C8	1.29	1.08	1.22	1.10	1.08	1.09	4.5	5.4	4.5	77	70	76	0.275	0.285	0.275
D8	1.26	1.23	1.20	1.16	1.13	1.14	3.5	4.0	3.5	83	77	81	0.253	0.259	0.248
E8	1.11	1.34	1.26	1.18	1.13	1.15	2.7	3.5	3.0	88	81	84	0.211	0.216	0.215
F8	1.07	1.03	1.15	1.17	1.14	1.17	3.0	3.4	2.9	87	83	85	0.197	0.196	0.192
G8	1.05	1.18	1.17	1.24	1.16	1.22	2.5	3.1	2.6	91	85	88	0.174	0.177	0.170
H8	1.27	1.10	1.22	1.19	1.16	1.18	2.5	3.0	2.5	91	86	88	0.163	0.165	0.161
I8	1.12	1.04	1.13	1.18	1.16	1.16	2.8	3.3	2.8	92	87	90	0.164	0.162	0.163
C9	1.33	1.15	1.20	1.08	1.07	1.08	3.6	4.1	3.7	78	73	76	0.251	0.264	0.251
D9	1.29	1.02	1.16	1.12	1.10	1.11	3.6	4.1	3.5	81	77	79	0.221	0.229	0.221
E9	1.15	1.02	1.20	1.13	1.10	1.11	3.1	3.4	3.1	85	81	82	0.196	0.196	0.202
F9	1.23	1.08	1.14	1.16	1.14	1.14	3.1	3.4	3.1	86	83	83	0.191	0.188	0.193
G9	1.07	0.99	1.15	1.17	1.14	1.16	2.6	3.0	2.6	89	85	87	0.159	0.162	0.159
H9	1.20	1.03	1.14	1.18	1.14	1.16	2.7	3.1	2.7	90	86	88	0.149	0.152	0.151
I9	1.16	1.24	1.17	1.23	1.15	1.21	2.7	3.2	2.7	94	88	92	0.146	0.148	0.145

Tablo 4.22.devamı

ÖK Kod	PARAMETRE DEĞERLERİ														
	T			EDT			C80			TS			LEF		
	(s)			(s)			(dB)			(ms)					
No	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT
B10	1.02	1.09	1.19	0.88	0.86	0.87	6.0	6.4	5.9	73	71	71	0.206	0.200	0.215
C10	1.32	0.94	1.16	1.04	1.03	1.03	3.4	3.8	3.4	83	78	79	0.231	0.235	0.230
D10	1.06	1.34	1.20	1.10	1.09	1.09	3.5	3.9	3.5	82	79	80	0.215	0.221	0.212
E10	1.24	0.92	1.14	1.13	1.11	1.10	2.9	3.3	2.9	85	82	83	0.188	0.193	0.187
F10	1.19	1.02	1.21	1.09	1.08	1.07	2.9	3.1	2.9	86	83	83	0.181	0.176	0.184
G10	1.30	1.21	1.28	1.13	1.11	1.09	2.6	2.9	2.5	88	85	86	0.154	0.153	0.155
H10	1.26	1.15	1.16	1.15	1.12	1.14	2.9	3.2	2.8	91	87	88	0.143	0.144	0.142
I10	1.20	1.17	1.19	1.22	1.13	1.20	2.6	3.1	2.6	97	89	94	0.138	0.140	0.137
B11	1.27	0.96	1.22	0.92	0.92	0.90	3.7	3.8	4.0	103	103	92	0.186	0.179	0.197
C11	1.20	1.10	1.21	1.06	1.07	1.04	3.3	3.6	3.4	85	84	81	0.211	0.218	0.222
D11	1.18	0.99	1.19	1.14	1.12	1.10	3.2	3.5	3.2	84	82	81	0.202	0.202	0.197
E11	1.39	0.92	1.12	1.11	1.09	1.09	3.1	3.4	3.1	85	82	83	0.180	0.181	0.176
F11	1.19	1.35	1.22	1.09	1.07	1.07	3.0	3.3	3.0	88	84	85	0.164	0.163	0.164
G11	1.24	0.92	1.14	1.11	1.09	1.10	2.8	3.0	2.7	88	85	86	0.148	0.144	0.153
H11	1.01	1.13	1.15	1.14	1.11	1.13	3.0	3.3	2.9	89	86	87	0.136	0.136	0.137
I11	1.07	1.04	1.13	1.16	1.12	1.15	2.9	3.3	2.9	91	87	88	0.130	0.132	0.130
B12	1.37	0.96	1.20	0.96	0.97	0.95	4.0	4.1	4.1	82	82	79	0.183	0.177	0.182
C12	1.13	1.08	1.17	1.12	1.12	1.06	3.1	3.2	3.1	85	84	82	0.196	0.191	0.195
D12	1.14	0.98	1.16	1.14	1.13	1.08	3.0	3.4	2.9	84	82	82	0.177	0.187	0.180
E12	1.05	0.95	1.11	1.12	1.10	1.10	2.9	3.3	2.8	85	82	83	0.166	0.166	0.163
F12	0.96	1.08	1.15	1.13	1.08	1.10	2.6	3.1	2.6	88	83	85	0.147	0.151	0.148
G12	1.02	1.04	1.10	1.08	1.06	1.07	2.9	3.1	2.8	87	84	85	0.140	0.135	0.143
H12	1.29	1.11	1.17	1.11	1.09	1.10	3.0	3.3	2.9	87	84	85	0.133	0.130	0.135
I12	1.07	1.17	1.13	1.12	1.10	1.11	3.0	3.3	2.9	88	85	86	0.127	0.125	0.129
B13	1.20	1.27	1.14	0.92	0.92	0.92	4.7	4.9	4.6	74	73	73	0.196	0.192	0.196
C13	1.15	1.17	1.68	1.13	1.13	1.08	3.3	3.7	3.3	81	80	80	0.197	0.203	0.201
D13	1.08	1.19	1.18	1.13	1.13	1.08	2.9	3.2	2.8	83	81	81	0.158	0.154	0.162
E13	1.23	1.26	1.23	1.14	1.13	1.10	2.9	3.2	2.7	84	81	82	0.154	0.160	0.158
F13	1.03	0.96	1.06	1.14	1.13	1.11	2.5	2.7	2.5	86	83	84	0.146	0.143	0.148
G13	1.19	1.19	1.23	1.09	1.07	1.07	2.9	3.1	2.8	86	83	84	0.136	0.131	0.140
H13	1.04	1.07	1.15	1.06	1.04	1.06	2.8	3.2	2.7	87	83	85	0.124	0.121	0.127

Tablo 4.22.devamı

ÖK Kod No	PARAMETRE DEĞERLERİ														
	T			EDT			C80			TS			LEF		
	(s)			(s)			(dB)			(ms)					
	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT
I13	1.18	1.07	1.16	1.09	1.07	1.07	2.9	3.3	2.8	86	83	84	0.121	0.119	0.125
B14	1.27	0.85	1.10	1.05	0.99	0.96	3.6	3.9	3.7	80	78	76	0.184	0.178	0.191
C14	1.21	0.85	1.11	1.13	1.13	1.10	2.9	3.3	2.9	85	82	81	0.203	0.205	0.200
D14	1.35	1.03	1.15	1.12	1.11	1.09	2.5	2.8	2.5	87	85	84	0.163	0.169	0.170
E14	0.97	1.03	1.09	1.11	1.10	1.10	2.3	2.4	2.3	88	86	85	0.156	0.151	0.160
F14	0.93	0.92	1.06	1.10	1.10	1.08	2.2	2.1	2.3	90	88	87	0.167	0.154	0.171
G14	1.03	1.23	1.19	1.10	1.09	1.07	2.4	2.5	2.3	92	88	87	0.144	0.138	0.145
H14	1.21	1.02	1.20	1.10	1.05	1.05	2.5	2.7	2.4	91	87	87	0.130	0.124	0.129
I14	1.27	0.99	1.17	1.04	1.03	1.02	2.6	2.8	2.5	89	86	86	0.126	0.121	0.126
B15	1.22	1.01	1.17	0.89	0.85	0.88	4.3	4.7	4.2	75	74	73	0.232	0.227	0.232
C15	1.01	1.30	1.09	1.05	1.05	1.02	3.3	3.5	3.2	80	79	78	0.206	0.201	0.204
D15	1.10	1.09	1.15	1.05	1.04	1.04	2.6	2.7	2.5	83	82	81	0.186	0.179	0.184
E15	0.96	0.92	1.03	1.01	1.01	1.01	2.1	2.0	2.3	86	85	83	0.169	0.155	0.177
F15	0.96	0.97	1.10	1.04	1.04	1.03	1.8	2.0	2.0	90	86	87	0.157	0.147	0.166
G15	1.08	1.15	1.17	1.06	1.05	1.01	2.4	2.5	2.5	91	88	87	0.145	0.139	0.153
H15	1.07	1.16	1.24	0.99	0.98	0.97	2.7	2.9	2.7	89	85	85	0.126	0.120	0.130
I15	1.40	1.18	1.20	0.97	0.96	0.95	3.2	3.3	3.1	84	81	81	0.121	0.114	0.123
A16	1.19	1.22	1.12	0.84	0.76	0.84	6.5	7.2	6.4	64	61	63	0.230	0.227	0.235
B16	1.21	1.48	1.14	0.84	0.82	0.85	5.4	5.6	5.3	71	70	69	0.227	0.219	0.232
C16	1.06	1.28	1.13	0.89	0.92	0.89	4.9	4.9	4.8	71	72	69	0.222	0.205	0.230
D16	1.33	0.92	1.06	0.98	0.96	0.98	3.6	3.7	3.6	78	77	77	0.189	0.182	0.192
E16	1.12	1.27	1.11	0.97	0.97	0.97	1.5	1.7	1.6	86	83	85	0.180	0.175	0.184
F16	1.14	0.86	1.14	0.98	0.98	0.98	1.7	1.8	1.9	90	86	87	0.162	0.149	0.169
G16	1.02	1.09	1.12	0.94	0.93	0.87	0.0	0.2	0.5	104	100	96	0.146	0.132	0.158
H16	1.09	1.21	1.18	0.87	0.84	0.87	2.4	2.6	2.4	98	94	91	0.122	0.114	0.128
I16	1.41	1.01	1.19	0.91	0.86	0.89	3.8	4.1	4.0	80	76	77	0.110	0.106	0.116

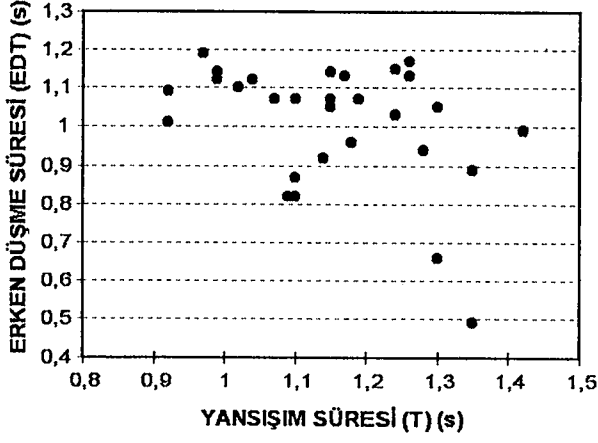


Şekil 4.47. 9000 m³'lük yelpaze hacimde incelemeye alınan örnek konum noktaları

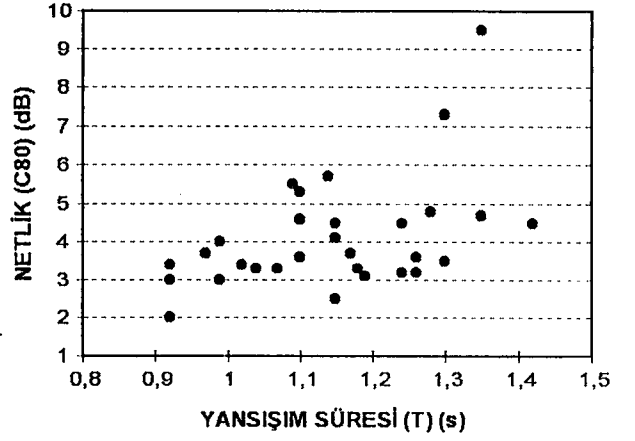
1000 Hz'de Şekil 4.47 üzerinde işaretli olan seyreltilmiş örnek konum noktalarındaki parametre değerleri alınarak oluşturulan Şekil 4.48(a, b, c, d, e, f, g, h, i, j)'de parametreler arası ilişkilerin noktadan noktaya gösterdikleri değişim ortaya konmaktadır. Örnek konum noktaları hacmin simetrik olduğu bir bölümden alınmış ve Şekil 4.47'deki grafiklerin anlaşılabilir olması açısından tüm örnek konum noktaları alınmamış aralarında bir seyreltme yapılmıştır.

Tablo 4.22'de, değişik örnek konum noktalarındaki parametre değerlerine bakıldığında, aralarındaki ilişkilerin çoğunlukla gelişigüzel bir değişkenlik gösterdiği görülmektedir.

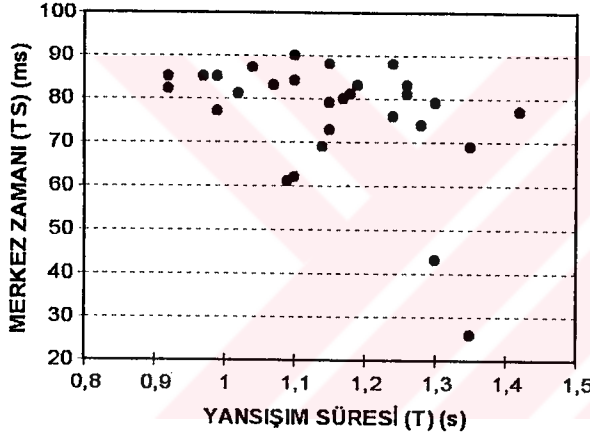
Sonuç olarak, sesin doğma, gelişme ve sönme evrelerinin, hacmin dinleyici platformu üzerinde oldukça değişkenlik gösterdiği söylenebilir. Bu da hacimlerde değerlendirme kapsamına alınan örnek konum noktalarında, zamansal bir düzgünlük bulunmadığını ortaya koymaktadır. Tablo 4.22'de sunulan bu parametre değerleri ve aralarında görülen ilişki, tüm tez çalışması içinde sonuçlara varılmasını sağlayan toplam 96 hacim içinden yalnızca bir örneği oluşturmaktadır.



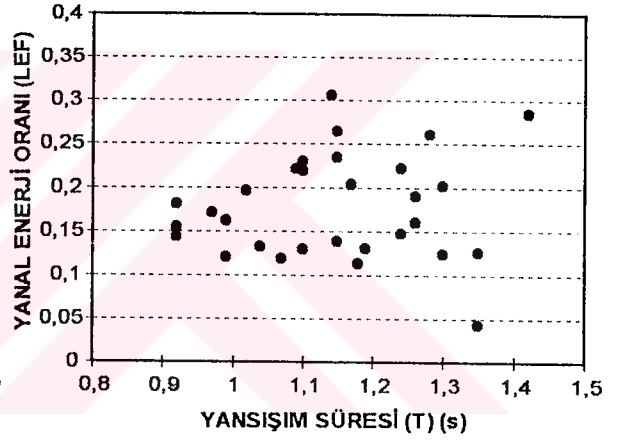
Şekil 4.48(a). Yansıma Süresi-
Erken Düşme Süresi ilişkisi (1000 Hz)



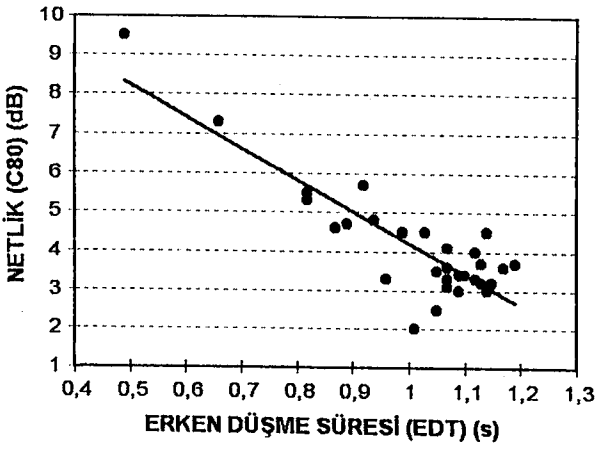
Şekil 4.48(b). Yansıma Süresi-
Netlik ilişkisi (1000 Hz)



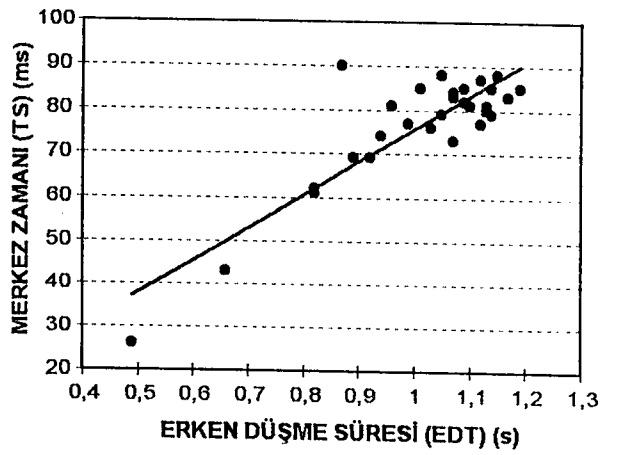
Şekil 4.48(c). Yansıma Süresi -
Merkez Zamanı ilişkisi (1000 Hz)



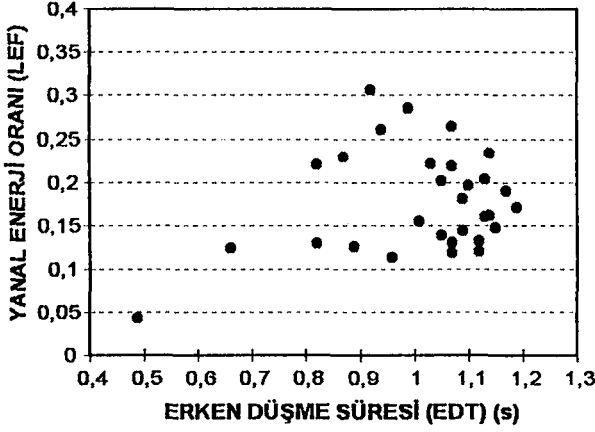
Şekil 4.48(d). Yansıma Süresi-
Yanal Enerji Oranı ilişkisi (1000 Hz)



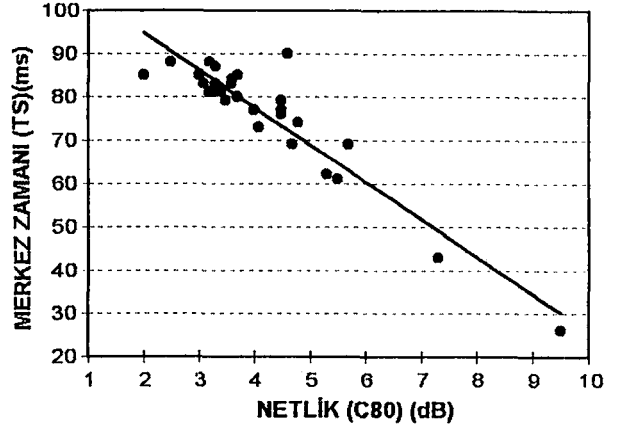
Şekil 4.48(e). Erken Düşme Süresi-
Netlik ilişkisi (1000 Hz)



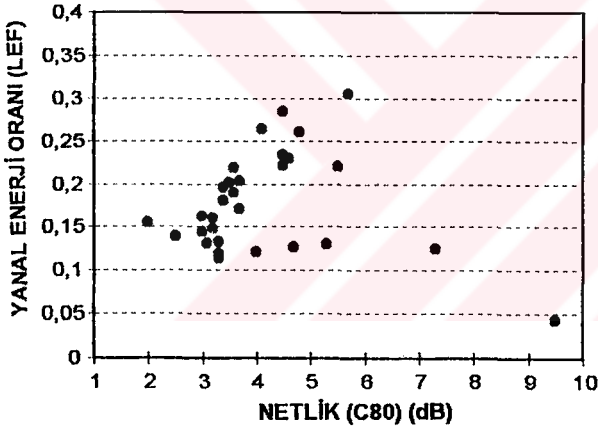
Şekil 4.48(f). Erken Düşme Süresi-
Merkez Zamanı ilişkisi (1000 Hz)



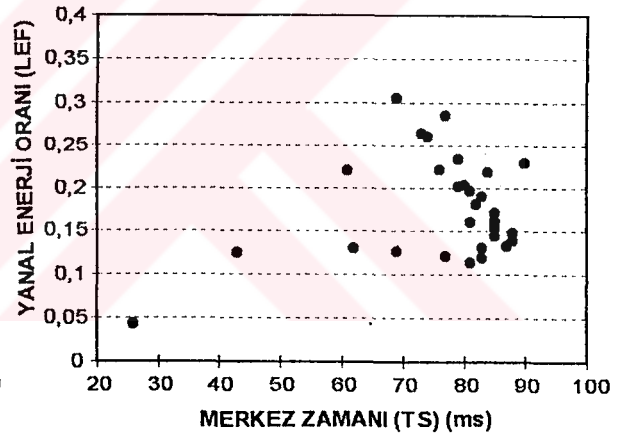
Şekil 4.48(g). Erken Düşme Süresi-Yanal Enerji Oranı ilişkisi (1000Hz)



Şekil 4.48(h). Netlik-Merkez Zamanı ilişkisi (1000 Hz)



Şekil 4.48(ı). Netlik-Yanal Enerji Oranı ilişkisi (1000 Hz)



Şekil 4.48(j).Merkez Zamanı-Yanal Enerji Oranı ilişkisi(1000 Hz))

Şekil 4.48'deki grafiklerde göze çarpan ilginç bir nokta da örnek konum noktalarına teker teker bakıldığında ya da tüm noktaların ortalamaları alındığında aralarında belirgin bir ilişki bulunmayan bazı parametreler arası ilişkilere rastlanmasıdır. Bu da, örnek konum noktalarının bir ortalamasının alınması durumunda, alınacak nokta sayısının bile sonucu etkileyeceğini göstermektedir. Bu durum tutarlı sonuçlar elde edilemeyeceği bir kez daha ortaya koymaktadır.

İzleyen bölümde ise, sonuçların daha sadeleştirilerek, dinleyici platformu üzerindeki noktalardaki parametre ilişkilerinin hacmin genelinde bir ortalamasının alınması yoluna gidilecektir.

4.2.2.2. Hacimlerdeki Örnek Konum Noktalarındaki Parametre İlişkilerinin Hacmin Genelinde Değerlendirilmesi

Bölüm 4.2.2.1’de, örnek konum noktalarındaki parametreler arası ilişkiler, her bir nokta için ayrı ayrı sunulmakta iken bu bölümde, değişik konumlardaki parametrelerin hacim genelinde alınan ortalamaları ile elde edilen korelasyon katsayıları, değişik geometri, büyüklük ve yutuculuktaki hacimler için EK 7’deki tablolarda ayrıntılı olarak sunulmaktadır. Bu tabloların tümü incelendiğinde, parametreler arası ilişkilerin benzer oldukları görülmektedir. EK 7’de yer alan tablolardan, 9000 m³’lük yelpaze hacimlerin 1000 Hz frekanstaki ortalama parametreler arası ilişkilerini veren korelasyon katsayılarının Tablo 4.23 olarak bu bölümde de yer alması, daha kolay anlaşılabilirlik açısından yararlı görülmüştür.

Tablo 4.23. 9000 m³’lük yelpaze hacimde 16 değişik yutuculuk için, 1000 Hz’deki parametreler arası korelasyon katsayıları

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U2	-0.31	0.01	-0.26	0.25	-0.29	0.71	0.04	-0.26	-0.32	0.06
U4	-0.44	0.13	-0.34	-0.07	-0.26	0.76	0.07	-0.28	-0.15	0.09
U8	-0.38	-0.02	-0.31	0.13	-0.26	0.79	0.02	-0.25	-0.32	0.01
U6	-0.25	0.02	-0.25	0.13	-0.27	0.77	0.02	-0.23	-0.30	-0.01
O6	-0.39	-0.08	-0.44	0.15	-0.21	0.81	-0.12	-0.21	-0.28	-0.10
O2	-0.43	-0.03	-0.50	0.09	-0.16	0.86	-0.09	-0.18	-0.32	-0.03
O4	-0.53	-0.03	-0.50	0.00	0.06	0.83	-0.09	0.06	-0.01	-0.02
O8	-0.44	-0.04	-0.50	0.14	-0.14	0.86	-0.12	-0.16	-0.31	-0.05
U1	-0.49	-0.14	-0.53	0.37	-0.04	0.77	-0.22	0.07	-0.28	-0.28
U3	-0.02	0.06	-0.09	0.04	-0.19	0.55	0.05	-0.17	0.08	-0.21
U7	-0.34	0.02	-0.35	0.43	-0.34	0.71	0.01	-0.28	-0.24	-0.13
O1	-0.47	-0.15	-0.54	0.18	-0.01	0.87	-0.24	0.06	-0.29	-0.21
O3	-0.09	-0.14	0.00	-0.14	-0.16	0.75	-0.11	-0.16	0.04	-0.29
U5	-0.62	0.06	-0.68	-0.31	0.04	0.86	0.39	-0.02	-0.18	0.45
O7	-0.17	-0.04	-0.32	-0.27	0.21	0.82	-0.12	0.21	-0.03	-0.07
O5	-0.66	0.02	-0.58	-0.36	-0.08	0.72	0.28	-0.04	-0.19	0.42

Tablo 4.24.

Parametre ilişkilerinin hacmin genelinde değerlendirilmesi
Herbir hacim büyüklük ve geometrisinin 16 değişik yutuculuk seçeneği ortalamasına göre korelasyon katsayısı uç değerleri
(Sembol anlamları için Tablo 4.21'e bakınız)

PARAMETRELER ARASI KORELASYON KATSAYILARI SINIR DEĞERLERİ											
	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF	
YEL 9	•	•	•	•••	••	••••	••	•	•	•••	
	0000	0	0000	00	00	•••(*)	000	00	00	00	
KARE 9	•	•	•	•	•	••••	••••	•	•	••••	
	0000	0	0000	000	00	•••(*)	0	00	00	0	
DKG 9	•	•	•	••	•	••••	•••	••	•	•••	
	0000	0	00000	000	000	••••(*)	00	000	00	00	
YEL 3	•••••	••	••	•••	••	••••	•••	••	•••	•••	
	00	0	00	0	00000	0	00000	00000	0	0000	
KARE 3	•	•••	•	•	••••	••••	••••	•	•	••••	
	000	0	000	000	0000	•••(*)	00	00000	000	000	

(*) İşaretleli noktalarda, EDT /TS parametreleri arasındaki ilişki 16 hacim seçeneğinin hiçbirinde negatif (-) işaret almamaktadır. Aldığı en düşük pozitif (+) değerler ise sembollerle belirtildiği gibidir.

Sonuçlar irdelenerek, yutuculuk açısından farklı özellikler gösteren 16 hacim seçeneğindeki korelasyon katsayıları karşılaştırıldığında, aynı parametreler arası katsayıların;

- birbirlerine göre çok değişken oldukları ve
- negatif ve pozitif işaretli katsayıların bir arada bulunabildiği

görülmektedir.

Ayrıca, çoğu parametreler arası ilişkinin oldukça az olduğu, bununla birlikte bazı ilişkilerin orta ve yüksek değerlerde olabildiği saptanmıştır.

Bölüm 4.2.1'deki korelasyon katsayılarının yer aldığı Tablo 4.18(b), Tablo 4.19(b) ve Tablo 4.20(b)'e benzer olarak, daha anlaşılabilir bir gösterim biçimi Tablo 4.24'de yer almaktadır. Bu tabloda geometrik özellikleri yelpaze, kare vedikdörtgen olan 9000 me ve 3000 m³'lük değişik yutuculuk özelliklerindeki hacimlerin 1000 Hz'deki ortalama parametreler arası ilişkilerinin uç noktaları sunulmaktadır.

Tablo 4.24'de korelasyon değerleri semboller ile gösterilmektedir. Tabloda yer alan sembollerin açıklamaları Tablo 4.22'de görülmektedir. Korelasyon değerleri 1 ile -1 arasında yer almakta,

- 1 değeri pozitif korelasyon,
- -1 değeri negatif korelasyon

için maksimum değerleri göstermektedir. Her iki işaretteki sayılar küçüldükçe, sıfıra yani minimuma doğru bir gidiş gerçekleşmektedir.

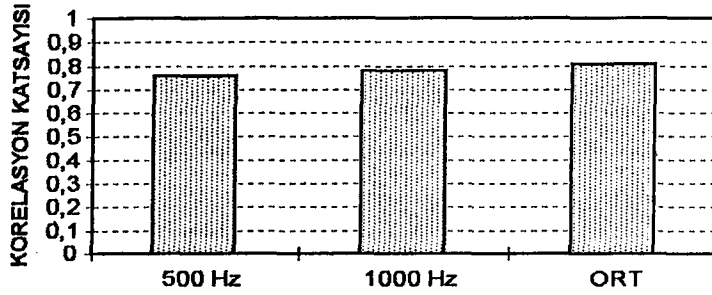
4.2.2.3. Değerlendirme

Bölüm 4.2.2.1 ve Bölüm 4.2.2.2'de yapılan çalışmalarda, hacmin dinleyici platformu üzerinde alınan belli sayıdaki örnek konum noktalarındaki parametreler arası korelasyonlar (Bkz. Şekil 4.48(a-j)) ile herbir örnek konum noktasındaki korelasyon ortalamaları (Bkz. Tablo 4.24) karşılaştırıldığında elde edilen sonuçlar belli oranda benzerlik göstermektedir. Bu sonuçlara göre EDT/TS parametreleri dışındaki diğer parametreler arası ilişkiler, oldukça gelişigüzel ve değişkendir.

EDT/TS parametreleri arasında ise belli güçte bir pozitif ilişkiden sözedilebilmektedir.(Bkz.Tablo 4.24) Tablo 4.23'den de görüldüğü gibi, ilişkiler

oldukça gelişigüzel, birbirleri ile ters işaretli ve birbirinden çok farklı olabilmektedir. Bu nedenlerle, genel bir ortalamanın alınabilmesi olanaklı görülmemektedir. Bununla birlikte, EDT/TS parametreleri arasındaki ilişki konusunda elde edilen genel sonuç Şekil 4.49'daki grafikte yer almaktadır.

Değişik geometri ve büyüklüklerdeki hacimlerde benzer sonuçlara ulaşılması nedeni ile bunlar içinden örnek olarak 9000 m³'lük yelpaze hacmin sonuç değerlerinin verilmesi yeterli görülmüştür.



Şekil 4.49. 9000 m³'lük yelpaze hacimde, örnek konum noktalarındaki EDT/TS ilişkisinin hacim genelindeki ortalaması (500 Hz, 1000 Hz ve frekanslara göre ortalama için)

4.2.3. Akustik Koşulların Zamanda Dağılımlarının Genel Değerlendirmesi

Parametreler arasındaki ilişkilerin, sesin doğma, gelişme ve sönme evrelerinin zamansal dağılımı konusunda bir gösterge olabileceği düşünülerek bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Akustik koşulların zamanda dağılımlarının incelenmesi olarak adlandırılan bu çalışma Bölüm 4.2.1 ve Bölüm 4.2.2'de olmak üzere iki farklı bakış açısından ele alınmıştır.

Bu çalışmaların ilkinde, hacimlerin ortalama parametre değerleri arasındaki ilişkilerin karşılaştırılması, ikincisinde ise dinleyici platformu üzerinde belirlenen örnek konum noktalarının herbirindeki parametre ilişkilerinin ve ortalamalarının bir değerlendirmesi yapılmıştır.

İlk çalışmada, genel olarak Şekil 4.46'daki ilişkiler ortaya konabilmekte iken, parametreler arasında güçlü ilişkilerin olduğu saptanabilmekte ve bu ilişkilerin,

- geometrilere,
- büyüklüklere,
- değişik yutuculuk özelliklerine ve
- frekanslara

göre benzerlik gösterdiği söylenebilmektedir. Kısaca hacmin ortalama parametre değerleri arasındaki ilişkiler açısından bir değerlendirme yapıldığında ortaya, Şekil 4.46'da görüldüğü gibi oldukça tutarlı ve kaydadeğer ilişkiler çıktığı görülmektedir.

