

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KONUŞMA AMAÇLI HACİMLERDE KAYNAK
KONUMU DEĞİŞİMİNİN HACİM AKUSTİĞİ
PARAMETRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Mimar Özge ŞAHİN

**F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ (YTÜ)

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiv
ÖNSÖZ	xv
ÖZET	xvi
ABSTRACT	xvii
1. GİRİŞ – ÇALIŞMANIN AMACI ve KAPSAMI.....	1
2. KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİ.....	3
2.1 Tanım.....	3
2.2 Konuşma Amaçlı Hacimlerde Anlaşılabilirliğin Önemi ve Değerlendirilmesi.....	3
2.3 Konuşmanın Anlaşılabilirliğinde Önem Taşıyan Hacim Akustiği Ölçütleri.....	6
2.3.1 Yansıma Süresi (Reverberation Time - T60) Ölçütü.....	7
2.3.2 Erken Düşme Süresi (Early Decay Time - EDT) Ölçütü	8
2.3.3 Ayırdedilebilirlik (Distinctness – D50) Ölçütü	10
2.3.4 Sinyal Gürültü Oranı (Signal to Noise Ratio - S/N) Ölçütü	10
2.3.5 Hacim Tepkisi (Room Response) Ölçütü	11
2.3.6 Yanıt Eğrisi Ölçütü	11
2.3.7 Varlık Ölçütü	12
2.3.8 Seslilik (Strength - G) Ölçütü	12
2.3.9 Ses Düzeyi İle İlgili Parametreler	13
2.3.9.1 Toplam Ses Düzeyi.....	13
3. KAYNAK KONUMUNUN DEĞİŞİMİNİN HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEM VE İLGİLİ KABULLERİN YAPILMASI.....	21
3.1 Kaynak Konumu Değişiminin Hacim Akustiği Parametreleri Üzerindeki Etkilerinin Saptanmasında Kullanılan Yöntem	21
3.2 Hacim ve Kullanıcılar İle İlgili Kabuller ve Yöntemde Değerlendirmeye Alınacak Hacim Akustiği Parametreleri	22
3.2.1 Hacimler İle İlgili Kabuller	22
3.2.1.1 Hacimlerin Kullanım Amacı İle İlgili Kabuller.....	22
3.2.1.2 Hacimlerin Biçim, Büyüklük, Boyut, Yoğunluk ve İç Yüzey Gereçleri İle İlgili Kabuller	22
3.2.1.3 Hacimlerin İç Yüzey Gereçleri İlgili Kabuller	26
3.2.2 Dinleyiciler İle İlgili Kabuller	37
3.2.3 Kaynak İle İlgili Kabuller.....	37
4. KAYNAK KONUMUNUN DEĞİŞİMİNİN HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ	39
4.1 Kare Planlı Hacimde Kaynak Konumunun Değişiminin Hacim Akustiği Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi.....	41
4.1.1 Kare Planlı Hacim - D50 Parametresi	41

4.1.2	Kare Planlı Hacim - SPL(A) Parametresi.....	46
4.1.3	Kare Planlı Hacim - STI Parametresi	50
4.1.4	Kare Planlı Hacim – EDT ve T30 Parametresi.....	54
4.1.5	Kare Planlı Hacim İçin Değerlendirme	67
4.1.6	Kare Planlı Hacimde Yüzey Gereçlerinin Dağıtıcılığının Etkisi.....	72
4.2	Yelpaze Planlı Hacimde Kaynak Konumunun Değişiminin Hacim Akustiği Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi.....	74
4.2.1	Yelpaze Planlı Hacim - D50 Parametresi	74
4.2.2	Yelpaze Planlı Hacim - SPL(A) Parametresi.....	78
4.2.3	Yelpaze Planlı Hacim - STI Parametresi	82
4.2.4	Yelpaze Planlı Hacim – EDT ve T30 Parametresi	86
4.2.5	Yelpaze Planlı Hacim İçin Değerlendirme	98
4.2.6	Yelpaze Planlı Hacimde Yüzey Gereçlerinin Dağıtıcılığının Etkisi	102
4.3	Dikdörtgen Planlı Hacimde Kaynak Konumunun Değişiminin Hacim Akustiği Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi.....	105
4.3.1	Dikdörtgen Planlı Hacim - D50 Parametresi	106
4.3.2	Dikdörtgen Planlı Hacim - SPL(A) Parametresi	109
4.3.3	Dikdörtgen Planlı Hacim - STI Parametresi.....	113
4.3.4	Dikdörtgen Planlı Hacim EDT ve T30 Parametresi	117
4.3.5	Dikdörtgen Planlı Hacim İçin Değerlendirme	129
4.3.6	Dikdörtgen Planlı Hacimde Yüzey Gereçlerinin Dağıtıcılığının Etkisi	133
4.4	Genel Değerlendirme.....	136
5.	SONUÇ.....	141
	KAYNAKLAR.....	143
	EKLER	146
	Ek 1 Hacimlerde Kullanılan Çeşitli Yansıtıcı, Yutucu ve Dağıtıcı Özellikli Malzemeler ve Kullanım Şekilleri.....	146
	Ek 2 Kaynak Konumu Değişiminin Hacim Akustiği Parametreleri Üzerindeki Etkilerin Saptanmasında Kullanılan Simülasyon Programına İlişkin Genel Bilgi.....	147
	Ek 3 Yüzeylerin Dağıtıcılık Özellikleri ve Hacim Akustiğine Etkisi	151
	ÖZGEÇMİŞ.....	156

SİMGE LİSTESİ

A	Birimlerin toplam yutuculuğu (Total absorption in the room - Sabine-m ²)
AI	Söylem Göstergesi (Articulation Index)
d	Kaynak-alıcı uzaklığı (m)
D50	Ayırdelebilirlik (Distinctness) (%)
EDT	Erken düşme süresi (Early decay time) (s)
EDT _{gade}	Gade'in ortaya koyduğu EDT değeri (sn)
G	Seslilik göstergesi (Strength Index) (dB)
L _p	Hacimde ölçülen yansımış ses düzeyi (dB)
L _w	Hacimde ölçülen ses düzeyi (dB)
N _{max}	Bir hacimdeki maksimum dinleyici sayısı
Q	Doğrultululuk çarpanı (Directivity Factor)
PSA	Hece Söylem Oranı (Percentage Syllable Articulation) (%)
RASTI	Hızlandırılmış Konuşma İletim Göstergesi (Rapid Speech Transmission Index)
S/N	Sinyal / gürültü oranı (Signal to noise ratio) (dB, dBA)
SIL	Speech Interference Level
SPL	Ses basınç düzeyi (dB, dBA)
SPL _d	Dolaysız ses düzeyi (dB)
STI	Konuşma İletim Göstergesi (Sound Transmission Index)
SWL	Ses gücü düzeyi (Sound Power Level - dB)
RT	Yansıma Süresi (Reverberation Time) (s)
T ₃₀	Ses düzeyinin 30 dB'lik düşüşü için gereken süre (s)
T ₆₀	Ses düzeyinin 60 dB'lik düşüşü için gereken süre, yansıma süresi (s)
V	Hacim büyüklüğü (m ³)
W	Ses kaynağının gücü (Watt)
W ₀	Referans Ses Gücü (Watt)

KISALTMA LİSTESİ

CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design)
DS	Dolaysız Ses (dB, dBA)
MLS	Maximum Length Sequence
Opt.	Optimum Durum
PRD	Primitive Root Diffusers
QRD	Quadratic Residue Diffusers
YS	Yansıymış Ses (dB, dBA)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Hacimde yararlı (erken) enerji-zararlı (geç) enerjilerin zaman içinde dağılımı (Irvine ve Richards, 1998).....	4
Şekil 2.2 Farklı kaynak-dinleyici uzaklıklarında, SIL ve Anlaşılabilirlik ilişkisi, (Irvine ve Richards, 1998).....	6
Şekil 2.3 Yansışım süresinin grafik gösterimi, [14].....	7
Şekil 2.4 Hacimlerde büyüklük ve işleve göre değişen T_{60} değerleri (Sirel,1981).....	8
Şekil 2.5 Yansışım süresi ve erken düşme süresi değerlerinin grafik gösterimi [3].....	9
Şekil 2.6 Uzun EDT Süresinin Grafik Gösterimi (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).....	9
Şekil 2.7 Kısa EDT süresinin grafik gösterimi (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).....	9
Şekil 2.8 Bir derslikte S / N değerlerinin grafik anlatımı [4].....	10
Şekil 2.9 Konuşmanın anlaşılabilirliği ve sinyal gürültü oranının değişik yansışım süresi değerlerine göre değişimi (Bradley, 1986).....	11
Şekil 2.10 Konuşmacının başını döndürmesi ile değişen anlaşılabilirlik değerleri (Bradley, Sato ve Picard, 2003).....	14
Şekil 2.11 Konuşmacının doğrultusuna göre değişen ses düzeyi değerleri, [4].....	14
Şekil 2.12 İlk yansıyan ses – dolaysız ses ilişkisi [5].....	15
Şekil 2.13 Geç yansımaların ufak yansıma gruplarına bölünmesi, (Noxon,2002).....	15
Şekil 2.14 Haas kriteri grafiği.....	16
Şekil 2.15 Tavan yansımalarının ses düzeyine etkisi, (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).....	16
Şekil 2.16 Yutucu gereçlerle kaplı hacimlerde erken yansımalarının etkisi, (Bradley, Sato ve Picard, 2003).....	17
Şekil 2.17 Hacimde yansışmış ses- dolaysız ses ilişkisi, [4].....	18
Şekil 2.18 Hacimdeki seslerin zamanla dağılımı.....	18
Şekil 2.19 Hacimlerde iç-dış gürültü kaynakları, [4].....	19
Şekil 3.1 Dikdörtgen planlı hacmin boyut oranları ve ışın diyagramı.....	25
Şekil 3.2 Yelpaze planlı hacmin boyut oranları ve ışın diyagramı.....	26
Şekil 3.3 Kare planlı hacmin boyut oranları ve ışın diyagramı.....	26
Şekil 3.4 (a) Kare planlı hacim.....	29
Şekil 3.4 (b) Dikdörtgen planlı hacim.....	30
Şekil 3.4 (c) Yelpaze planlı hacim.....	30
Şekil 3.4 Optimum durumda yüzey özellikleri.....	30
Şekil 3.5 (a) Kare planlı hacim.....	30

Şekil 3.5 (b) Dikdörtgen planlı hacim	30
Şekil 3.5 (c) Yelpaze Planlı Hacim	31
Şekil 3.5 U1 durumunda (tüm yüzeyler yansıtıcı) yüzey özellikleri.....	31
Şekil 3.6 (a) Kare planlı hacim.....	31
Şekil 3.6 (b) Dikdörtgen planlı hacim	31
Şekil 3.6 (c) Yelpaze planlı hacim.....	31
Şekil 3.6 U2 durumunda (tüm yüzeyler yutucu) yüzey özellikleri.....	31
Şekil 3.7 (a) Kare planlı hacim.....	32
Şekil 3.7 (b) Dikdörtgen planlı hacim	32
Şekil 3.7 (c) Yelpaze planlı hacim.....	32
Şekil 3.7 U3 durumunda (tavan yutucu diğer yüzeyler yansıtıcı) yüzey özellikleri	32
Şekil 3.8 (a) Kare planlı hacim.....	32
Şekil 3.8 (b) Dikdörtgen planlı hacim	33
Şekil 3.8 (c) Yelpaze planlı hacim.....	33
Şekil 3.8 U4 durumunda (tavan yansıtıcı diğer yüzeyler yutucu) yüzey özellikleri	33
Şekil 3.9 (a) Kare planlı hacim.....	33
Şekil 3.9 (b) Dikdörtgen planlı hacim	33
Şekil 3.9 (c) Yelpaze planlı hacim.....	34
Şekil 3.9 U5 durumunda (sahne yutucu diğer yüzeyler yansıtıcı) yüzey özellikleri.....	34
Şekil 3.10 (a) Kare planlı hacim.....	34
Şekil 3.10 (b) Dikdörtgen planlı hacim	34
Şekil 3.10 (c) Yelpaze planlı hacim.....	34
Şekil 3.10 U6 durumunda (sahne yansıtıcı diğer yüzeyler yutucu) yüzey özellikleri.....	34
Şekil 3.11 (a) Kare planlı hacim.....	35
Şekil 3.11 (b) Dikdörtgen planlı hacim	35
Şekil 3.11 (c) Yelpaze planlı hacim.....	35
Şekil 2.11 U7 durumunda (sahne yansıtıcı diğer yüzeyler orta yutuculukta) yüzey özellikleri.....	35
Şekil 3.12 (a) Kare planlı hacim.....	35
Şekil 3.12 (b) Dikdörtgen planlı hacim	36
Şekil 3.12 (c) Yelpaze planlı hacim.....	36
Şekil 3.12 U8 durumunda (sahne yutucu diğer yüzeyler orta yutuculukta) yüzey özellikleri	36

Şekil 3.13 (a) Kare planlı hacim.....	36
Şekil 3.13 (b) Dikdörtgen planlı hacim	36
Şekil 3.13 (c) Yelpaze planlı hacim.....	37
Şekil 3.13 U9 durumunda (tüm yüzeyler orta yutuculukta) yüzey özellikleri	37
Şekil 3.14 Seçilen kaynak ile ilgili özellikler	37
Şekil 3.15 Kaynak-dinleyici yerleşiminin üç boyutlu görünümü.....	38
Şekil 4.1 Kare planlı hacimde optimum durumda D50 değişim grafiği.....	41
Şekil 4.2 Kare planlı hacimde U1 ve U2 durumlarında D50 değişim grafiği	42
Şekil 4.3 Kare planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında D50 değişim grafiği	43
Şekil 4.4 Kare planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında D50 değişim grafiği	43
Şekil 4.5 Kare planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında D50 değişim grafiği	44
Şekil 4.6 Kare planlı hacimde D50 parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu- Dağılım İlişkisi”.....	45
Şekil 3.7 Kare planlı hacimde optimum. durumda SPL(A) değişim grafiği	46
Şekil 4.8 Kare planlı hacimde U1 ve U2 durumlarında SPL(A) değişim grafiği.....	47
Şekil 4.9 Kare planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında SPL(A) değişim grafiği.....	47
Şekil 4.10 Kare planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında SPL(A) değişim grafiği.....	48
Şekil 4.11 Kare planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında SPL(A) değişim grafiği.....	48
Şekil 4.12 Kare planlı hacimde SPL(A) parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”	50
Şekil 4.13 Kare planlı hacimde optimum durumda STI değişim grafiği.....	50
Şekil 4.14 Kare planlı hacimde U1 ve U2 durumlarında STI değişim grafiği	51
Şekil 4.15 Kare planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında STI değişim grafiği	52
Şekil 4.16 Kare planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında STI değişim grafiği	52
Şekil 4.17 Kare planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında STI değişim grafiği	53
Şekil 4.18 Kare planlı hacimde STI parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu- Dağılım İlişkisi”.....	54
Şekil 4.19 Kare planlı hacimde optimum durum için T30 değişim grafiği.....	55
Şekil 4.20 Kare planlı hacimde optimum durum için EDT değişim grafiği.....	55
Şekil 4.21 Kare planlı hacimde U1 durumu için T30 değişim grafiği	56
Şekil 4.22 Kare planlı hacimde U1 durumu için EDT değişim grafiği	56
Şekil 4.23 Kare planlı hacimde U2 durumu için T30 değişim grafiği	57

Şekil 4.24 Kare planlı hacimde U2 durumu EDT değişim grafiği	57
Şekil 4.25 Kare planlı hacimde U3 durumu için T30 değişim grafiği	58
Şekil 4.26 Kare planlı hacimde U3 durumu EDT değişim grafiği	59
Şekil 4.27 Kare planlı hacimde U4 durumu için T30 değişim grafiği	59
Şekil 4.28 Kare planlı hacimde U4 durumu EDT değişim grafiği	60
Şekil 4.29 Kare planlı hacimde U5 durumu için T30 değişim grafiği	60
Şekil 4.30 Kare planlı hacimde U5 durumu EDT değişim grafiği	61
Şekil 4.31 Kare planlı hacimde U6 durumu için T30 değişim grafiği	61
Şekil 4.32 Kare planlı hacimde U6 durumu EDT değişim grafiği	62
Şekil 4.33 Kare planlı hacimde U7 durumu için T30 değişim grafiği	62
Şekil 4.34 Kare planlı hacimde U7 durumu EDT değişim grafiği	63
Şekil 4.35 Kare planlı hacimde U8 durumu için T30 değişim grafiği	63
Şekil 4.36 Kare planlı hacimde U8 durumu EDT değişim grafiği	64
Şekil 4.37 Kare planlı hacimde U9 durumu için T30 değişim grafiği	64
Şekil 4.38 Kare planlı hacimde U9 durumu için EDT değişim grafiği	65
Şekil 4.39 Kare planlı hacimde T30 parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”	66
Şekil 4.40 Kare planlı hacimde farklı dağıtıcılık durumları için D50 değişim grafiği	72
Şekil 4.41 Kare planlı hacimde D50 parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”	73
Şekil 4.42 Kare planlı hacimde STI parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri	73
Şekil 4.43 Kare planlı hacimde SPL(A) parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri	74
Şekil 4.44 Yelpaze planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında D50 değişim grafiği ..	75
Şekil 4.45 Yelpaze planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında D50 değişim grafiği	75
Şekil 4.46 Yelpaze planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında D50 değişim grafiği	76
Şekil 4.47 Yelpaze planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında D50 değişim grafiği	76
Şekil 4.48 Yelpaze planlı hacimde D50 parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”	78
Şekil 4.49 Yelpaze planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında SPL(A) değişim grafiği	78
Şekil 4.50 Yelpaze planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında SPL(A) değişim grafiği	79
Şekil 4.51 Yelpaze planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında SPL(A) değişim grafiği	80

Şekil 4.52 Yelpeze planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında SPL(A) değişim grafiği	80
Şekil 4.53 Yelpeze planlı hacimde SPL(A) parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”	82
Şekil 4.54 Yelpeze planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında STI değişim grafiği ...	83
Şekil 4.55 Yelpeze planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında STI değişim grafiği.....	83
Şekil 4.56 Yelpeze planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında STI değişim grafiği.....	84
Şekil 4.57 Yelpeze planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında STI değişim grafiği.....	84
Şekil 4.58 Yelpeze planlı hacimde STI parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”	86
Şekil 4.59 Yelpeze planlı hacimde optimum durum için T30 değişim grafiği.....	87
Şekil 4.60 Yelpeze planlı hacimde optimum durum için EDT değişim grafiği	87
Şekil 4.61 Yelpeze planlı hacimde U1 durumu için T30 değişim grafiği	88
Şekil 4.62 Yelpeze planlı hacimde U1 durumu için EDT değişim grafiği.....	88
Şekil 4.63 Yelpeze planlı hacimde U2 durumu için T30 değişim grafiği	89
Şekil 4.64 Yelpeze planlı hacimde U2 durumu EDT değişim grafiği.....	89
Şekil 4.65 Yelpeze planlı hacimde U3 durumu için T30 değişim grafiği	90
Şekil 4.66 Yelpeze planlı hacimde U3 durumu EDT değişim grafiği.....	90
Şekil 4.67 Yelpeze planlı hacimde U4 durumu için T30 değişim grafiği	91
Şekil 4.68 Yelpeze planlı hacimde U4 durumu EDT değişim grafiği.....	91
Şekil 4.69 Yelpeze planlı hacimde U5 durumu için T30 değişim grafiği	92
Şekil 4.70 Yelpeze planlı hacimde U5 durumu EDT değişim grafiği.....	92
Şekil 4.71 Yelpeze planlı hacimde U6 durumu için T30 değişim grafiği	93
Şekil 4.72 Yelpeze planlı hacimde U6 durumu EDT değişim grafiği.....	93
Şekil 4.73 Yelpeze planlı hacimde U7 durumu için T30 değişim grafiği	94
Şekil 4.74 Yelpeze planlı hacimde U7 durumu EDT değişim grafiği.....	94
Şekil 4.75 Yelpeze planlı hacimde U8 durumu için T30 değişim grafiği	95
Şekil 4.76 Yelpeze planlı hacimde U8 durumu EDT değişim grafiği.....	95
Şekil 4.77 Yelpeze planlı hacimde U9 durumu için T30 değişim grafiği	96
Şekil 4.78 Yelpeze planlı hacimde U9 durumu için EDT değişim grafiği.....	96
Şekil 4.79 Yelpeze planlı hacimde T30 parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”	98
Şekil 4.80 Yelpeze planlı hacimde farklı dağıtıcılık durumları için D50 değişim grafiği	103

Şekil 4.81	Yelpaze planlı hacimde D50 parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri	104
Şekil 4.82	STI parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri.....	104
Şekil 4.83	SPL(A) parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri	105
Şekil 4.84	Dikdörtgen planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında D50 değişim grafiği	106
Şekil 4.85	Dikdörtgen planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında D50 değişim grafiği.....	107
Şekil 4.86	Dikdörtgen planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında D50 değişim grafiği.....	107
Şekil 4.87	Dikdörtgen planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında D50 değişim grafiği.....	108
Şekil 4.88	Dikdörtgen planlı hacimde D50 parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri.....	109
Şekil 4.89	Dikdörtgen planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında SPL(A) değişim grafiği.....	110
Şekil 4.90	Dikdörtgen planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında SPL(A) değişim grafiği	111
Şekil 4.91	Dikdörtgen planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında SPL(A) değişim grafiği	111
Şekil 4.92	Dikdörtgen planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında SPL(A) değişim grafiği	112
Şekil 4.93	Dikdörtgen planlı hacimde SPL(A) parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”	113
Şekil 4.94	Dikdörtgen planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında STI değişim grafiği	114
Şekil 4.95	Dikdörtgen planlı hacimdeU3 ve U4 durumlarında STI değişim grafiği.....	114
Şekil 4.96	Yelpaze planlı hacimdeU5 ve U6 durumlarında STI değişim grafiği.....	115
Şekil 4.97	Dikdörtgen planlı hacimdeU7, U8 ve U9 durumlarında STI değişim grafiği.....	115
Şekil 4.98	Dikdörtgen planlı hacimde STI parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri.....	117
Şekil 4.99	Dikdörtgen planlı hacimde optimum durum için T30 değişim grafiği	118
Şekil 4.100	Dikdörtgen planlı hacimde optimum durum için EDT değişim grafiği.....	118
Şekil 4.101	Dikdörtgen planlı hacimde U1 durumu için T30 değişim grafiği.....	119
Şekil 4.102	Dikdörtgen planlı hacimde U1 durumu için EDT değişim grafiği.....	119
Şekil 4.103	Dikdörtgen planlı hacimde U2 durumu için T30 değişim grafiği.....	120
Şekil 4.104	Dikdörtgen planlı hacimde U2 durumu EDT değişim grafiği.....	120
Şekil 4.105	Dikdörtgen planlı hacimde U3 durumu için T30 değişim grafiği.....	121
Şekil 4.106	Dikdörtgen planlı hacimde U3 durumu EDT değişim grafiği.....	121
Şekil 4.107	Dikdörtgen planlı hacimde U4 durumu için T30 değişim grafiği.....	122

Şekil 4.108 Dikdörtgen planlı hacimde U4 durumu EDT değişim grafiği.....	122
Şekil 4.109 Dikdörtgen planlı hacimde U5 durumu için T30 değişim grafiği.....	123
Şekil 4.110 Dikdörtgen planlı hacimde U5 durumu EDT değişim grafiği.....	123
Şekil 4.111 Dikdörtgen planlı hacimde U6 durumu için T30 değişim grafiği.....	124
Şekil 4.112 Dikdörtgen planlı hacimde U6 durumu EDT değişim grafiği.....	124
Şekil 4.113 Dikdörtgen planlı hacimde U7 durumu için T30 değişim grafiği.....	125
Şekil 4.114 Dikdörtgen planlı hacimde U7 durumu EDT değişim grafiği.....	125
Şekil 4.115 Dikdörtgen planlı hacimde U8 durumu için T30 değişim grafiği.....	126
Şekil 4.116 Dikdörtgen planlı hacimde U8 durumu EDT değişim grafiği.....	126
Şekil 4.117 Dikdörtgen planlı hacimde U9 durumu için T30 değişim grafiği.....	127
Şekil 4.118 Dikdörtgen planlı hacimde U9 durumu için EDT değişim grafiği.....	127
Şekil 4.119 Dikdörtgen planlı hacimde T30 parametresi için“Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”	129
Şekil 4.120 Dikdörtgen planlı hacimde farklı dağıtıcılık durumları için D50 değişim grafiği.....	134
Şekil 4.121 D50 parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri	135
Şekil 4.122 STI parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri	135
Şekil 4.123 SPL(A) parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri	136
Şekil Ek1.1 Konser Salonlarından Yansıtıcı Örnekleri	146
Şekil Ek2.1 Odeon programından yansıma süresi ve yüzey özellikleri ile ilgili grafikler (Odeon, 2005)	148
Şekil Ek2.2 Odeon programı ile yapılan hesap sonuçlarının görünümü (Odeon, 2005).....	149
Şekil Ek2.3 Odeon programında örnek hacimdeki yansımaların üç boyutlu ve hareketli görünümü (Odeon, 2005).....	149
Şekil Ek2.4 Odeon programından örnek hacimde üç boyutlu görünüm (Odeon, 2005).....	150
Şekil Ek2.5 Yüzeyle yansıtıcı yüzeylerden gelen ışınların gösterimi (Odeon, 2005).....	150
Şekil Ek3.1 Sesin bir engelle karşılaşması, (Rindel, 2004).....	151
Şekil Ek3.2 Sesin Yutucu, Yansıtıcı ve Dağıtıcı Yüzeylerden Düzgün ve Yayıncı Yansıması, (Rindel, 2004)	151
Şekil Ek3.3 Dağıtma çarpanının düşük ya da yüksek olduğu durumlarda yansıyan enerjinin dağılımı (Rindel 2004).....	152
Şekil Ek3.4 MLS dağıtıcıları ile tasarlanmış bir hacim [7].....	154

Şekil Ek3.5 QRD dağıtıcıları (Rindel,2004)	154
Şekil Ek3.6 QRD dağıtıcıların bir hacimde uygulanması (Rindel,2004)	154
Şekil Ek3.7 Dağıtıcı örnekleri	155

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” nde verilen iç mekan gürültü düzeyi sınır değerleri	19
Çizelge 3.1 Belirlenen plan tiplerinin dinleyici sayısı-kişi başına düşen hava hacmi değerleri	24
Çizelge 3.2 Akustik uzmanları tarafından önerilen hacim boyut oranları (Rettinger, 1988) ...	25
Çizelge 3.3 Kare, Dikdörtgen ve Yelpaze Planlı Hacimlerde Kullanılan Yüzey Gereç ve Yutma Çarpanları.....	27
Çizelge 3.4 Hacimlerde incelemeye alınan yüzey yutuculukları	28
Çizelge 3.5 Hacimlerde incelemeye alınan yüzey gereçleri.....	28
Çizelge 4.1 Hacimlerde kabul edilebilir yansım süreleri.....	41
Çizelge 4.2 Kare planlı hacimde, kaynağın sahne ortasından sahne yanına yer değiştirmesinin hacim akustiği parametreleri üzerinde yol açtığı ayrımlar (Koyu bölgeler değişimin belirgin olduğunu göstermektedir).....	67
Çizelge 4.3 Yüzey yutuculukları değişen kare planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında ölçülen parametre değerleri arasındaki min- max ayrımlar (O: Kaynak sahnenin ortasında, Y: kaynak sahnenin yanında).....	68
Çizelge 4.4 Yelpaze planlı hacimde, kaynağın sahne ortasından sahne yanına yer değiştirmesinin hacim akustiği parametreleri üzerinde yol açtığı ayrımlar (Koyu bölgeler değişimin belirgin olduğunu göstermektedir).....	98
Çizelge 4.5 Yüzey yutuculukları değişen yelpaze planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında ölçülen parametre değerleri arasındaki min- max ayrımlar (O: Kaynak sahnenin ortasında, Y: kaynak sahnenin yanında).....	99
Çizelge 4.6 Dikdörtgen planlı hacimde, kaynağın sahne ortasından sahne yanına yer değiştirmesinin hacim akustiği parametreleri üzerinde yol açtığı ayrımlar (Koyu bölgeler değişimin belirgin olduğunu göstermektedir).....	129
Çizelge 4.7 Yüzey yutuculukları değişen dikdörtgen planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında ölçülen parametre değerleri arasındaki min- max ayrımlar (O: Kaynak sahnenin ortasında, Y: kaynak sahnenin yanında)	130
Çizelge 5.1 Kare planlı hacimde dinleyici ve kaynak konumuna göre değişik yüzey yutuculuklarında uygun değerlerde olan parametrelerin gösterimi	138
Çizelge 5.3 Yelpaze planlı hacimde dinleyici ve kaynak konumuna göre değişik yüzey yutuculuklarında uygun değerlerde olan parametrelerin gösterimi	139
Çizelge 5.2 Dikdörtgen planlı hacimde dinleyici ve kaynak konumuna göre değişik yüzey yutuculuklarında uygun değerlerde olan parametrelerin gösterimi	139

ÖNSÖZ

Konuşma amaçlı hacimlerde (tiyatro salonları, oditoryum, konferans salonları vb.), hacmin akustik niteliği, tüm dinleyicilerde konuşmanın anlaşılabilirliğinin sağlanmış olmasını gerektirir.

Günümüzde çeşitli nedenlerle konuşmacı, konuşma esnasında sahnede yer değiştirmekte ya da bir etkinlikte sahne ortasında iken başka bir etkinlikte sahnenin yanında yer alabilmektedir. Bu durum göz önüne alınarak, bu çalışmada, öncelikle anlaşılabilirlik ve konuşma amaçlı hacimlerde anlaşılabilirliğin önemi üzerinde durulmuş ve salonlarda, kaynak konumunun değişiminden akustik parametrelerin, dolayısıyla anlaşılabilirliğin nasıl etkilenebileceğinin örneklerle ortaya konması amaçlanmıştır.

Tüm çalışmam süresince her türlü önerilerinden, yardımlarından ve yol göstericiliğinden dolayı tez danışmanım değerli hocam Sayın Doç. Dr. Neşe Yüğrük Akdağ'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, Odeon 8.0 simülasyon programını kullanma olanağı sağlayan Proplan A.Ş.'ye ve Y. Müh. Alper Akgül'e, simülasyon programı ile ilgili yardımlarından dolayı Sayın Doç. Dr. Ayşe Erdem Aknesil'e ve Mim. Engin Tunçer'e teşekkür ederim.

Ayrıca, desteğini ve anlayışını her an hissettiğim değerli eşim Serkan Şahin' e ve bugüne kadarki emekleri ve destekleri için aileme sonsuz teşekkürler.

İstanbul, 2007

ÖZET

Konuşma amaçlı hacimlerde işitsel konforun sağlanması anlaşılabilirliğin yüksek olması ile mümkün olmaktadır. Anlaşılabilirliğin sağlanması ise hacim, dinleyici ve konuşmacıyı kapsayan öznel ve nesnel birtakım etmenlere dayanmaktadır. Bunlardan konuşmacının konumu, dinleyici açısından önemli bir kriter olarak sayılabilir. Konuşma amaçlı hacimlerde, kaynağın yer değiştirmesi, sesin doğrultusunu ve dolayısıyla hacim akustiği parametrelerini değiştireceğinden, dinleyicilerin anlaşılabilirliğini etkileyecektir.

Bu çalışmada öncelikli olarak anlaşılabilirlik ve anlaşılabilirliği etkileyen hacim akustiği parametrelerine değinilmiş ve belirlenen üç farklı plan tipinde ve değişik yüzey yutuculuklarında, kaynak konumu değişimi ile hacim akustiği parametrelerindeki değişim incelenmiştir.

İncelemede akustik simülasyon programı Odeon kullanılmıştır. Programa veri olarak, hacimlerin üç boyutlu çizimleri, kaynak konumları, yüzey gereçleri ve dinleyici noktaları girilerek hacimlerde, konuşmacının yer değiştirmesinin hacim akustiği parametrelerine etkisi, optimum durum (optimum yansıma süresinin elde edildiği durum) yanı sıra farklı yüzey yutuculuklarında incelenmiştir. Dinleyici noktalarında, belirlenen hacim akustiği parametrelerinin (RT, EDT, D50, STI ve SPL(A)), farklı kaynak konumu nedeni ile oluşan değer ayrımları ve uygun aralıklarda olup olmadığı hazırlanan grafikler ve krokiler yardımı ile çalışma kapsamında incelenmiştir.

Çalışmada konuşma amaçlı salonlarda, konuşmacının yer değiştirmesinin akustik konfor koşulları açısından etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akustik, hacim akustiği, konuşmanın anlaşılabilirliği, kaynak konumunun değişimi

ABSTRACT

Proving the acoustical comfort in the auditoriums is possible with the high speech intelligibility. The speech intelligibility depends on a certain number of subjective and objective factors which include the room, audience and the speaker. The position of the speaker can be considered as an important factor according to the audience. In the auditoriums, the movement of the source will change the direction of the sound as well the room acoustics parameters, therefore the intelligibility of the speech will be affected.

The coverage of this study includes firstly intelligibility and room acoustics parameters that affect the speech intelligibility and the variation of room acoustics parameters according to the position of the source with specified three different plan type and various surface absorptions are examined.

In the study, the acoustics simulation program “Odeon” is used. The three dimensional drawings of the rooms, the positions of the sources, the acoustic materials and the audience spots are inserted as the data to the program. The movement of the speaker in the auditoriums, with optimum situation (optimum reverberation time situation) and different surface absorptions, is being examined. It is searched, in the audience spots, whether the determined room acoustics parameters (RT, EDT, D50, STI and SPL(A)) are between the right gaps and the amount of the value differentiation occurring due to the different source positions in terms of graphics and diagrams in the study.

In the study, the effects of different source positions in the auditoriums according to the acoustic comfort conditions are tried to be examined.

Keywords: Acoustics, room acoustics, speech intelligibility, the movement of the source

1. GİRİŞ – ÇALIŞMANIN AMACI ve KAPSAMI

İnsanlar arasında iletişim kurmanın en önemli yolu konuşmadır. Temel işlevi konuşma olan hacimlerde ise, hacmin akustik niteliği, büyük oranda, konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilgilidir. Tüm dinleyicilerin zorlanmadan, yorulmadan, konuşmayı eksiksiz ve doğru bir biçimde algılayabilmesi, o hacimdeki yeterli anlaşılabilirlik koşullarının, dolayısı ile işitsel konforun sağlanmasını gerektirir.

Günümüzde, teknolojinin ilerlemesi ile konuşma amaçlı salonlarda kullanılan yardımcı elemanlar da yaygınlaşmıştır. Pek çok salonda görsel ve işitsel öğeler konuşmayı zenginleştirmek adına kullanılmakta ve artık konuşmacı bir masaya oturup konuşmak yerine bu öğelere başvurarak kimi zaman sahnenin ortasında kimi zaman ise yanında bulunarak sahneyi kullanmaktadır. Bu konuyla ilgili en iyi örnek, seslendirme yapılmayan bir tiyatro salonu olabilir. Oyuncular kimi zaman sahnenin ortasında iken, kimi zaman yanında olabilmekte, kimi zaman ise bir ucundan diğer ucuna yer değiştirebilmektedir. Benzer şekilde, dia makinesi, projeksiyon aleti ya da tepegöz yardımı ile konuşma yapan bir konuşmacı kimi zaman görüntü perdesinin yanına giderek yer değiştirebilmektedir. Ayrıca, değişik konuşma etkinliklerinde, sahnenin değişik bölümlerinin kullanılma durumu da söz konusu olabilmektedir. Örneğin aynı hacimde, bir konferansta konuşmacı sahne ortasında yer alırken, bir diğer konferansta sahne yanında olabilmektedir. Bu nedenle, konuşmacı sahnede nerede yer alırsa alsın, hacmin akustik yetkinliğinin hacim genelinde önemli oranda değişmemesinin sağlanması gerekir.

Günümüzde konuşma amaçlı salonlarda bu tür kullanımların yaygınlığı göz önüne alınarak, salonlarda, kaynak konumunun değişiminden akustik parametrelerin, dolayısıyla anlaşılabilirliğin nasıl etkilenebileceğinin örneklerle ortaya konması bu tezinin amacı olarak belirlenmiştir. Kapalı bir mekanda ses kaynağından çıkan seslerin, dinleyicilere nitelik ve nicelik açısından en uygun biçimde iletilmesini sağlamayı amaçlayan hacim akustiği çalışmalarında, anlaşılabilirlik ve konuşma amaçlı salonlar ile ilgili pek çok çalışmaya rastlanırken, kaynak konumu değişimi ile değişen hacim akustiği parametreleri ile ilgili günümüze değin yapılmış ayrıntılı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışma kapsamında öncelikle anlaşılabilirliğin tanımı ve konuşma amaçlı hacimlerde anlaşılabilirliğin önemine değinilmiş, değerlendirme yöntemleri, konuşmanın anlaşılabilirliğinde önem taşıyan hacim akustiği parametreleri ve anlaşılabilirlik ile ilişkileri ele alınmıştır.

İkinci bölümde, çalışmada kullanılacak yöntem ile ilgili belirlemelerin ardından, hacim tipleri, hacim, kullanıcılar ve kaynak ile ilgili kabuller yapılmış, yöntemde değerlendirmeye alınacak hacim akustiği parametreleri ve onların kabuledilebilir değerleri açıklanmıştır. Belirlenen kare, yelpaze ve dikdörtgen planlı hacimlerin, optimum durumdaki iç yüzey gereçleri ile, belirlenen dokuz yutuculuk durumu için yüzey gereçleri ile ilgili saptamalar ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, seslendirme olmadığı kabul edilen üç hacimde örnek alınan dokuz dinleyici noktasındaki hacim akustiği parametreleri, simülasyon programı yardımıyla iki ayrı kaynak konumu için hesaplanmıştır. Oluşturulan grafikler ile, kaynağın yer değiştirmesi ile parametrelerin olumlu ya da olumsuz yönde değişimi ve değişim büyüklüğü belirlenmiş, değişimin en fazla olduğu dinleyici noktaları saptanmıştır. Bu bölüm kapsamındaki değerlendirme başlığı altında, her hacim tipi için ayrı olarak optimum durum ve dokuz yutuculuk durumu için, kaynak konumu değişimi ile parametrelerde saptanan değer ayrımları ve hacimde parametrelerin dağılım düzgünlüklerine yer verilmiş, en belirgin değişimlerin görüldüğü durumlar ve dinleyici noktaları belirlenmiştir.

Genel değerlendirme bölümünde ise, yapılan hesaplar ve değerlendirmeler göz önünde bulundurularak üç hacim tipi birlikte ele alınmıştır. Sonuç bölümündeki tablolarda, her iki kaynak konumu için dinleyici noktalarında uygun değerlerde olan parametreler belirlenerek, karşılaştırma yolu ile en uygun hacim tipi belirlenip, dinleyicilerin kaynak konumu değişiminden etkilenme büyüklüğü ortaya konmuştur.

2. KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİ

2.1 Tanım

Konuşma amaçlı hacimlerde en önemli koşul yeterli anlaşılabilirlik düzeyinin sağlanmış olmasıdır. Anlaşılabilirlik, bir dinleyicinin, duyduğu kelimeyi ya da cümleyi ne kadar doğru anlayabildiği ile ilgili bir terimdir [1]. Konuşmanın anlaşılabilirliği büyük oranda sessiz harflerin algılanabilmesine bağlıdır. Sessiz harflerin büyük çoğunluğu, yüksek frekanslı sesler üretilerek oluştuğundan, yüksek frekanslı sesler iyi algılanamazsa, sessiz harflerin pek çoğu da algılanamaz ve konuşmada anlaşılabilirlik oranı düşer [2].

Hacimlerde, konuşmanın anlaşılabilirliği hacmin biçimi, büyüklüğü, iç yüzey gereçleri ile kaynağa (kaynağın gücü, konumu) ve dinleyiciye (dinleyicinin konumu, işitsel duyarlılığı) bağlı nedenlerle artmakta veya azalabilmektedir.

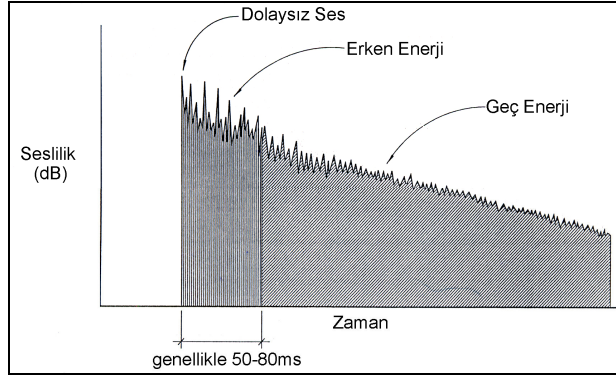
2.2 Konuşma Amaçlı Hacimlerde Anlaşılabilirliğin Önemi ve Değerlendirilmesi

Dinleyicilerin, konuşmacıya yakın olduğu küçük hacimlerde konuşmanın içeriği, görsel öğeler ve vücut hareketleri yardımı ile bir bölümünü duyabildikleri cümleleri anlayabildikleri bilinmektedir. Ancak büyük salonlarda, dinleyiciler yukarıda bahsedilen ipuçlarını takip edemeyeceğinden, konuşmanın içeriğini anlayabilmek için konuşmacının ağzından çıkan sesleri eksiksiz duymaları gerekmektedir [1]. Bu durum, özellikle konuşma amaçlı hacimlerin anlaşılabilirlik açısından uygun olması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Konuşmanın anlaşılabilirliğini belirleyen öğeler konuşma amaçlı hacimlerde bazı önemli akustik kaliteleri sağlarlar. Bunlardan en önemlisi ve anlaşılabilirliğin belirlenmesinde de kullanılan yararlı/zararlı enerji oranlarının belirlenmesidir.

Yararlı/Zararlı Enerji Oranları

Lochner ve Burger'in geliştirdiği, konuşmanın anlaşılabilirliğini belirleyen yöntem, ilk 95 ms içinde ulaşan ses enerjilerinin ağırlıklı toplamından hesaplanan yararlı enerjiye dayanır. Zararlı enerji ise fon gürültüsü ile birlikte geç ulaşan ses enerjisidir. Anlaşılabilirlik yararlı ve zararlı enerji oranına dayanarak geliştirilen bir yöntemle belirlenir (Bkz. Şekil 2.1, Irvine ve Richards,1998).



Şekil 2.1 Hacimde yararlı (erken) enerji-zararlı (geç) enerjilerin zaman içinde dağılımı (Irvine ve Richards, 1998)

Konuşmanın anlaşılabilirliğinin sayısal büyüklüğü, dinleyici tarafından doğru olarak anlaşılan hece oranına bağlı olarak belirlenir ve değerlendirilir. Hacimdeki anlaşılabilirlik düzeyi sinyal-gürültü oranına bağlı olarak, konuşmacının fısıltı, bağırarak konuşma ya da normal konuşmasına bağlı olan ses düzeyine ve dinleyici ile arasındaki uzaklık esas alınarak belirlenir (Irvine ve Richards, 1998).

Lochner ve Burger tarafından geliştirilen yöntemde, bir test hacminde konuşmacı, listelenmiş heceler, kelimeler veya cümleleri bir ya da daha fazla dinleyiciye okur ve dinleyiciler tarafından doğru kaydedilenlerin oranı hacmin anlaşılabilirliğini belirler. Bu yöntemin ardından geliştirilen, günümüzde de en bilineni Bradley ve Latham tarafından kullanılan, Fairbanks Rhythm metodudur. Bu yöntemde, doğru kaydedilen hecelere göre değerlendirme yapılır [1].

Belirlenen yöntemler yardımı ile hesaplanan değerlerden,

- %95 —► Anlaşılabilirlik çok iyi,
- %80 —► dinleyiciler konuşmayı zorlanmadan anlayabilir,
- %70 —► dinleyiciler konuşmacıyı dikkatli dinlemeli
- %60 ve düşük —► anlaşılabilirlik zayıf

olarak kabul edilmektedir [1].

Konuşmanın anlaşılabilirliğinin belirlenmesine yönelik olarak geliştirilmiş yöntemlere,

- Söylem testleri (PSA – Percentage Syllable Articulation)
- Söylem göstergesi (AI – Articulation Index)
- Konuşma iletim göstergesi (STI – Sound Transmission Index)

- Hızlandırılmış Konuşma iletim göstergesi (RASTI – Rapid Sound Transmission Index)

örnek olarak verilebilir.

Hızlandırılmış konuşma iletim göstergesi (RASTI) ve konuşma iletim göstergesi (STI) değerleri konuşmanın anlaşılabilirliğinin değerlendirilmesinde önemli ölçütlerdir (Irvine ve Richards, 1998).

RASTI değerleri hacmin akustik yapısına göre (yansıma süresi, yansıtıcı yüzeylerin düzeni ve fon gürültüsü gibi) değişim gösterir (Irvine ve Richards, 1998).

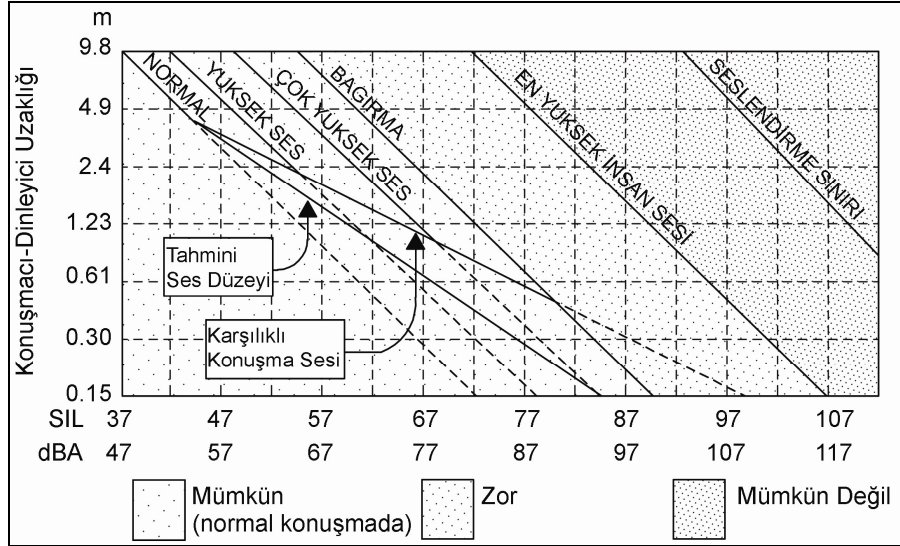
STI, dolaysız ses ve erken yansımalarının düzeyleri, yansımış sesler ve fon gürültüsü ile ilgili önemli bir ölçüttür. STI değerleri 1-0 arasında değerler alır (Irvine ve Richards, 1998).

Bunların dışında Söylem Testleri (PSA), Söylem Göstergesi (AI) de yaygın olarak kullanılan parametrelerdir (Irvine ve Richards, 1998).

PSA, “Hece Söylem Oranı–Percentage Syllable Articulation” değerleri, dinleyiciler tarafından doğru algılanan hece oranı olarak tanımlanır. Konuşmanın anlaşılabilirliğinin belirlenebilmesi ve tanımlanabilmesi için uluslar arası çapta kullanılan en yaygın kriterlerden birisidir. Her dilde ayrı ayrı belirlenmiş olan o dildeki kişiler için hiçbir anlamı olmayan sözcükler kişilere dinletilir ve bu sözcükleri anlama oranları belirlenir (Karabiber, 1991). Ölçülen PSA değerlerinin değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

- $PSA \geq \%85$: Konuşma iyi bir biçimde anlaşılır.
- $PSA = \%75$: Konuşma anlaşılır, ancak dinleyici belli oranda güç sarfeder.
- $PSA = \%65$: Konuşma zor anlaşılır ve dinleme yorucu olur.
- $PSA \leq \%65$: Konuşma için işitme koşulları kesinlikle yetersizdir (Karabiber, 1987).

Konuşmacının ses düzeyi, konuşmanın niteliğine ve dinleyiciye uzaklığına bağlı olarak değişen ses düzeyi ile fon gürültüsü tarafından maskelenmesine bağlı olarak belirlenir. SIL (Speech Interference Level), konuşmanın engellenme düzeyini veren bir parametredir. SIL, 500, 1000 ve 2000 Hz frekanslarını içeren üç oktav bantların ses düzeylerinin aritmetik ortalaması olarak tanımlanır. Şekil 2.2’de, değişen kaynak-dinleyici uzaklığında ve ses düzeylerinde, SIL ve konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Irvine ve Richards, 1998).



Şekil 2.2 Farklı kaynak-dinleyici uzaklıklarında, SIL ve Anlaşılabilirlik ilişkisi, (Irvine ve Richards, 1998)

AI (Articulation Index), gürültülü hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğinin saptanmasında kullanılır (Irvine ve Richards, 1998). Bu metod, konuşma düzeyi ve 1/3 oktav bantlarında (200 ile 5000 Hz arasında) maskelenen gürültü düzeylerinin karşılaştırılmasında kullanılır. AI, 0 ile 1 arasında değer alır. Değer 0 iken anlaşılabilirlik mümkün değil iken 1 olduğunda birbiriyle ilişkili ya da farklı okunan tüm kelimelerle konuşmanın anlaşılabilirdiği sonucuna varılır (Irvine ve Richards, 1998).

2.3 Konuşmanın Anlaşılabilirliğinde Önem Taşıyan Hacim Akustiği Ölçütleri

Konuşma amaçlı hacimlerde insanların konuşulanları rahatlıkla anlayabilmesi, psikolojik ve fizyolojik durumları yanında konuşmacının belli bir hızda ve açık seçik konuşması gibi kişisel özelliklere de bağlıdır. Ayrıca maskeleyici, yani işitsel örtü oluşturan bir gürültünün olmaması, konuşma sesinin kulağa yeterli güçte gelmesi, yansıma süresinin, hecelerin birbirini maskeleymesine neden olmayacak kısalıkta olması, açık yankının önlenmiş olması gibi akustik etkenler de konuşmanın anlaşılabilirliğini etkilemektedir [2]. Bu bölümde anlaşılabilirlik için önem taşıyan hacim akustiği kriterlerine yer verilmiştir. Bunlar;

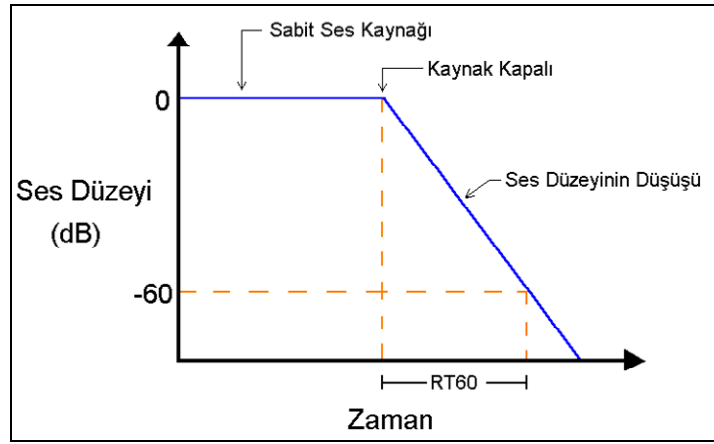
- Yansıma Süresi (Reverberation Time)
- Erken Düşme Süresi (Early Decay Time)
- Ayırdedilebilirlik (Distinctness)
- Sinyal / Gürültü Oranı (Signal to Noise Ratio)
- Hacim Tepkisi

- Yanıt Eğrisi
- Varlık Ölçütü
- Sessizlik (Strenght)
- Ses Düzeyi

olarak sıralanabilir.

2.3.1 Yansıma Süresi (Reverberation Time - T60) Ölçütü

Yansıma süresi, herhangi bir ses düzeyinin 60 dB düşmesi, yani ses enerjisinin milyonda bir düşmesi için gerekli olan süredir (Sirel, 1981, Bkz Şekil 2.3)



Şekil 2.3 Yansıma süresinin grafik gösterimi, [14]

Optimum yansıma süresi, iç mekan büyüklüğüne ve bu mekanın kullanım amacına göre Sabine, Millington, Eyring isimli, hacimlerin ortalama yutuculuklarını değişik açılardan ele alan değişik formüllerle belirlenmektedir. Bunların içinde, hacim akustiği açısından en uygun olan Eyring formülü yaygın olarak kullanılmaktadır (Sirel,1981).

Eyring formülüne göre yansıma süresi, hacim büyüklüğüne ve hacmin toplam yutuculuğuna bağlı olarak değişmektedir. Yansıma süresi hesabı Denklem 2.1'de verilmiştir.

$$T_{60}=0.16 V / A \quad (2.1)$$

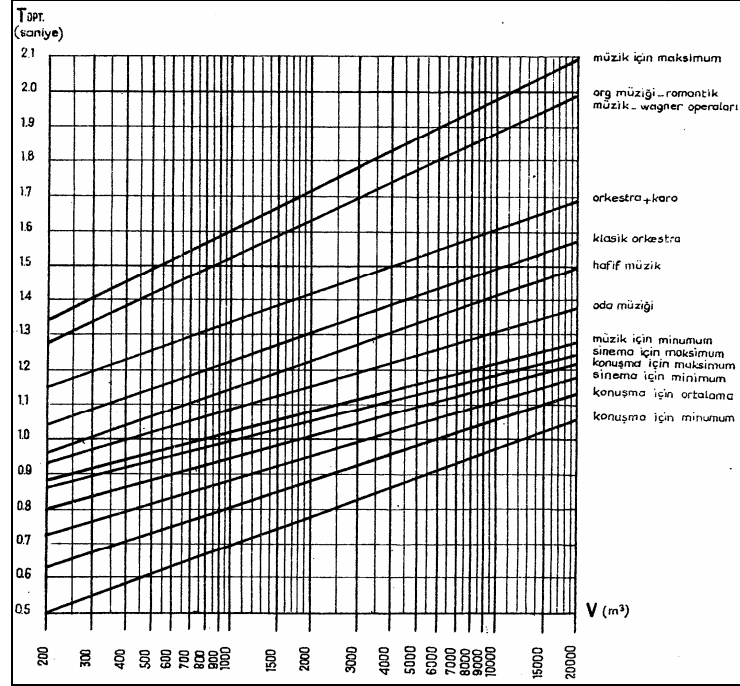
T_{60} : Yansıma Süresi (sn),

V : Hacim Büyüklüğü (m^3),

A : Toplam Yutuculuk (havanın, birimsel nesnelere (koltuk, insan vb) ve hacimdeki yüzeylerin toplam yutuculuğudur)

İşitsel algılamının önemli olduğu iç mekanlarda yansıma süresi hesapları büyük önem taşır.

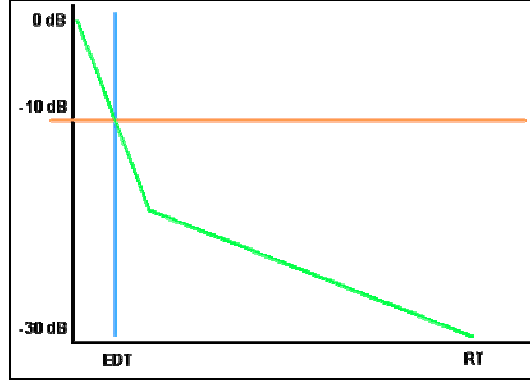
Konuşma amaçlı hacimlerde yansıım süresinin uzun olması, konuşmada birbirlerini sık aralıklarla izleyen seslerin maskelenmesine neden olarak (özellikle yüksek frekanslı sessiz harflerin) anlaşılabilirliği azaltacaktır. Yansıım süresinin, optimal yansıım süresinden kısa olması durumunda ise, özellikle büyük hacimlerde, yeterli dolaysız ses düzeyinin sağlanamadığı dinleyici uzaklıklarında gerekli olan ses düzeyi artışı sağlanamaz (Yüğrük ve Aknesil, 1993). Hacimlerin kullanım amacına ve büyüklüğüne göre değişen yansıım süresi değerleri Şekil 2.4'te görülmektedir.



Şekil 2.4 Hacimlerde büyüklük ve işleve göre değişen T₆₀ değerleri (Sirel,1981)

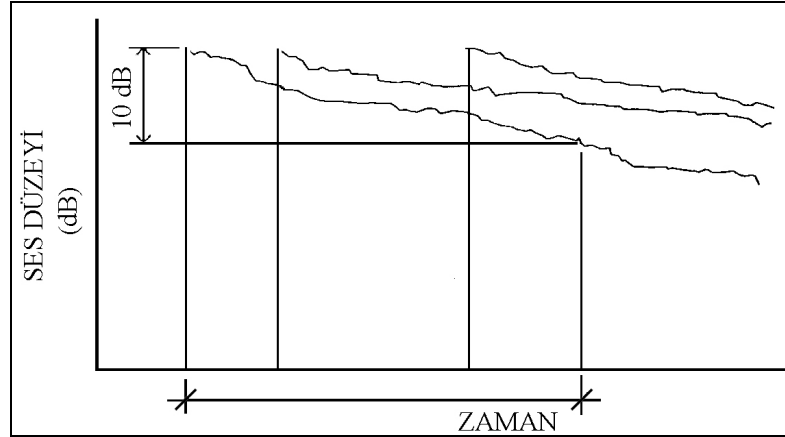
2.3.2 Erken Düşme Süresi (Early Decay Time - EDT) Ölçütü

- Hacimlerde yansıım süresinin ilk 10 -15 dB'lik düşüşü için geçen süre, erken düşme süresi (EDT) olarak tanımlanır [1]. EDT (early decay time) parametresi, algılanan öznel etkileri (yansıımışlık, canlılık ve açıklık) nedeniyle konuşmanın anlaşılabilirliğinin değerlendirilmesi açısından yansıım süresinin yerini almaya başlamıştır (Aknesil, 2005).
- Yansıım süresi ve erken düşme süresi değerleri, çok yaynık ses alanının sağlanabildiği hacimlerde birbirine yaklaşıır. Ancak yansıım süresi değerleri genellikle, erken düşme süresi değerlerinden daha yüksektir (Bkz. Şekil 2.5, [3]).

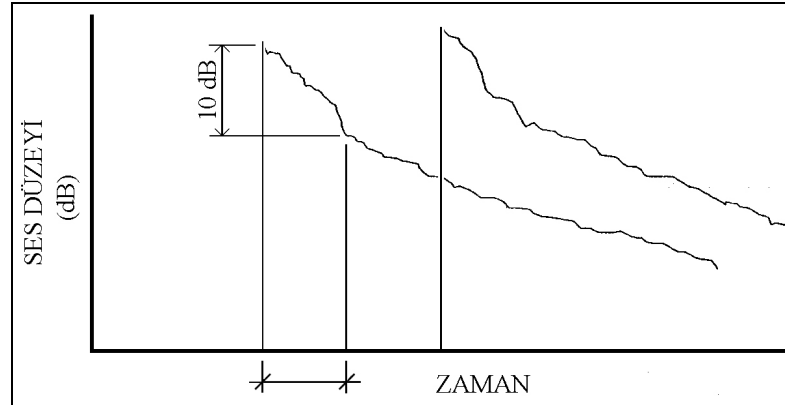


Şekil 2.5 Yansıma süresi ve erken düşme süresi değerlerinin grafik gösterimi [3]

- Erken düşme süresinin, yansıma olayı süresince uzun ya da kısa olması anlaşılabilirliği etkilemektedir Şekil 2.6'da uzun EDT süresinin, ard arda gelen heceleri maskeleyerek anlaşılabilirliği olumsuz yönde etkilediği, Şekil 2.7'de kısa EDT süresinin her bir hecenin net bir şekilde duyulmasına olanak sağlayarak anlaşılabilirliği arttırdığı görülmektedir (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).



Şekil 2.6 Uzun EDT Süresinin Grafik Gösterimi (Cavanaugh ve Wilkes, 1999)



Şekil 2.7 Kısa EDT süresinin grafik gösterimi (Cavanaugh ve Wilkes, 1999)

2.3.3 Ayırdedilebilirlik (Distinctness – D50) Ölçütü

Dolaysız sestten sonraki ilk 50 ms. içinde alıcıya ulaşan seslerin, toplam ses içindeki oranı ayırdedilebilirlik olarak tanımlanmaktadır [13]. Konuşmanın anlaşılabilirliği açısından faydalı seslerden oluşan ayırdedilebilirlik parametresi, Denklem 2.2 ile hesaplanabilmektedir (Naylor, Rindel, 1994).

$$D_{50} = \epsilon_{0-50 \text{ ms}} / \epsilon_{0-\infty \text{ ms}} (\%) \quad (2.2)$$

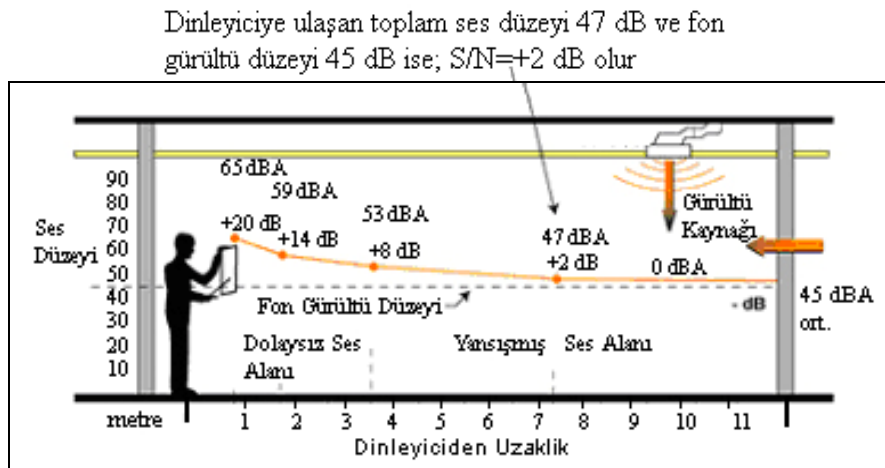
$\epsilon_{0-50 \text{ ms}}$: 0 ms ile 50 ms arasındaki toplam ses enerji yoğunluğu ($w.s/m^3$)

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

Bir hacimde D_{50} değeri ne kadar yüksek ise anlaşılabilirlik o kadar fazla olacaktır. D_{50} değeri, hacmin yansıma süresi ile ters orantılıdır (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).

2.3.4 Sinyal Gürültü Oranı (Signal to Noise Ratio - S/N) Ölçütü

Anlaşılabilirlik, değişik zaman aralıklarında alıcıya ulaşan ses enerjilerinin birbirlerine oranı olan sinyal gürültü oranına (S/N) bağlıdır. Bu değer, ortalama ses düzeyi ile ortalama fon gürültü düzeyi arasındaki farka bağlı olarak belirlenmektedir [1]. Aradaki fark ne kadar fazla ise hacimde anlaşılabilirlik o kadar az demektir. Şekil 2.8’de, bir derslikteki S/N oranını grafik anlatım biçimi ile tanımlamaktadır.



Şekil 2.8 Bir derslikte S / N değerlerinin grafik anlatımı [4]

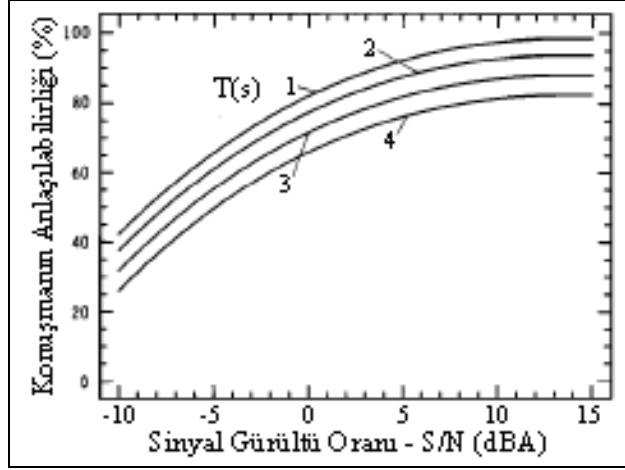
Bir hacimde hesaplanan S/N oranına göre anlaşılabilirlik,

- S/N oranı 5 dB iken zayıf,
- S/N oranı 10 dB iken kabul edilebilir,

- S/N oranı 15 dB iken iyi,
- S/N oranı 20 dB iken mükemmel

olarak değerlendirilmektedir (Noxon, 2002).

Yansıma süresi - S/N(A) ilişkisini ortaya koyan çalışmaları incelediğimizde, konuşmanın anlaşılabilirlik oranının %80 olması için S/N oranı, T 1sn olduğunda -1.5 dBA, 3sn olduğunda 3.5dBA, 4s olduğunda 7.5dBA olarak belirlenmektedir (Bradley, 1986) (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Konuşmanın anlaşılabilirliği ve sinyal gürültü oranının değişik yansıma süresi değerlerine göre değişimi (Bradley, 1986)

2.3.5 Hacim Tepkisi (Room Response) Ölçütü

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 [13].

Jordan, Hacim Tepkisi'nin ortalama kabul edilebilir değerini 0 dB olarak belirlemiştir. Tolerans sınırı ise ± 0.5 dB arasındadır.

2.3.6 Yanıt Eğrisi Ölçütü

Hacme beyaz gürültü (tüm frekanslarda eşit düzeyde olan bir ses) verildiğinde, oluşan tepkinin grafiğine, hacmin yanıt eğrisi adı verilir.

Yanıt eğrisinin düzgün olmasında hacmin özfrekanslarının dağılışı büyük rol oynar. Hacmin her frekansa aynı biçimde yanıt vermeyişi, kimi frekanslar için sağır, kimi frekanslar için çok duyarlı oluşu büyük bir kusurdur. Hacmin yanıt eğrisinin düzgün olması, bir başka deyişle, hacmin her frekansa aynı biçimde yanıt vermesi, iyi işitme koşulları açısından gereklidir (Çamcı ve Berkel, 1984).

Yanıt eğrisi ölçümleri seslilik, frekans içeriği, ulaşma süresi, dolaysız sesin doğrultusu ve yüzeylerden yansıyan seslerin tümünü içerir. Ayrıca yanıt eğrisi değerlerini kaynak – dinleyici uzaklığı, hacim boyutları ve yansıma süresi de etkiler. Yanıt eğrisindeki düzensizlikler ile ilgili Bolt’ un çalışmaları ve kendi adı ile anılan kriteri önem taşır.

2.3.7 Varlık Ölçütü

İnsanlar, görsel algılama dışında yalnızca işitsel algılama ile kaynağın yerini belirleyebilme gereksinimini hissederler. Dinleyici yalnızca işitsel algılama ile kaynağın yerini, polar koordinatla, yani, kaynağın yönünü ve uzaklığını ayrı ayrı belirleyerek saptar.

Kapalı hacimlerde ses kaynağının uzaklığı, kaynaktan gelen dolaysız ses ile yayınık ses oranına göre algılanır. Yayınık sesin oluşturduğu ses düzeyi, ses kaynağının gücüne ve hacmin toplam yutuculuğuna bağlı olup, kuramsal olarak tam yayınık alanda, bir noktadan ötekine değişmez. Oysa, dolaysız sesin oluşturduğu ses düzeyi, kaynağa olan uzaklıkla değişir. Bu nedenle, uzaklığa göre değişen, “yayınık ses/dolaysız ses oranı”, kaynağın uzaklığı biçiminde algılanır (Karabiber, 1996).

Yansımış sesin dolaysız ses düzeyinden fazla olduğu hacimlerde, dinleyici kaynağın yerini işitsel olarak algılayamaz. Varlık ölçütü açısından kaynak – dinleyici uzaklığı sınır değeri;

$$d = \sqrt{\frac{15V}{100\pi T_{60}}} \quad (2.3)$$

d : maksimum dinleyici – kaynak uzaklığı

V : Hacim Büyüklüğü (m³),

T₆₀ : Yansıma Süresi (sn)

Denklem 2.3 yardımı ile hesaplanabilir. Buna göre, varlık ölçütü açısından, yayınık ses düzeyi, dolaysız sestten en çok 11,7 dBA daha fazla olabilir. “YS-DS” değerinin, hacim genelinde, 11.7 dBA’nın altında kalmasının sağlanması için gerekli denetimlerin yapılması önem taşır.

2.3.8 Seslilik (Strength - G) Ölçütü

Seslilik 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 (Pelorson, Vian, Polack, 1992).

2.3.9 Ses Düzeyi İle İlgili Parametreler

Konuşmanın anlaşılabilirliği açısından önem taşıyan akustik kriterlerden bir başkası, ses düzeyidir. Konuşmanın anlaşılabilirliği, konuşmanın düzeyi ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle yeterli anlaşılabilirlik için, ses düzeyi açısından gerekli koşulların oluşturulması gereklidir. Aşağıdaki bölümlerde hacimde bulunan toplam ses düzeyi ve onun bileşenleri hakkında bilgilere değinilecektir.

2.3.9.1 Toplam Ses Düzeyi

Kapalı bir hacimdeki ses alanının, dolaysız ve yayınık ses alanlarından oluşmasından ötürü, hacmin herhangi bir noktasındaki toplam ses düzeyi, yayınık ses düzeyi ile o noktadaki dolaysız ses düzeyi toplamı olarak tanımlanabilmektedir (Karabiber, 1987).

Hacimdeki toplam ses çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Bunlar;

- Dolaysız ses
- İlk yansımalar
- Yansıymış sesler
- Fon gürültüsü

olarak belirlenmektedir.