Öte yandan, dinleyici platformu üzerinde belirlenen örnek konum noktalarındaki parametreler arası ilişkiler incelendiğinde ise, birinci çalışma ile benzer sonuçlar elde edilememiştir. Bu çalışmada örnek konum noktalarındaki parametreler arası ilişkilerin oldukça gelişigüzel ve zayıf olduğu saptanmıştır. Ayrıca, bu ilişkiler noktadan noktaya ayırım göstermektedir. EDT/TS parametreleri dışındaki örnek konum noktalarına göre saptanan tüm ilişkilerde durumun aynı olduğu görülmüştür. Yalnızca EDT/TS parametreleri arasında ilk çalışmaya benzer tutarlı ilişkiler saptanmıştır.(Bkz.Tablo 4.23-Şekil 4.49)

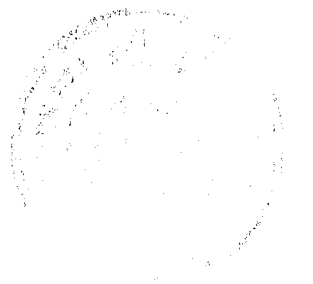
Bir başka deyişle, hacimlerin ortalama parametre değerleri ve örnek konum noktalarındaki parametre değerleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde, birbirinden büyük ayrımlar gösterdikleri ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak,

- Ortalama parametre değerleri arasında, belirgin ilişkiler vardır,
- Dinleyici platformu üzerinde ise zamansal dağılım gelişigüzeldir

denilebilmektedir.

Ayrıca bir başka sonuç olarak, dinleyici platformu üzerinde, Bölüm 4.1'deki çalışma sonucuna göre noktada dağılımın, bu çalışmaya göre de zamanda dağılımın düzgün olmadığı ortaya konabilmektedir.



4.3. AKUSTİK KOŞULLARIN NOKTADA DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümdeki incelemelerde, Bölüm 4.1 ve Bölüm 4.2'deki ağırlıklı dağılım irdelemelerinden biraz daha farklı olarak parametrelerin uygunluk durumları da değerlendirilmektedir. Ses kaynağının açılması ile sönmesi arasındaki süreçte, sessel olayların önerilen değerlere uygunluğu konusunda bir araştırma yapmak amacı ile, Bölüm 2.1'de her bir parametre için önerilen parametre değerlerinden yararlanılmaktadır. Çalışma üç aşamalı olarak ele alınacaktır;

- İlk aşamada, hacimlerin ortalama parametre değerleri üzerinde irdelemeler yapılacak ve hacim genelinde parametreler için kabuledilebilir değerler saptanacaktır.
- İkinci aşama olarak, dinleyici platformu üzerinde belirlenen her bir örnek konum noktasındaki parametre uygunlukları incelenecek, her bir noktada kaç parametrenin uygun durumda olduğu saptanacaktır.
- Üçüncü aşama olarak, kaç parametre açısından uygun durumda olduğu belirlenen dinleyici platformu örnek konum noktalarının hacim içindeki dağılım biçimleri irdelenecektir.

Genel olarak yukarıda sıralanan üç aşama, izleyen bölümlerde daha ayrıntılı başlıklar altında yer almaktadır.

4.3.1. Parametrelerin Kabul Edilebilirlik Sınırlarının Belirlenmesi

Hacimlerin ortalama parametre değerlerine göre uygunluk durumlarının saptanması bölümüne geçmeden önce, incelenecek olan parametrelerin hangi sınırlar içinde uygun olarak değerlendirileceği konusunda yapılan çalışmanın kısaca açıklamakta yarar görülmektedir.

Parametrelerin uygunluk durumları konusunda literatürde değişik görüşler yer almaktadır. Bunlar incelenerek oldukça kapsamlı çalışmalar içinden, "Klasik Yayınık Alan Teorisi"(CDFT) ve Gade'in önerilerinde yer alan değerlerden yararlanılmıştır. Bu öneri değerleri, Bölüm 2.1'deki akustik parametre açıklamalarının hemen ardından değişik denklemler ile verilmektedir.

Ayrıca, bu tolerans sınırlarının belirlenmesinde değişik parametreler için, öznel algılamadaki ayırtetme aralıklarından da yararlanılmıştır. Tez kapsamında değerlendirmeye alınan parametreler ile ilgili ayırtetme aralıkları Tablo 4.25'de yer

almaktadır. İnsan kulağının özelliğinden yararlanılarak ortaya konulan bu değerler T, EDT ve LEF parametreleri için yüzde(%), C80 için dB olarak verilmiştir. Örneğin, belli bir yansıma süresinin %5 altı ve %5 üstü arasındaki tüm değerler, insan kulağı tarafından aynı algılanmaktadır.

Tablo 4.25. Öznel algılamada parametreler için alınabilecek ayırdetme aralıkları önerileri (Vorländer, 1995)

Parametreler	Ayırdetme Aralıkları
T(s)	$\pm \%5$
EDT(s)	$\pm \%5$
C80(dB)	± 0.5 dB
TS(ms)	± 10 ms
LEF	$\pm \%5$

Tablo 4.25'den yararlanılarak, CDFT ya da Gade'e göre önerilen değerlerin altında ya da üstünde ayırdedilebilir aralıklar kadar bir genişleme oluşabilmektedir.

Aşağıda, yukardaki verilen açıklamalar ve bilgiler doğrultusunda, bu bölümdeki çalışmalara veri oluşturması amacı ile, T, EDT, C80, TS VE LEF parametreleri için uygun değerler konusundaki belirlemeler yer almaktadır.

Erken Düşme Süresi (EDT) parametresi için uygun değerlerin belirlenmesi:

Yapılan incelemelerde, literatürde de belirtildiği gibi çoğu durumda EDT parametresi, yansıma süresi parametresinden daha kısa bulunmuştur. İstenen, EDT parametresinin olabildiğince uzun olmasıdır. Gade'in önerisinde bu değer T parametresinin belli bir miktar altına indirilebilmektedir. Bu tez çalışmasında, Gade'in önerdiği değer üstündeki tüm EDT parametre değerleri uygun olarak nitelendirilecektir. Alt sınır ise, öneri değerinin Tablo 4.25'den yararlanılarak %5 altı olarak alınacaktır(Bkz. Tablo 4.26).

Netlik (C80) parametresi için uygun değerlerin belirlenmesi:

C80 parametresinin belli bir yükseklikte değer alması, müziğin netliği ve müzikal algılamının kalitesi açısından olumlu olarak nitelendirilmektedir. Bu nedenle, Gade'in önerilerinin alt sınır olarak alınması ve bu öneri değer ayırdetme aralığı kadar yani 0.5 dB altına inilmesi, üst sınır olarak CDFT önerisinin ise 0.5 dB üzerine çıkılması uygun görülmüştür (Bkz.Tablo 4.26).

Merkez zamanı (TS) parametresi için uygun değerlerin belirlenmesi:

TS parametresi için CDFT ve Gade'in önerdiği değerlerin bir arada değerlendirilerek bir aralık alınması düşünülmüştür. Bu aralığın ayırd etme aralığı olan 10 ms altına ve üstüne kadar genişletilmesi uygun bulunmuştur (Bkz. Tablo 4.26).

Yanal enerji oranı (LEF) parametresi için uygun değerlerin belirlenmesi:

LEF parametresi için, hacim genişliğine bağlı olarak Gade'in önerdiği değer CDFT'te göre biraz daha düşüktür. Bu öneri, daha toleranslı olduğu düşünülerek, değerlendirmeye alınmış ve %5 altının alt tolerans sınırı olarak belirlenmesi uygun bulunmuştur (Bkz. Tablo 4.26).

Parametre değerleri konusunda alınabilecek uygun değerler ya da uygun aralıkların nasıl seçildiğine önceki paragraflarda kısaca değinilmiştir. Bu uygun parametre aralıkları Tablo 4.25'de yer almaktadır (Bkz. Bölüm 2.1).

Tablo 4.26. Uygun değerlerdeki parametreler için tolerans sınırları

UYGUN PARAMETRELER İÇİN TOLERANS SINIRLARI		
Parametre	Alt sınır	Üst sınır
EDT(s)	$EDT_{GADE} - (EDT_{GADE} \times 0.05)$	—
C80(dB)	$C80_{GADE} - 0.5 \text{ dB}$	$C80_{CDFT} + 0.5 \text{ dB}$
TS(ms)	$TS_{CDFT} - 10 \text{ ms}$	$TS_{GADE} + 10 \text{ ms}$
LEF	$LEF_{GADE} - (LEF_{GADE} \times 0.05)$	—

4.3.2. Hacimlerin Ortalama Parametre Değerlerine Göre Uygunluk Durumlarının Saptanması

Değerlendirme kapsamında bulunan değişik büyüklük ve geometrideki 6 salonun, değişik yutuculuk özelliklerindeki 16'şar seçeneğinde, farklı frekanslar için parametrelerin uygunluk durumları ile ilgili olarak incelemeler yapılmıştır. İnceleme sonuçları EDT, C80, TS ve LEF parametreleri için sırasıyla Tablo 4.27, Tablo 4.28, Tablo 4.29 ve Tablo 4.30'de sunulmaktadır. Tablolarda,

- her bir hacmin ortalama yansıma süreleri,
- incelemesi yapılan ortalama parametre değerleri ile
- minimum ve maksimum tolerans sınırları

yer almakta, son kolonlarda ise olumlu sayılabilen parametre değerleri, (●) sembolü ile belirtilmektedir.

Tablo 4.27(a). EDT parametresi açısından uygun durumda olan yelpaze planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN EDT DEĞERLİ HACİMLER											
YELPAZE 9000 m ³						YELPAZE 3000 m ³					
Tip	T ort	EDT ort	Tolerans sınırları		uygun luk	Tip	T ort	EDT ort	Tolerans sınırları		uygun luk
			min	max					min	max	
U2	1.14	1.01	1.00	-	•	U2	1.10	1.16	0.96	-	•
U4	1.13	0.97	0.99	-		U4	1.08	1.21	0.94	-	•
U8	1.11	0.97	0.97	-	•	U6	1.06	1.10	0.92	-	•
U6	1.10	0.98	0.96	-	•	U8	1.05	1.09	0.91	-	•
O6	1.05	0.87	0.91	-		U1	1.04	0.92	0.90	-	•
O2	1.01	0.75	0.87	-		O6	0.89	0.63	0.74	-	
O4	1.01	0.79	0.87	-		O4	0.83	0.53	0.68	-	
O8	1.01	0.77	0.87	-		O8	0.79	0.50	0.64	-	
U1	0.94	0.85	0.79	-	•	U5	0.77	0.36	0.61	-	
U7	0.86	0.68	0.71	-		O2	0.77	0.45	0.61	-	
U3	0.84	0.64	0.69	-		U3	0.71	0.48	0.55	-	
O1	0.81	0.63	0.66	-		O1	0.70	0.33	0.54	-	
O3	0.83	0.47	0.68	-		U7	0.69	0.45	0.53	-	
O7	0.75	0.55	0.59	-		O5	0.64	0.20	0.48	-	
U5	0.72	0.33	0.56	-		O3	0.54	0.31	0.37	-	
O5	0.66	0.30	0.50	-		O7	0.49	0.31	0.32	-	

Tablo 4.27(b). EDT parametresi açısından uygun durumda olan kare planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN EDT DEĞERLİ HACİMLER											
KARE 9000 m ³						KARE 3000 m ³					
Tip	T ort	EDT ort	Tolerans sınırları		uygun luk	Tip	T ort	EDT ort	Tolerans sınırları		uygun luk
			min	max					min	max	
U4	1.03	0.82	0.89	-		U4	1.19	1.16	1.05	-	•
U8	1.02	0.86	0.88	-		U2	1.16	1.09	1.02	-	•
U2	1.01	0.88	0.87	-	•	U6	1.15	1.02	1.01	-	•
U6	1.01	0.87	0.87	-	•	U8	1.13	1.02	0.99	-	•
O6	1.01	0.73	0.87	-		O4	0.90	0.51	0.75	-	
O4	0.98	0.72	0.83	-		U1	0.89	0.69	0.74	-	
U1	0.97	0.69	0.82	-		O6	0.87	0.56	0.72	-	
O8	0.95	0.70	0.80	-		O8	0.78	0.47	0.63	-	
O2	0.92	0.70	0.77	-		U3	0.75	0.44	0.59	-	
U3	0.90	0.48	0.75	-		U7	0.74	0.37	0.58	-	
O1	0.86	0.59	0.71	-		O2	0.74	0.43	0.58	-	
U7	0.82	0.63	0.67	-		O1	0.63	0.30	0.47	-	
O3	0.82	0.44	0.67	-		O3	0.56	0.27	0.40	-	
O7	0.75	0.54	0.59	-		O7	0.50	0.29	0.33	-	
U5	0.73	0.56	0.57	-		U5	0.45	0.37	0.28	-	•
O5	0.70	0.48	0.54	-		O5	0.44	0.25	0.27	-	

Tablo 4.27(c). EDT parametresi açısından uygun durumda olan dikdörtgen planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN EDT DEĞERLİ HACİMLER											
DİKDÖRTGEN 9000 m ³						DİKDÖRTGEN 3000 m ³					
Tip	T ort	EDT ort	Tolerans sınırları		uygun luk	Tip	T ort	EDT ort	Tolerans sınırları		uygun luk
			min	max					min	max	
U4	1.13	0.94	0.99	-		U4	1.02	0.88	0.88	-	•
U8	1.13	1.02	0.99	-	•	U6	1.02	0.77	0.88	-	
U2	1.11	0.99	0.97	-	•	U8	1.00	0.80	0.86	-	
U6	1.10	0.93	0.96	-		U2	0.97	0.85	0.82	-	•
O6	1.06	0.84	0.92	-		O4	0.90	0.49	0.75	-	
U3	1.03	0.61	0.89	-		U1	0.86	0.62	0.71	-	
O4	1.02	0.82	0.88	-		O6	0.84	0.49	0.69	-	
O8	1.02	0.79	0.88	-		U7	0.71	0.37	0.55	-	
O2	1.01	0.79	0.87	-		O1	0.70	0.30	0.54	-	
U1	0.99	0.84	0.84	-	•	O8	0.69	0.41	0.53	-	
O3	0.96	0.50	0.81	-		U3	0.68	0.41	0.52	-	
U7	0.90	0.82	0.75	-	•	O2	0.68	0.38	0.52	-	
O1	0.88	0.69	0.73	-		O3	0.58	0.27	0.42	-	
O7	0.76	0.68	0.60	-	•	O7	0.56	0.29	0.40	-	
U5	0.73	0.69	0.57	-	•	U5	0.50	0.33	0.33	-	•
O5	0.68	0.54	0.52	-	•	O5	0.50	0.23	0.33	-	

Tablo 4.28(a). C80 parametresi açısından uygun durumda olan yelpaze planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN C80 DEĞERLİ HACİMLER											
YELPAZE 9000 m ³						YELPAZE 3000 m ³					
Tip	T ort	C80 ort	Tolerans sınırları		uygun luk	Tip	T ort	C80 ort	Tolerans sınırları		uygun luk
			min	max					min	max	
U4	1.14	4.3	1.6	2.6		U4	1.10	4.9	1.9	2.9	
U8	1.13	4.6	1.7	2.7		U2	1.08	4.6	2.0	3.0	
U2	1.11	4.7	1.8	2.8		U6	1.06	5.3	2.1	3.1	
U6	1.10	4.7	1.9	2.9		U8	1.05	5.3	2.2	3.2	
O6	1.05	5.6	2.2	3.2		O4	1.04	7.3	2.3	3.3	
O4	1.01	7.0	2.5	3.5		U1	0.89	8.0	3.4	4.4	
U1	1.01	5.0	2.5	3.5		O6	0.83	9.1	3.9	4.9	
O8	1.01	6.9	2.5	3.5		O8	0.79	9.6	4.3	5.3	
O2	0.94	5.4	3.0	4.0		U3	0.77	11.7	4.5	5.5	
U3	0.86	6.8	3.7	4.7		U7	0.77	10.4	4.5	5.5	
O1	0.84	7.4	3.8	4.8		O2	0.71	9.8	5.2	6.2	
U7	0.81	8.2	4.1	5.1		O1	0.70	13.7	5.3	6.3	
O3	0.83	9.9	3.9	4.9		O3	0.69	11.2	5.5	6.5	
O7	0.75	11.6	4.8	5.8		O7	0.64	17.3	6.1	7.1	
U5	0.72	13.5	5.1	6.1		U5	0.54	15.2	7.8	8.8	
O5	0.66	15.2	5.4	6.4		O5	0.49	15.8	8.8	9.8	

Tablo 4.28(b). C80 parametresi açısından uygun durumda olan kare planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN C80 DEĞERLİ HACİMLER											
KARE 9000 m ³						KARE 3000 m ³					
Tip	T ort	C80 ort	Tolerans sınırları		uygun luk	Tip	T ort	C80 ort	Tolerans sınırları		uygun luk
			min	max					min	max	
U4	1.03	6.1	2.3	3.3		U4	1.19	4.7	1.3	2.3	
U8	1.02	5.5	2.4	3.4		U6	1.16	5.1	1.5	2.5	
U2	1.01	5.4	2.5	3.5		U8	1.15	5.4	1.6	2.6	
U6	1.01	5.5	2.5	3.5		U2	1.13	5.5	1.7	2.7	
O6	1.01	6.7	2.5	3.5		O4	0.90	9.0	3.3	4.3	
U3	0.98	7.3	2.7	3.7		U1	0.89	7.8	3.4	4.4	
O4	0.97	7.5	2.8	3.8		O6	0.87	8.7	3.6	4.6	
O8	0.95	7.5	2.9	3.9		U7	0.78	9.6	4.4	5.5	
O2	0.92	7.5	3.2	4.2		O1	0.75	10.3	4.8	5.8	
U1	0.90	9.7	3.3	4.3		O8	0.74	12.3	4.9	5.9	
O3	0.86	9.9	3.7	4.7		U3	0.74	10.3	4.9	5.9	
U7	0.82	8.2	4.0	5.0		O2	0.63	13.9	6.3	7.3	
O1	0.82	11.6	4.0	5.0		O3	0.56	16.0	7.4	8.4	
O7	0.75	9.9	4.8	5.8		O7	0.50	16.6	8.6	9.6	
U5	0.73	11.3	5.0	6.0		U5	0.45	11.6	9.8	10.8	
O5	0.70	12.9	5.3	6.3		O5	0.44	16.1	10.0	11.0	

Tablo 4.28(c). C80 parametresi açısından uygun durumda olan dikdörtgen planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN C80 DEĞERLİ HACİMLER											
DİKDÖRTGEN 9000 m ³						DİKDÖRTGEN 3000 m ³					
Tip	T ort	C80 ort	Tolerans sınırları		uygun luk	Tip	T ort	C80 ort	Tolerans sınırları		uygun luk
			min	max					min	max	
U4	1.13	2.6	1.7	2.7		U4	1.02	6.0	2.4	3.4	
U8	1.13	2.6	1.7	2.7		U6	1.02	6.8	2.4	3.4	
U2	1.11	2.7	1.8	2.8		U8	1.00	6.6	2.5	3.5	
U6	1.10	3.4	1.9	2.9		U2	0.97	6.3	2.8	3.8	
O6	1.06	4.1	2.1	3.1		O4	0.90	3.4	3.3	4.3	•
U3	1.03	6.5	2.3	3.3		U1	0.86	8.1	3.7	4.7	
O4	1.02	5.1	2.4	3.4		O6	0.84	9.3	3.8	4.8	
O8	1.02	5.4	2.4	3.4		U7	0.71	12.8	5.2	6.2	
O2	1.01	5.4	2.5	3.5		O1	0.70	14.3	5.3	6.3	
U1	0.99	3.8	2.6	3.6		O8	0.69	10.8	5.5	6.5	
O3	0.96	8.9	2.8	3.8		U3	0.68	10.3	5.6	6.6	
U7	0.90	3.9	3.3	4.3		O2	0.68	11.5	5.6	6.6	
O1	0.88	6.5	3.5	4.5		O3	0.58	16.4	7.1	7.1	
O7	0.76	6.4	3.7	4.7		O7	0.56	17.3	7.4	7.4	
U5	0.73	12.5	5.0	6.0		U5	0.50	11.9	8.6	9.6	
O5	0.68	15.6	5.6	6.6		O5	0.50	16.5	8.6	9.6	

Tablo 4.29(a). TS parametresi açısından uygun durumda olan yelpaze planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN TS DEĞERLİ HACİMLER											
YELPAZE 9000 m ³						YELPAZE 3000 m ³					
Tip	T ort	TS ort	Tolerans sınırları		uygun luk	Tip	T ort	TS ort	Tolerans sınırları		uygun luk
			min	max					min	max	
U4	1.14	78	73	96	•	U4	1.10	72	70	94	•
U8	1.13	73	72	96	•	U2	1.08	76	68	92	•
U2	1.11	73	70	94	•	U6	1.06	67	67	91	•
U6	1.10	73	70	94	•	U8	1.05	68	66	90	•
O6	1.05	61	66	90		O4	1.04	55	65	90	
O4	1.01	52	63	88		U1	0.89	47	54	79	
U1	1.01	55	63	88		O6	0.83	39	50	75	
O8	1.01	53	63	88		O8	0.79	36	47	72	
O2	0.94	65	58	83	•	U3	0.77	25	46	71	
U3	0.86	50	52	77		U7	0.77	34	46	71	
O1	0.84	46	51	76		O2	0.71	39	41	67	
U7	0.81	45	49	74		O1	0.70	24	41	66	
O3	0.83	35	50	75		O3	0.69	34	40	66	
O7	0.75	40	44	70		O7	0.64	14	36	62	
U5	0.72	25	42	68		U5	0.54	23	29	55	
O5	0.66	21	38	63		O5	0.49	22	26	52	

Tablo 4.29(b). TS parametresi açısından uygun durumda olan kare planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN TS DEĞERLİ HACİMLER											
KARE 9000 m ³						KARE 3000 m ³					
Tip	T ort	TS ort	Tolerans sınırları		uygun luk	Tip	T ort	TS ort	Tolerans sınırları		uygun luk
			min	max					min	max	
U4	1.03	64	64	89	•	U4	1.19	71	76	100	
U8	1.02	68	64	88	•	U6	1.16	67	74	98	
U2	1.01	69	63	88	•	U8	1.15	63	73	97	
U6	1.01	69	63	88	•	U2	1.13	63	72	96	
O6	1.01	58	63	88		O4	0.90	39	55	80	
U3	0.98	55	61	85		U1	0.89	47	54	79	
O4	0.97	57	60	85		O6	0.87	42	53	78	
O8	0.95	54	59	83		U7	0.78	35	47	72	
O2	0.92	53	57	81		O1	0.75	36	44	70	
U1	0.90	42	55	80		O8	0.74	31	44	69	
O3	0.86	44	52	77		U3	0.74	33	44	69	
U7	0.82	48	49	74		O2	0.63	24	36	61	
O1	0.82	34	49	74		O3	0.56	21	31	57	
O7	0.75	41	44	70		O7	0.50	22	26	52	
U5	0.73	37	43	68		U5	0.45	25	23	49	•
O5	0.70	30	41	66		O5	0.44	16	22	48	

Tablo 4.29(c). TS parametresi açısından uygun durumda olan dikdörtgen planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN TS DEĞERLİ HACİMLER											
DİKDÖRTGEN 9000 m ³						DİKDÖRTGEN 3000 m ³					
Tip	T ort	TS ort	Tolerans sınırları		uygun luk	Tip	T ort	TS ort	Tolerans sınırları		uygun luk
			min	max					min	max	
U4	1.13	82	72	96	•	U4	1.02	61	64	88	
U8	1.13	91	72	96	•	U6	1.02	54	64	88	
U2	1.11	89	70	94	•	U8	1.00	56	62	87	
U6	1.10	80	70	94	•	U2	0.97	58	60	85	
O6	1.06	70	67	91	•	O4	0.90	40	55	80	
U3	1.03	47	65	89		U1	0.86	46	52	77	
O4	1.02	65	64	88	•	O6	0.84	41	51	76	
O8	1.02	62	64	88		U7	0.71	32	41	67	
O2	1.01	62	63	88		O1	0.70	24	41	66	
U1	0.99	72	62	86	•	O8	0.69	32	40	66	
O3	0.96	37	60	84		U3	0.68	37	39	65	
U7	0.90	65	55	80	•	O2	0.68	31	39	65	
O1	0.88	54	54	79	•	O3	0.58	22	32	58	
O7	0.76	50	45	70	•	O7	0.56	23	31	57	
U5	0.73	44	43	68	•	U5	0.50	24	26	52	
O5	0.68	32	39	65		O5	0.50	16	26	52	

Tablo 4.30(a). LEF parametresi açısından uygun durumda olan yelpaze planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN LEF DEĞERLİ HACİMLER											
YELPAZE 9000 m ³						YELPAZE 3000 m ³					
Tip	EN (m)	LEF ort	Tolerans sınırları		uyg.	Tip	EN (m)	LEF ort	Tolerans sınırları		uyg.
			min	max					min	max	
U2	31	0.229	0.196		•	U2	16.2	0.200	0.332		
U4		0.244			•	U4		0.199			
U8		0.245			•	U6		0.190			
U6		0.230			•	U8		0.198			
O6		0.219			•	U1		0.256			
O2		0.097				O6		0.182			
O4		0.229			•	O4		0.182			
O8		0.215			•	O8		0.161			
U1		0.215			•	U5		0.127			
U7		0.254			•	O2		0.156			
U3		0.089				U3		0.134			
O1		0.244			•	O1		0.158			
O3		0.222			•	U7		0.188			
O7		0.215			•	O5		0.107			
U5		0.240			•	O3		0.100			
O5		0.205			•	O7		0.148			

Tablo 4.30(b). LEF parametresi açısından uygun durumda olan kare planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN LEF DEĞERLİ HACİMLER											
KARE 9000 m ³						KARE 3000 m ³					
Tip	EN (m)	LEF ort	Tolerans sınırları		uyg.	Tip	EN (m)	LEF ort	Tolerans sınırları		uyg.
			min	max					min	max	
U4	31	0.227	0.196		•	U4	16	0.245	0.317		
U8		0.238			•	U2		0.249			
U2		0.236			•	U6		0.243			
U6		0.234			•	U8		0.247			
O6		0.221			•	O4		0.254			
O4		0.228			•	U1		0.257			
U1		0.247			•	O6		0.224			
O8		0.217			•	O8		0.214			
O2		0.216			•	U3		0.151			
U3		0.128				U7		0.242			
O1		0.226			•	O2		0.209			
U7		0.242			•	O1		0.216			
O3		0.117				O3		0.123			
O7		0.215			•	O7		0.126			
U5		0.212			•	U5		0.210			
O5		0.197			•	O5		0.177			

Tablo 4.30(c). LEF parametresi açısından uygun durumda olan dikdörtgen planlı hacimler (1000 Hz) (•, sembolü uygun durumları göstermektedir.)

UYGUN LEF DEĞERLİ HACİMLER											
DİKDÖRTGEN 9000 m ³					DİKDÖRTGEN 3000 m ³						
Tip	EN (m)	LEF ort	Tolerans sınırları		uyg.	Tip	EN (m)	LEF ort	Tolerans sınırları		uyg.
			min	max					min	max	
U4	25.5	0.229	0.241			U4	13	0.223	0.342		
U8					•	U6		0.218			
U2					•	U8		0.223			
U6						U2		0.224			
O6						O4		0.230			
U3						U1		0.229			
O4						O6		0.196			
O8						U7		0.220			
O2						O1		0.194			
U1						•		O8			0.191
O3								U3			0.123
U7						•		O2			0.188
O1								O3			0.100
O7								O7			0.188
U5								U5			0.203
O5								O5			0.170

- EDT parametresi açısından uygun olan hacimlerin, genellikle yansışım süresi daha uzun hacimler oldukları saptanmıştır. Bu sonuç, iki değişik büyüklükteki yelpaze ve kare hacimlerin yer aldığı Tablo 4.27(a) ve Tablo 4.27(b)'de açıkça görülmektedir. Dikdörtgen hacimlerde ise yansışım süresinden bağımsız olarak 9000 m³'lük büyüklükte 7, 3000 m³'lük büyüklükte ise 3 hacim tipinde uygun ortalama EDT değerinin bulunduğu görülmektedir.
- C80 parametresi açısından uygun hiçbir hacim tipinin bulunmadığı söylenebilir. Müzik açısından önemli olan C80 parametresi, yansışım süreleri ancak ortalama 1.14 saniyeye kadar çıkabilen bu çalışma kapsamındaki hacimlerde yetersiz kalmaktadır. 3000 m³'lük dikdörtgen hacimdeki O4 tipindeki uygunluk ise C80 için alt sınırdaki bir değerdedir ve büyük olasılıkla da rastlantısalıdır.
- TS parametresi açısından uygun olan hacimlerin, genellikle büyük hacimler oldukları ve yansışım sürelerinin uzun olduğu görülmektedir. 9000 m³'lük dikdörtgen hacimde ise, hacim tiplerinin tümünün ortalama TS değerlerinin uygun olduğu saptanmıştır.
- Hacimlerdeki ortalama LEF parametrelerinin uygunluk durumlarına ilk bakıldığında, çok tutarlı sonuçlarla karşılaşılması söylenebilir. Özellikle hacimlerin yan duvarlarının birbirine daha yakın olduğu daha dar sayılabilecek 3000 m³'lük salonlardaki hiçbir hacim tipinde uygun LEF değerine ulaşamadığı saptanmıştır. Belirlenen LEF değerleri, büyük ve küçük hacimlerde, yan duvar uzaklıkları arasında belirgin ayrımlar gösterdiği halde, birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Ancak önerilen LEF değerinin, hacim genişliğinin az olması durumunda, Gade'e göre oldukça yüksek olması da istendiğinden bu değere küçük hacimlerde ulaşılammıştır. Değerlendirilen hacimlerde, yansışım süresinin göreceli olarak uzun olması bu sonuçta bir etken olabilir. 9000 m³'lük yelpaze ve kare hacimlerde ise, yan duvarların çok yutucu olduğu U3 ve O3 hacimleri dışında genel olarak LEF değerleri tolerans sınırları içinde kalmaktadır.

4.3.2.1. Değerlendirme

9000 ve 3000 m³'lük yelpaze, kare ve dikdörtgen, altı hacmin 16 seçeneğindeki (Bkz. Tablo 3.4 ve 3.5), EDT, C80, TS ve LEF parametrelerinin ortalama değerlerinin uygunluk durumlarının belirlenmesi üzerine yapılan çalışmadaki sonuçların bir bölümü, yansışım süresinin uzunluğundan büyük oranda etkilenmiş görünmektedir.

Özellikle EDT ve TS parametrelerinin uygun olan değerlerinin yansışım süresi uzun olan hacimlerde sağlandığı açıkça görülmektedir.

C80 parametresi açısından, hacimler arasında uygun değerler bulunamamıştır. C80 parametresinin müzik ve konser amaçlı hacimler içinde değerlendirilmesi uygun bulunmaktadır. Değişik müzikal etkinliklerin gerçekleştiği salonlarda ise optimal yansıma süresi değerleri, bu tez kapsamındaki hacimlerin yansıma sürelerinden daha uzun olmaktadır. Bu nedenle, değerlendirme kapsamında bulunan hiçbir hacimde uygun C80 değerinin bulunmaması doğaldır.

LEF parametresinin yansıma süresinden çok fazla etkilenmediği görülmektedir. Bu parametrenin özellikle hacim büyüklüğü ve geometrisinden daha fazla etkilendiği yargısına varılmıştır. Ancak, daha ilginç olan uygun LEF değerlerinin olduğu hacimlerin birbirine daha uzak yan duvarları olan hacimler olmasıdır. Ayrıca, yan duvarları çok yansıtıcı olan hacimlerde bile LEF yetersiz kalabilmektedir. Bu sonucu ortaya çıkmasında üç etken düşünülebilir. Bu nedenler;

- Yansıma süreleri çok uzun olmayan hacimlerde oluşan sessel olayların, dinleyici platformu üzerinde yeterli yanal yansımaların oluşması ve ulaşmasına olanak tanımayabileceği,
- Gade'in uygun LEF değerlerinin sıradan hacimlerde oluşamayacak kadar yüksek olması olasılığı,
- LEF parametresinin bölgeden bölgeye değişim göstermesi, daha doğrusu bölgesel bir parametre olması nedeni ile, hacmin tümünde bir ortalamasının alınmasının doğru olmayabileceği ve yalnızca LEF değeri yüksek olan bölgeler için değerlendirilmesinin uygun olabileceği

olarak sıralanabilir.

Bu bölümdeki sonuçlar, yansıma süresinin, Bölüm 3.2.1.3'de değinilen kaygılardan ötürü uzun olamaması nedeni ile beklenen ayrıntılarla elde edilememiştir. Ancak çalışmalar konuya genel bir yaklaşım sağlayabilmesinden ötürü yararlı görülmektedir. Bu bölümdeki irdelemelere paralel olarak, daha yüksek yansıma süreli hacimler üzerinde yapılabilecek çalışmalar ile daha ayrıntılı sonuçlara ulaşılabilecektir.