Dolaysız Ses

Dolaysız ses, kaynaktan çıkıp hiçbir yüzeyden yansımadan dinleyiciye ulaşan sestir (Cavanaugh ve Wilkes, 1999). Hacimdeki dolaysız ses düzeyi Denklem 2.4'ten yararlanılarak hesaplanabilmektedir.

$$SPL_d = SWL + 10 \log (Q / 4 \Pi d^2) \quad (2.4)$$

SPL_d : Dolaysız ses düzeyi (Sound Pressure Level - dB)

SWL : Ses gücü düzeyi (Sound Power Level - dB)

Q : Doğrultululuk Çarpanı (Directivity Factor)

d : Kaynak-alıcı uzaklığı (m)

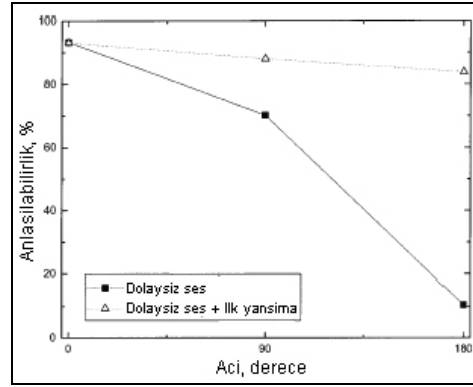
$$SWL = 10 \log (W/W_0) \quad (2.5)$$

W : Ses kaynağının gücü (W)

W_0 : Referans ses gücü (10^{-12} W)

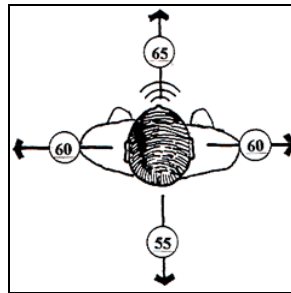
Denklemden de anlaşılacağı gibi, sesin uzaklığının artması ve doğrultusunun değişmesi ses düzeyinde azalmaya neden olmaktadır. Noktasal bir kaynaktan çıkan dolaysız seste, ses enerjisi, kaynaktan uzaklaştıkça uzaklığın karesi ile azalır. Ses düzeyi ise, uzaklık her iki katına çıktığında 6 dB düşer (Sirel, 2000). Ses düzeyinin uzaklıkla azalmasına, konuşmacının sabit konumda konuşması sırasında ön sıralarda rahatlıkla duyulabilirken arka sıralarda anlaşılabilirliğin azalması örnek verilebilir.

Ses düzeyinin uzaklıkla azalması yanı sıra konuşmacının doğrultusu da anlaşılabilirlik açısından önemli bir etkidir. Bu konuda yapılan incelemeler, konuşmacının başını 90 derece döndürmesinde anlaşılabilirliğin azaldığını, 180 derece döndürmesinde ise ilk yansımaların olmaması durumunda anlaşılabilirliğin mümkün olmadığını ortaya koymuştur (Şekil 2.10), (Bradley, Sato ve Picard, 2003).



Şekil 2.10 Konuşmacının başını döndürmesi ile değişen anlaşılabilirlik değerleri (Bradley, Sato ve Picard, 2003)

- Konuşmacının doğrultusuna göre değişen ses düzeyi değerleri Şekil 2.11’de görülmektedir.

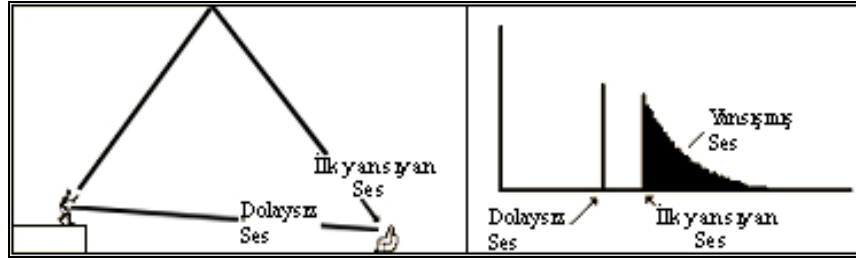


Şekil 2.11 Konuşmacının doğrultusuna göre değişen ses düzeyi değerleri, [4]

İlk Yansımalar

Kaynaktan çıkıp, herhangi bir yüzeyden bir kez yansyarak dinleyiciye ulaşan seslere ilk yansıma denir (Irvine ve Richards, 1998).

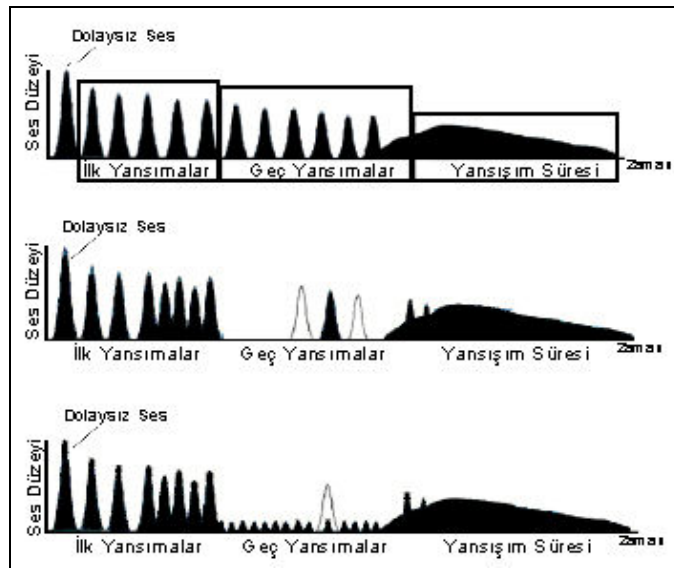
Dolaysız sestten sonra kısa bir zaman aralığı içinde ulaşan yansımalar, dinleyiciye ulaştığında dolaysız sesle birlikte algılanır ve seslendirmesiz hacimlerde, sesliliği görünür ölçüde artırır (Bkz. Şekil 2.12), [5].



Şekil 2.12 İlk yansıyan ses – dolaysız ses ilişkisi [5]

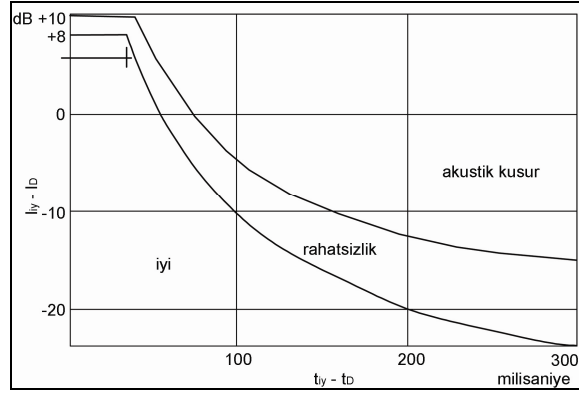
Dolaysız sestten sonraki 50-80ms'lik zaman diliminde gelen ilk yansımalar düzey artırıcı olumlu bir etki yapmaktadır. Dolaysız sestten 80ms ve daha sonrasında gelen yansımalar akustik bir kusur olan yankıyı oluşturmaktadır (Abdülrahimov, 1998).

Yapılan çalışmalarda ilk yansımaların ulaşım süresinin uzaması sonucu oluşan yankının anlaşılabilirliği engellediğini ortaya konmuştur. Bu zararlı etki, geç yansımaların ufak yansıma gruplarına bölünmeleri ile engellenebilir (Şekil 2.13), (Noxon, 2002).



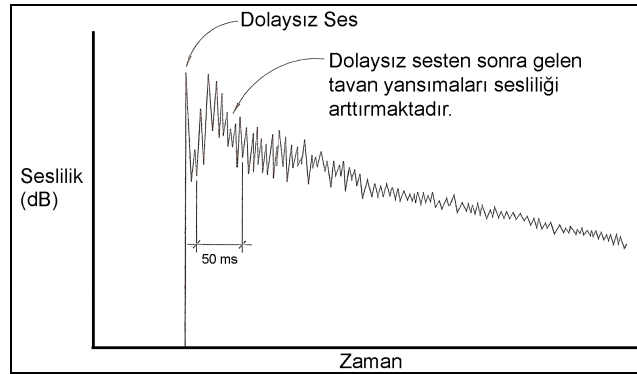
Şekil 2.13 Geç yansımaların ufak yansıma gruplarına bölünmesi, (Noxon,2002)

- İlk yansıyan sesle dolaysız ses arasındaki dinleyiciye ulaşım süresi farkı ve ilk yansıyan sesle dolaysız sesin düzey farkı arasındaki ilişki ile ilgili Haas'ın çalışmaları ve kendi adı ile anılan kriteri önem taşımaktadır (Aknesil, 2005), (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Haas kriteri grafiği

- Dolaysız sestten kısa süre sonra gelen (ilk 50-80 msn) birkaç tavan yansıması ses düzeyinin artması ve netliğin algılanması için gereklidir (Cavanaugh ve Wilkes, 1999), (Şekil 2.15).



Şekil 2.15 Tavan yansımalarının ses düzeyine etkisi, (Cavanaugh ve Wilkes, 1999)

- Dolaysız sestten 40msn ya da daha az süre sonra gelen yansımalar dinleyicilerde samimilik hissi uyandırır (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).
- Hacimlerin yanıt tepkisi incelendiğinde konuşma için, erken yansımaların sinyal-gürültü etkinliğini 9dB' e kadar arttırdığı belirlenmiştir (Bradley, Sato ve Picard, 2003).

Konuşmanın Anlaşılabilirliğinde İlk Yansımaların Yeri

Lochner ve Burger' in çalışmaları dolaysız sestten ilk 95ms içinde ulaşan yansımaların dolaysız sesin düzeyini arttırdığını, 95 ms sonra ulaşan seslerin ise dolaysız sesi engelleyerek anlaşılabilirliği zorlaştırdığını ortaya koymuştur (Soulodre, Popplewell ve Bradley, 1989). İlk yansımaların,

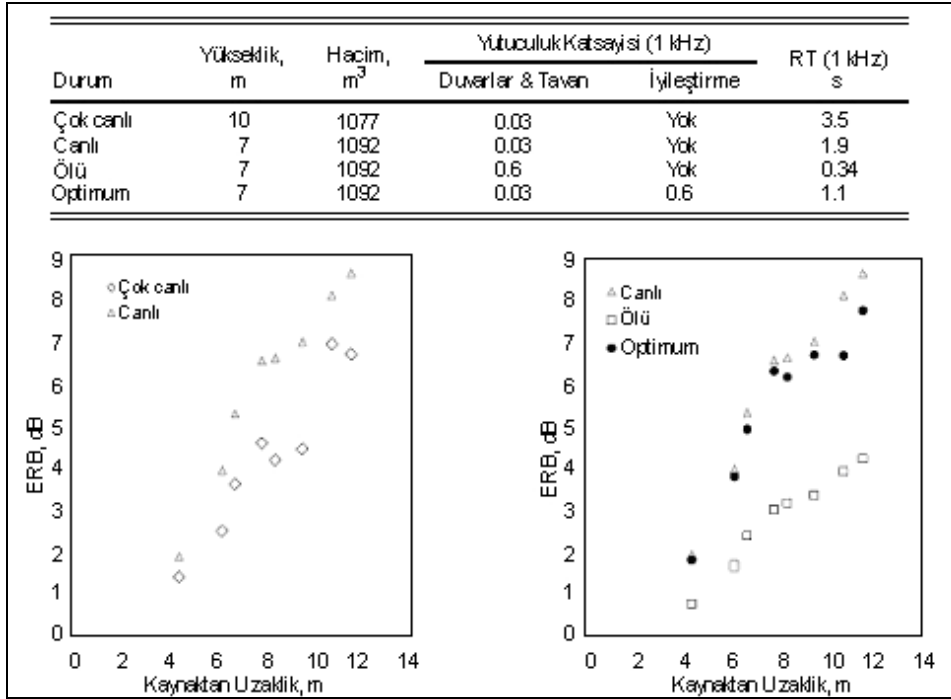
- Yansıma süresi
- Varlık ölçütü

açısından da anlaşılabilirliğe yararlı etkileri söz konusudur.

İlk Yansımaların Yansışım Süresine Etkisi

Konuşma amaçlı hacimlerde anlaşılabilirliğin belirlenmesinde dikkate alınan en önemli parametre yansışım süresi olarak kabul edilmektedir. Yansışım süresi (Bkz. Bölüm 2.3.1), hacmin büyüklüğüne ve toplam yutuculuğuna bağlıdır.

Hacimlerde yüzeylerin yüksek oranda yutucu özellik göstermesi ya da yansıtıcı yüzeylerin doğru yerleştirilmemesi yararlı yansımaların düzeyini düşürerek anlaşılabilirliği azaltacaktır. Şekil 2.16'da Bradley' in yutucu yüzeylerin fazla olması nedeniyle ölü ve yansıtıcı yüzeylerin fazla olması nedeniyle canlı olarak kabul edilen hacimlerdeki, yansışım süresi incelemeleri ve bu hacimlerde erken yansımaların yararlı etkisi üzerine yaptığı çalışmaları görülmektedir. Bu değerlendirmeler ile çok fazla yutucu gereçlerle kaplı ölü hacimlerin, erken yansımaların yararlı etkilerini ortadan kaldırdığı sonucuna ulaşılmıştır (Bradley, Sato ve Picard, 2003).

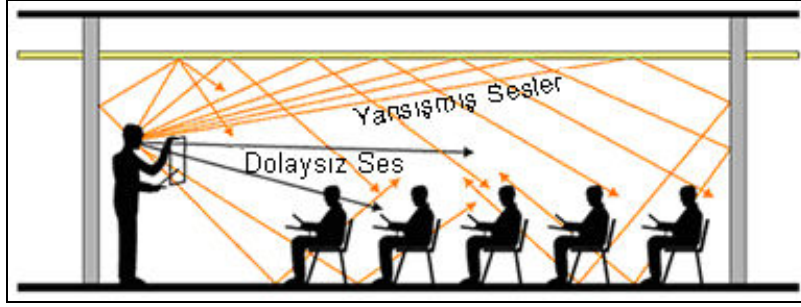


Şekil 2.16 Yutucu gereçlerle kaplı hacimlerde erken yansımalarının etkisi, (Bradley, Sato ve Picard, 2003)

Dolaysız sesin dinleyiciye ulaşmasından sonra 80msn içinde ulaşan yansımalar genişlik (mekansallık), uzaysal etkilenme, çevreleme etkisi sağlar ve ses kaynağının işitsel olarak yerinin algılanmasını kolaylaştırır (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).

Yansışmış Sesler

Kapalı hacimlerde kaynaktan çıkıp pek çok yüzeyden pek çok kereler yansıyarak dinleyiciye ulaşan ses topluluğu yansışmış ses olarak tanımlanır (Şekil 2.17), [4].



Şekil 2.17 Hacimde yansımış ses- dolaysız ses ilişkisi, [4]

Bir hacimde yansımış ses düzeyi Denklem 2.6 yardımı ile hesaplanabilir.

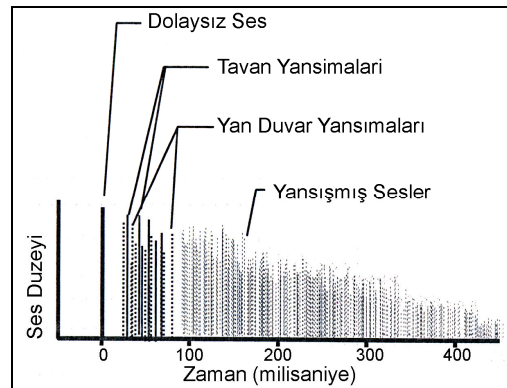
$$L_P = L_W + 10 \log (4/A) \quad (2.6)$$

L_W : Hacimde ölçülen ses düzeyi (dB).

A : Toplam Yutuculuk Değeri

Yansımış sesler küçük hacimlerde, yüzeylerin dinleyiciye yakınlığı nedeniyle, dolaysız sestten hemen sonra gelirler. Büyük hacimlerde ise, samimilik duygusunu sağlayabilmek için yansıtıcı yüzeyleri dinleyicilere yakın konumlandırmak, yansımaların dolaysız sestten kısa süre sonra gelmesini sağlar (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).

Yansımış sesler dinleyiciye çeşitli yönlerden ulaşıyorsa hacimdeki akustik yayınlığı artırır. Sahne üzerinde kullanılan sesin doğrultusunun ayarlanabildiği açılı yansıtıcılar, yan duvar yansıtıcıları ve tavan yansıtıcıları yansıma süresini kontrol altında tutarak anlaşılabilirliği ve özellikle ses düzeyini etkin şekilde artırır. Özellikle konferans salonlarında, tavadan ve yan duvarlardan gelen yansımalar ile hacmin tümünde aynı ses düzeyleri sağlanabilir (Cavanaugh ve Wilkes, 1999, Şekil 2.18).

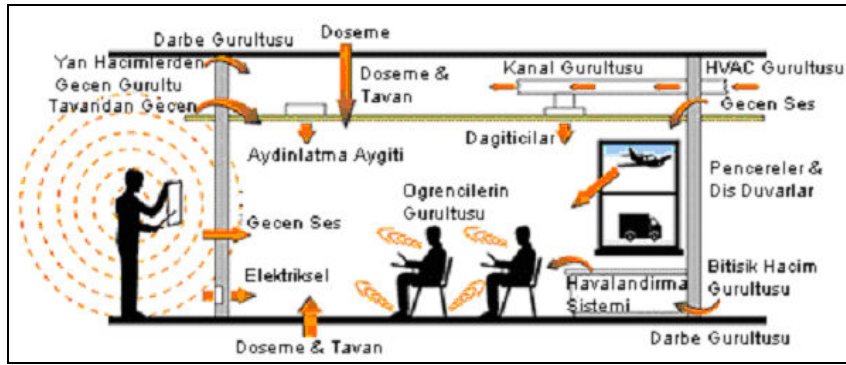


Şekil 2.18 Hacimdeki seslerin zamanla dağılımı

Yansıyan ses ile dolaysız ses arasındaki gecikme süresinin 35 msn'den fazla ve 95 msn'den az olması anlaşılabilirliğin sağlanması için gereklidir (Cavanaugh ve Wilkes, 1999). Hacimlerde yüzey gereçlerinin özellikleri ve konumları değiştirilerek önlemler almak gecikme süresinin zararlı etkisini ortadan kaldırabilir. Hacimlerde kullanılan çeşitli yansıtıcı, yutucu ve dağıtıcı özellikli malzemeler, kullanım şekilleri ve dağıtıcılıkları ile ilgili geniş bilgi EK 1'de verilmiştir.

Fon Gürültüsü

Hacimde dinleyicilerin, iç ve dış gürültü kaynaklarının oluşturduğu ses düzeyidir (Şekil 2.19).



Şekil 2.19 Hacimlerde iç-dış gürültü kaynakları, [4]

Müzik için canlılık oluşturan fon gürültü düzeyi konuşmada, yüksek düzeylerinde anlaşılabilirlik açısından olumsuz etki göstermektedir. Yüksek düzeyde fon gürültüsü, konuşmayı maskeleyerek anlaşılabilirliği olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle hacimlerin kullanım amacına göre iç mekan gürültü düzeyi sınır değerleri saptanmıştır. Türkiye'de yeniden düzenlenerek 1 Temmuz 2005 tarihinde yürürlüğe giren “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”nde, “Yerleşim Alanları ve Yapılar İçin Gürültü Kontrolü ve Yalıtım Kriterleri” başlığı altında Madde 28, Tablo 8'de yer alan iç mekan gürültü düzeyi sınır değerleri arasında konferans salonlarında olması gereken en yüksek gürültü düzeyleri de belirlenmiştir (Bkz. Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”nde verilen iç mekan gürültü düzeyi sınır değerleri

Kullanım Alanı		L_{eq} (dBA)	Zaman Dilimi (h)
Kültürel Tesis Alanları	Tiyatro salonları	30	Sürekli
	Sinema salonları	30	Sürekli
	Konser salonları	25	Sürekli
	Konferans salonları	30	Sürekli

Çizelge 2.1'e göre konferans salonlarındaki toplam ses düzeyi, işitsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için kabul edilebilir fon gürültü düzeyi olan 30dBA'dan en az 10-15dB fazla olmalıdır.

3. KAYNAK KONUMUNUN DEĞİŞİMİNİN HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEM VE İLGİLİ KABULLERİN YAPILMASI

Tezin bu bölümünde, çalışmada kullanılacak yöntem ve simülasyon programı ile ilgili kabullere değinilecektir.

3.1 Kaynak Konumu Değişiminin Hacim Akustiği Parametreleri Üzerindeki Etkilerinin Saptanmasında Kullanılan Yöntem

Kaynak konumunun değişmesinin hacim akustiği parametreleri üzerindeki etkilerinin irdelenmesi amacıyla yönelik olarak bu çalışmada izlenen aşamalar;

- Konuşma amacına yönelik mevcut hacim akustiği parametreleri arasından konuya uygun olanlarının seçilmesi,
- Hacim ve hacim özellikleri olarak hacim tiplerinin, biçim ve büyüklüklerinin, boyut oranlarının ve yüzey yutuculuklarının belirlenmesi ve kaynak-alıcı ile ilgili saptamaların yapılması,
- Hacim, kullanıcılar ve kaynak ile ilgili bilgilerin kullanılan simülasyon programına veri olarak girilmesi (bu çalışmada kullanılan simülasyon programı ile ilgili geniş bilgi Ek 2’de verilmiştir),
- Parametrelerin belirlenen hacim tiplerinde ve kaynak konumlarında durumlarının incelenmesi, sonuçların hacmin genelinde dinleyici konumundaki dağılımlarının ortaya konması,
- Hacim içindeki her bir dinleyici noktasındaki akustik parametrelerin birbirine göre uygun değerlerde olup olmadığının araştırılması ve hacim içinde seçilen her bir dinleyici noktasının kendi içinde değerlendirmesinin yapılması ile olumlu durumdaki dinleyici bölgelerinin belirlenmesi,
- Akustik parametrelerin hacimde değerlendirmesi, hacim içindeki dağılımlarının sayısal olarak saptanması ve hacim yüzeylerinin, parametrelerin hacim içindeki dağılımlarına etkilerinin belirlenmesi,
- Hacimlerin ortalama parametre değerleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve kaynak konumu değişimi ile parametre değerleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi,
- Hacimlerin ortalama parametre değerlerine göre uygunluk durumlarının ortaya

konması,

- uygun durumda olan ve olmayan parametrelerin dağılım krokilerinin ve grafiklerinin belirlenmesi
- Değerlendirme ve sonuç bölümlerinin ilgili grafik ve krokiler yardımı ile oluşturulması olarak sıralanabilir.

3.2 Hacim ve Kullanıcılar İle İlgili Kabuller ve Yöntemde Değerlendirmeye Alınacak Hacim Akustiği Parametreleri

Kullanım amacı konuşma olan hacimlerde anlaşılabilirlik önem taşımaktadır. Konuşmanın anlaşılabilirliği hacmin biçimi, büyüklüğü, iç yüzey gereçleri ile kaynağa (kaynağın gücü, konumu) ve dinleyiciye (dinleyicinin konumu, işitsel duyarlılığı) bağlı nedenlerle artmakta veya azalabilmektedir.

Çalışmanın amacı doğrultusunda yapılacak inceleme ve değerlendirmeler için hacim, kaynak ve dinleyiciler ile ilgili belirlemelerin yapılması gerekmektedir. Bu bölümde, hacim ve kullanıcılar ile ilgili kabullere yer verilmiştir.

3.2.1 Hacimler İle İlgili Kabuller

Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınacak hacimlerin kullanım amacı, biçim, büyüklük, boyut, yoğunluk ve iç yüzey gereçleri ile ilgili kabuller aşağıda yer almaktadır.

3.2.1.1 Hacimlerin Kullanım Amacı İle İlgili Kabuller

Konuşma açısından önem taşıyan anlaşılabilirliğin yüksek olması gereken hacimlerden konferans ve toplantı salonları, işitsel algılamının ön planda olduğu salon yapısına sahip olabildikleri için tercih edilmiştir.

3.2.1.2 Hacimlerin Biçim, Büyüklük, Boyut, Yoğunluk ve İç Yüzey Gereçleri İle İlgili Kabuller

Hacimlerin biçimlerini belirlemek amacıyla konuşma amaçlı hacimlerde yapılan incelemeler sonucunda, mimari biçimleniş açısından en çok rastlanan plan tipleri olan dikdörtgen, yelpaze ve kare planlı hacimlerin değerlendirmeye alınması uygun görülmüştür.

Bilindiği gibi seslendirme sistemleri hacimlerde bazı yetersizlikler tespit edildiğinde kullanılmaktadır. Seslendirme sistemlerinin genel kullanım nedenleri;

- Sesin yeterli ses gücünde dinleyicilere ulaşmaması durumu;

- Ses düzeyinin yeterli olmaması,
- Fon gürültüsünün yüksek ve denetlenemez olması,
- Kaynağın zayıflığı,
- İştirilmek istenen sesin niceliği ve niteliği denetim altında tutulmak isteniyorsa,
- Dinleyici- kaynak uzaklığının fazlalığı

durumlarında oluşabilir. Ayrıca seslendirme sistemleri;

- Bir hacmin akustik özelliklerinin, sesin niteliğini (anlaşılabilirliğini ve kalitesini) bozması;
 - Yansıma süresinin gereksinimlere göre uzun ya da kısa olan hacimlerde,
 - Yansıma süresi frekanslara göre farklılık gösteren hacimlerde,
 - Yansıma süresi kısa olan hacimlerde, yapay yansıma süresi oluşturmak ve ölü bölgeleri ortadan kaldırmak

durumlarında kullanılır (Aknesil, 2005).

Bu çalışmada ise tüm bu olumsuz koşulların bulunmadığı hacim büyüklüğü, biçimi, boyutu, yoğunluğu ve tefrişi uygun bulunan, yani seslendirme sistemine gerek duyulmayan hacimler değerlendirilmeye alınmıştır.

Hacimlerde değişim gösteren etkenlerin en aza indirgenmesi ve yalnızca belli değişkenlerin etkilerinin incelenmesi amaçlandığından, plan tipleri farklı olan hacimlerin büyüklüklerinin olabildiğince birbirine yakın olması uygun bulunmuştur.

Hacim büyüklükleri; kullanım amacı, ışın diyagramları yardımı ile tavan yansıtıcıları tasarımı, akustik uzmanlarının önerdiği boyut oranları ve her plan tipinin gerektirdiği boyutlar değerlendirmeye alınarak, yaklaşık 3500 m³ olarak belirlenmiştir (Bkz. Bölüm 3.2.1.2, Dikdörtgen Planlı Hacimde Boyut Oranlarının Belirlenmesi, Yelpeze Planlı Hacimde Boyut Oranlarının Belirlenmesi, Kare Planlı Hacimde Boyut Oranlarının Belirlenmesi).

Değişik hacim tiplerindeki tavan yükseklikleri ışın diyagramları yardımı ile belirlenen tavan yansıtıcıları nedeniyle değişkenlik göstermektedir. Havalandırma, klima, elektrik ve benzeri döşemelerin tavan yansıtıcılarının üzerindeki hava boşluklarında çözümlenmesi düşünülmüştür.

Kişi Başına Düşen Hava Hacmi

Kaynaklarda, konuşma amaçlı salonlarda kişi başına düşen hava hacminin 4-6m³ arasında olması gerektiği belirtilmiştir (Abdülrahimov, 1998).

Dinleyici kitlesi yüksek yutuculuk değerlerine sahip ve salonun büyük bir yüzeyini

kapladığından hacimdeki akustiği etkilemektedir. Bu nedenle hacimlerde dinleyici sayıları sınırlı tutulmalıdır. Salonun büyüklüğüyle ilişkili olarak Denklem 3.1,

$$N_{\max} = 1.54 V^{0.75} \quad (3.1)$$

(Sabine) maksimum dinleyici sayısını belirlemek için kullanılmaktadır. Buna göre Çizelge 3.1’de tüm plan tiplerinin dinleyici sayısına bağlı olarak belirlenmiş kişi başına düşen hava hacmi değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.1 Belirlenen plan tiplerinin dinleyici sayısı-kişi başına düşen hava hacmi değerleri

Plan Tipi	Büyükük (m ³)	Sabine formülü yardımı ile hesaplanan Nmax	Dinleyici başına düşen hava hacmi (m ³)
Dikdörtgen	3463	695	4,98
Kare	3428	689	4,97
Yelpaze	3549	708	5,01

Dinleyici Platformu Eğiminin Belirlenmesi

Salonların döşemesinin eğimli yapılması akustik açıdan, sahneden gelen dolaysız ses ve ilk yansımalarından oluşan yararlı seslerin arka sıralarda oturan dinleyicilere ulaşmasının sağlanması ve arka duvardan gelen geç yansımaların ortadan kaldırılması nedeniyle tercih edilmektedir. (Himmel, C.N., Evans, J.B. ve Knight, S.B., 2002).

Tüm dinleyicilerin görsel ve işitsel olarak sahneyi algılamalarına olanak tanıyan bu eğim, yapılan araştırmalar ve etüdler sonucunda 8 derece dolaylarında alınmıştır (Himmel, C.N., Evans, J.B. ve Knight, S.B., 2002).

Dikdörtgen Planlı Hacimde Boyut Oranlarının Belirlenmesi

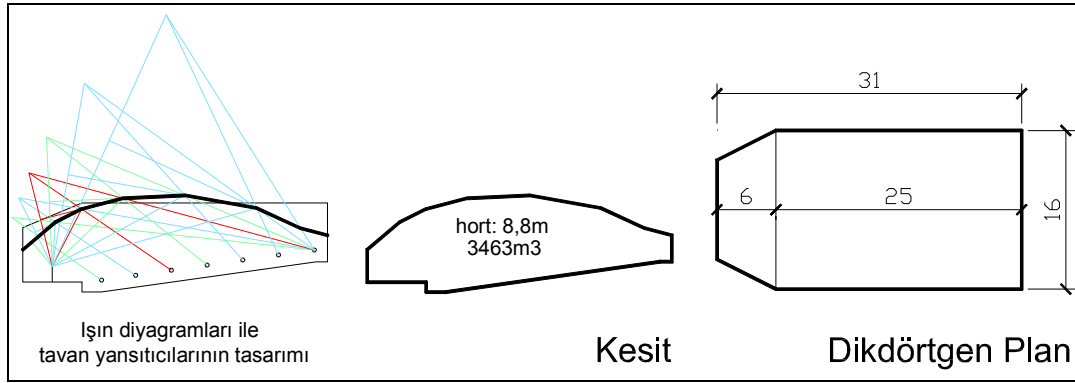
Dikdörtgen planlı hacimler, biçimsel özelliği nedeniyle akustik uzmanları tarafından en çok kullanılan salon tiplerinden biridir. Bu tür hacimlerde salonun derinliği arttıkça dinleyici-kaynak uzaklığı artacak ve anlaşılabilirlik azalacağından en-boy oranları önem taşımaktadır. Akustik uzmanlarının konu üzerindeki genel yargısı boyut oranları uygun (Bkz. Çizelge 3.2) dikdörtgenler prizması biçiminde plan tipine sahip salonların, en iyi olduğu yolundadır (Karabiber, 1997).

Dikdörtgen planlı hacimlerin, uygun boyutlandırılması konusunda, değişik akustik uzmanlarının önerdiği oranlar, anıldıkları oran adı ile birlikte, Çizelge 3.2’de sunulmaktadır. Bu oranlar arasından Knudsen ve European oranlarının konuşma amaçlı hacimler için daha uygun olduğu ortaya konmuştur (Yüğrük, 1995).

Çizelge 3.2 Akustik uzmanları tarafından önerilen hacim boyut oranları (Rettinger, 1988)

Oran Adı	hxbxl (yükseklik x en x boy)	S/h (Döş.alanı/yük)
Venn O.Knudsen	1 x 1.88 x 2.5	4.7
European	1 x 1.67 x 2.67	4.45
John E. Volkman	1 x 1.6 x 2.5	4.0
Golden Section	1 x 1.62 x 2.62	4.0
P.E.Sabine	1 x 1.5 x 2.5	3.75

İncelenecek dikdörtgen planlı hacimde uygun boyut oranlarının elde edilmesi amacıyla European Oranı kullanılmıştır. Uygun ilk yansımaları sağlayacak tavan biçimlenişi, ışın diyagramları yöntemi ile belirlenmiş ve çalışma genelinde sabit tutulmuştur (Bkz. Şekil 3.1).

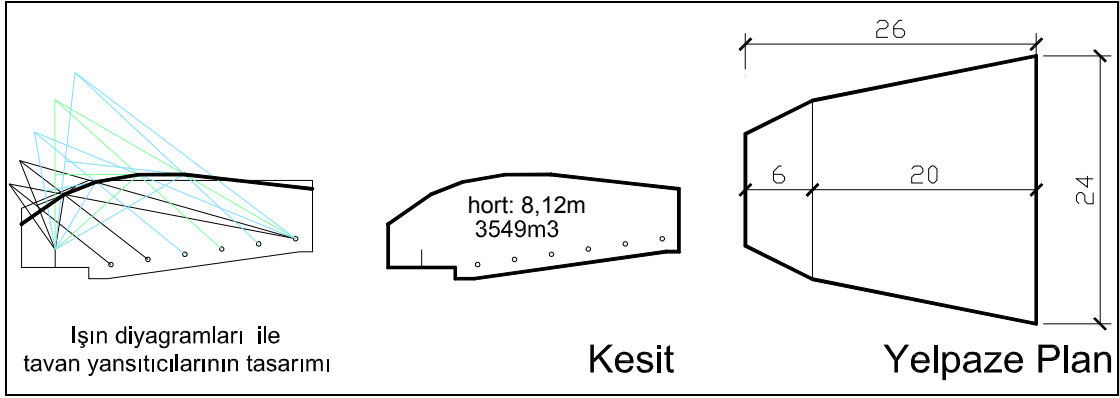


Şekil 3.1 Dikdörtgen planlı hacmin boyut oranları ve ışın diyagramı

Yelpaze Planlı Hacimde Boyut Oranlarının Belirlenmesi

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. Dikdörtgen planlı hacimlerde, görsel açıdan dinleyici-sahne ilişkisi genelde iyi durumda iken, yelpaze planlı hacimlerde, yanlarda oturan dinleyiciler açısından, bu ilişki daha zayıftır. Bu durum, yelpaze planlı hacimlerde, dinleyici alanının, belli bir açı içinde sınırlandırılmasını gerektirir (Bradley, 1986).

Yelpaze planlı hacmin yan duvarlarının eğimi yapılan literatür taraması ve etüdler sonucunda 11° olarak, boyutları da biçim, büyüklük ve ışın diyagramları ile saptanan tavan tasarımı göz önüne alınarak belirlenmiştir (Bkz. Şekil 3.2).

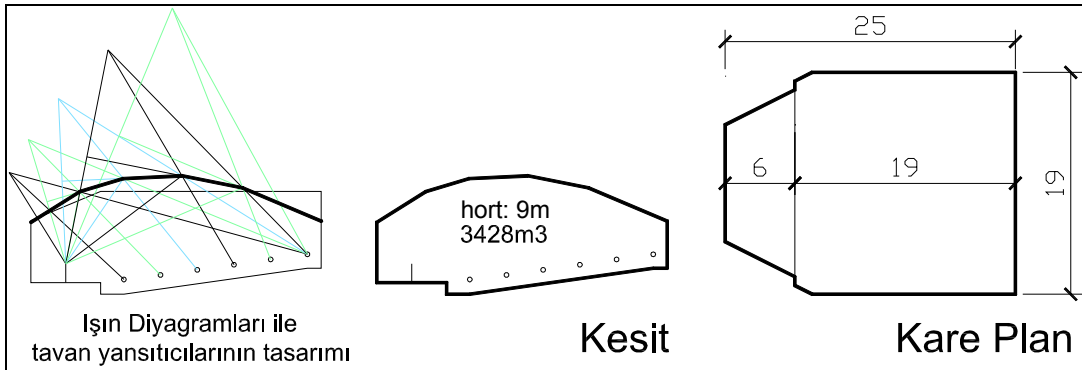


Şekil 3.2 Yelpeze planlı hacmin boyut oranları ve ışın diyagramı

Kare planlı hacimde boyut oranlarının belirlenmesi

Kare planlı hacimlerde, yan duvar yansımalarının dinleyiciye ulaşmasının güçlüğü nedeniyle, dinleyicilerin oturma düzeninin kurulması ve sahne düzeninin oluşturulması oldukça zordur.

Çalışma kapsamında tüm hacim tiplerinde sahne biçimi benzer tutulmuştur. Böylece tüm hacimlerde sahne yan duvar yansımaları ve bu durumun hacim akustiğine etkisinin birbirine yakın olması amaçlanmıştır. Sahne yüksekliğinin tüm hacimlerde aynı olması, tavan yansıtıcılarının ışın diyagramı yardımıyla tasarlanması ve hacim büyüklüklerinin aynı olmasının amaçlanması nedeniyle mümkün olmamıştır. Bu değerlendirmeler kapsamında kare planlı hacmin boyutları yapılan etüdler sonucunda Şekil 3.3'deki gibi belirlenmiştir.



Şekil 3.3 Kare planlı hacmin boyut oranları ve ışın diyagramı

3.2.1.3 Hacimlerin İç Yüzey Gereçleri İlgili Kabuller

Kaynak konumunun değişiminin hacim akustiği parametrelerine etkisinin, hacmin yutuculuğuyla değişimini ortaya koymak amacıyla hacim iç yüzey yutuculukları;

- Yansıtıcı (ortalama yüzey yutuculukları 0,01 ile 0,24 arasında)
- Yutucu (ortalama yüzey yutuculukları 0,45 ile 0,85 arasında)

- orta yutucu (ortalama yüzey yutuculukları 0,25 ile 0,44 arasında)

olmak üzere üç farklı grupta toplanmıştır.

Yukarıda belirtilen koşullar göz önünde bulundurularak yüzeylerin hangi yutuculukta olacağı belirlenmiştir. Çizelge 3.3'te bu tez çalışması için belirlenmiş yüzey gereçleri ve ses yutma çarpanları verilmiştir.

Çizelge 3.3 Kare, Dikdörtgen ve Yelpaze Planlı Hacimlerde Kullanılan Yüzey Gereç ve Yutma Çarpanları

KOD*	YÜZEY GEREÇLERİ AD**	YUTMA ÇARPANLARI (%)					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
802	22mm kalınlıkta sunta levha, duvarla arası maden yünü ile dolu, duvardan uzaklık 50 mm	0.12	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05
909	Hafif kumaş kaplı koltukta oturmuş dinleyici	0,51	0,64	0,75	0,80	0,82	0,83
2265	Mineral püskürtülmüş metal latalar üzerine 1,27cm mineral lif, 2,54 cm hava boşluğu	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
2278	Döşeme kirişine yerleşik duvar	0.15	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10
2279	Sıvalanmış tuğla duvar	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
2281	Pütürlü alçı sıvanmış tuğla duvar	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
2294	Alçıpan tavan, hava boşluklu, ahşaba monte edilmiş	0.20	0.15	0.10	0.08	0.04	0.02
2323	100 mm kalınlıkta hava boşluklu alçıpan tavan	0.58	0.69	0.96	0.97	0.99	0.91
2356	İnce ahşap lata levha üzeri özel kumaş kaplı duvar, bir kısmı hareketli sünger	0.12	0.18	0.24	0.30	0.33	0.34
2389	8mm kalınlıkta ahşap kaplama duvar, 50mm çivi ile sabitlenmiş	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11
2407	Ahşap kaplamalı özel üretim akustik levha	0.56	0.55	0.50	0.66	0.69	0.58
3002	Ortalama Yutuculuk (Hafif kumaş kaplı koltukta oturmuş dinleyici ile yalnız oturacak ve yaslanacak yeri kumaş kaplı, açılır kapanır koltuk)	0.43	0.43	0.56	0.64	0.68	0.70
9000	Lamine Parke	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
9006	Sıvalı ve boyalı beton plaka duvar	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05
9009	Maden lifi prese tavan paneli	0.36	0.30	0.42	0.50	0.53	0.53
9015	Metal asma tavan	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
9028	Yapıştırma parke	0.04	0.04	0.07	0.07	0.07	0.07
9040	Hava boşluklu özel üretim alçıpan tavan paneli	0.45	0.45	0.50	0.67	0.58	0.62
9044	3mm kalınlıkta ahşap kaplama duvar, 50mm çivi ile sabitlenmiş	0.28	0.28	0.26	0.09	0.12	0.11
9046	Maden lifli özel üretim akustik levha (duvar)	0.87	0.60	0.45	0.46	0.20	0.25
9048	Ahşap asma tavan	0.15	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10
9049	Döşemeye sabitlenmiş duvar	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10
9052	Ahşap yansıtıcı asma tavan (yüksekliği ayarlanabilir)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
9054	Hava boşluklu ve maden yünü içerikli özel tasarım akustik duvar	0.80	0.80	0.65	0.60	0.50	0.50

* Odeon simülasyon programında kullanılan kodlardır.

** Gereçler "Odeon Malzeme Listesi"nden seçilmiştir. Döşemenin yutuculuğu, dinleyicilerin ve döşeme malzemesinin yutma çarpanları göz önüne alınarak, ortalama bir değer olarak belirlenmiştir.

9056	Maden lifli özel akustik levha	0.87	0.60	0.45	0.46	0.30	0.30
9064	Mineral lifli özel üretim askı levha	0,87	0,8	0,6	0,5	0,35	0,3
9068	Hava boşluklu ve maden yünü içerikli akustik levha	0.87	0.85	0.85	0.60	0.50	0.35
9069	Maden lifli özel tasarım akustik duvar	0.87	0.60	0.55	0.46	0.20	0.25
9070	Hava boşluklu alçıpan tavan paneli	0.45	0.45	0.50	0.67	0.55	0.40
9072	3mm kalınlıkta ahşap kaplama duvar, 50mm çivi ile sabitlenmiş	0.28	0.28	0.26	0.09	0.12	0.09

Çalışma kapsamında incelemeler, çeşitli yüzey yutuculukları durumuna göre yapılmıştır. Hacimlerin çok yansıtıcı, çok yutucu ya da orta yutuculukta olması durumuna göre gruplandırılan hacim tipleri Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4 Hacimlerde incelemeye alınan yüzey yutuculukları

Opt. Durum	Optimum Yansıma Süresini Sağlayan Yüzey Gereçleri	
U1	Tüm Yüzeyler Yansıtıcı	
U2	Tüm Yüzeyler Yutucu	
U3	Tavan Yutucu	Diğer Yüzeyler Yansıtıcı
U4	Tavan Yansıtıcı	Diğer Yüzeyler Yutucu
U5	Sahne Yutucu	Diğer Yüzeyler Yansıtıcı
U6	Sahne Yansıtıcı	Diğer Yüzeyler Yutucu
U7	Sahne Yansıtıcı	Diğer Yüzeyler Orta Yutuculukta
U8	Sahne Yutucu	Diğer Yüzeyler Orta Yutuculukta
U9	Tüm Yüzeyler Orta Yutuculukta	

Tüm hacim tiplerinde kaynak konumu – hacim akustiği parametreleri değişimi Çizelge 3.4'te verilen yüzey yutuculuklarında Çizelge 3.3'ten seçilen gereçler kullanılarak çalışma kapsamında incelenmiştir. Çizelge 3.5'te ise değişik yüzey yutuculukları durumlarında kullanılan gereçler verilmiştir.

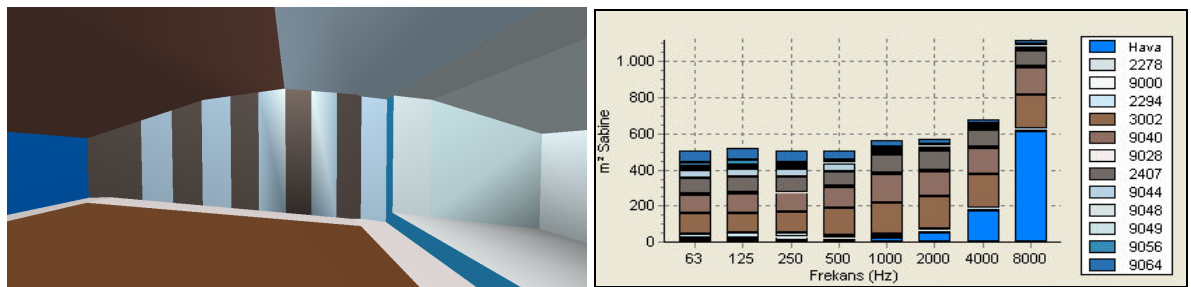
Çizelge 3.5 Hacimlerde incelemeye alınan yüzey gereçleri

Yüzey yutuculuk durumları	Gereç Kodları			
	Salon Tavan	Sahne Tavan	Salon Duvar	Sahne Duvar
Optimum Durum Kare	9040- Hava boşluklu alçıpan tavan paneli 2294- Alçıpan tavan, hava boşluklu, ahşaba monte	9048 - Ahşap asma tavan	9064- mineral lifli özel üretim askı levha – 9056- Maden lifli özel akustik levha 2407- Ahşap kaplamalı özel üretim akustik levha - 9044- 3mm ahşap kaplama duvar	9049- Döşemeye sabitlenmiş duvar 2278- Döşeme kirişine yerleşik duvar
Optimum Durum Dikdörtgen	2294- Alçıpan tavan, hava boşluklu, ahşaba monte – 9070- Hava boşluklu alçıpan tavan paneli	9048- Ahşap asma tavan	9068- Hava boşluklu ve maden yünlü akustik levha – 9069- Maden lifli özel tasarım akustik duvar 2407- Ahşap kaplamalı özel üretim akustik levha – 9072- 3mm kalınlıkta ahşap kaplama duvar	9049- Döşemeye sabitlenmiş duvar – 2278- Döşeme kirişine yerleşik duvar
Optimum Durum	9040- Hava boşluklu alçıpan tavan paneli	9048- Ahşap asma tavan	9046 - Maden lifli özel üretim akustik levha – 2407- Ahşap	2278- Döşeme kirişine yerleşik

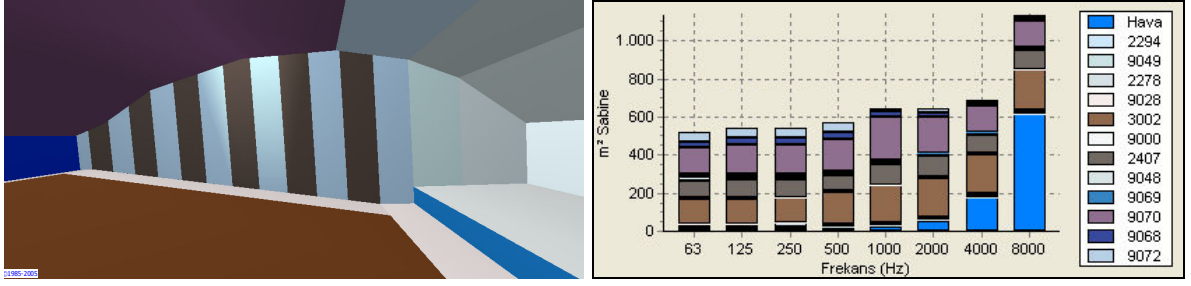
Yelpaze	2294- Alçıpan tavan, hava boşluklu, ahşaba monte		kaplamalı özel üretim akustik levha 9044- 3mm ahşap kaplama duvar – 9054- Hava boşluklu ve maden yünlü akustik duvar	duvar – 9049- Döşemeye sabitlenmiş duvar
U1	9015 - Metal asma tavan	9052- Ahşap yansıtıcı asma tavan	2281- Pütürlü alçı sıvanmış tuğla duvar	2279- Sıvalanmış tuğla duvar
U2	2323- 100 mm kalınlıkta hava boşluklu alçıpan tavan	9048- Ahşap asma tavan	2265- Mineral püskürtülmüş metal latalar üzeri mineral lif ve hava boşluğu	2389- 8mm kalınlıkta ahşap kaplama duvar
U3	2323- 100 mm kalınlıkta hava boşluklu alçıpan tavan	9048- Ahşap asma tavan	2281- Pütürlü alçı sıvanmış tuğla duvar	2279- Sıvalanmış tuğla duvar
U4	9015 - Metal asma tavan	9052- Ahşap yansıtıcı asma tavan	2265- Mineral püskürtülmüş metal latalar üzeri mineral lif ve hava boşluğu	2389- 8mm kalınlıkta ahşap kaplama duvar
U5	9015 - Metal asma tavan	9048- Ahşap asma tavan	2281- Pütürlü alçı sıvanmış tuğla duvar	2389- 8mm kalınlıkta ahşap kaplama duvar
U6	2323- 100 mm kalınlıkta hava boşluklu alçıpan tavan	9052- Ahşap yansıtıcı asma tavan	2265- Mineral püskürtülmüş metal latalar üzeri mineral lif ve hava boşluğu	2279- Sıvalanmış tuğla duvar
U7	9009- Maden lifi prese tavan paneli	9052- Ahşap yansıtıcı asma tavan	2356- Ahşap lata levha üzeri sünger kumaş kaplı duvar	2279- Sıvalanmış tuğla duvar
U8	9009- Maden lifi prese tavan paneli	9048- Ahşap asma tavan	2356- Ahşap lata levha üzeri sünger kumaş kaplı duvar	2389- 8mm kalınlıkta ahşap kaplama duvar
U9	9009- Maden lifi prese tavan paneli	802- sunta levha, duvarla arası maden yünü	2356- Ahşap lata levha üzeri sünger kumaş kaplı duvar	9006 - Sıvalı ve boyalı beton plaka duvar

Tüm plan tiplerinin Odeon programında, belirlenen yüzey gereçleri ve yüzey yutuculukları ile hazırlanmış üç boyutlu resimleri ve her incelenen yüzey yutuculuğu durumu için frekansa bağlı yüzey alanı ve kullanılan gereçlerin grafiği hazırlanmıştır (Bkz. Şekil 3.4).

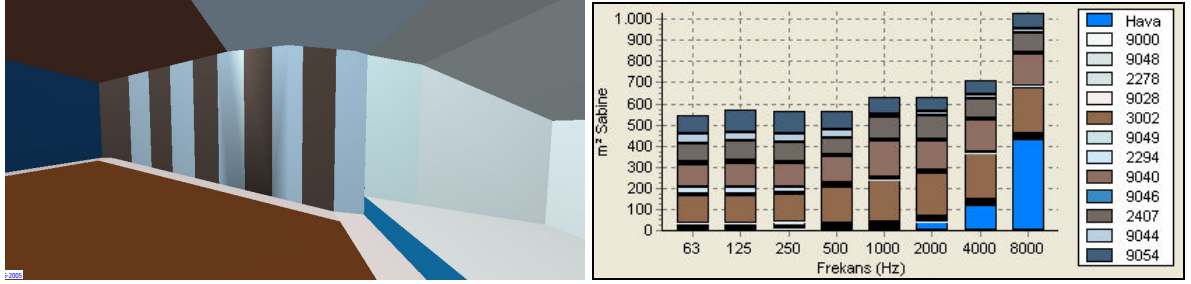
Üç hacim tipinin, farklı yutuculuk durumları ve optimum durumda yüzey gereçleri döşeli iken 3 boyutlu görünümü ve hacimlerde döşeli gereçlerin yüzey alanı ve frekansa bağlı yutuculuk grafikleri Odeon programından alınarak hazırlanmıştır. Şekillerdeki koyu bölgeler yüksek yutucu yüzeyleri; açık bölgeler, yansıtıcı yüzeyleri; orta koyu bölgeler orta yutuculukları tanımlamaktadır.



Şekil 3.4 (a) Kare planlı hacim

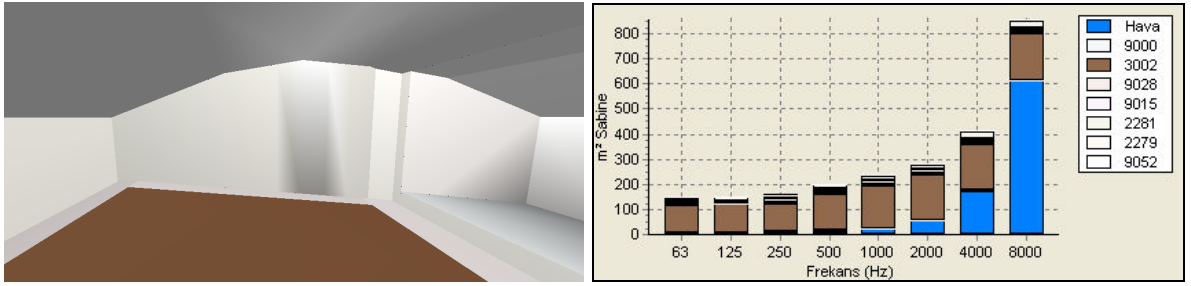


Şekil 3.4 (b) Dikdörtgen planlı hacim

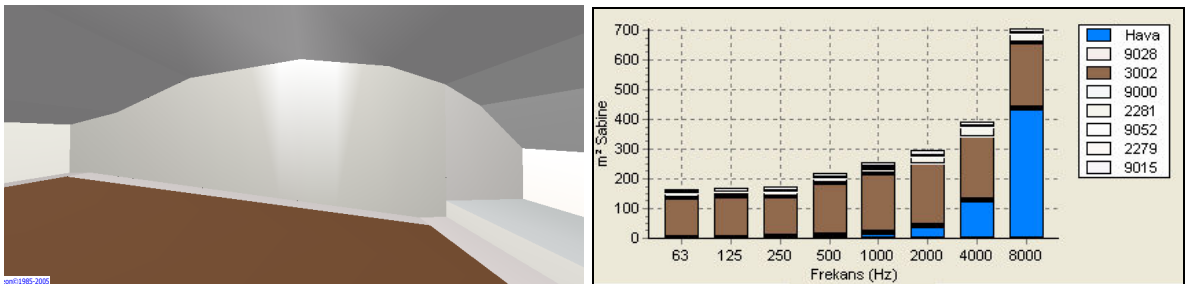


Şekil 3.4 (c) Yelpaze planlı hacim

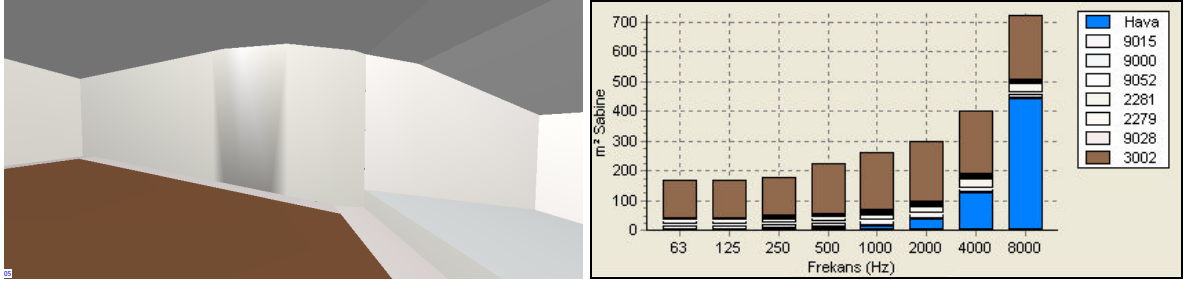
Şekil 3.4 Optimum durumda yüzey özellikleri



Şekil 3.5 (a) Kare planlı hacim

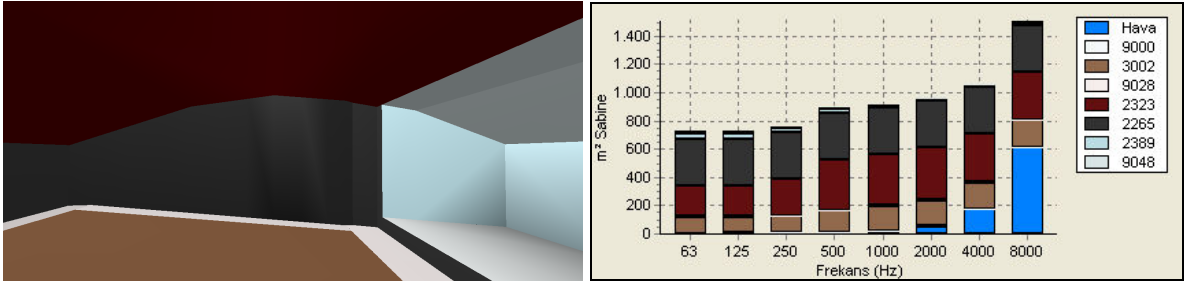


Şekil 3.5 (b) Dikdörtgen planlı hacim

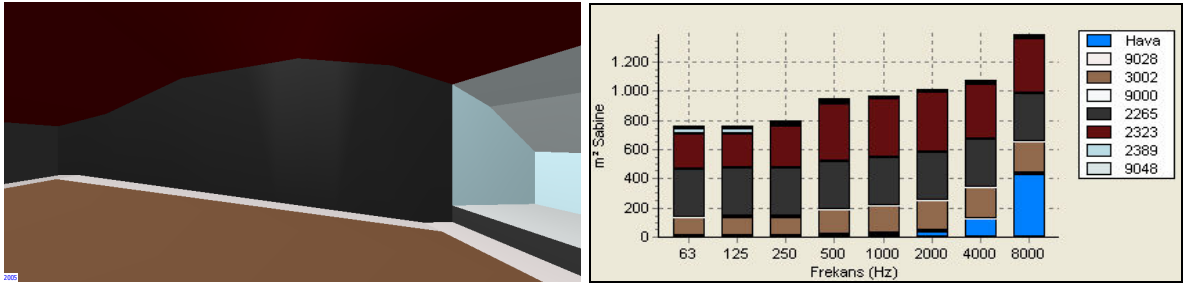


Şekil 3.5 (c) Yelpaze Planlı Hacim

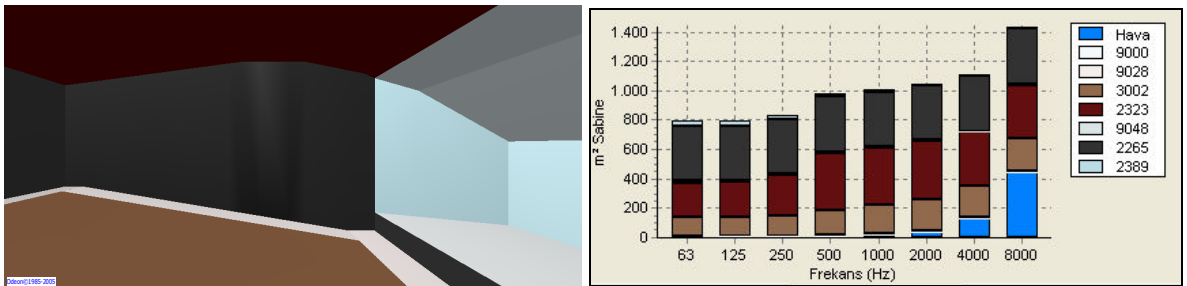
Şekil 3.5 U1 durumunda (tüm yüzeyler yansıtıcı) yüzey özellikleri



Şekil 3.6 (a) Kare planlı hacim

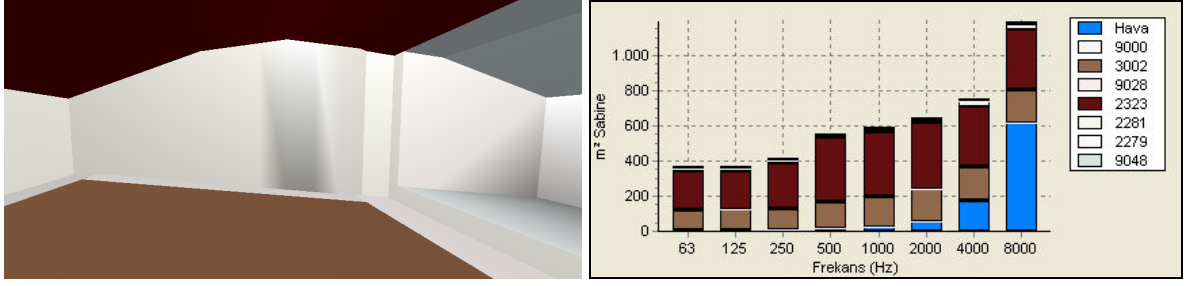


Şekil 3.6 (b) Dikdörtgen planlı hacim

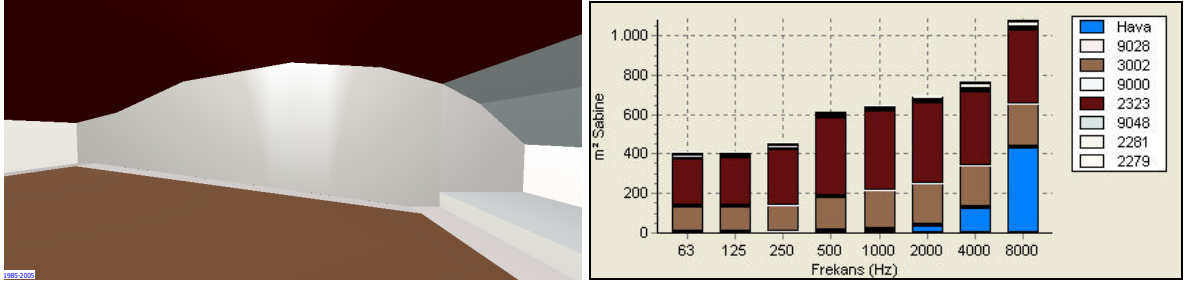


Şekil 3.6 (c) Yelpaze planlı hacim

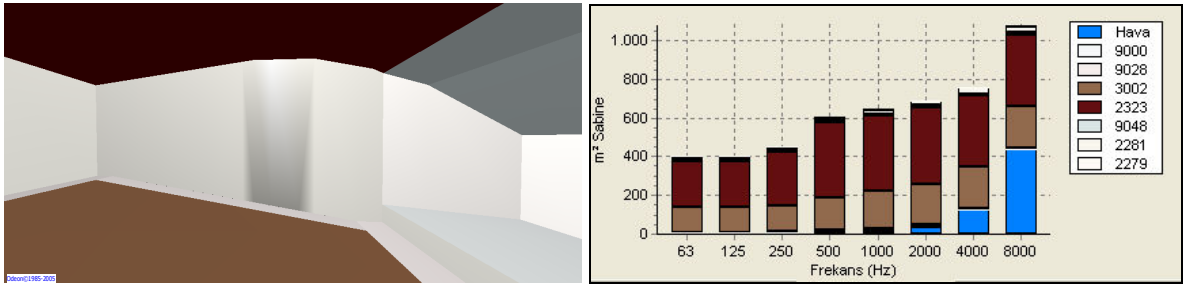
Şekil 3.6 U2 durumunda (tüm yüzeyler yutucu) yüzey özellikleri



Şekil 3.7 (a) Kare planlı hacim

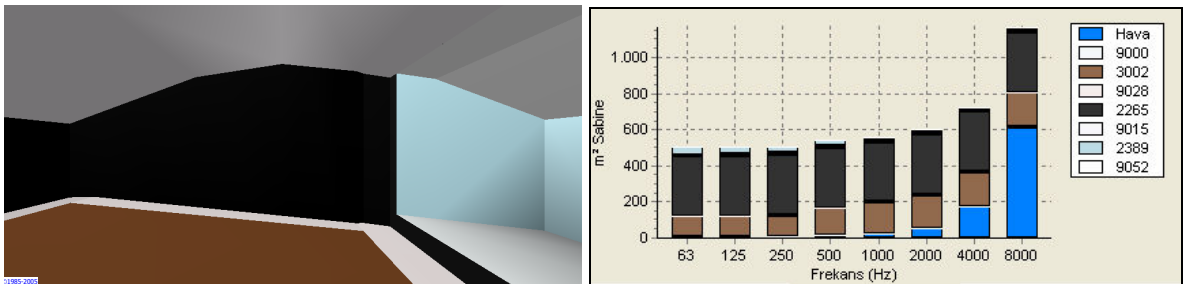


Şekil 3.7 (b) Dikdörtgen planlı hacim

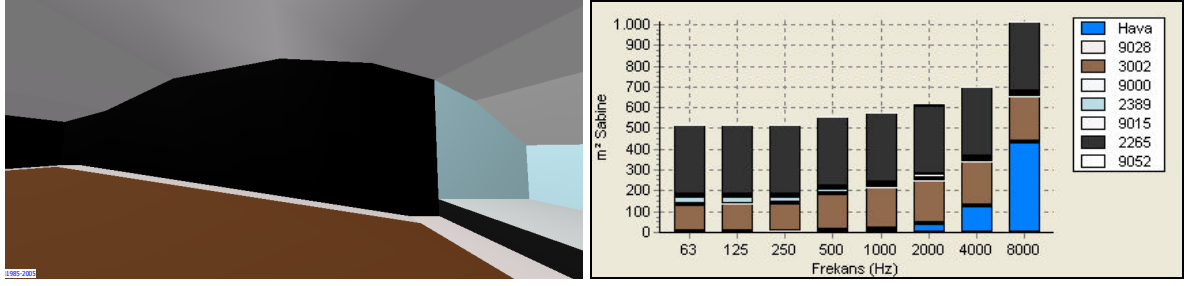


Şekil 3.7 (c) Yelpaze planlı hacim

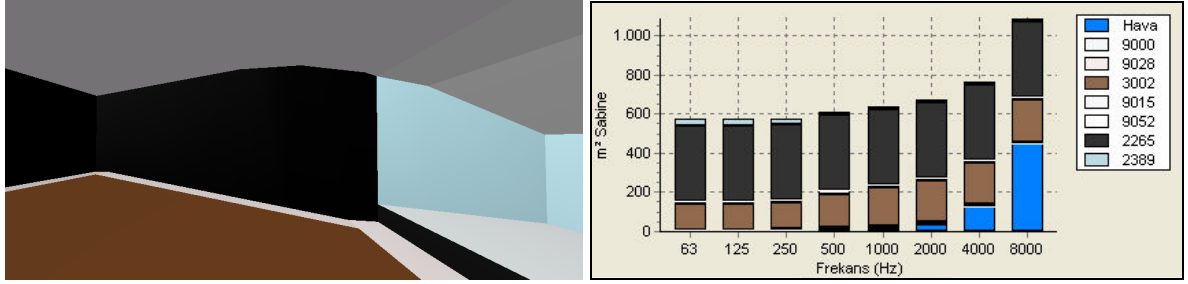
Şekil 3.7 U3 durumunda (tavan yutucu diğer yüzeyler yansıtıcı) yüzey özellikleri



Şekil 3.8 (a) Kare planlı hacim

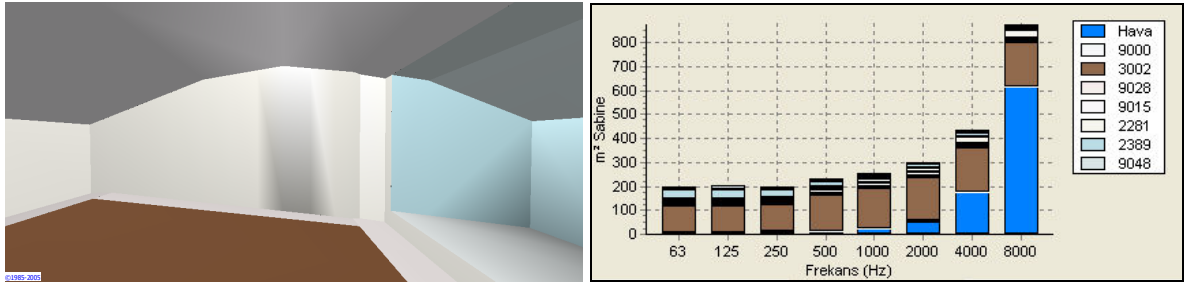


Şekil 3.8 (b) Dikdörtgen planlı hacim

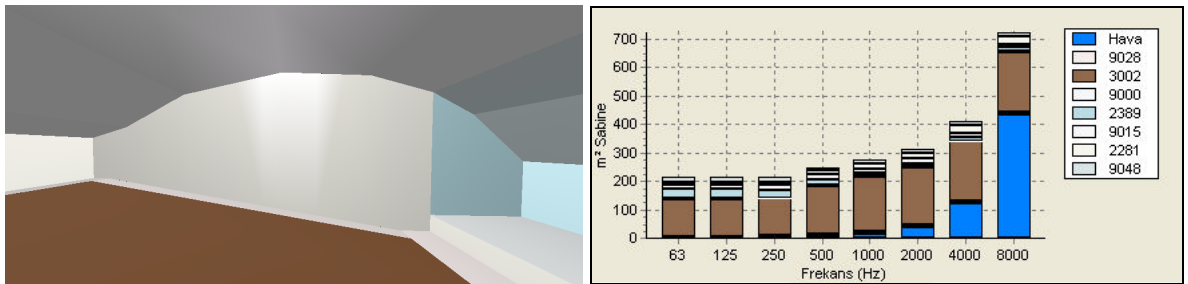


Şekil 3.8 (c) Yelpaze planlı hacim

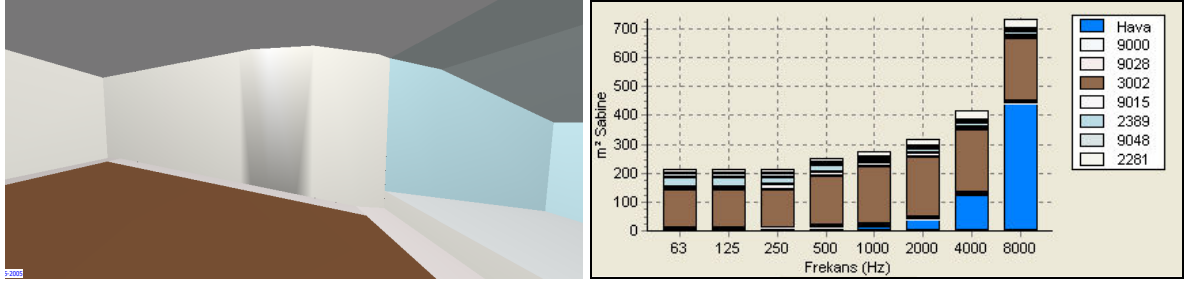
Şekil 3.8 U4 durumunda (tavan yansıtıcı diğer yüzeyler yutucu) yüzey özellikleri