4.3.3. Örnek Konum Noktalarındaki Parametre Değerlerine Göre Uygunluk Durumlarının Saptanması

Bu çalışmada, dinleyici platformu krokileri üzerindeki her bir noktanın, akustik açıdan bütünüyle değerlendirmesinin yapılması amaçlanmaktadır. Her bir noktada ayrı ayrı olmak üzere, tez kapsamında değerlendirmeye alınan EDT, C80, TS ve LEF parametrelerinin hangilerinin uygun durumda olup hangilerinin olmadığı belirlenecektir.

Bu çalışmada T parametresi, uygunluk durumunun belirlenmesi açısından değerlendirme dışı bırakılacaktır. Bunun nedeni, incelenen hacimler için seçilen belli bir işlevin bulunmamasıdır.

Bölüm 4.1.1’de akustik parametrelerin yüksek orta ve düşük değerlerinin hacim krokileri üzerindeki yerleri konusunda yapılan çalışmada, her bir parametre için ayrı ayrı belirlemeler yapılmıştır. Bu çalışmada ise, parametreler bir arada ele alınacak ve tüm parametrelerin ya da çoğu parametrenin uygun durumda olduğu dinleyici bölgeleri belirlenmeye çalışılacaktır. Bu amaçla, yapılacak işlemler;

- Her bir örnek konum noktası için uygun durumda olan ve olmayan parametrelerin saptanması ile,
- Hacmin genelinde parametre uygunluklarına göre sıralanan noktaların dağılımlarının saptanması,

belirtilebilir.

Bu bölümde, hacmin dinleyici platformu üzerinde akustik açıdan daha olumlu ve tercih edilir olan nokta ya da nokta bölgelerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Tablo 4.25’de belirlenen, uygun parametreler için tolerans sınırlarından yararlanarak, her bir noktadaki EDT, C80, TS ve LEF parametrelerinin uygunluk durumlarına bakılarak bir değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme sonuçları plan krokileri üzerine işlenerek, daha olumlu akustik koşulların bulunduğu bölgeler saptanmaya çalışılmıştır. Genel olarak, tez kapsamına alınan hacimlerin yansıma sürelerinin (tüm hacim seçenekleri için) fazlaca uzun olmaması ve yansıma süresi yeterince uzun olmayan hacimlerde elde edilen sonuçların çok sağlıklı olmadığının görülmesi nedeni ile yansıma süreleri uzunca olanlar için elde edilen sonuçların tutarlılığındaki kuşku nedeni ile yansıma süreleri uzunca olanlar için elde edilen sonuçların sunulması daha yararlı bulunmuştur.

9000 m³ ve 3000 m³ büyüklüğündeki yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimlerden en uzun yansıma süreli ikişer seçenekte örnek konum noktaları için yapılan çalışmalar Şekil 4.50-Şekil 4.55’de yer almaktadır. Şekillerdeki sonuçlar, hacimlerin simetrik olan bir yarısı üzerine gösterilmektedir. Ayrıca, her bir örnek dinleyici konumu için değerlendirmesi yapılan parametrelerden uygun durumda olanlar değişik sembollerle gösterilmiştir. Bu semboller;

- EDT parametresi için ◇,
- C80 parametresi için, ×,
- TS parametresi için ●,
- LEF parametresi için +

olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.50-Şekil 4.55’de örnek dinleyici konumu noktaları, farklı harf ve sayılarla gösterilmektedir. Her bir dinleyici konumunu bir harf ve bir sayı ile (D1, D2, A16 gibi) tanımlamaktadır. Sayılar kaynaktan uzaklığı, harfler ise dinleyici platform aksı ve yan duvarları arasında bulunan konumla ilişkili fikir verebilmektedir. Şekil E.2.1’de, farklı büyüklük ve geometrideki sözkonusu altı hacmin örnek dinleyici noktaları yer almaktadır.

Daha fazla örnek dinleyici noktasının bir arada incelenmesine olanak veren 9000 m³’lük hacimde elde edilen sonuçlar Şekil 4.50-Şekil 4.55’de de görüldüğü gibi daha açık ve net fikir verebilmektedir.Şekillerdeki taramaların koyuluğu arttıkça uygun parametre sayısı artmaktadır.

16	+	+	+	◇●	●	◇	◇	●	◇●
15		◇●+	●+	◇●	◇	◇●	◇●	◇●	●
14		◇×	◇+	◇●	◇●	◇	◇●	◇●	◇×
13		●	◇+	◇●	◇●	◇●	◇●	◇●	◇●
12		◇●	◇●	◇●	◇●	◇●	◇●	◇●	◇●
11		◇	◇●+	◇●+	◇×		◇×	◇●	◇●
10		●+	◇●+	●+	◇●	◇●	◇●	◇●	◇●
9			◇●+	◇●+	◇●+	◇●	◇●	◇●	◇×
8			◇●+	◇●+	+	◇●+	◇●	◇●	◇●
7			+	◇●+	+	◇●+	◇●	◇●	◇●
6			+	+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●	◇●
5			●+	●+	+	+	+	◇●	◇●
4			●+	+	+	◇●+	+	+	◇×
3				+	+	+		◇+	
2				+	+	+			
1				+	+				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I

Şekil 4.50(a). 9000 m³’lük yelpaze hacmin U2 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◇), EDT için, (×), C80 için, (●), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

16	◇●+	◇●+	●+	◇●	●	◇●	×●	●	
15		+	◇●	◇●	◇●	●	◇×●	●	●
14			◇●	◇●	◇●	◇●	◇●	●	●
13			◇●	◇●	◇●	◇●	●	◇●	◇●
12		●	◇●	◇●		◇●		◇●	◇●
11		◇●	◇●+	◇●	◇●	◇●	◇●	◇●	◇●+
10		◇●	◇●+	◇+	◇●	◇●	◇●	◇●	◇×
9			◇●+	◇●+	◇●	◇●	◇●	◇●	◇●
8			◇●+	◇●+	◇●+	◇	◇●	◇●	◇●
7			+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●	◇●	◇●
6			◇●	◇●+	●+	◇●+	◇●+	◇●	◇●
5			●+	+	●+	◇+	+	◇●	◇●
4			●+	+	+	◇●+	+	◇×●+	◇×●+
3				+	●+	+	●		
2				+	+	+			
1				+	+				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I

Şekil 4.50(b). 9000 m³'lük yelpaze hacmin U4 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◇), EDT için, (×), C80 için, (●), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

15	◇×+	◇×●+	◇+	◇●+	×●+	◇+	●+
14	◇+	●+	◇×●+	◇+	◇×●+	◇●	×●
13	◇●+	◇●+	◇+	◇×●+	◇	◇●	◇+
12	◇●+	◇×●+	◇●+	◇●+	◇×●+	◇×●+	◇×+
11	◇×●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	●+
10	◇+	◇●+	◇×+	◇×●+	◇●+	●+	◇●+
9	◇×+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇×+	◇●+
8	◇×●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+
7	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+
6	◇●+	◇●+	+	◇●+	+	◇●+	◇●+
5	+	●+	●+	●+	+	◇●+	●
4	+	+	●+	◇●+	●+	●	
3	+	+	+	+			
2	+	+	+	+			
1	+	+	+				
	A	B	C	D	E	F	G

Şekil 4.51(a). 9000 m³'lük kare hacmin U2 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◇), EDT için, (×), C80 için, (●), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

15	◇●+	◇●+	●+	●+	◇●+	◇	◇●
14	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●	◇●
13	+	◇●+	●+	◇●	●	◇	◇●
12	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+
11	◇●+	+	◇●+				
10	◇●+	●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+
9	◇●+	+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+
8	●+	◇●+	+	◇●+	◇●+	◇●+	◇●+
7	◇●+	◇●+	◇+	◇●+	◇●+	◇+	◇●+
6	+	◇+	+	+	◇●+	+	+
5	+	+	+	◇●+		◇●	◇●
4	+	+	+	+	◇●+		
3	+	+	+	+			
2	+	+	+	+			
1	+	+	+				
	A	B	C	D	E	F	G

Şekil 4.51(b). 9000 m³'lük kare hacmin U4 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◇), EDT için, (×), C80 için, (●), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

20	◇×	◇	◇	×	●	◇
19	◇	◇●	◇●		◇	◇
18	◇●	◇	●	◇	◇	◇
17	◇	◇	◇	◇	◇	◇
16	◇	◇	◇●	◇	◇	◇
15	◇×	◇+	◇×	◇	◇	◇
14	◇●	◇×+	◇×	◇	◇●	◇
13	◇●	◇●+	◇●	◇●	◇●+	◇
12	◇●	◇●+	◇●+	◇●	◇●	◇×●
11	●	◇●+	◇●+	◇●	●	◇●
10	◇●+	◇●+	◇●+	●	◇×●	●
9	●+	●+	●+	◇●	●+	◇●
8	+	●+	◇●+		●	
7	+	◇●+	●+	◇●	●+	+
6	●+	●+	●+	●+	●+	+
5	●+	+	●	+	+	+
4	●+	+	+	+		
3	●+	+	+			
2	+	+	+			
1	+	+				
	A	B	C	D	E	F

Şekil 4.52(a). 9000 m³'lük dikdörtgen hacmin U4 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◇), EDT için, (×), C80 için, (●), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

20	◇	◇	◇	◇	◇	◇
19	◇	◇	◇	◇	◇	◇
18	◇	◇+	◇	◇	◇	◇
17	◇	◇+	◇+	◇	◇	◇
16	◇	◇+	◇+	◇+	◇	◇
15	◇	◇+	◇+	+	◇	◇
14	◇×+	◇●+	◇+	◇+	◇	◇●
13	◇●+	◇●+	◇+	◇●	◇●	◇●
12	◇●+	◇●+	◇+	●	◇●	◇●
11	◇●+	+	◇●+	◇×●+	◇×●	◇
10	◇	◇●+	◇●+	●	◇×●	◇
9	+	◇+	◇+	+	◇	◇×
8	+	+	+	◇+	+	◇+
7	◇+	+	+	+	+	+
6	+	+	◇+	+	+	+
5	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+	
3	+	+	+	+		
2	+	+	+			
1	+	+				
	A	B	C	D	E	F

Şekil 4.52(b). 9000 m³'lük dikdörtgen hacmin U8 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◇), EDT için, (×), C80 için, (●), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

8	◇●	◇●	◇●	◇●	◇●
7		◇●	◇●	◇●	◇●
6		◇●	◇●	◇●	◇●
5		◇●	◇●	◇●	◇●
4		◇×●	◇●	◇●	◇●
3		◇	◇●	◇●	◇●
2		◇	◇+	◇	◇
1			+	◇	◇
	A	B	C	D	E

Şekil 4.53(a). 3000 m³'lük yelpaze hacmin U2 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◇), EDT için, (×), C80 için, (●), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

8	◇	◇	◇●	◇●	◇●
7		◇●	◇●	◇●	◇●
6		◇●	◇●	◇●	◇●
5		◇●	◇●	◇●	◇●
4		◇	◇●	◇●	◇●
3		◇●	◇●	◇●	◇●
2		◇●	◇●+	◇	◇
1			◇+		◇
	A	B	C	D	E

Şekil 4.53(b). 3000 m³'lük yelpaze hacmin U4 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◇), EDT için, (×), C80 için, (●), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

8	◇●	◇		◇●
7	◇●	◇●	◇●	◇
6	◇●	◇	◇	◇
5	◇●	◇●	◇●	◇●
4	◇●	◇	◇●	◇●
3	◇●	◇●+	◇●	◇●
2	◇●+	◇●	◇	◇
1	◇+	◇	◇	
	A	B	C	D

Şekil 4.54(a). 3000 m³'lük kare hacmin U4 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◇), EDT için, (×), C80 için, (●), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

8	●+			◇●
7	◇●		◇●	
6	◇●	◇●	◇	◇
5	◇	◇●	◇	◇
4		◇	◇●	◇
3	◇	◇●+	◇	◇
2	◇	◇	◇	◇
1	◇+	◇		
	A	B	C	D

Şekil 4.54(b). 3000 m³'lük kare hacmin U6 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◇), EDT için, (×), C80 için, (●), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

10	•	•	•
9	•	•	•
8		•	
7	◊•	◊•	
6	•		
5	◊•	◊•	
4	◊•	◊	◊•
3	◊•	◊	◊•
2	◊+	◊	◊•
1	◊+	◊	◊
	A	B	C

Şekil 4.55(a). 3000 m³'lük dikdörtgen hacmin U4 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◊), EDT için, (×), C80 için, (•), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

10	•		
9		•	•
8	•		•
7	•		
6			
5			
4	◊•	◊	
3	◊•	◊	
2	◊+	◊	◊
1	◊+	◊	◊
	A	B	C

Şekil 4.55(b). 3000 m³'lük dikdörtgen hacmin U6 yutuculuk seçeneğinde, örnek konum noktalarındaki, uygun değerlerdeki parametreler; (◊), EDT için, (×), C80 için, (•), TS ve (+), LEF için uygun durumları göstermektedir.

Şekil 4.50-Şekil 4.55'deki konum noktalarında uygun değerde bulunan parametrelerin krokiler üzerinde gösterimlerinin yanısıra, noktalardaki parametre uygunluk durumlarının niceliksel bir değerlendirilmesi de Tablo 4.31'de yer almaktadır. Bu tabloda, değişik geometri ve büyüklüklerdeki hacimlerin her biri için, düşük ve yüksek yutuculuk seçeneğindeki ikişer durumdaki örnek konum noktalarında, dört, üç, iki ve bir uygun parametrenin bulunması ve hiç uygun parametre bulunmaması durumlarının yüzde olarak oranları yer almaktadır.

Tablo 4.31. Örnek konum noktalarında belirlenen 4, 3, 2 ve 1 parametrenin birarada uygun durumda bulunduğu ve hiç uygun durumda bulunmadığı örnek konum nokta yüzdeleri

			BİRARADA UYGUN DURUMDA BULUNAN PARAMETRE YÜZDELERİ (%)				
Hacim büyüklüğü Hacim geometrisi Hacim tipi			4 uygun parametre	3 uygun parametre	2 uygun parametre	1 uygun parametre	uygun parametre yok
9000 m ³	YEL	(U2)	1	19	55	31	10
		(U4)	2	18	58	25	14
	KARE	(U2)	10	44	20	20	11
		(U4)	0	43	12	30	20
	DKG	(U4)	0	11	32	44	13
		(U8)	1	10	21	60	8
3000 m ³	YEL	(U2)	0	3	60	17	0
		(U4)	0	3	74	18	5
	KARE	(U4)	0	6	60	28	6
		(U6)	0	3	28	47	22
	DKG	(U4)	0	0	37	43	20
		(U6)	0	0	13	40	47

4.3.3.1. Değerlendirme

9000 ve 3000 m³'lük yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimlerden,

- 9000 m³'lük yelpaze hacmin U2 ve U4,
- 9000 m³'lük kare hacmin U2 ve U4,
- 9000 m³'lük dikdörtgen hacmin U4 ve U8,
- 3000 m³'lük yelpaze hacmin U2 ve U4,
- 3000 m³'lük kare hacmin U4 ve U6,
- 3000 m³'lük dikdörtgen U4 ve U6

seçeneklerinde yapılan çalışmalarda, hangi bölgenin olumlu akustik özelliklerin birarada daha çok bulunduğu konusunda yapılan çalışma sonuçları Bölüm 4.3.3'deki tablolarda ayrıntılı olarak görülmektedir.

9000 m³'lük hacimlerdeki sonuçlar daha olumlu durumda olan bölgeler konusunda biraz daha belirgin fikirler verebilmektedir. Edinilen bulgular, tüm hacimler açısından benzer sonuçlar vermektedir;

- Kaynağa yakın birkaç sıranın özellikle orta bölgelerinde beklenilenin tersine hemen hemen hiçbir parametre uygun değerler alamamaktadır.
- Hacimlerin ortalarının, en çok uygun değerli parametrenin bir arada olduğu yani en tercih edilir platform bölgeleri olduğu saptanmıştır.
- En arka bölgeler, en ön bölgeler kadar olmasa bile yine de çok az uygun parametrenin bir arada bulunduğu bölgelerdir.

Bir başka çalışma olarak, Şekil 4.50-4.55'deki dağılım durumlarının nicelik olarak bir değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda 4, 3, 2 ve 1 parametrenin uygun durumda olduğu örnek konum noktalarının hesaplanan yüzdeleri, Tablo 4.31'de yer almaktadır.

4.3.4. Akustik Koşulların Nuktada Dağılımlarının Genel Değerlendirmesi

Akustik koşulların nuktada dağılımlarının incelenmesi, öngörülen iki değişik açıdan yapılmıştır. İncelemelerden ilkinde uygunluk durumlarının saptanması sırasında parametrelerin hacimlere göre alınan ortalama değerlerinden yararlanılmıştır. İkinci incelemede ise, dinleyici platformu üzerinde seçilen herbir örnek konum noktasındaki uygun parametreler ayrı ayrı belirlenmiştir.

Hacmin ortalama parametre değerleri alınarak yapılan incelemede, akustik parametrelerin uygunluk durumlarının (Bkz. Bölüm 4.3.2) hacmin yansıma süresinden büyük oranda etkilendikleri görülmektedir.

- Özellikle EDT ve TS parametrelerinin uygun olan değerlerinin yansıma süresinin uzun olduğu hacimlerde sağlandığı açıkça görülmektedir (Bkz. Tablo 4.27(a, b, c), Tablo 4.29(a, b, c)).
- C80 parametresi için ise, hemen hiçbir durumda uygun değerlere rastlanamamıştır (Bkz. Tablo 4.28(a, b, c)). Bunun nedeni, müzikal açıdan önemli olan bu parametre için, hacimlerde gerekli olan yansıma sürelerinin tez kapsamındaki hacimlerde bulunmaması olarak gösterilebilmektedir.
- LEF parametresinin ise yansıma süresinden pek fazla etkilenmediği görülmektedir (Bkz. Tablo 4.30(a, b, c)). Ayrıca, LEF parametresi için önerilen değerlere ulaşılamamış olması,

- yansıma süresinin kısalığı,
- önerilen GADE değerlerinin çok yüksek olma olasılığı ve
- LEF parametresinin bölgesel bir parametre olmasından bir ortalamasının alınamaması

olarak sıralanabilir.

Tez kapsamında belirlenen örnek konum noktalarının herbirinde ayrı ayrı yapılan değerlendirmede ise, parametrelerin uygunluk durumlarının hacmin dinleyici platformu üzerinde düzgün dağılım göstermediği açıkça görülmektedir. Bu değerlendirmede,

- Her bir parametrenin uygun olduğu bölgelerin dinleyici platformu üzerindeki yerleri farklı olabildiği gibi,
- Tüm parametreler bir arada düşünüldüğünde dinleyici platformu üzerinde daha çok ve daha az sayıda olumlu parametrelerin birarada bulunduğu belirgin bölgelerin oluştuğu

görülmektedir.

Bu sonuca göre,

- Kaynağa yakın ortadaki bir kaç dinleyici sırasında akustik koşulların en kötü olduğu,
- Dinleyici platformunun kaynak ve arka duvardan uzakta kalan orta bölgelerinde akustik koşulların en iyi olduğu

söylenilmektedir (Bkz. Şekil 4.50-4.55).

Hacim genelinde parametrelerin ortalaması alınarak yapılan çalışmada, platform üzerindeki dağılım düzgünlükleri konusunda bir bilgi edinilemezken, örnek konum noktalarındaki incelemelerde akustik koşulların düzgün dağılım göstermediği açıkça görülmektedir.



5. SONUÇ

Bu tez çalışmasının amacı Bölüm 1’de de vurgulandığı gibi, hacim akustiği açısından önemli ortamlarda, akustik koşul dağılımlarının hacim içindeki durumlarının saptanması ve parametreler arası dağılım ilişkilerinin ortaya konulması” olarak belirlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, hacimlerdeki akustik koşulların dağılım biçimlerinin irdelenmesi ve ortaya konulmasına yönelik ayrıntılı ve geniş kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Akustik koşul dağılımlarının olabildiğince eksiksiz olarak irdelenebilmesi açısından, söz konusu kavram mekanda, zamanda, noktada dağılım olmak üzere birbirleri ile ilişkili ve birbirlerini bütünleyici üç başlık altında ele alınmıştır.

Bölüm 3’de açıklanan yöntem ve seçilen beş parametre esas alınarak, üç hacim biçimi ve iki hacim büyüklüğü üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar ve bunlarla ilgili değerlendirmeler kroki, tablo ve grafikler aracılığı ile Bölüm 4’de ortaya konulmuştur. Değerlendirmelerin hem sayısal hem de mekansal özellik taşımasına, böylelikle de çalışma sonuçlarının uygulamada da yararlanılabilir olmasına özen gösterilmiştir. İrdeleme ve değerlendirmelerin güvenilirliğini arttırmak amacı ile, çalışma yalnızca parametre değerleri baz alınarak yapılmamış, onlara ek olarak uygun istatistiksel yöntemler kullanılarak, parametre dağılımlarının değişim katsayıları ile, dağılımlar ve parametreler arasındaki ilişkileri ortaya koyan, korelasyon katsayılarından da yararlanılmıştır. Böylelikle, saptanan amaca ulaşmada olabildiğince eksiksiz ve yeterli irdeleme ve değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan incelemeler ve bunların açıklamalarının ardından elde edilen bulgular Bölüm 4’de ayrıntılı olarak yer almaktadır. Bu bölümde ise, “hacimlerdeki akustik koşulların, gözardı edilemez düzeyde dağılım değişkenlikleri gösterdiği” savının geçerliliği, çalışmada elde edilen bulgular ışığında incelenecektir.

Aşağıda, çalışma içerisinde yer alan bulgulardan yukarıda değinilen amaçlara yönelik olanlar, toplu biçimde sunulmaktadır.

Mekanda dağılıma ilişkin bulgular;

İncelenen parametrelerin hacim içindeki dağılım biçimlerine ilişkin bulgular:

- Parametrelerin kendine özgü dağılım biçimleri vardır.

- Parametrelerin dağılım biçimlerinin hacim geometrisinden etkilenmesi büyüklüğe bağlıdır.
 - Büyük hacimlerde dağılım biçimi geometriden etkilenmez.
 - Küçük hacimlerde dağılım biçimi geometriden etkilenir.
- Parametrelerin kendine özgü dağılım biçimleri hacim büyüklüğünden etkilenmez.

İncelenen parametrelerin hacim içindeki dağılım büyüklükleri (dağılım düzgünlüğü) açısından edinilen bulgular:

- Dağılım düzgünlüğü parametrelere göre değişim gösterir.
 - Yansıma süresi (T) en düzgün dağılan parametredir.
 - Yanal enerji oranı (LEF) en az düzgün dağılan parametredir.
- Hacim geometrisi dağılım düzgünlüğünü etkiler.
 - En düzgün dağılım yelpaze planlı hacimlerde saptanmıştır.
- Dağılım düzgünlüğü hacim büyüklüğünden etkilenir
 - Küçük hacimlerde dağılım daha düzgündür.

Zamanda dağılıma ilişkin bulgular;

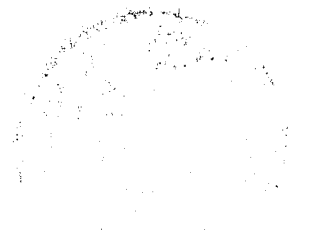
- Ortalama parametre değerleri arasında belirgin zamansal ilişkiler görülmektedir.
- Dinleyici platformu üzerinde zamansal dağılım gelişigüzeeldir.

Noktada dağılıma ilişkin bulgular;

- Noktada dağılım yansıma süresinden etkilenir.
 - Yansıma süresi uzadıkça noktada dağılım ilişkileri güçlenir.
- Dinleyici platformu üzerindeki noktalarda dağılımın düzgün olduğu söylenemez. Yani bir çok parametrede gerekli koşulların sağlandığı nokta sayısı ve uygun bölgeler değişkendir.
 - Küçük hacimlerde noktada dağılım daha kötü durumdadır.

Özetle akustik koşulların,

- **MEKANDA DAĞILIM** açısından, hem dağılım biçimleri hem de dağılım düzgünlüklerinin bir çok etkene bağlı olarak önemli değişkenlikler gösterdiği,
- **ZAMANDA DAĞILIM** açısından, ortalama değerlerde belli bir düzgünlük görülmekle birlikte hacim genelinde zamanda dağılımın gelişigüzel olduğu,
- **NOKTADA DAĞILIM** açısından ise, başta yansıma süresi olmak üzere pek çok etkene bağlı olduğu, saptanmıştır.



Bu saptamalar sonucunda, giriş bölümünde belirtilen “hacimlerin akustik değerlendirmelerinin yeterliliğinin, parametrelerin doğru saptanması ve değerlendirilmelerinin yanısıra, bunların dağılım durumlarının (düzgünlüklerinin) ortaya konmasına bağlı olduğu” savı geçerlilik kazanmış bulunmaktadır.

Bu temel sonucun yanısıra, salonların değerlendirilmesinde genel olarak yararlanılabilir nitelikteki kimi bulguların da ayrıca sunulmasında yarar görülmüştür.

- Mekanda akustik koşul dağılımının en düzgün olduğu hacimler yelpaze planlı hacimlerdir.
- Dinleyici platformunun kaynağa yakın ön bölgeleri parametrelerin noktada dağılım açısından en az uygun olduğu bölgedir.
- Parametrelerin noktada dağılım açısından en düzgün dinleyici bölgeleri yani dinleyici konumu açısından en olumlu bölgeler, kaynak ve arka duvardan uzaktaki orta bölgelerdir.
- Yansıma süresi uzadıkça parametrelerin mekanda dağılımları düzgünleşmektedir (C80 parametresi dışında).
- Dağılım düzgünlükleri genel olarak frekansa göre belirgin ayrımlar göstermemektedir.
- Yansıma süresi uzadıkça parametrelerin uygunluk oranları artmaktadır.

Yukarda belirtilen bulgu ve saptamalar, bu çalışma kapsamında ortaya konulmuş olan **mekanda, zamanda, noktada dağılım** konularının bir yandan biçimsel öte yandan sayısal ilişkilerinin, daha ayrıntılı çalışmalarla öncelikle kesinleştirilmesi ardından da bunlarla ilgili yeni ölçütler geliştirilmesi gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Biçimsel ve sayısal dağılım ilişkilerinin belirlenmesinde çalışmanın farklı yöntemlerle (öznel ve nesnel ölçmeler gibi) yinelenmesinin önemli katkıları olacağı açıktır. Öte yandan ileriki çalışmaların bu tez kapsamında yer almayan parametreler, özellikle de ses basınç düzeyi ilişkileri de gözönünde tutularak gerçekleştirilmesi uygun olacaktır.

Ortaya konan bu yeni yöntem, akustik koşul dağılımlarının oldukça ayrıntılı incelenmesi gerekliliğini gözler önüne sermektedir. Ortaya konan bu çalışmada mekanda, zamanda, noktada olarak sınıflandırılan akustik koşul dağılımlarının, herhangi birinin bundan önceki kimi çalışmalarda görüldüğü gibi, tek başına değerlendirilmesinin yeterli olamayacağı, çünkü değerlendirme dışı bırakılan dağılımların, sonuçları gözardı edilemez düzeyde etkileyeceği saptanmıştır. Bir başka deyişle, gerek hacimlerin akustik

açıdan değerdendirilmesinde, gerekse de öznel ve nesnel değerdendirmeler arasındaki ilişkinin güçlendirilmesinde, mekanda, zamanda, noktada dağılım durumlarının üçünün birden gözönüne alınması kaçınılmazdır.

Bu tezde ortaya atılarak kanıtlanan sav ve bu amaçla geliştirilen yöntem, hacim akustiğı alanındaki kuramsal çalışmalara yeni bir bakış açısı getirirken, yöntemin uygulanması sonucunda da kılğısal alanda yararlanılabilecek bulgulara ulaşılmıştır.



YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Anon., 1974. Türkçe Sözlük, Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara.
2. Anon., 1988. İmla Kılavuzu, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara.
3. Anon, 1995. "Draft International Standard, ISO/DIS 3382", International Organization for Standardization: p.p.15-19.
4. Apaydın, A., Kutsal, A., Atakan, C., 1994. Uygulamalı İstatistik, Ankara: p.p.61-66, 321-331.
5. Barron, M., 1971. "The Subjective Effects of First Reflections in Concert Halls-The Need for Lateral Reflections", Journal of Sound and Vibration, London: p.p.475-494.
6. Barron, M., 1988. "Subjective Study of British Symphony Concert Halls", Acustica 66, Great Britain: p.p.1-4.
7. Barron, M., 1993. Auditorium Acoustics and Architectural Design, E and FN SPON, London: p.p.61.
8. Barron, M., 1994. "The New measures in Concert Hall Acoustics-How Much Do They Explain", Wallace Clement Sabine Centennial Symposium, USA: p.p.185-190.
9. Barron, M., Marshall, A.H., 1981. "Spatial Impression Due to Early Lateral Reflections in Concert Halls:The Derivation of a Physical Measure", Journal of Sound and Vibration, London: p.p.211-232.
10. Beranek, L.L., 1962. Music, Acoustics and Architecture, New York: p.p.427- 567.
11. Beranek, L.L., 1990. Acoustics, The American Institute of Physics, Inc., New York: p.p.285-332.
12. Beranek, L.L., 1996. Concert and Opera Halls: How They Sound, Published for the Acoustical Society of America, USA: p.p.1-63, 411-619.
13. Blauert, J., Lindemann, W., 1986. "Auditory Spaciousness:Some Further Psychoacoustics Analyses", J.Acoust.Soc.Am. 80, USA.: p.p.533-542.

14. Conturie, 1955. *Acoustique Appliquee*, Editions Eyrolles, Paris.
15. Cremer, L., Müller, H.A., Schultz, T.J., 1982. *Principles and Applications of Room Acoustics-Volume 1*, Applied Science Publishers Ltd., Great Britain: p.p.425-435, 562, 563.
16. Croome, D.J., 1977. *Noise, Buildings and People*, Pergamon Press, Great Britain: p.p. 505-515.
17. Doelle, L.L., Arch, M., 1972. *Environmental Acoustics*, McGraw Hill, New York-London-Toronto: p.p. 49-79.
18. Duanqi, X., Zheng, W., Jinging, C., 1990. "Acoustic Design of a Reverberation Chamber, *Applied Acoustics* 32, England: p.p.83-91.
19. Duanqi, X., Zheng, W., Jinging, C., Yangang, G., 1992. "Acoustic Design of Beijing Theater, *Applied Acoustics* 37: p.p. 16-86.
20. Duquesnoy, A.J., 1983. "The Intelligibility of Sentences in Quiet and in Noise in Ages Listeners", *J.Acoust.Soc., Am.*, 74(4): 1136-1144.
21. Erdem Aknesil, A. (a), 1996. "Geçmişten Günümüze Hacim Akustiği Ölçütleri", 2.Ulusal Akustik ve Gürültü Kongresi", Antalya: p.p.224-231.
22. Erdem Aknesil, A. (c), 1996. "Mimari Tasarım Aşamasında Hacim Akustiği Açısından Bilgisayar Programlarının Önemi", *Yapılarda Akustik Sorunlar ve Çözüm Önerileri Semineri*, YTÜ, İstanbul: p.p.1-6.
23. Fischetti, A., Hemim, Y., Jouhaneau, J., 1992. "Relation between Subjective Spatialisation, Geometrical Parameters and Acoustical Criteria in Concert Halls", *Applied Acoustics* 37, Great Britain: p.p.233-247.
24. Fischetti, A., Jouhaneau, J., 1992. "In Influence of First Reflection Distribution on the Quality of Concert Halls", *Applied Acoustics* 35, Great Britain: p.p.233-245.
25. Gade, A.C., 1989. *Acoustical Survey of Eleven European Concert Halls*, Publication No:44, The Acoustics Laboratory, Techn. Univ. of Denmark, Denmark: p.p.12-126.
26. Ginn, K.B., 1978. *Architectural Acoustics*, Brüel and Kjaer, Denmark: p.p.34-61.
27. Hall, D.E., 1987. *Basic Acoustics*, John Wiley and Sons Inc., Singapore: p.p.183-205.
28. Harris, C.M., 1979. *Handbook of Noise Control*, McGraw-Hill Book Company, USA: p.p.(4-6).
29. Harris, C.M., 1994. *Noise Control in Buildings*, McGraw-Hill, Inc., USA: 4.1-4.2.