Şekil 3.9 (a) Kare planlı hacim

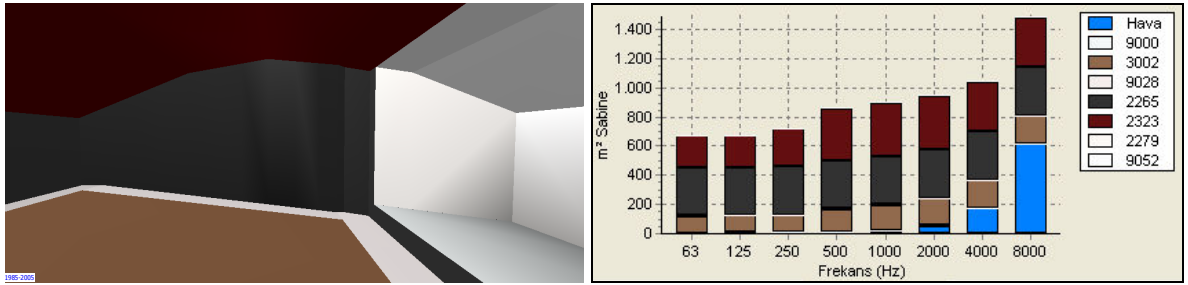


Şekil 3.9 (b) Dikdörtgen planlı hacim

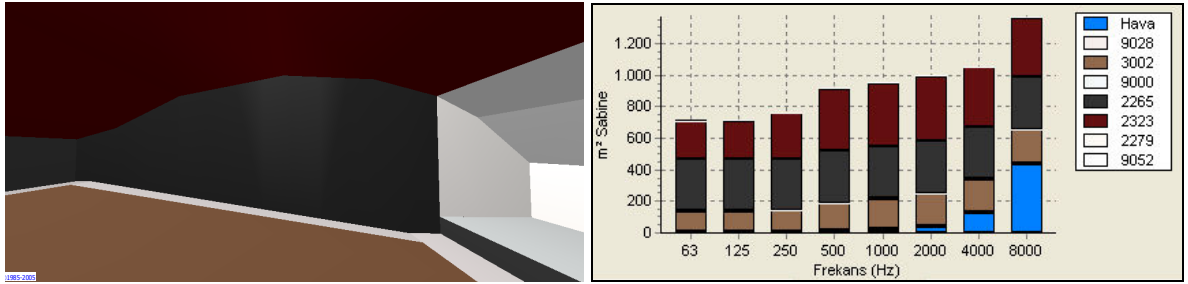


Şekil 3.9 (c) Yelpaze planlı hacim

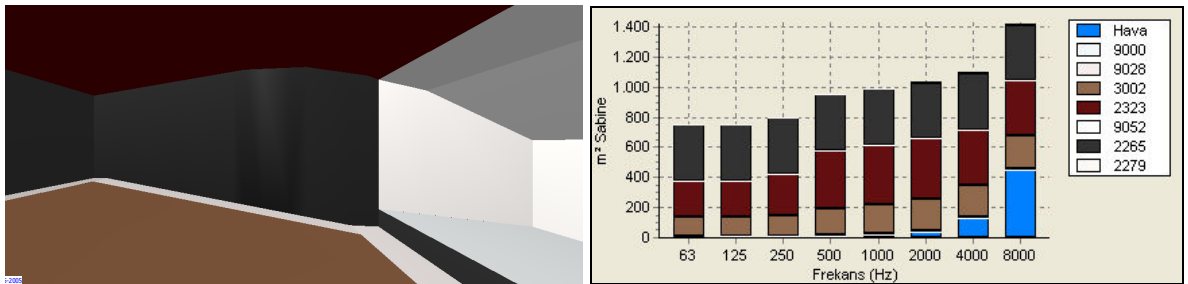
Şekil 3.9 U5 durumunda (sahne yutucu diğer yüzeyler yansıtıcı) yüzey özellikleri



Şekil 3.10 (a) Kare planlı hacim

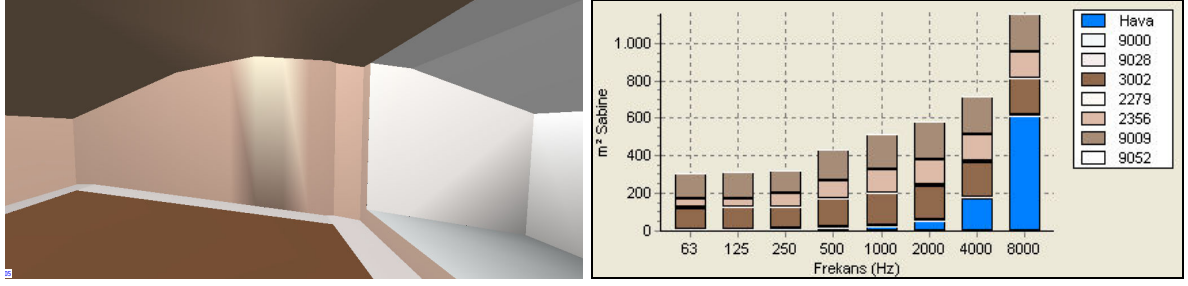


Şekil 3.10 (b) Dikdörtgen planlı hacim

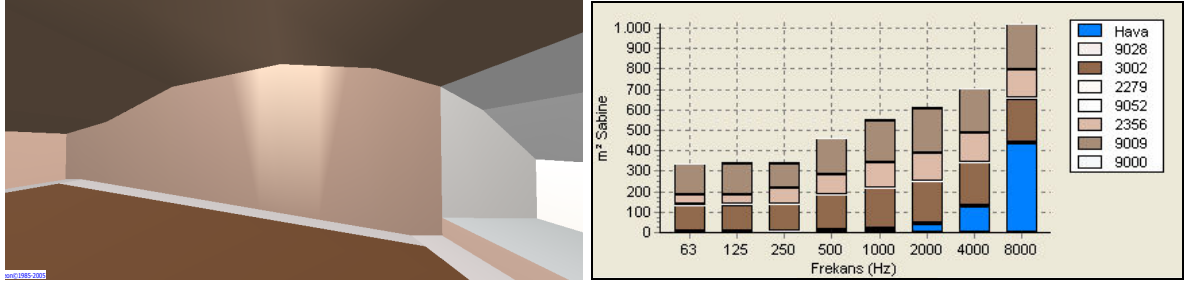


Şekil 3.10 (c) Yelpaze planlı hacim

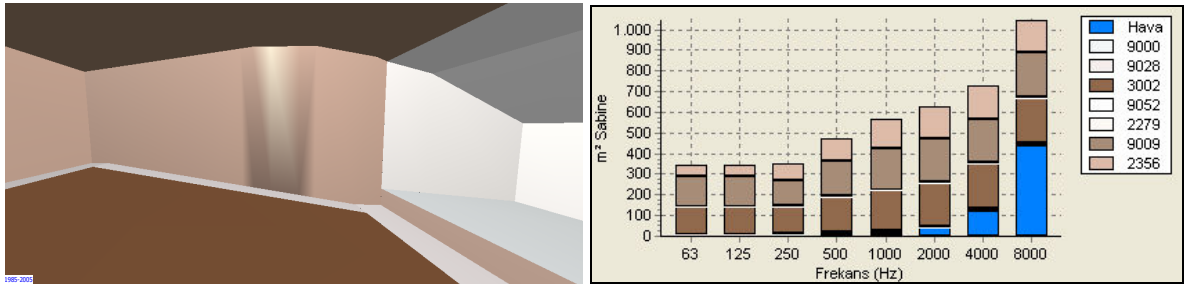
Şekil 3.10 U6 durumunda (sahne yansıtıcı diğer yüzeyler yutucu) yüzey özellikleri



Şekil 3.11 (a) Kare planlı hacim

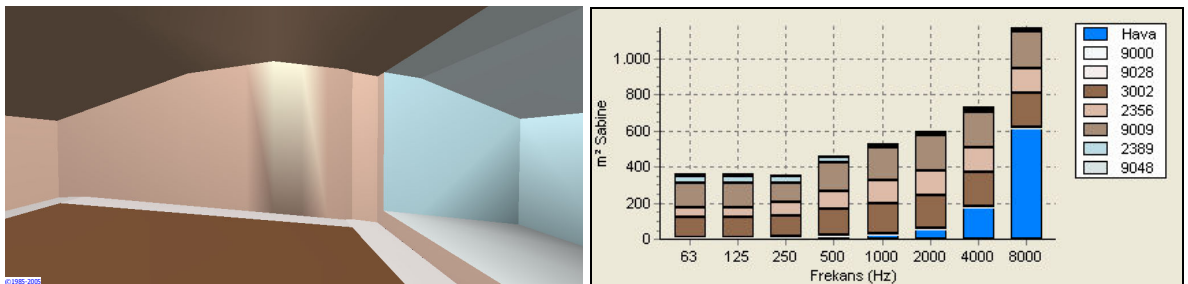


Şekil 3.11 (b) Dikdörtgen planlı hacim

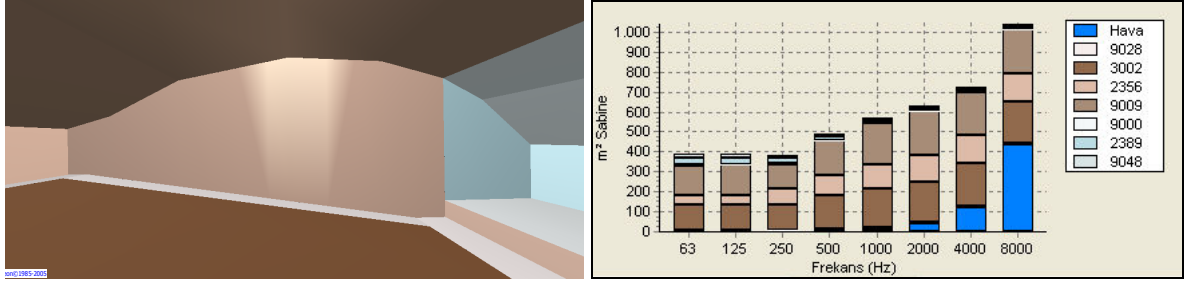


Şekil 3.11 (c) Yelpeze planlı hacim

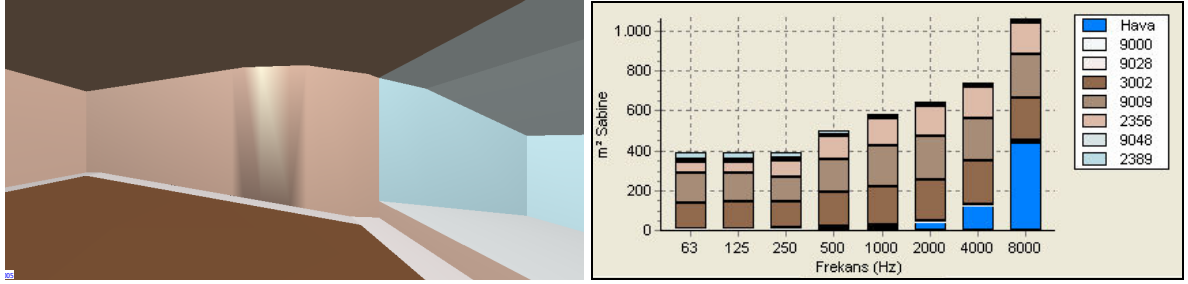
Şekil 2.11 U7 durumunda (sahne yansıtıcı diğer yüzeyler orta yutuculukta) yüzey özellikleri



Şekil 3.12 (a) Kare planlı hacim

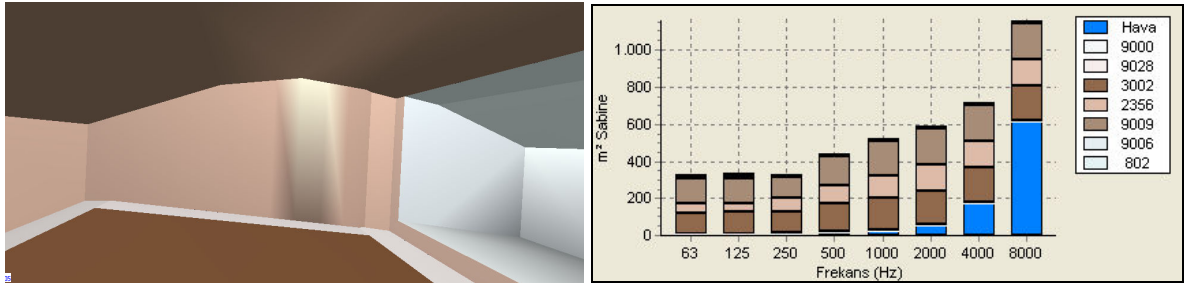


Şekil 3.12 (b) Dikdörtgen planlı hacim

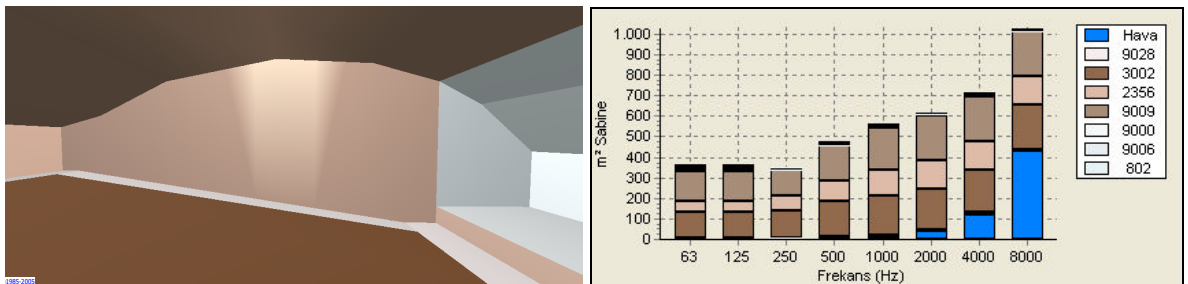


Şekil 3.12 (c) Yelpaze planlı hacim

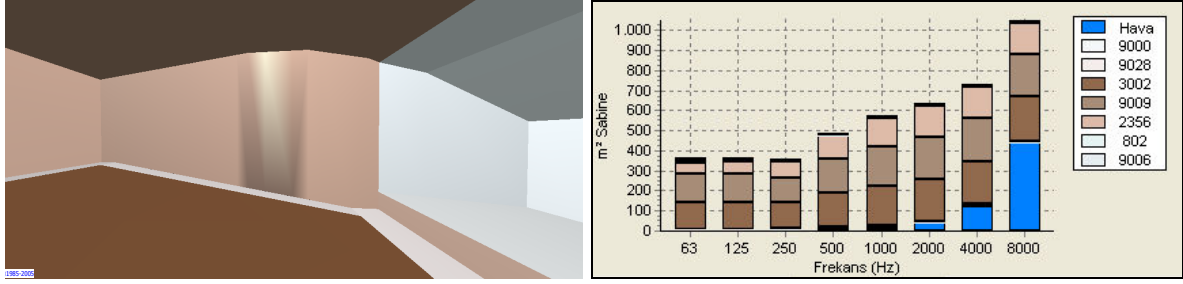
Şekil 3.12 U8 durumunda (sahne yutucu diğer yüzeyler orta yutuculukta) yüzey özellikleri



Şekil 3.13 (a) Kare planlı hacim



Şekil 3.13 (b) Dikdörtgen planlı hacim



Şekil 3.13 (c) Yelpaze planlı hacim

Şekil 3.13 U9 durumunda (tüm yüzeyler orta yutuculukta) yüzey özellikleri

3.2.2 Dinleyiciler İle İlgili Kabuller

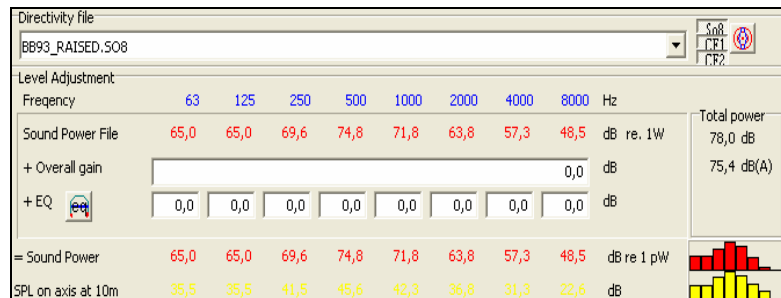
Kaynak konumunun değişmesi ile akustik parametrelerin arasındaki farklılığı incelemek amacıyla hacmin farklı noktalarında değişimin en çok algılanabileceği dokuz adet dinleyici noktası belirlenmiştir.

Dinleyici noktalarının yan duvarlardan uzaklıkları tüm hacimlerde yaklaşık 1 m, arka duvardan yaklaşık 1 m ve sahneden 2 m olarak alınmıştır (Bkz. Şekil 3.15). Salonda 18-25 yaş arası, işitsel duyarlılığı normal, karışık dinleyicilerin bulunduğu kabul edilmiştir. İncelenen tüm hacimlerde dinleyiciler eğimli bir döşeme üzerinde oturur konumdadır ve kulak hizaları yerden 1.2 m yükseklikte yer almaktadır.

3.2.3 Kaynak İle İlgili Kabuller

Tez kapsamında yapılacak çalışmalarda, hacimlerde elektronik seslendirme sisteminin olmadığı kabul edilecek ve sadece konuşmacının ses gücü değerlendirmeye alınacaktır.

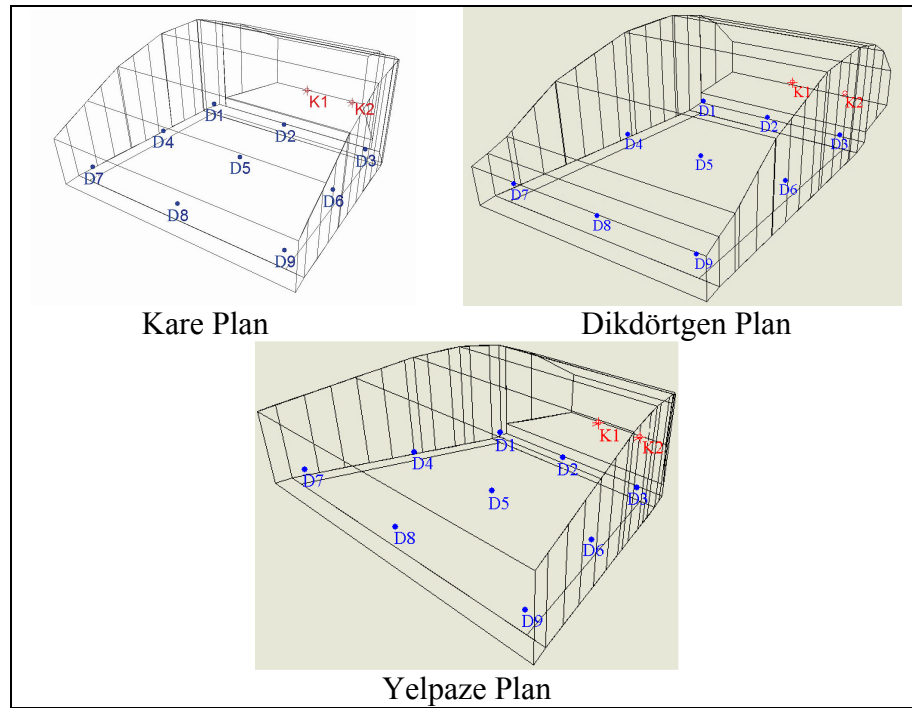
Konuşmacının ses düzeyi cinsiyeti, yaşı, psikolojik- fizyolojik durumu gibi nedenlerden etkilenebilir. Bu çalışmada konuşmacının konuşmasının yeterli düzeyde, uygun hızda ve açık seçik olmasına özen gösterdiği kabul edilmiştir. Bu doğrultuda Odeon programında, kaynak tipi olarak frekanslara göre ses basınç düzeyi insan sesine en yakın özelliklerde olan "BB93_RAISED.SO8" tip kaynak belirlenmiştir (Bkz. Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Seçilen kaynak ile ilgili özellikler

Kaynağın yerden yüksekliği, hem oturabilecek hem de ayakta durabilecek bir kişi açısından düşünülerek 1.5 m alınmıştır. Kaynak ile ilk dinleyici arasındaki uzaklık tüm hacimler için benzer ve yaklaşık 5 m olarak alınmıştır. Kaynağın sahnenin tam ortasında olduğu ve yanda olması durumunda yana doğru 5 m yer değiştirdiği düşünülmüştür. Bu değere, sahne boyutlarına ve hacim akustiği parametrelerinin değişiminin fark edilebilir uzaklığına bağlı olarak karar verilmiştir.

Üç tip hacimde, kaynak ve dinleyici noktalarının yerleşiminin üç boyutlu görünümü Şekil 3.15'te gösterilmiştir.



Şekil 3.15 Kaynak-dinleyici yerleşiminin üç boyutlu görünümü

4. KAYNAK KONUMUNUN DEĞİŞİMİNİN HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Kaynak konumunun hacim akustiği parametrelerine etkisi, değişik yüzey yutuculukları değerlendirmeye alınarak incelenmiştir (Bkz. Çizelge 3.4). Konuşmanın anlaşılabilirliği açısından önem taşıyan ve kaynak konumunun değişimi ile incelemeye alınacak hacim akustiği parametreleri;

- Ayırdedilebilirlik (D50)
- Ses basınç düzeyi (Sound Pressure Level - SPL(A))
- Konuşma iletim göstergesi (STI)
- Erken düşme süresi (EDT)
- Yansıma Süresi (T30)

olarak belirlenmiştir.

Bu parametrelerin konuşma amaçlı hacimler için kabul edilebilir değerleri göz önüne alınarak değerlendirme yapılmıştır. Bu çalışmada değerlendirmeye alınan parametrelerin kabul edilebilir değerleri aşağıda verilmiştir.

Ayırdedilebilirlik (D50)

Genellikle % olarak ifade edilen D50 değerlerinin yüksek değerleri, konuşmanın anlaşılabilirliğinin yüksekliğini gösterirken, bu konuda önerilen alt sınır konusunda farklı kaynaklarda değişik kabullerle karşılaşılmaktadır. Yapılan çalışmalarda D50'nin %50'nin üzerinde olmasının kabuledilebilir olduğu [11], ancak %65 üzeri olmasının daha iyi olacağı [10,12] kabul edilmektedir.

Ses Basınç Düzeyi (Sound Pressure Level - SPL(A))

Hacimlerde toplam ses düzeyi, konuşmanın anlaşılabilirliğinin sağlanması açısından belli kriterleri sağlayarak belli değerler arasında kalmalıdır. Konuşma amaçlı hacimlerde, anlaşılabilirliğin sağlanması için temel gereksinim yüksek frekanslı (1000Hz ve üzeri) seslerin tüm dinleyicilere yeterli düzeyde ulaştırılmasıdır. Bu konuda yapılan çalışmalar, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından 40 dBA fon gürültüsü bulunan bir salonda anlaşılabilirlik (PSA - Hece Söylem Oranı) % 75 iken optimum konuşma düzeyi alt sınırı 58 dB olması gerektiğini göstermektedir (Karabiber, 1987).

Konuşma iletim göstergesi (STI)

Konuşmanın anlaşılabilirliğinin belirlenmesi açısından önem taşıyan STI parametresinin 0.60 üzerindeki değerleri kabul edilebilirken, iyi anlaşılabilirlik için 0,75 üzerindeki değerler önerilmektedir. 0.45 ve altındaki değerler ise, anlaşılabilirlik açısından kötü olarak değerlendirilmektedir (Irvine ve Richards, 1998).

Erken Düşme Süresi (EDT)

Optimum erken düşme süreleri, Gade'in bir çalışmasındaki optimum EDT belirlemelerine dayanılarak saptanmıştır (Denklem 4.1), (Gade, 1989).

$$EDT_{GADE} = -0.2 + 1.1 \times T_{60} \quad (4.1)$$

EDT_{GADE} : Gade'in ortaya koyduğu EDT değeri (sn)

T_{60} : Yansıma süresi (sn)

EDT parametresinin değerlendirilmesi, seçilen program tarafından hesaplanan EDT değerleri, EDT_{GADE} ve yansıma süresi değerlerinin karşılaştırılması ile elde edilmiştir. Buna göre, aşağıda verilen aralıklardaki EDT değerleri uygun kabul edilmiştir.

- T_{60} : maksimum sınır
- EDT: minimum sınır
- EDT_{GADE} : ortalama değer

Yansıma Süresi (T30)

Yansıma Süresi, bir hacim içinde ses kaynağı kapatıldıktan sonra, hacimdeki ses düzeyinin 60 dB azalması için gereken süredir. Ancak, özellikle bu tez çalışması için değerlendirmeye alınan, seslendirme olmadığı kabul edilen konuşma amaçlı hacimlerde ses düzeyinin 60 dB azalmasını beklemek, fon gürültüsü vb. etkenler nedeniyle yanıltıcı sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle, klasik olarak T_{60} olarak gösterilen Yansıma Süresi, ölçümde esas alınan ses düzeyi düşüş değerlerine uygun olarak T_{30} , T_{20} , T_{10} şeklinde adlandırılır ve hacimdeki kaynak kapatıldıktan sonra ses düzeyindeki sırasıyla 30, 20 ve 10 dB'lik düşüşler için gereken sürenin ölçümünden yola çıkarak hesaplanır. Bu çalışma kapsamında kullanılan akustik programında ve değerlendirmelerde de T_{30} kullanılmıştır.

Hacimlerin kabul edilebilir yansıma süresi değerleri hacimlerin büyüklükleri göz önüne alınarak Şekil 2.4'ten belirlenerek Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Hacimlerde kabul edilebilir yansıma süreleri

Hacim Tipi	Min. RT değeri	Ort. RT değeri	Max. RT değeri	Büyüklik (m ³)
Kare Plan	0,84 sn	0,94 sn	1,06 sn	3428
Yelpaze Plan	0,84 sn	0,94 sn	1,07 sn	3549
Dikdörtgen Plan	0,83 sn	0,93 sn	1,08 sn	3463

Parametre sonuçları, çeşitli grafikler ve krokiler yardımı ile değerlendirilmiş ve üç tip hacim için karşılaştırma metodu ile incelenmiştir.

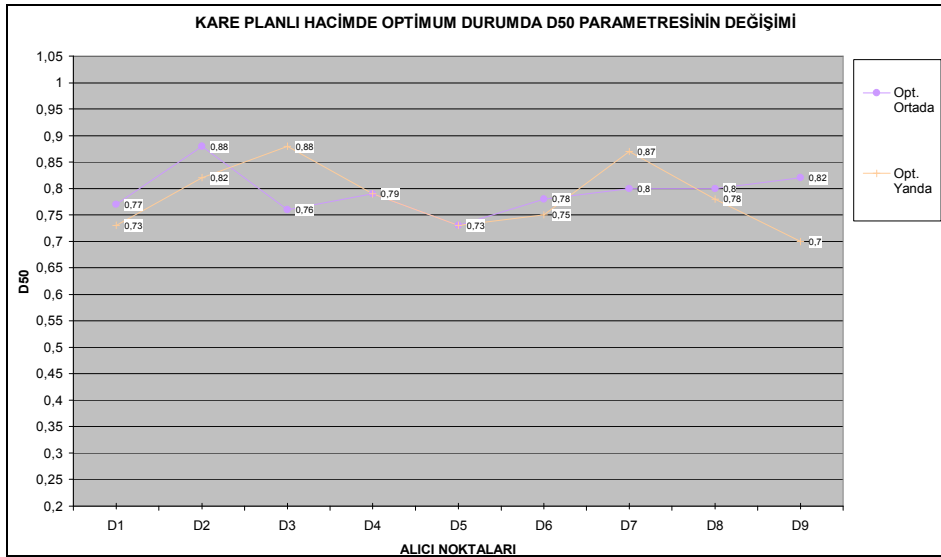
4.1 Kare Planlı Hacimde Kaynak Konumunun Değişiminin Hacim Akustiği Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi

Kare planlı hacimde, kaynak konumunun değişimi ile değişen hacim akustiği parametrelerinin değişik yüzey yutuculukları ile karşılaştırmalı değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.1.1 Kare Planlı Hacim - D50 Parametresi

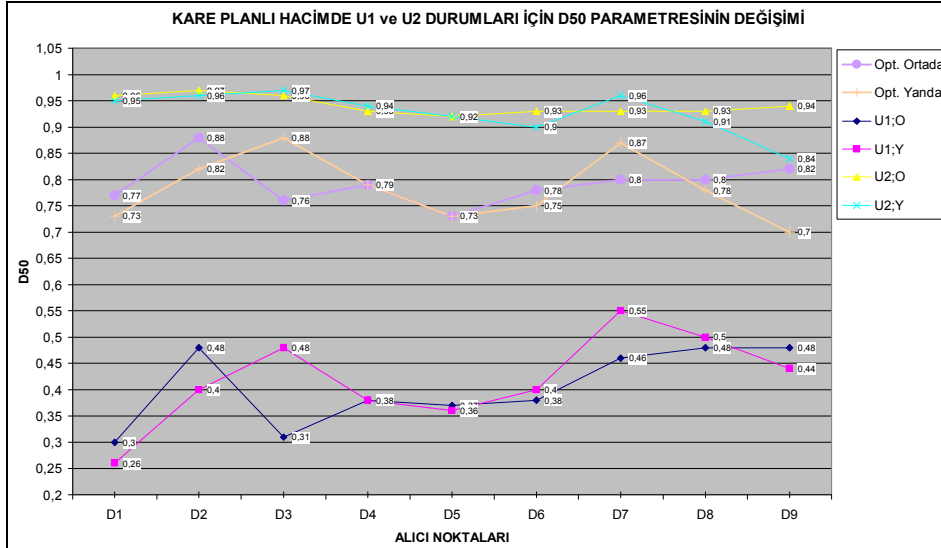
Bu bölümde, kare planlı hacimde Odeon programı yardımı ile yapılan hesaplar sonucunda değişen D50 değerleri değerlendirilmiştir.

Optimum durumda (Bkz. Çizelge 3.4) hesaplanan D50 parametresi değerleri Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1 Kare planlı hacimde optimum durumda D50 değişim grafiği

Kare planlı hacimde optimum durumda D50 değeri yüksek değerlerdedir. Kaynak konumunun değişmesi dinleyici noktalarındaki D50 değerlerinde de değişime neden olmuştur. D50 parametresinin U1 ve U2 durumları için kaynak konumu değişimi ile hesaplanan değerleri Şekil 4.2'de görülmektedir.

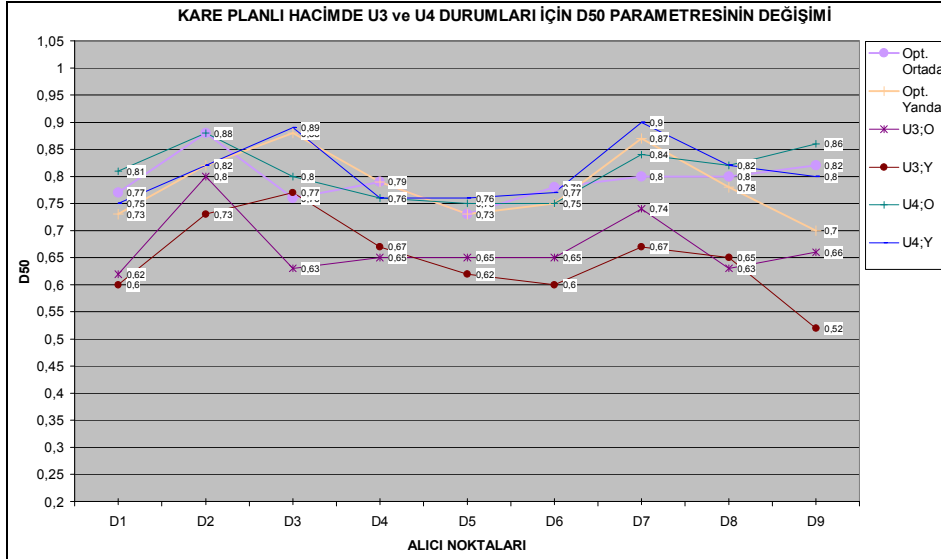


Şekil 4.2 Kare planlı hacimde U1 ve U2 durumlarında D50 değişim grafiği

Tüm yüzeylerin yansıtıcı olduğu U1 durumu ile tüm yüzeylerin yutucu olduğu U2 durumu karşılaştırıldığında U2 durumunda D50 değerlerinin düşük, U1 durumunda ise yüksek olduğu görülmektedir. U1 durumunda kaynağın yanda olması 3 ve 7 numaralı noktalardaki D50 değerlerinde artışa yol açarken, 2 numaralı noktada düşüşün olduğu görülmektedir. Diğer dinleyici noktalarında önemli bir ayırım oluşmamaktadır. U2 durumunda kaynak konumunun değişmesi 9 numaralı dinleyici noktasında belirgin bir değişim gösterirken, diğer noktalarda önemli bir ayırım olmamıştır.

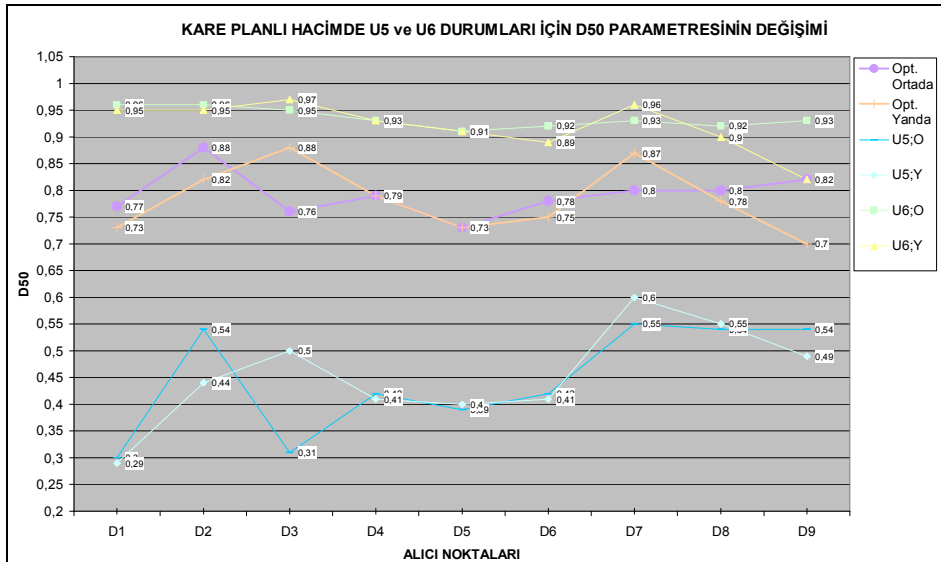
Kare planlı hacimde U3 ve U4 durumları için değişen D50 parametresi değerleri Şekil 4.3'te görülmektedir. Grafikte U4 durumunda D50 değerleri U3 durumuna göre yüksektir. U4 durumunda değerler 75'in üzerindeyken, U3 durumunda ancak max. 75 değerlerine ulaşabilmiş, özellikle kaynağın yanda olması durumunda 55'e kadar düşmüştür. Her iki durum için de kaynak konumunun değişmesi ile 3, 7 ve 9 numaralı noktalarda değişim yüksek olmuştur. 3 numaralı noktada her iki yüzey yutuculuğunda değişim olumlu, 7 numaralı noktada değişim U3 durumunda olumsuz, U4 durumunda olumlu ve 9 numaralı noktada her iki durum için değişim olumsuz yönde saptanmıştır.

Tavan yansıtıcı diğer yüzeyler yutucu olması durumunda, tavan yutucu diğer yüzeyler yansıtıcı olması durumuna göre D50 değerleri daha yüksektir.



Şekil 4.3 Kare planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında D50 değişim grafiği

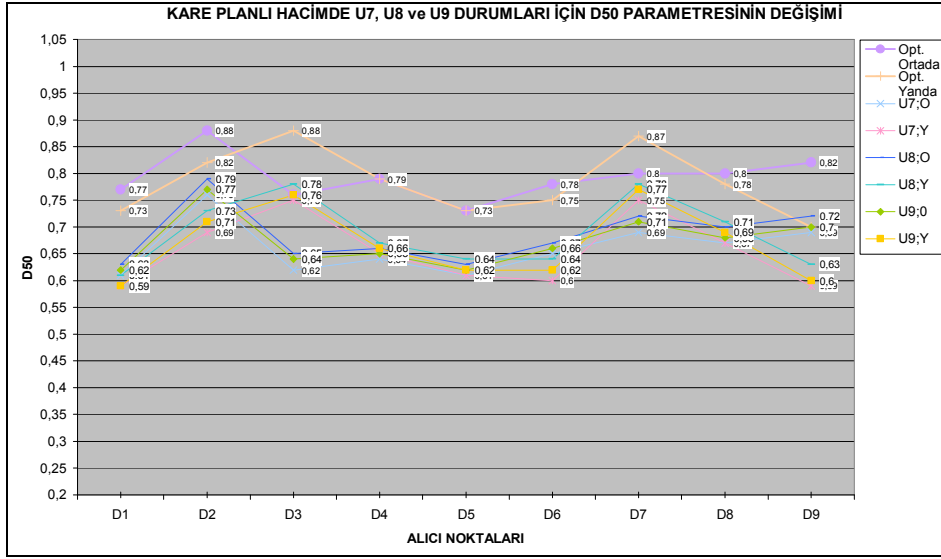
Sahnenin yutucu olduğu U5 durumunda D50'nin, sahnenin yansıtıcı, yüzeylerin yutucu olduğu U6 durumuna göre düşük olduğu Şekil 4.4'te görülmektedir. U6 durumu U2'ye yakın değerleri göstermektedir. U6'da değerler max. düzeye ulaşmıştır, en büyük değişim 9 numaralı dinleyicide kaynağın yer değiştirmesi sonucu oluşmuştur. U5'te ise orta ve min. düzeydedir. Kaynağın yer değiştirmesi dinleyici noktalarında fark edilir değişimlere neden olmuştur.



Şekil 4.4 Kare planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında D50 değişim grafiği

Orta yutuculuktaki yüzeylerin (U7, U8 ve U9) oluşturduğu kare planlı hacimde, D50 değerlerinin de orta seviyelerde olduğu görülmektedir. Orta yutuculuktaki yüzeylerde sahnenin yansıtıcı veya yutucu olması D50 değerlerinde fark edilir değişim oluşturmamış, en





büyük ayırım kaynak konumunun değişmesi ile 3 ve 9 numaralı dinleyici noktalarında ortaya çıkmıştır (Şekil 4.5).



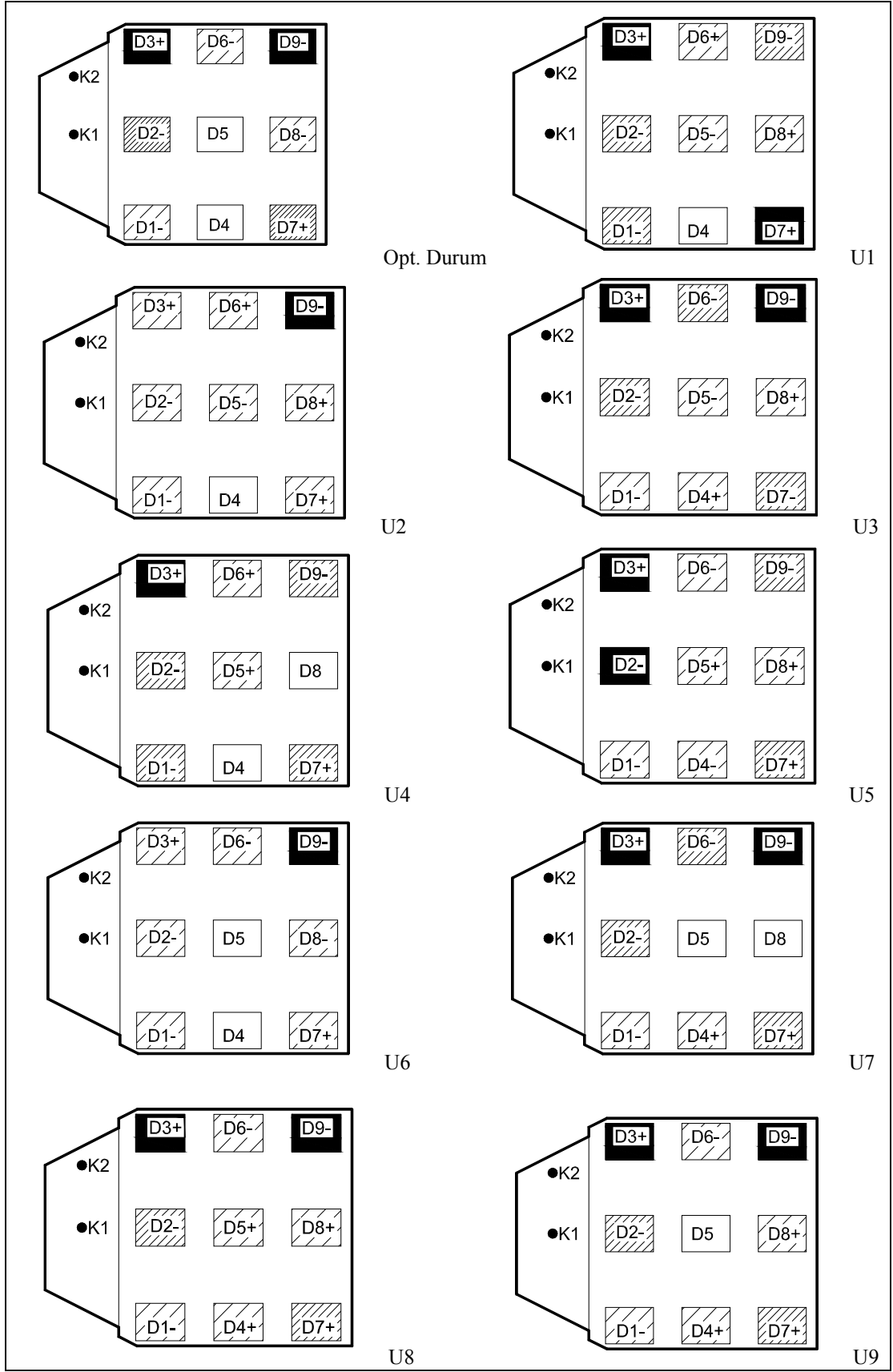
Şekil 4.5 Kare planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında D50 değişim grafiği

D50 Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen kare planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında D50 parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.6’da yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen D50 değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+), (-) simgeleri ile belirtilmiştir. Simge olmayan noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak ortadan yana geldiğinde D3 noktasında olumlu yönde değişim olduğu (D3+) ile gösterilmiştir.

Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir.

Kare planlı hacimde kaynak konumunun değişmesi ile dinleyici noktalarındaki D50 parametresi değer ayrımları tüm koşullarda en çok 3 ve 9 numaralı dinleyicilerde gerçekleşmiştir. Yüzeylerin yutucu ya da yansıtıcı olması 4, 5 ve 6 numaralı dinleyicilerde büyük değişimler oluşturmazken, D2 en büyük ayırımı sahne yutucu iken, D7 ise tüm yüzeyler yansıtıcı iken almıştır (Bkz. Şekil 4.6).

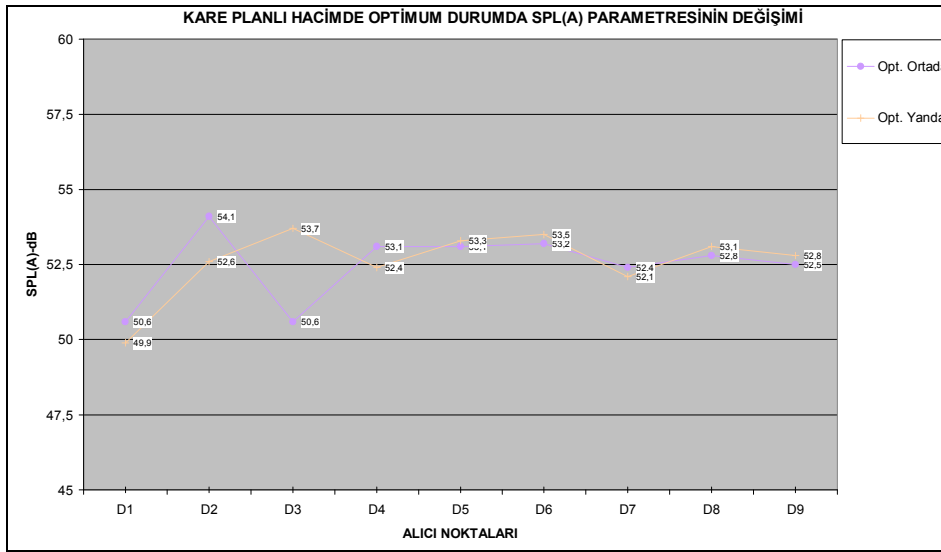


Şekil 4.6 Kare planlı hacimde D50 parametresi için “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

4.1.2 Kare Planlı Hacim - SPL(A) Parametresi

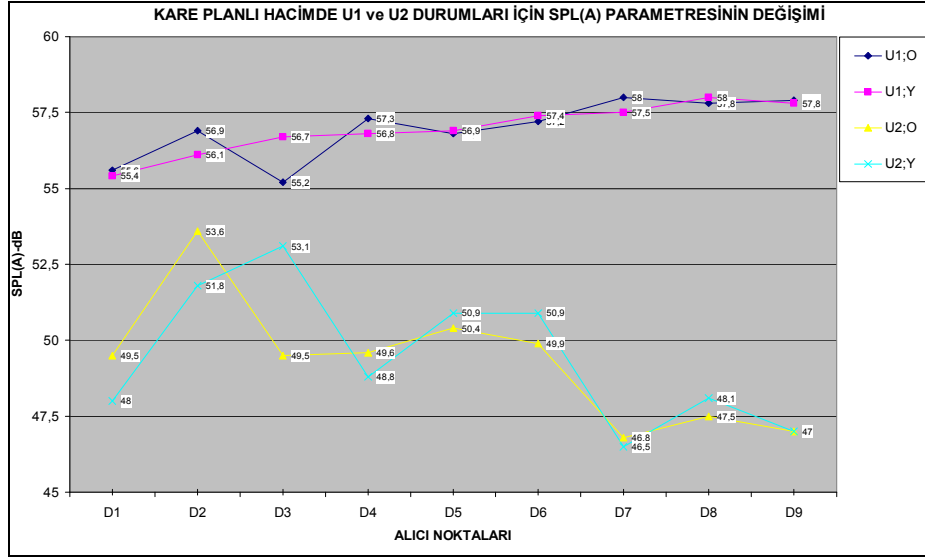
Kare planlı hacimde kaynak konumunun ve yüzey yutuculuklarının değişmesi dinleyici noktalarında diğer hacim akustiği parametreleri gibi SPL(A) değerlerini de değiştirmektedir. Bu bölümde değişik durumlarda incelenen SPL(A) parametresi değerlendirilecektir.

Kare planlı hacimde optimum durumda değişen SPL(A) değerleri Şekil 4.7’de görülmektedir. Optimum durumda ses basınç düzeyinin kaynak konumu değişiminden fark edilir düzeyde etkilenmediği görülmektedir. En yüksek değişimleri D2 ve D3 noktalarında, D2’de olumsuz iken D3’te olumlu yönde göstermiştir.



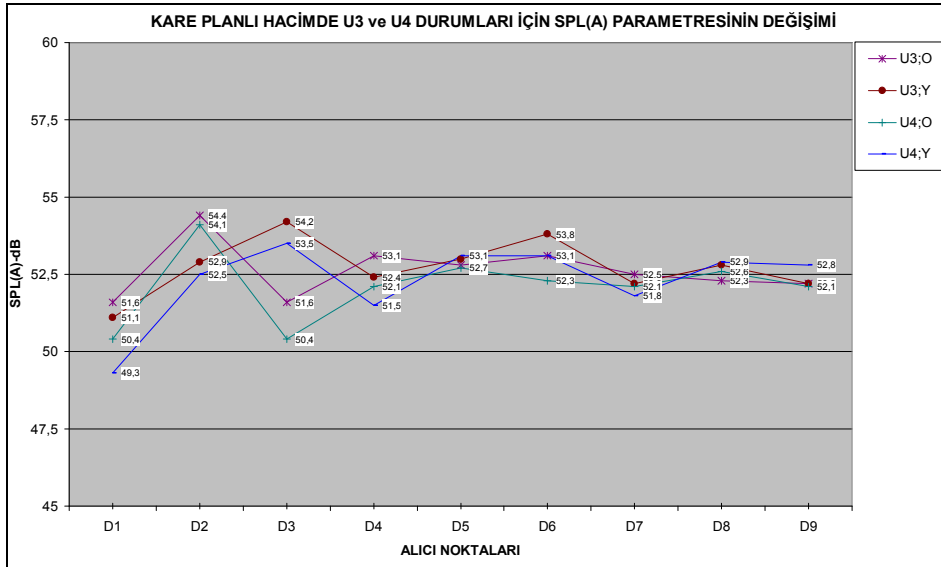
Şekil 3.7 Kare planlı hacimde optimum. durumda SPL(A) değişim grafiği

Kare planlı hacimde U1 ve U2 durumları için değişen SPL(A) değerleri Şekil 4.8’de görülmektedir. U1 durumunda ses basınç düzeyi 55dBA’nın üzerinde iken U2 durumunda dinleyici noktalarına göre değişiklik göstermekle birlikte 55dBA’nın altında kalmıştır. En yüksek değişimler D2 ve D3 noktalarında, D2’de olumsuz iken D3’te olumlu olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.8 Kare planlı hacimde U1 ve U2 durumlarında SPL(A) değişim grafiği

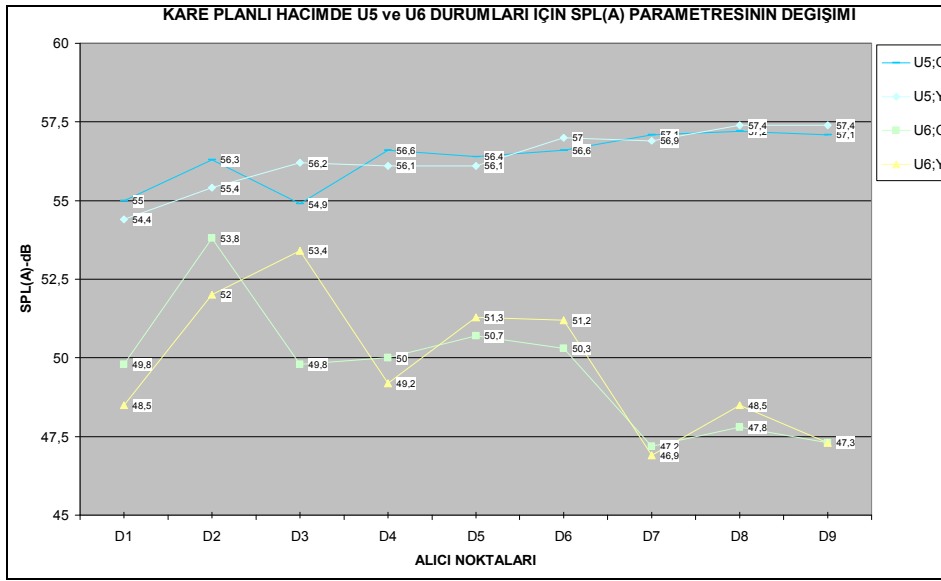
U3 ve U4 durumları için ses basınç düzeyi 50 ile 55dBA arasında birbirlerine yakın eğrilerden oluşan bir grafik görülmektedir (Şekil 4.9). Tavan veya yüzey yutuculuklarının değişmesi dinleyici noktalarında büyük ayırım oluşturmamıştır. En yüksek değişimler D2’de olumsuz ve D3’te olumlu olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.9 Kare planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında SPL(A) değişim grafiği

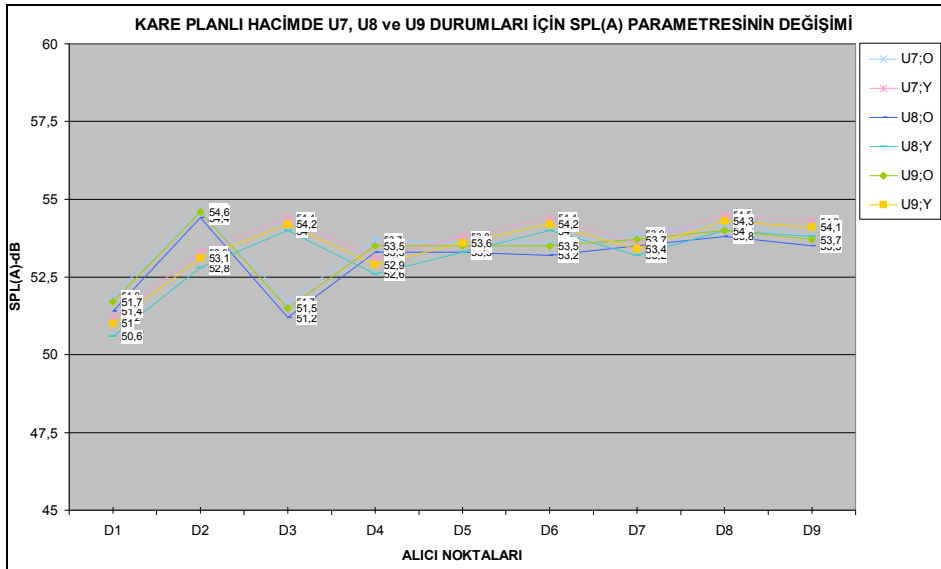
Kare planlı hacimde U5 ve U6 durumları için değişen SPL(A) değerleri Şekil 4.10’da görülmektedir. Kare planlı hacimde yüzeylerin yansıtıcı olduğu U5 durumunda ses basınç düzeyi en yüksek değerlere ulaşmıştır. U6’nın ses basınç düzeyi eğrisi U2’ye benzer şekilde kaynağa yakın noktalarda yüksek, kaynaktan uzaklaştıkça azalan bir eğri oluşturmuştur. U5’te ses basınç düzeyi 55-57dBA dolaylarında iken, U6’da 55dBA’nın altında kalmıştır. Her iki

durum için en yüksek değişimler D2 noktasında olumsuz, D3'te olumlu yönde belirlenmiştir.



Şekil 4.10 Kare planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında SPL(A) değişim grafiği





U7, U8 ve U9 durumları için değişen SPL(A) değerleri Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Değerlerin 50-55dBA arasında değişen ve birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. En yüksek değişimler D2 ve D3 noktalarında belirlenmiştir.



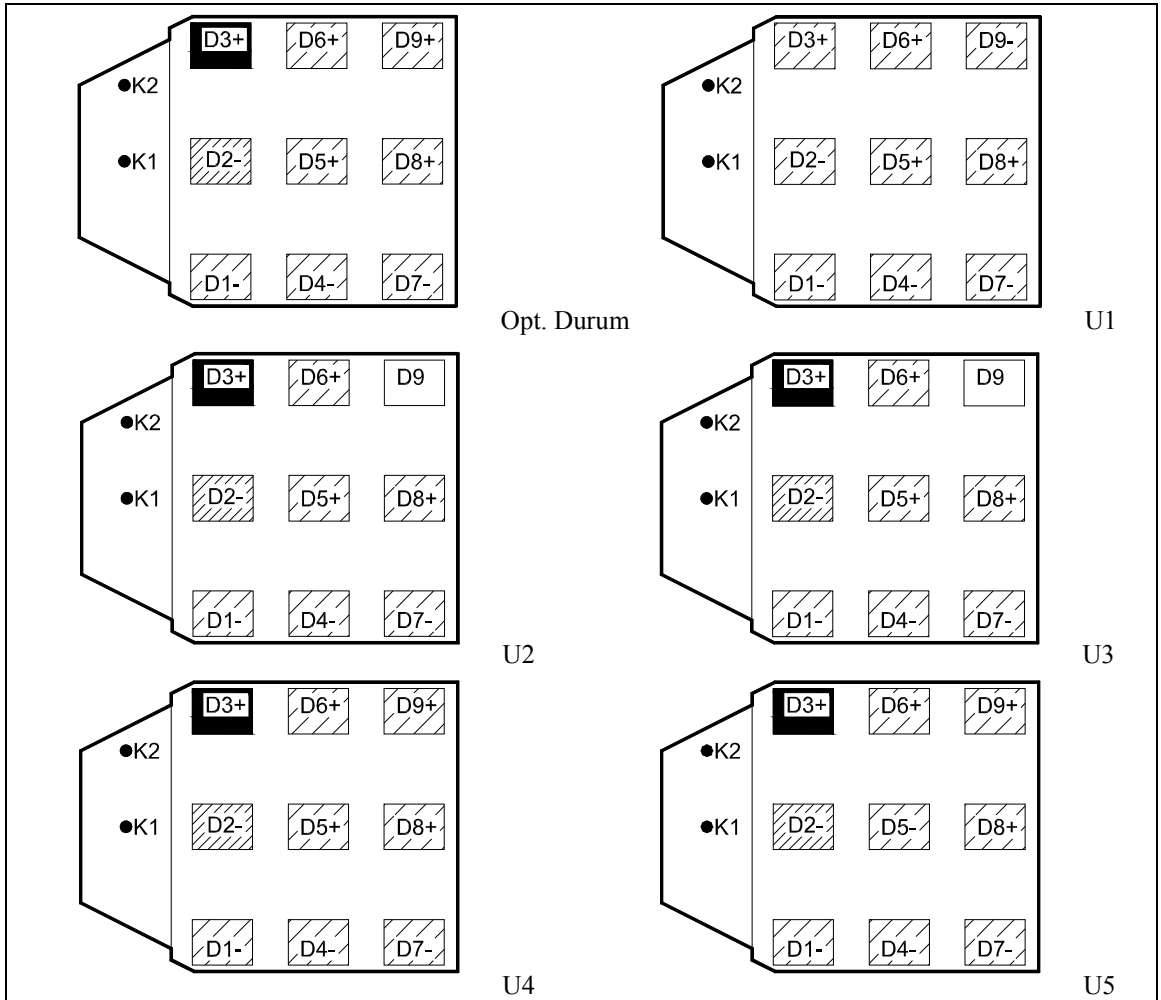
Şekil 4.11 Kare planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında SPL(A) değişim grafiği

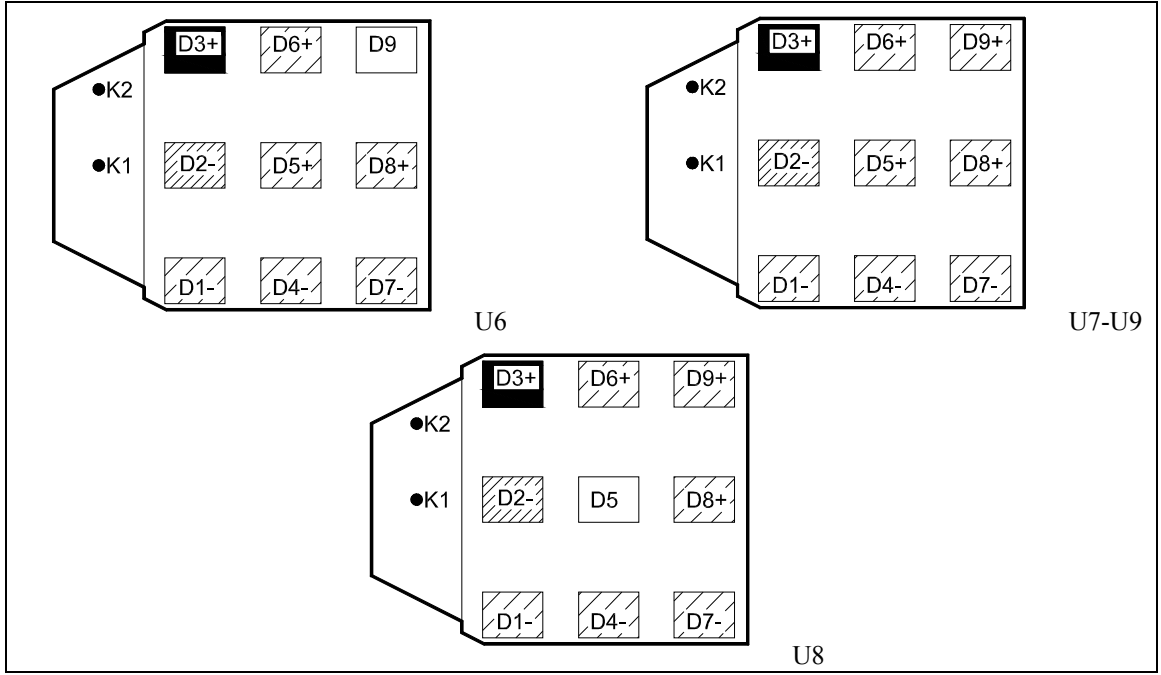
SPL(A) Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen kare planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında SPL(A) parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.12'de yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen

SPL(A) değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+), (-) simgeleri ile belirtilmiştir. Simge olmayan noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak ortadan yana geldiğinde D3 noktasında olumlu yönde değişim olduğu (D3+) ile gösterilmiştir. Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir.

Kare planlı hacimde kaynak konumunun değişmesi ile dinleyici noktalarındaki ses basınç düzeyi ayrımı en fazla 3 numaralı dinleyicide gerçekleşmiştir. Yüzeylerin yutucu ya da yansıtıcı olması diğer tüm dinleyici noktalarında farkedilir değişimler oluşturmazken, yalnızca 2 numaralı dinleyicide optimum durumda orta düzeyde fark saptanmıştır (Bkz. Şekil 4.12).

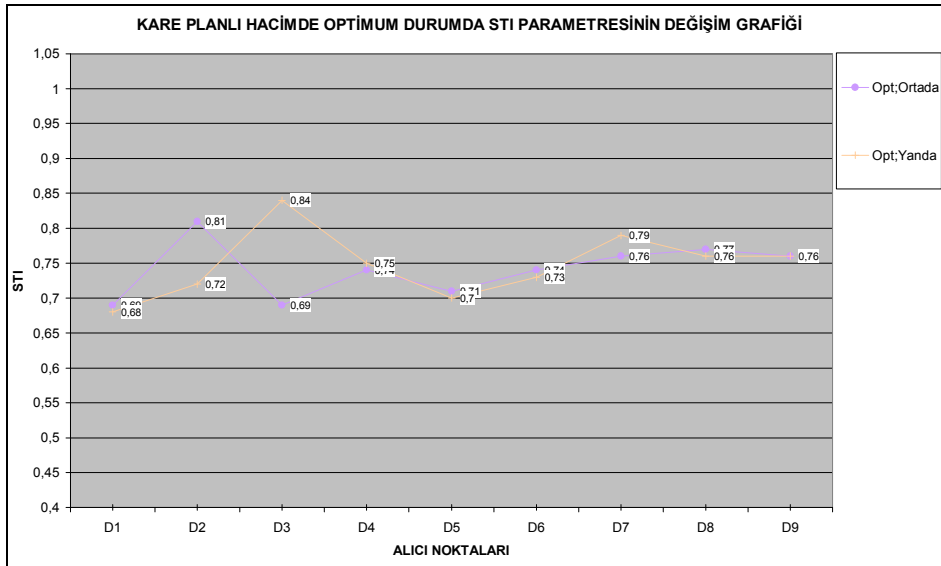




Şekil 4.12 Kare planlı hacimde SPL(A) parametresi için "Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi"

4.1.3 Kare Planlı Hacim - STI Parametresi

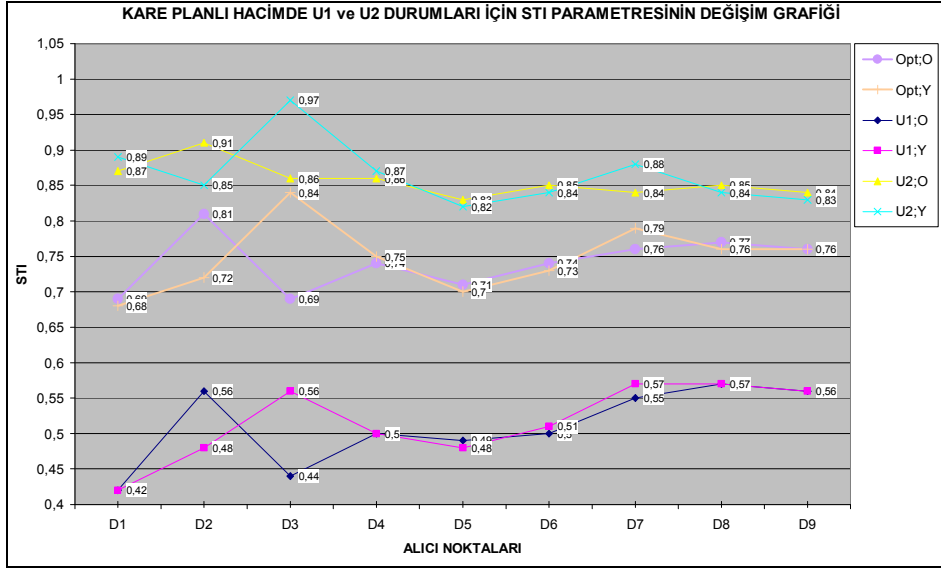
Kare planlı hacimde yüzey yutuculuklarının ve kaynak konumunun değişmesi dinleyici noktalarında diğer hacim akustiği parametreleri gibi STI değerlerini de etkilemiştir. Bu bölümde belirlenen durumlarda incelenen STI parametresi değerlendirilmiştir.



Şekil 4.13 Kare planlı hacimde optimum durumda STI değişim grafiği

Şekil 4.13'te optimum durum için gösterilen STI değerlerinin "iyi" düzeyde olduğu ve kaynağa yakın noktalarda max. değerler aldığı görülmektedir.

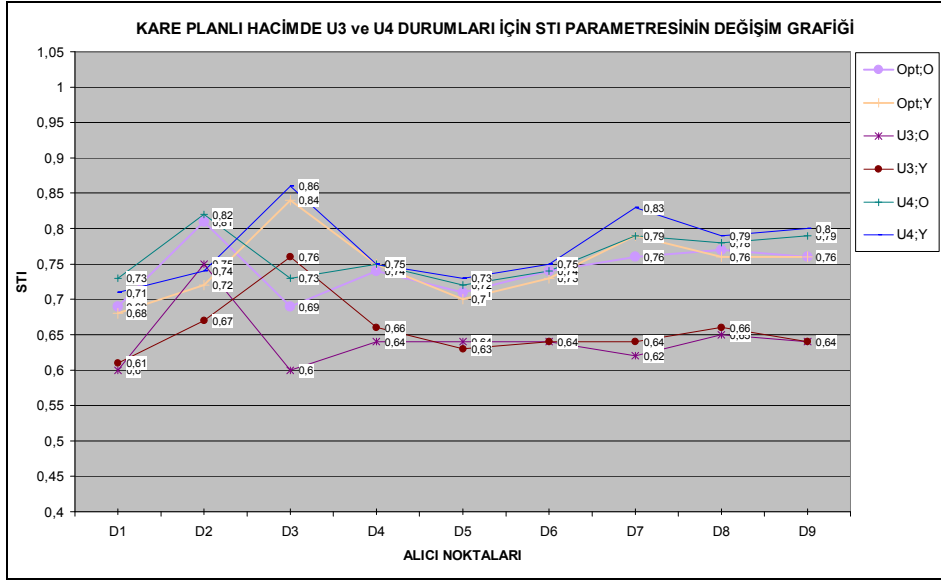
Kare planlı hacimde U1 ve U2 durumları için değişen STI değerleri Şekil 4.14'te görülmektedir. U2 durumunda STI değerleri “iyi” düzeydedir ve diğer durumlara göre max. değerler almıştır. Max. değere kaynağın yanda olması durumunda 3 numaralı dinleyici noktasında ulaştığı görülmektedir. STI değerleri U1 durumu için bazı noktalarda “kötü” ile değerlendirilirken, birçok dinleyici noktasında “orta” düzeydedir.



Şekil 4.14 Kare planlı hacimde U1 ve U2 durumlarında STI değişim grafiği

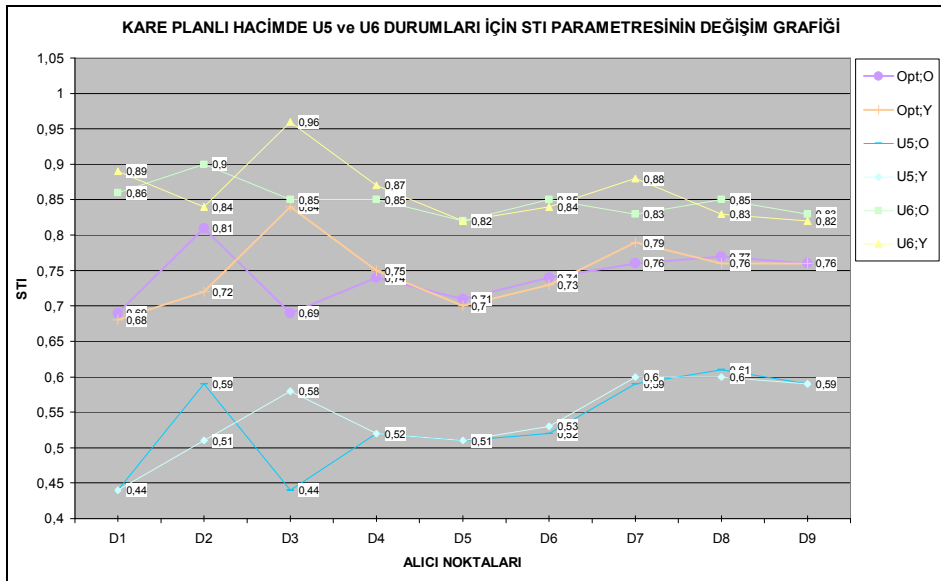
Kare planlı hacimde U3 ve U4 durumları için STI parametresinin değerleri Şekil 4.15'te gösterilmiştir.

Tavanın yansıtıcı olma durumu (U4 durumu), tavanın yutucu-yüzeylerin yansıtıcı olduğu (U3 durumu) durumuna göre yüksek STI değerlerine ulaşabilmiştir. U4'te STI “iyi” olarak değerlendirilirken, U3'te kaynağa en yakın dinleyici noktaları, kaynak ortada iken 2 numaralı ve kaynak yanda iken 3 numaralı dinleyiciler dışında tüm noktalarda “orta” olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.15 Kare planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında STI değişim grafiği

Kare planlı hacimde U5 ve U6 durumları için STI parametresinin değerleri Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

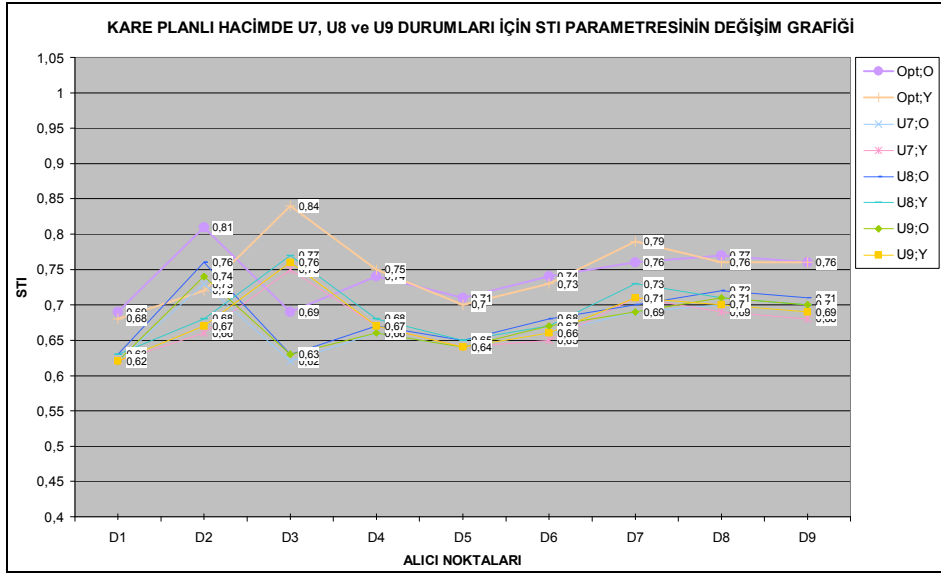


Şekil 4.16 Kare planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında STI değişim grafiği

U5'te STI, U2 ile benzer şekilde maksimumdur ve tüm dinleyici noktalarında "iyi" olarak değerlendirilmiştir. U6'da ise U1 ile benzer şekilde min. değerler almıştır.

Sahnenin yutucu veya yansıtıcı olması, tavanın yansıtıcı ya da yutucu olmasına göre daha yüksek STI ayrımı oluşturmuştur. Bu iki durum karşılaştırıldığında sahnenin yansıtıcı, diğer yüzeyler yutucu olma durumu en iyi sonucu verirken, tavan yutucu diğer yüzeyler yansıtıcı olma durumu ise en kötü sonuçları vermiştir.

SPL(A) ve D50 parametrelerinde olduğu gibi STI parametresinde de orta yutuculuktaki yüzeylerin oluşturduğu planlarda değerler sonuçlar orta düzeydedir (Şekil 4.17). STI değerleri kaynağa yakın 2 ve 3 numaralı dinleyici noktalarında “iyi” iken diğer noktalarda “orta” olarak değerlendirilebilir.







Şekil 4.17 Kare planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında STI değişim grafiği

Kare planlı hacimde incelenen D50, SPL(A) ve STI parametrelerinde en fazla değişim genelde D2 ve D3 noktalarında görülmüştür.

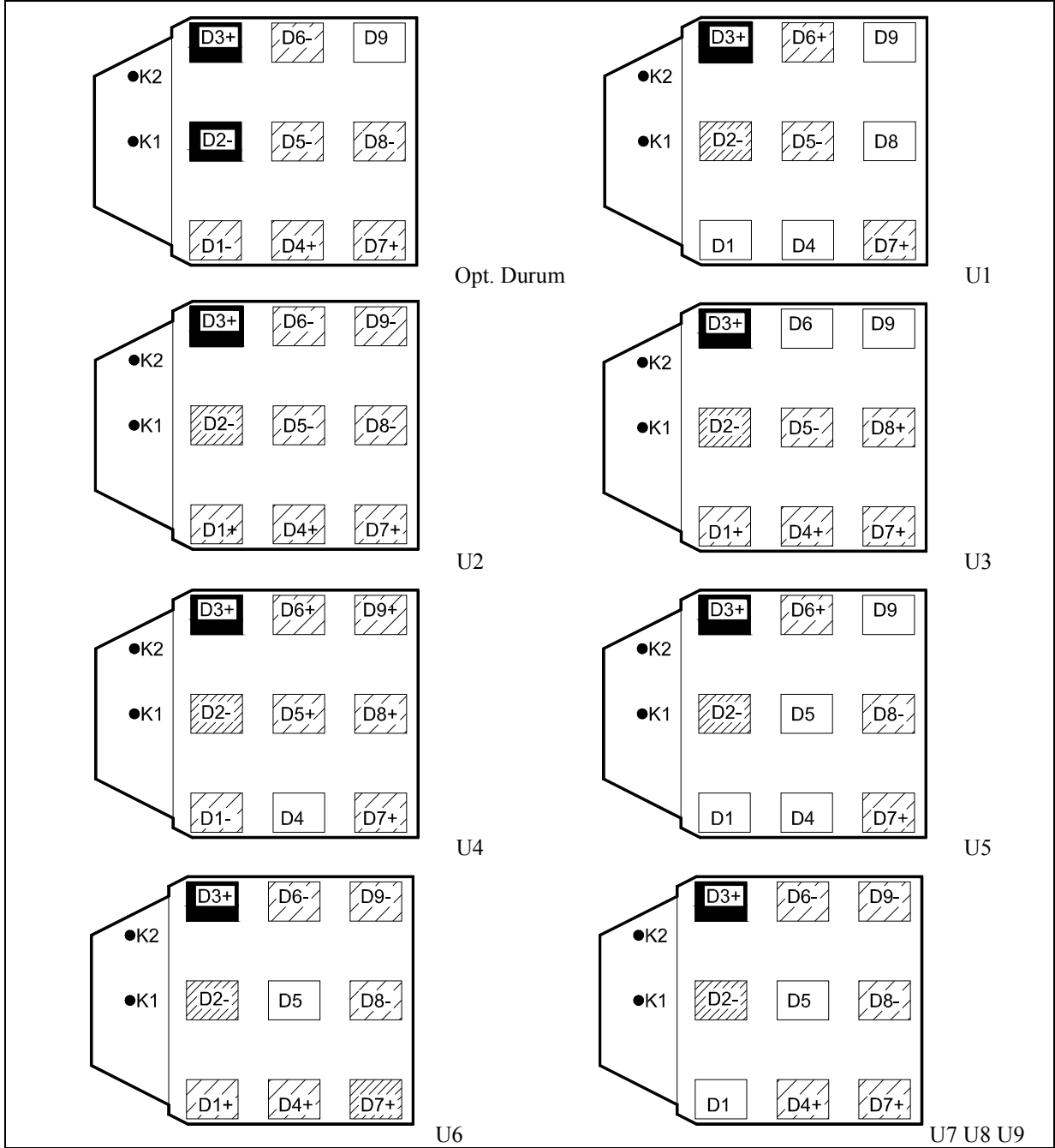
STI Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”:

Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen kare planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında STI parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.18’de yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen STI değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+), (-) simgeleri ile belirtilmiştir. Simge olmayan noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak ortadan yana geldiğinde D3 noktasında olumlu yönde değişim olduğu (D3+) ile gösterilmiştir.

Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir.

STI parametresi için Şekil 4.18’deki krokiler incelendiğinde kaynak konumunun değişmesi ile oluşan en büyük ayrımların 2 ve 3 numaralı dinleyicilerde olduğu göze çarpmaktadır. U7 durumunda 7 numaralı dinleyicide de orta düzeyde ayırım saptanmıştır. Yüzey özelliklerinin değişimi, özellikle yutuculuğun fazla olduğu U2 ve U6 durumlarında, STI değerleri büyük

fark gösterirken, kaynak konumunun değişmesi sadece 2 ve 3 numaralı dinleyicileri etkilemiştir. Orta yutuculuktaki yüzeylerden oluşan hacimlerde değerler de orta düzeydedir.



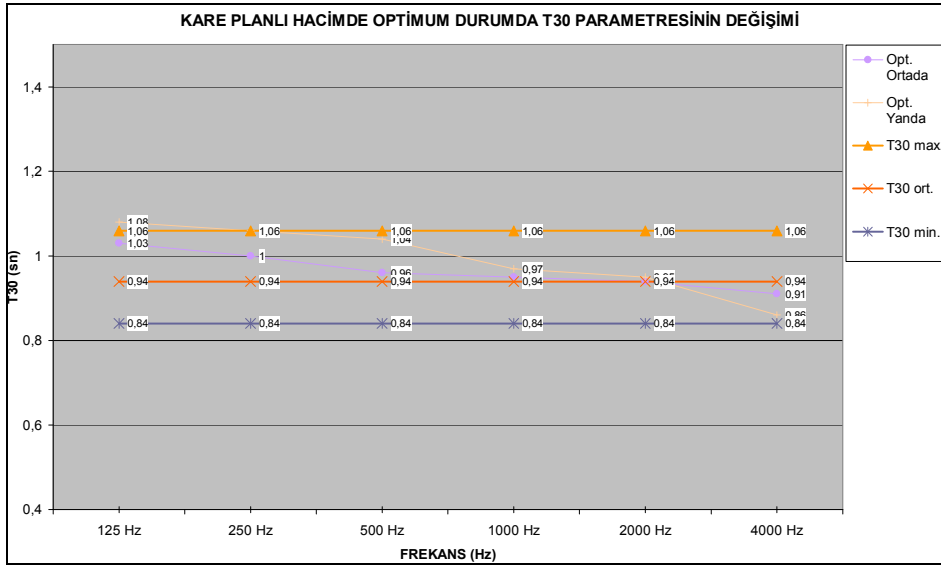
Şekil 4.18 Kare planlı hacimde STI parametresi için "Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu- Dağılım İlişkisi"

4.1.4 Kare Planlı Hacim – EDT ve T30 Parametresi

Çalışmanın bu bölümünde, kare planlı hacimde EDT parametresinin, yüzey yutuculuklarına ve kaynak konumuna bağlı değişimi T_{30} ve EDT_{GADE} ile ilişkili olarak değerlendirilmiştir (Bkz. Bölüm 4). Kare planlı hacmin optimum durumda ve değişik yüzey yutuculuklarında,

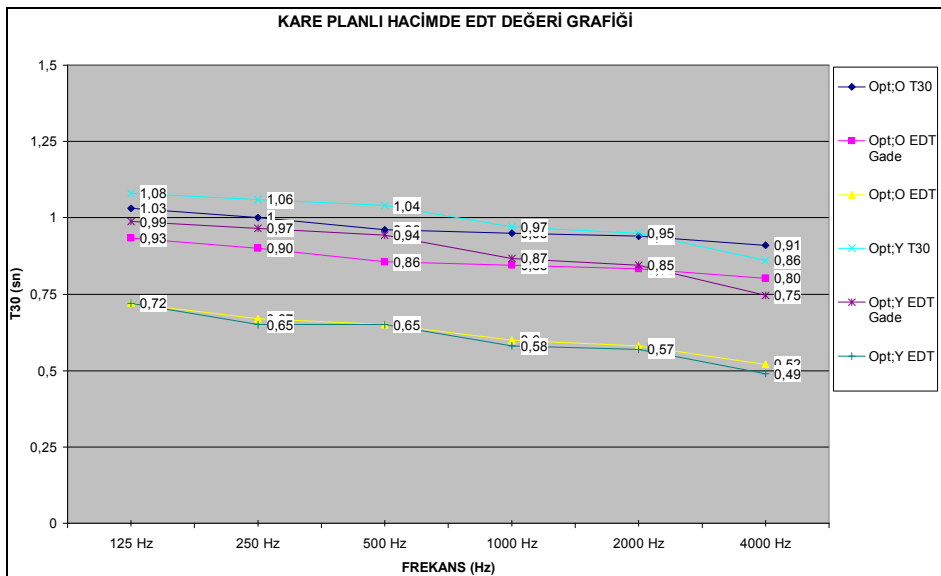
EDT ve T_{30} parametrelerinin frekanslara göre değişimi grafikler yardımı ile incelenmiştir.

Optimum durumda kare planlı hacmin yansıma süresi değerleri her iki kaynak konumları için optimum değerler arasında kalabilmiştir (Bkz. Şekil 4.19). T_{30} değerleri, yüksek frekanslarda alçak frekanslara göre biraz daha düşük değerler almıştır. Kaynağın yanda olması durumunda 125, 250 ve 500 Hz’lerde değer artışı görülürken, 4000Hz’de süre kısalmış ve frekanslar arasındaki değişim artmıştır.



Şekil 4.19 Kare planlı hacimde optimum durum için T_{30} değişim grafiği

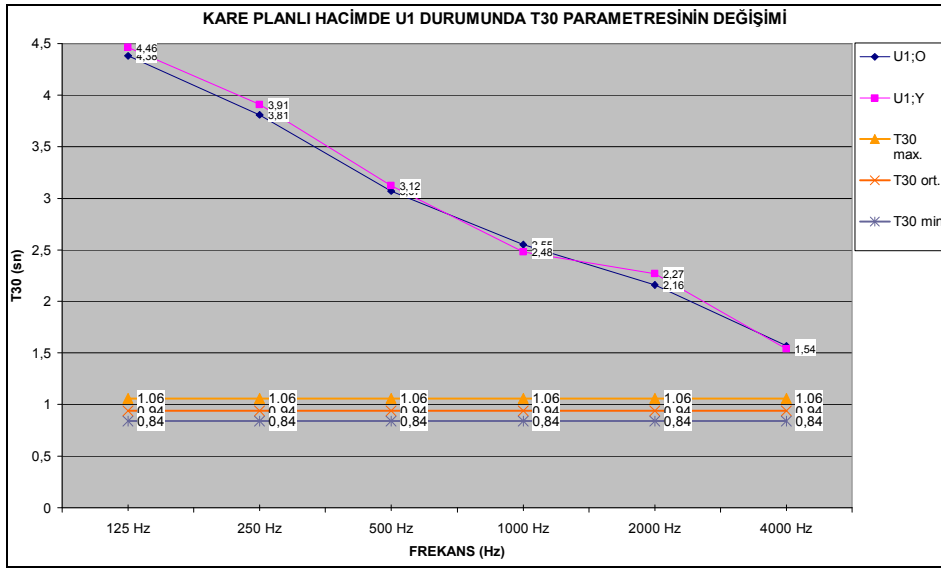
Optimum durumda, EDT değeri değişim grafiği Şekil 4.20’de verilmiştir. Her iki kaynak konumu için EDT_{GADE} değerleri olması gereken değer aralıklarında (T_{30} ve EDT değerleri) kalabilmiştir.



Şekil 4.20 Kare planlı hacimde optimum durum için EDT değişim grafiği

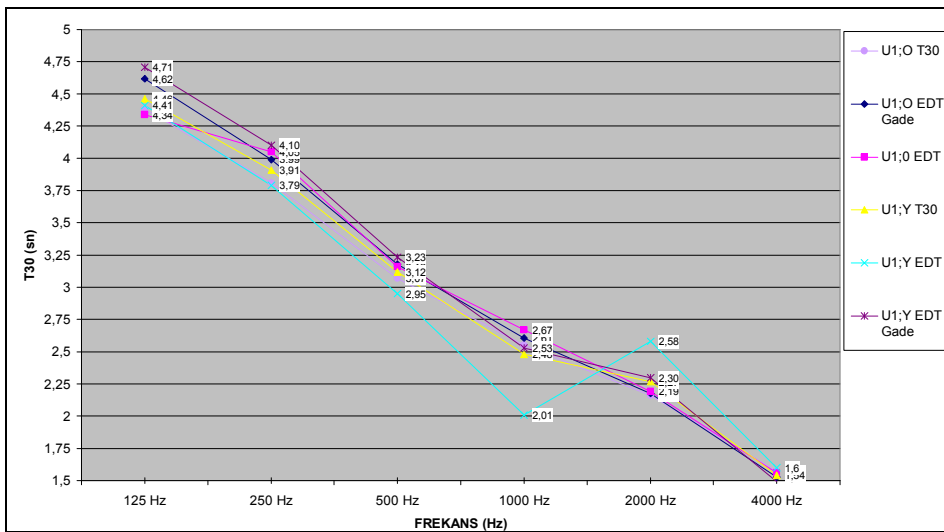
Kare planlı hacimde U1 durumu için kaynak konumunun değişmesi ile hesaplanan T_{30} parametresinin değerleri Şekil 4.21’de, EDT parametresinin değerleri ise Şekil 4.22’de gösterilmiştir. Her iki kaynak konumu için hem yansıma süresi hem de erken düşme süresi değerleri hacimde düzgün bir eğri oluşturamamıştır.

Yansıma süresi değerleri optimum değerlerden çok yüksek ve frekanslara göre oldukça fazla değişim gösteren bir eğri oluşturmaktadır (Bkz. Şekil 4.21). Kaynağın yer değiştirmesi yansıma süresi değerlerini değiştirmemiştir. Düşük frekanslarda değerler çok yüksek iken yüksek frekanslara doğru düşmüştür.



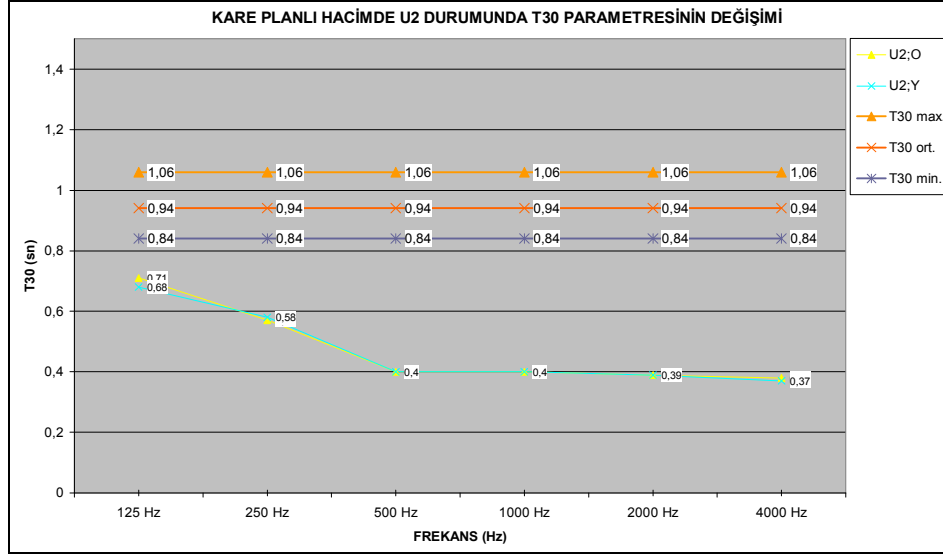
Şekil 4.21 Kare planlı hacimde U1 durumu için T30 değişim grafiği

Kare planlı hacimde U1 durumu için EDT değerleri kaynağın ortada ya da yanda olması durumunda optimum değer aralıklarına girememiştir.



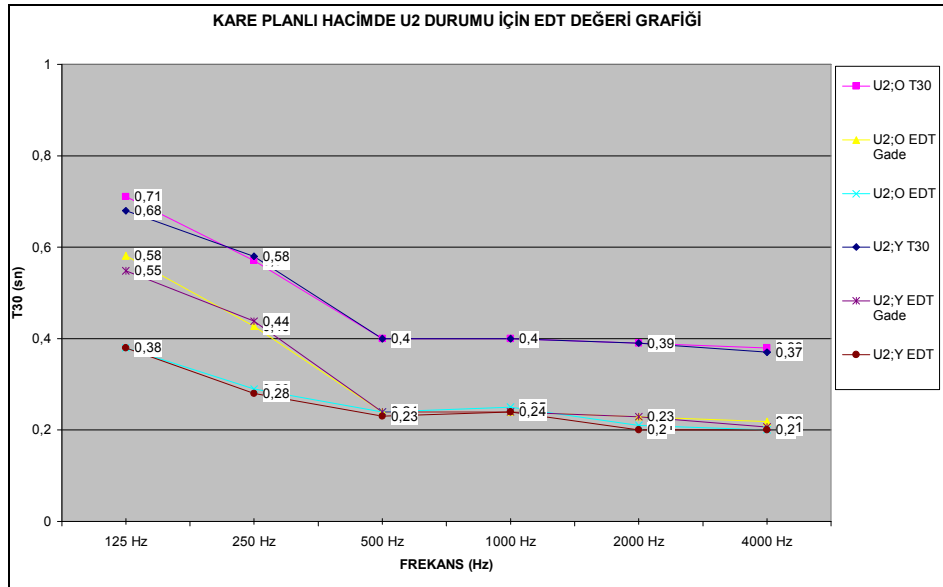
Şekil 4.22 Kare planlı hacimde U1 durumu için EDT değişim grafiği

Kare planlı hacimde U2 durumu için kaynak konumunun değişmesinin T_{30} değerlerini değiştirmedeği görülmektedir (Bkz. Şekil 4.23). Yansıma süresi optimum değerlerden oldukça düşük, orta ve yüksek frekanslarda birbirine oldukça yakın değerler almış ancak düşük frekanslarda daha yüksek değerlerdedir.



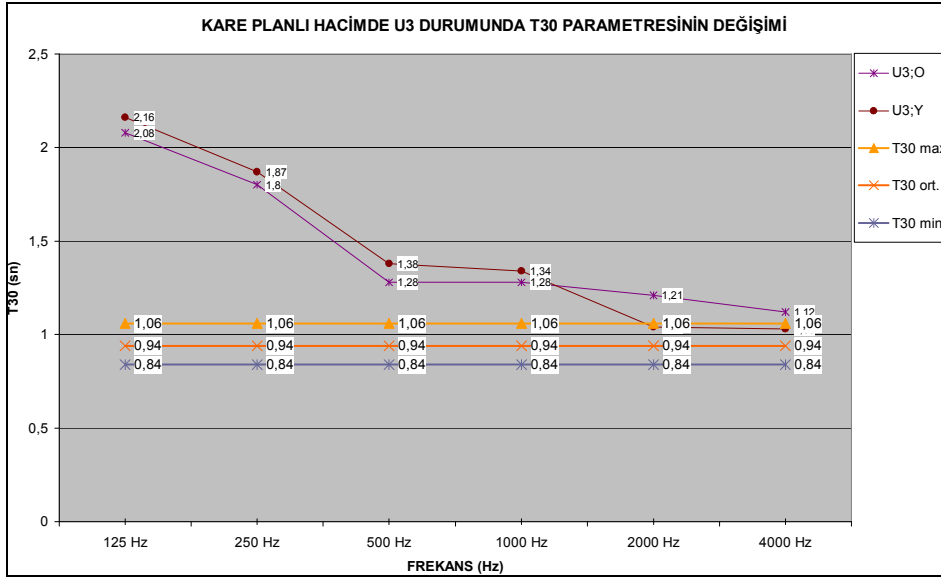
Şekil 4.23 Kare planlı hacimde U2 durumu için T_{30} değişim grafiği

U2 durumu için EDT değerleri düşük frekanslarda yüksek değerlerde ve optimum aralıkta iken, orta frekanslarda sınır değerlerde ve yüksek frekanslarda en düşük değerler ile optimum aralıklarda kalmıştır. Kaynağın yanda olması durumu EDT değerlerinde değişim oluşturmamıştır (Bkz. Şekil 4.24).



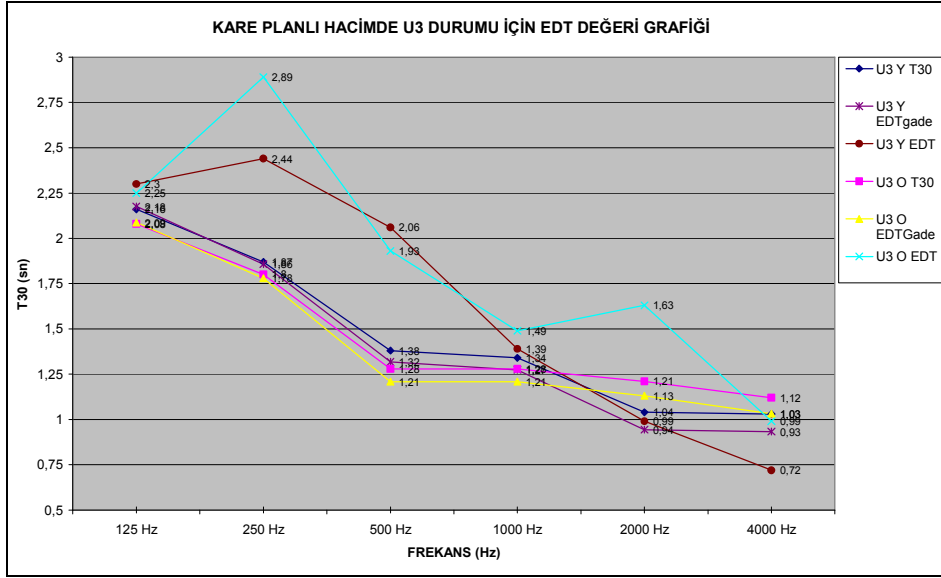
Şekil 4.24 Kare planlı hacimde U2 durumu EDT değişim grafiği

Kare planlı hacimde U3 durumunda, yansışım süresi frekanslara göre değişim gösterirken, düşük frekanslarda oldukça yüksek, orta ve yüksek frekanslarda ise daha düşük değerler almıştır (Bkz. Şekil 4.25). Kaynak konumunun değişmesi yansışım süresi değerlerinde yüksek ayrımlar oluşturmamış ancak kaynağın yanda olması durumunda yüksek frekanslarda değerler optimum aralığa girebilmiştir. Her iki durumda da yansışım süresi optimum değerler dışında kalmıştır.



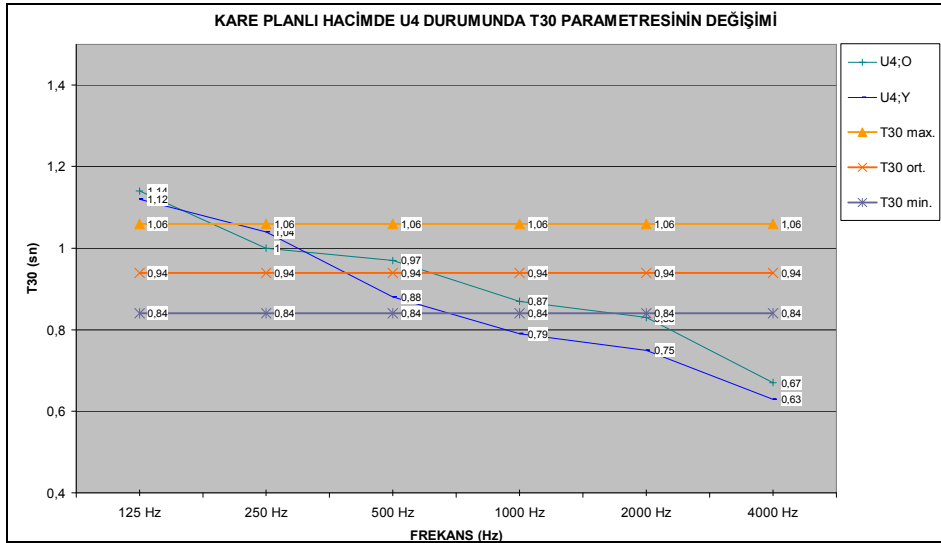
Şekil 4.25 Kare planlı hacimde U3 durumu için T30 değişim grafiği

Şekil 4.26'da U3 durumunda EDT değerleri değişimi gösterilmiştir. Kaynağın yanda olması durumunda en yüksek ayırım 250Hz'de saptanmıştır. Kaynağın her iki konumu için EDT_{GADE} , optimum aralığın dışında ve T30 değerlerine yakın değerler almıştır. EDT_{GADE} parametresi kaynak ortada iken 4000 Hz'de ve kaynak yanda iken 2000 Hz'de optimum aralığa girebilmiştir.



Şekil 4.26 Kare planlı hacimde U3 durumu EDT değışim grafiği

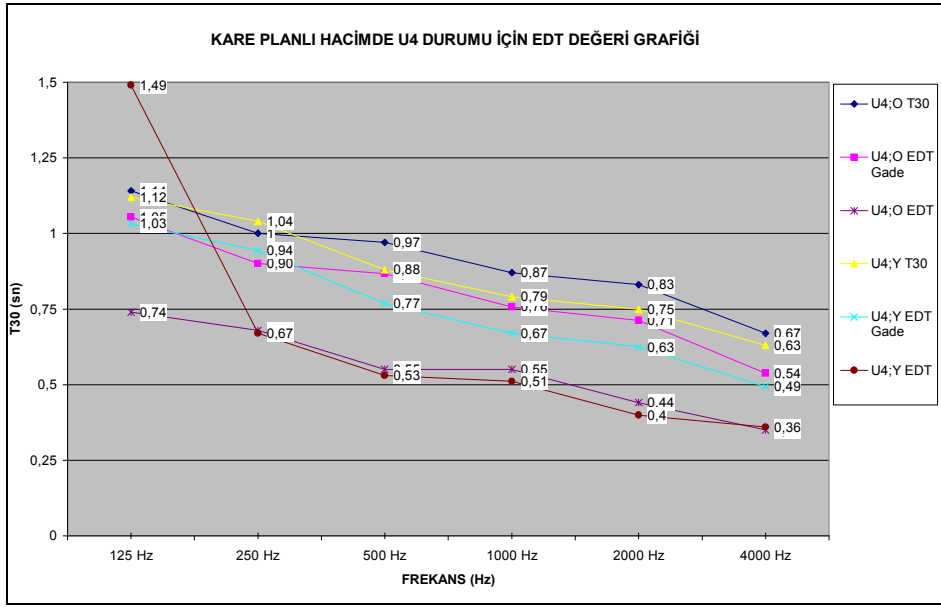
U4 durumunda yansışım süresi frekanslara göre değişim göstermektedir (Bkz. Şekil 4.27). Kaynak ortada iken düşük ve orta frekanslarda, yanda iken sadece 250 ve 500 Hz'lerde optimum değerler almıştır. Kaynak konumunun değişmesi yansışım süresi eğrilerinde büyük değişimlere neden olmamıştır.



Şekil 4.27 Kare planlı hacimde U4 durumu için T30 değişim grafiği

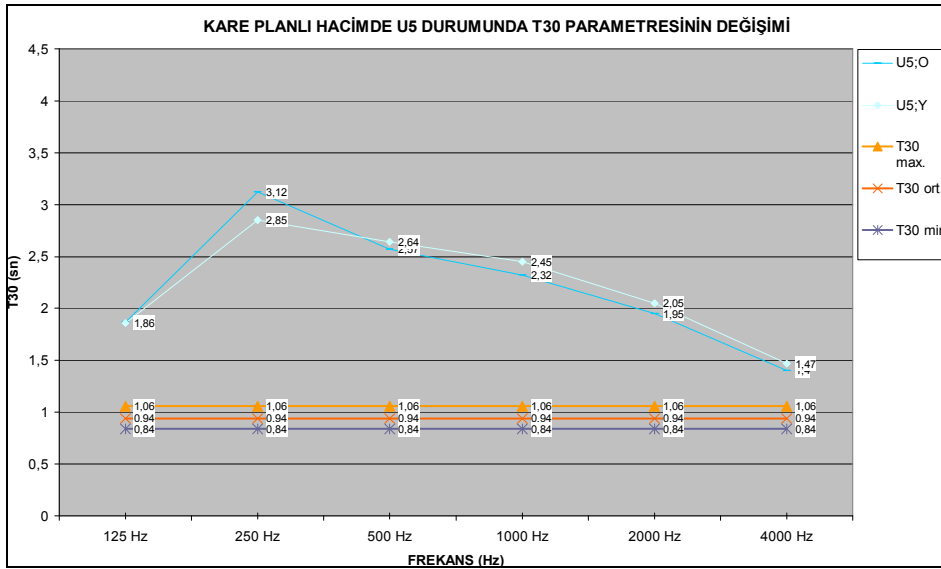
Kare planlı hacimde U4 durumu için EDT değeri grafiği Şekil 4.28'de gösterilmiştir. EDT ve T30 değerleri ile birlikte değerlendirilen EDT_{GADE} değerleri, kaynak ortada iken optimum değer aralığında değerler almıştır. Kaynağın yanda olması durumunda ise EDT değerinin 125 Hz'deki anlık yükselişi, EDT_{GADE} değerinin bu frekansta optimum aralık dışında kalmasına neden olmuştur. 125 Hz dışındaki tüm frekanslarda EDT_{GADE} parametresi kaynağın ortada

olması durumu ile benzer bir eğri oluşturarak optimum değerler almıştır.



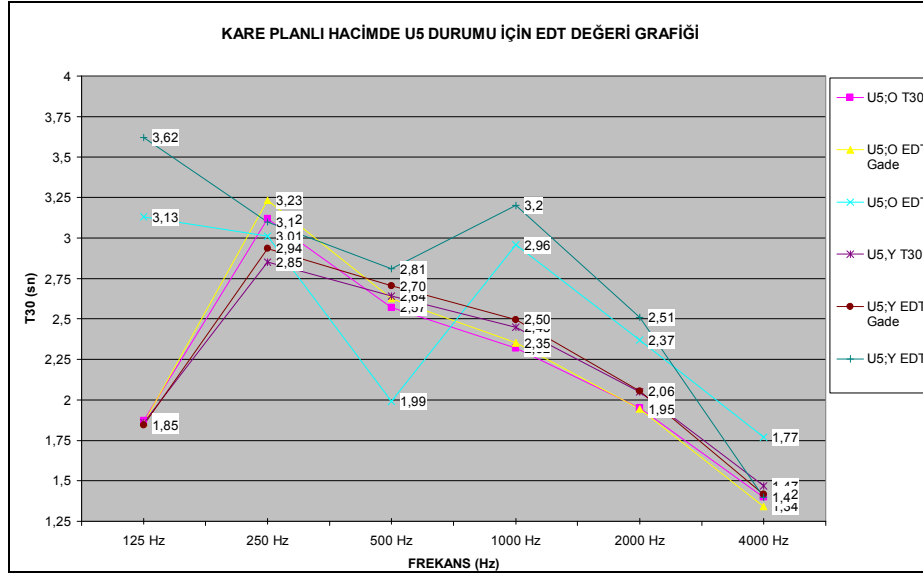
Şekil 4.28 Kare planlı hacimde U4 durumu EDT değeri grafiği

Kare planlı hacimde U5 durumunda T_{30} parametresi optimum değerlerin üzerinde ve frekanslara göre düzgün olmayan bir eğri oluşturmuştur (Bkz. Şekil 4.29). Kaynağın konumu yansım süresi değerlerinde frekanslara göre büyük ayrımlar oluşturmamıştır.



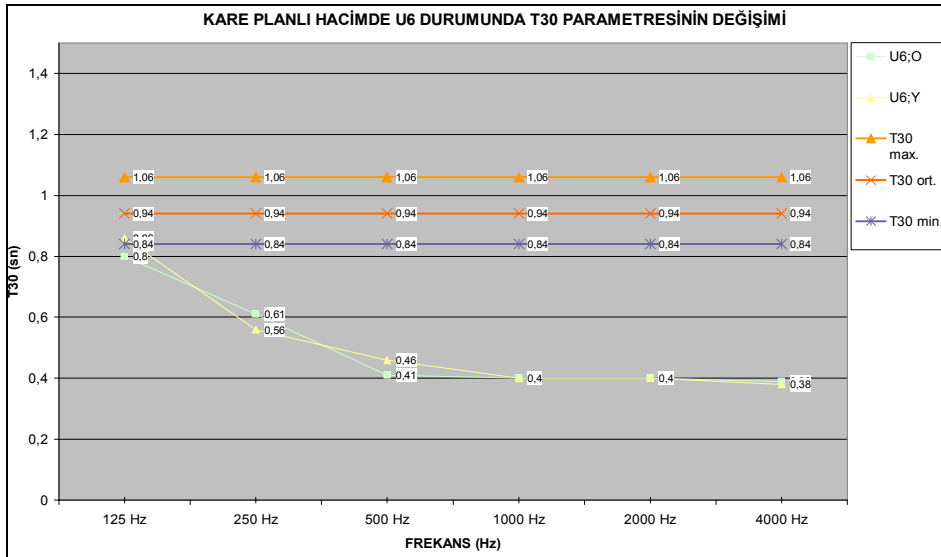
Şekil 4.29 Kare planlı hacimde U5 durumu için T30 değeri grafiği

U5 durumunda Şekil 4.30'de gösterilmiş EDT grafiğinde de frekanslara göre düzgün olmayan eğriler görülmektedir. Kaynağın ortada ve yanda olması durumunda tüm EDT_{GADE} ve EDT değerleri, T30 eğrisinden yüksek değerler olarak istenmeyen bir durum oluşturmuştur.



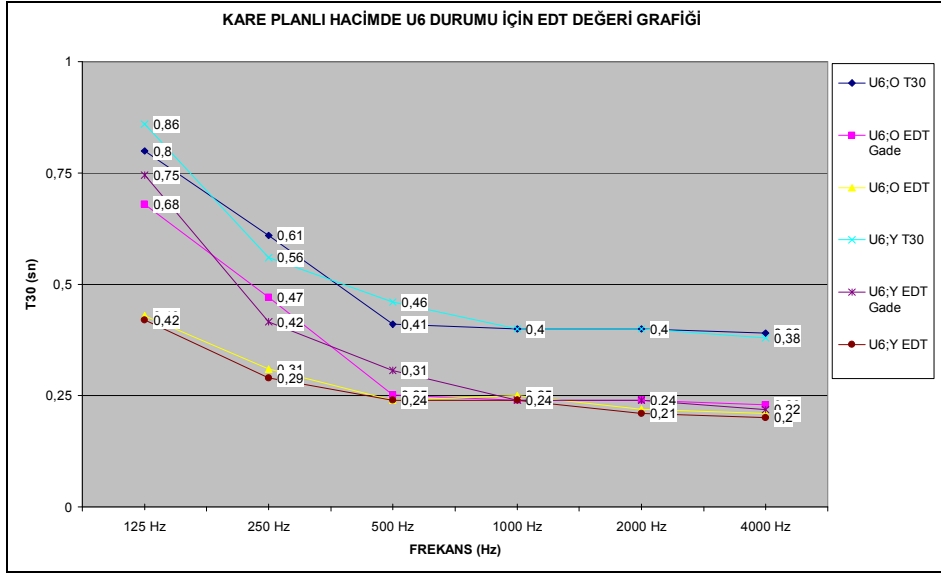
Şekil 4.30 Kare planlı hacimde U5 durumu EDT değişim grafiği

Kare planlı hacimde U6 durumu için kaynak konumunun değişmesinin T_{30} değerlerini değiştirmedeği görülmektedir (Bkz. Şekil 4.31). Yansıma süresi U2 durumu ile benzer bir eğri oluşturarak optimum değerlerden oldukça düşük düzeydedir. Orta ve yüksek frekanslarda birbirine oldukça yakın, düşük frekanslarda daha yüksek değerler almıştır.



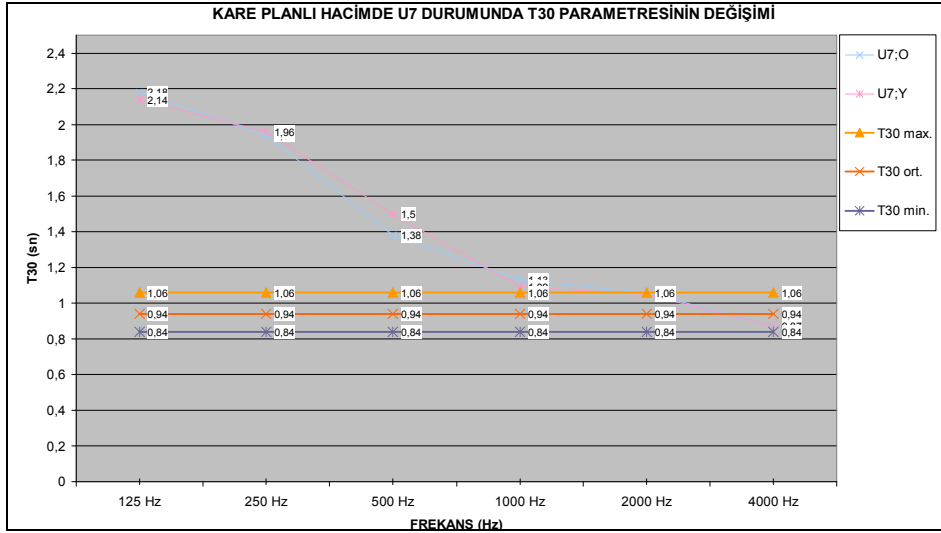
Şekil 4.31 Kare planlı hacimde U6 durumu için T30 değişim grafiği

U6 durumunda EDT değerleri Şekil 4.32’de gösterilmiştir. Kaynağın ortada olması durumunda sadece 1000 Hz’de EDT_{GADE} değeri optimum sınırın altında kalmıştır. Düşük frekanslarda yüksek değerler, orta ve yüksek frekanslarda ise düşük değerler almıştır. Kaynağın yanda olması durumunda grafik ortada olması durumuna benzer bir eğri oluşturmuş ve tüm frekanslarda uygun değerler almıştır.



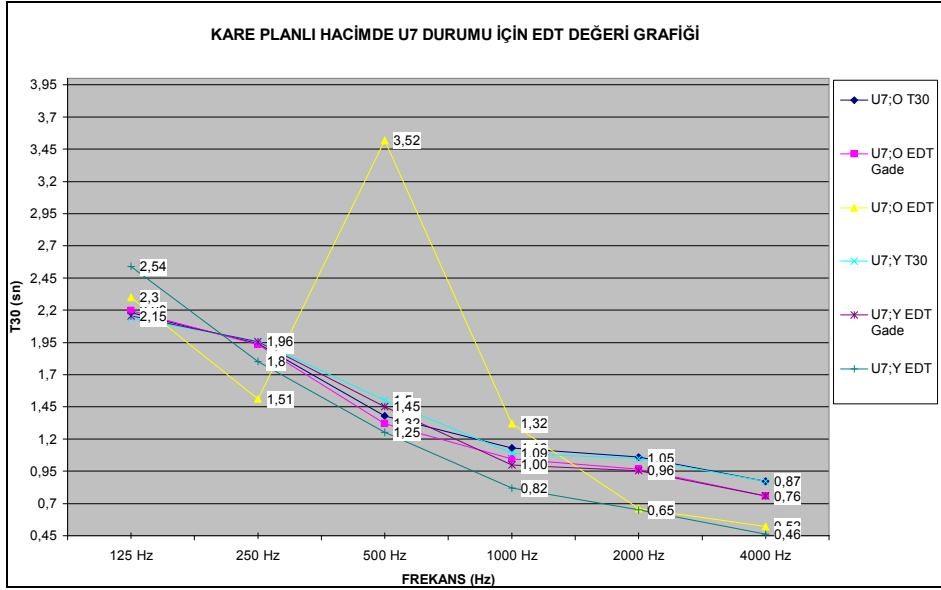
Şekil 4.32 Kare planlı hacimde U6 durumu EDT değişim grafiği

Kare planlı hacimde U7 durumunda yansıma süresi değerleri düşük ve orta frekanslarda optimum değerlerden yüksek, yüksek frekanslarda ise optimum değerlerin arasında değerler almıştır (Bkz. Şekil 4.33).



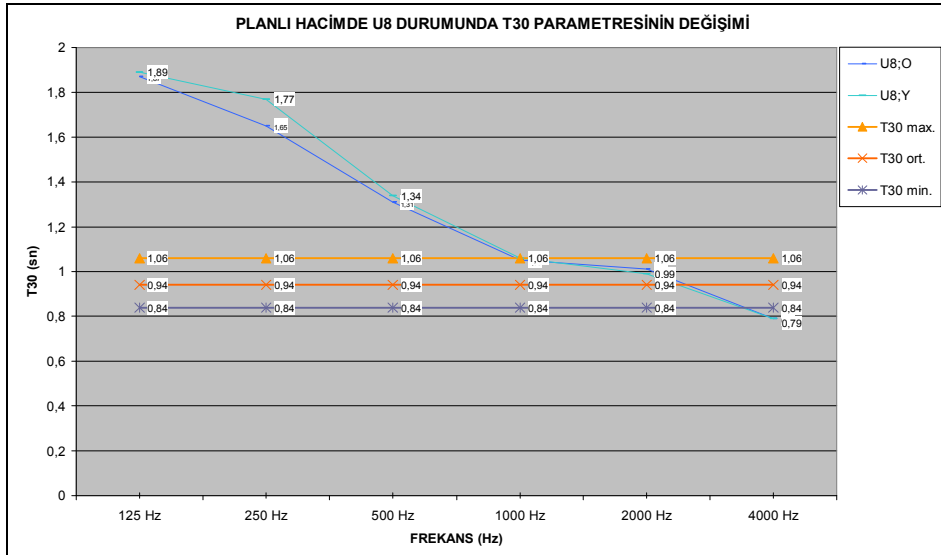
Şekil 4.33 Kare planlı hacimde U7 durumu için T30 değişim grafiği

U7 durumunda EDT değerleri kaynağın ortada olması durumunda düzgün olmayan bir eğri oluşturmuştur (Bkz. Şekil 4.34). EDT_{GADE} değerleri sadece 2000 Hz ve 4000 Hz'de uygun değerler almıştır. Kaynağın yanda olması durumu ortada olması durumuna göre düzgün bir EDT grafiği oluşturmuştur. 125 Hz'de yansıma süresi değeri EDT değerlerinden düşük değerde olduğundan olumsuz bir durum oluşturmuştur. Diğer frekanslarda ise EDT_{GADE} değerlerinin olması gereken sınırlar arasında kaldığı Şekil 4.34'te görülmektedir.



Şekil 4.34 Kare planlı hacimde U7 durumu EDT değışim grafiği

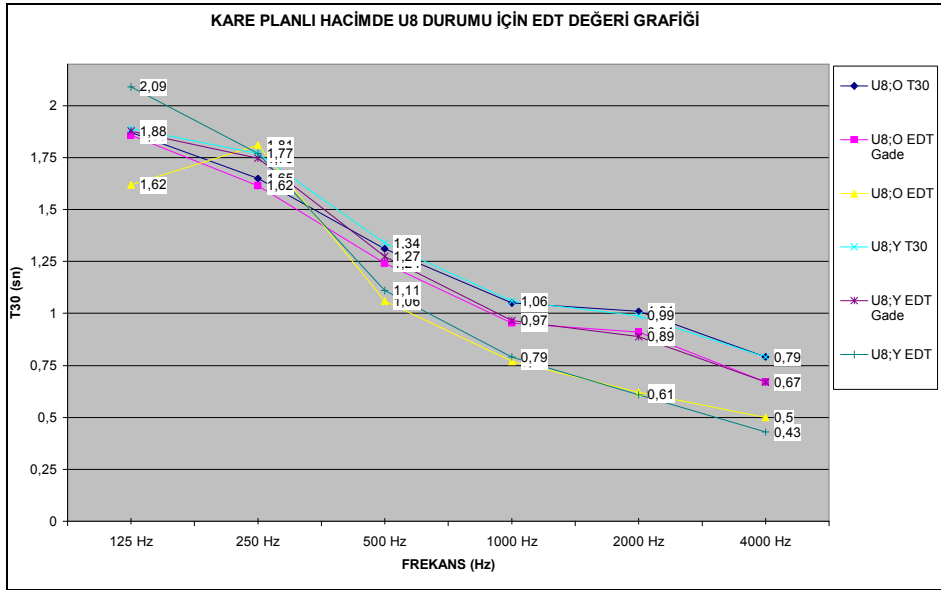
Kare planlı hacimde U8 durumunun frekanslara göre değışen yansışım süresi değeri Şekil 4.35'te görölmektedir. Yansışım süresi düşük ve orta frekanslarda oldukça uzun iken, yüksek frekanslarda kare planlı hacim için optimum değeri almıştır. Kaynak konumunun değışmesi yansışım süresi değeri üzerinde önemli bir farklılık oluşturmamıştır. U8 durumu U7 ile karşılaştırıldığında yansışım süresi eğrii benzer iken U8'deki süre U7'ye göre daha kısadır. Bu durum sahnenin yutucu olması nedeniyle gerçekteleşmiştir.



Şekil 4.35 Kare planlı hacimde U8 durumu için T30 değışim grafiği

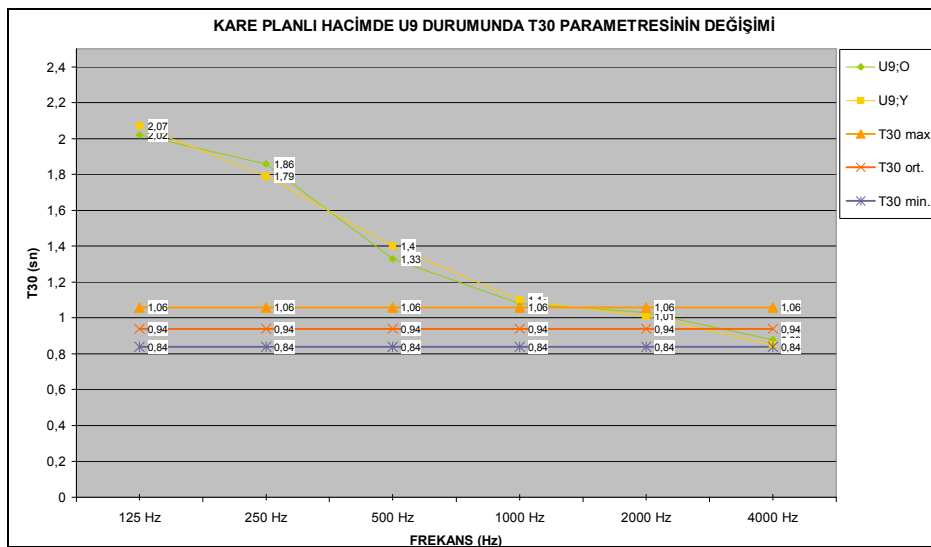
U8 durumu EDT değeri Şekil 4.36'de gösterilmiştir. Kaynağın ortada olması durumunda, 250 Hz'de yansışım süresi değeri EDT değeriyle aynı olması nedeniyle olumsuz bir durum oluşturmuştur. Bunu dışında, EDT değeri tüm frekanslarda U8 durumu için

optimum sınırlar arasında değerler almıştır. Kaynağın yanda olması durumunda ise EDT değerleri, 125 Hz’de olumsuz, 250 Hz’de küçük bir ayrımla düşük değerde olması dışında tüm frekanslarda optimum değer aralığına girebilmiştir.



Şekil 4.36 Kare planlı hacimde U8 durumu EDT değeri grafiği

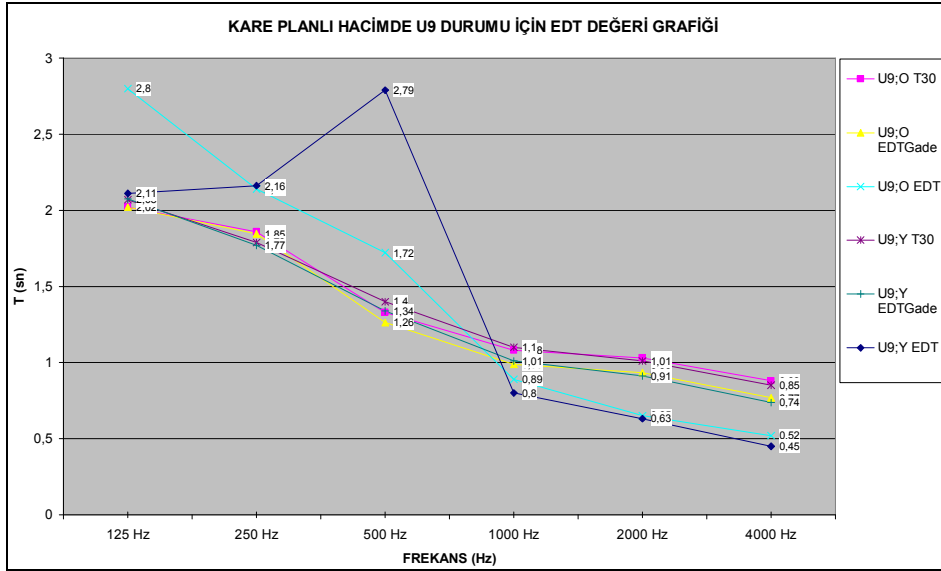
Kare planlı hacimde U9 durumunun frekanslara göre değişen yansıma süresi değerleri Şekil 4.37’de görülmektedir. Yansıma süresi düşük frekanslarda oldukça uzun iken, yüksek frekanslarda kare planlı hacim için optimum değerler almıştır. Kaynak konumunun değişmesi yansıma süresi değerlerinde önemli ayrım oluşturmamıştır. U9 durumu yansıma süresi değerleri, orta yutuculuktaki U7 ve U8 durumlarına benzer eğri oluşturmuştur.



Şekil 4.37 Kare planlı hacimde U9 durumu için T30 değeri grafiği





Kare planlı hacimde U9 durumunda EDT_{GADE} değerleri düşük frekanslarda yansıma süresi

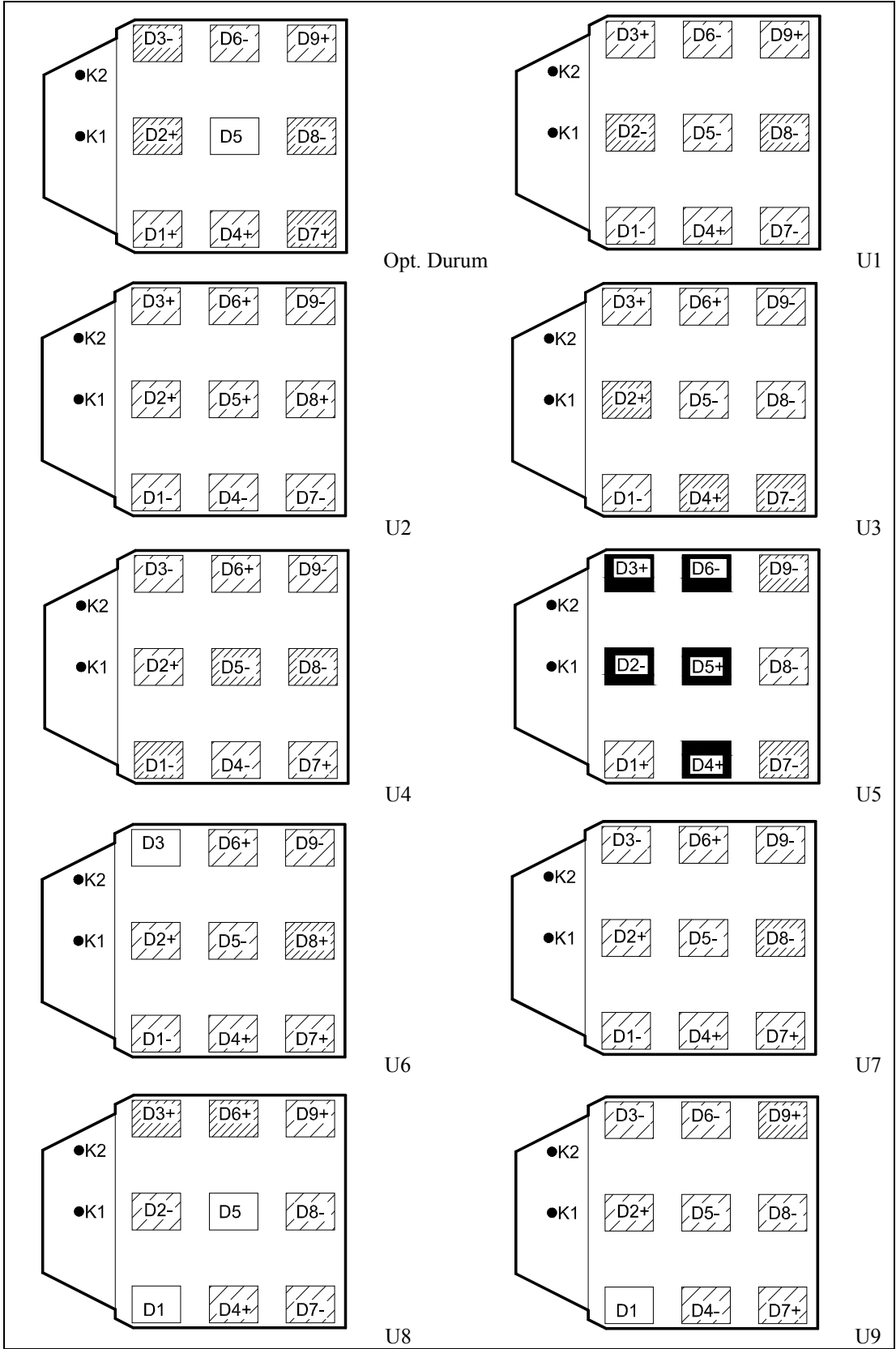
değerlerinden uzun olduğu için olumsuz sonuç doğurmuş, yüksek frekanslarda ise optimum değerler almıştır (Bkz. Şekil 4.38). Kaynağın yanda olması durumunda ise ortada olması durumu ile benzer olarak, yüksek frekanslarda optimum değerler almış, düşük frekanslarda ise optimum değerlerden yüksek değerler almıştır.



Şekil 4.38 Kare planlı hacimde U9 durumu için EDT değişim grafiği

T30 Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”:

Çalışmanın önceki bölümünde, kare planlı hacimde EDT parametresinin, yüzey yutuculuklarına ve kaynak konumuna bağlı değişimi T_{30} ve EDT_{GADE} ile ilişkili olarak değerlendirilmiştir. Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen kare planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında T_{30} parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.39’da yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen T_{30} değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+), (-) simgeleri ile belirtilmiştir. Simgesiz noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak ortadan yana geldiğinde D3 noktasında olumlu yönde değişim olduğu (D3+) ile gösterilmiştir. Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.39 Kare planlı hacimde T30 parametresi için “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

Kare planlı hacimde değişimlerin yüzey yutuculuklarına göre genelde orta ve düşük düzeyde

olduğu görülmektedir. Dinleyiciler arasındaki değişimin en fazla olduğu hacim tipi U5'te, en az olduğu tip ise U2 olarak belirlenmiştir.

4.1.5 Kare Planlı Hacim İçin Değerlendirme

Kaynak konumu değişiminin (sahnenin ortasından sahne yanına doğru) hacim akustiği parametrelerinde yol açtığı olumlu ya da olumsuz değişimler, incelenen tüm koşullar için Çizelge 4.2'de toplu olarak sunulmaktadır

Çizelge 4.2 Kare planlı hacimde, kaynağın sahne ortasından sahne yanına yer değiştirmesinin hacim akustiği parametreleri üzerinde yol açtığı ayrımlar (Koyu bölgeler değişimin belirgin olduğunu göstermektedir).

Hacim Tipi	Dinleyici Konumu	Dinleyici Konumu									Hacim Tipi	Dinleyici Konumu	Dinleyici Konumu								
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Optimum	D50	-	-	+			-	+	-	-	D50	-	-	+		+	-	+	+	-	
	SPL(A)	-	-	+	-	+	+	-	+	+	SPL(A)	-	-	+	-	-	+	-	+	+	
	STI	-	-	+	+	-	-	+	-		STI	-	-	+			+	+	-		
	T30	+	+	-	+		-	+	-	+	T30	+	-	+	+	+	-	-	-	-	
U1	D50	-	-	+		-	+	+	+	-	D50	-	-	+		-	+	-	-	-	
	SPL(A)	-	-	+	-	+	+	-	+	-	SPL(A)	-	-	+	-	+	+	-	+		
	STI	-	-	+		-	+	+			STI	+	-	+	+		-	+	-	-	
	T30	-	-	+	+	-	-	-	-	+	T30	-	+		+	-	+	+	+	-	
U2	D50	-	-	+		-	+	+	+	-	D50	-	-	+	+		-	+		-	
	SPL(A)	-	-	+	-	+	+	-	+		SPL(A)	-	-	+	-	+	+	-	+	+	
	STI	+	-	+	+	-	-	+	-	-	STI	-	-	+	+		-	+	-	-	
	T30	-	+	+	-	+	+	-	+	-	T30	-	+	-	+	-	+	+	-	-	
U3	D50	-	-	+	+	-	-	-	+	-	D50	-	-	+	+	+	-	+	+	-	
	SPL(A)	-	-	+	-	+	+	-	+		SPL(A)	-	-	+	-		+	-	+	+	
	STI	+	-	+	+	-		+	+		STI	-	-	+	+		-	+	-	-	
	T30	-	+	+	+	-	+	-	-	-	T30		-	+	+		+	-	-	+	
U4	D50	-	-	+		+	+	+		-	D50	-	-	+	+		-	+	+	-	
	SPL(A)	-	-	+	-	+	+	-	+	+	SPL(A)	-	-	+	-	+	+	-	+	+	
	STI	-	-	+		+	+	+	+	+	STI	-	-	+	+		-	+	-	-	
	T30	-	+	-	-	-	+	+	-	-	T30		+	-	-	-	-	+	-	+	

Çizelge 4.3'te ise, kare planlı hacimde, her iki kaynak konumunda, değişik dinleyici noktalarında elde edilen parametre değerleri arasındaki minimum ve maksimum ayrımlar yer almaktadır.

Çizelge 4.3 Yüzey yutuculukları değişen kare planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında ölçülen parametre değerleri arasındaki min- max ayrımlar (O: Kaynak sahnenin ortasında, Y: kaynak sahnenin yanında)

KARE PLAN												
Dinleyici noktaları	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Birim	min - max değer ayrımlar	
U1;O	D50	0,3	0,48	0,31	0,38	0,37	0,38	0,46	0,48	0,48		0,18
	SPL (A)	55,6	56,9	55,2	57,3	56,8	57,2	58	57,8	57,9	dB	2,80
	STI	0,42	0,56	0,44	0,5	0,49	0,5	0,55	0,57	0,56		0,15
	T30	2,88	2,9	3,05	2,99	2,8	2,94	2,86	2,87	3,01	sn	0,25
	EDTgade	2,968	2,99	3,155	3,089	2,88	3,034	2,946	2,957	3,111	sn	0,28
	EDT	3,35	3,29	3,38	3,19	2,87	3,26	2,67	2,72	2,19	sn	1,19
U1;Y	D50	0,26	0,4	0,48	0,38	0,36	0,4	0,55	0,5	0,44		0,29
	SPL (A)	55,4	56,1	56,7	56,8	56,9	57,4	57,5	58	57,8	dB	2,60
	STI	0,42	0,48	0,56	0,5	0,48	0,51	0,57	0,57	0,56		0,15
	T30	2,95	3,01	2,97	2,91	2,93	2,95	2,89	3,06	2,96	sn	0,17
	EDTgade	3,045	3,111	3,067	3,001	3,023	3,045	2,979	3,166	3,056	sn	0,19
	EDT	3,12	3,23	2,91	3,04	2,38	3,28	2,95	2,94	2,16	sn	1,12
U2;O	D50	0,96	0,97	0,96	0,93	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94		0,05
	SPL (A)	49,5	53,6	49,5	49,6	50,4	49,9	46,8	47,5	47	dB	6,80
	STI	0,87	0,91	0,86	0,86	0,83	0,85	0,84	0,85	0,84		0,08
	T30	0,47	0,45	0,46	0,48	0,44	0,44	0,5	0,48	0,51	sn	0,07
	EDTgade	0,317	0,295	0,306	0,328	0,284	0,284	0,35	0,328	0,361	sn	0,08
	EDT	0,22	0,17	0,25	0,26	0,3	0,27	0,28	0,27	0,29	sn	0,13
U2;Y	D50	0,95	0,96	0,97	0,94	0,92	0,9	0,96	0,91	0,84		0,13
	SPL (A)	48	51,8	53,1	48,8	50,9	50,9	46,5	48,1	47	dB	6,60
	STI	0,89	0,85	0,97	0,87	0,82	0,84	0,88	0,84	0,83		0,15
	T30	0,44	0,47	0,48	0,47	0,46	0,47	0,43	0,52	0,48	sn	0,09
	EDTgade	0,284	0,317	0,328	0,317	0,306	0,317	0,273	0,372	0,328	sn	0,10
	EDT	0,23	0,24	0,04	0,25	0,33	0,32	0,22	0,29	0,35	sn	0,31
U3;O	D50	0,62	0,8	0,63	0,65	0,65	0,65	0,74	0,63	0,66		0,18
	SPL (A)	51,6	54,4	51,6	53,1	52,8	53,1	52,5	52,3	52,2	dB	2,80
	STI	0,6	0,75	0,6	0,64	0,64	0,64	0,62	0,65	0,64		0,15
	T30	1,36	1,54	1,59	1,51	1,44	1,42	1,43	1,39	1,45	sn	0,23
	EDTgade	1,296	1,494	1,549	1,461	1,384	1,362	1,373	1,329	1,395	sn	0,25
	EDT	2,6	1,4	1,8	1,5	1,7	2,4	2,03	1,8	1,47	sn	1,20
U3;Y	D50	0,6	0,73	0,77	0,67	0,62	0,6	0,67	0,65	0,52		0,25
	SPL (A)	51,1	52,9	54,2	52,4	53	53,8	52,2	52,8	52,2	dB	3,10
	STI	0,61	0,67	0,76	0,66	0,63	0,64	0,64	0,66	0,64		0,15
	T30	1,41	1,44	1,5	1,37	1,53	1,41	1,6	1,47	1,46	sn	0,23
	EDTgade	1,351	1,384	1,45	1,307	1,483	1,351	1,56	1,417	1,406	sn	0,25
	EDT	1,5	1,61	1,47	1,76	1,45	2,21	1,51	1,79	1,54	sn	0,76

Çizelge 4.3'ün devamı

KARE PLAN												
Dinleyici noktaları	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Birim	min - max değer ayrımları	
U4;O	D50	0,81	0,88	0,8	0,76	0,75	0,75	0,84	0,82	0,86		0,13
	SPL (A)	50,4	54,1	50,4	52,1	52,7	52,3	52,1	52,6	52,1	dB	3,70
	STI	0,73	0,82	0,73	0,75	0,72	0,74	0,79	0,78	0,79		0,10
	T30	0,96	1	0,98	0,86	0,91	0,82	0,84	0,91	0,91	sn	0,18
	EDTgade	0,856	0,9	0,878	0,746	0,801	0,702	0,724	0,801	0,801	sn	0,20
	EDT	0,77	0,51	0,8	0,56	0,6	0,55	0,39	0,38	0,37	sn	0,43
U4;Y	D50	0,75	0,82	0,89	0,76	0,76	0,77	0,9	0,82	0,8		0,15
	SPL (A)	49,3	52,5	53,5	51,5	53,1	53,1	51,8	52,9	52,8	dB	4,20
	STI	0,71	0,74	0,86	0,75	0,73	0,75	0,83	0,79	0,8		0,15
	T30	0,86	0,91	1	0,81	0,78	0,86	0,92	0,78	0,85	sn	0,22
	EDTgade	0,746	0,801	0,9	0,691	0,658	0,746	0,812	0,658	0,735	sn	0,24
	EDT	1,68	1,03	0,46	0,52	0,57	0,56	0,31	0,38	0,39	sn	1,37
U5;O	D50	0,3	0,54	0,31	0,42	0,39	0,42	0,55	0,54	0,54		0,25
	SPL (A)	55	56,3	54,9	56,6	56,4	56,6	57,1	57,2	57,1	dB	2,30
	STI	0,44	0,59	0,44	0,52	0,51	0,52	0,59	0,61	0,59		0,17
	T30	1,92	1,89	1,91	2,42	2,51	1,88	2,46	2,47	2,34	sn	0,63
	EDTgade	1,912	1,879	1,901	2,462	2,561	1,868	2,506	2,517	2,374	sn	0,69
	EDT	2,75	2,52	2,79	2,48	2,68	2,9	2,14	2,62	1,92	sn	0,98
U5;Y	D50	0,29	0,44	0,5	0,41	0,4	0,41	0,6	0,55	0,49		0,31
	SPL (A)	54,4	55,4	56,2	56,1	56,1	57	56,9	57,4	57,4	dB	3,00
	STI	0,44	0,51	0,58	0,52	0,51	0,53	0,6	0,6	0,59		0,16
	T30	1,91	2,45	1,47	2,02	2,02	2,47	2,61	2,55	2,46	sn	1,14
	EDTgade	1,901	2,495	1,417	2,022	2,022	2,517	2,671	2,605	2,506	sn	1,25
	EDT	3,03	3,11	3,43	2,5	2,75	2,68	2,62	2,06	2,74	sn	1,37
U6;O	D50	0,96	0,96	0,95	0,93	0,91	0,92	0,93	0,92	0,93		0,05
	SPL (A)	49,8	53,8	49,8	50	50,7	50,3	47,2	47,8	47,3	dB	6,60
	STI	0,86	0,9	0,85	0,85	0,82	0,85	0,83	0,85	0,83		0,08
	T30	0,5	0,51	0,49	0,48	0,55	0,45	0,52	0,48	0,51	sn	0,10
	EDTgade	0,35	0,361	0,339	0,328	0,405	0,295	0,372	0,328	0,361	sn	0,11
	EDT	0,25	0,18	0,28	0,27	0,32	0,29	0,29	0,28	0,3	sn	0,14
U6;Y	D50	0,95	0,95	0,97	0,93	0,91	0,89	0,96	0,9	0,82		0,15
	SPL (A)	48,5	52	53,4	49,2	51,3	51,2	46,9	48,5	47,3	dB	6,50
	STI	0,89	0,84	0,96	0,87	0,82	0,84	0,88	0,83	0,82		0,14
	T30	0,47	0,53	0,49	0,5	0,49	0,47	0,53	0,6	0,49	sn	0,13
	EDTgade	0,317	0,383	0,339	0,35	0,339	0,317	0,383	0,46	0,339	sn	0,14
	EDT	0,24	0,27	0,04	0,26	0,34	0,34	0,23	0,3	0,36	sn	0,32

Çizelge 4.3'ün devamı

KARE PLAN												
Dinleyici noktaları	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Birim	min - max değer ayrımları	
U7;O	D50	0,61	0,76	0,62	0,64	0,61	0,65	0,69	0,67	0,69		0,15
	SPL (A)	51,9	54,7	51,7	53,7	53,6	53,6	53,9	54,2	53,8	dB	3,00
	STI	0,62	0,73	0,62	0,66	0,64	0,66	0,69	0,7	0,69		0,11
	T30	1,39	1,46	1,44	1,45	1,42	1,44	1,43	1,37	1,39	sn	0,09
	EDTgade	1,329	1,406	1,384	1,395	1,362	1,384	1,373	1,307	1,329	sn	0,10
	EDT	2,45	1,14	1,79	1,47	1,62	0,94	3,7	0,79	0,84	sn	2,91
U7;Y	D50	0,59	0,69	0,75	0,65	0,61	0,6	0,75	0,67	0,59		0,16
	SPL (A)	51,2	53,3	54,4	53,1	53,8	54,4	53,6	54,5	54,3	dB	3,30
	STI	0,62	0,66	0,75	0,67	0,64	0,65	0,71	0,69	0,68		0,13
	T30	1,46	1,42	1,45	1,38	1,49	1,4	1,39	1,48	1,41	sn	0,11
	EDTgade	1,406	1,362	1,395	1,318	1,439	1,34	1,329	1,428	1,351	sn	0,12
	EDT	1,49	1,33	1,37	1,55	1,26	1,17	0,97	0,81	1,3	sn	0,74
U8;O	D50	0,63	0,79	0,65	0,66	0,63	0,67	0,72	0,7	0,72		0,16
	SPL (A)	51,4	54,4	51,2	53,3	53,3	53,2	53,5	53,8	53,5	dB	3,20
	STI	0,63	0,76	0,63	0,67	0,65	0,68	0,7	0,72	0,71		0,13
	T30	1,27	1,31	1,26	1,28	1,32	1,25	1,25	1,27	1,27	sn	0,07
	EDTgade	1,197	1,241	1,186	1,208	1,252	1,175	1,175	1,197	1,197	sn	0,08
	EDT	1,6	1,28	1,27	0,92	1,43	0,86	0,78	0,72	0,68	sn	0,92
U8;Y	D50	0,61	0,73	0,78	0,67	0,64	0,64	0,78	0,71	0,63		0,17
	SPL (A)	50,6	52,8	54	52,6	53,3	54	53,2	54	53,8	dB	3,40
	T30	1,27	1,38	1,38	1,25	1,32	1,12	1,28	1,29	1,25		0,26
	EDTgade	1,197	1,318	1,318	1,175	1,252	1,032	1,208	1,219	1,175	sn	0,29
	STI	0,63	0,68	0,77	0,68	0,65	0,67	0,73	0,71	0,7	sn	0,14
	EDT	1,84	1,41	1,27	0,95	1,1	1,08	1,04	0,83	0,69	sn	1,15
U9;O	D50	0,62	0,77	0,64	0,65	0,62	0,66	0,71	0,68	0,7		0,15
	SPL (A)	51,7	54,6	51,5	53,5	53,5	53,5	53,7	54	53,7	dB	3,10
	T30	1,39	1,41	1,35	1,4	1,32	1,32	1,4	1,36	1,33		0,09
	EDTgade	1,329	1,351	1,285	1,34	1,252	1,252	1,34	1,296	1,263	sn	0,10
	STI	0,62	0,74	0,63	0,66	0,64	0,67	0,69	0,71	0,7	sn	0,12
	EDT	1,56	1,22	2,42	1,09	1,58	1,37	1,74	1,16	0,92	sn	1,50
U9;Y	D50	0,59	0,71	0,76	0,66	0,62	0,62	0,77	0,69	0,6		0,18
	SPL (A)	51	53,1	54,2	52,9	53,6	54,2	53,4	54,3	54,1	dB	3,30
	T30	1,39	1,33	1,44	1,36	1,41	1,39	1,3	1,44	1,22		0,22
	EDTgade	1,329	1,263	1,384	1,296	1,351	1,329	1,23	1,384	1,142	sn	0,24
	STI	0,62	0,67	0,76	0,67	0,64	0,66	0,71	0,7	0,69	sn	0,14
	EDT	1,53	1,61	3,06	1,19	1,24	1,06	2,06	0,72	0,94	sn	2,34
OPT. O	D50	0,77	0,88	0,76	0,79	0,73	0,78	0,8	0,8	0,82		0,15
	SPL (A)	50,6	54,1	50,6	53,1	53,1	53,2	52,4	52,8	52,5	dB	3,50
	T30	0,98	1,11	0,99	0,93	1,03	0,94	0,79	0,97	0,88		0,32
	EDTgade	0,878	1,021	0,889	0,823	0,933	0,834	0,669	0,867	0,768	sn	0,35
	STI	0,69	0,81	0,69	0,74	0,71	0,74	0,76	0,77	0,76	sn	0,12
	EDT	1	0,53	0,97	0,58	0,61	0,58	0,45	0,41	0,43	sn	0,59
OPT. Y	D50	0,73	0,82	0,88	0,79	0,73	0,75	0,87	0,78	0,7		0,18
	SPL (A)	49,9	52,6	53,7	52,4	53,3	53,5	52,1	53,1	52,8	dB	3,80
	T30	1	1,01	1,11	0,99	1,03	0,98	1,01	0,83	0,96		0,28
	EDTgade	0,9	0,911	1,021	0,889	0,933	0,878	0,911	0,713	0,856	sn	0,31
	STI	0,68	0,72	0,84	0,75	0,7	0,73	0,79	0,76	0,76	sn	0,16
	EDT	0,77	0,89	0,54	0,53	0,6	0,63	0,42	0,43	0,46	sn	0,47

Çizelge 4.2. ve Çizelge 4.3 incelendiğinde, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır:

- İncelenen tüm koşullarda, kaynak konumunun değişiminde en fazla sahneye yakın dinleyicilerin etkilendiği görülmektedir. Bu bölge için, parametrelerin hemen hepsinde, konuşmacının yaklaştığı bölgede yer alan dinleyiciler için koşullar iyileşmekte, uzaklaştığı bölgeler için ise olumsuz yönde değişim olmaktadır (Bkz Çizelge 4.2).
- Hacmin orta ve arka bölümleri için ise, benzer bir genelleme yapmak olanaklı değildir. Dinleyici konumuna göre, kaynak konumu değişiminden kimi parametreler olumlu, kimi parametreler ise olumsuz etkilenmektedir. Ancak tüm koşullar için gözlemlenen durum, D9 dinleyici noktasında, beklenilenin aksine, kaynak konumunun değişimi ile parametrelerin çoğunun olumsuz yönde etkilenmesidir.
- Tavanın yansıtıcı, diğer yüzeylerin yutucu olduğu U4 durumu için, kaynak konumu değişiminin hacmin orta ve arka bölümlerinde genelde olumlu değişime yol açtığı görülmektedir.
- Kaynak konumu değişiminin hacim akustiği parametreleri üzerinde en fazla değişime yol açtığı koşul U5 (sahnenin yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olması durumu) koşuludur.
- Konuşmacı sahne ortasında iken, hacim akustiği parametrelerinin hacim içindeki dağılımı, konuşmacının yanda olması durumunda çoğu parametre için olumsuz yönde değişmektedir. Bir başka deyişle, belli bir parametre için değişik dinleyici noktalarındaki ayırım, konuşmacının yanda olma durumunda artmaktadır. Bu durum özellikle U5 koşullarında daha belirgindir (Bkz Çizelge 4.3).
- Konuşmacının sahnenin ortasında olma durumunda, değişik dinleyici noktalarında elde edilen parametre değerleri arasındaki ayrımlar, kaynak sahne kenarına geldiğinde en az U6 (sahne yansıtıcı, diğer yüzeyler yutucu) durumunda değişmektedir. Bir başka deyişle, hacim genelinde parametre dağılımlarının düzgünlük durumu, konuşmacının sahne yanında olması durumunda en az U6 koşulunda değişmektedir. Kaynak konumunun değişimi ile dinleyici noktaları arasında ayırımın az olması, hacim genelinde parametre dağılımlarının düzgün olduğunu göstermektedir.