30. Hoke, J.R., 1988. Architectural Graphic Standards, John Wiley and Sons, USA.: p.p.33-38.
31. Hyde, J.R., 1994, "Development of Modern Room Acoustic Parameters from Sabine's Reverberation Theory; The Role of Acoustical Measurements in Design Criteria for Auditoria", Wallace Clement Sabine Centennial Symposium, USA.: p.p.199-202.
32. İpek, M., 1994, Betimsel İstatistik, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul:p.p.160-178, 212-239.
33. Karabiber, Z., 1984. Hacim Akustiğinde Yeni bir Yaklaşım, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, Yıldız: p.p.41-50, 61-130.
34. Karabiber, Z., 1987. Konuşmanın Anlaşılabilirliğinin Hesap ve Ölçme Yolu ile Belirlenmesinin Tarihsel Gelişimi ve Rastı Ölçme Yönteminin Tanıtılması, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, Yıldız: p.p.80-86.
35. Karabiber, Z., 1990. Oditoryum Akustiği Ders Notları, YTÜ, Yapı Fiziği Bilim Dalı Doktora Programı, İstanbul.
36. Karabiber, Z., 1991. Mimari Akustikle İlgili Başlıca Tanım, Terim, Formül ve Büyüklükler, Y.Ü.Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, İstanbul: p.p. 12-27
37. Karabiber, Z., 1992. Mimari Akustikte Ses Ölçmeleri, YTÜ Yayınları, İstanbul: p.p.132-141.
38. Kinsler, L.E., Frey, A.R., Coppens, A.B., Sanders, J.V., 1982. Fundamentals of Acoustics, John Wiley and Sons, New York: p.p.331.
39. Lam, Y.W., 1993. "On the Modelling of Auditorium Acoustics, Part II:The Validation of a Hybrid Computer Model", J.Acoust.Soc.Am., USA: p.p.1-18.
40. Lewers, T., 1993. "A Combined Beam Tracing and Room Acoustics, Applied Acoustics 38, Great Britain: p.p.161-178.
41. Maekawa, Z., Lord, P., 1994. Environmental and Architectural Acoustics, E and FN SPON, London: p.p.74-111.
42. Marshall, L.G., 1994. " An Acoustics Measurement Program for Evaluating Auditoriums Based on the Early/Late Sound Energy Ratio", J.Acoust.Soc.Am. 96, USA: p.p.2251-2261.
43. Morimoto, M., Maekawa, Z., 1988. "Effects of Low Frequency Components on Auditory Spaciousness", Acustica 66, Great Britain: p.p.190-196.

44. Morse, P.M., Ingard K.U., 1986. Theoretical Acoustics, McGraw-Hill, Inc., USA: p.p.578, 579.
45. Nabelek, A.K., Robinson, P.K., 1982 "Monaural and Binaural Binaural Speech Perception in Reverberation for Listeners of Various Ages", J. Acoust. Soc. Am., 71(5), USA: p.p.1245-1246.
46. Naylor, G., 1992, "Treatment of Early and Late Reflections in a Hybrid Computer Model for Room Acoustics", 124th ASA Meeting, New Orleans: p.p.1-11.
47. Naylor, G., 1993. "ODEON-Another Hybrid Room Acoustical Model", Applied Acoustics 38, Great Britain: p.p.131-143.
48. Naylor, G., Rindel, J.H., 1992, "Predicting Room Acoustical Behaviour with the ODEON Computer Model", 124th ASA meeting, New Orleans: p.p.1-16.
49. Naylor, G., Rindel, J.H., 1994. Odeon Room Acoustics Program, Version 2.5, User Manual, The Acoustics Laboratory, Techn. Univ. of Denmark, Denmark: p.p.1-97.
50. Neufert, E., 1983. Yapı Tasarımı Temel Bilgileri, Güven Yayıncılık: p.p.401-402.
51. Parker, S.P., 1988. Acoustics Source Book, McGraw Hill Book Company: p.p.175-176.
52. Parkin, P.H., Humphrays, H.R., Cowell, J.R., 1979. Acoustics Noise and Building, Faber and Faber, Great Britain: p.p.39-47.
53. Pelorson, X., Vian, J.P., Polack, J.D., 1992. "On the Validity of Room Acoustical Parameters: Reproducibility and Statistical Validity", Applied Acoustics 37, Great Britain: p.p.175-198.
54. Pirn, R., 1992. "Some Objective and Subjective Aspects of Three Acoustically Variable Halls", Applied Acoustics 35, Great Britain: p.p.221-231.
55. Rettinger, M., 1973. "Acoustic Design and Noise Control", Chemical Publishing Co., Inc., New York: p.p.86-111, 373-381.
56. Rettinger, M., 1988. Handbook of Architectural Acoustics and Noise Control, Tab Professional and Reference Books, USA: p.p.198-215.
57. Rindel, J.H., 1993, "Modelling the Angle-Dependent Pressure Reflection Factor", Applied Acoustics, Elsevier Science Publishers Ltd., Great Britain: p.p.223-234.
58. Rindel, J.H. (a), 1995. "Diffusion of Sound in Rooms-An Overview", 15th International Congress of Acoustics Trondheim, Norway: p.p.1-7.
59. Rindel, J.H. (b), 1995, "Computer Simulation Techniques for Acoustical Design of Rooms", Acoustics Australia, Australia: p.p.1-12.

60. Rindel, J.H., Christensen, C.L., 1995. "An Auralization Tool for Studying the Interaction Between Room and Music", 2nd International Conference on Acoustics and Musical Research, Italy: p.p. 1-6.
61. Rindel, J., Lynge. C., Naylor, G., Rishoj, K., 1994. "The Use of A Digital Audio Mainframe for Room Acoustical Auralization", 96th Convention, Amsterdam: p.p.1-10.
62. Sirel, Ş., 1980. Yapı Akustiği I, İDMMA Basımevi, İstanbul: p.p.3-72.
63. Sirel, Ş., 1981. Hacim Akustiğinde Yansıma Süresi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İDMMA Basımevi, İstanbul: p.p.1-4.
64. Sirel, Ş., 1982. Genel Hacim Akustiği Ders Notları, YTÜ Yapı Fiziği Bilim Dalı, Yüksek Lisans Programı, İstanbul.
65. Templeton, D., Saunders, D., 1987. Acoustic Design, Architectural Press, London: p.p. 56-69.
66. White, F.A., 1975. Our Acoustics Environment, John Wiley and Sons, Inc., U.S.A.: p.p.82-92.
67. Vorländer, M., 1989. "Simulation of The Transient and Steady State Sound Propagation in Rooms Using a New Compined Ray-Tracing Image Source Algorithm", J.Acoust.Soc.Am., 86, USA.
68. Vorländer, M., 1995. "International Round Robin on Room Acoustical Computer Simulations", 15th International Congress of Acoustics, Norway: p.p.1-4.
69. Yanz, J.L., Anderson, S.M., 1984. Comparision of Speech Perception Skills Young and Old Listeners, Ear and Hearing, Vol.5, No.3:p.p.134-137.
70. Yüğrük, Neşe., 1994. Konuşma Amaçlı Hacimlerde İşitsel Duyarlılık Ayrımlarının Anlaşılabilirlik Üzerindeki Olumsuz Etkilerini Ortadan Kaldıracak Hacim Akustiği Koşullarının Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İstanbul: p.p.34-49.

EK 1. TEZ ÇALIŞMASINDA KULLANILAN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERE İLİŞKİN BİLGİLER

Tez kapsamında, değişik istatistiksel hesaplama yöntemlerinin kullanımını gerektiren başlıca iki tür çalışmadan söz edilebilir. Bu çalışmalardan birisi, akustik parametrelerin, hacimler içinde belirlenen örnek konum noktaları arasındaki değişimlerinin ortaya konmasına yöneliktir. Diğer inceleme ise, gerek akustik parametre değerleri gerekse diğer birtakım sayısal büyüklükler arasındaki ilişkilerin saptanmasına yönelik olmuştur. Bu iki değişik araştırma biçiminde, birbirinden farklı iki istatistiksel belirlemeden yararlanılmıştır.

Tez çalışmasının bu ek bölümünde,

- Standart sapma ve değişim katsayısı ile
- Korelasyon katsayısı

olarak sıralanabilen ve saptamalarda oldukça yararlı olan iki istatistiksel büyüklük konusunda özet bilgilere yer verilmektedir. Ayrıca, yine tez içindeki grafiklerde kullanılan regresyon doğruları kısaca açıklanmaktadır.

Standart Sapma ve Değişim Katsayısı:

Standart Sapma: Bir dağılımın düzgünlüğünü araştırmak için, değerlerin birbirinden ne derece uzaklaştıklarını aramak yerine, bir ortalamadan ne derece ayırım gösterdikleri ya da saptıkları araştırılabilir. Bu durumda ilk karşılaşılan sorun, hangi ortalamaya göre sapmaların hesaplanacağıdır. Mantıksal işlemlere elverişli olma, fazla oynak olmama (yani dağılımda yer alan sayıların birinin diğerlerinden belirgin farklılık göstermesi durumunun ortalamayı fazla değiştirmemesi) gibi özellikler istatistiksel tüme varımda aranan birtakım olumlu yönleri nedeni ile, ilk düşünülecek ortalama, aritmetik ortalama değildir. Ancak aritmetik ortalama sapmaların cebirsel toplamı daima sıfır olacağından, bu sorun ya mutlak sapmaların toplamı ya da sapmaların karelerinin toplamı alınarak çözümlenebilmektedir. Bu nedenlerle, ilk olarak değinilen ortalama

sapma bir yana bırakılarak, kareli ortalama sapma bir başka deyişle standart sapma ile işlem yapılması daha uygun bulunmuştur.

Cebirsel işlemlere elverişli bir ortalama dağılım ölçüsü bulmak için kullanılabilecek en uygun yöntem aritmetik ortalamadan sapmaların kareli ortalamasını almaktadır. İstatistiksel tüme varımda çok önemli bir yeri olan bu ölçü için;

- standart sapma (σ) ya da
- tipik sapma

terimleri kullanılmaktadır. N adet değeri bulunan bir dağılımın standart sapması Denklem E.1.1'den yararlanılarak bulunabilmektedir (İpek, 1994).

$$\sigma = (\sum((x_i - x_o)^2)/N) \quad \text{E.1.1.}$$

- x_i : Dağılımdaki her bir i değeri
 x_o : Dağılımdaki değerlerin aritmetik ortalaması
N : Dağılımdaki değerlerin toplam sayısı

Standart sapmaların önemli iki karakteristik özelliğinden söz edilebilmektedir;

- Standart sapma gibi mutlak ölçüler, dağılımda yer alan ölçü birimi ile ifade edilirler. Yani standart sapmanın birimi, değerlerin birimi ile aynıdır. Örneğin yansıyım süresinin dağılımı inceleniyorsa, dağılımdaki değerlerin saniye olması durumunda, standart sapma birimi de saniye olmaktadır.
- Dağılımdaki sayısal değerler ne denli küçük olurlarsa, standart sapma aralıkları da o denli dar, ortalama çevresinde toplanma da o kadar fazla olarak görünür.

Standart sapmaların açıklanan bu iki karakteristik özelliğine bağlı olarak ortaya çıkan bir takım sakıncalar bulunmaktadır. Bu sakıncalardan ötürü farklı dağılımlar arasında karşılaştırma yapılarak çok sağlıklı sonuçlar elde edilememektedir;

- Dağılımdaki standart sapmalardaki birimler, değişkenlerle aynı türdendirler. Aynı hacimdeki, birimi saniye olan T, dB olan C80 ve milisaniye olan TS ve birimsiz olan LEF dağılımlarının standart sapmalarının birbirleri ile karşılaştırılması çok sağlıklı sonuçlar vermemektedir.
- İki dağılıma ilişkin ölçü birimleri aynı bile olsa, sayısal büyüklükleri arasında çoğunlukla belli farklar olacağından karşılaştırma sonuçları yine çok tutarlı olamamaktadır. Çünkü terimler aynı da olsa, sayısal değerleri daha büyük olan

dağılımlarda, standart sapma genellikle daha büyük çıkabilmektedir. Başka değişle, söz konusu ölçüler, dağılım içindeki değerlerin büyüklüklerinin etkisi altında kalmaktadırlar. Örneğin, T dağılımındaki değerlerin EDT dağılımındaki değerlerden genellikle daha büyük çıkabileceği söylenebilmektedir. Bunun sonucu olarak, elde edilen standart sapmalar da bundan etkilenmektedir.

Değişim katsayısı: Bir dağılımda değerler arasındaki uzaklıkları saptamak ve dolayısıyla dağılım düzgünlüklerini belirlemek amacı ile oluşturulmuş olan standart sapmaların, değerleri yakın ya da aynı olmayan dağılımlar ile birimleri farklı dağılımlar arasında karşılaştırma yapılmasına uygun olmayışı nedeni ile genel olarak dağılım katsayıları adı verilen boyutsuz ölçüler kullanılmaktadır. Bu alanda kullanımı en yaygın olanı Değişim Katsayısı (DK)'dır. Yüzde olarak ifade edilen bu katsayı Denklem E.1.2. yardımı ile hesaplanabilmektedir.

$$DK = (\sigma_x / x_0) \times 100$$

E.1.2.

DK : Değişim katsayısı (%)

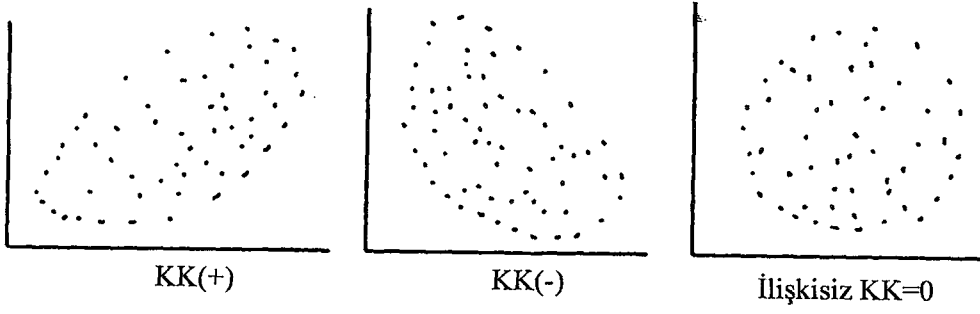
σ_x : Bir X dağılımının standart sapması

x_0 : Dağılımdaki tüm değerlerin aritmetik ortalaması

Korelasyon Katsayısı:

İki ya da daha çok sayıda değişken arasındaki ilişkinin derecesini belirlemek için korelasyon katsayısı (KK)^(*) denilen istatistiksel bir büyüklüğe başvurulmaktadır. İki değişkenin her ikisi de aynı yönde değişim gösteriyorsa, aralarındaki ilişki pozitif ve korelasyon katsayısının işareti artı (+) olur. Değişkenlerin biri artarken diğeri azalıyorsa ilişki negatiftir ve korelasyon eksi (-) işaretlidir. Değişkenler arasında negatif ya da pozitif yönde bir ilişki yoksa bu durumda korelasyon katsayısı sıfırdır. Diğer bir değişle değişkenler arasında ilişki yoktur. Bu durumlar Şekil E.1.1a, Şekil E.1.1b. ve Şekil E.1.1c'deki serpilme diyagramları üzerinde yer almaktadır. Korelasyon katsayıları +1 ile -1 arasında değerler almaktadır.

(*) Korelasyon katsayısını sembolize etmek için en yaygın olarak kullanılan simge 'r' dir. Ancak tez çalışması kapsamında, yansıtma çarpanı da 'r' harfi ile ifade edildiğinden korelasyon katsayısı 'KK' harfleri ile gösterilecektir.



Şekil E.1.1. Değişkenler arasında negatif ve pozitif yönde ilişkilerin olması ve ilişki bulunmaması durumlarının serpilme diyagramları üzerinde gösterimi

Korelasyon katsayısını veren denklemlerden en çok kullanılanı Denklem E.1.3'de yer almaktadır (İpek, 1994). Denklemden görüldüğü gibi x ve y dağılımlarının birbiri ile ilişkisi, dağılımdaki değerler ile dağılım ortalamaları arasındaki ayrıma bağlı olarak belirlenmektedir.

$$KK = [\Sigma(x_i - x_o)(y_i - y_o)] / [\Sigma(x_i - x_o)^2 \Sigma(y_i - y_o)^2]^{1/2} \quad \text{E.1.3.}$$

- x_i : x dağılımındaki i. eleman
 y_i : y dağılımındaki i. eleman
 x_o : x dağılımının aritmetik ortalaması
 y_o : y dağılımının aritmetik ortalaması

Regresyon Doğrusu:

İki değişken grubu arasındaki değerlerin ilişkilerine bağlı olarak elde edilen ortalama doğru ya da eğriye regresyon doğrusu ya da eğrisi adı verilmektedir. İki değişken grubundaki her bir değişkenin yer aldığı serpilme diyagramları (Bkz. Şekil E.1.1) üzerinde doğrusal olduğu açıkça görülebilen bir ilişki regresyon doğrusu ile daha basit ve ortalama olarak ifade edilebilmektedir (Bkz.Şekil 4.45(a)-Şekil 4.45(f), Şekil 4.48(e), Şekil 4.48(f), Şekil(h)). Regresyon doğruları değişik bilgisayar programları ile hesaplanabilmekte ve çizilebilmekle birlikte hesaplama yöntemine de kısaca yer verilmesi uygun görülmüştür. Regresyon doğrusunu hesaplamakta kullanılan, doğrunun apsis (x) ve ordinat (y) değerlerini veren eşitlik Denklem E.1.4'de yer almaktadır (İpek, 1994).

$$y = a + b_{y/x}x \quad \text{E.1.4.}$$

- y : ordinat ekseni değerleri
 x : apsis ekseni değerleri
 a, b : doğru denklemini veren katsayılar (Denklem E.1.5 ve Denklem E.1.6'da yer almaktadır).

$$a = [\Sigma y_i \Sigma x_i^2 - \Sigma x_i \Sigma x_i y_i] / [n \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2] \quad \text{E.1.5.}$$

$$b = [n \Sigma x_i y_i - \Sigma x_i \Sigma y_i] / [n \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2] \quad \text{E.1.6.}$$

Σy_i = y dağılımındaki değerlerin toplamı

Σx_i^2 = x dağılımındaki değerlerin karelerinin toplamı

Σx_i = x dağılımındaki değerlerin toplamı

$\Sigma x_i \Sigma y_i$ = x ve y dağılımındaki değerlerin toplamlarının çarpımı

$(\Sigma x_i)^2$ = x dağılımındaki değerlerin toplamlarının karesi

$\Sigma x_i y_i$ = x ve y dağılımlarındaki değerlerin birbirleri ile çarpımlarının toplamı

Tez çalışmasında yer alan istatistiksel analizler, Windows 95 altında çalışan Excel programından yararlanılarak yapılmıştır.



EK 2. DEĞERLENDİRME KAPSAMINA ALINAN HACİMLERİN SİMETRİKLİĞİ KONUSUNDA YAPILAN İNCELEME

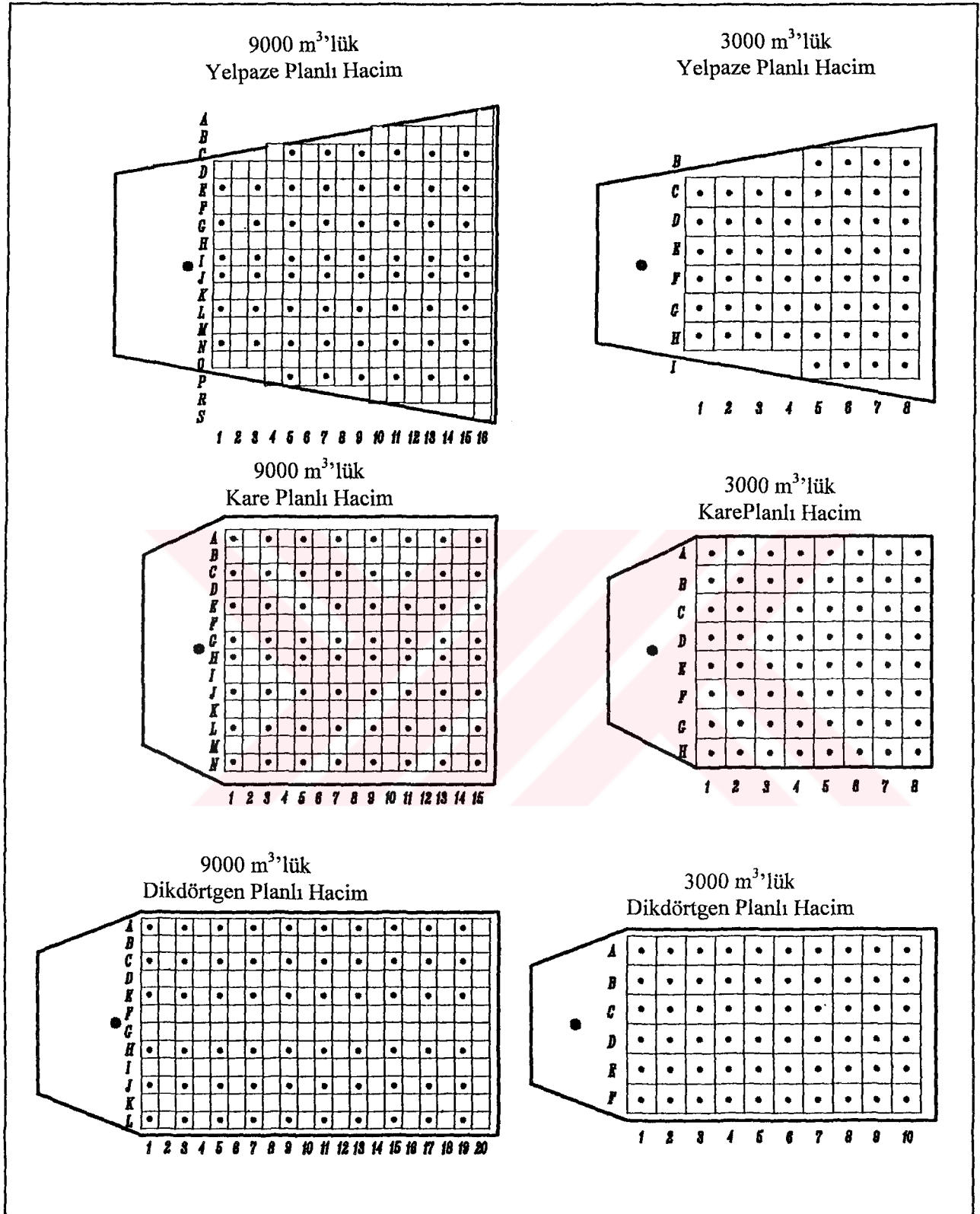
Tez çalışması kapsamında değişik açılardan akustik değerlendirmesi yapılan hacimlerde, dinleyici platformu üzerinde alınan örnek konum noktaları, simetrik bir dağılım göstermektedir. Bu noktalar için belirlenen akustik parametrelerin de simetrik özellik gösterip göstermediği konusunda bir inceleme yapılmıştır. Bu inceleme sonucunda, hacmin simetrik noktalarındaki parametre değerlerinin de simetrik olduğu saptanmıştır. Sonuca varabilmek için, hacimlerde seçilen simetrik nokta çiftleri üzerinde bir irdeleme yapılmış, tam simetriklikten sapmaların ne oranda olduğu ortaya konmuştur.

Şekil E.2.1'deki krokilerde, seçilen değişik büyüklük ve geometrilerdeki altı hacmin, dinleyici platformları üzerinde yapılan simetriklik incelemelerinde kullanılan noktalar işaretlenmiştir. Simetriklik incelemesine, 3000 m³'lük hacimlerde tez çalışmasında değerlendirmeye alınan tüm örnek konum noktaları dahil edilirken, 9000 m³'lük hacimlerde nokta sayısının çok fazla olması ve alınacak daha az sayıdaki noktanın da sonuca ulaşılmasını sağlayacağı düşünülerek belli noktalar seçilmiştir. Simetriklik incelemesi;

- Parametrelere,
- Hacim geometri ve büyüklüklerine,
- Frekanslara ve
- Yutuculuk değişimlerine

göre ayrı ayrı yapılmıştır.

İki simetrik noktadaki parametre değerleri arasındaki farkların toplamına bölümü ile simetri farkları yüzde olarak ifade edilmiştir. Bulunan bu sonuçlar, noktaların tam simetriklikten, yüzde olarak ne kadar uzaklaştığını göstermektedir.



Şekil E.2.1. Simetriklik incelemesine alınan örnek konum noktaları
(İncelemeye alınan dinleyici konum noktaları (•) sembolü ile gösterilmiştir.)

Bu EK bölümde, 16 değişik yutuculuk özelliğindeki hacim içinden seçilen, yansıma süresi uzun ve kısa sayılabilecek U2 ve O2 hacimleri kullanılmıştır. Bu hacimler ile ilgili yutuculuk özellikleri Bölüm 3.2.1.3'de yer almaktadır.

Çalışma sonucunda, simetrik noktalarda parametre değerleri açısından da simetriklik olup olmadığının ortaya konulmasının yanısıra;

- Parametreler arası simetriklik sıralamasının yapılması,
- Frekanslara göre simetriklik durumu ve varsa ayrımların ortaya konulması,
- Yansıma süresinin uzunluğu ile simetriklik değişim ilişkisinin saptanması,
- Simetrik noktalar arasındaki uzaklığın simetrikliği ne oranda etkilediğinin belirlenmesi,
- Kaynak-örnek konum noktası uzaklığına göre, noktaların simetrikliklerindeki değişimlerin irdelenmesi

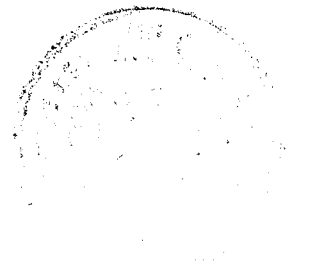
yapılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına, izleyen paragraflarda kısaca yer verilmiştir. Elde edilen tüm değerleri içeren tabloların, tez içerisinde çok yer kaplayacağı ve yalnızca uygun bir kaç örneğin sunulmasının yeterli olabileceği düşünülerek izleyen bölümlerdeki inceleme sonuçlarında çalışma boyunca elde edilen tüm sayısal değerler yer verilmemiştir.

Parametreler Arası Simetriklik Sıralamasının Yapılması:

T, EDT, C80, TS ve LEF parametreleri arasında yapılan incelemeye göre, Yansıma Süresi(T)'nin simetriklik ayrımlarının en fazla olduğu yani en az simetrik olduğu saptanmıştır. LEF parametresi ise hemen hemen tam simetrik bulunmuş, simetriklik ayrımları çok küçük istisnalar dışında sürekli olarak %0 olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, parametreler arası simetriklik durumlarını ortaya koyan çalışma sonuçları da dahil olmak üzere tüm çalışmalar için bu parametre ile ilgili sonuçların verilmesi gerekli görülmemiştir. Simetrikli açısından ikinci en iyi durumdaki parametre ise Netlik(C80) parametresidir. Bu parametreyi EDT ve TS parametreleri izlemektedir.

Tablo E.2.1'de birbirinden belli uzaklıklardaki simetrik nokta çiftleri için belirlenen simetriklik ayırım ortalamaları yüzde olarak yer almaktadır. Şekil E.2.1'den de görüldüğü gibi,

- 9000 m³'lük yelpaze hacim için, A-N, C-L, E-J ve G-H,
- 9000 m³'lük kare hacim için, A-N, C-L ve E-J,
- 9000 m³'lük dikdörtgen hacim için, A-L, C-J ve E-H,
- 3000 m³'lük yelpaze hacim için, B-I, C-H, D-G ve E-F,



- 3000 m³'lük kare hacim için, A-H, B-G, C-F ve D-E,
- 3000 m³'lük dikdörtgen hacim için, A-F, B-G ve C-D

nokta çiftleri geometrisel olarak simetriklerdir.

Sonuçların frekanslara ve hacimlere göre belirgin ayrımlar göstermediği saptanmış, frekanslara göre ortalama olarak 9000 m³ büyüklüğündeki hacimlerden örnekler sunulması uygun bulunmuştur.

Tablo E.2.1. 9000 m³'lük yelpaze hacimde parametreler arası simetriklik ayrım sıralaması

Yelpaze 9000 m ³		A-N ayrımı %	C-L ayrımı %	E-J ayrımı %	G-H ayrımı %
T	U2	5	5	5	5
	O2	3	4	3	3
C80	U2	2	2	3	2
	O2	3	3	3	3
EDT	U2	3	2	2	1
	O2	2	1	1	0
TS	U2	3	2	1	0
	O2	2	1	1	0

Tablo E.2.2. 9000 m³'lük kare hacimde parametreler arası simetriklik ayrım sıralaması

Kare 9000 m ³		A-N ayrımı %	C-L ayrımı %	E-J ayrımı %
T	U2	7	6	6
	O2	8	5	6
C80	U2	6	2	3
	O2	2	3	4
EDT	U2	2	3	4
	O2	6	1	2
TS	U2	2	2	2
	O2	2	2	2

Tablo E.2.3. 9000 m³'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası simetriklik ayırım sıralaması

Dikdörtgen 9000 m ³		A-L ayırımı %	C-J ayırımı %	E-H ayırımı %
T	U2	6	6	5
	O2	8	7	6
C80	U2	5	6	5
	O2	4	5	3
EDT	U2	3	2	1
	O2	2	2	1
TS	U2	5	2	1
	O2	4	1	1

Frekanslara Göre Simetriklik Durumu ve Varsa Ayrımların Ortaya Konması

Değişik geometri ve büyüklüklerdeki değişik yansıma sürelili tüm hacimlerde, belirlenmiş olan simetrik nokta çiftlerinde, frekanslara göre yapılan simetriklik incelemelerinde, simetrikliğin belirgin bir değişim göstermediği görülmektedir. Bu değerlendirmenin sonuçlarına ilişkin örnekler, 9000 m³'lük kare hacim için Tablo E.2.4'de sunulmaktadır. Bu tablolarda, değişik dinleyici kolon çiftlerinde, kaynaktan farklı uzaklıkta yer alan örnek konum noktaları için elde edilen simetriklik ayrımlarının ortalamaları yer almaktadır. Yani, 9000 m³'lük kare hacimde, A-N, C-L ve E-J dinleyici kolon çiftleri bulunmaktadır (Bkz.Şekil E.2.1) ve örneğin A-N kolon çiftindeki ayırım;

A1-N1, A3-N3, A5-N5, A7-N7, A9-N9, A11-N11, A13-N13 ve A15-N15 dinleyici konum nokta çiftlerindeki simetriklik ayrımlarının bir ortalamasıdır.

Tablo E.2.4. Frekanslara göre simetriklik ayrımlarını ortaya koymaya yönelik değerlendirme sonuçlarından alınan 9000 m³'lük kare hacim için U2 ve O2 örneği (T, C80, EDT, TS parametreleri için)

T Ortalama ayrımları							
U2 (T'si uzun)				O2 (T'si orta uzun)			
Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)			Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)		
	A-N	C-L	E-J		A-N	C-L	E-J
125	6	5	5	125	7	3	5
250	5	5	4	250	7	5	6
500	7	5	8	500	5	5	6
1000	8	10	7	1000	8	4	7
2000	5	5	8	2000	11	4	6
4000	10	4	4	4000	10	6	4
ORT	4	2	4	ORT	4	2	9
C80 Ortalama ayrımları							
U2 (T'si uzun)				O2 (T'si orta uzun)			
Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)			Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)		
	A-N	C-L	E-J		A-N	C-L	E-J
125	5	4	4	125	3	2	3
250	5	3	5	250	2	3	4
500	3	1	1	500	2	3	5
1000	3	3	2	1000	2	4	5
2000	3	0	1	2000	2	2	5
4000	16	1	2	4000	2	3	4
ORT	4	1	2	ORT	2	2	4
EDT Ortalama ayrımları							
U2 (T'si uzun)				O2 (T'si orta uzun)			
Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)			Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)		
	A-N	C-L	E-J		A-N	C-L	E-J
125	3	2	3	125	5	2	2
250	2	3	4	250	6	0	2
500	2	3	5	500	3	1	11
1000	2	4	5	1000	3	3	2
2000	2	2	5	2000	3	0	1
4000	2	3	4	4000	16	1	2
ORT	2	2	4	ORT	4	1	2
TS Ortalama ayrımları							
U2 (T'si uzun)				O2 (T'si orta uzun)			
Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)			Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)		
	A-N	C-L	E-J		A-N	C-L	E-J
125	2	2	2	125	2	2	2
250	2	1	2	250	1	1	2
500	3	2	2	500	2	1	1
1000	2	2	2	1000	2	1	2
2000	3	2	2	2000	1	1	1
4000	2	1	2	4000	1	5	1
ORT	4	1	2	ORT	1	2	1

Yansışım Süresi ile Simetrik Değişimlerinin Saptanması

Simetrik nokta çiftlerindeki simetriklik ayrımlarının, yansışım süresinin uzunluğundan nasıl etkilendikleri Tablo EK.2.5’de kısaca özetlenmektedir.