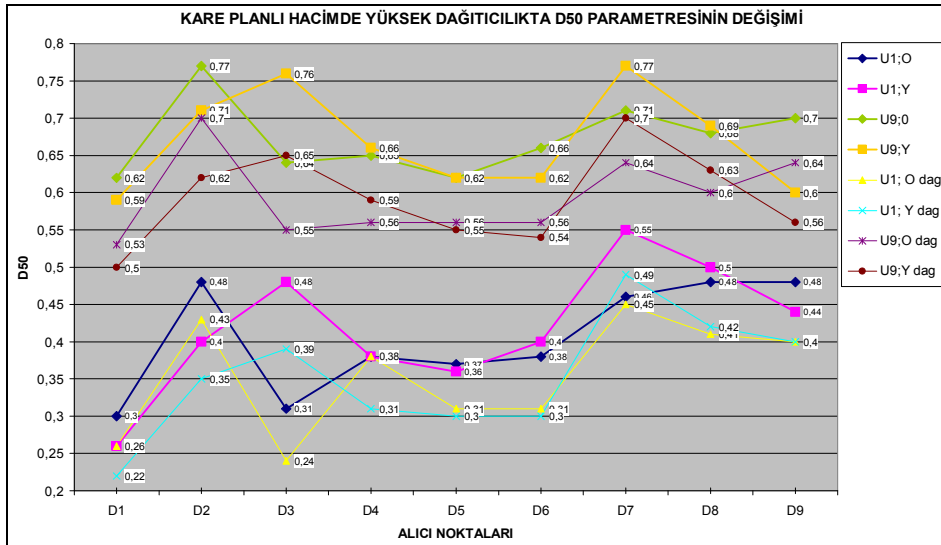
4.1.6 Kare Planlı Hacimde Yüzey Gereçlerinin Dağıtıcılığının Etkisi

Çalışmanın bu bölümünde gereçlerin dağıtıcılık özellikleri artırılarak kaynak konumunun değişmesinin hacim akustiği parametrelerine etkisi incelenmiştir (EK-3'te gereçlerin dağıtıcılık özelliklerinin önemi ve hacim akustiğine etkisi hakkında geniş bilgi verilmiştir).

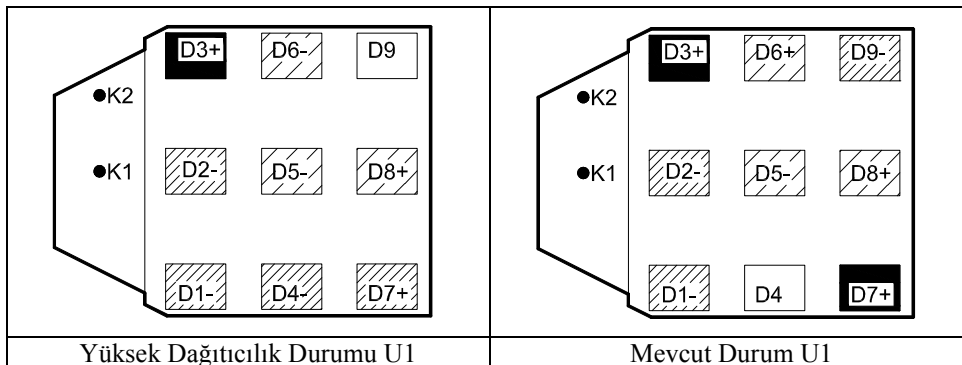
Değerlendirmeye alınacak yüzey yutuculukları, değişimin en iyi gözlemleneceği U1 (tüm yüzeyler yansıtıcı) ve U9 (tüm yüzeyler orta yutuculukta) durumları olarak belirlenmiştir. Bu durumlar için dağıtıcılığın önem taşıdığı D50, STI ve SPL(A) parametreleri değerlendirmeye alınmıştır. U1 ve U9 durumlarında tüm yüzey gereçlerinin dağıtıcılığı %90 olarak belirlenmiş ve inceleme sonuçları aşağıda açıklanmıştır.

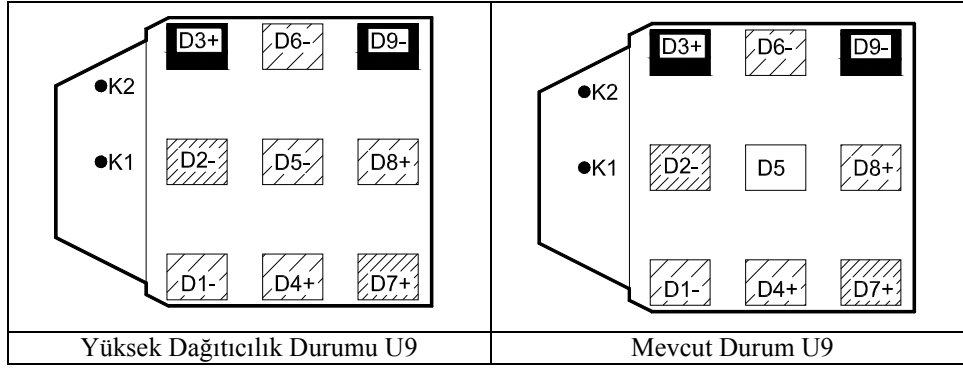
D50 değerleri yüksek dağıtıcılık durumunda normal dağıtıcılık durumundan düşük değerler almıştır (Bkz. Şekil 4.40).

Kaynak konumunun değişimi Şekil 4.40'da yüksek dağıtıcılıkta bazı dinleyici noktalarında değişimlere neden olduğu görülmektedir. Ancak bu değişim, normal dağıtıcılık durumu ile benzerlik göstermektedir.







Şekil 4.40 Kare planlı hacimde farklı dağıtıcılık durumları için D50 değişim grafiği

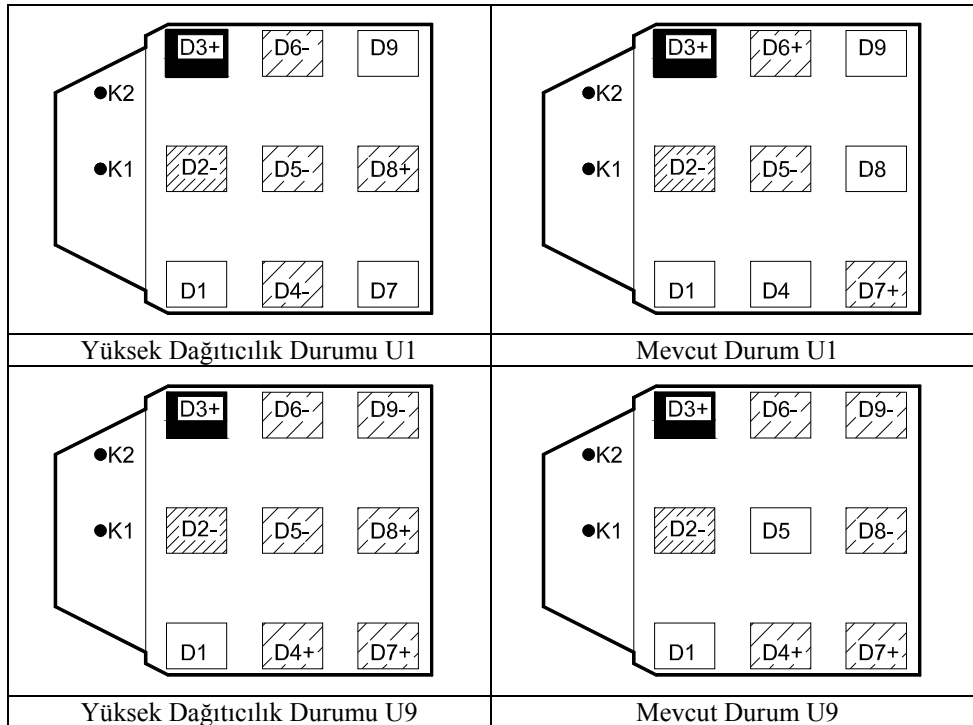




Şekil 4.41 Kare planlı hacimde D50 parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

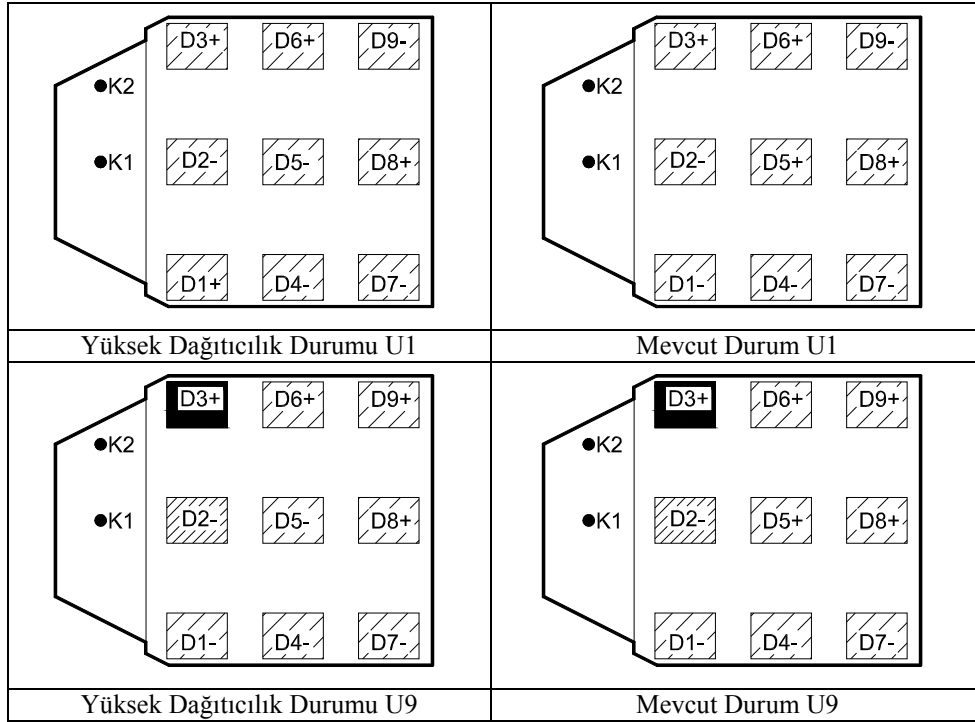
Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir. Yazılardaki “+,” -“ simgeleri değişimin olumlu ya da olumsuz yönde olduğunu, simge olmayan noktalarda ise değişim olmadığını belirtmektedir.

STI parametresinin kaynak konumu ile değişimi yüksek dağıtıcılık durumunda önemli bir ayırım oluşturmamıştır (Bkz. Şekil 4.42).



Şekil 4.42 Kare planlı hacimde STI parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri

SPL(A) parametresinin kaynak konumu değişimi ile yüksek dağıtıcılıkta dinleyici noktalarında mevcut durum ile çok benzerlik göstermektedir (Bkz. Şekil 4.43).



Şekil 4.43 Kare planlı hacimde SPL(A) parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri

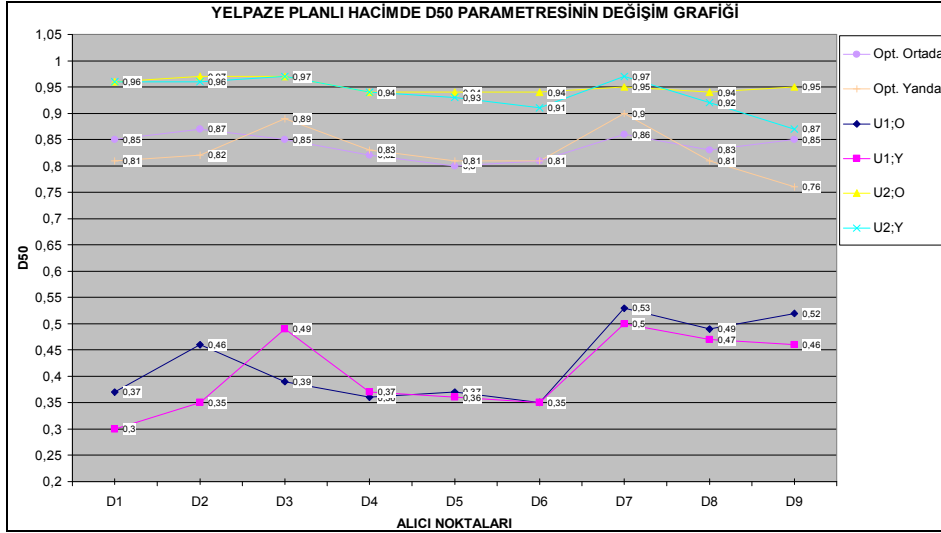
Değerlendirmede kare planlı hacimde, yüzeylerin yüksek dağıtıcılık durumunda mevcut durum ile karşılaştırıldığında büyük ayrımlar oluşturmadığı saptanmıştır. Bu nedenle, diğer hacimler için yapılan incelemelerde, yüzeylerin Odeon programında verilmiş ortalama dağıtıcılık değerleri kullanılmıştır.

4.2 Yelpaze Planlı Hacimde Kaynak Konumunun Değişiminin Hacim Akustiği Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi

Yelpaze planlı hacimde, kaynak konumunun değişimi ile değişen hacim akustiği parametrelerinin değişik yüzey yutuculukları ile karşılaştırmalı değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.2.1 Yelpaze Planlı Hacim - D50 Parametresi

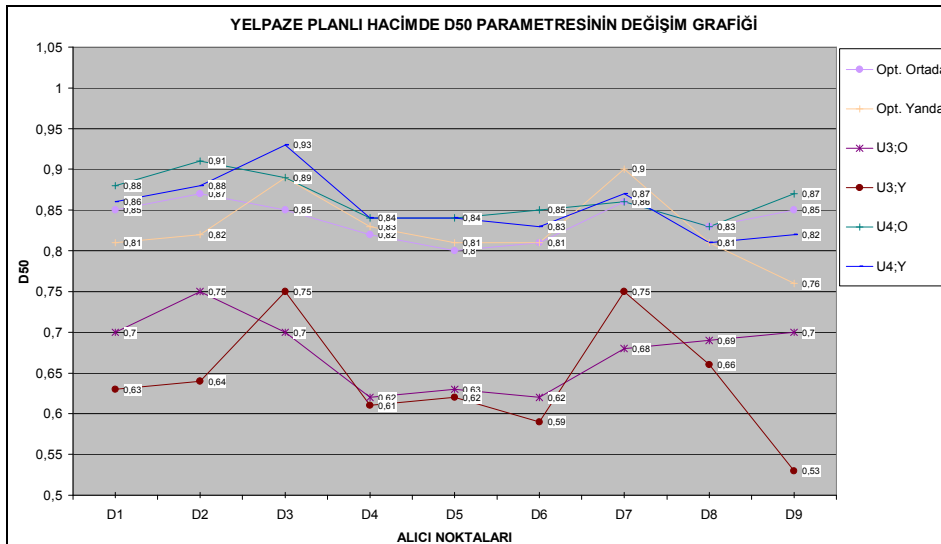
Bu bölümde, yelpaze planlı hacimde Odeon programı yardımı ile yapılan hesaplar sonucunda değişen D50 değerleri değerlendirilmiştir.



Şekil 4.44 Yelpaze planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında D50 değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında D50 parametresinin değişimi Şekil 4.44'te verilmiştir. Grafikte, U2 durumunda D50'nin en yüksek değerleri aldığı ve optimum durumda da bu değerlere çok yakın değerlerde benzer bir eğri oluşturmuştur. U1'de ise bu iki durumdan oldukça düşük değerlerde ve düzgün olmayan bir eğri görülmektedir. En yüksek değerlerine her iki kaynak konumu için D7, D8 ve D9 noktalarında ulaşmıştır.

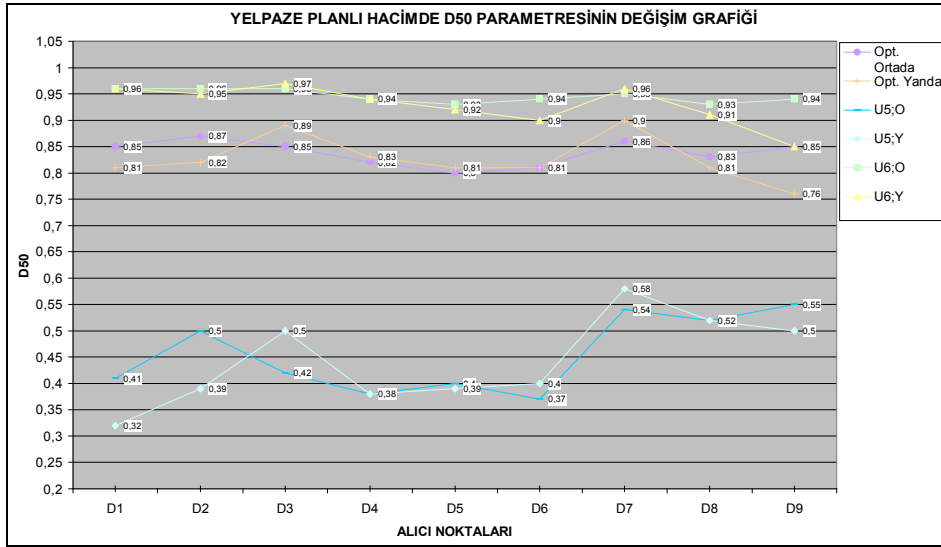
Şekil 4.45'te U3 ve U4 durumları için değişen D50 değerleri incelendiğinde U4 değerlerinin U3'ten yüksek olduğu ve en yüksek değer ayrımlarının U4 durumunda gerçekleştiği görülmektedir. U3 durumunda değerler yüksektir ve yüksek değişim görülmemiştir.



Şekil 4.45 Yelpaze planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında D50 değişim grafiği

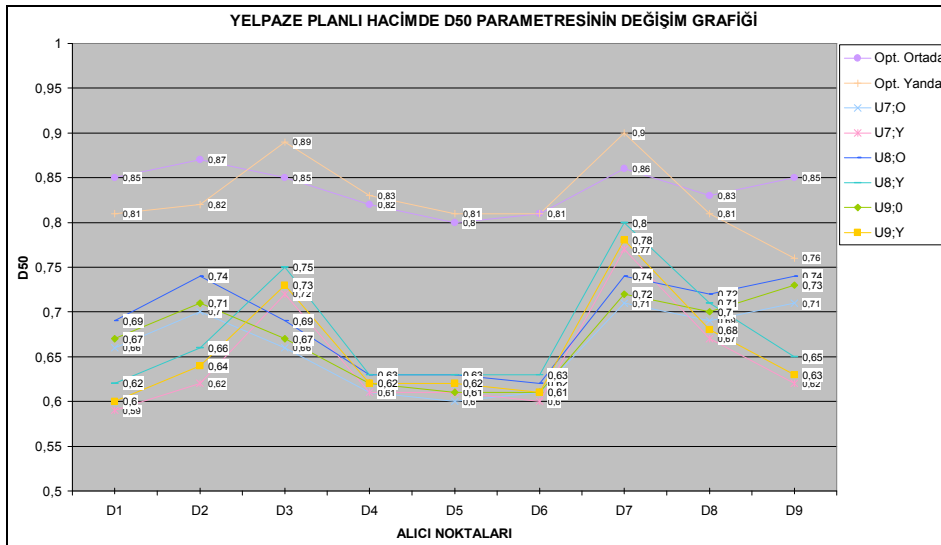
U5 ve U6 durumları için değişen D50 değerleri Şekil 4.46'da gösterilmiştir. U5 ve U6 eğrileri U1 ve U2 eğrileri ile benzerlik göstermiştir. U6 değerleri oldukça yüksek iken U5 değerleri en

yüksek değerlerine D7, D8 ve D9 noktalarında ulaşmıştır.



Şekil 4.46 Yelpaze planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında D50 değişim grafiği

Orta yutuculuktaki yüzeylerin oluşturduğu U7, U8 ve U9 durumlarında değerlerin bazı noktalarda yüksek olması dışında genelde orta düzeylerde olduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 4.47).







Şekil 4.47 Yelpaze planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında D50 değişim grafiği

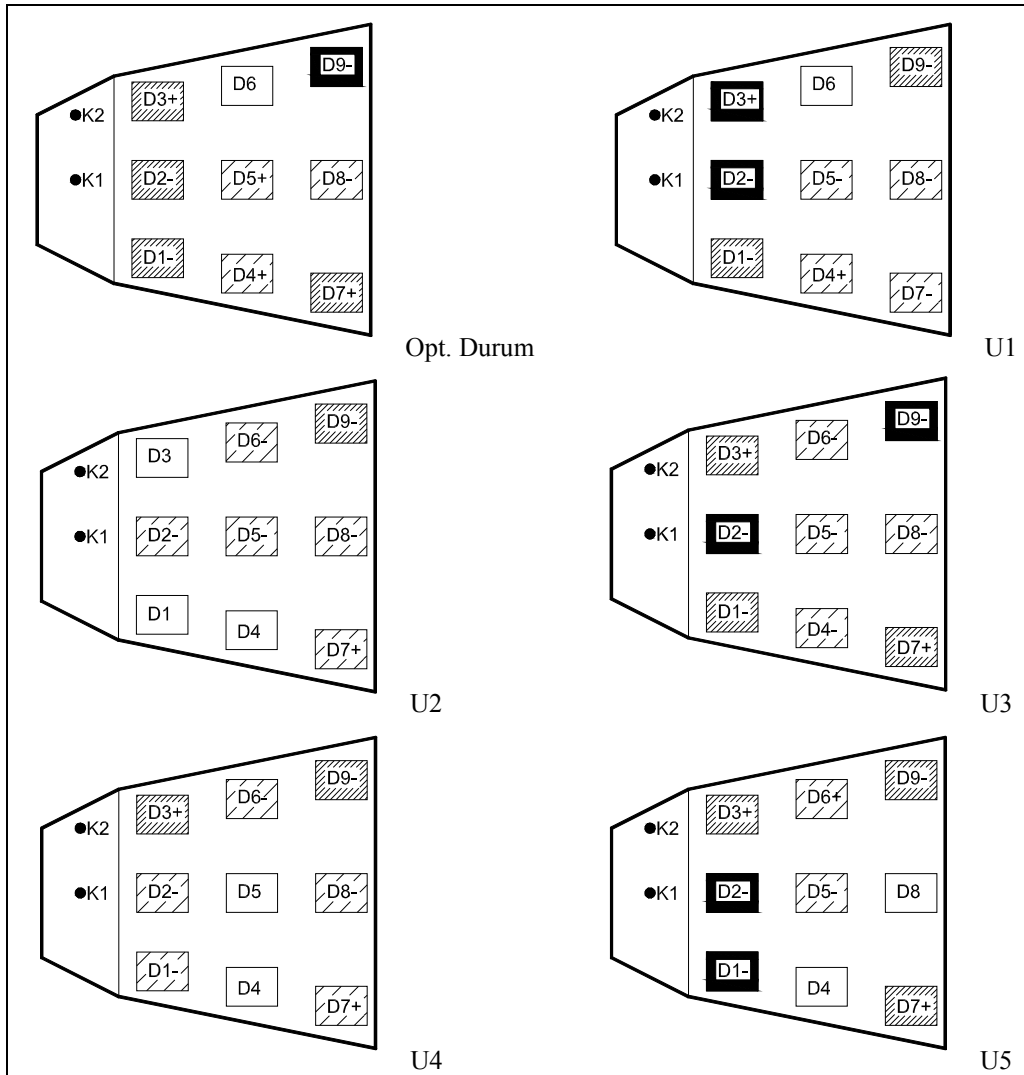
D50 Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen yelpaze planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında D50 parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.48’de yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen D50 değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+), (-)

simgeleri ile belirtilmiştir. Simge olmayan noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak ortadan yana geldiğinde D3 noktasında olumlu yönde değişim olduğu (D3+) ile gösterilmiştir.

Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir.

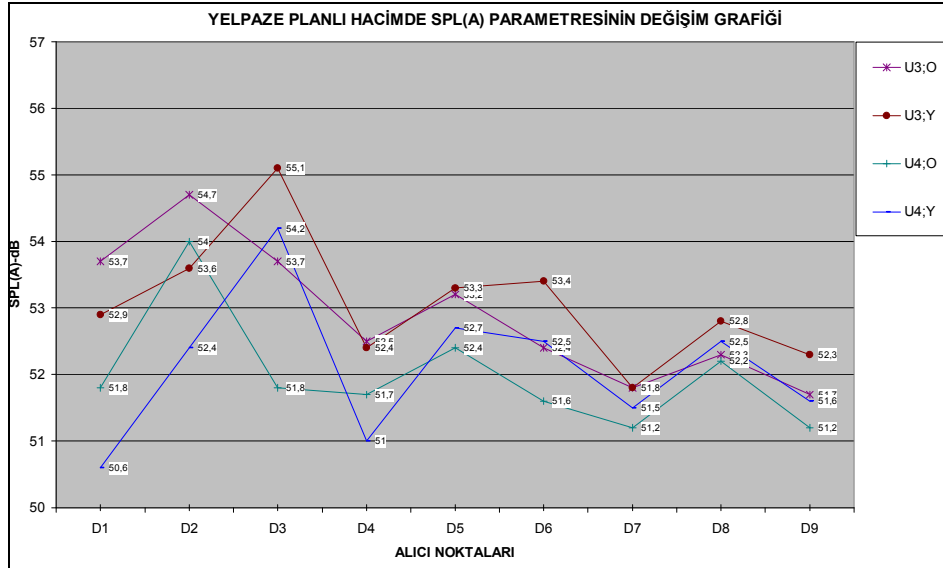
Yelpaze planlı hacimde kaynak konumunun değişmesi ile dinleyici noktalarındaki D50 parametresi değer ayrımları tüm koşullarda en fazla hacmin ön sıralarında ve D9 noktasında gerçekleşmiştir. Ön sıralardaki en büyük değişim U1, U3 ve U5'te meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra dinleyiciler arasındaki en az değişim tüm yüzeyler yutucu iken (U2) saptanmıştır. Yüzeylerin yutucu ya da yansıtıcı olması 4, 5 ve 6 numaralı dinleyicilerde büyük değişimler oluşturmazken, D9 en büyük ayrımı tavan yutucu diğer yüzeyler yansıtıcı iken (U3 durumu) almıştır (Bkz. Şekil 4.48).



U1 durumunda ses basınç düzeyi optimum ve U2 durumlarından daha yüksek düzeyde değerler almıştır. Değerlerin dinleyici noktalarına göre fark edilir değişimler oluşturmadığı ayrıca ön sıralardaki değerlerin arka sıralardan daha düşük olduğu saptanmıştır (Bkz. Şekil 4.49).

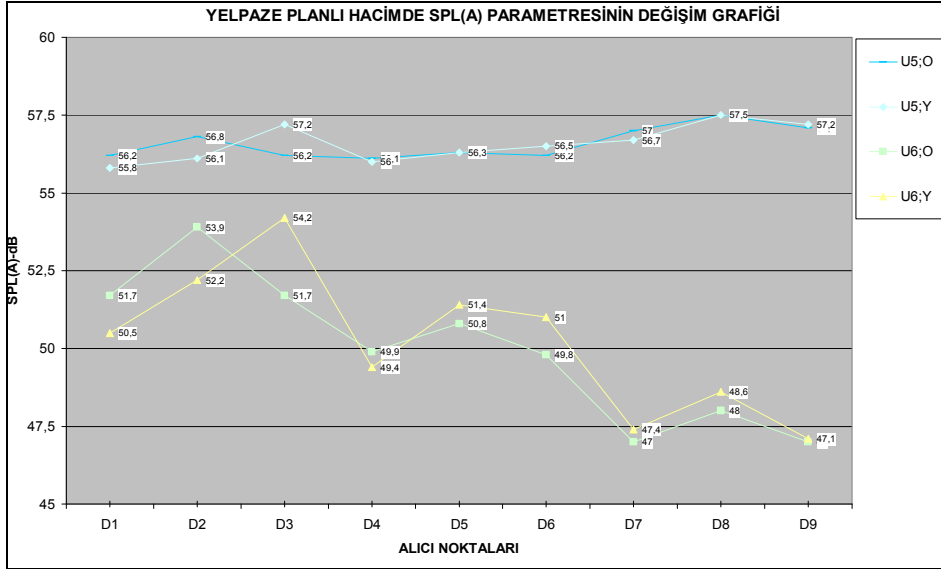
U2 durumu SPL(A) değerleri ise, dinleyici noktalarında en fazla değişimin saptandığı durum olarak Şekil 4.49’da görülmektedir. En yüksek değerler kaynak ortada iken D2’de kaynak yanda iken D3’te gerçekleşmiştir. En düşük değerler en arka sıralardaki dinleyici noktalarında saptanmıştır.

Şekil 4.50’de U3 ve U4 durumlarında dinleyici noktalarında SPL(A) değişken değerler almıştır. U3 ve U4 durumlarında kaynak yanda iken D3 noktasında, kaynak ortada iken D2 noktasında en yüksek değerleri almıştır.



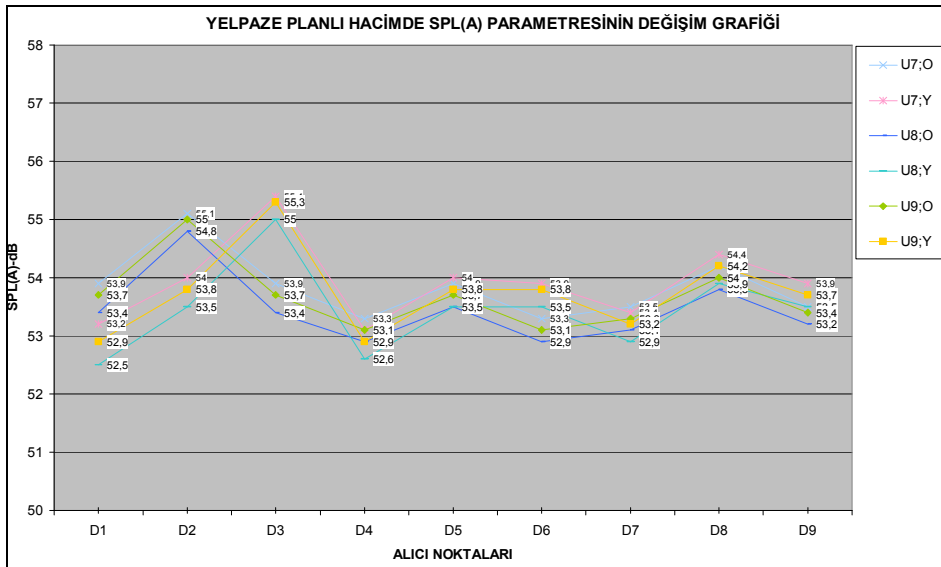
Şekil 4.50 Yelpaze planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında SPL(A) değişim grafiği

Şekil 4.51’de U5 durumunun U1 durumu ile benzer bir eğri oluşturduğu görülmektedir. SPL(A) değerlerinin diğer durumlara göre yüksek ve dinleyicilere göre fazla değişim göstermeyen değerler aldığı belirlenmiştir. U6 durumu ise U2 durumu ile benzer bir eğri oluşturmuştur. U6 durumunda en yüksek değerler kaynak ortada iken D2’de kaynak yanda iken D3’te gerçekleşmiştir. En düşük değerler en arka sıralardaki dinleyici noktalarında saptanmıştır.



Şekil 4.51 Yelpeze planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında SPL(A) değişim grafiği





Orta yutuculuktaki U7, U8 ve U9 durumları için SPL(A) parametresinin aldığı değerler kaynak yanda iken D3 ve ortada iken D2 noktalarında en yüksek, diğer dinleyici noktalarında ise birbirine yakın değerlerdedir. Üç durumun sonuçları birbirine paralel eğriler oluşturmuştur (Şekil 4.52).



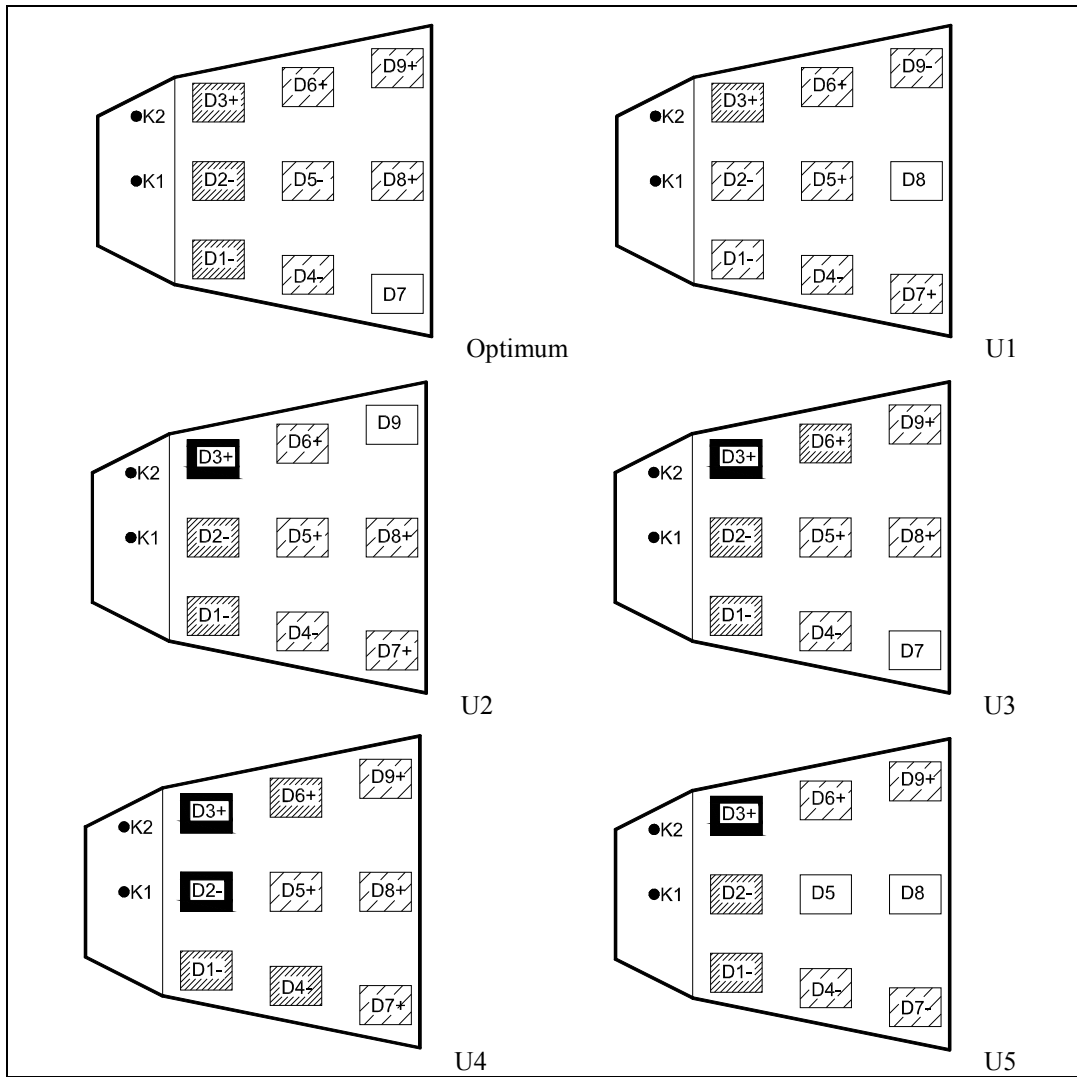
Şekil 4.52 Yelpeze planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında SPL(A) değişim grafiği

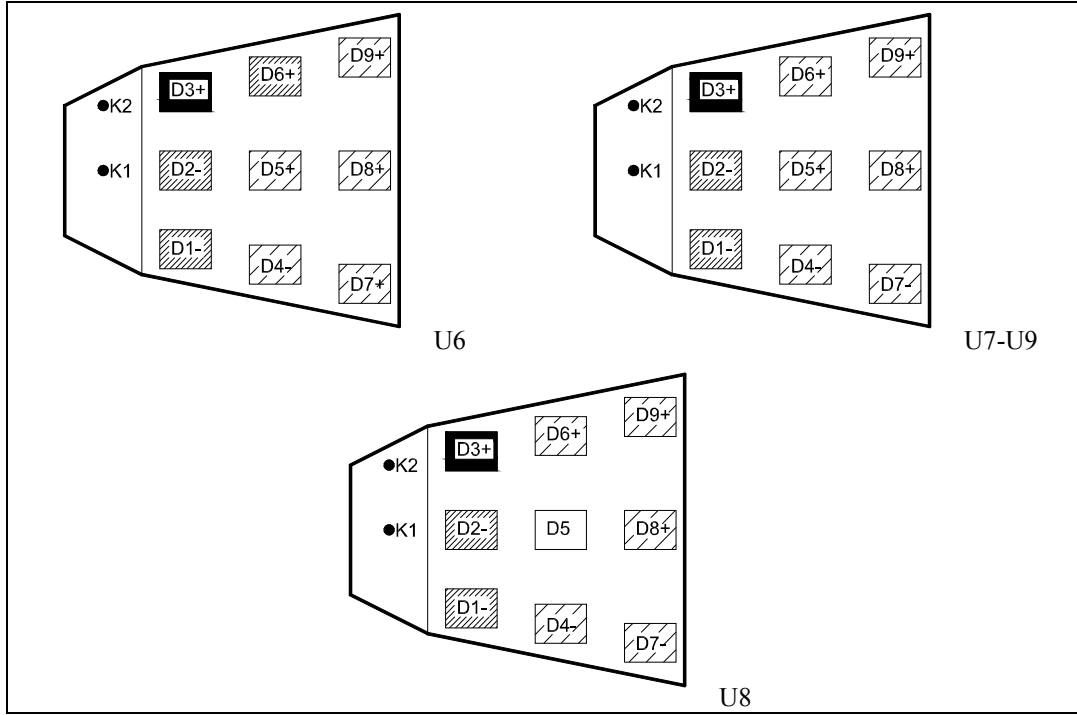
SPL(A) Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen yelpeze planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında SPL(A) parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.53’de yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen SPL(A) değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+),

(-) simgeleri ile belirtilmiştir. Simge olmayan noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak ortadan yana geldiğinde D3 noktasında olumlu yönde değişim olduğu (D3+) ile gösterilmiştir. Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir.

Yelpaze planlı hacimde kaynak konumunun değişmesi ile dinleyici noktalarındaki SPL(A) parametresinin tüm koşullarda en fazla değer ayrımları hacmin ön sıralarında belirlenmiştir. Dinleyici noktaları arasında en fazla değişimler U4 durumunda ve tüm durumlar arasında en fazla değişim D3'te olumlu yönde gerçekleşmiştir (Bkz. Şekil 4.53).



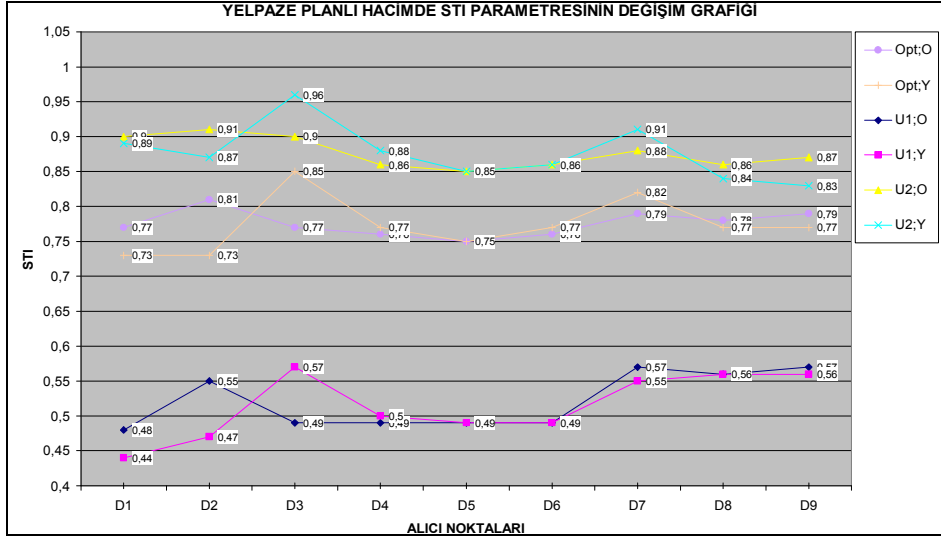


Şekil 4.53 Yelpeze planlı hacimde SPL(A) parametresi için "Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi"

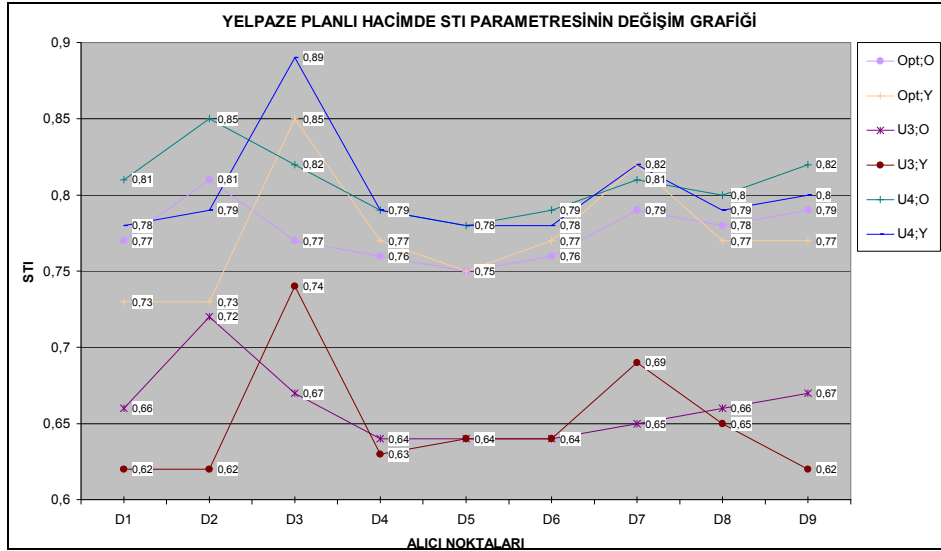
4.2.3 Yelpeze Planlı Hacim - STI Parametresi

Yelpeze planlı hacimde, yüzey yutuculuklarının ve kaynak konumunun değişmesi hacmin genelinde diğer hacim akustiği parametreleri gibi STI değerlerinde de değişime neden olmuştur. Bu bölümde belirlenen durumlarda incelenen STI parametresi değerlendirilmiştir.

Şekil 4.54'te optimum durum ve U2 durumu için gösterilen STI değerlerinin "iyi" düzeyde olduğu ve kaynak yanda iken D3 noktasında en yüksek değeri aldığı görülmektedir. U1 durumunda ise STI değerleri bazı noktalarında "kötü" ile değerlendirilirken, birçok dinleyici noktasında "orta" düzeyde olduğu belirlenmiştir. U1 durumu için, STI parametresinin en düşük değerlerini, her iki kaynak konumu için, D1 noktasında ve diğer dinleyici noktalarından yüksek değerleri D7, D8 ve D9 noktalarında aldığı görülmektedir.

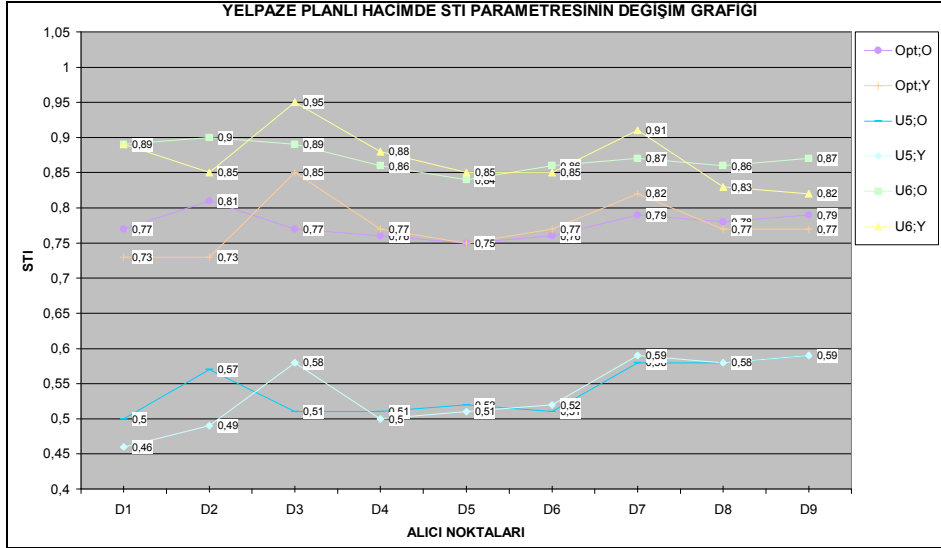


Şekil 4.54 Yelpaze planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında STI değışim grafiği



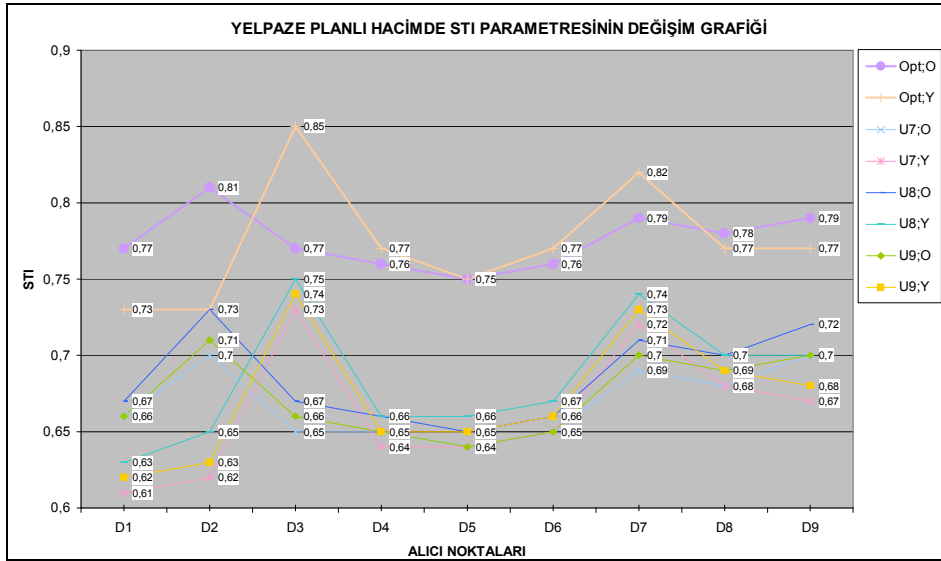
Şekil 4.55 Yelpaze planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında STI değışim grafiği

Şekil 4.55'te U4 durumu STI değeri U3 durumuna göre yüksek olduğu belirlenmiştir. U4'te değeri "iyi" olarak değerlendirilirken, kaynağın yanda olması durumunda D3 noktasında en yüksek değeri almıştır. U3'te değeri kaynak ortada iken D2 ve kaynak yanda iken D3 noktalarında "iyi", diğer noktalarda "orta" olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.56 Yelpeze planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında STI değişim grafiği

Şekil 4.56’da, U6 durumu için STI değerleri “iyi” olarak değerlendirilmektedir. U5 durumunda ise U1 durumuna benzer bir eğri ve yakın değerler ile D7, D8 ve D9 noktalarında en yüksek değerler almıştır.







Şekil 4.57 Yelpeze planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında STI değişim grafiği

Orta yutuculuktaki yüzeylerin oluşturduğu U7, U8 ve U9 durumlarında STI değerleri optimum durumdan düşük ancak benzer eğriler oluşturmuştur. Kaynağa yakın ön sıralarda STI değerleri kaynağın yer değiştirmesiyle değişmiş, orta sıralarda orta düzeyde kalmış ve arka sıralarda ise beklenenin aksine yüksek değerler almıştır (Bkz. Şekil 4.57).

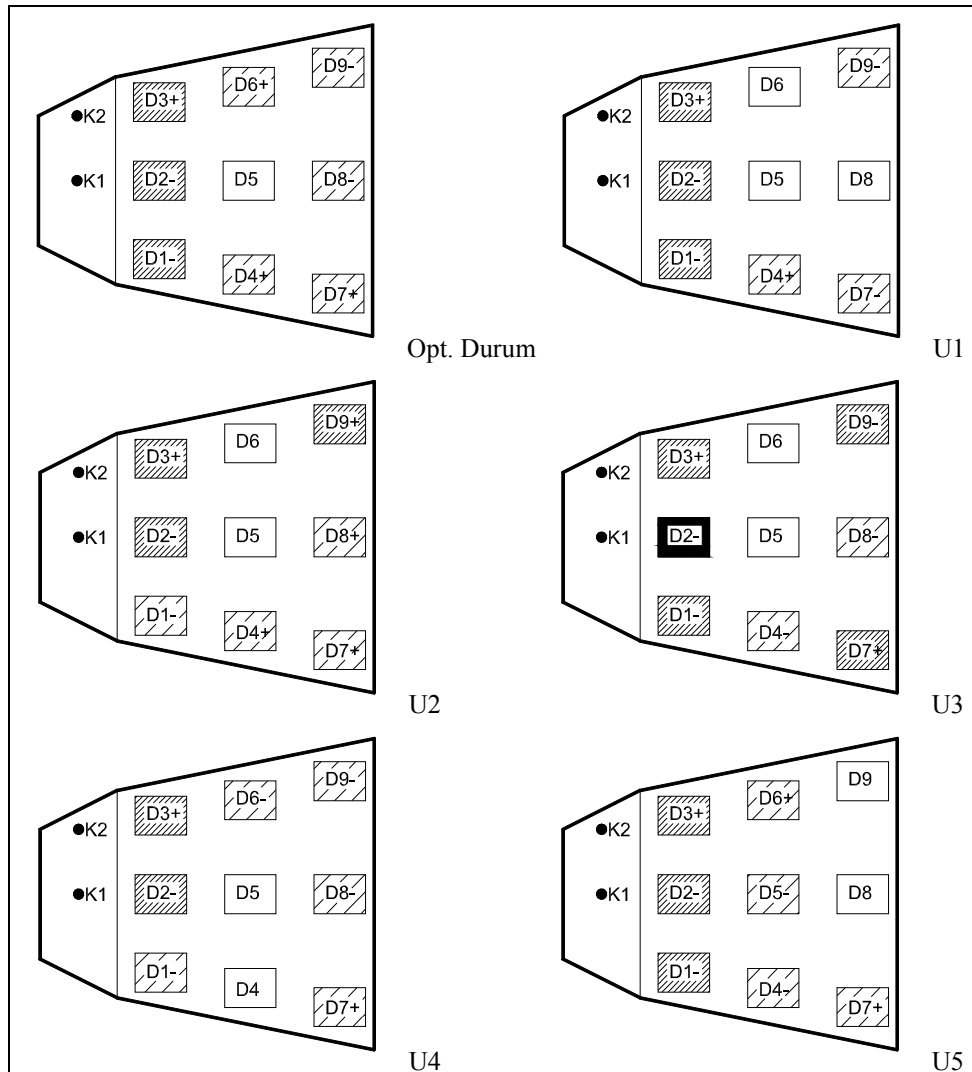
STI Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

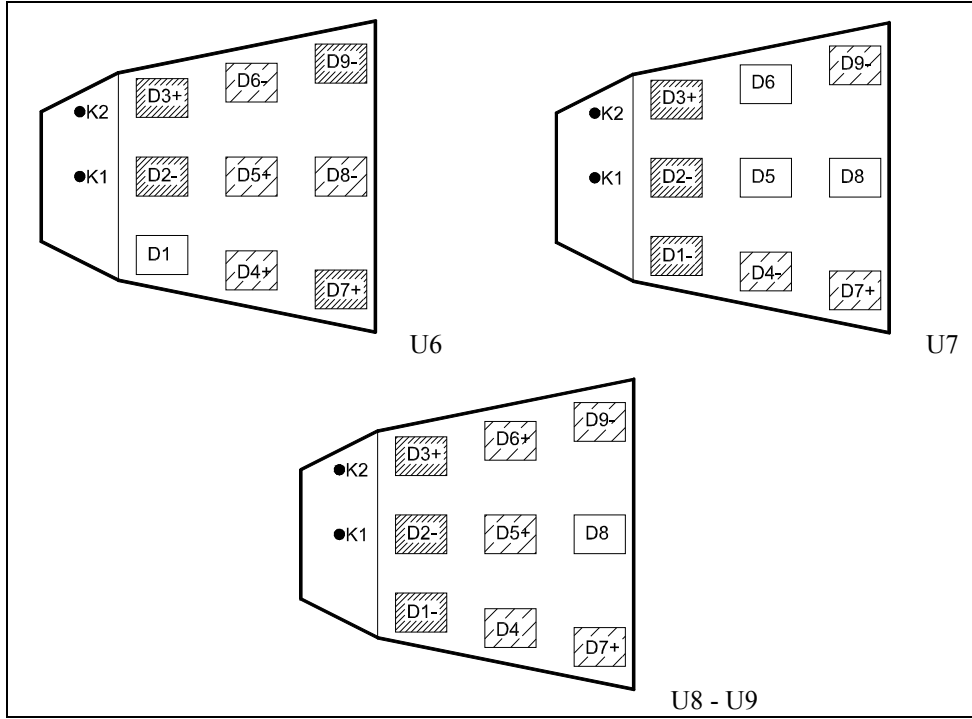
Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen yelpeze planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile

dinleyici noktalarında STI parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.58’de yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen STI değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+), (-) simgeleri ile belirtilmiştir. Simge olmayan noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak ortadan yana geldiğinde D3 noktasında olumlu yönde değişim olduğu (D3+) ile gösterilmiştir.

Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir.

Yelpaze planlı hacimde kaynak konumunun değişmesi ile dinleyici noktalarındaki STI parametresi değer ayrımları tüm koşullarda en fazla hacmin ön sıralarında ve D2 noktasında gerçekleşmiştir. Yüzeylerin yutucu ya da yansıtıcı olması 4, 5 ve 6 numaralı dinleyicilerde büyük değişimler oluşturmazken, en büyük ayrımlar U3 durumunda gerçekleşmiştir (Bkz. Şekil 4.58).



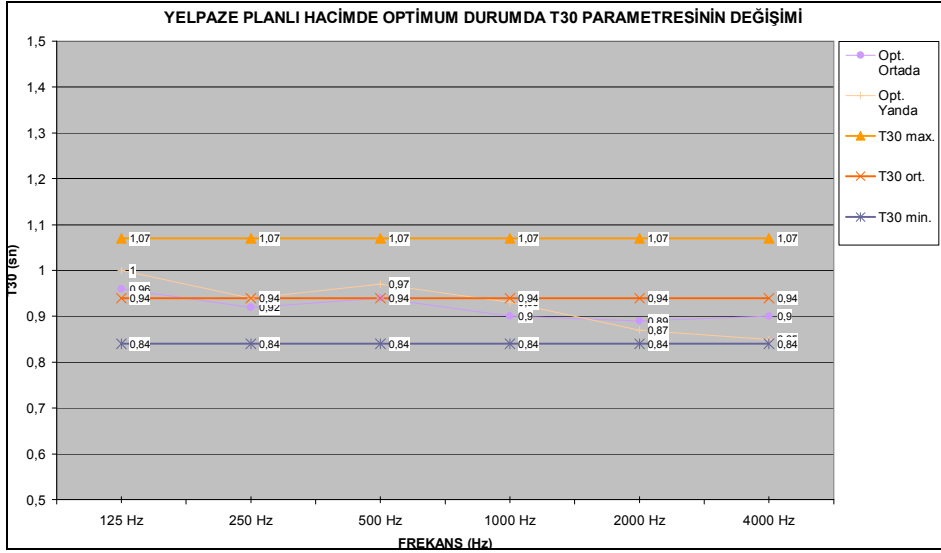


Şekil 4.58 Yelpaze planlı hacimde STI parametresi için “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

4.2.4 Yelpaze Planlı Hacim – EDT ve T₃₀ Parametresi

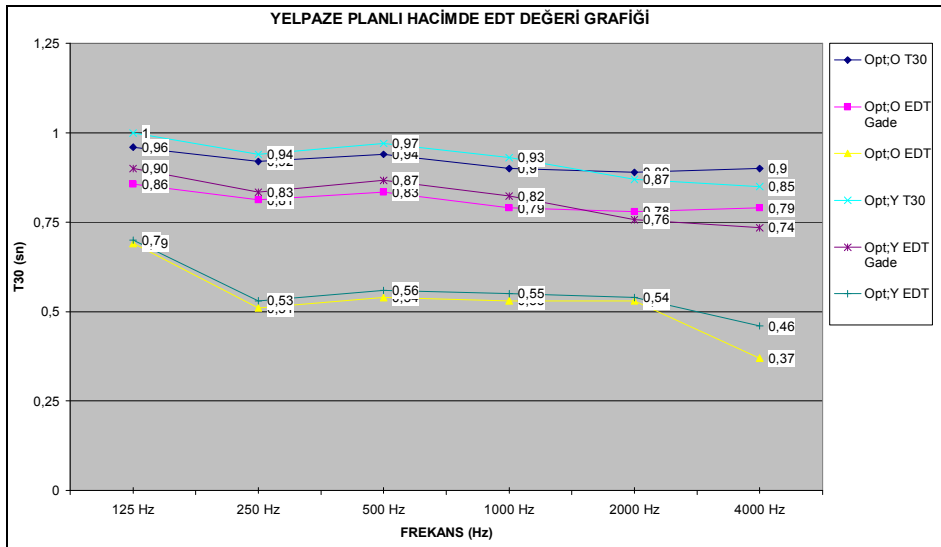
Çalışmanın bu bölümünde, yelpaze planlı hacimde EDT parametresinin, yüzey yutuculuklarına ve kaynak konumuna bağlı değişimi T₃₀ ve EDT_{GADE} ile ilişkili olarak değerlendirilmiştir (Bkz. Bölüm 4). Yelpaze planlı hacmin optimum durumda ve değişik yüzey yutuculuklarında, EDT ve T₃₀ parametrelerinin frekanslara göre değişimi grafikler yardımı ile incelenmiştir.

Optimum durumda yelpaze planlı hacmin yansım süresi değerleri her iki kaynak konumları için optimum değerler almıştır (Bkz. Şekil 4.59). T₃₀ değerleri, yüksek frekanslarda alçak frekanslara göre biraz daha düşük değerler almıştır. Kaynağın yanda olması durumunda 125, 500 ve 1000 Hz’lerde değer artışı görülmüştür.



Şekil 4.59 Yelpaze planlı hacimde optimum durum için T30 değişim grafiği

Optimum durumda, EDT değeri değişim grafiği Şekil 4.60'da verilmiştir. Her iki kaynak konumu için EDT_{GADE} değerleri olması gereken değer aralıklarında (T_{30} ve EDT değerleri) kalabilmiştir.

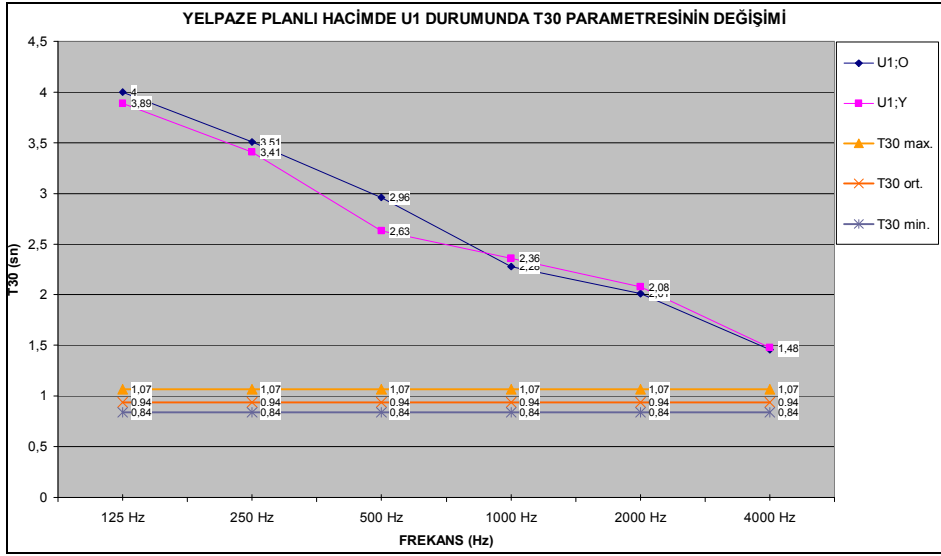


Şekil 4.60 Yelpaze planlı hacimde optimum durum için EDT değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde U1 durumu için kaynak konumunun değişmesi ile hesaplanan T_{30} parametresinin değerleri Şekil 4.61'de, EDT parametresinin değerleri ise Şekil 4.62'de gösterilmiştir. Her iki kaynak konumu için hem yansıma süresi hem de erken düşme süresi değerleri hacimde düzgün bir eğri oluşturamamıştır.

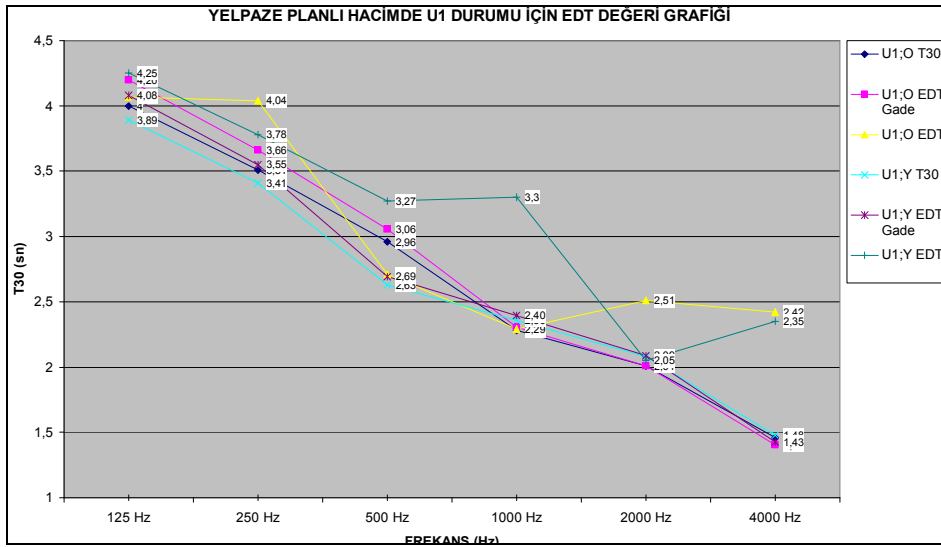
Yansıma süresi değerleri optimum değerlerden çok yüksek ve frekanslara göre oldukça fazla değişim gösteren bir eğri oluşturmaktadır. Kaynağın yer değiştirmesi yansıma süresi

değerlerini değiştirmemiştir. Düşük frekanslarda değerler çok yüksek iken yüksek frekanslara doğru düşmüştür.



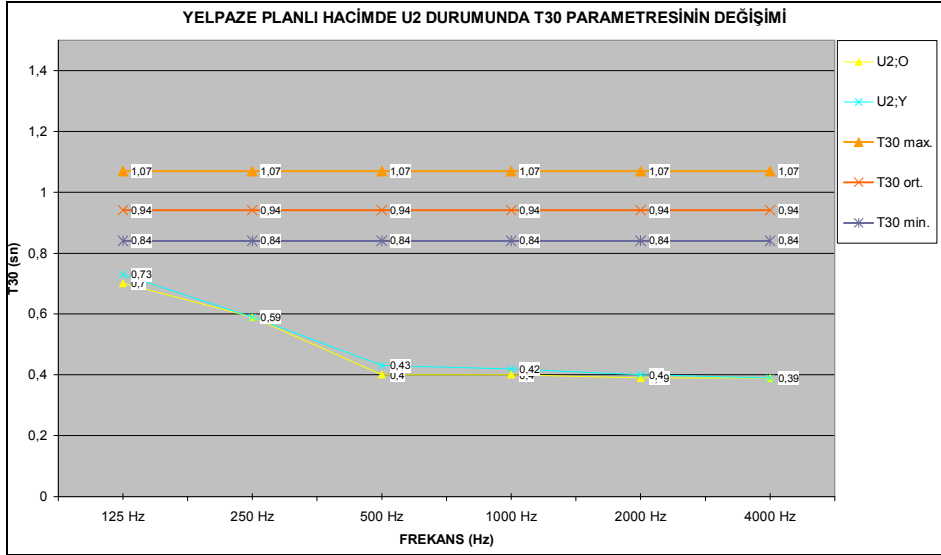
Şekil 4.61 Yelpaze planlı hacimde U1 durumu için T30 değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde U1 durumu için EDT değerleri kaynağın ortada ya da yanda olması durumunda optimum değer aralıklarına girememiştir.



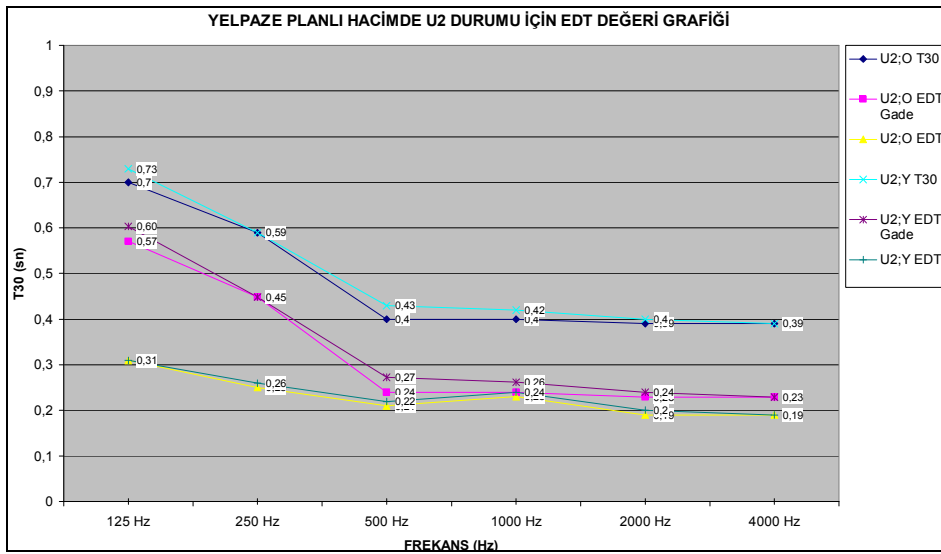
Şekil 4.62 Yelpaze planlı hacimde U1 durumu için EDT değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde U2 durumu için kaynak konumunun değişmesinin T_{30} değerlerini değiştirmedeği görülmektedir (Bkz. Şekil 4.63). Yansıma süresi optimum değerlerden oldukça düşük, orta ve yüksek frekanslarda birbirine oldukça yakın değerler almış ancak düşük frekanslarda daha yüksek değerlerdedir.



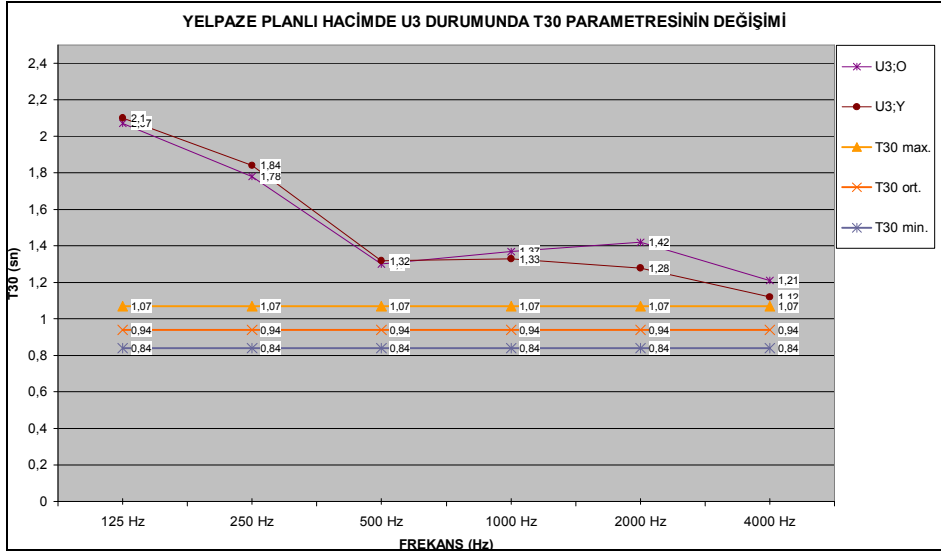
Şekil 4.63 Yelpaze planlı hacimde U2 durumu için T30 değişim grafiği

U2 durumu için EDT değerleri düşük frekanslarda yüksek değerlerde ve optimum aralıkta iken, orta frekanslarda sınır değerlerde ve yüksek frekanslarda en düşük değerler ile optimum aralıklarda kalmıştır. Kaynağın yanda olması durumu EDT değerlerinde değişim oluşturmamıştır (Bkz. Şekil 4.64).



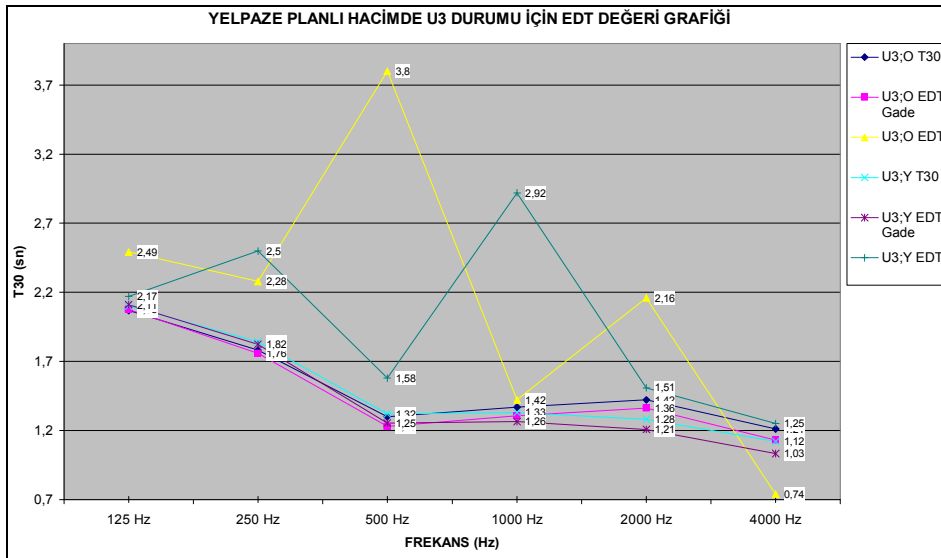
Şekil 4.64 Yelpaze planlı hacimde U2 durumu EDT değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde U3 durumunda, yansım süresi frekanslara göre değişim gösterirken, düşük frekanslarda oldukça yüksek, orta ve yüksek frekanslarda ise daha düşük değerler almıştır (Bkz. Şekil 4.65). Kaynak konumunun değişmesi ile yüksek frekanslarda yansım süresi optimum değerlere yaklaşmış ancak yüksek ayrımlar oluşturmamıştır. Her iki durumda da yansım süresi optimum değerler dışında kalmıştır.



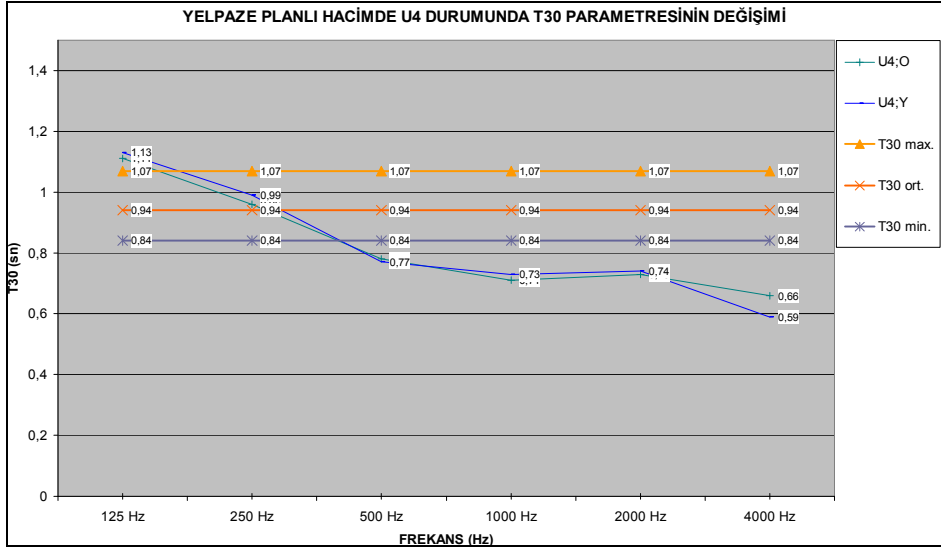
Şekil 4.65 Yelpeze planlı hacimde U3 durumu için T30 değişim grafiği

Şekil 4.66'da yelpeze planlı hacimde U3 durumunda EDT değerleri değişimi gösterilmiştir. EDT değerleri U3 durumunda kaynağın her iki konumu için EDT_{GADE} , optimum aralığın dışında ve frekanslara göre düzgün olmayan bir eğri oluşturmuştur (Şekil 4.66).



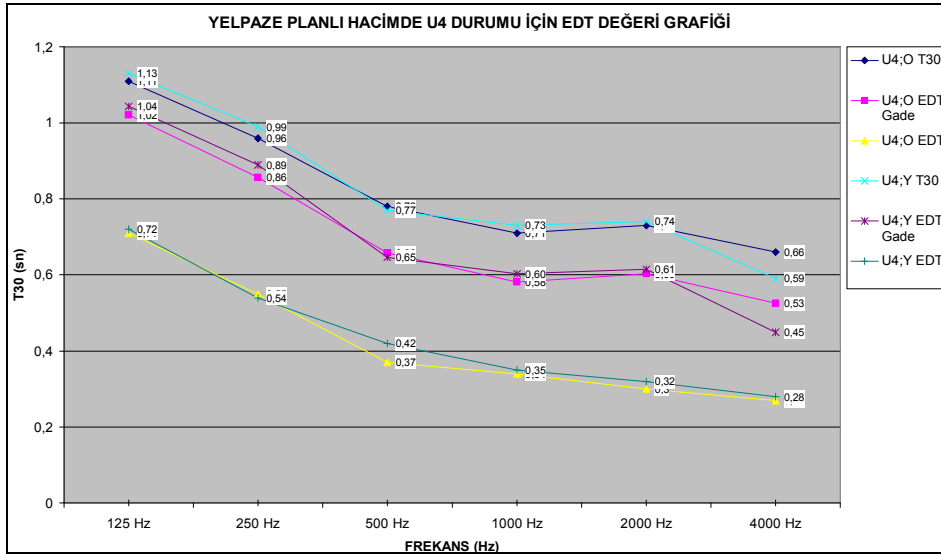
Şekil 4.66 Yelpeze planlı hacimde U3 durumu EDT değişim grafiği

U4 durumunda yansıma süresi frekanslara göre düzgün olmayan bir eğri oluşturmuştur (Bkz. Şekil 4.67). Kaynak konumunun değişmesi yansıma süresi değerlerinde büyük değişimlere neden olmamıştır. Düşük frekanslarda değerler yüksek ve optimum değerlerde, orta ve yüksek frekanslarda ise optimum değerlerden düşük değerler almıştır.



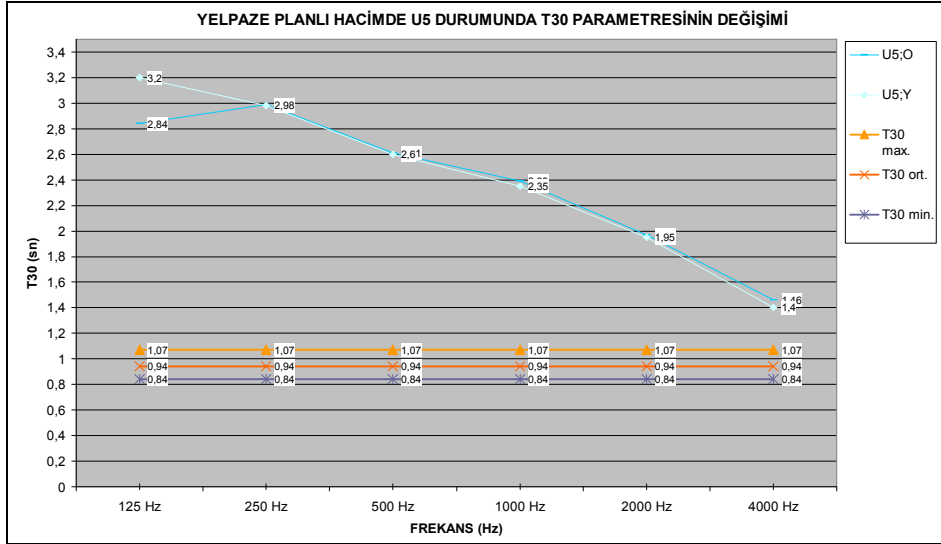
Şekil 4.67 Yelpaze planlı hacimde U4 durumu için T30 değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde U4 durumu için EDT değeri grafiği Şekil 4.68’de gösterilmiştir. EDT ve T30 değerleri ile birlikte değerlendirilen EDT_{GADE} değerleri, kaynak ortada ve yanda iken birbirine yakın değerler almış ve optimum aralıklar arasında kalmıştır.



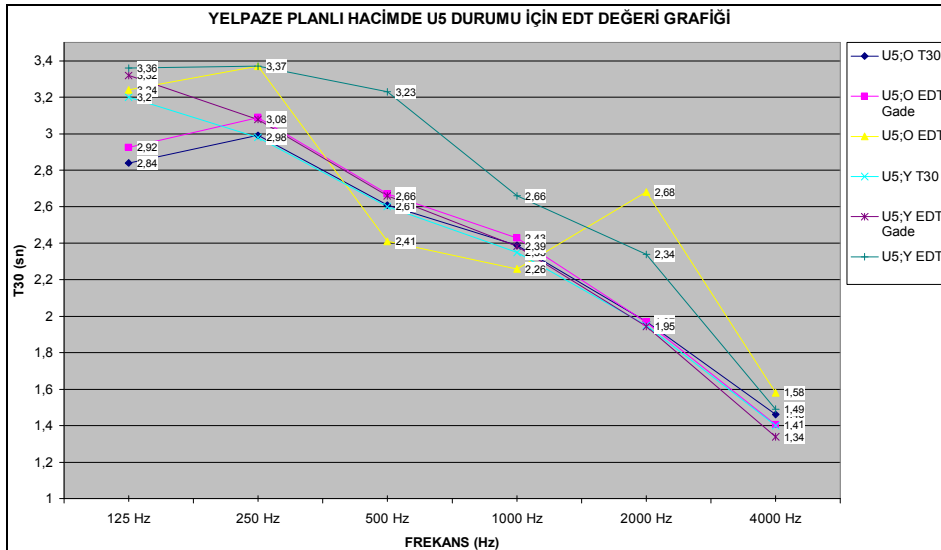
Şekil 4.68 Yelpaze planlı hacimde U4 durumu EDT değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde U5 durumunda T_{30} parametresi optimum değerlerin üzerinde ve frekanslara göre düzgün olmayan bir eğri oluşturmuştur (Bkz. Şekil 4.69). Kaynağın konumu yansıma süresi değerlerinde frekanslara göre büyük ayrımlar oluşturmamıştır.



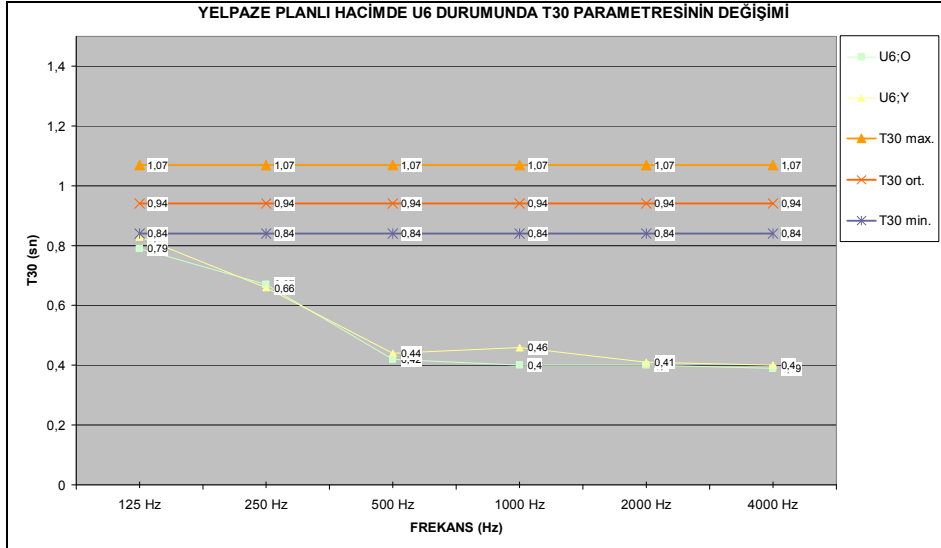
Şekil 4.69 Yelpaze planlı hacimde U5 durumu için T30 değişim grafiği

U5 durumunda Şekil 4.70'de gösterilmiş EDT grafiğinde de frekanslara göre düzgün olmayan eğriler görülmektedir. Kaynağın ortada ve yanda olması durumunda tüm EDT_{GADE} ve EDT değerleri, T30 eğrisinden yüksek değerler olarak istenmeyen bir durum oluşturmuştur.



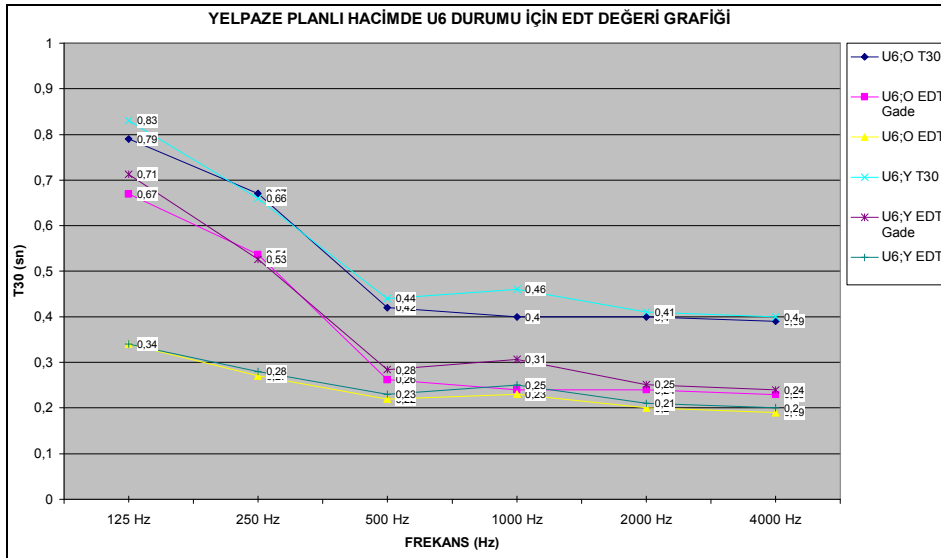
Şekil 4.70 Yelpaze planlı hacimde U5 durumu EDT değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde U6 durumu için kaynak konumunun değişmesinin T_{30} değerlerini değiştirmedeği görülmektedir (Bkz. Şekil 4.71). Yansıma süresi U2 durumu ile benzer bir eğri oluşturarak optimum değerlerden oldukça düşüktür.



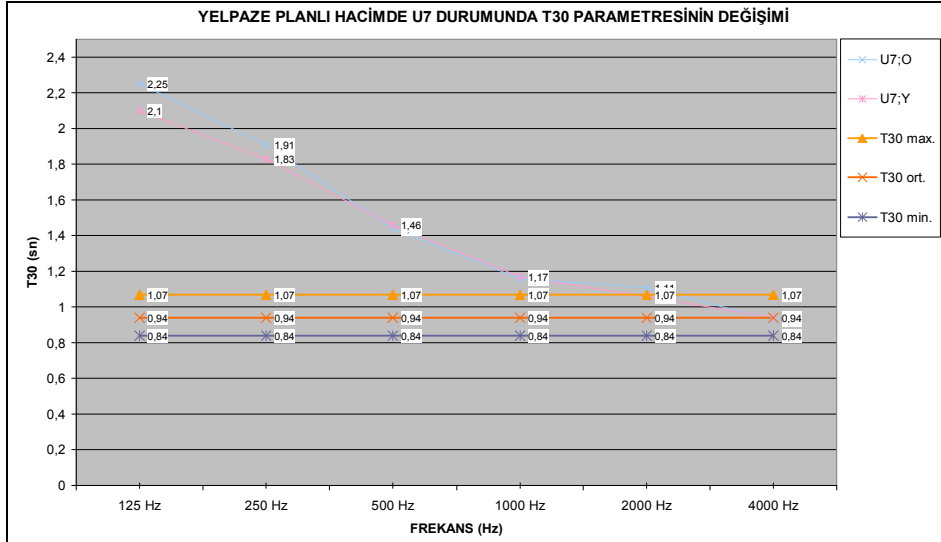
Şekil 4.71 Yelpaze planlı hacimde U6 durumu için T30 değişim grafiği

U6 durumunda EDT değerleri Şekil 4.72’de gösterilmiştir. Kaynağın her iki durumu için tüm frekanslarda EDT değerleri optimum aralıklarda kalmıştır.



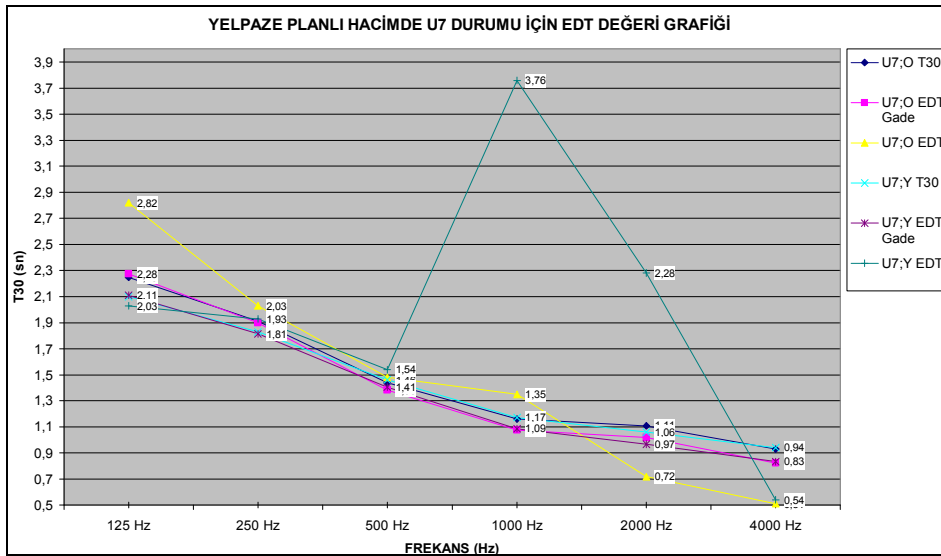
Şekil 4.72 Yelpaze planlı hacimde U6 durumu EDT değeri grafiği

Yelpaze planlı hacimde U7 durumunda yansıma süresi değerleri düşük ve orta frekanslarda optimum değerlerden yüksek, yüksek frekanslarda ise optimum değerlerin arasında değerler almıştır (Şekil 4.73).



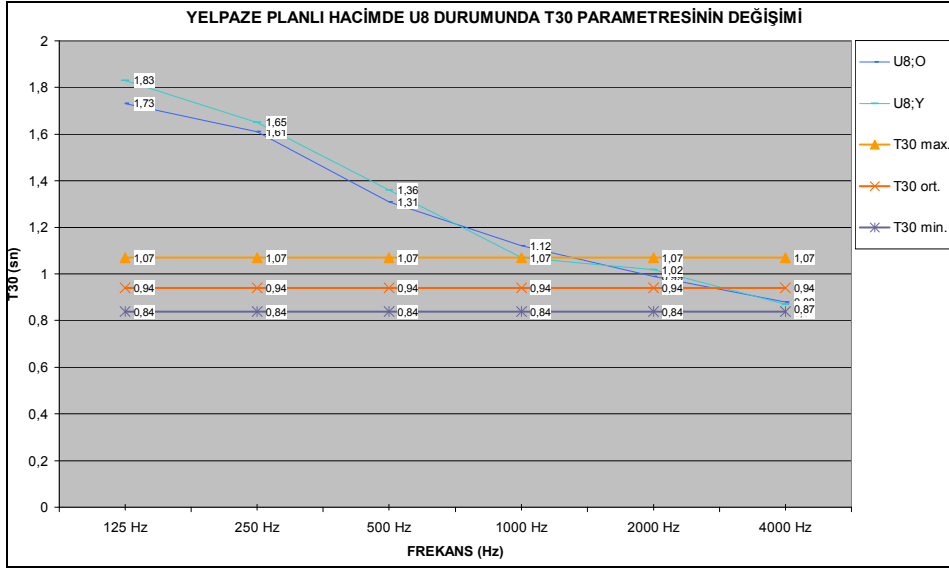
Şekil 4.73 Yelpaze planlı hacimde U7 durumu için T30 değişim grafiği

U7 durumunda EDT değerleri kaynağın ortada ve yanda olması durumunda düzgün bir eğri oluşturmamıştır (Bkz. Şekil 4.74).



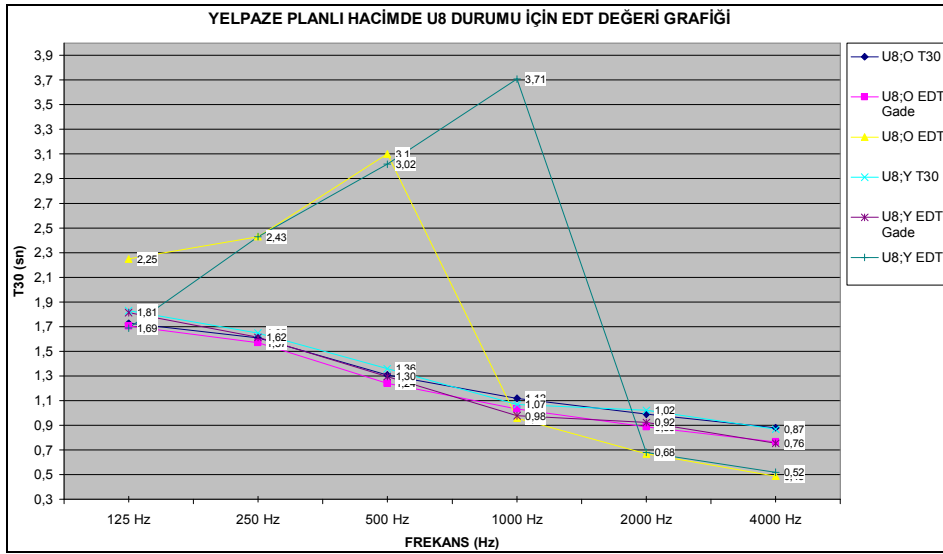
Şekil 4.74 Yelpaze planlı hacimde U7 durumu EDT değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde U8 durumunun frekanslara göre değişen yansıma süresi değerleri Şekil 4.75'te görülmektedir. Yansıma süresi düşük ve orta frekanslarda oldukça uzun iken, yüksek frekanslarda kare planlı hacim için optimum değerler almıştır. Kaynak konumunun değişmesi yansıma süresi değerlerinde önemli ayırım oluşturmamıştır. U8 durumu U7 ile karşılaştırıldığında yansıma süresi eğrileri benzer iken U8'deki süre U7'ye göre daha kısadır. Bu durum sahnenin yutucu olması nedeniyle gerçekleşmiştir.



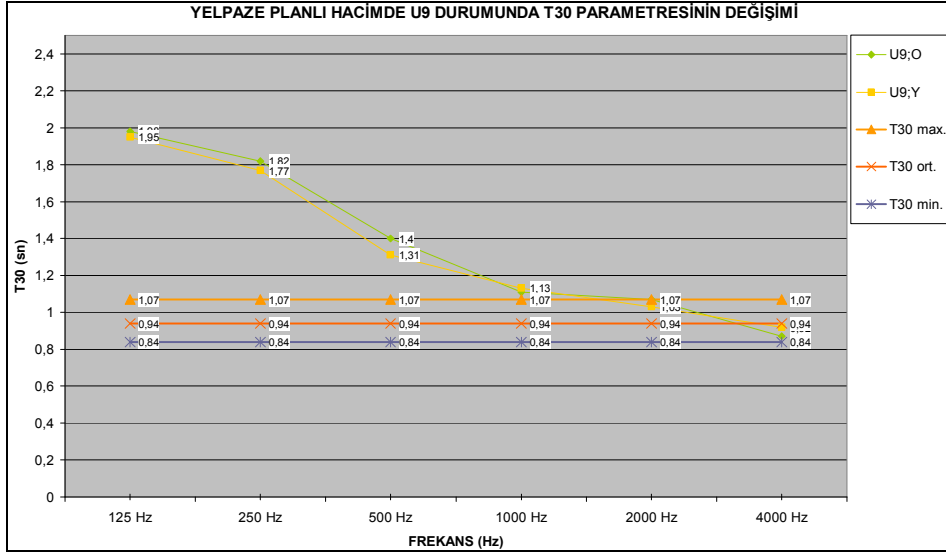
Şekil 4.75 Yelpaze planlı hacimde U8 durumu için T30 değişim grafiği

U8 durumunda EDT değerleri, kaynağın ortada ve yanda olması durumunda optimum değer aralıklarının dışında kalmıştır (Şekil 4.76).



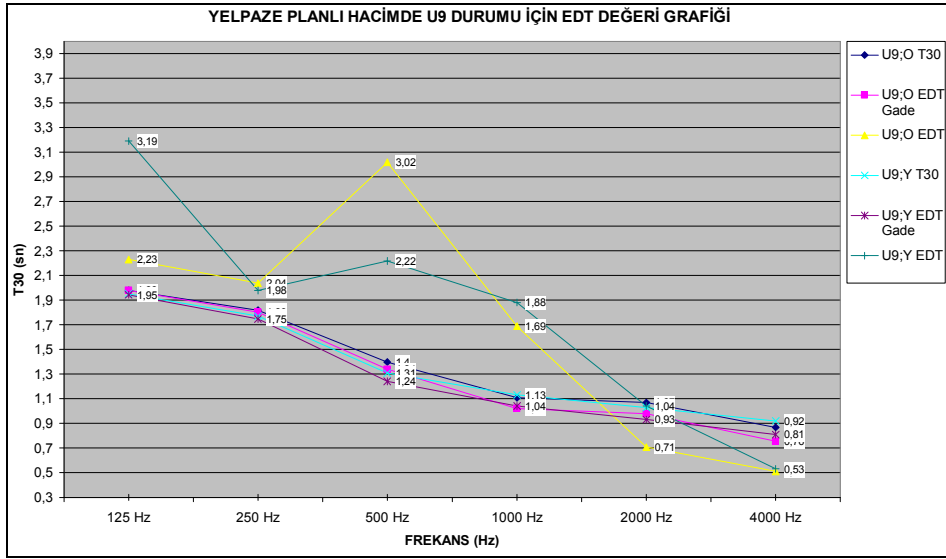
Şekil 4.76 Yelpaze planlı hacimde U8 durumu EDT değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde U9 durumunun frekanslara göre değişen yansım süresi değerleri Şekil 4.77'de görülmektedir. Yansım süresi düşük frekanslarda oldukça uzun iken, yüksek frekanslarda yelpaze planlı hacim için optimum değerler almıştır. Kaynak konumunun değişmesi yansım süresi değerlerinde önemli ayırma oluşturmamıştır. U9 durumu yansım süresi değerleri, orta yutuculuktaki U7 ve U8 durumlarına benzer eğri oluşturmuştur.



Şekil 4.77 Yelpeze planlı hacimde U9 durumu için T30 değişim grafiği





U9 durumunda EDT değerleri, kaynağın ortada ve yanda olması durumunda optimum değer aralıklarının dışında kalmıştır (Bkz. Şekil 4.78).

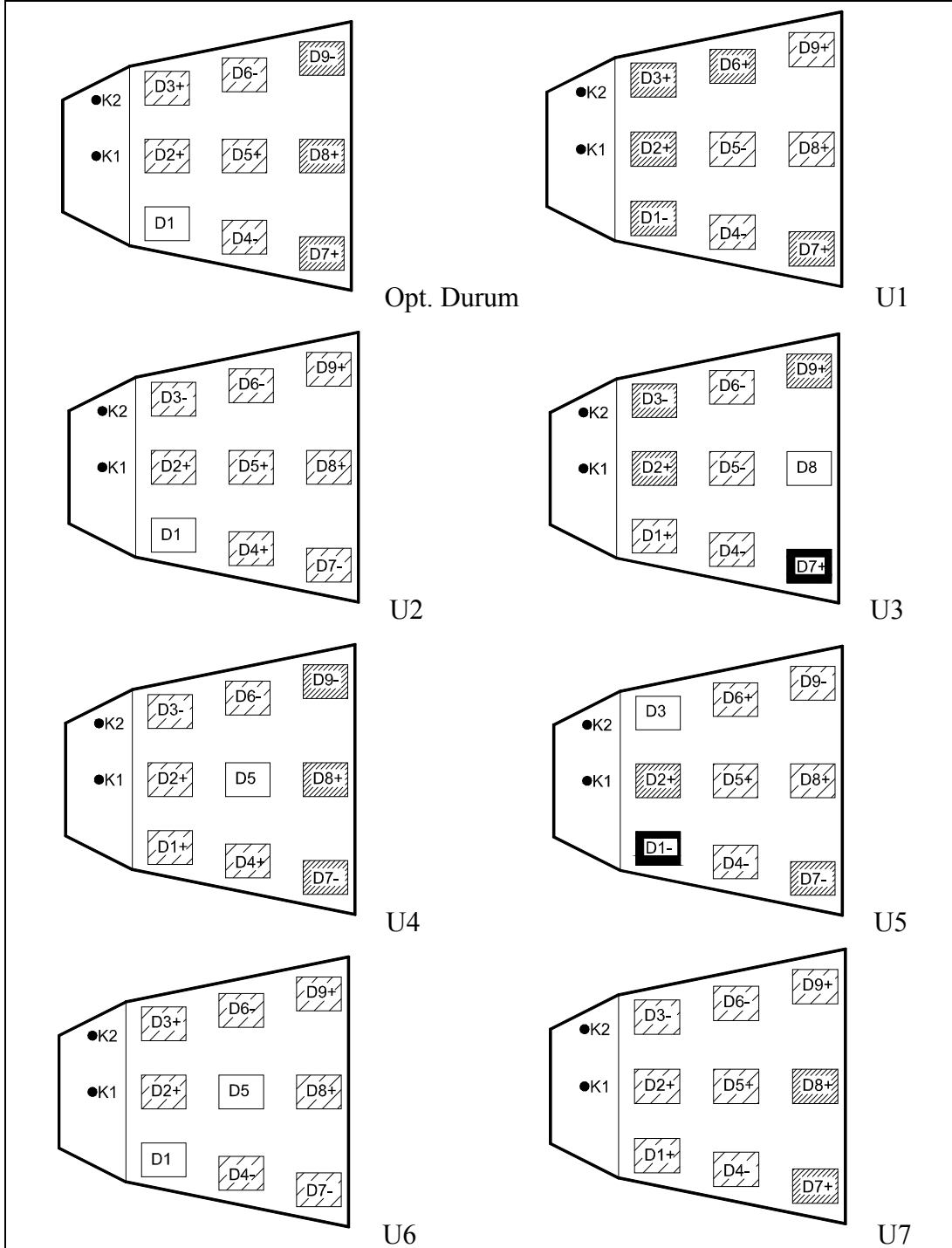


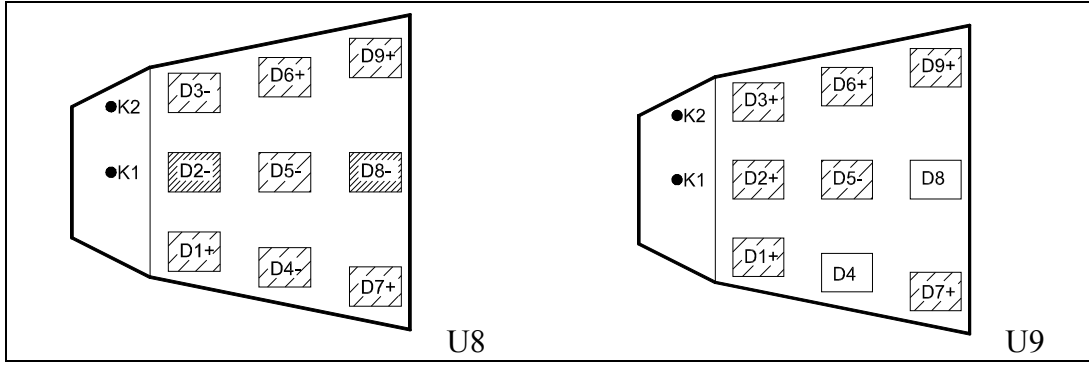
Şekil 4.78 Yelpeze planlı hacimde U9 durumu için EDT değişim grafiği

T30 Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”:

Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen yelpeze planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında T30 parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.79’da yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen T30 değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+), (-) sembelleri ile belirtilmiştir. Simge olmayan noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak ortadan yana geldiğinde D3 noktasında olumlu yönde değişim olduğu (D3+) ile gösterilmiştir.

Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir.





Şekil 4.79 Yelpaze planlı hacimde T30 parametresi için "Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi"

Yelpaze planlı hacimde değişim en çok U3'te görülmektedir. Değişimin az olduğu hacim tipleri ise U2, U6 ve U9 olarak belirlenmiştir.

4.2.5 Yelpaze Planlı Hacim İçin Değerlendirme

Kaynak konumu değişiminin (sahnenin ortasından sahne yanına doğru) hacim akustiği parametrelerinde yol açtığı olumlu ya da olumsuz değişimler, incelenen tüm koşullar için Çizelge 4.4'te toplu olarak sunulmaktadır

Çizelge 4.4 Yelpaze planlı hacimde, kaynağın sahne ortasından sahne yanına yer değiştirmesinin hacim akustiği parametreleri üzerinde yol açtığı ayrımlar (Koyu bölgeler değişimin belirgin olduğunu göstermektedir).

Hacim Tipi	Dinleyici Konumu	Hacim Tipi									Hacim Tipi	Dinleyici Konumu	Hacim Tipi								
		Parametre	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8			D9	Parametre	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Optimum	D50	-	-	+	+	+	+	+	-	=	U5	D50	=	=	+	-	+	+	+	-	-
	SPL(A)	-	-	+	-	-	+	+	+	+		D50	-	-	+	-	+	+	+	+	+
	STI	-	-	+	+	+	+	+	-	-		STI	-	-	+	-	-	+	+	+	+
	T30	+	+	+	-	+	-	+	+	+		T30	=	+	-	+	+	-	+	+	-
U1	D50	-	=	+	+	-	-	-	-	-	U6	D50	-	-	+	-	-	+	-	+	=
	SPL(A)	-	-	+	-	+	+	+	+	+		SPL(A)	-	-	+	-	+	+	+	+	
	STI	-	-	+	+	+	+	+	+	+		STI	-	-	+	+	+	+	+	+	
	T30	-	+	+	-	-	+	+	+	+		T30	-	+	+	-	-	-	+	+	
U2	D50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U7	D50	-	-	+	+	+	+	-	+	=
	SPL(A)	-	-	+	-	+	+	+	+	+		SPL(A)	-	-	+	-	+	+	-	+	
	STI	-	-	+	+	+	+	+	+	+		STI	-	-	+	-	+	+	+	-	
	T30	-	+	-	+	+	-	-	+	+		T30	+	+	-	-	+	-	+	+	
U3	D50	-	=	-	-	-	-	+	-	=	U8	D50	-	-	+	+	+	+	-	+	=
	SPL(A)	-	-	+	-	+	+	+	+	+		SPL(A)	-	-	+	-	+	-	+	+	
	STI	-	-	+	-	+	+	+	+	+		STI	-	-	+	+	+	+	+	-	
	T30	+	+	-	-	-	-	+	+	+		T30	+	+	-	-	+	+	+	-	
U4	D50	-	-	+	+	-	+	-	+	+	U9	D50	-	-	+	+	+	+	-	+	=
	SPL(A)	-	-	+	-	+	+	+	+	+		SPL(A)	-	-	+	-	+	+	-	+	
	STI	-	-	+	+	+	+	+	+	+		STI	-	-	+	+	+	+	+	-	
	T30	+	+	-	+	-	-	+	+	+		T30	+	+	+	-	+	+	+	+	

Çizelge 4.5'te ise, yelpaze planlı hacimde, her iki kaynak konumunda, değişik dinleyici noktalarında elde edilen parametre değerleri arasındaki minimum ve maksimum ayrımlar yer almaktadır.

Çizelge 4.5 Yüzey yutuculukları değişen yelpaze planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında ölçülen parametre değerleri arasındaki min- max ayrımlar (O: Kaynak sahnenin ortasında, Y: kaynak sahnenin yanında)

YELPAZE PLAN												
Dinleyici noktaları	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Birim	min - max değer ayrımları	
U1;O	D50	0,37	0,46	0,39	0,36	0,37	0,35	0,53	0,49	0,52		0,18
	T30	2,54	2,7	2,68	2,71	2,68	2,87	2,72	2,65	2,74	sn	0,33
	EDT	3,64	2,87	2,47	2,47	3	2,89	2,94	3,53	3,22	sn	1,17
	EDTgade	2,594	2,77	2,748	2,781	2,748	2,957	2,792	2,715	2,814	sn	0,36
	SPL (A)	57	57,1	56,7	56,7	56,8	56,8	57,5	58	57,5	dB	1,30
	STI	0,48	0,55	0,49	0,49	0,49	0,49	0,57	0,56	0,57		0,09
U1;Y	D50	0,3	0,35	0,49	0,37	0,36	0,35	0,5	0,47	0,46		0,20
	T30	2,66	2,54	2,58	2,79	2,7	2,65	2,58	2,58	2,65	sn	0,25
	EDT	2,59	2,61	3,56	2,74	3,25	2,93	3,22	4,03	3,55	sn	1,44
	EDTgade	2,726	2,594	2,638	2,869	2,77	2,715	2,638	2,638	2,715	sn	0,28
	SPL (A)	56,6	56,8	57,4	56,4	57	57,1	57,6	58	57,9	dB	1,60
	STI	0,44	0,47	0,57	0,5	0,49	0,49	0,55	0,56	0,56		0,13
U2;O	D50	0,96	0,97	0,97	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94	0,95		0,03
	T30	0,48	0,5	0,48	0,43	0,44	0,48	0,54	0,45	0,49	sn	0,11
	EDT	0,17	0,18	0,17	0,25	0,26	0,26	0,26	0,24	0,25	sn	0,09
	EDTgade	0,328	0,35	0,328	0,273	0,284	0,328	0,394	0,295	0,339	sn	0,12
	SPL (A)	51,3	53,7	51,3	49,6	50,5	49,5	46,6	47,6	46,7	dB	7,10
	STI	0,9	0,91	0,9	0,86	0,85	0,86	0,88	0,86	0,87		0,06
U2;Y	D50	0,96	0,96	0,97	0,94	0,93	0,91	0,97	0,92	0,87		0,10
	T30	0,48	0,52	0,47	0,46	0,47	0,46	0,47	0,5	0,57	sn	0,11
	EDT	0,23	0,21	0,07	0,27	0,23	0,29	0,31	0,18	0,36	sn	0,29
	EDTgade	0,328	0,372	0,317	0,306	0,317	0,306	0,317	0,35	0,427	sn	0,12
	SPL (A)	49,9	51,9	54	49	51	50,7	47	48,1	46,7	dB	7,30
	STI	0,89	0,87	0,96	0,88	0,85	0,86	0,91	0,84	0,83		0,13
U3;O	D50	0,7	0,75	0,7	0,62	0,63	0,62	0,68	0,69	0,7		0,13
	T30	1,39	1,5	1,28	1,44	1,51	1,46	2,02	1,49	1,59	sn	0,74
	EDT	1,68	1,72	1,87	1,31	1,94	1,77	3,14	2,34	1,88	sn	1,83
	EDTgade	1,329	1,45	1,208	1,384	1,461	1,406	2,022	1,439	1,549	sn	0,81
	SPL (A)	53,7	54,7	53,7	52,5	53,2	52,4	51,8	52,3	51,7	dB	3,00
	STI	0,66	0,72	0,67	0,64	0,64	0,64	0,65	0,66	0,67		0,08
U3;Y	D50	0,63	0,64	0,75	0,61	0,62	0,59	0,75	0,66	0,53		0,22
	T30	1,37	1,39	1,52	1,46	1,55	1,5	1,68	1,49	1,48	sn	0,31
	EDT	2,89	2,56	1,67	1,71	2,39	2,11	1,38	1,93	2,01	sn	1,51
	EDTgade	1,307	1,329	1,472	1,406	1,505	1,45	1,648	1,439	1,428	sn	0,34
	SPL (A)	52,9	53,6	55,1	52,4	53,3	53,4	51,8	52,8	52,3	dB	3,30
	STI	0,62	0,62	0,74	0,63	0,64	0,64	0,69	0,65	0,62		0,12

Çizelge 4.5'in devamı

YELPAZE PLAN												
Dinleyici noktaları	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Birim	min - max değer ayrımları	
U4;O	D50	0,88	0,91	0,89	0,84	0,84	0,85	0,86	0,83	0,87		0,08
	T30	0,79	0,86	0,95	0,78	0,84	0,84	0,83	0,7	0,82	sn	0,25
	EDT	0,34	0,51	0,47	0,48	0,46	0,44	0,4	0,35	0,33	sn	0,18
	EDTgade	0,669	0,746	0,845	0,658	0,724	0,724	0,713	0,57	0,702	sn	0,28
	SPL (A)	51,8	54	51,8	51,7	52,4	51,6	51,2	52,2	51,2	dB	2,80
	STI	0,81	0,85	0,82	0,79	0,78	0,79	0,81	0,8	0,82		0,07
U4;Y	D50	0,86	0,88	0,93	0,84	0,84	0,83	0,87	0,81	0,82		0,12
	T30	0,81	0,88	0,91	0,85	0,84	0,8	0,71	0,87	0,72	sn	0,20
	EDT	0,52	0,6	0,25	0,45	0,45	0,52	0,39	0,33	0,4	sn	0,35
	EDTgade	0,691	0,768	0,801	0,735	0,724	0,68	0,581	0,757	0,592	sn	0,22
	SPL (A)	50,6	52,4	54,2	51	52,7	52,5	51,5	52,5	51,6	dB	3,60
	STI	0,78	0,79	0,89	0,79	0,78	0,78	0,82	0,79	0,8		0,11
U5;O	D50	0,41	0,5	0,42	0,38	0,4	0,37	0,54	0,52	0,55		0,18
	T30	1,9	2,43	2,32	2,4	2,46	2,47	2,46	2,46	2,44	sn	0,57
	EDT	2,75	2,5	2,64	2,21	2,29	3,22	2,67	2,45	2,54	sn	1,01
	EDTgade	1,89	2,473	2,352	2,44	2,506	2,517	2,506	2,506	2,484	sn	0,63
	SPL (A)	56,2	56,8	56,2	56,1	56,3	56,2	57	57,5	57,1	dB	1,40
	STI	0,5	0,57	0,51	0,51	0,52	0,51	0,58	0,58	0,59		0,09
U5;Y	D50	0,32	0,39	0,5	0,38	0,39	0,4	0,58	0,52	0,5		0,26
	T30	2,28	2,28	2,32	2,46	2,4	2,39	2,66	2,43	2,46	sn	0,38
	EDT	2,39	2,5	2,76	2,47	3,01	3,06	3,69	2,75	1,97	sn	1,72
	EDTgade	2,308	2,308	2,352	2,506	2,44	2,429	2,726	2,473	2,506	sn	0,42
	SPL (A)	55,8	56,1	57,2	56	56,3	56,5	56,7	57,5	57,2	dB	1,70
	STI	0,46	0,49	0,58	0,5	0,51	0,52	0,59	0,58	0,59		0,13
U6;O	D50	0,96	0,96	0,96	0,94	0,93	0,94	0,95	0,93	0,94		0,03
	T30	0,5	0,51	0,52	0,52	0,52	0,51	0,52	0,47	0,48	sn	0,05
	EDT	0,18	0,19	0,19	0,27	0,27	0,26	0,27	0,24	0,26	sn	0,09
	EDTgade	0,35	0,361	0,372	0,372	0,372	0,361	0,372	0,317	0,328	sn	0,06
	SPL (A)	51,7	53,9	51,7	49,9	50,8	49,8	47	48	47	dB	6,90
	STI	0,89	0,9	0,89	0,86	0,84	0,86	0,87	0,86	0,87		0,06
U6;Y	D50	0,96	0,95	0,97	0,94	0,92	0,9	0,96	0,91	0,85		0,12
	T30	0,5	0,53	0,61	0,51	0,52	0,5	0,47	0,56	0,56	sn	0,14
	EDT	0,25	0,19	0,08	0,28	0,24	0,31	0,32	0,19	0,37	sn	0,29
	EDTgade	0,35	0,383	0,471	0,361	0,372	0,35	0,317	0,416	0,416	sn	0,15
	SPL (A)	50,5	52,2	54,2	49,4	51,4	51	47,4	48,6	47,1	dB	7,10
	STI	0,89	0,85	0,95	0,88	0,85	0,85	0,91	0,83	0,82		0,13
U7;O	D50	0,66	0,7	0,66	0,61	0,6	0,61	0,71	0,69	0,71		0,11
	T30	1,39	1,48	1,32	1,37	1,44	1,42	1,52	1,72	1,49	sn	0,40
	EDT	1,42	1,65	1,84	1,72	1,24	1,03	1,25	1,33	1,85	sn	0,82
	EDTgade	1,329	1,428	1,252	1,307	1,384	1,362	1,472	1,692	1,439	sn	0,44
	SPL (A)	53,9	55,1	53,9	53,3	53,9	53,3	53,5	54,2	53,5	dB	1,80
	STI	0,66	0,7	0,65	0,65	0,64	0,65	0,69	0,68	0,7		0,06
U7;Y	D50	0,59	0,62	0,72	0,61	0,61	0,6	0,77	0,67	0,62		0,18
	T30	1,37	1,42	1,41	1,46	1,39	1,46	1,42	1,45	1,44	sn	0,09
	EDT	3,15	1,74	1,48	1,27	1,31	1,05	0,9	1,06	1,14	sn	2,25
	EDTgade	1,307	1,362	1,351	1,406	1,329	1,406	1,362	1,395	1,384	sn	0,10
	SPL (A)	53,2	54	55,4	53,1	54	53,9	53,4	54,4	53,9	dB	2,30
	STI	0,61	0,62	0,73	0,64	0,64	0,65	0,72	0,68	0,67		0,12

Çizelge 4.5'in devamı

YELPAZE PLAN												
Dinleyici noktaları	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Birim	min - max değer ayrımları	
U8;O	D50	0,69	0,74	0,69	0,63	0,63	0,62	0,74	0,72	0,74		0,12
	T30	1,27	1,23	1,26	1,2	1,24	1,27	1,35	1,28	1,35	sn	0,15
	EDT	1,53	1,82	1,21	1,06	1,34	1,63	0,98	1,27	2	sn	1,02
	EDTgade	1,197	1,153	1,186	1,12	1,164	1,197	1,285	1,208	1,285	sn	0,17
	SPL (A)	53,4	54,8	53,4	52,9	53,5	52,9	53,1	53,8	53,2	dB	1,90
	STI	0,67	0,73	0,67	0,66	0,65	0,66	0,71	0,7	0,72		0,08
U8;Y	D50	0,62	0,66	0,75	0,63	0,63	0,63	0,8	0,71	0,65		0,18
	T30	1,23	1,33	1,31	1,27	1,27	1,26	1,3	1,4	1,31	sn	0,17
	EDT	1,89	1,36	1,22	2,47	2,41	1,38	0,89	1,56	0,64	sn	1,83
	EDTgade	1,153	1,263	1,241	1,197	1,197	1,186	1,23	1,34	1,241	sn	0,19
	SPL (A)	52,5	53,5	55	52,6	53,5	53,5	52,9	53,9	53,5	dB	2,50
	STI	0,63	0,65	0,75	0,66	0,66	0,67	0,74	0,7	0,7		0,12
U9;O	D50	0,67	0,71	0,67	0,62	0,61	0,61	0,72	0,7	0,73		0,12
	T30	1,3	1,39	1,39	1,31	1,35	1,38	1,43	1,41	1,36	sn	0,13
	EDT	2,68	1,37	1,28	1,55	1,94	1,99	1,35	1,07	2,03	sn	1,61
	EDTgade	1,23	1,329	1,329	1,241	1,285	1,318	1,373	1,351	1,296	sn	0,14
	SPL (A)	53,7	55	53,7	53,1	53,7	53,1	53,3	54	53,4	dB	1,90
	STI	0,66	0,71	0,66	0,65	0,64	0,65	0,7	0,69	0,7		0,07
U9;Y	D50	0,6	0,64	0,73	0,62	0,62	0,61	0,78	0,68	0,63		0,18
	T30	1,26	1,33	1,37	1,31	1,37	1,35	1,39	1,41	1,35	sn	0,15
	EDT	1,78	2,69	1,74	1,46	1,56	1,61	1,17	1,77	2,45	sn	1,52
	EDTgade	1,186	1,263	1,307	1,241	1,307	1,285	1,329	1,351	1,285	sn	0,17
	SPL (A)	52,9	53,8	55,3	52,9	53,8	53,8	53,2	54,2	53,7	dB	2,40
	STI	0,62	0,63	0,74	0,65	0,65	0,66	0,73	0,69	0,68		0,12
OPT. O	D50	0,85	0,87	0,85	0,82	0,8	0,81	0,86	0,83	0,85		0,07
	T30	0,9	0,97	0,92	0,94	0,94	0,9	0,84	0,88	0,94	sn	0,13
	EDT	0,52	0,73	0,71	0,56	0,54	0,58	0,4	0,35	0,35	sn	0,38
	EDTgade	0,79	0,867	0,812	0,834	0,834	0,79	0,724	0,768	0,834	sn	0,14
	SPL (A)	52,9	54,2	52,9	52,4	53,1	52,3	51,4	52,3	51,5	dB	2,80
	STI	0,77	0,81	0,77	0,76	0,75	0,76	0,79	0,78	0,79		0,06
OPT. Y	D50	0,81	0,82	0,89	0,83	0,81	0,81	0,9	0,81	0,76		0,14
	T30	0,9	0,95	0,97	0,86	0,95	0,85	0,97	1,03	0,85	sn	0,18
	EDT	0,9	0,95	0,39	0,54	0,5	0,56	0,4	0,29	0,45	sn	0,66
	EDTgade	0,79	0,845	0,867	0,746	0,845	0,735	0,867	0,933	0,735	sn	0,20
	SPL (A)	51,7	52,7	54,5	51,9	53	53	51,4	52,5	52	dB	3,10
	STI	0,73	0,73	0,85	0,77	0,75	0,77	0,82	0,77	0,77		0,12

Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5 incelendiğinde, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır:

- İncelenen tüm koşullarda, kaynak konumu değişiminden en fazla sahneye yakın dinleyicilerin etkilendiği görülmektedir. Bu bölge için, parametrelerin hemen hepsinde, konuşmacının yaklaştığı bölgede yer alan dinleyiciler için koşullar iyileşmekte, uzaklaştığı bölgeler için ise olumsuz yönde değişim olmaktadır.
- Hacmin orta ve arka bölümlerinde ise dinleyici konumuna göre, kaynak konumu değişiminden kimi parametreler olumlu, kimi parametreler ise olumsuz etkilenmektedir. Orta bölgelerdeki olumlu değişim U5 (sahne yutucu, diğer yüzeyler yansıtıcı) ve U8 (sahne yutucu, diğer yüzeyler orta yutuculukta) koşullarında belirgin olarak görülmektedir. Ancak tüm koşullar için gözlemlenen durum, D9 dinleyici noktasında, beklenilenin aksine, kaynak konumunun değişimi ile parametrelerin çoğunun olumsuz yönde etkilenmesidir.
- Kaynak konumu değişiminin hacim akustiği parametreleri üzerinde en fazla değişime yol açtığı koşul U3 (tavan yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olması durumu) koşuludur.
- Konuşmacı sahne ortasında iken, hacim akustiği parametrelerinin hacim içindeki dağılımı, konuşmacının yanda olması durumunda çoğu parametre için olumsuz yönde değişmektedir. Bir başka deyişle, belli bir parametre için değişik dinleyici noktalarındaki ayırım, konuşmacının yanda olma durumunda artmaktadır. Bu durum özellikle U7 (sahne yansıtıcı, diğer yüzeyler orta yutuculukta) koşulunda daha belirgindir (Bkz Çizelge 4.5).
- Konuşmacının sahnenin ortasında olma durumunda, değişik dinleyici noktalarında elde edilen parametre değerleri arasındaki ayrımlar, kaynak sahne kenarına geldiğinde en az U2 (tüm yüzeyler yutucu durumu) durumunda değişmektedir. Bir başka deyişle, hacim genelinde parametre dağılımlarının düzgünlük durumu, konuşmacının sahne yanında olması durumunda en az U2 koşulunda değişmektedir. Kaynak konumunun değişimi ile dinleyici noktaları arasında ayırımın az olması, hacim genelinde parametre dağılımlarının düzgün olduğunu göstermektedir.

4.2.6 Yelpaze Planlı Hacimde Yüzey Gereçlerinin Dağıtıcılığının Etkisi

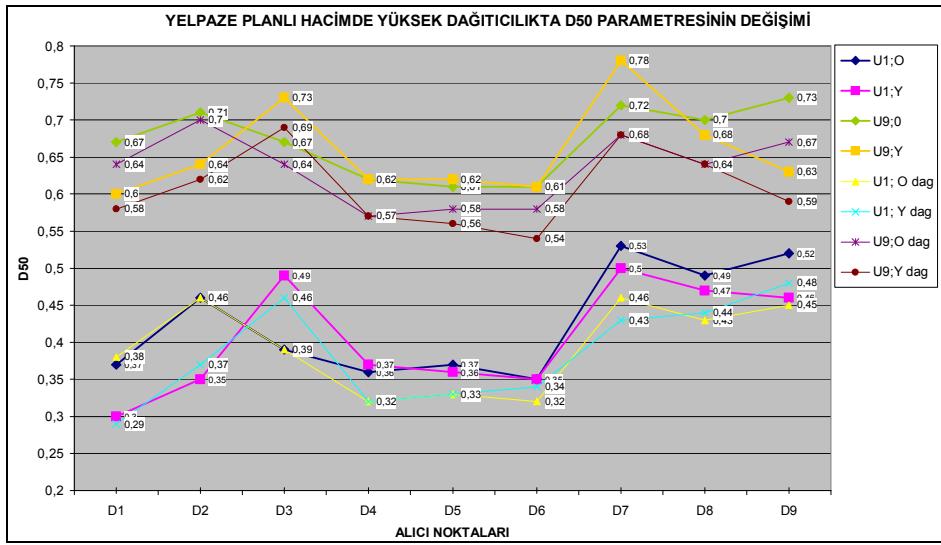
Çalışmanın bu bölümünde yelpaze planlı hacimde, kullanılan gereçlerin dağıtıcılık özellikleri yükseltılarak kaynak konumunun değişmesinin hacim akustiği parametrelerine etkisi incelenmiştir.

Değerlendirmeye alınacak yüzey yutuculukları, değişimin en iyi gözlemleneceği U1 (tüm

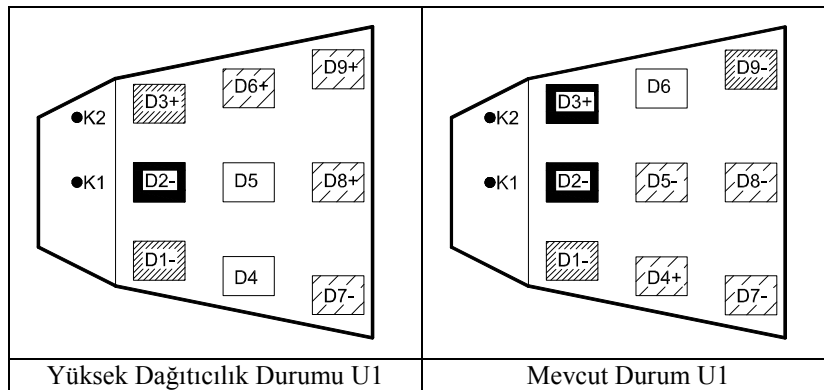
yüzeyler yansıtıcı) ve U9 (tüm yüzeyler orta yutuculukta) durumları olarak belirlenmiştir. Bu durumlar için dağıtıcılığın önem taşıdığı D50, STI ve SPL(A) parametreleri değerlendirmeye alınmıştır. U1 ve U9 durumlarında tüm yüzey gereçlerinin dağıtıcılığı %90 olarak belirlenmiş ve inceleme sonuçları aşağıda açıklanmıştır.

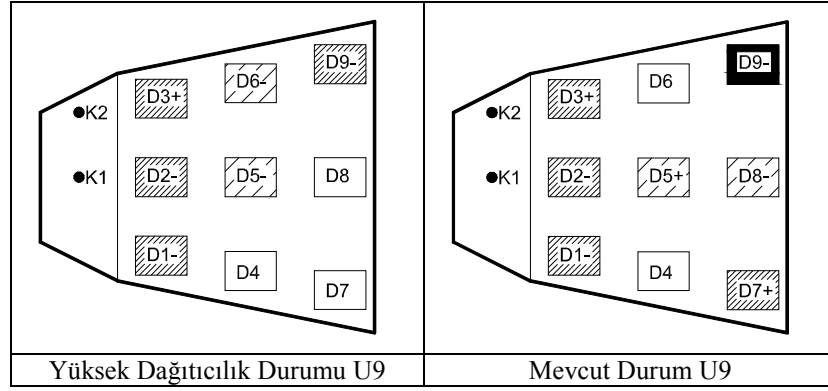
D50 değerleri yüksek dağıtıcılık durumunda normal dağıtıcılık durumundan düşük değerler almıştır (Bkz. Şekil 4.80).

Kaynak konumunun değişimi Şekil 4.81’de yüksek dağıtıcılıkta bazı dinleyici noktalarında değişimlere neden olduğu görülmektedir. Ancak bu değişim, normal dağıtıcılık durumu ile benzerlik göstermektedir.







Şekil 4.80 Yelpaze planlı hacimde farklı dağıtıcılık durumları için D50 değişim grafiği

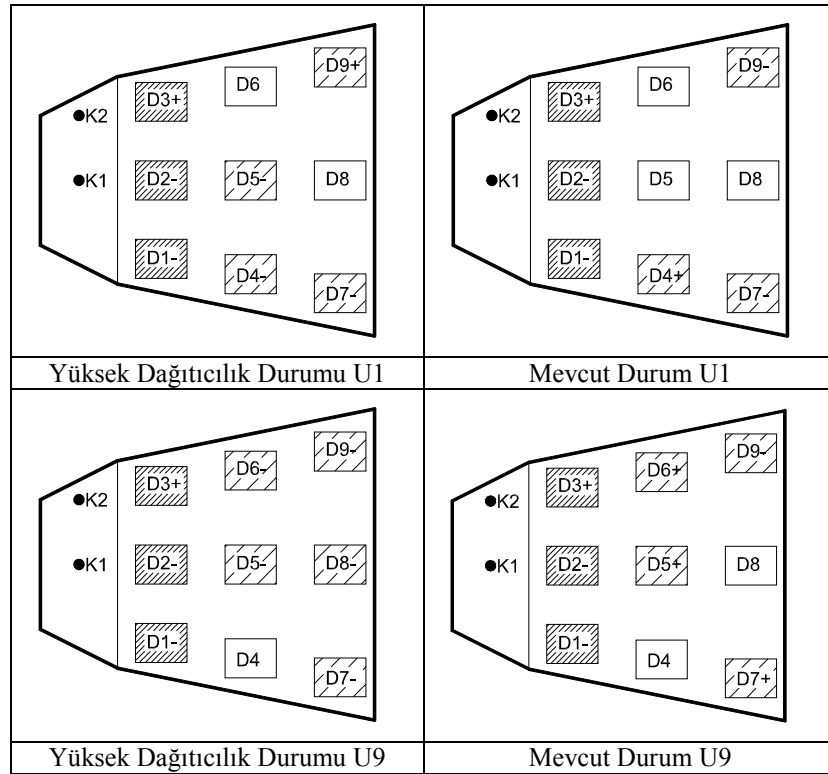




Şekil 4.81 Yelpaze planlı hacimde D50 parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri

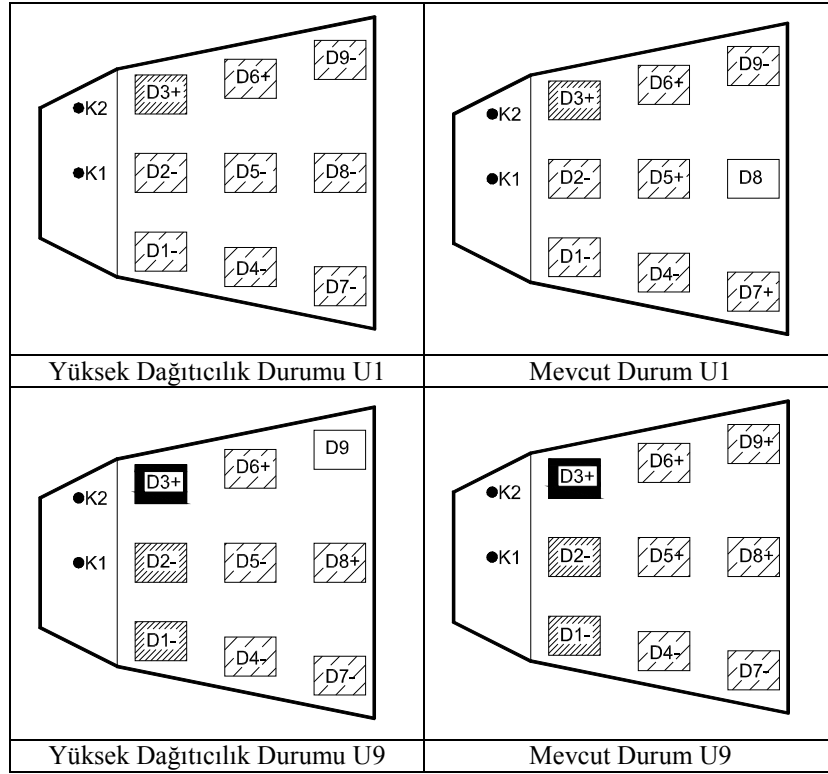
Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir. Yazılardaki “+,” -“ simgeleri değişimin olumlu ya da olumsuz yönde olduğunu, simge olmayan noktalarda ise değişim olmadığını belirtmektedir.

STI parametresinin kaynak konumu ile değişimi yüksek dağıtıcılık durumunda yüksek ayırım oluşturmamıştır (Bkz. Şekil 4.82).







Şekil 4.82 STI parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri

SPL(A) parametresinin kaynak konumu değişimi ile yüksek dağıtıcılıkta dinleyici noktalarında mevcut durum ile çok benzerlik göstermektedir (Bkz. Şekil 4.83).



Şekil 4.83 SPL(A) parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri

Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir. Yazılardaki “+, -“ simgeleri değişimin olumlu ya da olumsuz yönde olduğunu, simge olmayan noktalar ise değişim olmadığını belirtmektedir.