Tablo E.2.5. Yansışım Süresi ile simetriklik değişimleri konusundaki çalışmaların özet sonuçları

PARAMETRELER	Yansışım Süresi Kısaldıkça (↓)					
	YEL 9	KARE 9	DKG 9	YEL 3	KARE 3	DKG 3
	simetriklikteki değişim eğilimi					
T	↑	↑ Çoğunlukla	↑	↑	↑	↑
EDT	DEĞİŞKEN					
C80	↓	↓	↓	↓	↓	↓
TS	DEĞİŞKEN					

Tablo E.2.5’in oluşturulmasında kullanılan sayısal sonuçların bir bölümü Tablo E.2.4’de 9000 m³’lük kare hacim için görülmektedir. Başka bir örnek olarak, 3000 m³’lük dikdörtgen hacim için elde edilen sonuçlar ise Tablo E.2.6’da sunulmaktadır.

Tablo E.2.6. Frekanslara göre simetriklik ayrımlarını ortaya koymaya yönelik değerlendirme sonuçlarından alınan 3000 m³’lük dikdörtgen hacim için U2 ve O2 örneği (T, C80, EDT ve TS parametreleri için)

T Ortalama ayrımları							
U2 (T’si uzun)				O2 (T’si orta uzun)			
Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)			Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)		
	A-F	B-G	C-D		A-F	B-G	C-D
125	5	5	4	125	6	7	7
250	8	4	5	250	7	5	4
500	4	4	4	500	6	6	6
1000	5	3	4	1000	10	5	8
2000	6	7	3	2000	7	7	6
4000	9	4	5	4000	5	8	6
ORT	1	2	2	ORT	2	1	4

Tablo E.2.6'nın devamı									
C80 Ortalama ayrımları									
U2 (T'si uzun)					O2 (T'si orta uzun)				
Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)				Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)			
	A-F	B-G	C-D			A-F	B-G	C-D	
125	3	2	1		125	2	2	5	
250	4	2	2		250	1	1	1	
500	3	1	1		500	1	0	0	
1000	4	1	1		1000	2	0	0	
2000	4	1	1		2000	2	0	0	
4000	4	1	1		4000	1	1	0	
ORT	4	1	1		ORT	1	0	1	
EDT Ortalama ayrımları									
U2 (T'si uzun)					O2 (T'si orta uzun)				
Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)				Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)			
	A-F	B-G	C-D			A-F	B-G	C-D	
125	2	1	1		125	2	2	1	
250	2	2	2		250	4	1	1	
500	3	2	1		500	2	1	0	
1000	2	1	1		1000	3	0	0	
2000	2	1	1		2000	3	0	0	
4000	3	1	1		4000	2	1	0	
ORT	2	1	1		ORT	3	1	0	
TS Ortalama ayrımları									
U2 (T'si uzun)					O2 (T'si orta uzun)				
Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)				Frekans (Hz)	ORTALAMA AYRIM (%)			
	A-F	B-G	C-D			A-F	B-G	C-D	
125	2	1	1		125	1	1	0	
250	2	1	1		250	1	0	1	
500	3	1	1		500	1	1	1	
1000	3	1	1		1000	2	0	0	
2000	4	2	4		2000	2	0	0	
4000	2	1	0		4000	1	0	0	
ORT	2	1	1		ORT	1	0	0	

Simetrik Noktalar Arasındaki Uzaklık İle Simetriklik Değişimlerinin Saptanması

Simetrik nokta çiftlerine bakıldığında, çiftler arasında farklı uzaklıkların bulunduğu Şekil E.2.1'den görülmektedir. Bu uzaklık farklarının simetriklik ayırımı nasıl etkileyeceği konusunda yapılan incelemede, olması beklenen birbirine daha yakın olan nokta çiftlerinde daha düşük oranlarda ayrımların bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tablo E.2.4 ile Tablo E.2.6'daki örnek değerler, elde edilen bu sonucu açıkça ortaya koymaktadırlar.

“Kaynak-Örnek Konum Noktası” Uzaklığına Göre Noktaların Simetrikliklerindeki Değişimler

Tüm hacimlerde örnek konum noktaları krokiler üzerindeki yatay ve düşey noktalarda 2’şer metre ara ile sıralanmaktadır. Kaynağa en yakın ilk örnek konum noktası ile kaynak arası uzaklıklar ise Tablo 4.10’da yer almaktadır.

Kaynak-örnek konum noktaları arasındaki uzaklığa bağlı olarak simetriklik ayrımlarındaki değişimler konusunda oldukça ayrıntılı incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla kaynaktan belli uzaklıklardaki simetrik dinleyici çiftleri;

- 9000 m³’lük yelpaze hacim için 8,
- 9000 m³’lük kare hacim için 8,
- 9000 m³’lük dikdörtgen hacim için 10,
- 3000 m³’lük yelpaze hacim için 8,
- 3000 m³’lük kare hacim için 8 ve
- 3000 m³’lük dikdörtgen hacim için 10

adet farklı uzaklıkta bulunmaktadır. Simetriklik ayrımları konusunda elde edilen sonuçlara göre T, TS ve LEF parametreleri için, kaynak-örnek konum noktası uzaklığı ve simetriklik değişimi arasında bir bağlantı kurulamamıştır. Yani bu parametrelerde kaynaktan uzaklaştıkça, simetriklikte belirgin artma ya da azalma gibi bir eğilim saptanamamıştır.

Şekil E.2.1’de sunulan, simetriklik incelemesine alınan tüm örnek konum noktalarında, altı değişik frekans ve frekanslara göre ortalama dağılımlar için tüm parametre ve hacimlerde elde edilen çalışma sonuçlarından genel eğilim dışında saptananlar, Tablo E.2.7 ve E.2.8’de sunulmaktadır.

Tablo E.2.7. Yansışım süresi uzun U2 hacminde, kaynak-örnek konum noktası arasındaki uzaklığın simetriklik ayrımlarına etkisi

Parametreler	YEL 9	KARE 9	DKG 9	YEL 3	KARE 3	DKG 3
T	—	—	—	—	—	—
EDT	↑	—	↑	↑arka en kenarlar	↑	↑
C80	—	—	—	↑arka en kenarlar	—	↓ince frekanslarda
TS	—	—	—	—	—	

Tablo E.2.8. Yansıım süresi uzun O2 hacminde, kaynak-örnek konum noktası arasındaki uzaklığın simetriklik ayrımlarına etkisi

Parametreler	YEL 9	KARE 9	DKG 9	YEL 3	KARE 3	DKG 3
T	—	—	↑kalın sesler	—	—	—
EDT	—	—	—	—	—	—
C80	—	—	—	↓çok az	↑	—
TS	—	—	—	—	↑	—

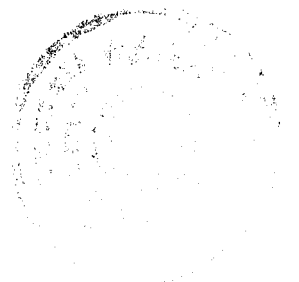
Sonuç Değerlendirme

Çalışmanın başlıca amacı, hacim içinde yer alan simetrik noktalarındaki parametrelerin de simetrik olup olmadığı konusunun ortaya konması olmuştur. Bu belirlemenin yapılmasının yanı sıra, bu simetriklik durumunun,

- Parametrelere,
- Frekanslara,
- Yansıım sürelerine,
- Simetrik noktalar arası uzaklığa ve
- Kaynaktan olan uzaklıklara

göre değişimleri de irdelenmiştir. Bu irdeleme sonuçları içinden seçilen özet sonuçlar bu ek bölüm içinde yer almaktadır.

Bu çalışmanın sonucu, en azından incelenen hacimlerde simetriklik oluşumlarının ortaya konmasını sağlamıştır. Simetriklik ayrımları, birtakım istisnalar dışında %10'u geçmemekte ve çoğunlukla %5'in altında kalmaktadır. Bu da noktaların simetrik sayılabilmesi açısından yeterli bulunmuştur. Bu çalışmanın yapılması ve hacim noktalarının parametre değerleri açısından simetrik olduğunun ortaya konulması sonucundan yararlanılarak, bu tezde hacimler üzerinde yapılan tüm değerlendirmelerde hacmin simetrik olan bir yarısındaki değerler kullanılmış ve hacmin tümüne uyarlanmıştır.



EK 3. TEZ ÇALIŞMASINDA YARARLANILAN HACİM AKUSTİĞİ SİMULASYON PROGRAMINA İLİŞKİN BİLGİLER

25 yılı aşkın bir süre önce, Krakstad, Stam ve Sorsda adlı akustikçilerin hacim akustiği bilgisayar programları üzerine başlattıkları çalışmalar, günümüze değin büyük bir aşama kaydetmiştir. Hacim akustiğinde, araştırma, ticari ve bilgi edinme amaçlarıyla kullanılan çok sayıda simülasyon^(*) programından yararlanılmaktadır.

Günümüzde, hacim akustiği kriterlerinin geleneksel yöntemler ile hesaplanmasının ya da ölçekli modeller üzerinde yapılabilen incelemeler yerini bilgisayar programlarına bırakmaya başlamışlardır. Bu değişimin başlıca nedenleri;

- daha ayrıntılı ve tekrarlanabilir incelemelerin yapılabilmesi,
- daha kısa sürede sonuca ulaşabilme,
- tasarım aşamasında iken tüm olasılıkların incelenerek akustik belirlemelerin yapılabilmesi

olarak sıralanabilmektedir.

Simülasyon programlarının oluşturulmasında farklı yöntemler kullanılmaktadır. En genel anlatımla programlarda, hacmin üç boyutlu olarak incelenmesi ve görüntülenmesini sağlayan verilerin girilmesinden sonra ses kaynağından çıkan ışınların zaman içindeki değişimlerinin izlenmesi amaçlanmaktadır. Gerçek duruma en yakın olması hedeflenen bir hacmin içinde ilerleyen ses ışınları, Bölüm 2.5’de de ayrıntılı olarak yer aldığı gibi başlıca üç değişik yöntemle elde edilmektedir;

- Işın diyagramları yöntemi (Ray-tracing method)’nde kaynaktan çıkan ve çok değişik doğrultulara yayılan ses ışınları kullanılmaktadır. Bu yöntemde, bir yüzeye çarpan ses ışını, enerjisinin bir bölümünü kaybederek, yeni bir doğrultuya yansımaktadır.

(*) Bir sistem ya da olayın ne şekilde çalışıp, ne şekilde gelişeceğini önceden göstermek için düzenlenen programlardır.

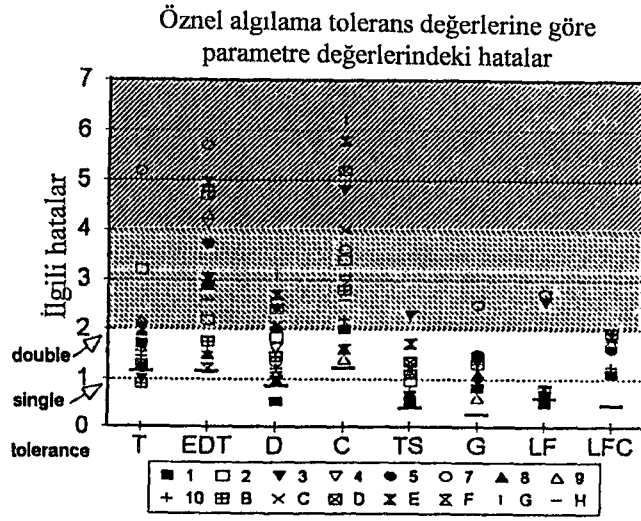
- Görüntü kaynak yöntemi (The image source method), doğrultulu bir yansımanın yansıtıcı bir yüzey düzlemi içinde, kaynağın geometrik olarak görüntüsünün oluşturulması ilkesine dayanmaktadır.
- Bileşik yöntem (Hybrid method)'de ışın diyagramı ve görüntü kaynak yönteminin olumlu ve olumsuz yönlerinin incelenmesi ve gerekli değişikliklerin yapılmasından sonra oluşturulmuş daha ileri düzeyde bir değerlendirme biçimi söz konusudur.

Genel olarak, akustik koşulların hacimler içindeki dağılımlarının irdelenmesinin amaçlandığı tez çalışmasında, değerlendirme kapsamına alınan yelpaze, kare ve dikdörtgen geometrisi olan 3000 ve 9000 m³'lük hacimlerin seçilen örnek konum noktalarındaki akustik parametreler, Bileşik yöntem'den yararlanılarak çalışan Odeon 2.5 Hacim Akustiği Simulasyon Program'ından yararlanılarak saptanmıştır. Bu program, Danimarka Teknik Üniversitesi, Akustik Laboratuvarında geliştirilmiş olup yenileştirme çalışmaları halen devam etmektedir.

Odeon 2.5 Hacim Akustiği Simulasyon Programı'nın geçerliliği:

Günümüzde çok değişik amaçlarla ortaya konan simulasyon programlarının sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Ancak bu artışın yanısıra, kullanıma giren simulasyon programlarının güvenilirliği konusunda pek fazla araştırma ve çalışmaya yer verilmediği görülerek, Alman Akustikçiler Derneği (German Acoustics Society-DEGA)'nın önerileri doğrultusunda, avrupalı akustikçilerden oluşan bir grubun yürüttüğü bir çalışma yapılmıştır. Simulasyon programlarının geçerliliğinin denetlenmesi amacı ile yapılan çalışmaya değişik simulasyon programları katılmıştır. Programların bir bölümü, Catt, dBRay, Epidaure, Ramsete, Ray, Raynoise, Raypid, Odeon gibi ticari programlar, diğer bir bölümü de ticari bir adı olmayan araştırma ve geliştirmeye yönelik programlardır.

Çalışma, geometrik özellikleri ve yutuculukları belirlenen belli bir hacmin tüm verilerinin katılımcılara ulaştırılması ile başlamıştır. Çok sayıdaki simulasyon programı, çok sayıda kişi tarafından aynı hacim üzerinde kullanılmış ve elde edilen sonuçlar, gerçek durum ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bilimsel bir çalışma olması nedeni ile incelenen simulasyon programlarının adları açık olarak raporlarda belirtilmemektedir. Ancak kendi yaratıcıları tarafından Odeon 2.5'in 8 numaralı hacim olduğu belirtilmektedir. Hesaplanan parametrelerin öznel tolerans sınırları içinde yer aldığı ölçme sonuçları Şekil E.3.1'de yer almaktadır.



Şekil E.3.1. Duyarlılıkları incelenen simülasyon program sonuçlarının öznel tolerans aralıklarında bulundukları yerler (Vorländer, 1995).

Şekil E.3.1'e göre 8 numaralı Odeon 2.5 simülasyon programı ölçme sonuçlarının tümünün birinci tolerans sınırları içinde kaldığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre hesaplanan programın tutarlılık yüzdesi ise, F harfi ile belirtilen programdan sonra %72 ile ikinci gelmektedir (Bkz. Tablo 3.1).

Tablo E.3.1. Duyarlılıkları incelenen simülasyon program sonuçlarının tutarlılık yüzdesi (Odeon 2.5, 8 numara ile gösterilmektedir) (Vorländer, 1995).

PROGRAM KODU	TUTARLILIK YÜZDESİ
1	69
2	42
3	22
4	42
5	57
7	15
8	72
9	50
10	58
B	50
C	25
D	25
E	43
F	75
G	17
H	13

Odeon 2.5 Simulasyon Programı İle Elde Edilen Sonuçlar:

Programdan yararlanılarak, bir hacmin akustik koşullarının saptanması ile ilgili olarak ortaya konabilecek sonuçlar,

- Yansıma süresinin belirlenmesi,
- Işınal analizler,
- Noktasal analizler,
- Bölgesel analizler

olmak üzere başlıca dört başlık altında toplanabilmektedir.

I. Yansıma süresinin belirlenmesi:

Program yansıma süresi parametresini formül ve simulasyon yöntemlerini kullanarak değişik biçimlerde hesaplama özelliğine sahiptir. Odeon 2.5’de yansıma süresi parametresi,

- Sabine formülü ile,
- Eyring formülü ile,
- Modified Sabine ve Modified Eyring adını verdiği formüllerle (bu iki hesaplama yönteminde, Sabine ve Eyring formülü içine konan ortalama yutma çarpanı değeri, klasik yöntem ile yani her bir yüzeyin alanı ve yutma çarpanının çarpımı ile değil, yüzeylerin gelen ışınları karşılama ağırlıklarına bağlı olarak alınmaktadır)
- Gerçekte olabilecek, ışınların alabilecekleri yollara bağlı olarak bilgisayarca yapılan simulasyon ile

belirlenebilmektedir.

II. Işınal analizler

- **Ray Tracing (Işın diyagramı)^(*)** : Hacmin plan ve kesitleri üzerinde, belirlenmiş kaynaktan çıkan ışınlar ve bu ışınların yansımalarını teker teker ya da tümünü bir arada görmek olanaklıdır.
- **Reflector Coverage (Yansıtıcının etkilediği alan):** Seçilen bir yüzeyde oluşan ilk yansımaların hacmin hangi bölgelerinde etkin rol oynadıkları kesit üzerinde görülebilmektedir.

(*) Tezdeki genel eğilimin tersine bu ek bölüm içinde yabancı terimlerin önce İngilizce sonra Türkçe’lerinin yer alması uygun görülmüştür.

- **Reflection Paths (Yansıma yolları):** İncelenen bir hacim yüzeyine gelen ilk yansımaları, ışınların kaynaktan çıkmasından başlayarak adım adım gösterir. Her bir ilk yansımanın kaç yansımadan sonra o yüzeye ulaştığı, katettiği yol ve benzeri bilgiler elde edilebilmektedir.

III. Noktasal Analizler

- **Energy Parameters (Enerji parametreleri):** İstenilen alıcı noktalarında, EDT, T, SPL, C80, D50, TS ve LEF enerji parametreleri, frekanslara (125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz) bağlı olarak hesaplanabilmektedir.
- **Reflectogram (Yansımaların grafik gösterimi):** Erken yansımaların zaman-yeğinlik grafiği üzerinde ayrıntılı olarak gösterimi, bunların herbirinin dinleyiciye ulaşma süreleri, tayfsal özellikleri ve geliş doğrultuları hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir.
- **Energy Curves (Enerji eğrileri):** Bir alıcı noktasına gelen enerjiyi, zaman-enerji grafiği üzerinde gösterir. Enerji-zaman histogramı, ters entegre edilmiş zaman-enerji histogramı ve Schroeder eğrisi aynı grafik üzerinde bir arada yer almaktadır.

IV. Bölgesel Analizler

Hacim planı üzerinde, dinleyicilerin yer aldığı istenilen bölgeler, istenilen büyüklüklerde kafeslere bölünerek, her bir kafes birimi için istenilen hacim akustiği parametreleri (T dışındakiler), frekanslara göre renk haritaları üzerinde gösterilebilmektedir.

İstenilen sonuçlara ulaşılabilmesi için, Odeon 2.5'e girilmesi gereken veriler:

Programın duyarlı sonuçlar verebilmesi için, program yapımcıları tarafından, önerilen değer sınırları içinde belli teknik verilerin girilmesi gerekmektedir. Bu veriler;

- Hacim,
 - Kaynak,
 - Alıcı ve
 - Hacim akustiği ile ilgili temel
- veriler olmak üzere dört bölümde sıralanabilmektedir.

I. Hacim ile ilgili veriler

- Hacim boyut ve biçimi x, y, z koordinatları yardımı ile belirlenir. İleri versiyonlar için Autocad ve benzeri çizim programları ile ilişki kurulabilmesi konusunda çalışmalar sürmektedir.
- Hacim yüzeylerinde kullanılacak malzemeleri program içinde yer alan bir malzeme listesinden seçilerek ya da dışardan girilebilmektedir. Bu belirleme yapılırken, malzemelerin frekanslara göre yutma çarpanları ve dağılım katsayıları önem taşımaktadır.

II. Kaynakla ilgili veriler

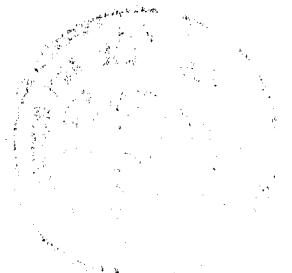
- Hacimde yer alacak kaynak sayısı tek ya da istenilen sayıda kaynak olarak belirlenebilmektedir.
- Kullanılacak kaynak tipinin doğrultululuk özelliği programın kendi kaynak listesinden, kaynak listesinde yer almayan doğrultululuk özellikleri ise dışarıdan girilebilmektedir. Programın kendi listesinden en çok kullanıldığı düşünülen, Omni, Semi, Cardioid gibi dağılım biçimlerindeki kaynakların yanısıra, özel bir doğrultululuğu olan hoparlör, normal ve yüksek düzeyde konuşan insan ya da doğrultulu bir müzik aleti olan trompet seçilebilmektedir.
- Kaynağın hacimdeki konumu x, y, z koordinatları ile belirlenebilmektedir.
- Kaynağın gücü belirlenebilmektedir.
- Birden fazla sayıda kaynak alınması durumunda kaynakların farklı zamanlarda çalıştırıldığında aralarındaki gecikme süreleri belirlenebilmektedir.

III. Alıcı ile ilgili veriler

Alıcı ile ilgili olarak hacimdeki yeri x, y, z koordinatları ile belirlenebilmektedir.

IV. Hacim akustiği ile ilgili temel veriler

Simulasyon programının hacim, kaynak ve alıcı özelliklerine bağlı olarak aslının benzeri olarak oluşturacağı akustik ortam ile ilgili işınsal veriler, hacim akustiği ile ilgili temel veriler olmak üzere bu bölümde kısaca açıklanmaktadır. Açıklamaların yanısıra gerekli görülenlerin önerilen değerlerine de yer verilmektedir.



- **Max surface warp (Maksimum yüzey sürekliliğinin sağlanması):** Hacmin geometrisi oluşturulurken, yüzey birleşme yerlerinde oluşabilecek hataları görebilmek ve düzeltebilmek için kullanılır. Normal çalışmalarda 0.05 olarak alınmaktadır.
- **Desimate late rays (Geç yansımaların azaltılması):** Geç yansımaların, sonuçları etkilemeyecek biçimde azaltılarak, daha kısa sürede sonuca ulaşılabilmesi için kullanılabilir. Program yapımcıları tarafından araştırmaya yönelik detaylı incelemelerde bu seçeneğin kapalı tutulması yararlı görülmektedir.
- **Smooth late decays (Geç yansımalar arasındaki düzgünsüzlüklerin yumuşatılması):** İlk yansımaların zaman içindeki durumunun görülmesini sağlayan histogramda, erken yansımalarından sonraki 'late' bölümünde oluşabilecek düzgünsüzlükleri azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Normal olarak açık durumda tutulması önerilmektedir.
- **Smooth late/early ratio (Erken ve geç yansımalar arasındaki düşüşün yumuşatılması):** Sonsuza kadar süren yansıma olayının baştan çok kısa bir bölümünün alınması nedeni ile oluşabilecek yanlışlıklardan, sonucun etkilenmemesi için, erken ve geç yansımalar arasındaki geçişin yumuşatılması için bu seçeneğin açık durumda olması önerilmektedir.
- **Disk ve hafıza bilgilerini veren, belli hesaplamaların sonunda bir sinyal sesi duyulmasını sağlayan, o anki tarih ve zamanın ekranda görünmesini sağlayan seçeneklerin belirlenmesi ve sıcaklık bağıl nem gibi çevresel faktörlerin girilmesi olanaklıdır.**

Ayrıca, hacim yüzeylerinin dağılma biçimlerinin belirlenmesi gereklidir ve özel bir durum söz konusu değilse Lambert yüzeyli olarak kabul edilirler.

- **Number of rays (Işın sayısı):** Kaynak merkezli küresel olarak düşünülebilecek bir bölgeye, 4π katı açı içinde eşit aralıklarla, kaç adet ses ışını gönderilebileceğini belirler. Bu değer için önerilen değer 300'dür. Alt sınır ise özellikle az sayıda yüzeyi bulunan hacimler için yüzey sayısının 16 katıdır.
- **Max reflection order (Bir ışın için maksimum yansıma sayısı):** Kaynaktan herhangi bir doğrultuda çıkan, tek bir ses ışınının yapabileceği maksimum yansıma sayısını belirlemektedir. Bu sayının en fazla 200 olarak alınması önerilmektedir.

- **Max ray runtime (Bir ışının maksimum süresi):** İnsan kulağının sesi algılayabileceği uzunluğu belirler. Bu değere çoğunlukla max reflection order'dan önce ulaşıldığı belirtilmektedir.
- **Reverberant from order (Doğrultulu yansıma sayısı sınırı):** Bu yansıma sırasına kadar olan yansımalarda, yansıyan bütün ışınlar doğrultulu (normal ile eşit açı yaparak) yansır. Bu sıranın üzerindeki yansımalarda ise yansıma doğrultuları gelişigüze'dir. Bu değerin 2 ya da 3 olarak alınması önerilmektedir.
- **Start from ray (Kaynaktan çıkan ışın sayısı):** Start from ray, kaynaktan değişik doğrultulara gönderilecek ışınların sayısıdır ve program, max 99 999'a kadar ışın alınabilecek biçimde düzenlenmiştir. Start at ray'in ise 1 olarak alınması önerilmektedir.
- **Desired late reflection density (Uygun görülen geç yansıma yoğunluğu):** Zaman içinde, kaynaktan çıkan ışın sayısı da arttıkça ve peşpeşe yansımalar devam ettikçe, yansıma sayısı katlana katlana artmakta ve hesapların bilgisayar tarafından yapılması giderek güçleşmektedir.

Bu nedenle, late reflections bölümünde incelenecek yansıma sayısı konusunda bir sınırlama getirilmiştir. Bu sınırlama milisaniye başına maksimum 1000 yansımadır. Yani 1000 seçildiğinde, late yansımalara geçildiğinde program, 1000 adet yansımayı seçerek onları inceleyecek kapasitede olmaktadır. Hesaplar bu işlem doğrultusunda yapılarak, sonuçlar elde edilmektedir. Bu sayı daha az tutulduğunda, bilgisayar daha kısa sürede sonuca ulaşacaktır. Önerilen değer milisaniye başına 100 yansımadır.

- **Generate reflections up to (Yansımaların oluşumu için verilen süre sınırı):** Algılama süresinin uzunluğunu belirlemek için kullanılan bir büyüklüktür. Önerilen, genellikle yansıma süresine yakın değerlerde olmasıdır.

Tez çalışmasında programa veri olarak girilen temel hacim akustiği verilerinden önemlileri:

Önceki paragraflarda belirtildiği gibi, simulasyon programı ile bir çalışma yapılabilmesi için pek çok verinin önerilen değerler doğrultusunda bilgisayara girilmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında da, hacime, kaynağa, alıcıya ve temel hacim akustik kavramlarına ilişkin önceki bölümlerde de yer alan pek çok bilgiyi simgeleyen değerler programa girilmiştir (Bkz. Bölüm 3.2). Bunlardan özellikle simulasyon programında ses ışınları zaman ile ilgili konulara ilişkin verilerden önemli görülenleri Tablo E.3.2'de sunulmaktadır.

Tablo E.3.2. Odeon 2.5 hesaplamalarında kullanılan verilerden önemlileri

Kaynak tipi:	Omni
Sıcaklık:	20°C
Bağıl nem:	%40
Yüzeylerin yansıtma biçimi:	Lambert
Uygun görülen geç yansıma yoğunluğu:	1000/ms
Yansımaların oluşumu için verilen süre sınırı:	Yansıma süresine yakın değerler (1000 ms dolaylarında)
Doğrultulu yansıma sayısı sınırı:	3
Bir ışın için maksimum yansıma sayısı:	200
Işın sayısı:	250



EK 4. AKUSTİK PARAMETRELERİN HACİM İÇİNDEKİ DAĞILIM BİÇİMLERİNİN FREKANSLAR ARASINDA BENZER OLDUĞUNA İLİŞKİN ÖRNEK KROKİLER

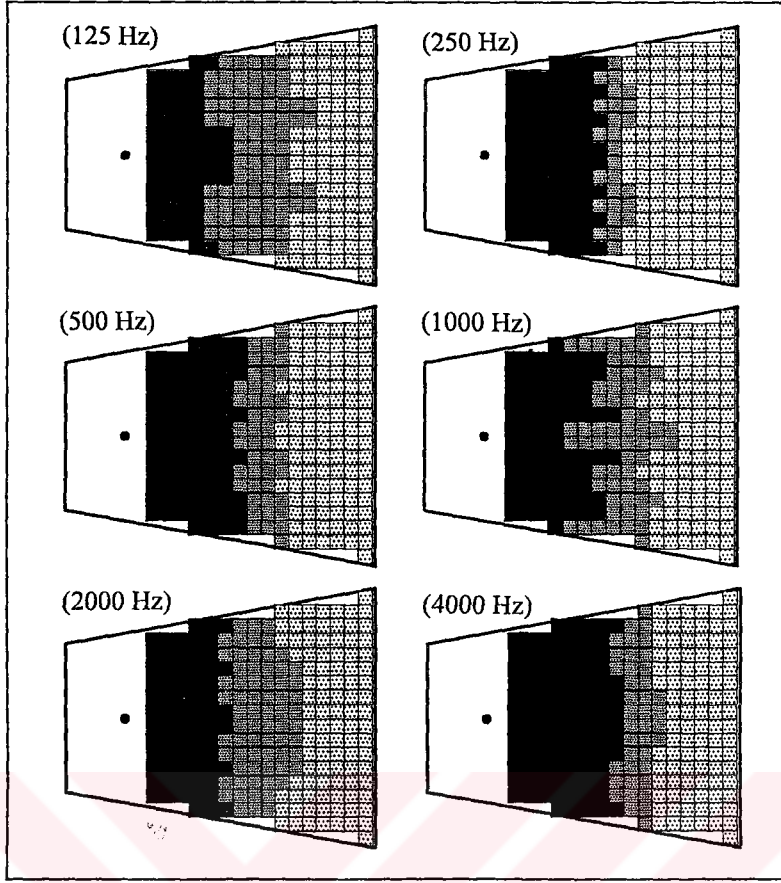
Bölüm 4.1.1'deki akustik parametrelerin hacim içindeki dağılım biçimlerinin saptanmasına yönelik inceleme sonuçlarında, 125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'deki dağılımların birbirine çok benzediği ve bu nedenle yalnızca 1000 Hz dağılımına yer verilmesinin yeterli olacağı belirtilmektedir. Bu ek bölümde, frekanslar arasındaki benzerliği ortaya koymak amacı ile 9000 m³'lük yelpaze hacmin U1 yutuculuk tipi için T, EDT, C80, TS ve LEF dağılımları, söz edilen altı frekans için ayrı ayrı sunulmaktadır.

125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz için,

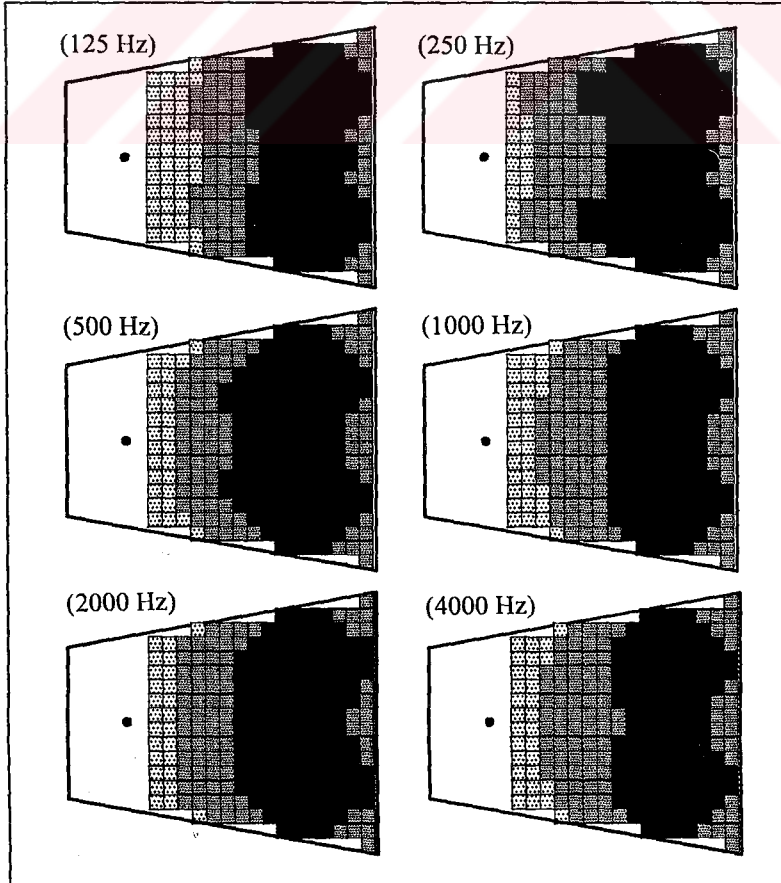
- T dağılımları Şekil E.4.1'de,
- EDT dağılımları Şekil E.4.2'de,
- C80 dağılımları Şekil E.4.3'de,
- TS dağılımları Şekil E.4.4'de,
- LEF dağılımları Şekil E.4.5'de

görülmektedir.