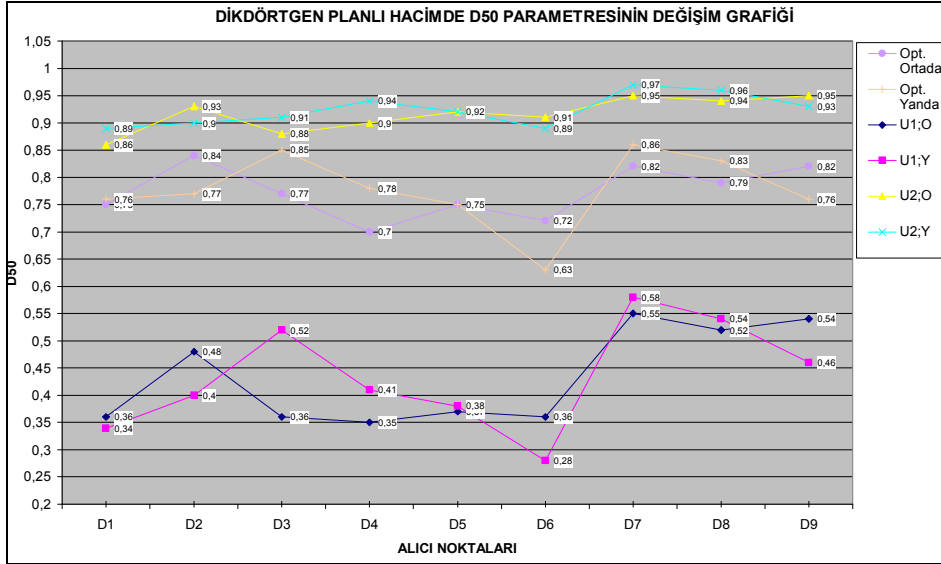
Değerlendirmede yelpaze planlı hacimde, yüzeylerin yüksek dağıtıcılık durumunda mevcut durum ile karşılaştırıldığında büyük ayrımlar oluşturmadığı saptanmıştır. Bu nedenle, incelemelerde, yüzeylerin Odeon programında verilmiş ortalama dağıtıcılık değerleri kullanılmıştır.

4.3 Dikdörtgen Planlı Hacimde Kaynak Konumunun Değişiminin Hacim Akustiği Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi

Dikdörtgen planlı hacimde, kaynak konumunun değişimi ile değişen hacim akustiği parametrelerinin değişik yüzey yutuculukları ile karşılaştırmalı değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.3.1 Dikdörtgen Planlı Hacim - D50 Parametresi

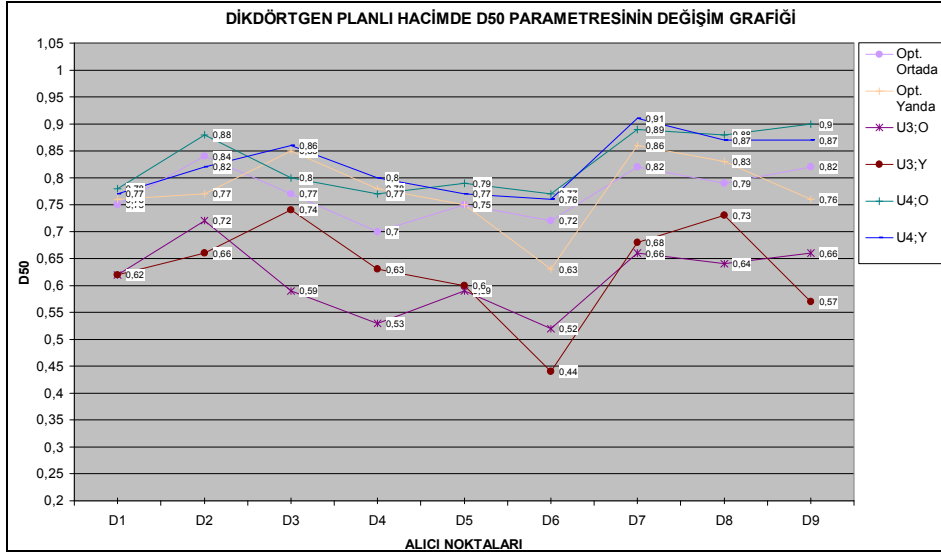
Bu bölümde, dikdörtgen planlı hacimde Odeon programı yardımı ile yapılan hesaplar sonucunda değişen D50 değerleri değerlendirilmiştir.



Şekil 4.84 Dikdörtgen planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında D50 değişim grafiği

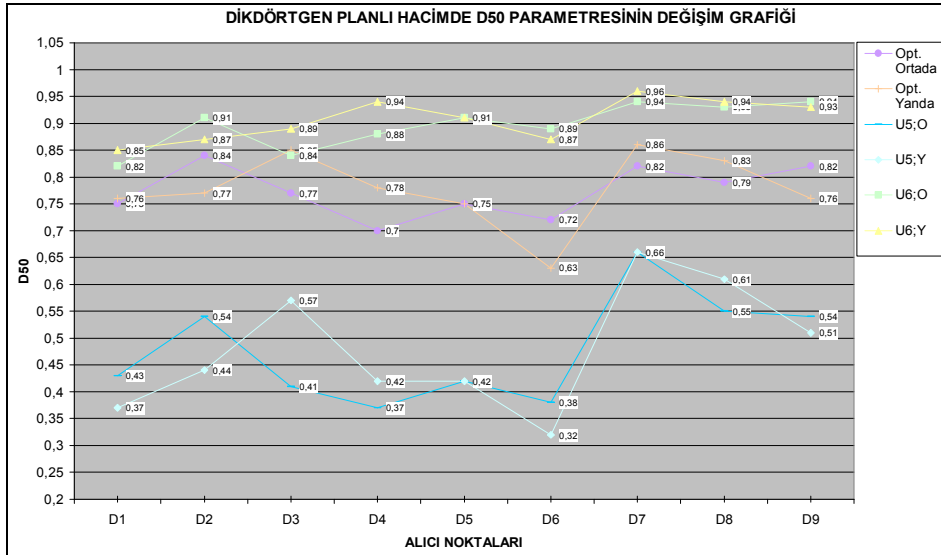
Dikdörtgen planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında D50 parametresinin değişimi Şekil 4.84'te verilmiştir. Grafikte U2 durumunda D50'nin en yüksek değerleri aldığı görülmektedir. Optimum durumda da değerler yüksek olmasına rağmen, kaynak yanda iken D6 noktası diğer noktalara göre düşük değer almıştır. Optimum durumda D50 düzgün bir eğri oluşturmamıştır. U1'de ise bu iki durumdan oldukça düşük değerlerde ve düzgün olmayan bir eğri görülmektedir. En yüksek değerlerine her iki kaynak konumu için D7, D8 ve kaynak yanda iken D9 noktalarında ulaşmıştır.

Şekil 4.85'te U3 ve U4 durumları için değişen D50 değerleri incelendiğinde U4 değerlerinin U3'ten yüksek olduğu ve en yüksek değer ayrımlarının U4 durumunda gerçekleştiği görülmektedir. U3 durumunda değerler yüksektir ve yüksek değişim görülmemiştir.



Şekil 4.85 Dikdörtgen planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında D50 değişim grafiği

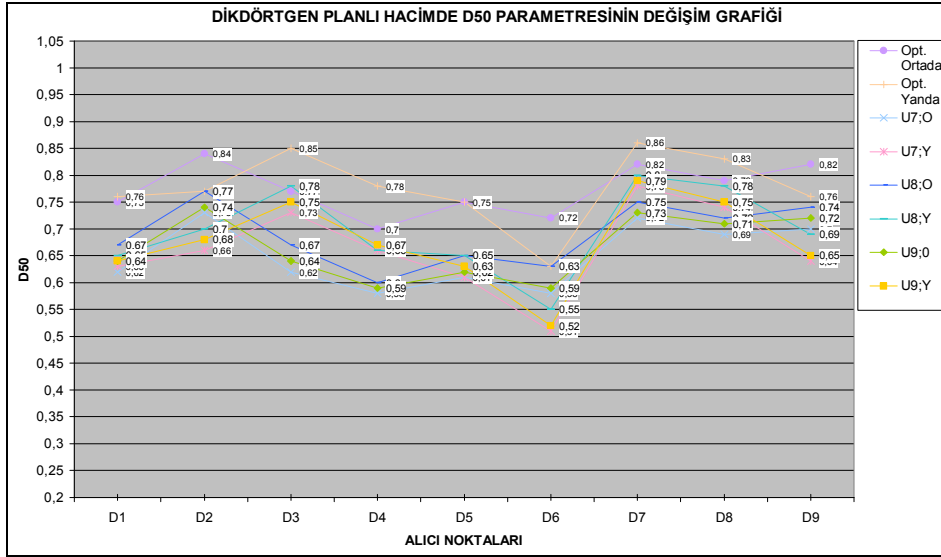
U5 ve U6 durumları için değişen D50 değerleri Şekil 4.86'da gösterilmiştir. U5 ve U6 eğrileri U1 ve U2 eğrileri ile benzerlik göstermiştir. U6 değerleri oldukça yüksek iken U5 durumunda en yüksek D50 değerlerine D7, D8 ve D9 noktalarında ulaşmıştır. U5 durumunda D50 değerleri ön sıralarda yüksek, orta sıralarda düşük ve arka sıralarda en yüksek değerleri almıştır.



Şekil 4.86 Dikdörtgen planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında D50 değişim grafiği

Orta yutuculuktaki yüzeylerin oluşturduğu U7, U8 ve U9 durumlarında değerlerin bazı noktalarda yüksek olması dışında genelde orta düzeylerde olduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 4.87). En yüksek değerler U8'de, sonraki yüksek değerler U9'da ve en düşük değerler U7'de görülmektedir.





Tüm durumlarda ortak olan kaynak ortada iken D2 noktasındaki yüksek D50 değeri, kaynağın yer değiştirmesi ile düşerek kaynağa yakın olan D3 noktasında D50 değerini yükseltmektedir. En arka sıralarda D50 en yüksek değerlerini almıştır. D7 ve D8 noktalarında kaynağın yer değiştirmesi değeri yükseltirken, D9 noktasında düşmesine neden olmuştur.



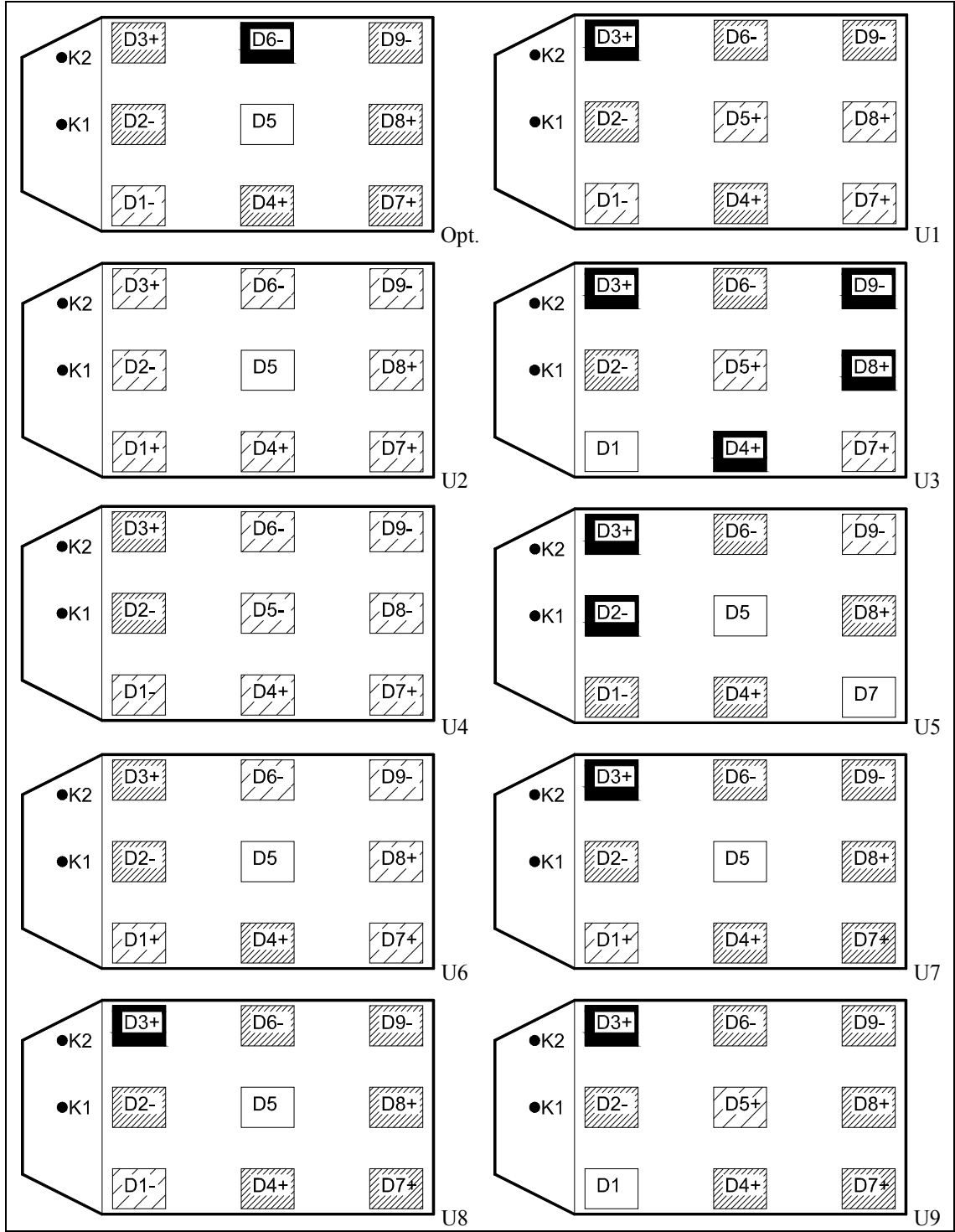
Şekil 4.87 Dikdörtgen planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında D50 değişim grafiği

D50 Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen dikdörtgen planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında D50 parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.88’de yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen D50 değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+), (-) sembelleri ile belirtilmiştir. Simge olmayan noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak ortadan yana geldiğinde D3 noktasında olumlu yönde değişim olduğu (D3+) ile gösterilmiştir.

Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir.

En fazla değişim U3 durumunda meydana gelirken, en az değişim U2 durumunda (tüm yüzeyler yutucu) meydana gelmiştir. Hacimlerin tümünde D5 noktasında az değer değişimleri görülürken, D9 en büyük ayrımı tavan yutucu diğer yüzeyler yansıtıcı iken (U3 durumu) almıştır (Bkz. Şekil 4.88). Hacimlerin genelinde en fazla değişim D3 noktasında görülmektedir.



Şekil 4.88 Dikdörtgen planlı hacimde D50 parametresi için “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri

4.3.2 Dikdörtgen Planlı Hacim - SPL(A) Parametresi

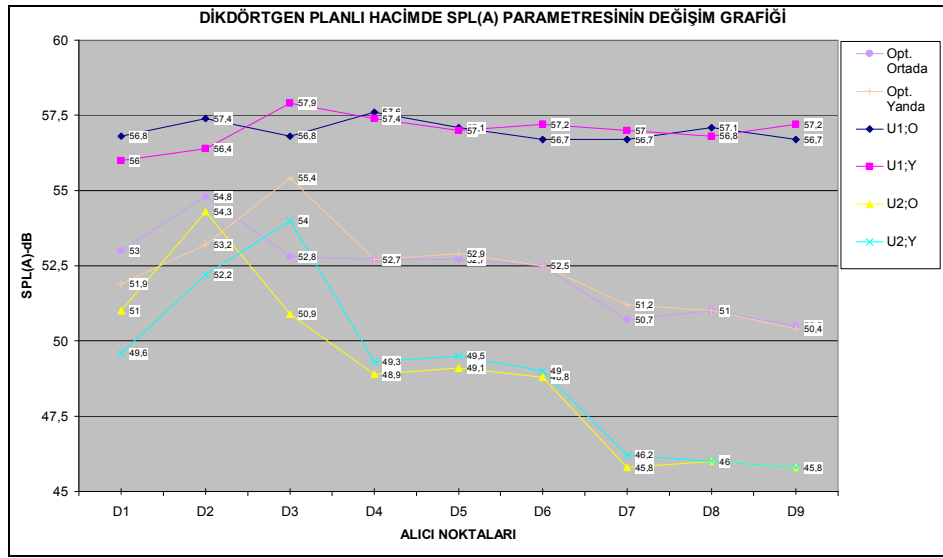
Dikdörtgen planlı hacimde kaynak konumunun ve yüzey yutuculuklarının değişmesi ile dinleyici noktalarında değişen SPL(A) parametresi değerlendirilecektir.

Optimum durumda ses basınç düzeyi dinleyici noktalarında değişim göstermiştir (Şekil 4.89).

En yüksek değerlere kaynak ortada iken D2, kaynak yanda iken D3 noktalarında gerçekleşmiştir. En düşük değerler her iki kaynak konumu için D7 noktasında saptanmıştır.

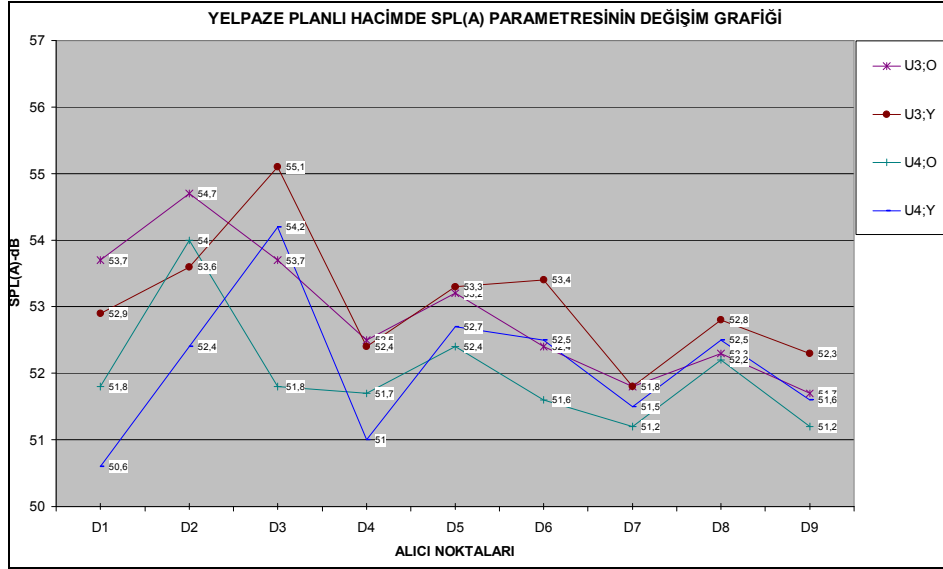
U1 durumunda ses basınç düzeyi optimum ve U2 durumlarından daha yüksek düzeyde değerler almıştır. Değerlerin dinleyici noktalarına göre fark edilir değişimler oluşturmadığı ayrıca ön sıralardaki değerlerin arka sıralardan daha düşük olduğu saptanmıştır (Şekil 4.89).

U2 durumu SPL(A) değerleri ise, dinleyici noktalarında en fazla değişimin saptandığı durum olarak Şekil 4.89'da görülmektedir. En yüksek değerler kaynak ortada iken D2'de kaynak yanda iken D3'te gerçekleşmiştir. En düşük değerler en arka sıralardaki dinleyici noktalarında saptanmıştır.



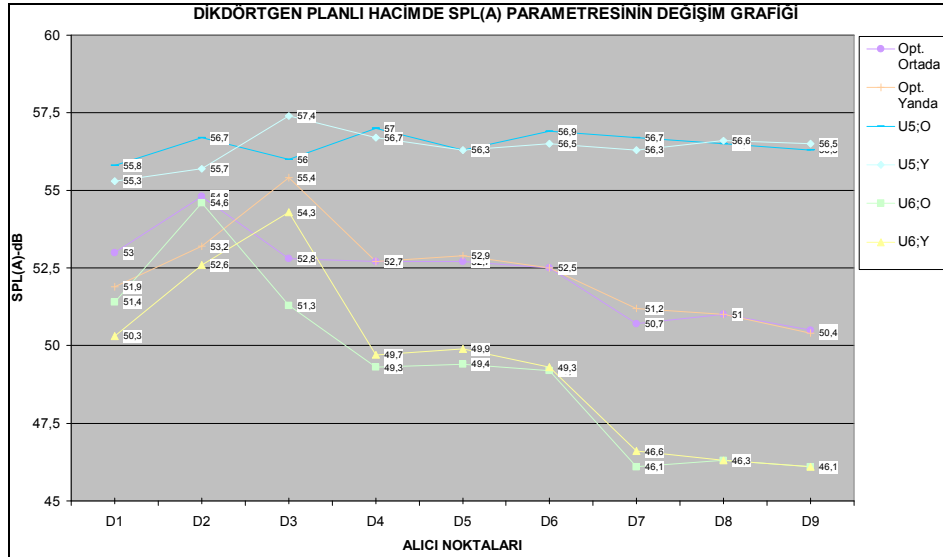
Şekil 4.89 Dikdörtgen planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında SPL(A) değişim grafiği

Şekil 4.90'da U3 ve U4 durumlarında dinleyici noktalarında SPL(A) değişken değerler almıştır. U3 ve U4 durumlarında kaynak yanda iken D3 noktasında, kaynak ortada iken D2 noktasında en yüksek değerleri almıştır.



Şekil 4.90 Dikdörtgen planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında SPL(A) değişim grafiği

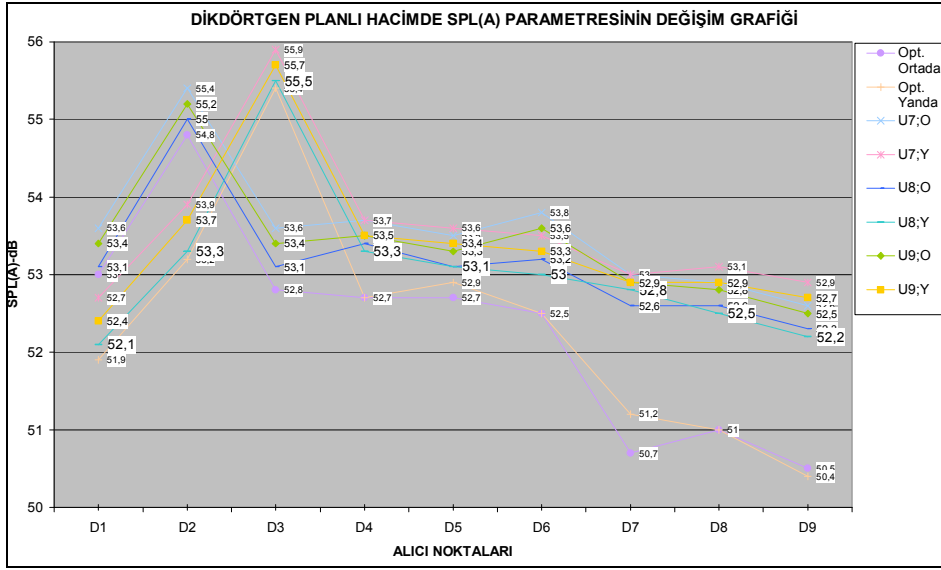
Şekil 4.91’de U5 durumunun U1 durumu ile benzer bir eğri oluşturduğu görülmektedir. SPL(A) değerlerinin diğer durumlara göre yüksek, kaynak konumunun değişimi ile D2 ile D3 noktalarında değişen ve diğer dinleyicilere göre fazla değişim göstermeyen değerler aldığı belirlenmiştir. U6 durumu ise U2 durumu ile benzer bir eğri oluşturmuştur. U6 durumunda en yüksek değerler kaynak ortada iken D2’de kaynak yanda iken D3’te gerçekleşmiştir. En düşük değerler en arka sıralardaki dinleyici noktalarında saptanmıştır.



Şekil 4.91 Dikdörtgen planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında SPL(A) değişim grafiği

Orta yutuculuktaki U7, U8 ve U9 durumları için SPL(A) parametresinin aldığı değerler kaynak yanda iken D3 ve ortada iken D2 noktalarında en yüksek değerler almıştır. Diğer dinleyici noktalarında ise kaynaktan uzaklaştıkça azalan değerler ile kaynak konumu ile





değişmeyen değerler almıştır. Üç durumun sonuçları birbirine paralel eğriler oluşturmuştur (Şekil 4.92).



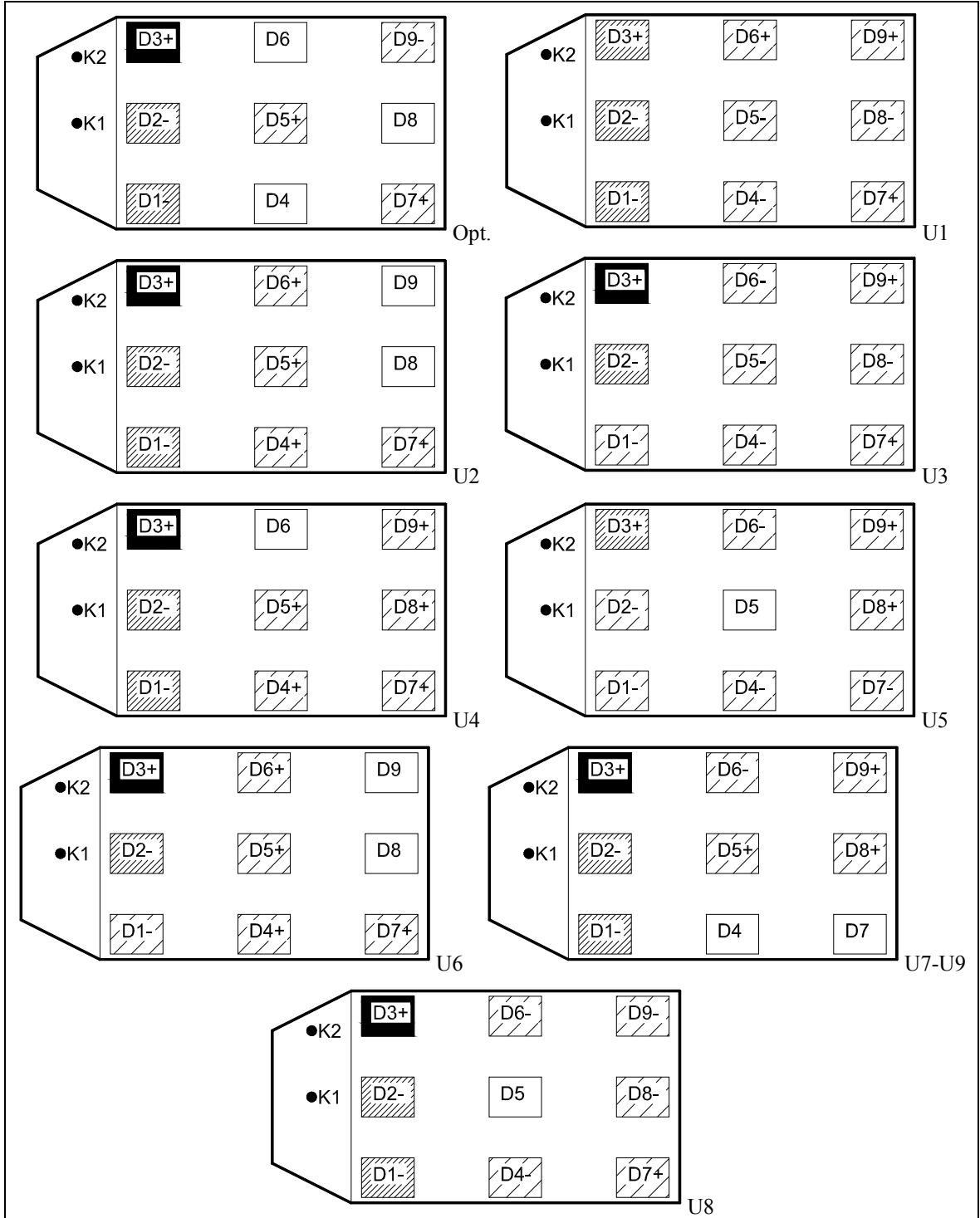
Şekil 4.92 Dikdörtgen planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında SPL(A) değişim grafiği

SPL(A) Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen dikdörtgen planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında SPL(A) parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.93’de yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen SPL(A) değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+), (-) sembelleri ile belirtilmiştir. Simge olmayan noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak ortadan yana geldiğinde D3 noktasında olumlu yönde değişim olduğu (D3+)

ile gösterilmiştir. Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir.

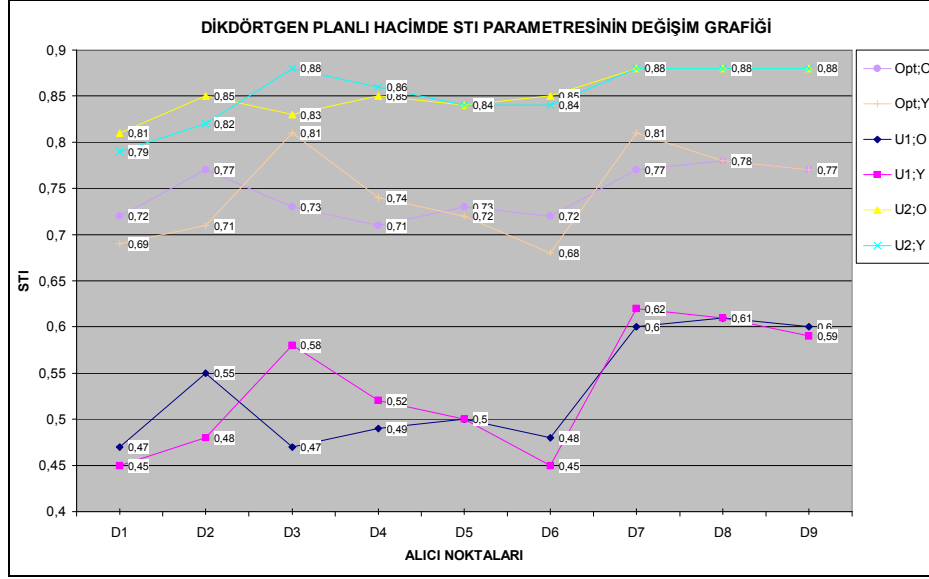
Dikdörtgen planlı hacimde kaynak konumunun değişmesi ile dinleyici noktalarındaki SPL(A) parametresi değer ayrımları tüm koşullarda en fazla hacmin ön sıralarında ve D3 noktasında gerçekleşmiştir. Yüzeylerin yutucu ya da yansıtıcı olması diğer dinleyicilerde büyük değişimler oluşturmamıştır (Şekil 4.93).



Şekil 4.93 Dikdörtgen planlı hacimde SPL(A) parametresi için “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”

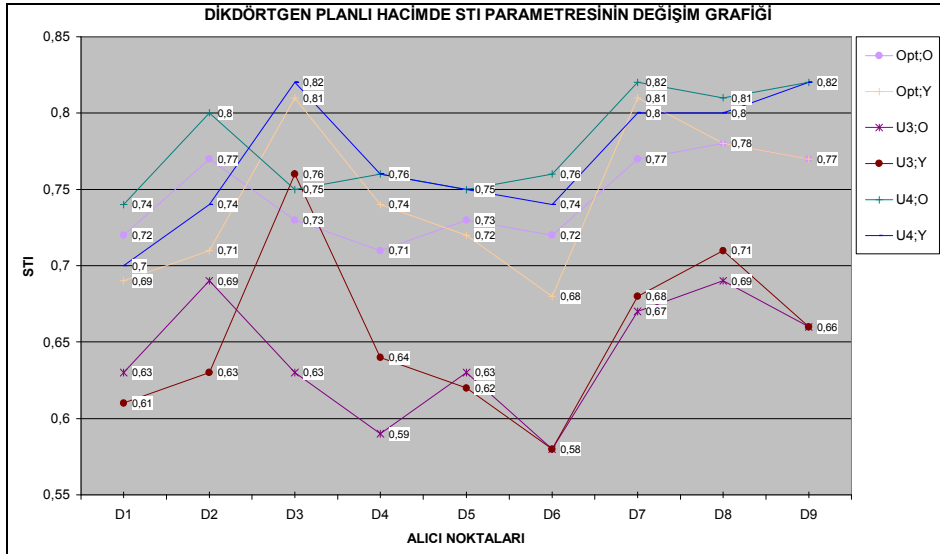
4.3.3 Dikdörtgen Planlı Hacim - STI Parametresi

Dikdörtgen planlı hacimde, yüzey yutuculuklarının ve kaynak konumunun değişmesi hacmin genelinde diğer hacim akustiği parametreleri gibi STI değerlerinde de değişime neden olmuştur. Bu bölümde belirlenen durumlarda incelenen STI parametresi değerlendirilmiştir.



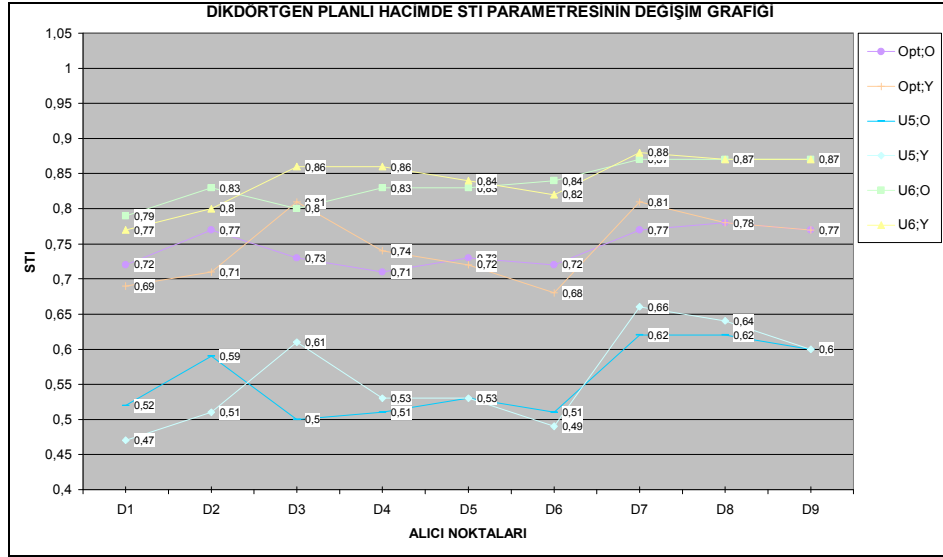
Şekil 4.94 Dikdörtgen planlı hacimde optimum, U1 ve U2 durumlarında STI değişim grafiği

Şekil 4.94’te, optimum durum ve U2 durumu için gösterilen STI değerlerinin “iyi” düzeyde olduğu ve kaynak yanda iken D3 noktasında en yüksek değeri aldığı görülmektedir. En yüksek değerleri D3 noktası ile birlikte U2 durumunda D7, D8 ve D9 noktalarında ve optimum durumda ise D7’de almıştır. U1 durumunda ise STI değerleri bazı noktalarında “kötü” ile değerlendirilirken, birçok dinleyici noktasında “orta” düzeyde olduğu belirlenmiştir. U1 durumu için, STI parametresinin en düşük değerlerini, her iki kaynak konumu için, D1 ve D6 noktalarında ve diğer dinleyici noktalarından yüksek değerleri D7, D8 ve D9 noktalarında aldığı görülmektedir.



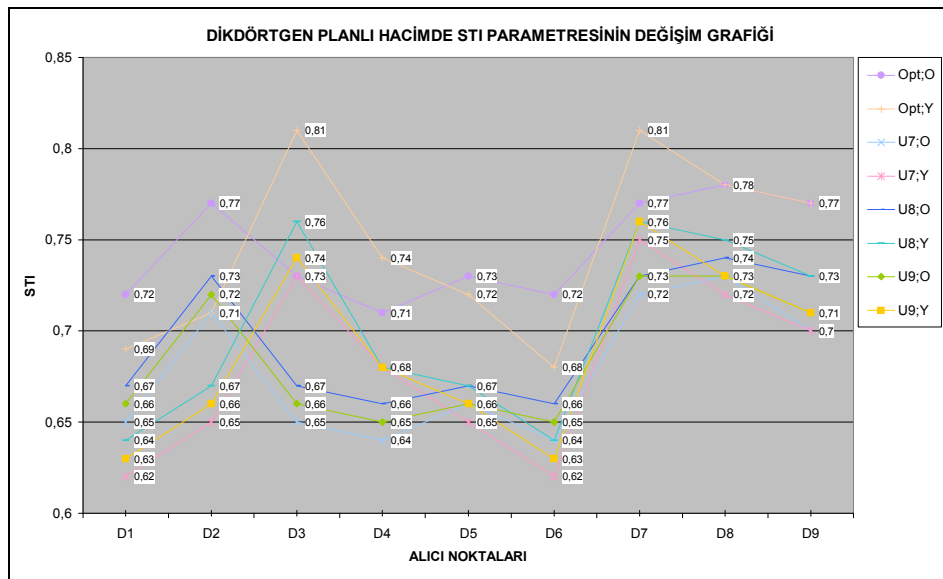
Şekil 4.95 Dikdörtgen planlı hacimde U3 ve U4 durumlarında STI değişim grafiği

Şekil 4.95'te U4 durumu STI değerlerinin U3 durumuna göre yüksek olduğu belirlenmiştir. U4'te değerler "iyi" olarak değerlendirilirken, en yüksek değerlerini kaynağın yanda olması durumunda D3'te, ortada olması durumunda D2'de ve arka sıralarda (D7, D8 ve D9) aldığı görülmektedir. U3'te kaynağın yanda olması durumunda D3'te en yüksek değeri almıştır. Diğer dinleyici noktalarında arka sıralarda ve kaynak ortada iken D2'de yüksek değerler aldığı görülmektedir. U3 ve U4 durumlarında D50 değerleri düzgün bir eğri oluşturamamıştır.



Şekil 4.96 Yelpeze planlı hacimde U5 ve U6 durumlarında STI değişim grafiği

Şekil 4.96'da U6 durumu için STI değerleri "iyi" olarak değerlendirilmektedir. U5 durumunda ise U1 durumuna benzer bir eğri görülmektedir. Her iki durum için D50 en yüksek değerleri D7, D8 ve D9 noktalarında almıştır.







Şekil 4.97 Dikdörtgen planlı hacimde U7, U8 ve U9 durumlarında STI değişim grafiği

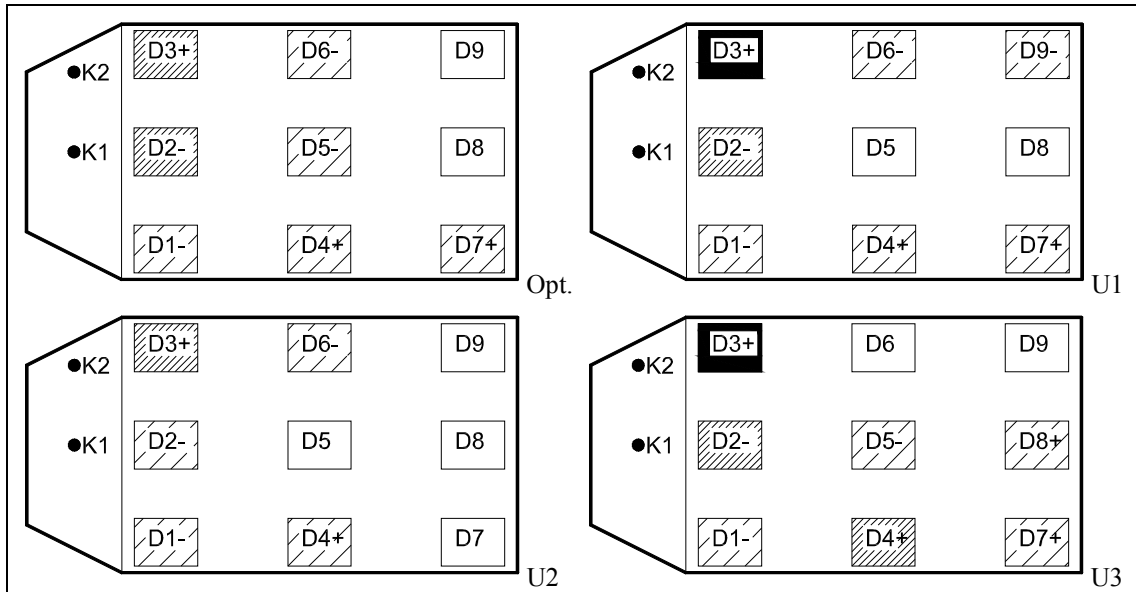
Orta yutuculuktaki yüzeylerin oluşturduğu U7, U8 ve U9 durumlarında STI değerleri optimum duruma yakın eğriler olarak görülmektedir. Kaynağa yakın ön sıralarda STI değerleri kaynağın yer değiştirmesiyle değişmiş, orta sıralarda orta ve düşük düzeyde ve arka sıralarda ise beklenenin aksine yüksek değerler almıştır (Şekil 4.97).

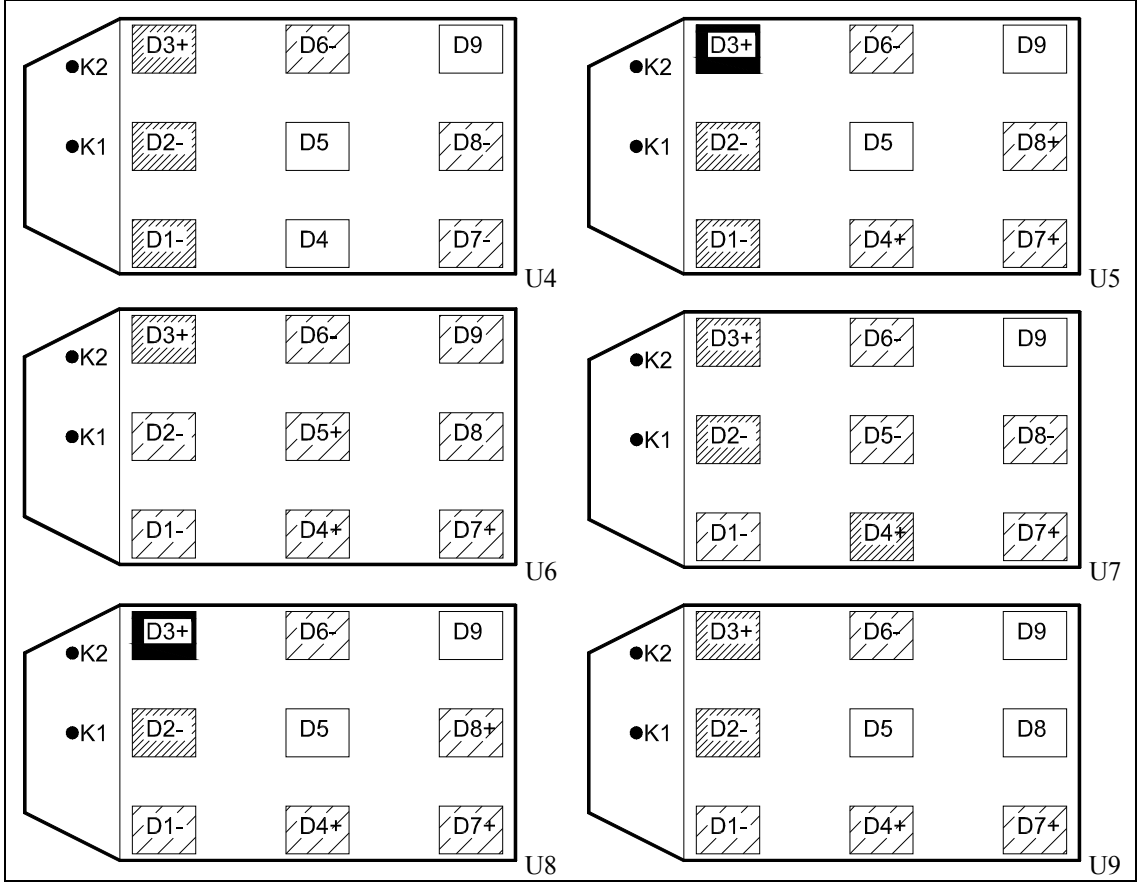
STI Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”:

Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen dikdörtgen planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında STI parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.98’de yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen STI değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+), (-) sembelleri ile belirtilmiştir. Simge olmayan noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak ortadan yana geldiğinde D3 noktasında olumlu yönde değişim olduğu (D3+) ile gösterilmiştir.

Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir.

Dikdörtgen planlı hacimde kaynak konumunun değişmesi ile dinleyici noktalarındaki STI parametresi değer ayrımları tüm koşullarda en fazla hacmin ön sıralarında ve D3 noktasında gerçekleşmiştir. Yüzeylerin yutucu ya da yansıtıcı olması orta ve arka sıralardaki dinleyicilerde büyük değişimler oluşturmazken, en büyük ayırım U3 durumunda kaynak yanda iken D3 noktasında gerçekleşmiştir (Şekil 4.98).



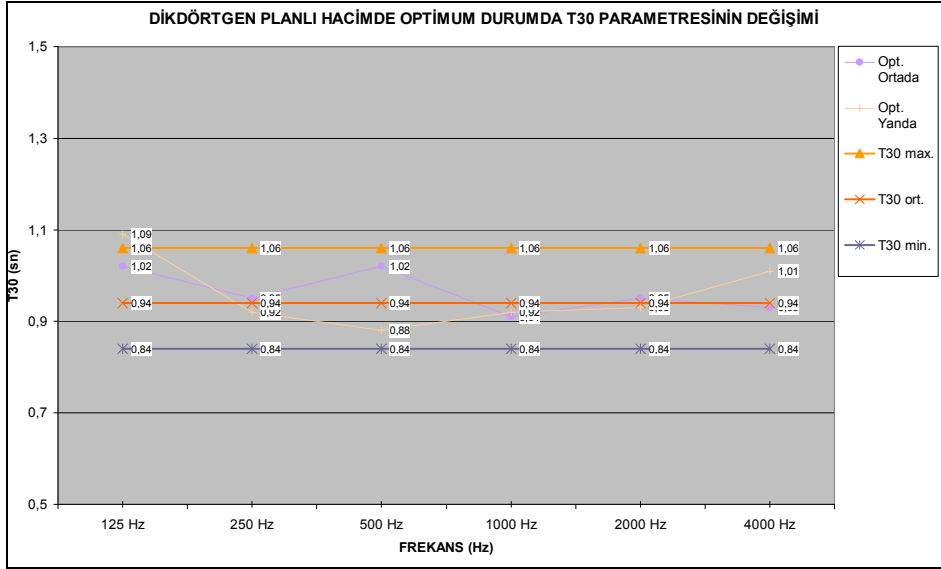


Şekil 4.98 Dikdörtgen planlı hacimde STI parametresi için “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri

4.3.4 Dikdörtgen Planlı Hacim EDT ve T₃₀ Parametresi

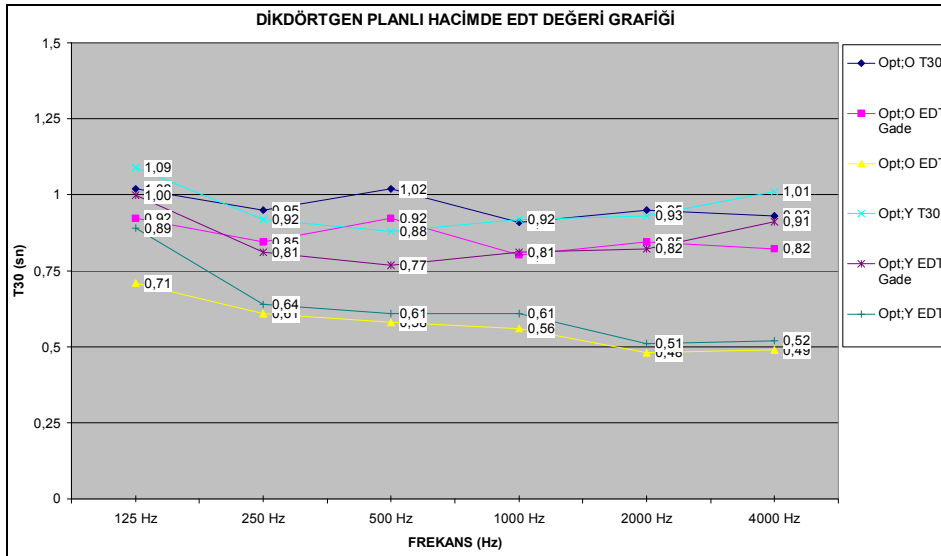
Çalışmanın bu bölümünde, dikdörtgen planlı hacimde EDT parametresinin, yüzey yutuculuklarına ve kaynak konumuna bağlı değişimi T₃₀ ve EDT_{GADE} ile ilişkili olarak değerlendirilmiştir. Dikdörtgen planlı hacmin optimum durumda ve değişik yüzey yutuculuklarında, EDT ve T₃₀ parametrelerinin frekanslara göre değişimi grafikler yardımı ile incelenmiştir.

Optimum durumda yelpaze planlı hacmin yansım süresi değerleri her iki kaynak konumları için optimum değerler almıştır (Bkz. Şekil 4.99). Kaynağın yer değiştirmesi 500 Hz’de süreyi kısaltmış, 4000 Hz’de ise arttırarak yansım süresinde değişime neden olmuştur.



Şekil 4.99 Dikdörtgen planlı hacimde optimum durum için T30 değişim grafiği

Optimum durumda, EDT değeri değişim grafiği Şekil 4.100'de verilmiştir. Her iki kaynak konumu için EDT_{GADE} değerleri olması gereken değer aralıklarında (T_{30} ve EDT değerleri) kalabilmiştir. Diğer hacim tiplerine göre dikdörtgen planlı hacimde EDT'nin birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir.

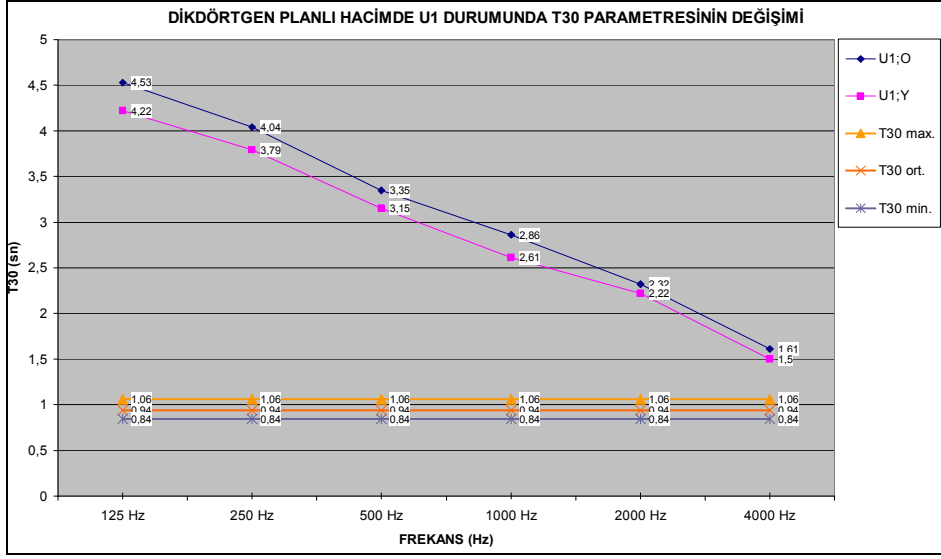


Şekil 4.100 Dikdörtgen planlı hacimde optimum durum için EDT değişim grafiği

Dikdörtgen planlı hacimde U1 durumu için kaynak konumunun değişmesi ile hesaplanan T_{30} parametresinin değerleri Şekil 4.101'de, EDT parametresinin değerleri ise Şekil 4.102'de gösterilmiştir. Her iki kaynak konumu için hem yansıma süresi hem de erken düşme süresi değerleri hacimde düzgün bir eğri oluşturamamıştır.

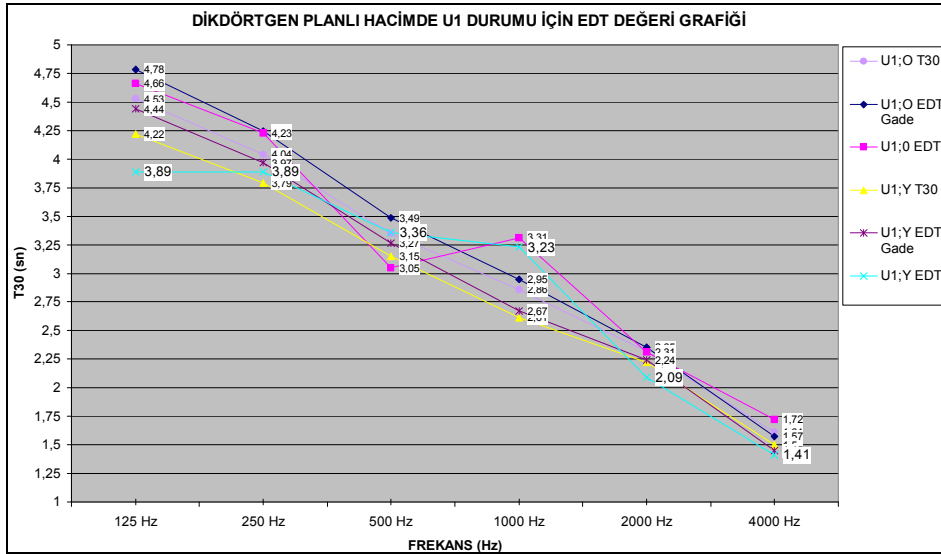
Yansıma süresi değerleri optimum değerlerden çok yüksek ve frekanslara göre oldukça fazla

değişim gösteren bir eğri oluşturmaktadır (Bkz. Şekil 4.101). Kaynağın yer değiştirmesi tüm frekanslarda yansıma süresi değerlerini düşürerek değiştirmiştir.



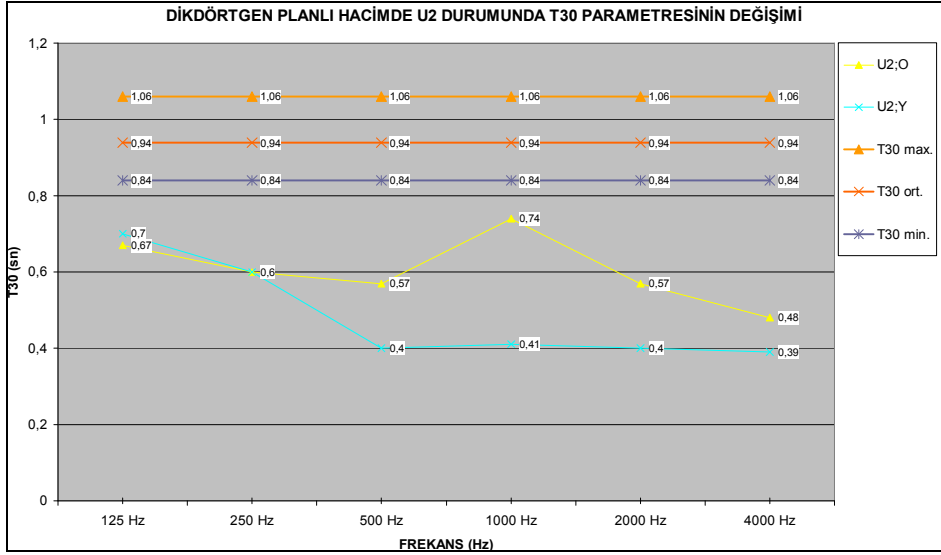
Şekil 4.101 Dikdörtgen planlı hacimde U1 durumu için T30 değişim grafiği

Dikdörtgen planlı hacimde U1 durumu için EDT değerleri kaynağın ortada ya da yanda olması durumunda optimum değer aralıklarına girememiştir (Şekil 4.102).



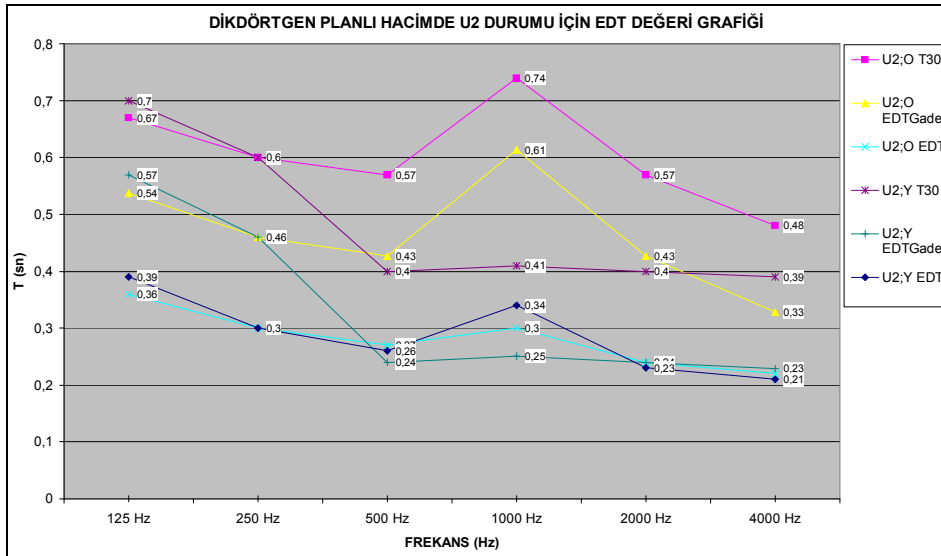
Şekil 4.102 Dikdörtgen planlı hacimde U1 durumu için EDT değişim grafiği

Şekil 4.103'de U2 durumu için yansıma süresinin optimum değerlerden düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Değerler kaynak ortada iken tüm frekanslarda düzgün olmayan bir eğri oluştururken, kaynağın yanda olması durumunda alçak frekanslarda yüksek yansıma süresi değerleri orta ve yüksek frekanslarda düşerek düzgün bir eğri oluşturmuştur.



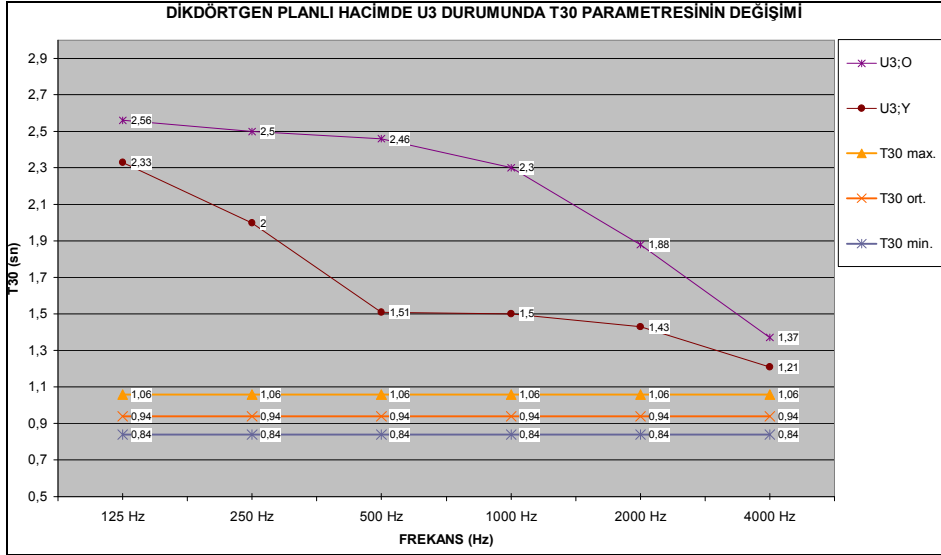
Şekil 4.103 Dikdörtgen planlı hacimde U2 durumu için T30 değişim grafiği

U2 durumu için EDT değerleri kaynağın ortada olması durumunda optimum aralıklarda iken, kaynağın yanda olması durumunda orta frekanslarda optimum aralıktan düşük değer alarak olumsuz durum oluşturmuştur (Bkz. Şekil 4.104).



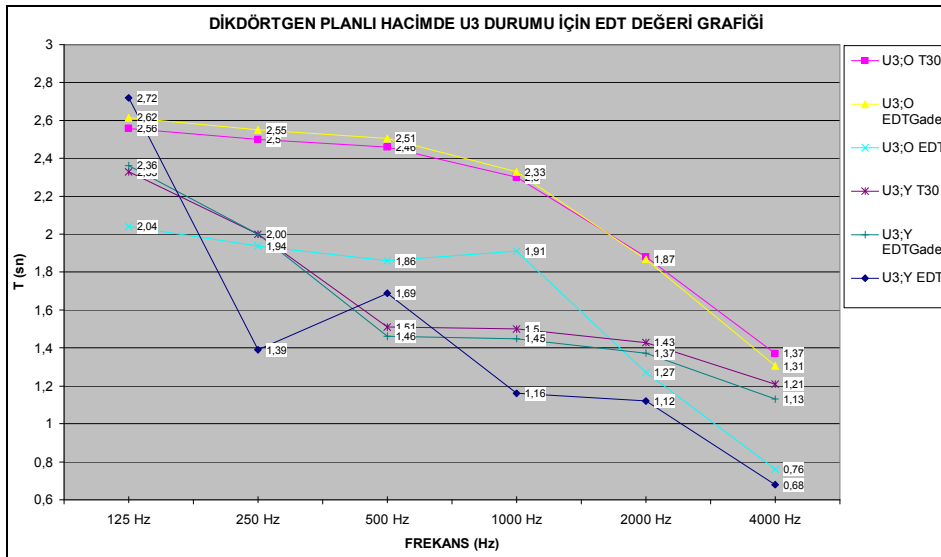
Şekil 4.104 Dikdörtgen planlı hacimde U2 durumu EDT değişim grafiği

Dikdörtgen planlı hacimde U3 durumunda, yansıma süresi optimum değerlerden yüksek ve frekanslara göre değişim gösteren, düşük frekanslarda oldukça yüksek, orta ve yüksek frekanslarda ise daha düşük değer almıştır (Şekil 4.105). Kaynak ortada iken orta frekanslarda yüksek değerler, kaynağın yanda olması durumunda düşerek yüksek frekanslara yakın değerler almıştır.



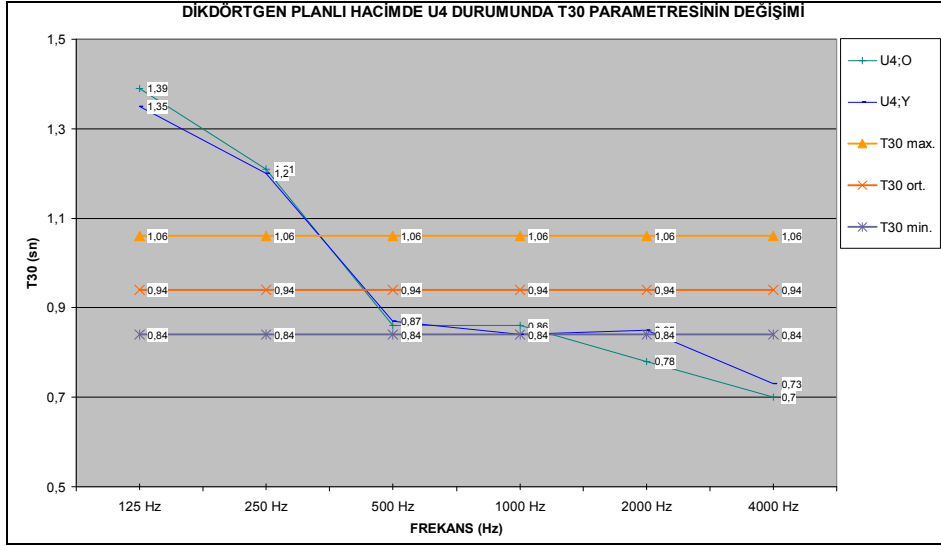
Şekil 4.105 Dikdörtgen planlı hacimde U3 durumu için T30 değişim grafiği

Şekil 4.106'da yelpaze planlı hacimde U3 durumunda EDT değerleri değişimi gösterilmiştir. EDT değerleri U3 durumunda kaynağın ortada olması durumunda sınır değerlerde ancak optimum aralığın dışında kalmıştır. Kaynağın yanda olması durumunda ise olumsuz değerler görülmektedir.



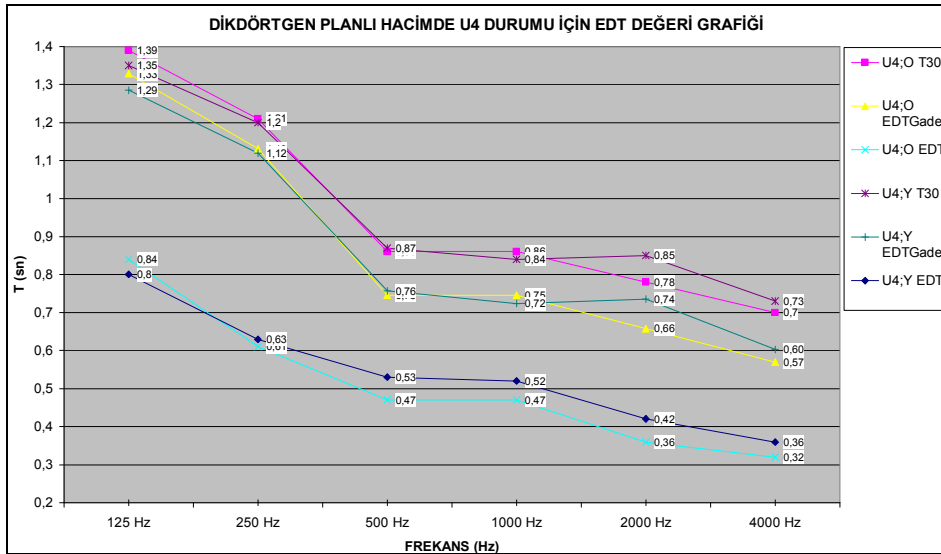
Şekil 4.106 Dikdörtgen planlı hacimde U3 durumu EDT değişim grafiği

U4 durumunda yansıma süresi frekanslara göre düzgün olmayan bir eğri oluşturmuştur (Bkz. Şekil 4.107). Kaynak konumunun değişmesi yansıma süresi değerlerinde büyük değişimlere neden olmamıştır. Düşük frekanslarda değerler yüksek, orta frekanslarda düşük ve optimum aralıkta iken, yüksek frekanslarda ise optimum değerlerden düşük değerler almıştır.



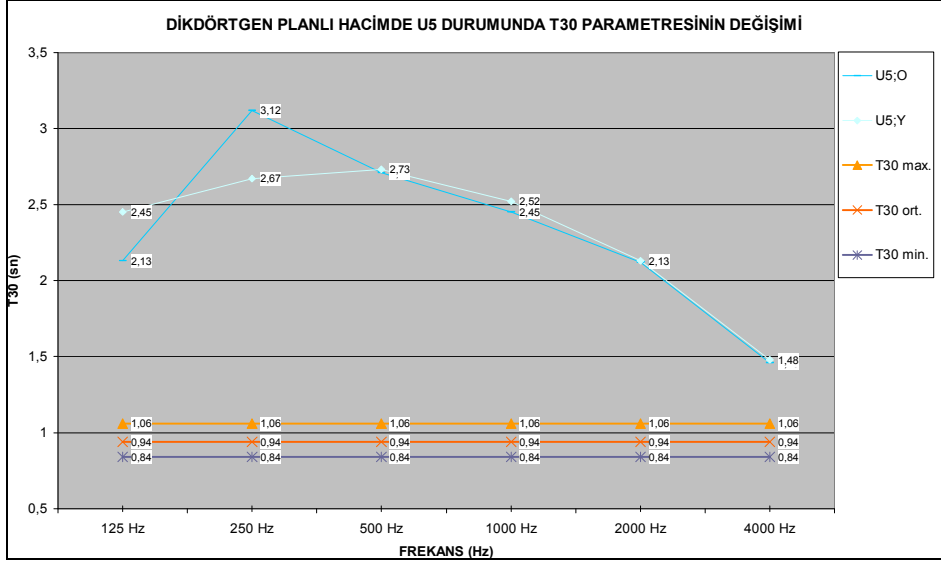
Şekil 4.107 Dikdörtgen planlı hacimde U4 durumu için T30 değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde U4 durumu için EDT değeri grafiği Şekil 4.108'de gösterilmiştir. EDT ve T30 değerleri ile birlikte değerlendirilen EDT_{GADE} değerleri, kaynak ortada ve yanda iken optimum aralıklar arasında kalmıştır.



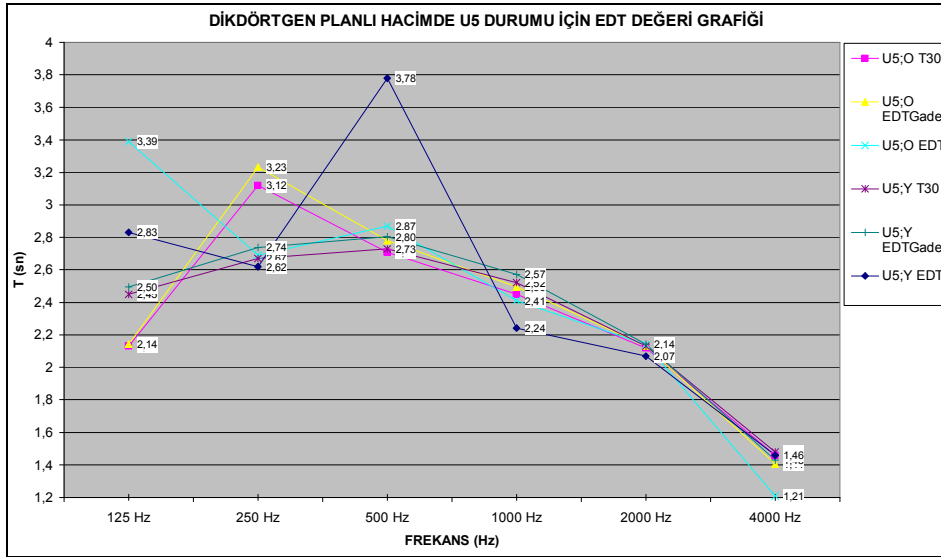
Şekil 4.108 Dikdörtgen planlı hacimde U4 durumu EDT değişim grafiği

Dikdörtgen planlı hacimde U5 durumunda T_{30} parametresi optimum değerlerin üzerinde ve frekanslara göre düzgün olmayan bir eğri oluşturmuştur (Bkz. Şekil 4.109). Kaynak konumunun değişmesi 125 Hz'de olumsuz, 250 Hz'de olumlu yönde değişime neden olmuştur. Diğer dinleyici noktalarında önemli değişim görülmemektedir.