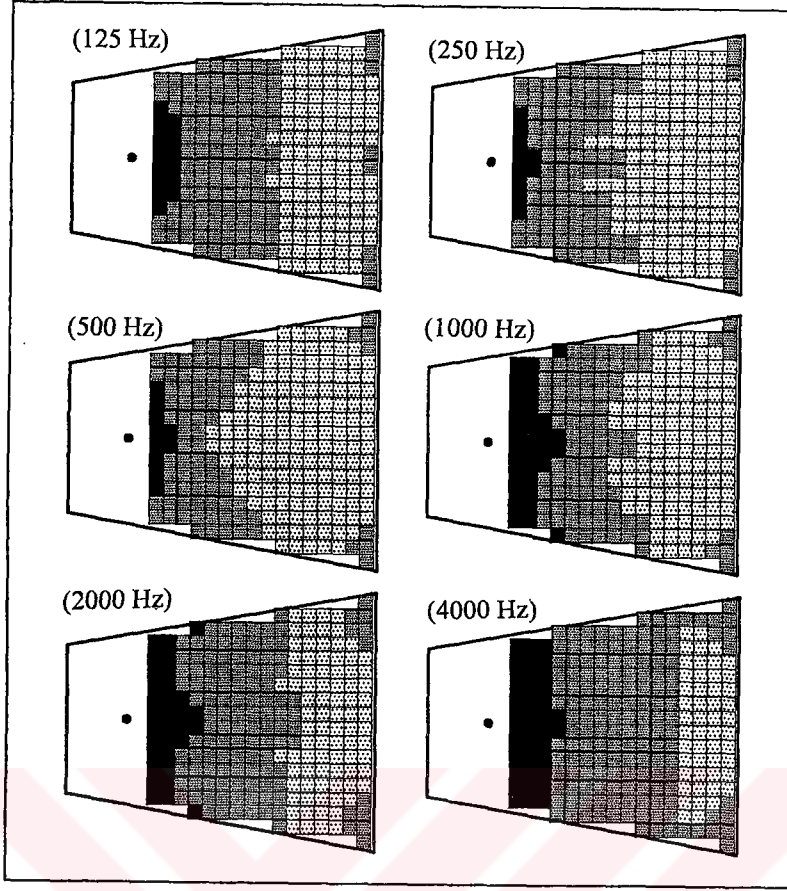




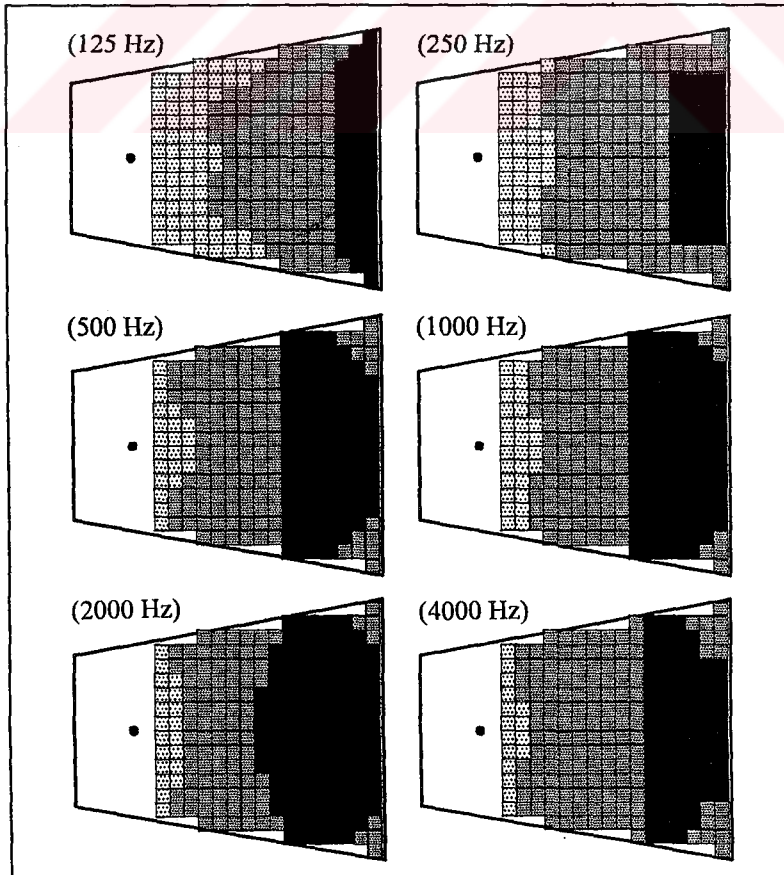
Şekil E.4.1. Yansıma süresi'nin 9000 m³'lük yelpaze hacmin (U1) dağılım krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)



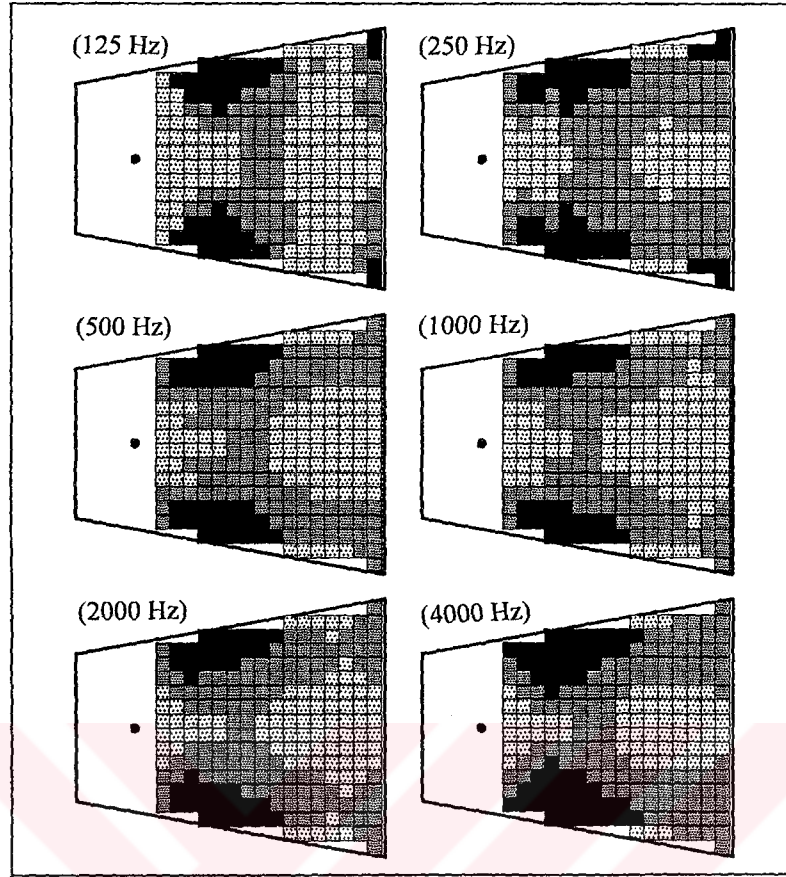
Şekil E.4.2. Erken düşme süresi'nin 9000 m³ lük yelpaze hacmin (U1) dağılım krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)



Şekil E.4.3. Netlik'in 9000 m³'lük yelpaze hacmin (U1) dağılım krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)



Şekil E.4.4. Merkez zamanı'nın 9000 m³'lük yelpaze hacmin (U1) dağılım krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)



Şekil E.4.5. Yanal enerji oranı'nın 9000 m³'lük yelpaze hacmin (U1) dağılım krokileri
(Koyu bölgeler, yüksek; açık bölgeler, düşük; orta koyu bölgeler orta değerleri göstermektedir.)

EK 5. İNCELENEN HACİMLERDE T, EDT, C80, TS VE LEF PARAMETRELERİNİN ORTALAMA DEĞERLERİ

Hacimlerde dinleyici platformları üzerinde belirlenen örnek konum noktalarındaki T, EDT, C80, TS ve LEF parametre değerlerinin ortalamaları alınarak, her bir hacim için ortalama parametre değerleri belirlenmiştir. Tez kapsamında değerlendirmeye alınan, 9000 m³ ve 3000 m³'lük yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimlerin herbiri için belirlenen örnek dinleyici konum nokta sayıları Bölüm 3.2.2.2'deki Tablo 3.5'de yer almaktadır. Bu hacimlerde, değişik yutuculuk özelliklerine göre belirlenen 16'şar seçenek olmak üzere toplam 96 hacimde, dinleyici platformu üzerinde belirlenen örnek konum noktalarındaki parametreler arası ilişkilerin hacim ortalamaları Tablo E.5.1.-E.5.6'da sunulmaktadır.

Tablolarda 500 Hz, 1000 Hz ve altı frekansın ortalamalarına göre değerler yer almaktadır. Boyut, yutuculuk ve benzeri hacim özellikleri Bölüm 3'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.



Tablo E.5.1. 9000 m³'lük yelpaze hacmin ortalama akustik parametre değerleri

HACİM	500 Hz					HACİM	1000 Hz					HACİM	ORT				
	T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF		T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF		T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF
U2	1.21	1.06	3.8	82	0.187	U2	1.14	1.01	4.3	78	0.187	U2	1.20	1.04	3.9	79	0.184
U8	1.20	1.02	4.2	77	0.183	U4	1.13	0.97	4.6	73	0.186	U4	1.18	1.01	4.1	75	0.183
U4	1.18	1.02	4.1	77	0.176	U8	1.11	0.97	4.7	73	0.183	U8	1.16	0.98	4.5	72	0.177
U6	1.17	1.02	4.2	77	0.178	U6	1.10	0.98	4.7	73	0.178	U6	1.15	0.98	4.5	72	0.174
O4	1.09	0.84	6.3	58	0.174	O6	1.05	0.87	5.6	61	0.168	O6	1.05	0.84	5.7	59	0.158
O6	1.08	0.88	5.3	62	0.165	O2	1.01	0.75	7.0	52	0.164	O4	1.02	0.74	8.4	51	0.169
O2	1.07	0.81	6.4	55	0.163	O4	1.01	0.79	5.0	55	0.174	O2	1.00	0.71	7.2	49	0.155
O8	1.06	0.82	6.3	56	0.163	O8	1.01	0.77	6.9	53	0.165	O8	1.00	0.71	7.3	49	0.156
U1	0.95	0.87	5.2	66	0.186	U1	0.94	0.85	5.4	65	0.189	U1	0.94	0.83	5.7	62	0.180
U7	0.92	0.72	6.3	52	0.179	U7	0.86	0.68	6.8	50	0.179	U3	0.88	0.70	6.6	50	0.088
U3	0.90	0.69	6.7	50	0.090	U3	0.84	0.64	7.4	46	0.087	U7	0.88	0.71	6.4	51	0.173
O3	0.84	0.52	9.1	37	0.081	O1	0.81	0.63	8.2	45	0.166	O1	0.80	0.57	9.2	39	0.151
O1	0.83	0.65	7.7	45	0.162	O3	0.83	0.47	9.9	35	0.078	O3	0.80	0.48	9.9	34	0.074
O7	0.75	0.59	8.1	42	0.157	O7	0.75	0.55	11.6	40	0.160	U5	0.71	0.37	12.6	26	0.162
U5	0.72	0.36	12.5	27	0.166	U5	0.72	0.33	13.5	25	0.168	O7	0.71	0.55	9.0	38	0.149
O5	0.66	0.31	14.6	21	0.150	O5	0.66	0.30	15.2	21	0.155	O5	0.64	0.32	15.1	21	0.143

Tablo E.5.2. 3000 m³'lük yelpaze hacmin ortalama akustik parametre değerleri

HACİM	500 Hz						1000 Hz						ORT					
	T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF	HACİM	T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF	HACİM	T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF	HACİM
U2	1.17	1.18	4.7	73	0.198	U2	1.1	1.16	4.9	72	0.200	U2	1.13	1.18	4.9	69	0.191	
U4	1.16	1.22	4.4	76	0.198	U4	1.08	1.21	4.6	76	0.199	U4	1.12	1.14	4.7	72	0.191	
U8	1.13	1.13	4.9	70	0.197	U6	1.06	1.10	5.3	67	0.190	U6	1.08	1.03	5.2	67	0.184	
U6	1.10	1.13	4.9	69	0.191	U8	1.05	1.09	5.3	68	0.198	U8	1.07	1.06	5.2	67	0.190	
U1	1.03	0.77	7.4	53	0.199	U1	1.04	0.92	7.3	55	0.256	U1	1.00	0.69	8.0	49	0.191	
O6	0.94	0.66	7.7	48	0.181	O6	0.89	0.63	8.0	47	0.182	O6	0.87	0.63	8.0	46	0.173	
O4	0.88	0.56	8.7	40	0.181	O4	0.83	0.53	9.1	39	0.182	O4	0.84	0.55	8.9	39	0.174	
O8	0.82	0.53	9.2	38	0.161	O8	0.79	0.50	9.6	36	0.161	O8	0.79	0.52	9.4	37	0.156	
U5	0.77	0.39	11.1	26	0.128	U5	0.77	0.36	11.7	25	0.127	O2	0.75	0.50	9.8	36	0.152	
O2	0.76	0.49	9.7	36	0.157	O2	0.77	0.45	10.4	34	0.156	U3	0.73	0.49	9.5	38	0.126	
U3	0.74	0.50	9.3	40	0.132	U3	0.71	0.48	9.8	39	0.134	U5	0.73	0.39	11.2	25	0.124	
O1	0.70	0.33	13.4	25	0.157	O1	0.70	0.33	13.7	24	0.158	O1	0.69	0.34	14.7	24	0.151	
U7	0.64	0.47	10.6	35	0.186	U7	0.69	0.45	11.2	34	0.188	U7	0.66	0.46	10.6	35	0.179	
O5	0.62	0.22	16.3	14	0.107	O5	0.64	0.20	17.3	14	0.107	O5	0.62	0.23	16.3	15	0.105	
O3	0.55	0.32	14.4	24	0.099	O3	0.54	0.31	15.2	23	0.100	O3	0.56	0.33	14.4	24	0.095	
O7	0.51	0.32	15.1	23	0.147	O7	0.49	0.31	15.8	22	0.148	O7	0.51	0.33	15.0	23	0.145	

Tablo E.5.3. 9000 m³'lük kare hacmin ortalama akustik parametre değerleri

HACİM	500 Hz					HACİM	1000 Hz					HACİM	ORT				
	T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF		T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF		T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF
U2	1.12	0.98	4.7	74	0.244	U2	1.01	0.88	5.4	69	0.236	U2	1.11	0.93	5.0	71	0.225
U4	1.10	0.89	5.5	69	0.223	U4	1.03	0.82	6.1	64	0.227	U4	1.1	0.87	5.6	66	0.217
U6	1.09	0.98	4.9	73	0.229	U6	1.01	0.87	5.5	69	0.234	U6	1.09	0.91	5.0	70	0.221
U8	1.12	0.96	4.9	73	0.236	U8	1.02	0.86	5.5	68	0.238	U8	1.09	0.91	5.1	70	0.228
O6	1.03	0.75	6.4	60	0.216	O6	1.01	0.73	6.7	58	0.221	O6	1.02	0.74	6.7	57	0.205
U1	1.03	0.70	7.2	59	0.245	U1	0.97	0.69	7.5	57	0.247	U1	1.01	0.67	7.8	55	0.229
O4	1.01	0.75	6.7	58	0.227	O4	0.98	0.72	7.3	55	0.228	O4	0.98	0.72	7.3	53	0.217
O8	1.03	0.73	6.9	56	0.214	O8	0.95	0.70	7.5	54	0.217	O8	0.97	0.68	7.7	51	0.201
O2	1.02	0.73	6.9	55	0.212	O2	0.92	0.70	7.5	53	0.216	O2	0.94	0.69	7.5	51	0.199
U3	0.92	0.52	8.8	44	0.127	U3	0.90	0.48	9.7	42	0.128	U3	0.92	0.52	8.8	43	0.122
U7	0.87	0.66	7.5	50	0.238	U7	0.82	0.63	8.2	48	0.242	U7	0.85	0.66	7.5	49	0.229
O1	0.89	0.60	9.6	45	0.221	O1	0.86	0.59	9.9	44	0.226	O1	0.84	0.54	10.8	39	0.202
O3	0.86	0.47	10.7	36	0.118	O3	0.82	0.44	11.6	34	0.117	O3	0.81	0.45	11.3	33	0.108
U5	0.74	0.60	10.4	38	0.209	U5	0.73	0.56	11.3	37	0.212	U5	0.73	0.57	10.7	37	0.201
O7	0.78	0.58	9.2	42	0.211	O7	0.75	0.54	9.9	41	0.215	O7	0.73	0.54	9.8	39	0.197
O5	0.71	0.49	12.5	30	0.190	O5	0.70	0.48	12.9	30	0.197	O5	0.69	0.46	13.1	28	0.179

Tablo E.5.4. 3000 m³'lük kare hacmin ortalama akustik parametre değerleri

BACIM	500 Hz					BACIM	1000 Hz					BACIM	ORT				
	T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF		T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF		T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF
U4	1.28	1.18	4.4	73	0.244	U4	1.19	1.16	4.7	71	0.245	U4	1.2	1.11	4.8	69	0.240
U2	1.24	1.13	4.8	69	0.245	U2	1.16	1.09	5.1	67	0.249	U2	1.17	1.06	5.0	66	0.239
U6	1.22	1.08	4.9	67	0.240	U6	1.15	1.02	5.4	63	0.243	U6	1.17	1.03	5.2	64	0.235
U8	1.22	1.09	5.0	67	0.243	U8	1.13	1.02	5.5	63	0.247	U8	1.15	1.00	5.3	64	0.236
O4	0.94	0.56	8.5	40	0.248	O4	0.90	0.51	9.0	39	0.254	O4	0.90	0.55	8.8	39	0.239
U1	0.93	0.69	7.8	47	0.252	U1	0.89	0.69	7.8	47	0.257	U1	0.89	0.63	8.3	44	0.244
O6	0.89	0.61	8.2	44	0.220	O6	0.87	0.56	8.7	42	0.224	O6	0.87	0.58	8.5	42	0.214
O8	0.82	0.51	9.1	37	0.211	O8	0.78	0.47	9.6	35	0.214	O8	0.78	0.51	9.2	36	0.206
U7	0.78	0.39	11.4	33	0.237	U3	0.75	0.44	10.3	36	0.151	O2	0.76	0.48	9.7	35	0.202
O2	0.77	0.48	9.6	35	0.206	U7	0.74	0.37	12.3	31	0.242	U7	0.74	0.40	11.4	33	0.231
U3	0.74	0.46	10.0	36	0.147	O2	0.74	0.43	10.3	33	0.209	U3	0.72	0.46	10.2	35	0.142
O1	0.67	0.30	13.6	24	0.212	O1	0.63	0.30	13.9	24	0.216	O1	0.65	0.30	13.9	24	0.205
O3	0.59	0.28	15.2	22	0.120	O3	0.56	0.27	16.0	21	0.123	O3	0.56	0.29	15.2	22	0.118
O7	0.53	0.30	15.7	23	0.202	O7	0.50	0.29	16.6	22	0.206	O7	0.54	0.30	15.7	23	0.197
U5	0.51	0.39	10.8	26	0.208	U5	0.45	0.37	11.6	25	0.210	U5	0.50	0.40	10.9	26	0.203
O5	0.47	0.26	15.2	17	0.175	O5	0.44	0.25	16.1	16	0.177	O5	0.45	0.25	15.2	17	0.170

Tablo E.5.5. 9000 m³'lük dikdörtgen hacmin ortalama akustik parametre değerleri

HACİM	500 Hz					HACİM	1000 Hz					HACİM	ORT				
	T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF		T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF		T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF
U8	1.28	1.09	2.1	95	0.241	U4	1.13	0.94	2.6	82	0.229	U8	1.24	1.08	2.1	92	0.236
U2	1.22	1.06	2.3	92	0.242	U8	1.13	1.02	2.6	91	0.244	U2	1.20	1.04	2.3	89	0.244
U4	1.20	1.00	2.6	86	0.226	U2	1.11	0.99	2.7	89	0.245	U4	1.19	0.99	2.6	84	0.222
U6	1.18	0.98	2.9	83	0.227	U6	1.10	0.93	3.4	80	0.230	U6	1.17	0.97	2.9	81	0.232
O6	1.10	0.85	3.8	70	0.213	O6	1.06	0.84	4.1	70	0.219	O6	1.07	0.82	4.2	68	0.203
O2	1.08	0.81	4.8	64	0.211	U3	1.03	0.61	6.5	47	0.097	U3	1.02	0.64	5.9	48	0.096
O4	1.08	0.86	4.5	68	0.227	O4	1.02	0.82	5.1	65	0.229	O4	1.02	0.81	5.3	62	0.221
O8	1.08	0.82	4.8	64	0.212	O8	1.02	0.79	5.4	62	0.215	O8	1.02	0.76	5.9	57	0.199
U3	1.04	0.64	5.9	49	0.097	O2	1.01	0.79	5.4	62	0.215	O2	1.01	0.76	5.6	57	0.199
U1	1.01	0.85	3.7	73	0.249	U1	0.99	0.84	3.8	72	0.254	U1	0.98	0.83	4.1	70	0.239
U7	0.97	0.85	3.3	67	0.240	O3	0.96	0.50	8.9	37	0.089	U7	0.95	0.86	3.2	68	0.235
O3	0.97	0.54	8.0	38	0.090	U7	0.90	0.82	3.9	65	0.244	O3	0.90	0.49	9.1	34	0.085
O1	0.90	0.70	6.1	54	0.217	O1	0.88	0.69	6.5	54	0.222	O1	0.87	0.65	7.5	47	0.200
O7	0.80	0.70	5.8	51	0.211	O7	0.76	0.68	6.4	50	0.215	U5	0.78	0.71	11.1	47	0.230
U5	0.78	0.71	11.0	46	0.236	U5	0.73	0.69	12.5	44	0.240	O7	0.73	0.66	6.7	47	0.198
O5	0.72	0.53	14.5	31	0.198	O5	0.68	0.54	15.6	32	0.205	O5	0.68	0.50	15.2	30	0.186

Tablo E.5.6. 3000 m³'lük dikdörtgen hacmin ortalama akustik parametre değerleri

HACİM	500 Hz					HACİM	1000 Hz					HACİM	ORT				
	T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF		T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF		T (s)	EDT (s)	C80 (dB)	TS (ms)	LEF
U4	1.07	0.95	5.5	63	0.226	U4	1.02	0.88	6.0	61	0.223	U4	1.04	0.91	5.8	61	0.223
U8	1.05	0.86	6.0	59	0.225	U6	1.02	0.77	6.8	54	0.218	U8	1.03	0.86	6.2	58	0.220
U2	1.04	0.90	5.8	60	0.226	U8	1.00	0.80	6.6	56	0.223	U2	1.02	0.88	6.0	59	0.223
U6	1.01	0.83	6.2	57	0.221	U2	0.97	0.85	6.3	58	0.224	U6	1.02	0.84	6.3	57	0.219
O4	0.91	0.52	8.9	41	0.230	O4	0.90	0.49	3.4	40	0.230	O4	0.87	0.53	9.1	40	0.224
U1	0.89	0.63	8.0	46	0.230	U1	0.86	0.62	8.1	46	0.229	U1	0.86	0.57	8.5	44	0.226
O6	0.87	0.54	8.8	43	0.200	O6	0.84	0.49	9.3	41	0.196	O6	0.83	0.53	9.0	42	0.197
O8	0.73	0.44	10.2	34	0.194	U7	0.71	0.37	12.8	32	0.220	U7	0.71	0.42	11.5	34	0.216
U7	0.70	0.40	11.6	34	0.222	O1	0.70	0.30	14.3	24	0.194	O2	0.70	0.45	10.6	34	0.189
O1	0.69	0.31	13.9	24	0.195	O8	0.69	0.41	10.8	32	0.191	O8	0.70	0.45	10.3	34	0.191
O2	0.68	0.42	10.6	33	0.191	U3	0.68	0.41	10.3	37	0.123	U3	0.69	0.44	10.0	38	0.124
U3	0.65	0.43	9.8	38	0.126	O2	0.68	0.38	11.5	31	0.188	O1	0.67	0.31	14.2	24	0.248
O3	0.56	0.29	15.4	23	0.103	O3	0.58	0.27	16.4	22	0.100	O3	0.60	0.30	15.4	23	0.101
O7	0.52	0.30	16.0	24	0.190	O7	0.56	0.29	17.3	23	0.188	O7	0.55	0.31	15.9	24	0.187
U5	0.51	0.37	11.3	26	0.203	U5	0.50	0.33	11.9	24	0.203	U5	0.52	0.38	11.3	26	0.199
O5	0.46	0.24	15.8	16	0.170	O5	0.50	0.23	16.5	16	0.170	O5	0.48	0.25	15.7	17	0.167

EK 6. İNCELENEN HACİMLERDE, DİNLEYİCİ PLATFORMU ÜZERİNDEKİ DAĞILIM DÜZGÜNLÜĞÜNÜ ORTAYA KOYAN DEĞİŞİM KATSAYILARI

Tez çalışmasında değerlendirme kapsamına alınan değişik büyüklük ve geometrilerdeki hacimlerin dinleyici platformu üzerinde, parametrelerin dağılımının ne oranda düzgün olduğunu ortaya koymak amacı ile bir istatistik büyüklük olan değişim katsayılarından yararlanılmıştır. Parametre dağılımlarının standart sapmalarından yüzde (%) olarak elde edilen bu değişim katsayıları, değişik büyüklük (9000 m^3 ve 3000 m^3) ve geometriler (yelpaze, kare ve dikdörtgen) deki hacimler için izleyen tablolarda yer almaktadır. 500 Hz, 1000 Hz ve altı frekansın ortalaması için sunulan değişim katsayıları ile dağılımın düzgünlüğü arasında sayısal olarak ters bir orantı vardır (İpek, 1994). Bu katsayı ile ilgili daha ayrıntılı istatistiksel bilgi EK 1’de sunulmuştur.

Tablo E.6.1-Tablo E.6.6’da, 9000 m^3 ve 3000 m^3 ’lük yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimlerde, akustik parametrelerin dinleyici platformu üzerindeki dağılım düzgünlüklerini ortaya koyan değişim katsayıları, yansıma süresinin uzunluğuna göre sıralanmıştır. Bu amaçla tablolarda, değişik yutuculuk özellikleri olan yansıma süreleri birbirinden farklı olan onaltı hacim seçeneği farklı sıralarla yer almaktadır. Bu sıralama doğal olarak 500 Hz, 1000 Hz ve altı frekans ortalamasına göre de belli farklılıklar göstermektedir.

Tablo E.6.1. 9000 m³'lük yelpaze hacmin değişim katsayıları (%)

HACİM	500 Hz						HACİM	1000 Hz						HACİM	ORT					
	T60	T60	EDT	C80	TS	LEF		T60	T60	EDT	C80	TS	LEF		T60	T60	EDT	C80	TS	LEF
	(s)	(s)	(%)	(%)	(%)	(%)		(s)	(s)	(%)	(%)	(%)	(%)		(s)	(s)	(%)	(%)	(%)	(%)
U2	1.21	11	12	34	14	29	U2	1.14	13	14	33	15	31	U2	1.20	7	12	35	14	28
U8	1.20	10	13	30	14	29	U4	1.13	11	14	28	14	59	U4	1.18	6	12	31	14	58
U4	1.18	10	12	29	13	28	U8	1.11	12	15	30	15	31	U8	1.16	7	13	31	15	28
U6	1.17	11	14	32	14	28	U6	1.10	12	15	31	15	30	U6	1.15	6	14	32	15	28
O4	1.09	13	19	84	17	30	O6	1.05	12	16	24	15	31	O6	1.05	7	14	24	16	29
O6	1.08	10	15	24	15	29	O2	1.01	14	21	23	17	31	O4	1.02	10	20	77	19	31
O2	1.07	12	17	22	16	29	O4	1.01	13	23	80	18	31	O2	1.00	9	18	22	18	29
O8	1.06	12	18	24	17	29	O8	1.01	15	23	24	18	31	O8	1.00	9	19	24	19	30
U1	0.95	16	20	38	25	35	U1	0.94	18	21	40	26	35	U1	0.94	13	20	37	25	35
U7	0.92	14	11	17	14	30	U3	0.86	19	13	14	13	47	U3	0.88	6	13	17	14	41
U3	0.90	17	13	17	14	45	U7	0.86	13	12	16	15	31	U7	0.88	10	11	18	14	29
O3	0.84	19	13	13	15	45	O1	0.84	18	22	28	25	36	O1	0.80	10	20	24	25	36
O1	0.83	17	20	26	23	35	O3	0.83	18	11	12	15	47	O3	0.80	7	12	13	16	42
O7	0.75	15	14	14	16	30	O7	0.75	25	37	20	31	42	U5	0.71	22	37	22	32	42
U5	0.72	26	39	21	32	43	U5	0.72	16	14	31	17	32	O7	0.71	11	14	15	18	31
O5	0.66	25	39	19	33	43	O5	0.66	28	36	19	33	42	O5	0.64	22	36	20	34	43

Tablo E.6.2. 3000 m³'lük yelpaze hacmin değişim katsayıları (%)

HACİM	500 Hz						1000 Hz						ORT							
	T60	T60	EDT	C80	TS	LEF	HACİM	T60	T60	EDT	C80	TS	LEF	HACİM	T60	T60	EDT	C80	TS	LEF
	(s)	(s)		(%)				(s)	(s)		(%)				(s)	(s)		(%)		
U2	1.17	8	7	20	13	21	U2	1.10	8	8	20	15	23	U2	1.13	6	37	19	14	20
U4	1.16	9	7	21	13	21	U4	1.08	10	8	20	14	23	U4	1.12	6	7	20	13	19
U8	1.13	11	7	18	13	21	U6	1.06	9	8	18	15	23	U6	1.08	6	17	18	14	18
U6	1.10	7	7	19	13	21	U8	1.05	10	8	17	14	23	U8	1.07	6	7	18	14	19
U1	1.03	11	25	21	19	22	U1	1.04	9	3	22	20	28	U1	1.00	5	23	20	20	20
O6	0.94	10	14	13	15	25	O6	0.89	10	15	13	16	27	O6	0.87	6	12	14	16	22
O4	0.88	11	17	13	19	23	O4	0.83	11	17	12	21	24	O4	0.84	7	16	13	20	22
O8	0.82	11	16	13	19	23	O8	0.79	12	17	12	20	24	O8	0.79	6	16	13	20	22
U5	0.77	22	32	14	28	53	U5	0.77	19	34	14	28	53	O2	0.75	6	15	12	19	21
O2	0.76	18	15	12	18	22	O2	0.77	15	16	10	19	24	U3	0.73	8	12	12	16	40
U3	0.74	15	11	12	16	44	U3	0.71	17	11	11	16	46	U5	0.73	11	29	14	29	54
O1	0.70	18	20	13	22	23	O1	0.70	16	20	13	23	25	O1	0.69	10	21	19	24	23
U7	0.64	18	11	12	17	24	U7	0.69	24	12	12	17	26	U7	0.66	8	13	13	18	21
O5	0.62	23	39	11	37	53	O5	0.64	23	38	12	36	52	O5	0.62	15	39	11	35	53
O3	0.55	21	18	10	19	45	O3	0.54	27	17	10	19	47	O3	0.56	12	18	10	21	40
O7	0.51	23	18	10	22	25	O7	0.49	25	17	10	22	27	O7	0.51	12	19	10	23	24

Tablo E.6.3. 9000 m³'lük kare hacmin değişim katsayıları (%)

HACİM	500 Hz					HACİM	1000 Hz					HACİM	ORT							
	T60	T60	EDT	C80	TS		LEF	T60	T60	EDT	C80		TS	LEF	T60	T60	EDT	C80	TS	LEF
	(s)			(%)				(s)			(%)				(s)			(%)		
U2	1.12	10	18	39	17	39	1.03	16	27	36	21	32	1.11	8	19	38	17	29		
U8	1.12	12	19	38	17	28	1.02	13	22	36	18	28	1.10	8	21	38	21	33		
U4	1.10	12	22	38	20	32	1.01	17	21	36	18	28	1.09	12	21	39	17	29		
U6	1.09	16	18	38	17	27	1.01	16	22	37	18	29	1.09	12	18	37	18	29		
U1	1.03	12	27	42	26	30	1.01	13	22	30	20	28	1.02	8	19	30	20	30		
O6	1.03	13	20	30	19	28	0.98	14	25	32	22	28	1.01	9	27	41	27	23		
O8	1.03	11	23	31	21	28	0.97	19	28	41	26	30	0.98	10	24	33	25	30		
O2	1.02	14	22	30	21	28	0.95	14	24	30	22	28	0.97	10	23	30	23	30		
O4	1.01	15	23	34	21	28	0.92	17	24	29	22	28	0.94	15	21	29	22	30		
U3	0.92	14	12	15	17	44	0.90	18	11	13	17	45	0.92	7	13	15	20	44		
O1	0.89	18	29	35	29	30	0.86	20	29	35	29	30	0.85	11	21	29	22	30		
U7	0.87	19	22	30	23	29	0.82	20	23	29	23	31	0.84	15	28	32	30	34		
O3	0.86	22	22	14	20	43	0.82	23	22	13	20	44	0.81	13	21	14	21	43		
O7	0.78	18	22	26	25	28	0.75	23	22	26	25	29	0.73	21	28	38	36	38		
U5	0.74	25	38	40	37	38	0.73	27	28	39	37	37	0.73	14	21	25	25	30		
O5	0.71	22	37	34	37	38	0.70	14	24	30	22	28	0.69	14	37	33	37	39		

Tablo E.6.4. 3000 m³'lük kare hacmin değişim katsayıları (%)

HACİM	500 Hz						HACİM	1000 Hz						HACİM	ORT							
	T60		EDT		C80 (%)			TS		LEF		T60			EDT		C80 (%)		TS		LEF	
	(s)											(s)										
U4	1.28	6	6	18	10	22	U4	1.19	8	6	17	11	24	U4	1.20	3	7	16	10	23		
U2	1.24	7	6	16	11	22	U2	1.16	8	7	16	12	22	U2	1.17	4	8	15	11	29		
U6	1.22	7	7	17	11	23	U6	1.15	7	10	15	13	23	U6	1.17	4	8	15	12	23		
U8	1.22	18	8	16	10	22	U8	1.13	18	12	15	12	22	U8	1.15	9	17	16	12	25		
O4	0.94	12	20	11	21	25	O4	0.90	11	21	11	22	24	O4	0.90	5	17	11	22	25		
U1	0.93	12	22	11	17	22	U1	0.89	12	24	11	18	22	U1	0.89	6	20	10	18	23		
O6	0.89	9	19	10	15	23	O6	0.87	13	20	10	16	23	O6	0.87	5	16	10	17	24		
O8	0.82	10	20	10	21	24	O8	0.78	12	22	10	23	24	O8	0.78	6	17	10	22	25		
U7	0.78	14	21	9	22	22	U3	0.75	15	26	16	17	35	O2	0.76	8	16	9	22	25		
O2	0.77	14	20	10	21	24	U7	0.74	17	20	8	23	22	U7	0.74	8	20	9	23	23		
U3	0.74	13	25	16	16	33	O2	0.74	16	20	9	23	24	U3	0.72	7	21	15	18	34		
O1	0.67	15	25	9	28	25	O1	0.63	17	26	9	29	25	O1	0.65	9	26	9	29	26		
O3	0.59	25	19	11	24	33	O3	0.56	21	19	12	26	35	O3	0.56	13	21	11	26	35		
O7	0.53	23	22	8	29	24	O7	0.50	30	22	8	30	24	O7	0.54	15	23	8	30	25		
U5	0.51	22	30	10	33	40	U5	0.45	33	31	11	34	39	U5	0.50	18	27	10	33	39		
O5	0.47	34	41	8	40	42	O5	0.44	25	42	8	43	41	O5	0.45	19	41	8	41	41		

Tablo E.6.5. 9000 m³'lük dikdörtgen hacmin değişim katsayıları (%)

HACİM	500 Hz						HACİM	1000 Hz						HACİM	ORT					
	T60			C80				T60			C80				T60			C80		
	(s)	EDT	TS	(%)	EDT	TS		(s)	EDT	TS	(%)	EDT	TS		(s)	EDT	TS	(%)		
U8	1.28	10	20	109	21	21	U4	1.13	11	21	75	21	21	U8	1.24	6	18	107	21	21
U2	1.22	11	21	102	21	22	U8	1.13	14	22	95	22	21	U2	1.20	7	20	99	21	33
U4	1.20	11	20	83	20	21	U2	1.11	14	22	91	22	22	U4	1.19	7	18	82	20	22
U6	1.18	10	20	77	20	22	U6	1.10	14	22	71	22	22	U6	1.17	7	19	76	21	22
O6	1.10	12	19	56	21	23	O6	1.06	16	20	57	22	22	O6	1.07	9	17	51	21	25
O2	1.08	14	22	50	23	22	U3	1.03	16	12	22	12	54	U3	1.02	8	10	24	13	47
O4	1.08	16	23	57	24	23	O4	1.02	18	24	54	25	23	O4	1.02	12	24	52	27	24
O8	1.08	15	22	51	23	23	O8	1.02	16	24	50	24	23	O8	1.02	12	22	45	24	23
U3	1.04	14	10	23	12	50	O2	1.01	18	23	49	24	23	O2	1.01	13	21	44	23	23
U1	1.01	18	21	72	26	25	U1	0.99	19	21	72	26	24	U1	0.98	12	21	68	26	26
U7	0.97	14	17	56	20	21	O3	0.96	18	17	18	16	52	U7	0.95	11	16	57	19	22
O3	0.97	16	15	18	14	50	U7	0.90	18	18	51	21	21	O3	0.90	9	15	17	16	47
O1	0.90	17	21	46	26	25	O1	0.88	20	22	47	27	25	O1	0.87	27	22	40	27	28
O7	0.80	18	17	36	21	23	O7	0.76	19	19	35	22	23	U5	0.78	25	42	54	40	30
U5	0.78	31	43	54	41	29	U5	0.73	38	44	56	42	29	O7	0.73	13	18	33	22	24
O5	0.72	29	41	45	39	30	O5	0.68	36	42	48	39	30	O5	0.68	23	39	43	39	31

Tablo E.6.6. 3000 m³'lük dikdörtgen hacmin değişim katsayıları (%)

HACİM	500 Hz						HACİM	1000 Hz						HACİM	ORT					
	T60			C80				T60			C80				T60			C80		
	(s)	EDT	TS	(%)	EDT	TS		(s)	EDT	TS	(%)	EDT	TS		(s)	EDT	TS	(%)		
U4	1.07	7	18	12	10	22	U4	1.02	10	21	12	11	22	U4	1.04	4	17	12	10	21
U8	1.05	9	20	11	10	22	U6	1.02	8	20	12	13	23	U8	1.03	4	17	11	11	22
U2	1.04	10	20	11	10	22	U8	1.00	10	22	11	12	22	U2	1.02	4	17	11	12	21
U6	1.01	8	20	12	11	22	U2	0.97	9	22	11	11	22	U6	1.02	4	16	12	12	21
O4	0.91	11	22	14	21	24	O4	0.90	13	24	14	24	23	O4	0.87	6	19	14	22	23
U1	0.89	17	21	12	15	22	U1	0.86	13	23	12	15	22	U1	0.86	8	17	13	16	22
O6	0.87	15	14	7	14	24	O6	0.84	12	17	7	14	25	O6	0.83	6	12	7	15	23
O8	0.73	15	24	10	20	25	U7	0.71	24	15	9	20	23	U7	0.71	8	16	9	20	22
U7	0.70	16	17	9	19	23	O1	0.70	22	21	11	25	25	O2	0.70	7	19	10	21	24
O1	0.69	19	21	11	24	26	O8	0.69	17	24	10	21	25	O8	0.70	8	21	11	21	24
O2	0.68	15	22	10	20	25	U3	0.68	24	18	6	16	45	U3	0.69	9	17	7	17	38
U3	0.65	13	18	7	16	42	O2	0.68	19	22	9	22	25	O1	0.67	10	22	11	25	40
O3	0.56	21	17	9	22	43	O3	0.58	23	16	9	23	45	O3	0.60	13	18	9	23	39
O7	0.52	22	18	9	25	26	O7	0.56	27	17	8	25	26	O7	0.55	14	19	9	26	25
U5	0.51	25	41	16	34	34	U5	0.50	29	42	15	35	34	U5	0.52	20	40	16	34	34
O5	0.46	35	39	12	40	35	O5	0.50	43	39	11	40	35	O5	0.48	27	41	12	40	34

EK 7. İNCELENEN HACİMLERDE PARAMETRELER ARASI İLİŞKİLER (KORELASYON KATSAYILARI)

Tez kapsamında değerlendirmeye alınan, 9000 m³ ve 3000 m³'lük yelpaze, kare ve dikdörtgen hacimler için, değişik yutuculuklara göre belirlenen 16'şar hacim versiyonu olmak üzere toplam 96 hacmin, dinleyici platformu üzerinde belirlenen örnek konum noktalarındaki parametreler arası ilişkilerin hacim ortalamaları Tablo E.7.1.-E.7.6'da sunulmaktadır. Boyut, yutuculuk ve benzeri hacim özellikleri Bölüm 3'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Parametreler arası ilişkiler korelasyon katsayıları ile tanımlanmaktadır. Bir istatistiksel büyüklük olan korelasyon katsayıları EK1'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Parametrelerin 500 Hz, 1000 Hz ve altı frekansın ortalaması alınarak elde edilen korelasyon katsayıları tabloların a, b ve c bölümlerinde yer almaktadır.

Tablo E.7.1a. 9000 m³'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U2	-0.14	-0.06	-0.28	0.11	-0.35	0.68	0.20	-0.31	-0.31	0.12
U8	-0.20	0.09	-0.24	-0.08	-0.32	0.76	0.13	-0.31	-0.32	0.08
U4	-0.19	0.13	-0.29	0.05	-0.32	0.74	0.13	-0.32	-0.29	0.11
U6	-0.36	0.19	-0.35	0.00	-0.35	0.74	0.15	-0.28	-0.30	0.05
O4	-0.44	-0.01	-0.43	0.08	0.04	0.79	0.00	0.05	0.00	0.01
O6	-0.21	0.03	-0.32	0.02	-0.26	0.79	-0.09	-0.24	-0.28	-0.07
O2	-0.34	0.05	-0.43	0.12	-0.20	0.84	-0.02	-0.23	-0.31	0.00
O8	-0.41	-0.04	-0.48	0.08	-0.20	0.83	-0.06	-0.20	-0.30	-0.02
U1	-0.36	-0.19	-0.51	0.25	-0.08	0.72	-0.22	0.07	-0.26	-0.28
U7	-0.19	0.00	-0.24	0.32	-0.35	0.70	0.16	-0.30	-0.20	-0.07
U3	-0.08	-0.02	0.05	-0.03	-0.25	0.54	-0.19	-0.16	0.12	-0.23
O3	-0.15	0.07	-0.07	0.14	-0.23	0.65	-0.15	-0.17	0.08	-0.26
O1	-0.48	-0.10	-0.50	0.26	-0.06	0.85	-0.23	0.06	-0.27	-0.22
O7	-0.20	0.02	-0.26	0.25	-0.26	0.82	-0.15	-0.31	-0.27	-0.05
U5	-0.62	0.05	-0.65	-0.30	0.03	0.91	0.47	-0.06	-0.21	0.46
O5	-0.65	0.05	-0.56	-0.30	-0.06	0.78	0.34	-0.06	-0.21	0.44

Tablo E.7.1b. 9000 m³'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U2	-0.31	0.01	-0.26	0.25	-0.29	0.71	0.04	-0.26	-0.32	0.06
U4	-0.44	0.13	-0.34	-0.07	-0.26	0.76	0.07	-0.28	-0.15	0.09
U8	-0.38	-0.02	-0.31	0.13	-0.26	0.79	0.02	-0.25	-0.32	0.01
U6	-0.25	0.02	-0.25	0.13	-0.27	0.77	0.02	-0.23	-0.30	-0.01
O6	-0.39	-0.08	-0.44	0.15	-0.21	0.81	-0.12	-0.21	-0.28	-0.10
O2	-0.43	-0.03	-0.50	0.09	-0.16	0.86	-0.09	-0.18	-0.32	-0.03
O4	-0.53	-0.03	-0.50	0.00	0.06	0.83	-0.09	0.06	-0.01	-0.02
O8	-0.44	-0.04	-0.50	0.14	-0.14	0.86	-0.12	-0.16	-0.31	-0.05
U1	-0.49	-0.14	-0.53	0.37	-0.04	0.77	-0.22	0.07	-0.28	-0.28
U3	-0.02	0.06	-0.09	0.04	-0.19	0.55	0.05	-0.17	0.08	-0.21
U7	-0.34	0.02	-0.35	0.43	-0.34	0.71	0.01	-0.28	-0.24	-0.13
O1	-0.47	-0.15	-0.54	0.18	-0.01	0.87	-0.24	0.06	-0.29	-0.21
O3	-0.09	-0.14	0.00	-0.14	-0.16	0.75	-0.11	-0.16	0.04	-0.29
U5	-0.62	0.06	-0.68	-0.31	0.04	0.86	0.39	-0.02	-0.18	0.45
O7	-0.17	-0.04	-0.32	-0.27	0.21	0.82	-0.12	0.21	-0.03	-0.07
O5	-0.66	0.02	-0.58	-0.36	-0.08	0.72	0.28	-0.04	-0.19	0.42

Tablo E.7.1c. 9000 m³'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (ORT)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U2	-0.21	0.03	-0.35	0.08	-0.35	0.73	0.25	-0.32	-0.34	0.18
U4	-0.35	0.13	-0.47	-0.10	-0.33	0.79	0.15	-0.32	-0.14	0.15
U8	-0.39	0.09	-0.47	-0.12	-0.29	0.79	0.16	-0.30	-0.34	0.11
U6	-0.47	0.09	-0.52	0.01	-0.28	0.76	0.19	-0.26	-0.30	0.09
O6	-0.28	-0.05	-0.48	0.06	-0.30	0.81	0.00	-0.23	-0.28	-0.03
O4	-0.66	-0.05	-0.64	0.03	0.07	0.85	0.07	0.08	0.00	0.10
O2	-0.59	0.10	-0.67	-0.03	-0.23	0.90	0.07	-0.23	-0.34	0.10
O8	-0.57	0.01	-0.66	0.01	-0.19	0.89	0.01	-0.17	-0.33	0.06
U1	-0.57	-0.22	-0.67	0.33	-0.07	0.78	-0.18	0.08	-0.27	-0.23
U3	-0.07	-0.10	-0.07	0.03	-0.29	0.59	-0.35	-0.23	0.13	-0.27
U7	-0.19	-0.05	-0.25	0.47	-0.32	0.76	0.11	-0.31	-0.23	-0.04
O1	-0.63	-0.13	-0.61	0.31	0.03	0.90	-0.23	0.09	-0.30	-0.16
O3	0.10	0.09	0.27	0.16	-0.27	0.80	-0.25	-0.19	0.08	-0.24
U5	-0.79	0.06	-0.82	-0.38	0.03	0.94	0.44	-0.05	-0.22	0.45
O7	-0.29	0.07	-0.41	0.25	-0.27	0.86	-0.06	-0.29	-0.31	0.02
O5	-0.76	0.00	-0.66	-0.30	-0.07	0.84	0.35	-0.05	-0.21	0.43

Tablo E.7.2a. 3000 m³'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U2	-0.17	0.15	-0.32	0.30	-0.83	0.87	-0.42	-0.80	0.32	-0.37
U4	-0.37	0.21	-0.42	-0.21	-0.84	0.90	-0.37	-0.79	0.30	-0.35
U8	0.02	-0.01	-0.20	-0.18	-0.76	0.83	-0.35	-0.78	0.31	-0.38
U6	-0.20	0.09	-0.22	-0.09	-0.74	0.86	-0.30	-0.74	0.19	-0.25
U1	0.15	0.00	-0.05	0.32	-0.82	0.82	-0.41	-0.92	0.52	-0.53
O6	0.06	-0.11	0.09	-0.21	-0.78	0.65	-0.37	-0.82	0.53	-0.63
O4	0.15	-0.09	-0.11	0.25	-0.88	0.65	0.07	-0.75	-0.04	-0.06
O8	0.04	-0.05	0.04	-0.28	-0.88	0.71	-0.14	-0.65	0.18	-0.23
U5	-0.24	0.06	-0.05	-0.16	-0.69	0.32	0.21	0.04	0.06	0.50
O2	0.11	-0.07	-0.02	-0.04	-0.85	0.65	-0.08	-0.55	0.12	-0.27
U3	0.11	-0.12	-0.09	0.11	-0.88	0.53	-0.49	-0.57	0.49	-0.73
O1	-0.05	0.04	0.03	-0.06	-0.85	0.93	-0.41	-0.87	0.30	-0.34
U7	-0.07	-0.03	-0.23	0.39	-0.85	0.90	-0.48	-0.78	0.39	-0.59
O5	0.16	0.30	0.30	0.14	0.07	0.78	0.42	0.29	0.07	0.53
O3	-0.03	-0.08	0.00	-0.09	-0.68	0.78	-0.79	-0.38	0.41	-0.69
O7	-0.07	0.14	-0.15	-0.02	-0.65	0.88	-0.46	-0.81	0.22	-0.44

Tablo E.7.2b. 3000 m³'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U2	-0.29	0.28	-0.39	0.28	-0.84	0.87	-0.52	-0.84	0.38	-0.42
U4	-0.01	0.14	-0.34	-0.06	-0.84	0.87	-0.48	-0.82	0.34	-0.39
U6	-0.18	0.04	-0.30	-0.06	-0.72	0.84	-0.38	-0.77	0.20	-0.30
U8	-0.01	0.04	-0.15	-0.07	-0.76	0.79	-0.43	-0.80	0.36	-0.43
U1	-0.29	0.02	-0.04	0.27	0.15	-0.14	0.03	-0.91	0.03	0.02
O6	-0.20	0.21	-0.29	0.45	-0.80	0.79	-0.43	-0.84	0.56	-0.65
O4	-0.10	0.16	-0.36	0.21	-0.89	0.72	0.02	-0.78	-0.02	-0.12
O8	0.20	-0.12	0.07	0.01	-0.90	0.71	-0.14	-0.67	0.18	-0.29
U5	-0.20	0.19	0.27	0.00	-0.60	0.31	0.32	0.22	0.06	0.53
O2	0.30	-0.34	0.04	-0.15	-0.83	0.78	-0.17	-0.51	0.06	-0.33
U3	0.22	-0.17	0.01	0.03	-0.88	0.54	-0.44	-0.56	0.42	-0.73
O1	0.14	-0.07	0.15	0.03	-0.85	0.93	-0.46	-0.86	0.34	-0.41
U7	-0.07	-0.02	-0.07	-0.01	-0.83	0.91	-0.53	-0.76	0.41	-0.60
O5	-0.18	0.10	0.04	0.02	0.26	0.87	0.41	0.44	0.08	0.53
O3	0.08	-0.09	0.02	0.02	-0.59	0.75	-0.72	-0.32	0.30	-0.67
O7	0.10	0.05	0.04	-0.21	-0.61	0.88	-0.47	-0.80	0.24	-0.47

Tablo E.7.2c. 3000 m³'lük yelpaze hacimde parametreler arası ilişkiler (ORT)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U2	-0.09	-0.08	-0.06	-0.11	-0.30	0.26	-0.04	-0.79	0.30	-0.27
U4	-0.30	0.15	-0.48	-0.18	-0.79	0.84	-0.27	-0.77	0.27	-0.26
U6	0.35	-0.07	-0.34	0.00	0.03	-0.11	0.04	-0.73	0.20	-0.14
U8	0.14	-0.20	-0.08	-0.09	-0.74	0.74	-0.26	-0.76	0.28	-0.25
U1	0.11	-0.02	-0.11	0.29	-0.85	0.85	-0.39	-0.91	0.44	-0.45
O6	0.10	0.10	-0.27	0.21	-0.82	0.70	-0.36	-0.81	0.49	-0.55
O4	-0.07	0.15	-0.39	0.21	-0.89	0.69	0.11	-0.76	-0.07	0.04
O8	-0.04	0.07	-0.25	-0.16	-0.89	0.68	-0.11	-0.66	0.15	-0.11
O2	-0.01	0.06	-0.07	-0.07	-0.87	0.71	-0.07	-0.59	0.12	-0.16
U3	0.26	-0.25	-0.02	-0.09	-0.88	0.54	-0.55	-0.56	0.54	-0.70
U5	-0.34	0.22	-0.06	-0.26	-0.68	0.50	0.34	0.00	0.03	0.50
O1	-0.09	0.27	-0.11	-0.03	-0.56	0.94	-0.33	-0.56	0.25	-0.26
U7	-0.34	0.25	-0.50	0.33	-0.84	0.86	-0.39	-0.76	0.37	-0.53
O5	-0.11	0.39	0.05	0.02	0.03	0.91	0.43	0.24	0.05	0.54
O3	-0.07	-0.02	-0.02	0.06	-0.64	0.82	-0.78	-0.36	0.46	-0.60
O7	-0.09	0.08	-0.18	0.19	-0.71	0.95	-0.37	-0.80	0.14	-0.28

Tablo E.7.3a. 9000 m³'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U2	-0.26	0.04	-0.51	0.02	-0.33	0.79	0.09	-0.25	-0.11	0.08
U8	-0.15	0.02	-0.37	0.02	-0.32	0.84	0.34	-0.25	-0.23	0.36
U4	-0.34	0.00	-0.45	-0.12	-0.24	0.89	0.45	-0.21	-0.25	0.49
U6	-0.03	-0.03	-0.14	0.17	-0.35	0.79	0.35	-0.25	-0.23	0.35
U1	-0.44	-0.03	-0.36	0.07	0.03	0.88	0.21	0.07	-0.18	0.19
O6	-0.44	-0.04	-0.50	0.09	-0.20	0.91	0.20	-0.22	-0.22	0.24
O8	-0.26	-0.02	-0.41	-0.06	-0.16	0.93	0.34	-0.19	-0.23	0.35
O2	-0.34	-0.02	-0.22	0.03	-0.15	0.84	0.25	-0.22	-0.23	0.38
O4	-0.48	-0.05	-0.54	-0.08	-0.15	0.93	0.39	-0.17	-0.23	0.39
U3	-0.16	-0.02	-0.26	0.26	-0.24	0.75	-0.27	-0.25	-0.09	-0.16
O1	-0.55	-0.07	-0.55	0.01	0.09	0.91	0.15	0.09	-0.20	0.23
U7	-0.40	-0.03	-0.38	-0.15	-0.12	0.96	0.05	-0.17	-0.13	0.10
O3	-0.40	-0.04	-0.05	0.19	-0.13	0.35	-0.16	-0.29	-0.14	-0.13
O7	-0.54	-0.02	-0.55	-0.04	-0.12	0.94	0.18	-0.15	-0.20	0.29
U5	-0.74	-0.06	-0.77	-0.71	0.00	0.97	0.79	0.04	-0.02	0.83
O5	-0.59	-0.02	-0.64	-0.49	-0.01	0.94	0.72	0.03	0.00	0.80

Tablo E.7.3b. 9000 m³'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U4	-0.25	-0.01	-0.40	-0.04	-0.11	0.82	0.38	-0.18	-0.26	0.47
U8	-0.34	0.05	-0.45	-0.13	-0.20	0.90	0.28	-0.21	-0.25	0.33
U2	-0.42	0.06	-0.49	-0.12	-0.22	0.89	0.29	-0.22	-0.24	0.32
U6	-0.26	0.09	-0.34	0.05	-0.21	0.89	0.29	-0.19	-0.24	0.32
O6	-0.41	-0.02	-0.42	-0.14	-0.16	0.90	0.21	-0.19	-0.24	0.23
O4	-0.46	0.00	-0.54	-0.16	-0.12	0.93	0.40	-0.15	-0.25	0.39
U1	-0.47	-0.05	-0.42	-0.12	0.03	0.89	0.19	0.08	-0.21	0.16
O8	-0.58	0.11	-0.60	-0.38	-0.13	0.92	0.36	-0.17	-0.25	0.36
O2	-0.55	0.07	-0.48	-0.14	-0.11	0.84	0.25	-0.19	-0.25	0.38
U3	-0.01	-0.04	0.04	0.03	-0.30	0.77	-0.13	-0.27	-0.11	-0.16
O1	-0.65	-0.10	-0.68	-0.08	0.10	0.91	0.14	0.10	-0.23	0.24
U7	-0.56	-0.05	-0.54	0.00	-0.09	0.95	0.01	-0.15	-0.13	0.07
O3	-0.33	0.01	-0.02	0.01	-0.09	0.34	-0.13	-0.27	-0.18	-0.13
O7	-0.64	0.02	-0.65	-0.06	-0.12	0.93	0.18	-0.14	-0.20	0.31
U5	-0.53	-0.09	-0.60	-0.46	0.01	0.95	0.74	0.06	0.01	0.82
O6	-0.41	-0.02	-0.42	-0.14	-0.16	0.90	0.21	-0.19	-0.24	0.23

Tablo E.7.3c. 9000 m³'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler(ORT) için)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U2	-0.38	0.07	-0.66	-0.14	-0.23	0.75	0.30	-0.23	-0.23	0.35
U4	-0.48	0.00	-0.63	-0.14	-0.23	0.92	0.47	-0.20	-0.26	0.48
U6	-0.11	-0.08	-0.31	0.17	-0.25	0.69	0.34	-0.29	-0.23	0.35
U8	-0.22	0.05	-0.31	-0.03	-0.29	0.89	0.38	-0.24	-0.22	0.38
O6	-0.62	0.04	-0.69	-0.07	-0.21	0.92	0.23	-0.20	-0.21	0.26
U1	-0.73	-0.09	-0.68	-0.12	0.06	0.92	0.22	0.09	-0.18	0.20
O4	-0.77	0.01	-0.75	-0.27	-0.13	0.85	0.43	-0.10	-0.22	0.41
O8	-0.60	0.08	-0.68	-0.17	-0.15	0.95	0.36	-0.16	-0.23	0.39
O2	-0.45	0.05	-0.32	-0.09	-0.14	0.84	0.24	-0.20	-0.23	0.41
U3	-0.27	0.04	-0.29	0.34	-0.27	0.77	-0.31	-0.21	-0.09	-0.17
U7	-0.77	-0.03	-0.74	0.04	-0.15	0.96	0.04	-0.19	-0.11	0.11
O1	-0.86	-0.13	-0.83	-0.11	0.12	0.92	0.09	0.10	-0.19	0.16
O3	-0.66	0.01	-0.04	0.18	-0.14	0.49	-0.18	-0.27	-0.16	-0.08
U5	-0.65	-0.08	-0.70	-0.59	-0.01	0.97	0.76	0.03	-0.02	0.80
O7	-0.78	0.01	-0.79	-0.05	-0.14	0.97	0.20	-0.15	-0.19	0.33
O5	-0.78	-0.06	-0.77	-0.53	0.00	0.95	0.73	0.03	0.02	0.77

Tablo E.7.4a. 3000 m³'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U4	0.20	-0.06	-0.01	0.05	-0.89	0.57	-0.05	-0.60	-0.18	0.40
U2	0.30	-0.15	-0.19	-0.21	-0.87	0.44	-0.06	-0.58	-0.21	0.42
U6	0.47	-0.23	-0.03	-0.27	-0.87	0.35	-0.06	-0.57	-0.21	0.44
U8	0.00	0.10	-0.23	-0.09	-0.82	0.28	-0.09	-0.56	-0.20	0.39
O4	0.03	-0.10	-0.10	-0.14	-0.87	0.55	0.34	-0.74	-0.53	0.58
U1	0.24	-0.02	-0.14	-0.37	-0.68	0.06	0.20	-0.72	-0.42	0.40
O6	0.23	-0.12	-0.06	0.10	-0.86	0.05	0.17	-0.37	-0.18	0.16
O8	-0.19	0.43	-0.13	-0.02	-0.89	0.55	0.25	-0.52	-0.35	0.45
U7	-0.14	0.11	-0.14	-0.26	-0.67	0.95	0.15	-0.60	-0.17	0.20
O2	-0.17	0.31	-0.22	-0.02	-0.80	0.67	0.28	-0.42	-0.31	0.43
U3	0.14	-0.21	-0.16	0.13	-0.85	0.40	-0.16	-0.10	0.07	0.40
O1	-0.18	0.07	-0.25	-0.14	-0.64	0.93	0.28	-0.83	-0.50	0.42
O3	-0.18	0.14	-0.24	-0.18	0.50	0.88	-0.35	0.10	-0.06	0.26
O7	-0.47	0.29	-0.44	-0.37	-0.65	0.95	0.20	-0.79	-0.41	0.32
U5	-0.58	0.46	-0.55	-0.46	-0.60	0.80	0.72	-0.39	-0.48	0.82
O5	-0.41	0.25	-0.44	-0.47	-0.43	0.97	0.71	-0.48	-0.60	0.78

Tablo E.7.4b. 3000 m³'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U4	-0.20	0.38	-0.29	-0.48	-0.87	0.57	-0.08	-0.58	-0.17	0.31
U2	-0.07	0.16	-0.35	-0.24	-0.86	0.35	-0.03	-0.58	-0.25	0.39
U6	0.28	-0.12	-0.19	-0.52	-0.80	0.15	-0.05	-0.54	-0.25	0.43
U8	-0.02	0.18	-0.20	-0.02	0.79	0.10	-0.06	-0.53	-0.23	0.36
O4	-0.02	0.02	-0.16	-0.24	-0.89	0.73	0.49	-0.78	-0.57	0.56
U1	-0.10	0.06	0.03	-0.16	-0.69	0.10	0.21	-0.73	-0.40	0.37
O6	-0.02	0.02	-0.38	0.04	-0.87	0.26	0.03	-0.38	-0.15	0.09
O8	-0.10	0.23	-0.15	-0.20	-0.85	0.71	0.37	-0.53	-0.38	0.41
U3	-0.26	-0.02	-0.42	0.11	-0.81	0.46	-0.18	-0.09	0.03	-0.45
U7	-0.32	0.22	-0.25	-0.08	-0.56	0.95	0.10	-0.51	-0.14	0.15
O2	-0.12	0.16	-0.20	-0.20	-0.73	0.74	0.38	-0.39	-0.34	0.38
O1	-0.49	0.45	-0.55	-0.48	-0.67	0.94	0.27	-0.83	-0.50	0.39
O3	-0.08	0.05	-0.16	-0.22	0.14	0.88	-0.35	0.18	-0.11	-0.30
O7	-0.02	-0.06	0.01	-0.16	-0.66	0.94	0.15	-0.81	-0.37	0.29
U5	-0.44	0.35	-0.41	-0.42	-0.50	0.83	0.67	-0.30	-0.42	0.81
O5	-0.47	0.24	-0.48	-0.37	-0.38	0.97	0.71	-0.44	-0.55	0.77

Tablo E.7.4c. 3000 m³'lük kare hacimde parametreler arası ilişkiler (ORT)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U4	-0.20	0.38	-0.29	-0.48	-0.87	0.57	-0.08	-0.58	-0.17	0.31
U2	-0.07	0.16	-0.35	-0.24	-0.86	0.35	-0.03	-0.58	-0.25	0.39
U6	0.28	-0.12	-0.19	-0.52	-0.80	0.15	-0.05	-0.54	-0.25	0.43
U8	-0.02	0.18	-0.20	-0.02	0.79	0.10	-0.06	-0.53	-0.23	0.36
O4	-0.02	0.02	-0.16	-0.24	-0.89	0.73	0.49	-0.78	-0.57	0.56
U1	-0.10	0.06	0.03	-0.16	-0.69	0.10	0.21	-0.73	-0.40	0.37
O6	-0.02	0.02	-0.38	0.04	-0.87	0.26	0.03	-0.38	-0.15	0.09
O8	-0.10	0.23	-0.15	-0.20	-0.85	0.71	0.37	-0.53	-0.38	0.41
O2	-0.12	0.16	-0.20	-0.20	-0.73	0.74	0.38	-0.39	-0.34	0.38
U7	-0.32	0.22	-0.25	-0.08	-0.56	0.95	0.10	-0.51	-0.14	0.15
U3	-0.26	-0.02	-0.42	0.11	-0.81	0.46	-0.18	-0.09	0.03	-0.45
O1	-0.49	0.45	-0.55	-0.48	-0.67	0.94	0.27	-0.83	-0.50	0.39
O3	-0.08	0.05	-0.16	-0.22	0.14	0.88	-0.35	0.18	-0.11	-0.30
O7	-0.02	-0.06	0.01	-0.16	-0.66	0.94	0.15	-0.81	-0.37	0.29
U5	-0.44	0.35	-0.41	-0.42	-0.50	0.83	0.67	-0.30	-0.42	0.81
O5	-0.47	0.24	-0.48	-0.37	-0.38	0.97	0.71	-0.44	-0.55	0.77

Tablo E.7.5a. 9000 m³'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U8	-0.31	0.09	-0.39	-0.10	-0.22	0.91	-0.07	-0.16	-0.31	0.03
U4	0.35	0.03	-0.30	-0.02	-0.20	0.91	-0.07	-0.16	-0.32	0.03
U6	-0.35	0.00	-0.43	0.12	-0.24	0.90	-0.11	-0.20	-0.28	0.00
O6	-0.55	-0.02	-0.58	0.15	-0.23	0.89	-0.09	-0.19	-0.29	0.02
U2	-0.40	0.03	-0.45	0.02	-0.26	0.91	-0.14	-0.24	-0.26	-0.03
O4	-0.31	0.03	-0.30	-0.02	-0.20	0.91	-0.07	-0.16	-0.32	0.03
O8	-0.57	0.03	-0.73	0.02	-0.12	0.81	-0.03	-0.15	-0.36	0.09
U3	-0.48	-0.04	-0.54	0.08	-0.17	0.92	-0.03	-0.15	-0.33	0.04
U1	0.10	-0.13	0.19	-0.07	-0.47	0.70	-0.34	-0.50	0.12	-0.29
U7	-0.52	0.00	-0.57	0.06	-0.17	0.92	0.01	-0.14	-0.32	0.01
O3	-0.44	0.12	-0.44	0.14	-0.42	0.92	-0.02	-0.49	-0.27	0.10
O1	0.07	-0.09	0.14	-0.07	-0.54	0.67	-0.31	-0.51	0.18	-0.34
O7	-0.50	0.03	-0.55	0.23	-0.17	0.91	0.08	-0.14	-0.32	0.01
U5	-0.50	0.16	-0.50	0.14	-0.41	0.94	0.05	-0.47	-0.29	0.13
O5	-0.81	-0.15	-0.86	-0.38	0.14	0.92	0.47	0.17	-0.16	0.46
O7	-0.73	-0.16	-0.76	-0.31	0.16	0.96	0.42	0.17	-0.13	0.47

Tablo E.7.5b. 9000 m³'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U4	-0.53	0.03	-0.54	-0.05	-0.19	0.88	-0.14	-0.13	-0.28	-0.05
U3	-0.47	-0.06	-0.52	0.11	-0.17	0.88	-0.10	-0.09	-0.31	-0.01
U2	-0.58	-0.01	-0.63	0.04	-0.17	0.89	-0.10	-0.11	-0.31	-0.01
U6	-0.63	0.01	-0.62	0.16	-0.18	0.88	-0.12	-0.12	-0.29	-0.04
O6	-0.61	0.02	-0.60	0.26	-0.19	0.90	-0.17	-0.17	-0.27	-0.07
U3	0.15	-0.01	-0.02	0.01	-0.44	0.64	-0.34	-0.40	0.04	-0.33
O4	-0.65	-0.04	-0.71	0.07	-0.12	0.92	0.01	-0.09	-0.36	0.06
O8	-0.61	0.02	-0.63	0.06	-0.11	0.91	-0.03	-0.08	-0.35	0.02
O2	-0.64	-0.01	-0.65	0.12	-0.13	0.91	-0.04	-0.10	-0.35	0.02
U1	-0.39	0.04	-0.48	-0.02	-0.17	0.91	0.02	-0.13	-0.32	0.01
O3	-0.20	-0.01	-0.09	0.15	-0.32	0.62	-0.31	-0.39	0.06	-0.37
U7	-0.51	0.15	-0.55	0.15	-0.35	0.92	-0.02	-0.43	-0.28	0.07
O1	-0.46	-0.04	-0.45	0.12	-0.15	0.91	0.11	-0.09	-0.33	0.02
O7	-0.54	0.18	-0.55	0.16	-0.36	0.95	0.09	-0.39	-0.32	0.11
U5	-0.78	-0.15	-0.81	-0.44	0.19	0.92	0.44	0.21	-0.12	0.44
O5	-0.79	-0.20	-0.83	-0.30	0.20	0.96	0.39	0.21	-0.09	0.45

Tablo E.7.5c. 9000 m³'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası ilişkiler (ORT)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U8	-0.68	0.07	-0.71	-0.06	-0.24	0.93	-0.01	-0.19	-0.31	0.09
U2	-0.63	0.02	0.67	0.02	-0.22	0.93	-0.16	-0.17	-0.12	-0.14
U4	-0.62	0.05	-0.66	-0.01	-0.25	0.92	-0.06	-0.21	-0.28	-0.05
U6	-0.77	0.10	-0.76	0.04	-0.24	0.92	-0.06	-0.20	-0.30	0.04
O6	-0.62	0.03	-0.65	0.15	-0.26	0.92	-0.15	-0.25	-0.23	-0.06
U3	0.07	-0.06	0.19	-0.04	-0.50	0.71	-0.36	-0.52	0.12	-0.27
O4	-0.82	0.03	-0.84	-0.01	-0.14	0.91	0.09	-0.10	-0.39	0.10
O8	-0.80	0.01	-0.84	0.05	-0.15	0.94	0.03	-0.13	-0.36	0.07
O2	-0.64	0.08	-0.67	-0.02	-0.20	0.94	0.06	-0.19	-0.34	0.12
U1	-0.76	0.03	-0.80	0.09	-0.12	0.92	-0.02	-0.09	-0.33	-0.05
U7	-0.49	0.17	-0.53	0.08	-0.42	0.92	0.01	-0.49	-0.29	0.13
O3	-0.24	0.07	-0.03	0.22	-0.50	0.72	-0.32	-0.54	0.15	-0.32
O1	-0.25	-0.04	-0.26	0.19	-0.10	0.95	0.00	-0.06	-0.34	-0.04
U5	-0.88	-0.16	-0.92	-0.43	0.15	0.93	0.46	0.18	-0.17	0.44
O7	-0.65	0.26	-0.63	0.15	-0.41	0.96	0.09	-0.43	-0.33	0.14
O5	-0.81	-0.17	-0.83	-0.29	0.16	0.97	0.41	0.17	-0.14	0.44

Tablo E.7.6a. 3000 m³'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası ilişkiler (500 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U4	0.06	0.13	-0.03	-0.06	0.15	-0.27	0.10	-0.74	0.22	-0.33
U8	0.11	0.25	-0.25	0.02	0.11	-0.42	0.16	-0.69	0.26	-0.34
U2	-0.05	0.03	-0.08	-0.12	0.07	-0.36	0.14	-0.70	0.27	-0.31
U6	0.20	-0.01	-0.07	0.03	0.17	-0.47	0.09	-0.69	0.21	-0.26
O6	-0.09	0.03	-0.08	-0.23	-0.85	0.77	-0.05	-0.82	0.06	-0.05
U1	-0.24	0.68	-0.64	0.47	-0.33	0.26	-0.31	-0.85	0.33	-0.30
O6	-0.10	0.21	-0.31	0.39	-0.67	0.48	-0.38	-0.74	0.42	-0.47
O8	-0.08	0.09	-0.17	0.06	-0.85	0.82	-0.18	-0.72	0.11	-0.16
U7	0.04	-0.07	0.02	0.00	-0.83	0.92	-0.44	-0.78	0.32	-0.33
O1	-0.17	0.21	-0.13	0.12	-0.75	0.76	-0.20	-0.78	0.20	-0.16
O2	-0.44	0.32	-0.47	0.16	-0.80	0.87	-0.21	-0.68	0.10	-0.18
U3	-0.11	0.00	-0.24	-0.08	-0.70	0.76	-0.74	-0.51	0.47	-0.76
O3	0.21	-0.11	0.22	-0.18	-0.33	0.87	-0.61	-0.40	0.26	-0.66
O7	-0.30	0.31	-0.31	0.29	-0.76	0.83	-0.18	-0.81	0.15	-0.20
U5	-0.41	-0.26	-0.35	-0.24	-0.73	0.87	0.23	-0.67	-0.36	0.34
O5	-0.61	0.54	-0.62	-0.43	-0.68	0.81	0.28	-0.66	-0.37	0.27

Tablo E.7.6b. 3000 m³'lük dikdörtgen hacimde parametreler arası ilişkiler (1000 Hz)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U4	-0.15	-0.03	0.13	-0.16	0.00	-0.34	0.14	-0.69	0.23	-0.41
U6	0.01	0.17	-0.01	0.04	0.16	-0.51	0.11	-0.70	0.27	-0.32
U8	0.05	0.35	-0.21	0.12	0.09	-0.46	0.16	-0.70	0.32	-0.43
U2	0.29	0.26	-0.42	0.22	0.09	-0.40	0.17	-0.72	0.33	-0.39
O4	0.08	-0.15	0.18	0.00	-0.87	0.76	-0.07	-0.80	0.13	-0.11
U1	0.21	0.15	-0.22	-0.14	-0.41	0.35	-0.33	-0.83	0.40	-0.36
O6	0.13	0.05	-0.09	0.29	-0.85	0.70	-0.41	-0.72	0.48	-0.52
U7	0.06	-0.11	0.01	-0.09	-0.72	0.88	-0.50	-0.71	0.38	-0.38
O1	0.15	-0.14	0.09	0.24	-0.71	0.75	-0.17	-0.77	0.24	-0.18
O8	0.02	-0.08	-0.08	0.00	-0.86	0.82	-0.21	-0.73	0.15	-0.22
U3	0.01	-0.19	-0.03	-0.07	-0.67	0.75	-0.71	-0.35	0.33	-0.74
O2	-0.10	0.04	-0.11	0.06	-0.78	0.87	-0.25	-0.65	0.13	-0.23
O3	-0.21	0.23	-0.20	0.04	-0.20	0.87	-0.59	-0.27	0.10	-0.65
O7	-0.13	0.22	-0.15	0.23	-0.72	0.82	-0.19	-0.80	0.19	-0.21
U5	-0.50	0.37	-0.53	-0.41	-0.70	0.86	0.27	-0.69	-0.32	0.32
O5	-0.23	0.25	-0.22	-0.18	-0.70	0.80	0.29	-0.66	-0.34	0.28

Tablo E.7.6c. Parametreler arası ilişkiler (3000 m³'lük dikdörtgen hacimde ORT için)

Hacim	T/EDT	T/C80	T/TS	T/LEF	EDT/C80	EDT/TS	EDT/LEF	C80/TS	C80/LEF	TS/LEF
U4	0.09	0.11	-0.20	0.02	0.00	-0.42	0.09	-0.69	0.31	-0.27
U8	0.07	0.39	-0.30	-0.13	0.21	-0.48	0.13	-0.74	0.24	-0.33
U2	0.19	0.29	-0.35	-0.07	0.18	-0.44	0.10	-0.72	0.23	-0.20
U6	0.04	0.00	0.06	0.00	0.20	-0.48	0.06	-0.73	0.19	-0.19
O4	-0.13	0.01	0.00	-0.26	-0.86	0.77	0.13	-0.84	0.03	-0.02
U1	-0.48	0.68	-0.68	0.43	-0.63	0.60	-0.36	-0.82	0.30	-0.25
O6	-0.14	0.44	-0.43	0.40	-0.72	0.56	-0.15	-0.78	0.39	-0.39
U7	-0.18	0.05	-0.25	-0.04	-0.86	0.92	-0.31	-0.80	0.31	-0.25
O2	-0.49	0.35	-0.50	0.00	-0.86	0.84	-0.03	-0.70	0.07	-0.12
O8	-0.35	0.31	-0.44	0.16	-0.89	0.83	-0.06	-0.75	0.09	-0.11
U3	-0.03	-0.12	-0.18	-0.07	-0.75	0.76	-0.71	-0.55	0.51	-0.70
O1	-0.09	0.14	-0.13	0.03	-0.74	0.76	0.28	-0.77	-0.21	0.25
O3	0.01	0.11	0.00	-0.03	-0.34	0.88	-0.62	-0.36	0.29	-0.62
O7	-0.38	0.36	-0.35	0.30	-0.80	0.85	-0.14	-0.82	0.14	-0.16
U5	-0.57	0.43	-0.55	-0.35	-0.77	0.88	0.27	-0.69	-0.38	0.34
O5	0.54	0.50	-0.56	-0.29	-0.69	0.82	0.28	-0.68	-0.39	0.27

EK 8. HACİM YÜZEYLERİNİN, PARAMETRELERİN HACİM İÇİNDEKİ DAĞILIMLARINA ETKİLERİNİN SAPTANMASINDA KULLANILAN YÖNTEM

Bu ek bölümde, Bölüm 4.1.3’de sonuçları yer alan, yüzeylerin parametre dağılımlarını etkileme durumlarının elde edilmesinde kullanılan yöntemin geniş açıklaması yer almaktadır.

Yöntemde yüzeylerin dağılımları etkilediği yolunda bulguların elde edilmesinden sonra, bu etkilemenin ne oranda gerçekleştiğinin saptanmasına çalışılmıştır. Bu aşamada, farklı özellik gösteren hacim yüzeylerinin, hangi parametreleri ne oranda etkilediği belirlenmiştir.

Yöntemin Belirlenmesi:

Yöntemin oluşturulmasında ilk aşama olarak, incelenecek hacimler başlıca iki gruba ayrılmışlardır. Göreceli olarak daha uzun yansıma sürelerinin elde edildiği ilk grup hacim tiplerinin tüm yüzeylerinde oldukça az yutucu malzemeler kullanılmıştır. Daha kısa yansıma sürelerinin elde edilebildiği ikinci grupta ise yüzeyler orta yutuculukta malzemelerden oluşmaktadır. Her bir grup da kendi içinde ikiye bölünmüş ve her bir bölüme ayrılmıştır. Bu hacim çiftlerinde, diğer tüm yüzeyler çok yansıtıcı ya da orta yutuculukta kalırken, seçilen hacim yüzeyinin yutuculuğu diğerlerinden bağımsız tutularak ya çok yutucu ya da çok yansıtıcı olarak alınmıştır.

Aşağıda seçilen hacim çiftleri görülmektedir:

- **1 no’lu hacim çifti:** Dinleyici platformu tavanının çok yutucu ve Dinleyici platformu tavanının çok yansıtıcı olduğu iki hacim durumunu,
- **2 no’lu hacim çifti:** Dinleyici yan yüzeylerinin çok yutucu ve Dinleyici yan yüzeylerinin çok yansıtıcı olduğu iki hacim durumunu,



- **3 no'lu hacim çifti:** Sahne yüzeylerinin çok yutucu ve Sahne yüzeylerinin çok yansıtıcı olduğu iki hacim durumunu,
- **4 no'lu hacim çifti:** Dinleyici arka duvarının çok yutucu ve Dinleyici arka duvarının çok yansıtıcı olduğu iki hacim durumunu,

göstermektedir. Bu aşamada yutuculuklar ve benzeri hacim kabulleri Bölüm 3.2.1.3'de ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Bir sonraki aşamada, hacim çiftlerinde, yansışım süresinin değişimine göre, parametrelerin değişim katsayılarının değişim oranı incelenmektedir. Yani yansışım süresinin değişimine göre, parametrelerin hacim içindeki dağılımlarının düzgünlük durumları arasındaki oran irdelenecektir.

Çalışmada, yansışım süresi değişimine göre, parametre değişim katsayısının değişimi ne kadar çok olursa, sözkonusu incelenmekte olan hacim çiftindeki, yutuculuğu değiştirilen yüzeyin düzgün dağılım üzerindeki etkisinin o kadar büyük olacağı varsayılmıştır. Yani Denklem E.8.1'den elde edilen değer ne kadar küçük olursa, o yüzeyin önem sıralamasındaki yeri o kadar fazla demektir. A ve B gibi iki durum arasındaki yansışım süresi farkı, yansışım sürelerinin farklarının toplamına oranından % olarak elde edilmektedir. A ve B gibi iki durum arasındaki değişim katsayısı (DK) farkı ise, değişim katsayısının biriminin % olasından ötürü doğrudan doğruya çıkarma işlemi yapılarak elde edilmektedir.

$$\frac{\text{Yansışım süresi (T) farkı (\%)}}{\text{(Parametre) (DK) farkı (\%)}} = \frac{((T)_B - (T)_A) / ((T)_B + (T)_A)}{\text{Parametre}_{(DK)B} - \text{Parametre}_{(DK)A}} \quad (\text{E.8.1})$$

Diğer bir aşamada, (1), (2), (3), (4) hacim çiftleri için Denklem E.8.1 yardımı ile elde edilen oranlar arasında bir sıralama yapılmıştır. Bu aşamada oranların aritmetik sıralaması yanında, sayısal değerleri birbirine yakın ve uzak olan oranların durumu da dikkate alınmıştır.



Tablo E.8.2. 9000 m³'lük orta yansıtıcı yüzeyli hacimlerde, ilgili frekanslarda EDT, C80, TS ve LEF dağılımları üzerindeki önem sıralamaları

	hacim çiftleri	YELPAZE			KARE			DİKDÖRTGEN		
		500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT
		(Hz)			(Hz)			(Hz)		
EDT	(1)	3-2	3	2-3	1-2	1	1	4	4	4
	(2)	1	1-2	3-2	2-1	2	2	2-1-3	1-2	1-2
	(3)	2-3	2-1	1	4	4	4	3-2-1	2-1	1-2
	(4)	4	4	4	3	3	3	1-2-3	3	3
C80	(1)	3-4	4	3-4	2-1	4	2	4-3	4	4
	(2)	1	1	4-3	1-2	1	4	1	1	3
	(3)	4-3	3	2	4	3-2	3	3-4	3	2
	(4)	2	2	1	3	2-3	1	2	2	1
TS	(1)	2-1	2-1	2-3	1-2	1	2	3	3	3
	(2)	3	3	3-2	4	4	4	1-2	1	2
	(3)	1-2	1-2	1	2-1	2	1	2-1	2	1
	(4)	4	4	4	3	3	3	4	4	4
LEF	(1)	3-4	4	4-3-2	3	3	2	2-3	3	3
	(2)	2	1	2-1	1	1	3	1	1	2
	(3)	1	2	1-2	2	2	1	2-3	2	1
	(4)	4-3	3	3-4	4	4	4	4	4	4

Tablo E.8.3. 3000 m³'lük çok yansıtıcı yüzeyli hacimlerde, ilgili frekanslarda EDT, C80, TS ve LEF dağılımları üzerindeki önem sıralamaları

	hacim çiftleri	YELPAZE			KARE			DİKDÖRTGEN		
		500	1000	ORT	500	1000	ORT	500	1000	ORT
		(Hz)			(Hz)			(Hz)		
EDT	(1)	1-2	4	3	1	1-2	1	3-2	3	2
	(2)	4	3-2	4	2	2-1	2	4	4	1
	(3)	2-1	1	1	4-3	3	3	1	1	4
	(4)	3	2-3	2	3-4	4	4	2-3	2	3
C80	(1)	4	1	4	1-2	1-2	2	2-3	1	1-2
	(2)	1	2	1	4	4	4	1	2	1-2
	(3)	2	3-4	3-2	3	3	3	2-3	3	3
	(4)	3	4-3	2-3	2-1	2-1	1	4	4	4
TS	(1)	1-2	1	1	3	3-2-1	1-2	2-1	1-2	3-2
	(2)	4	4		4	4	4	4	4	4
	(3)	2-1	2	2	2-1	2-1-3	3	1-2	2-1	1
	(4)	3	3	3	1-2	1-2-3	1-2	3	3	2-3
LEF	(1)	3	4	3	3	3	1	3	3	3
	(2)	2	2-1	2	1-2	1-2	2	1	1	1
	(3)	1	1-2	1	1-2	2-1	3	2	2	2
	(4)	4	3	4	4	4	4	4	4	4

Tablo E.8.4. 3000 m³'lük orta yansıtıcı yüzeyli hacimlerde, ilgili frekanslarda EDT, C80, TS ve LEF dağılımları üzerindeki önem sıralamaları

[illegible]

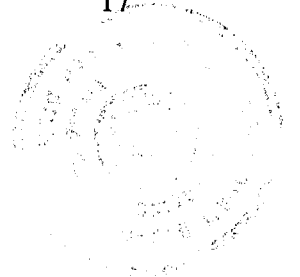
Tablo E.8.1, Tablo E.8.2, Tablo E.8.3, Tablo E.8.4 incelendiğinde, frekanslar arasında belirgin bir ayrım olmadığı görülerek, her bir geometri ve büyüklük için genel sonuçların çıkarılması uygun bulunmuştur. Bu sonuçlar, Tablo E.8.5’de çok yansıtıcı ve orta yansıtıcı hacimler için olmak üzere sunulmuştur.

Tablo E.8.5. Büyüklüklere ve yüzey yutuculuklarına göre hacim çiftlerinin parametre dağılımlarını etkileme sıralaması

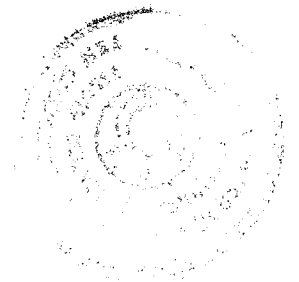
[illegible]

EK 9. TEZ KAPSAMINDA YER ALAN DENKLEMLERİN LİSTESİ

NO	KONU	Sayfa
2.1	Sesin gelişme bölümünde, bir t zamanındaki ses enerji yoğunluğu (Croome, 1977).	7
2.2	Klasik yayınık ses alanı teorisine göre, önerilen merkez zamanı (TS) parametresi değeri (Gade, 1989).	9
2.3	Gade'e göre, önerilen merkez zamanı parametresi değeri (Gade, 1989)	9
2.4	Yansıım süresine (T) göre yükselme zamanı (tr) parametresi değeri (Cremer, Müller, 1982).	9
2.5	Yansıım süresine (T) göre, önerilen (tr') parametresi değeri (Cremer, Müller, 1982).	9
2.6	Enerji oranlarına bağılı olarak netlik (C80) parametresi değerleri (Naylor, Rindel, 1994).	9
2.7	Klasik yayınık alan teorisine göre, önerilen netlik (C80) parametresi değerleri (Gade, 1989).	10
2.8	Gade'e göre, önerilen netlik (C80) parametresi değerleri (Gade, 1989)	10
2.9	Enerji oranlarına bağılı olarak ayırdedilebilirlik (D50) parametresi değerleri (Naylor, Rindel, 1994).	10
2.10	Yansıım indeksi (R_{index}) parametresinin Ayırdedilebilirlik (D50) parametresine göre ortaya konması (Maekawa, Lord, 1994).	11
2.11	Sinyal-gürültü oranı (S/N) parametresinin enerji oranlarına bağılı olarak ortaya konması (Bradley, 1986).	11
2.12	Sesin sönme bölümünde, bir t zamandaki ses enerji yoğunluğu (Croome, 1977).	13
2.13	Gade'e göre, önerilen erken düşme süresi (EDT) parametresi değeri (Gade, 1989)	16
2.14	Dolaysız ses düzeyi (Templeton, Saunders, 1987)	16
2.15	Ses gücü düzeyi (Templeton, Saunders, 1987)	16
2.16	Yayınık ses düzeyi (Templeton, Saunders, 1987)	17



<u>NO</u>	<u>KONU</u>	<u>Sayfa</u>
2.17	Hacmin toplam yutuculuğu (Beranek, 1990)	17
2.18	Yayınık ses düzeyi (Beranek, 1990)	17
2.19	Hacim sabiti (Templeton, Saunders, 1987)	17
2.20	Toplam ses düzeyi (Beranek, 1990)	17
2.21	Toplam ses düzeyi (Beranek, 1990)	18
2.22	Seslilik (G) (Pelorson, Vian, Polack, 1992)	18
2.23	Ses gücü düzeyi (Pelorson, Vian, Polack, 1992)	18
2.24	Uzaysal etkilenme (SI) derecesi (Barron, Marshall, 1981)	27
2.25	Yanal enerji oranı (LEF) (Marshall, 1981)	28
2.26	Gade'e göre önerilen yanal enerji oranı (LEF) değerleri (Gade, 1989)	29
2.27	Işın diyagramları yöntemine göre alıcıdaki akustik özelliklerin değerlendirilmesi için olması gereken en az ışın sayısı (Naylor, 1993; Rindel, 1995a)	47
2.28	Görüntü kaynak yöntemine göre, t süre sonundaki ses ışınları dağılımına bağlı olarak, bir alıcıya ulaşan yansıma sayısı (Naylor, Rindel, 1994)	48
2.29	Görüntü kaynak yöntemine göre muhtemel görüntü sayısı (Rindel, 1995)	49
E.1.1.	Standart sapma (İpek, 1994)	180
E.1.2	Değişim katsayısı (İpek, 1994)	181
E.1.3.	Korelasyon katsayıları (Apaydın, Kutsal, Atakan, 1994)	182
E.1.4.	Regresyon doğrusu (Apaydın, Kutsal, Atakan, 1994)	182
E.1.5.	Regresyon doğrusunu veren eşitlik içindeki "a" katsayısı (Apaydın, Kutsal, Atakan, 1994)	183
E.1.6.	Regresyon doğrusunu veren eşitlik içindeki "b" katsayısı (Apaydın, Kutsal, Atakan, 1994)	183
E.8.1.	Parametrelerin hacim içindeki dağılımlarında hacim yüzeylerinin önemini ortaya koymaya yönelik eşitlik	226



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad-Soyad : Ayşe Erdem Aknesil
Doğum yeri-Tarihi : İstanbul, 27 Nisan 1965
Medeni Durumu : Evli, bir çocuklu
Akademik Durumu : Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi,
Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı,
Çevre Çözümlemesi ve Denetimi (Yapı Fiziği)
Bilim Dalı, Araştırma Görevlisi
Adres : Yıldız Mah. Müvezzi Cd. No:57/3, 80690 İstanbul
Tel, email : 0212 259 70 70/2255-2303, aknesil @ ana.yildiz.edu.tr
Yabancı Dil : İngilizce

Öğrenim Durumu : 1971-1976 Osmangazi İlkokulu (Kadıköy/İstanbul)
1976-1982 Özel Kadıköy Kız Lisesi (Orta ve Lise)
1982-1987 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık
Fakültesi (Lisans)
1987-1989 Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık
Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim
Dalı, Çevre Çözümlemesi ve Denetimi (Yapı Fiziği)
Bilim Dalı Yüksek Lisans

Akademik Kariyer : Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi,
Mimarlık Bölümü, Çevre Çözümlemesi ve Denetimi
(Yapı Fiziği) Bilim Dalı, Araştırma Görevlisi

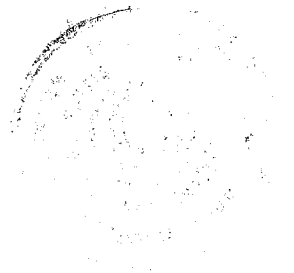
Tezler:

- Mat Bir Yüzeyin Yansıtma Çarpanlarının Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, 1987).

Yayınlar:

Kitaplar:

- Havayolu Gürültüsü, YTÜ yayınları, s.76 , İstanbul, 1992.



Bildiriler:

- “Effect of Acoustic Optimization On Architectural Design In Auditoriums and Concert Halls”, IV. International Building and Life’92 Congress, Bursa, 12-17 Mayıs 1992.
- “Effects of Environmental Noise On Housing Areas In İstanbul”, Karabiber Z., Yüğrük N., ile birlikte, ‘The Aims for Noise Control In Europe of the Future Congress, Prag-Çekoslovakya, 23-25 Haziran 1992.
- “Dersliklerde Konuşmanın Anlaşılabilirlik Koşulları ve Tip Dersliklerin Değerlendirilmesi”, Yüğrük, N., ile birlikte, 21. Yüzyıla Doğru Eğitim Yapıları Sempozyumu, İstanbul, 13-14 Mayıs 1993.
- “Eğitim Yapılarında Gürültü Sorunları ve Etkileri, Karabiber Z., Yüğrük N., ile birlikte, ”, 1.Ulusal Gürültü Kongresi, Bursa 14-16 Kasım 1994 ve 21. Yüzyıla Doğru Eğitim Yapıları Sempozyumu, İstanbul, 13-14 Mayıs 1993.
- “Gürültü Kirliliğinin İnsan ve Toplum Üzerindeki Etkileri”, 1.Çevre Sempozyumu, Gaziantep, 16-17 Kasım 1995.
- “İstanbul’da ‘Konutların İşyerine Dönüşümü’ Olgusuna Gürültü Kirliliğinin Etkileri”, Şerefhanoglu M., Karabiber Z., Akdağ N., ile birlikte, İstanbul 2020-Metropolün Geleceğe Yönelik Öneriler Sempozyumu, İstanbul, 17-19 Nisan 1996.
- “Mimari Tasarım Aşamasında Hacim Akustiği Açısından Bilgisayar Programlarının Önemi”, Yapılarda Akustik Sorunlar ve Çözüm Önerileri Semineri, İstanbul, 23-24 Mayıs 1996.
- “Geçmişten Günümüze Hacim Akustiği Ölçütleri”, 2.Ulusal Akustik ve Gürültü Kongresi, 23-25 Ekim 1996.
- “Effects of Noise Pollution On The Transition of Recidentals into Offices”, Şerefhanoglu M., Karabiber Z., Akdağ N., ile birlikte, Inter-Noise 97, Budapeşte-Macaristan, 25-27 Ağustos 1997.

Araştırma Projeleri:

- “Salonların Çok Amaçlı Kullanımlarından Kaynaklanan Akustik Sorunların İncelenmesi ve Çok Amaçlı Salonlarda, Akustik Sorunların Ortadan Kaldırılmasına Yönelik Çözüm Önerileri”, Doç.Dr.Zerhan Karabiber yürütücülüğünde, Y.Doç.Dr.Neşe Akdağ ile birlikte (devam etmektedir)

- “Zeytinburnu İlçesinde Yer Alan Konfeksiyon ve Deri Atelyelerinde Gürültünün İnsan Sağlığına Etkilerinin İncelenmesi ve Sorunların Çözümüne Yönelik Önlemlerin Ortaya Konması”, Prof.Müşgan Şerefhanoglu yürütücülüğünde, Y.Doç.Dr.Neşe Akdağ ile birlikte (devam etmektedir)

Akademik Aktiviteler:

- Değişik dönemlerde Mimarlık Bölümü, başarı oranları hesaplanması, not kontrolü ve benzeri görevler.

Mesleki Uygulamalar:

ÖĞRENİM SIRASI ÇALIŞMALARI:

Lisans Öğrenimi sırasında (1987-1988)

Aydıncioğlu Mimarlık Bürosunda,

- Ortadoğuda Hükümet Konağı Teklifi'nin hazırlanmasına yardım, İstanbul-Ulus Panorama Vilları projesine,
- İstanbul-Özkoray Yapı Kooperatifi konutları projesine yardım.

Yüksek Lisans Öğrenimi sırasında (1988-1989)

Yapı Fiziği Uygulamaları A.Ş. bürosunda,

- Salima Tatil Köyü Diskosu akustik projesine,
- Hapymag Tatil Kompleksi aydınlatma-akustik-ısı-nem projelerine,
- Alarko İdare Binası Giriş Holü Aydınlatma projesine,
- İstinye Kongre Sarayı Büyük Salon akustik projesine yardım.

ÖĞRENİM SONRASI ÇALIŞMALARI (1989-1997)

Yapı Fiziği Bilim Dalı, Döner Sermaye uzmanlık ve etkinliklerinden,

- “Sarıyer Kültür Merkezi, Tiyatro Salonu, Hacim Akustiği ve Gürültü Denetimi Projesi”(1992),
- “Yeniköy Konut Bölgesinde Açık hava Etkinlikleri Gürültü Denetimi”(1993),
- “Holland Bank (HBU) Klima Sistemi ile İlgili Gürültü Denetimi”(1993),
- “İstanbul Hızlı Tramvay Hattı ve Yakın Çevresinde Belirlenen Noktalar ile İlgili Gürültü Düzeyi Ölçmeleri”(1994),
- “Zeytinburnu Kültür Binası 3. ve 4. Katlarla İlgili Mimari Düzenleme, Akustik, Aydınlatma Projesi”(1994),
- “For Seasons Oteli ile İlgili Sesgeçirmezlik Ölçmeleri ve Değerlendirme” (1995),



- “Burger King Restoranı (Mersin) Klima Merkez Tesisat Hacmi Gürültü Denetimi”(1996),
- “Kuzguncuk, 109 Pafta, 312 Ada, 11 Parsel sayılı Yalı Arsası ile İlgili Gürültü Denetimi”(1996),
- “Alarko-Alkent 2000 Projesi Almek Sahası TEM-E5 Bağlantısı Üzerindeki Konut Bloklarının (A-5 Apartman Grupları) Trafik Gürültüsünden Etkilenmesi ve Gürültü Denetimi”(1997),

adlı raporların hazırlanmasına katılım.

Üyelikler:

- Türk Akustik Derneği (TAD)
- European Acoustic Association (EAA)
- International Institute of Noise Control Engineering (IINCE)
- International Institute of Acoustics and Vibration (IIAV)