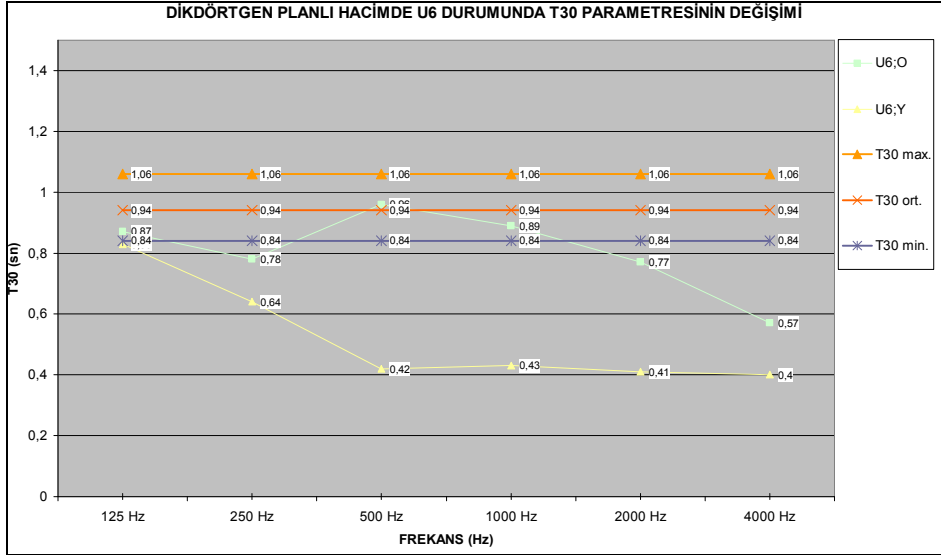
Şekil 4.109 Dikdörtgen planlı hacimde U5 durumu için T30 değişim grafiği

U5 durumunda Şekil 4.110'da gösterilmiş EDT grafiğinde de frekanslara göre düzgün olmayan eğriler görülmektedir. Kaynağın ortada ve yanda olması durumunda EDT değerleri istenilen aralıklara girememiştir.



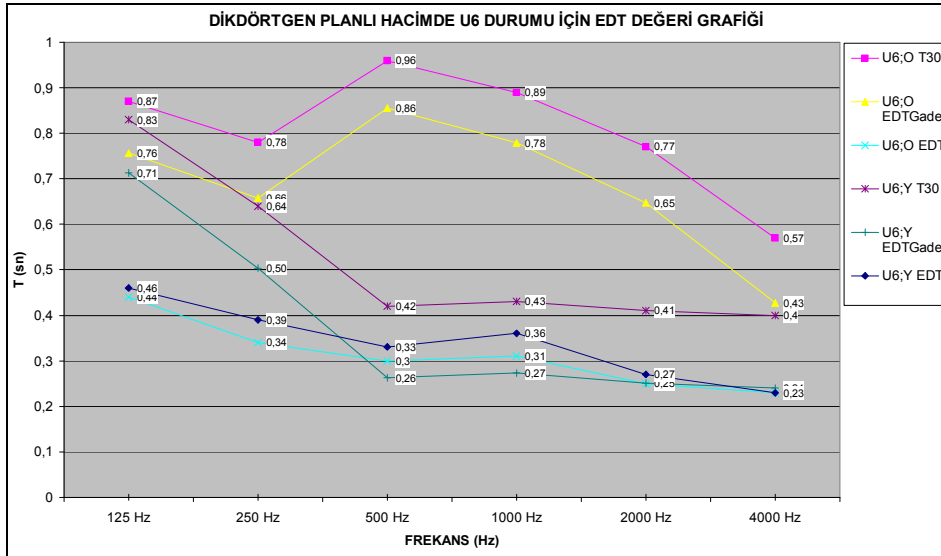
Şekil 4.110 Dikdörtgen planlı hacimde U5 durumu EDT değişim grafiği

Dikdörtgen planlı hacimde U6 durumu için kaynak konumunun değişmesi Şekil 4.111'de görülen T_{30} değerlerinde, 125 Hz dışında tüm frekanslarda fark edilir değişime neden olmuştur. Kaynak ortada iken yansıma süresi yüksek, yanda iken düşük değerler almıştır. İki durumda da yansıma süresi düzgün bir eğri oluşturamamıştır.



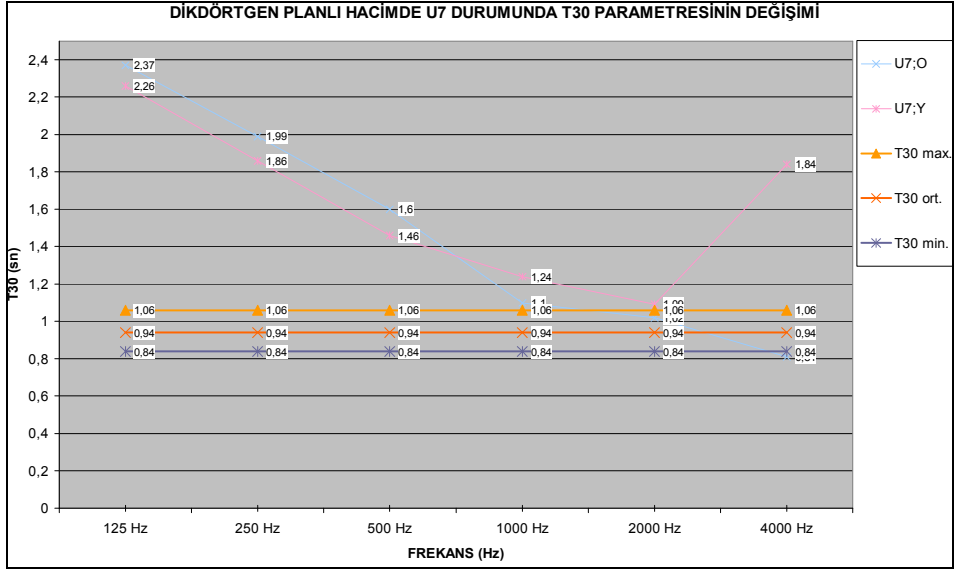
Şekil 4.111 Dikdörtgen planlı hacimde U6 durumu için T30 değişim grafiği

U6 durumunda EDT değerleri Şekil 4.112'de gösterilmiştir. Kaynak ortada iken optimum aralıklarda kalan EDT değerleri, kaynak yanda iken tüm frekanslarda uygun aralıklarda değerler alamamıştır.



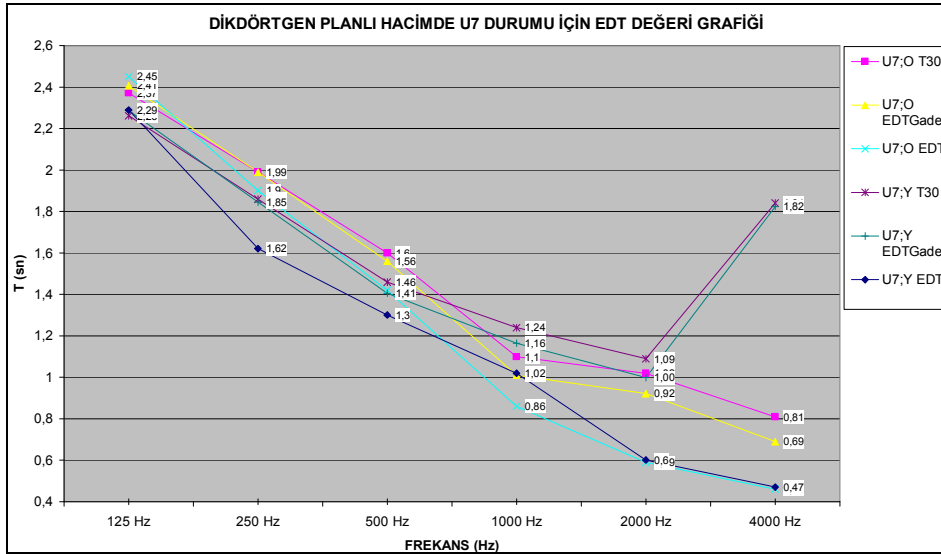
Şekil 4.112 Dikdörtgen planlı hacimde U6 durumu EDT değişim grafiği

Dikdörtgen planlı hacimde U7 durumunda yansıma süresi değerleri tüm frekanslarda optimum aralıklara girememiş ve yüksek değerler almıştır (Bkz. Şekil 4.113). Kaynak konumunun değişmesi en büyük değişimi 4000Hz'de kaynağın yanda olması durumunda göstermiştir.



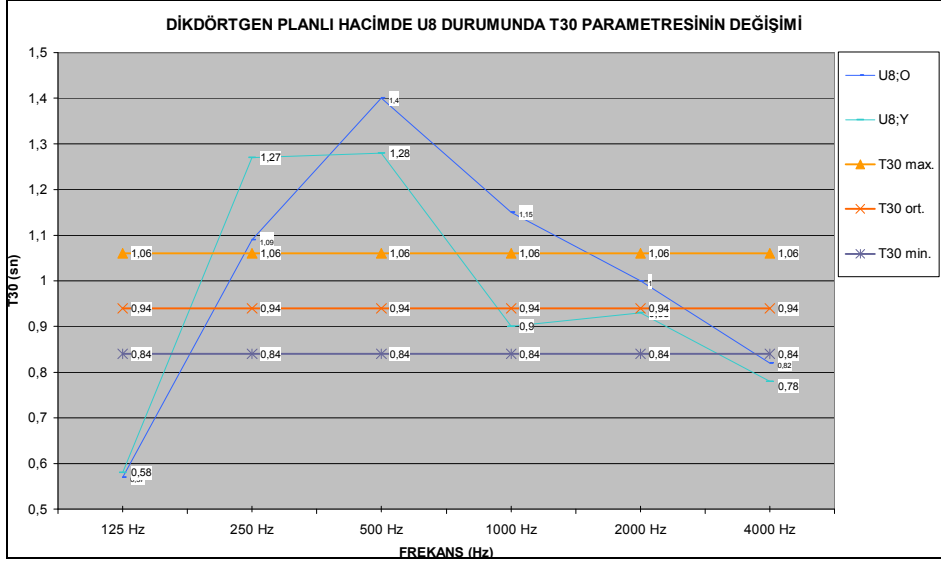
Şekil 4.113 Dikdörtgen planlı hacimde U7 durumu için T30 değişim grafiği

U7 durumunda EDT değerleri kaynağın ortada ve yanda olması durumunda, alçak frekanslarda çok düşük değer ayrımları ile optimum değerlerin dışında kalmasına rağmen orta ve yüksek frekanslarda optimum değer aralıklarında kalabilmiştir (Şekil 4.114).



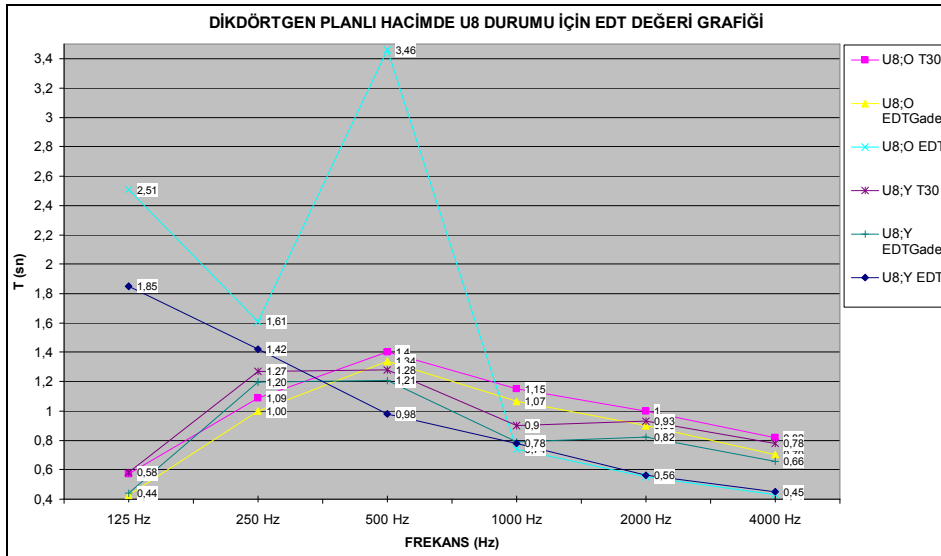
Şekil 4.114 Dikdörtgen planlı hacimde U7 durumu EDT değeri grafiği

Dikdörtgen planlı hacimde U8 durumunun frekanslara göre değişen yansıma süresi değerleri Şekil 4.115'te görülmektedir. Yansıma süresi her iki kaynak konumu için frekanslara göre çok değişen ve optimum aralıklar dışında kalan eğiler oluşturmuştur. Kaynak konumunun değişmesi 250 Hz, 500 ve 1000 Hz'lerde ayırım oluşturmuştur.



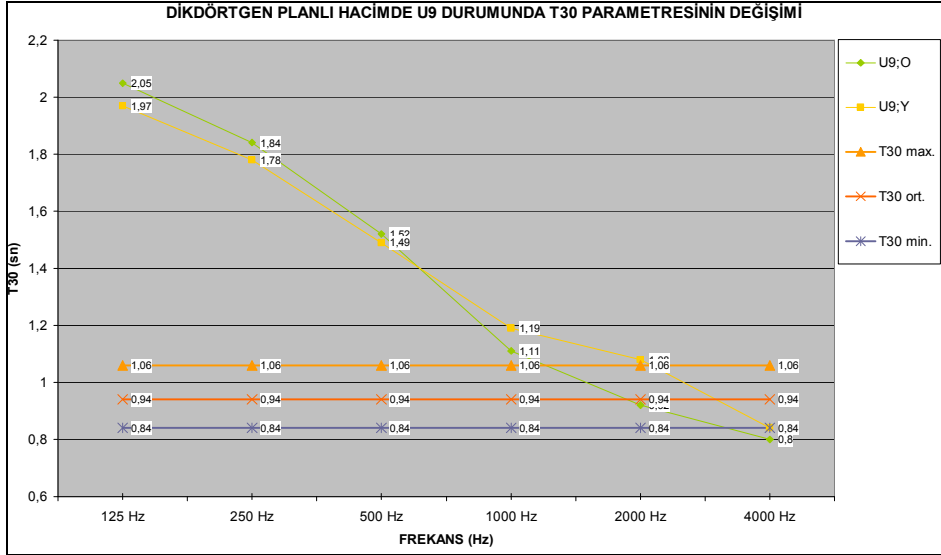
Şekil 4.115 Dikdörtgen planlı hacimde U8 durumu için T30 değişim grafiği

U8 durumunda EDT değerleri, kaynağın ortada ve yanda olması durumunda düşük frekanslarda optimum değer aralıklarının dışında kalmıştır (Şekil 4.116).



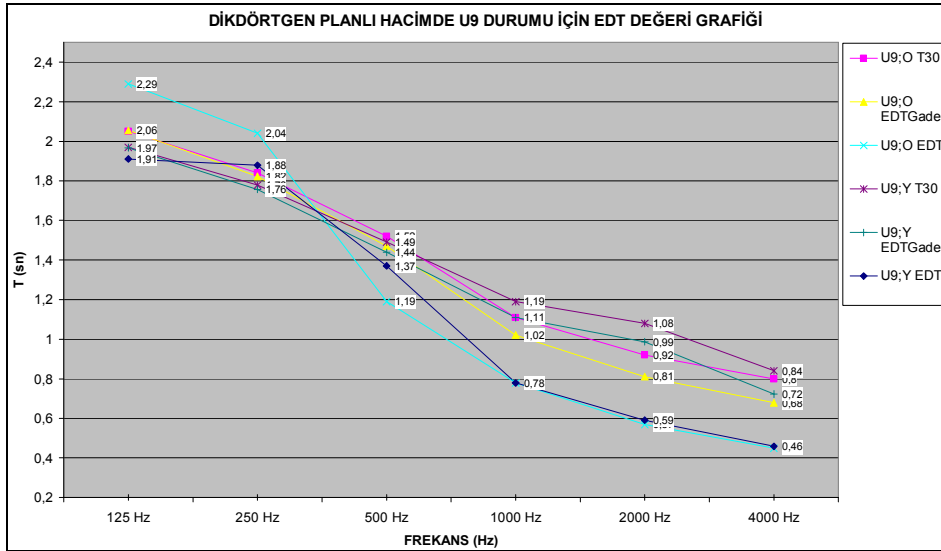
Şekil 4.116 Dikdörtgen planlı hacimde U8 durumu EDT değişim grafiği

Yelpaze planlı hacimde U9 durumunun frekanslara göre değişen yansıma süresi değerleri Şekil 4.117'de görülmektedir. Yansıma süresi düşük frekanslarda oldukça uzun iken, yüksek frekanslarda dikdörtgen planlı hacim için optimum değerlere yakın değerler almıştır. Kaynak konumunun değişmesi ile yansıma süresindeki en fazla ayırım 2000Hz'de görülmektedir.



Şekil 4.117 Dikdörtgen planlı hacimde U9 durumu için T30 değişim grafiği

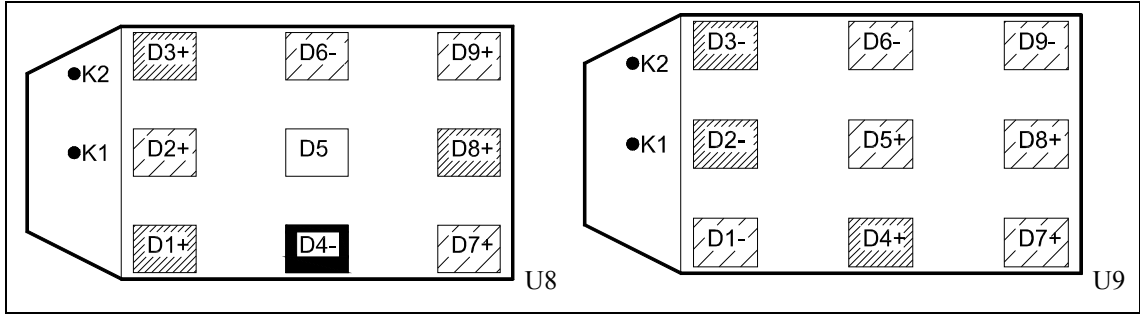
U9 durumunda EDT değerleri, kaynağın ortada ve yanda olması durumunda bazı frekanslarda uygun değerler almış ancak EDT değerleri genelinde optimum değer aralıklarının dışında kalmıştır (Bkz. Şekil 4.118).



Şekil 4.118 Dikdörtgen planlı hacimde U9 durumu için EDT değişim grafiği

T30 Parametresi İçin “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi”:

Bu bölümde yüzey yutuculukları değişen dikdörtgen planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında T30 parametresi değer ayrımları ve dağılımı Şekil 4.119’da yer alan krokiler üzerinde gösterilmiştir. Burada kaynağın ortada (K1) olması durumunda elde edilen T30 değerinde, kaynağın yana gelmesi ile (K2) oluşan olumlu ya da olumsuz değişim (+), (-) sembelleri ile belirtilmiştir. Simge olmayan noktalar ise değişim olmamıştır. Örneğin kaynak



Şekil 4.119 Dikdörtgen planlı hacimde T30 parametresi için "Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi"

4.3.5 Dikdörtgen Planlı Hacim İçin Değerlendirme

Kaynak konumu değişiminin (sahnenin ortasından sahne yanına doğru) hacim akustiği parametrelerinde yol açtığı olumlu ya da olumsuz değişimler, incelenen tüm koşullar için Çizelge 4.6'da toplu olarak sunulmaktadır.

Çizelge 4.6 Dikdörtgen planlı hacimde, kaynağın sahne ortasından sahne yanına yer değiştirmesinin hacim akustiği parametreleri üzerinde yol açtığı ayrımlar (Koyu bölgeler değişimin belirgin olduğunu göstermektedir).

Hacim Tipi	Dinleyici Konumu	Dinleyici Konumu									Hacim Tipi	Dinleyici Konumu	Dinleyici Konumu								
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Optimum	D50	-	-	+	+		=	+	+	/	U5	D50	-	=	+	+	/	/	/	+	-
	SPL(A)	-	-	+		+		+		-		SPL(A)	-	-	+	-		-	-	+	+
	STI	-	-	+	+	-	-	+		/		STI	-	-	+	+		-	+	+	
	T30	+	+	+	+	-	+	-	+	+		T30		+	+	=	+	+	=	+	-
U1	D50	-	-	+	+	+	-	+	+	/	U6	D50	+	/	+	+		-	+	+	-
	SPL(A)	-	-	+	-	-	+	+	-	+		SPL(A)	-	/	+	+	+	+	+		
	STI	-	-	+	+		-	+		-		STI	-	-	+	+	+	-	+		
	T30	+	+	+	+	+	+	+	+	+		T30	-	=	+	-	=	=	-	-	-
U2	D50	+	-	+	+		-	+	+	-	U7	D50	+	-	+	+		-	+	+	-
	SPL(A)	-	-	+	+	+	+	+				SPL(A)	-	-	+		+	-		+	+
	STI	-	-	+	+		-					STI	-	-	+	+	-	-	+	-	
	T30	-	-	=	-	-	/	+	-	+		T30	-	-	-	+	+	-	+	+	+
U3	D50		-	+	+	+	-	+	+	-	U8	D50	-	-	+	+		-	+	+	-
	SPL(A)	-	-	+	-	-	-	+	-	+		SPL(A)	-	-	+	-		-	+	-	-
	STI	-	-	+	+	-		+	+			STI	-	-	+	+		-	+	+	
	T30	+	+	+	+	+	+	+	+	+		T30	+	+	+	=		-	+	+	+
U4	D50	-	-	+	+	-	-	+	-	-	U9	D50		-	+	+	+	-	+	+	-
	SPL(A)	-	-	+	+	+		+	+	+		SPL(A)	-	-	+		+	-		+	+
	STI	-	-	+			-	-	-			STI	-	-	+	+		-	+		
	T30	+	-	+	-	+	+	+	+	+		T30	-	-	-	+	+	-	+	+	-

Çizelge 4.7’de ise, dikdörtgen planlı hacimde, her iki kaynak konumunda, değişik dinleyici noktalarında elde edilen parametre değerleri arasındaki minimum ve maksimum ayrımlar yer almaktadır.

Çizelge 4.7 Yüzey yutuculukları değişen dikdörtgen planlı hacimde kaynak konumu değişimi ile dinleyici noktalarında ölçülen parametre değerleri arasındaki min- max ayrımlar (O: Kaynak sahnenin ortasında, Y: kaynak sahnenin yanında)

DİKDÖRTGEN PLAN												
Dinleyici noktaları	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Birim	min - max değer ayrımları	
U1;O	D50	0,36	0,48	0,36	0,35	0,37	0,36	0,55	0,52	0,54		0,20
	T30	3,06	3,04	3,15	3,22	3,09	3,16	3,1	3,1	3,1	sn	0,18
	EDT	3,69	3,59	3,73	3,06	2,86	3,79	2,46	2,44	3,26	sn	1,35
	EDTgade	3,166	3,144	3,265	3,342	3,199	3,276	3,21	3,21	3,21	sn	0,20
	SPL (A)	56,8	57,4	56,8	57,6	57,1	56,7	56,7	57,1	56,7	dB	0,90
	STI	0,47	0,55	0,47	0,49	0,5	0,48	0,6	0,61	0,6		0,14
U1;Y	D50	0,34	0,4	0,52	0,41	0,38	0,28	0,58	0,54	0,46		0,30
	T30	2,81	2,97	2,91	2,92	2,93	2,84	2,95	3,03	2,84	sn	0,22
	EDT	3,63	3,07	3,46	2,6	3,08	2,82	2,35	2,75	2,5	sn	1,28
	EDTgade	2,891	3,067	3,001	3,012	3,023	2,924	3,045	3,133	2,924	sn	0,24
	SPL (A)	56	56,4	57,9	57,4	57	57,2	57	56,8	57,2	dB	1,90
	STI	0,45	0,48	0,58	0,52	0,5	0,45	0,62	0,61	0,59		0,17
U2;O	D50	0,86	0,93	0,88	0,9	0,92	0,91	0,95	0,94	0,95		0,09
	T30	0,64	0,67	0,79	0,63	0,57	0,67	0,42	0,51	0,51	sn	0,37
	EDT	0,25	0,35	0,32	0,29	0,3	0,29	0,22	0,23	0,24	sn	0,13
	EDTgade	0,504	0,537	0,669	0,493	0,427	0,537	0,262	0,361	0,361	sn	0,41
	SPL (A)	51	54,3	50,9	48,9	49,1	48,8	45,8	46	45,8	dB	8,50
	STI	0,81	0,85	0,83	0,85	0,84	0,85	0,88	0,88	0,88		0,07
U2;Y	D50	0,89	0,9	0,91	0,94	0,92	0,89	0,97	0,96	0,93		0,08
	T30	0,42	0,49	0,47	0,46	0,53	0,46	0,43	0,51	0,52	sn	0,11
	EDT	0,33	0,42	0,22	0,3	0,27	0,32	0,23	0,24	0,24	sn	0,20
	EDTgade	0,262	0,339	0,317	0,306	0,383	0,306	0,273	0,361	0,372	sn	0,12
	SPL (A)	49,6	52,2	54	49,3	49,5	49	46,2	46	45,8	dB	8,20
	STI	0,79	0,82	0,88	0,86	0,84	0,84	0,88	0,88	0,88		0,09
U3;O	D50	0,62	0,72	0,59	0,53	0,59	0,52	0,66	0,64	0,66		0,20
	T30	2,2	2,2	2,21	3,16	1,96	1,73	1,85	1,93	2,34	sn	1,43
	EDT	1,18	2,44	1,96	1,28	2,78	2,01	1,07	0,87	1,05	sn	1,91
	EDTgade	2,22	2,22	2,231	3,276	1,956	1,703	1,835	1,923	2,374	sn	1,57
	SPL (A)	54	55,4	53,1	53,6	53,1	53,8	51,6	51,2	51,3	dB	4,20
	STI	0,63	0,69	0,63	0,59	0,63	0,58	0,67	0,69	0,66		0,11
U3;Y	D50	0,62	0,66	0,74	0,63	0,6	0,44	0,68	0,73	0,57		0,30
	T30	1,84	1,68	1,89	1,55	1,65	1,65	1,59	1,56	1,5	sn	0,39
	EDT	1,96	1,59	1,77	1,12	1	2,16	1,26	1,44	0,82	sn	1,34
	EDTgade	1,824	1,648	1,879	1,505	1,615	1,615	1,549	1,516	1,45	sn	0,43
	SPL (A)	53	53,9	56,2	53,2	53	53,5	51,8	51,1	51,5	dB	5,10
	STI	0,61	0,63	0,76	0,64	0,62	0,58	0,68	0,71	0,66		0,18

Çizelge 4.7'nin devamı

DİKDÖRTGEN PLAN												
Dinleyici noktaları	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Birim	min - max değer ayrımları	
U4;O	D50	0,78	0,88	0,8	0,77	0,79	0,77	0,89	0,88	0,9		0,13
	T30	0,94	1,02	0,9	1	0,98	0,91	0,92	0,94	1,06	sn	0,16
	EDT	0,46	0,71	0,84	0,55	0,52	0,52	0,32	0,32	0,31	sn	0,53
	EDTgade	0,834	0,922	0,79	0,9	0,878	0,801	0,812	0,834	0,966	sn	0,18
	SPL (A)	51,6	54,6	51,4	51,6	51,6	51,5	51,1	51,1	50,8	dB	3,80
	STI	0,74	0,8	0,75	0,76	0,75	0,76	0,82	0,81	0,82		0,08
U4;Y	D50	0,77	0,82	0,86	0,8	0,77	0,76	0,91	0,87	0,87		0,15
	T30	0,91	0,82	0,99	0,91	0,99	0,98	1,02	0,88	1,1	sn	0,28
	EDT	0,68	0,99	0,47	0,6	0,54	0,6	0,34	0,32	0,32	sn	0,67
	EDTgade	0,801	0,702	0,889	0,801	0,889	0,878	0,922	0,768	1,01	sn	0,31
	SPL (A)	50,4	52,7	54,3	51,9	52,1	51,5	51,3	51,3	51,1	dB	3,90
	STI	0,7	0,74	0,82	0,76	0,75	0,74	0,8	0,8	0,82		0,12
U5;O	D50	0,43	0,54	0,41	0,37	0,42	0,38	0,66	0,55	0,54		0,29
	T30	2	2,58	1,9	2,16	2,6	2,72	2,29	2,42	2,28	sn	0,82
	EDT	3	2,96	2,88	2,63	2,32	2,79	1,5	1,5	2,44	sn	1,50
	EDTgade	2	2,638	1,89	2,176	2,66	2,792	2,319	2,462	2,308	sn	0,90
	SPL (A)	55,8	56,7	56	57	56,3	56,9	56,7	56,5	56,3	dB	1,20
	STI	0,52	0,59	0,5	0,51	0,53	0,51	0,62	0,62	0,6		0,12
U5;Y	D50	0,37	0,44	0,57	0,42	0,42	0,32	0,66	0,61	0,51		0,34
	T30	2	2,5	1,7	2,46	2,5	2,54	2,65	2,28	2,31	sn	0,95
	EDT	2,53	2,87	3,35	2,66	2,97	2,61	1,82	1,91	1,73	sn	1,62
	EDTgade	2	2,55	1,67	2,506	2,55	2,594	2,715	2,308	2,341	sn	1,05
	SPL (A)	55,3	55,7	57,4	56,7	56,3	56,5	56,3	56,6	56,5	dB	2,10
	STI	0,47	0,51	0,61	0,53	0,53	0,49	0,66	0,64	0,6		0,19
U6;O	D50	0,82	0,91	0,84	0,88	0,91	0,89	0,94	0,93	0,94		0,12
	T30	0,75	0,87	1,08	0,73	0,84	0,86	0,6	0,72	0,79	sn	0,48
	EDT	0,29	0,42	0,37	0,32	0,32	0,31	0,25	0,25	0,25	sn	0,17
	EDTgade	0,625	0,757	0,988	0,603	0,724	0,746	0,46	0,592	0,669	sn	0,53
	SPL (A)	51,4	54,6	51,3	49,3	49,4	49,2	46,1	46,3	46,1	dB	8,50
	STI	0,79	0,83	0,8	0,83	0,83	0,84	0,87	0,87	0,87		0,08
U6;Y	D50	0,85	0,87	0,89	0,94	0,91	0,87	0,96	0,94	0,93		0,11
	T30	0,47	0,51	0,5	0,5	0,53	0,55	0,51	0,47	0,56	sn	0,09
	EDT	0,38	0,62	0,31	0,32	0,28	0,35	0,25	0,25	0,25	sn	0,37
	EDTgade	0,317	0,361	0,35	0,35	0,383	0,405	0,361	0,317	0,416	sn	0,10
	SPL (A)	50,3	52,6	54,3	49,7	49,9	49,3	46,6	46,3	46,1	dB	8,20
	STI	0,77	0,8	0,86	0,86	0,84	0,82	0,88	0,87	0,87		0,11
U7;O	D50	0,62	0,73	0,62	0,58	0,61	0,58	0,72	0,69	0,7		0,15
	T30	1,48	1,55	1,52	1,55	1,5	1,45	1,38	1,4	1,47	sn	0,17
	EDT	1,34	1,62	1,64	1,23	1,1	0,88	0,76	1,44	1,49	sn	0,88
	EDTgade	1,428	1,505	1,472	1,505	1,45	1,395	1,318	1,34	1,417	sn	0,19
	SPL (A)	53,6	55,4	53,6	53,7	53,5	53,8	53	52,9	52,6	dB	2,80
	STI	0,65	0,71	0,65	0,64	0,66	0,64	0,72	0,73	0,7		0,09
U7;Y	D50	0,63	0,66	0,73	0,66	0,61	0,51	0,78	0,74	0,64		0,27
	T30	1,54	1,57	1,72	1,4	1,36	1,47	1,33	1,34	1,36	sn	0,39
	EDT	2,29	1,68	1,12	1,03	1	0,92	1,12	0,84	0,92	sn	1,45
	EDTgade	1,494	1,527	1,692	1,34	1,296	1,417	1,263	1,274	1,296	sn	0,43
	SPL (A)	52,7	53,9	55,9	53,7	53,6	53,5	53	53,1	52,9	dB	3,20
	STI	0,62	0,65	0,73	0,68	0,65	0,62	0,75	0,72	0,7		0,13

Çizelge 4.7'nin devamı

DİKDÖRTGEN PLAN												
Dinleyici noktaları	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Birim	min - max değer ayrımları	
U8;O	D50	0,67	0,77	0,67	0,6	0,65	0,63	0,75	0,72	0,74		0,17
	T30	0,76	0,97	0,82	1,03	0,96	0,72	1,23	1,25	1,27	sn	0,55
	EDT	1,21	1,38	1,2	1,46	0,96	1,67	0,67	0,68	1,5	sn	1,00
	EDTgade	0,636	0,867	0,702	0,933	0,856	0,592	1,153	1,175	1,197	sn	0,61
	SPL (A)	53,1	55	53,1	53,4	53,1	53,2	52,6	52,6	52,3	dB	2,70
	STI	0,67	0,73	0,67	0,66	0,67	0,66	0,73	0,74	0,73		0,08
U8;Y	D50	0,65	0,7	0,78	0,66	0,65	0,55	0,8	0,78	0,69		0,25
	T30	0,95	0,96	1	0,67	0,96	0,62	1,17	1,08	1,18	sn	0,56
	EDT	1,42	1,39	1,41	0,88	0,98	1,12	0,6	0,65	0,57	sn	0,85
	EDTgade	0,845	0,856	0,9	0,537	0,856	0,482	1,087	0,988	1,098	sn	0,62
	SPL (A)	52,1	53,3	55,5	53,3	53,1	53	52,8	52,5	52,2	dB	3,40
	STI	0,64	0,67	0,76	0,68	0,67	0,64	0,76	0,75	0,73		0,12
U9;O	D50	0,64	0,74	0,64	0,59	0,62	0,59	0,73	0,71	0,72		0,15
	T30	1,34	1,42	1,48	1,47	1,33	1,36	1,35	1,24	1,34	sn	0,24
	EDT	1,42	1,66	1,79	1,05	1,52	1,31	0,73	0,71	0,76	sn	1,08
	EDTgade	1,274	1,362	1,428	1,417	1,263	1,296	1,285	1,164	1,274	sn	0,26
	SPL (A)	53,4	55,2	53,4	53,5	53,3	53,6	52,9	52,8	52,5	dB	2,70
	STI	0,66	0,72	0,66	0,65	0,66	0,65	0,73	0,73	0,71		0,08
U9;Y	D50	0,64	0,68	0,75	0,67	0,63	0,52	0,79	0,75	0,65		0,27
	T30	1,42	1,53	1,62	1,35	1,31	1,38	1,28	1,23	1,37	sn	0,39
	EDT	1,65	1,26	1,86	0,96	1,41	1,33	0,7	0,66	0,63	sn	1,23
	EDTgade	1,362	1,483	1,582	1,285	1,241	1,318	1,208	1,153	1,307	sn	0,43
	SPL (A)	52,4	53,7	55,7	53,5	53,4	53,3	52,9	52,9	52,7	dB	3,30
	STI	0,63	0,66	0,74	0,68	0,66	0,63	0,76	0,73	0,71		0,13
OPT. O	D50	0,75	0,84	0,77	0,7	0,75	0,72	0,82	0,79	0,82		0,14
	T30	1,02	0,97	1,14	0,98	0,97	0,89	0,87	0,96	0,83	sn	0,31
	EDT	0,53	0,73	0,69	0,61	0,62	0,6	0,45	0,44	0,45	sn	0,29
	EDTgade	0,922	0,867	1,054	0,878	0,867	0,779	0,757	0,856	0,713	sn	0,34
	SPL (A)	53	54,8	52,8	52,7	52,7	52,5	50,7	51	50,5	dB	4,30
	STI	0,72	0,77	0,73	0,71	0,73	0,72	0,77	0,78	0,77		0,07
OPT. Y	D50	0,76	0,77	0,85	0,78	0,75	0,63	0,86	0,83	0,76		0,23
	T30	0,97	0,95	1	0,95	0,89	0,94	1,03	0,94	0,92	sn	0,14
	EDT	0,73	1,15	0,47	0,65	0,66	0,72	0,41	0,43	0,41	sn	0,74
	EDTgade	0,867	0,845	0,9	0,845	0,779	0,834	0,933	0,834	0,812	sn	0,15
	SPL (A)	51,9	53,2	55,4	52,7	52,9	52,5	51,2	51	50,4	dB	5,00
	STI	0,69	0,71	0,81	0,74	0,72	0,68	0,81	0,78	0,77		0,13

Çizelge 4.6. ve Çizelge 4.7 incelendiğinde, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır:

- İncelenen tüm koşullarda, kaynak konumu değişiminden en fazla sahneye yakın dinleyicilerin etkilendiği görülmektedir. Bu bölge için, parametrelerin hemen hepsinde, konuşmacının yaklaştığı bölgede yer alan dinleyiciler için koşullar iyileşmekte, uzaklaştığı bölgeler için ise olumsuz yönde değişim olmaktadır. Tüm koşullar arasında en yüksek değişim U3'te (tavan yutucu, diğer yüzeyler yansıtıcı) görülmektedir (Çizelge 4.6).
- Hacmin orta ve arka bölümlerinde ise dinleyici konumuna göre, kaynak konumu değişiminden kimi parametreler olumlu, kimi parametreler ise olumsuz etkilenmektedir. Ancak tüm koşullar için gözlemlenen durum, D9 dinleyici noktasında, beklenilenin aksine, kaynak konumunun değişimi ile parametrelerin çoğunun olumsuz yönde etkilenmesidir.
- Yüzeylerin orta yutuculukta olduğu U7, U8 ve U9 durumlarında orta bölümlerdeki dinleyicilerde kaynak konumunun değişimi ile olumlu yönde değişim görülürken, tüm durumlarda arka bölümlerdeki dinleyicilerde ise belirgin bir değişim görülmemektedir.
- Kaynak konumu değişiminin hacim akustiği parametreleri üzerinde en fazla değişime yol açtığı koşul U3 (tavan yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olması durumu) koşuludur.
- Konuşmacı sahne ortasında iken, hacim akustiği parametrelerinin hacim içindeki dağılımı, konuşmacının yanda olması durumunda çoğu parametre için olumsuz yönde değişmektedir. Bir başka deyişle, belli bir parametre için değişik dinleyici noktalarındaki ayırım, konuşmacının yanda olma durumunda artmaktadır. Bu durum özellikle U3 koşullarında daha belirgindir (Bkz Çizelge 4.7).
- Konuşmacının sahnenin ortasında olma durumunda, değişik dinleyici noktalarında elde edilen parametre değerleri arasındaki ayrımlar, kaynak sahne kenarına geldiğinde en az U4 (tavan yansıtıcı, diğer yüzeyler yutucu) durumunda değişmektedir. Bir başka deyişle, hacim genelinde parametre dağılımlarının düzgünlük durumu, konuşmacının sahne yanında olması durumunda en az U4 koşulunda değişmektedir. Kaynak konumunun değişimi ile dinleyici noktaları arasında ayırımın az olması, hacim genelinde parametre dağılımlarının düzgün olduğunu göstermektedir.

4.3.6 Dikdörtgen Planlı Hacimde Yüzey Gereçlerinin Dağıtıcılığının Etkisi

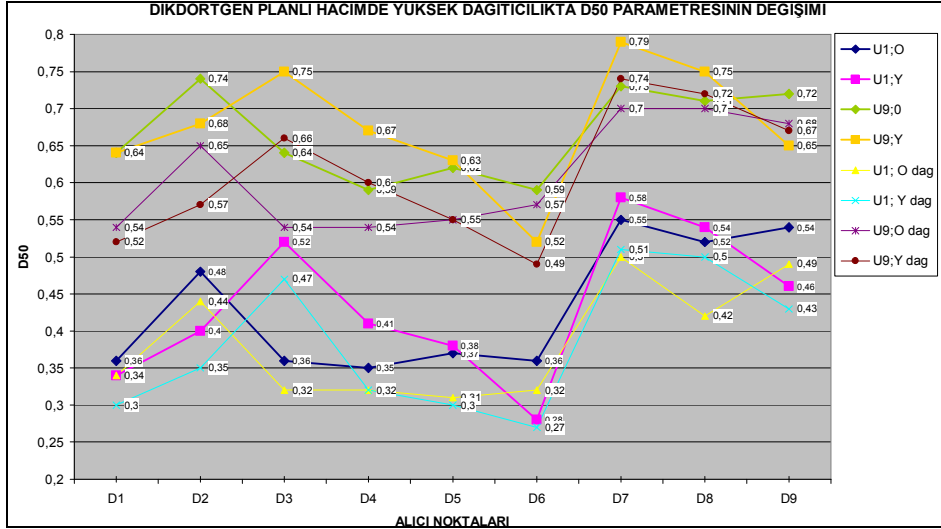
Çalışmanın bu bölümünde dikdörtgen planlı hacimde, kullanılan gereçlerin dağıtıcılık

özellikleri yükseltilecek kaynak konumunun değişmesinin hacim akustiği parametrelerine etkisi incelenmiştir.

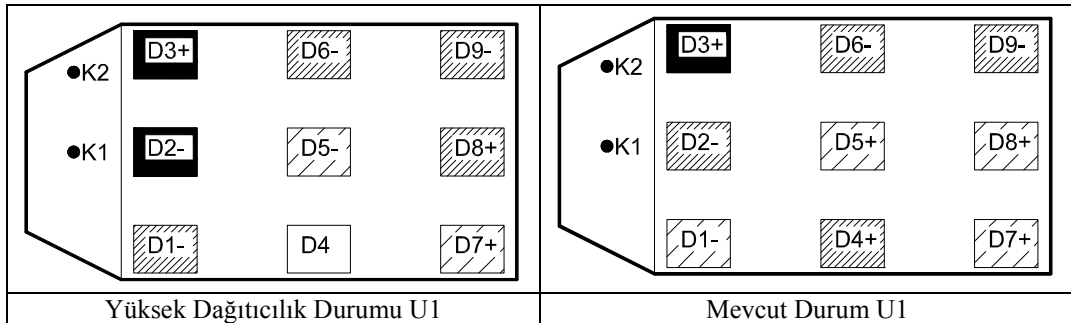
Değerlendirmeye alınacak yüzey yutuculukları, değişimin en iyi gözlemleneceği U1 (tüm yüzeyler yansıtıcı) ve U9 (tüm yüzeyler orta yutuculukta) durumları olarak belirlenmiştir. Bu durumlar için dağıtıcılığın önem taşıdığı D50, STI ve SPL(A) parametreleri değerlendirmeye alınmıştır. U1 ve U9 durumlarında tüm yüzey gereçlerinin dağıtıcılığı %90 olarak belirlenmiş ve inceleme sonuçları aşağıda açıklanmıştır.

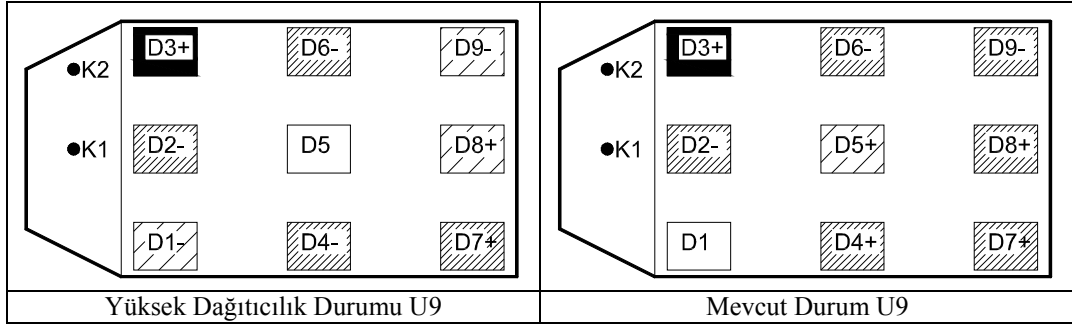
D50 değerleri yüksek dağıtıcılık durumunda normal dağıtıcılık durumundan düşük değerler almıştır (Bkz. Şekil 4.120).

Kaynak konumunun değişimi Şekil 4.121'de yüksek dağıtıcılıkta bazı dinleyici noktalarında değişimlere neden olduğu görülmektedir.







Şekil 4.120 Dikdörtgen planlı hacimde farklı dağıtıcılık durumları için D50 değişim grafiği

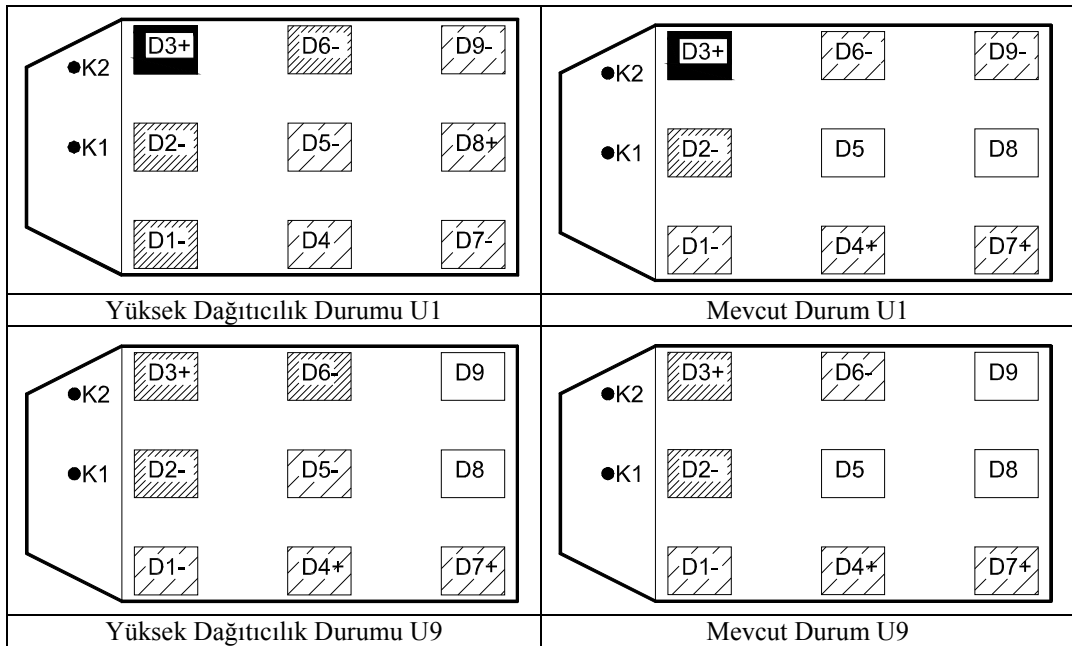




Şekil 4.121 D50 parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları- Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri

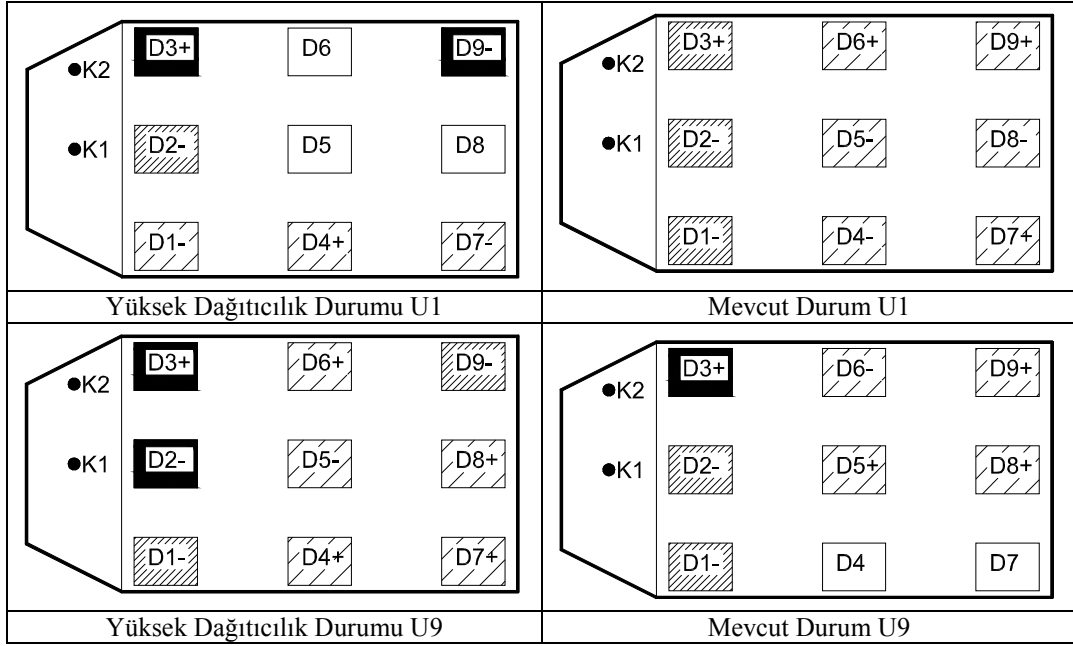
Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir. Yazılardaki “+”, “-” simgeleri değişimin olumlu ya da olumsuz yönde olduğunu, simge olmayan noktalarda ise değişim olmadığını belirtmektedir.

STI parametresinin kaynak konumu ile değişimi yüksek dağıtıcılık durumunda yüksek ayırım oluşturmamıştır (Bkz. Şekil 4.122).







Şekil 4.122 STI parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları- Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri

SPL(A) parametresinin kaynak konumu değişimi ile yüksek dağıtıcılıkta dinleyici noktalarında mevcut durum ile çok benzerlik göstermektedir (Bkz. Şekil 4.123).



Şekil 4.123 SPL(A) parametresi için farklı dağıtıcılık durumlarında “Yüzey Yutuculukları-Kaynak Konumu-Dağılım İlişkisi” Krokileri

Koyu bölgeler , yüksek; orta koyu bölgeler , orta; açık bölgeler , düşük değer ayrımlarını, boş alanlar  değişim olmadığını göstermektedir. Yazılardaki “+”, “-” simgeleri değişimin olumlu ya da olumsuz yönde olduğunu, simge olmayan noktalar ise değişim olmadığını belirtmektedir.

Değerlendirmede dikdörtgen planlı hacimde, yüzeylerin yüksek dağıtıcılık durumunda mevcut durum ile karşılaştırıldığında büyük ayrımlar oluşturmadığı saptanmıştır. Bu nedenle, incelemelerde, yüzeylerin Odeon programında verilmiş ortalama dağıtıcılık değerleri kullanılmıştır.

4.4 Genel Değerlendirme

Bu bölümde, tez kapsamında, üç hacim tipi için gerçekleştirilen çalışmaların genel değerlendirmesinin yapılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, öncelikle kaynak konumunun değişiminin kare, dikdörtgen ve yelpaze tipli hacimlerde akustik parametrelerde neden olduğu değişimler arasında belirlenen temel benzerlikler ve ayrımlar verilmiştir. Ardından, her bir noktada ayrı ayrı olmak üzere, değerlendirmeye alınan D50, SPL, STI, EDT ve T30 parametrelerinin uygunluk durumu belirlenmiş ve sonuçlarla ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

- İncelenen üç tip hacim ve tüm koşullarda, kaynak konumu değişiminden en fazla sahneye yakın dinleyicilerin etkilendiği görülmektedir. Bu bölge için, parametrelerin hemen hepsinde, konuşmacının yaklaştığı bölgede (D3'te) yer alan dinleyiciler için koşullar iyileşmekte, uzaklaştığı bölgeler için ise olumsuz yönde değişim olmaktadır.
- Hacimlerin orta ve arka bölümlerinde ise dinleyici konumuna göre, kaynak konumu değişiminden kimi parametreler olumlu, kimi parametreler ise olumsuz etkilenmektedir. Ancak tüm koşullar için gözlemlenen durum, D9 dinleyici noktasında, beklenilen aksine, kaynak konumunun değişimi ile parametrelerin çoğunun olumsuz yönde etkilenmesidir.
- Kaynak konumu değişiminin hacim akustiği parametreleri üzerinde en fazla değişime yol açtığı koşul yelpaze ve dikdörtgen planlı hacimler için U3 (tavan yutucu, diğer yüzeyler yansıtıcı), kare planlı hacim için ise U5 (sahne yutucu, diğer yüzeyler yansıtıcı) koşuludur. Üç hacim tipi arasında, en az değişim yelpaze planlı hacimde görülmektedir.
- Konuşmacının sahnenin ortasında ya da yanda olma durumunda, değişik dinleyici noktalarında elde edilen parametre değerleri arasındaki ayrımlar ile ilgili kesin bir genelleme yapmak olanaklı değildir. Ancak, konuşmacının sahnenin ortasında olma durumunda, değişik dinleyici noktalarında elde edilen parametre değerleri arasındaki ayrımlar, kaynak sahne kenarına geldiğinde en az, yelpaze planlı hacim için U2 (tüm yüzeyler yutucu), kare planlı hacim için U6 (sahne yansıtıcı, diğer yüzeyler yutucu) ve dikdörtgen planlı hacim için U4 (tavan yansıtıcı, diğer yüzeyler yutucu) koşulları olarak görülmektedir.

Çizelge 5.1, Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'te, kare, dikdörtgen ve yelpaze biçimli hacimlerde, her bir örnek dinleyici ve kaynak konumu için değerlendirilmesi yapılan parametrelerden uygun durumda olanlar belirtilmiştir. Her bir parametreyi gösteren sembol;

- D50 parametresi için “●”;
- SPL(A) parametresi için “x”
- STI parametresi için “Δ”,
- EDT parametresi için “▲”,
- T30 parametresi için “□”

olarak belirlenmiştir. Uygun durumda olan parametre sayısının en fazla olduğu (tüm parametreler uygun durumda) dinleyici noktaları koyu gri, daha az sayıda parametrenin uygun

olduğu durumlar daha açık gri ile ifade edilmiştir. EDT ve T30 parametreleri için optimum koşullar sağlanmadığı halde anlaşılabilirlik için önemli olan D50, STI ve ses düzeyine ilişkin SPL(A) parametresinin bir arada uygun olduğu koşullar da yeterli kabul edilmiş ve çizelgelerde en açık gri ile belirtilmiştir.

Çizelge 5.1 Kare planlı hacimde dinleyici ve kaynak konumuna göre değişik yüzey yutuculuklarında uygun değerlerde olan parametrelerin gösterimi

KARE PLAN										
DİNLEYİCİ NO		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
OPT	Kaynak ortada	● Δ □	● X Δ ▲	● Δ □	● X Δ ▲ □	● X Δ ▲ □	● X Δ ▲ □	● X Δ ▲	● X Δ ▲ □	● X Δ ▲ □
	Kaynak yanda	● Δ □ ▲	● X Δ ▲ □	● X Δ ▲	● X Δ ▲ □	● X Δ ▲ □	● X Δ ▲ □	● X Δ ▲ □	● X Δ ▲	● X Δ ▲ □
U1	Kaynak ortada	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Kaynak yanda	X	X	X	X	X	X	X	X	X
U2	Kaynak ortada	● Δ ▲	● X Δ ▲	● Δ ▲	● Δ ▲	● Δ	● Δ ▲	● Δ ▲	● Δ ▲	● Δ ▲
	Kaynak yanda	● Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ ▲	● Δ ▲	● Δ	● Δ	● Δ ▲	● Δ ▲	● Δ
U3	Kaynak ortada	Δ	● X Δ	Δ	● X Δ	● X Δ	● X Δ	● X Δ	X Δ	● X Δ
	Kaynak yanda	Δ	● X Δ	● X Δ	● X Δ	X Δ ▲	X Δ	● X Δ ▲	● X Δ	X Δ
U4	Kaynak ortada	● Δ ▲	● X Δ ▲	● Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ ▲
	Kaynak yanda	● Δ	● X Δ	● X Δ ▲	● Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ ▲	● Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ ▲
U5	Kaynak ortada	X	X	X	X	X	X	X	X Δ	X
	Kaynak yanda	X	X	X	X	X	X	X Δ	X Δ	X
U6	Kaynak ortada	● Δ ▲	● X Δ ▲	● Δ ▲	● Δ ▲	● Δ ▲	● Δ ▲	● Δ ▲	● Δ ▲	● Δ ▲
	Kaynak yanda	● Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ ▲	● Δ ▲	● Δ	● Δ	● Δ ▲	● Δ ▲	● Δ
U7	Kaynak ortada	Δ	● X Δ ▲	Δ	X Δ	X Δ	● X Δ ▲	● X Δ	● X Δ ▲	● X Δ ▲
	Kaynak yanda	Δ	● X Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ	X Δ ▲	X Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ	X Δ ▲
U8	Kaynak ortada	Δ	● X Δ	● Δ	● X Δ ▲	X Δ	● X Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ ▲	● X Δ ▲
	Kaynak yanda	Δ	● X Δ	● X Δ	● X Δ	X Δ	X Δ	● X Δ	● X Δ	X Δ ▲
U9	Kaynak ortada	Δ	● X Δ ▲	Δ	● X Δ ▲	X Δ	● X Δ	● X Δ	● X Δ ▲	● X Δ ▲
	Kaynak yanda	Δ	● X Δ	● X Δ	● X Δ ▲	X Δ ▲	X Δ ▲	● X Δ	● X Δ ▲	X Δ ▲

Çizelge 5.3 Yelpaze planlı hacimde dinleyici ve kaynak konumuna göre değişik yüzey yutuculuklarında uygun değerlerde olan parametrelerin gösterimi

YELPAZE PLAN										
DİNLEYİCİ NO		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Opt	Kaynak ortada	•X△▲□	•X△▲□	•X△▲□	•X△▲□	•X△▲□	•X△▲□	•△▲□	•X△▲□	•△▲□
	Kaynak yanda	•△□	•X△□	•X△▲□	•△▲□	•X△▲□	•X△▲□	•△▲□	•X△▲□	•X△▲□
U1	Kaynak ortada	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Kaynak yanda	X	X	X	X	X	X	X	X	X
U2	Kaynak ortada	•△▲	•X△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲
	Kaynak yanda	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲
U3	Kaynak ortada	•X△	•X△	•X△	X△	X△	X△	•△	•X△	•△
	Kaynak yanda	X△	X△	•X△	X△	X△	X△	•△▲	•X△	X△
U4	Kaynak ortada	•△▲	•X△▲□	•△▲□	•△▲	•X△▲□	•△▲□	•△▲	•X△▲□	•△▲
	Kaynak yanda	•△▲	•X△▲□	•X△▲□	•△▲□	•X△▲□	•X△▲	•△▲	•X△▲□	•△▲
U5	Kaynak ortada	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Kaynak yanda	X	X	X	X	X	X	X	X	X
U6	Kaynak ortada	•△▲	•X△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲
	Kaynak yanda	•△▲	•X△▲	•X△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△	•△▲	•△▲
U7	Kaynak ortada	•X△	•X△	•X△	X△	X△▲	X△▲	•X△▲	•X△▲	•X△
	Kaynak yanda	X△	X△	•X△	X△▲	X△▲	X△▲	•X△▲	•X△▲	X△▲
U8	Kaynak ortada	•X△	•X△	•X△	X△▲	X△	X△	•X△▲	•X△	•X△
	Kaynak yanda	X△	•X△	•X△▲	X△	X△	X△	•X△▲	•X△	•X△▲
U9	Kaynak ortada	•X△	•X△	•X△▲	X△	X△	X△	•X△▲	•X△▲	•X△
	Kaynak yanda	X△	X△	•X△	X△	X△	X△	•X△▲	•X△	X△

Çizelge 5.2 Dikdörtgen planlı hacimde dinleyici ve kaynak konumuna göre değişik yüzey yutuculuklarında uygun değerlerde olan parametrelerin gösterimi

DİKDÖRTGEN PLAN										
DİNLEYİCİ NO		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Opt	kaynak ortada	•X△▲□	•X△▲□	•X△▲	•X△▲□	•X△▲□	•X△▲□	•△□▲	•△□▲	•△▲
	kaynak yanda	•△□▲	•X△□	•X△▲□	•X△▲□	•X△▲□	•X△▲□	•△□▲	•△□▲	•△□▲
U1	kaynak ortada	X	X	X	X	X	X	X△	X△	X△
	kaynak yanda	X	X	X	X	X	X	X△	X△	X
U2	kaynak ortada	•△▲	•X△▲	•X△▲	•△▲	•△▲	•X△▲	•△▲	•△▲	•△▲
	kaynak yanda	•△	•X△	•X△▲	•△▲	•△▲	•△	•△▲	•△▲	•△▲
U3	kaynak ortada	X△	•X△	X△	X	X△▲	X	•△▲	△▲	•△□
	kaynak yanda	X△	•X△▲	•X△▲	X△▲	X△▲	X	•△▲	•△▲	△▲
U4	kaynak ortada	•△□▲	•X△▲□	•△□	•△□▲	•△□▲	•△□▲	•△□▲	•△□▲	•△□▲
	kaynak yanda	•△□▲	•X△	•X△▲□	•△□▲	•X△▲□	•△□▲	•△□▲	•△□▲	•△□▲
U5	kaynak ortada	X	X	X	X	X	X	X△	X△	X△
	kaynak yanda	X	X	X△	X	X	X	•X△	X△	X△
U6	kaynak ortada	•△▲	•X△▲□	•△▲	•△▲	•△□▲	•△□▲	•△▲	•△▲	•△▲
	kaynak yanda	•△	•X△	•X△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲	•△▲
U7	kaynak ortada	X△▲	•X△	X△	X△▲	X△▲	X△▲	•X△▲	•X△	•X△
	kaynak yanda	X△	•X△	•X△▲	•X△▲	X△▲	X△▲	•X△▲	•X△▲	X△▲
U8	kaynak ortada	•X△	•X△□	•X△	X△□	•X△□	X△	•X△▲	•X△▲	•X△
	kaynak yanda	•X△□	•X△□	•X△□	•X△	•X△□	X△	•X△▲	•X△▲	•X△▲
U9	kaynak ortada	X△	•X△	X△	X△▲	X△	X△	•X△▲	•X△▲	•X△▲
	kaynak yanda	X△	•X△▲	•X△	•X△▲	X△	X△	•X△▲	•X△▲	•X△▲

Çalışma kapsamında incelemeye alınan tüm koşullar birlikte değerlendirildiğine, her iki kaynak konumunda, dikdörtgen planlı hacimde uygun parametre değerlerine sahip dinleyici noktası daha fazladır. Bunu kare ve yelpaze biçimli salonlar izlemektedir.

Parametrelerin uygunluk durumları açısından, örnek dinleyici konumları için, her üç hacim biçimi için geçerli olan belirlemeler aşağıda yer almaktadır:

- Her iki kaynak konumuna göre, en uygun koşullar, çalışma kapsamında optimum durum olarak adlandırılan (optimum yansım süresinin sağlandığı) koşulda ve tavanın yansıtıcı, diğer yüzeylerin yutucu olduğu U4 koşulunda sağlanmaktadır.
- Tüm yüzeylerin yansıtıcı (U1 koşulu) olduğu koşul ile, sahnenin yutucu diğer yüzeylerin yansıtıcı olduğu (U5 koşulu) durumda parametrelerin çoğu için uygun değerler elde edilememektedir.
- Kaynak konumunun değişiminden etkilenen parametreler, hacim tipine, iç yüzey giydirme özelliklerine ve dinleyici noktasına göre değişmektedir. Bu açıdan bir genelleme yapmak olanaklı değildir.

5. SONUÇ

Konuşma amaçlı hacimlerde, hacmin akustik açıdan yeterliliğinin sağlanabilmesinde, kaynak konumunun sahnede yer değişiminden fazla etkilenmeyecek koşulların oluşturulabilmesi de önem taşır. Bu açıdan, konuşmanın anlaşılabilirliğinde önem taşıyan akustik parametrelerin, değişik kaynak konumlarında etkilenme büyüklüklerinin ortaya konması, konuya ilişkin önlemlerin alınması açısından gereklidir.

Bu tez çalışmasında, temel işlevi konuşma olan hacimlerde hacim akustiği koşullarının, kaynak konumu değişiminden nasıl etkilendiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, aynı büyüklükteki üç farklı plan tipine sahip (kare, yelpaze, dikdörtgen) hacimde, belli kabuller göz önüne alınarak, sahnedeki iki ayrı kaynak konumu için, örnek dinleyici noktalarında oluşan hacim akustiği parametrelerine ilişkin değerlerin değişimini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Hacimlerin değişik iç yüzey gereçlerine sahip on ayrı durumu için Odeon 8.0 simülasyon programı kullanılarak D50, SPL(A), STI, EDT ve T30 parametreleri belirlenmiş ve bu parametrelerde, kaynak konumu değişimi ile oluşan ayrımlar saptanmıştır. Hesap sonuçları ve sonuçlara ilişkin değerlendirmeler kroki, tablo ve grafikler aracılığı ile ortaya konmuştur. Bölüm 4.4'te sonuçların genel değerlendirilmesine yer verilmiştir. Genel olarak, yapılan çalışmalar sonucunda;

- belli bir tip hacimde, kaynak konumunun değişiminden etkilenen parametre sayısının iç yüzeylerin yutuculuk durumuna ve dinleyici noktasına göre değiştiği,
- plan tipine göre ayırım olmaksızın kaynak konumu değişiminden etkilenen parametrelerin iç yüzeylerin yutuculuk durumuna ve dinleyici noktasına göre değiştiği,
- incelemeye alınan üç plan tipinde de, kaynak konumu değişiminden hemen hemen tüm koşullarda, en fazla sahneye yakın dinleyici noktalarının etkilendiği, bu etkilenmenin tüm parametreler için kaynağın yaklaştığı bölgeler için olumlu, uzaklaştığı bölgeler için olumsuz olduğu,
- yelpaze ve dikdörtgen planlı hacimlerde tavanın yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olması koşulu, kare planlı hacimde ise, sahnenin yutucu, diğer yüzeylerin yansıtıcı olması koşulunun, kaynak konumu değişiminin parametreler üzerinde en fazla değişime yol açtığı koşullar olduğu,
- üç plan tipi arasından, kaynak konumu değişiminden en az yelpaze planlı hacimlerde etkilenmenin olduğu,

- plan tipine göre ayırım olmaksızın, her iki kaynak konumuna göre, en uygun parametre değerlerine sahip koşulların, optimum yansıma süresinin sağlandığı ve tavanın yansıtıcı yüzeylerin yutucu yani tavan yansımalarının daha etkili olduğu durumlarda elde edildiği,
- iç yüzeylerde kullanılan ses dağıtıcı elemanların farklı kaynak konumları için etkilerinin önemli oranda değişmediği

saptanmıştır.

Tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda, kaynak konumu değişiminin, değişik dinleyici noktalarında oluşan akustik parametre değerleri açısından, koşullara göre değişen oranlarda ayrımlara neden olduğu görülmektedir. Bu durum, özellikle, bu çalışma kapsamında belirlenen plan tiplerine ve ses yutma özelliklerine sahip kimi hacimlerde daha da önem taşımaktadır. Bu açıdan, mimar ve akustik uzmanlarının, konuşma amaçlı bir hacmin tasarımını yaparken ve akustik açıdan sağlaması gereken özelliklerini belirlerken, değişik kaynak konumlarını da göz önüne alması ve gereken önlemleri sağlaması, hacmin değişik koşullarda akustik konfor koşullarını sağlayabilmesi açısından gereklidir.

KAYNAKLAR

- Abdülrahimov, R., (1998), Salonların Akustiği ve Tasarımı, KTÜ, Trabzon.
- Akdağ, N., (2005), “Hacim Akustiği Kuramı – Konuşma ve Anlaşılabilirlik”, Yüksek Lisans Dersi Ders Notları, YTÜ, İstanbul.
- Aknesil, A. , (2005), “Hacim Akustiği Kuramı”, Yüksek Lisans Dersi Ders Notları, YTÜ, İstanbul.
- Aknesil, A., (1997), “Salonların Hacim Akustiği Yönünden Değerlendirilmesinde Akustik Koşul Dağılımlarının Öneminin Ortaya Konulması ve İrdelenmesine Yönelik Bir Yaklaşım”, Doktora Tezi, FBE, YTÜ, İstanbul.
- Bradley, J.S. , (1986), “Predictors of Speech Intelligibility in Rooms”, Journal Acoustical Society of America, Volume 80, (No 3).
- Bradley, J. S. , Sato, H. ve Picard, M., (2003, June), “On the Importance of Early Reflections for Speech in Rooms”, Journal Acoustical Society of America, Volume 113, (No 6).
- Cavanaugh, W. J. ve Wilkes, J. A. , (1999), ”Architectural Acoustics Principles and Practice”.
- Çamcı, D., Berkel, M., 1984, “Avrupa’daki Başlıca Oditoryumların Akustik Özelliklerinin İncelenmesi ve Belli Ölçütlere Göre Daha Başarılı Bir Oditoryum Modeli Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, FBE, YÜ, İstanbul.
- Fişek, R. (1990), “Hacim Tiplerini, Hacim Akustiği Açısından İncelenmesi ve Konuşma İşlevi İçin En Uygun Hacim Tipinin Saptanması”, Yüksek Lisans Tezi, FBE, YTÜ, İstanbul
- GADE, A. C., 1989, Acoustical Survey of Eleven European Concert Halls, The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark, Lyngby, Report No:44, 124 pp.
- Himmel, C.N., Evans, J.B., Knight, S.B., 2-6 Aralık 2002, “Virtual Auditorium Concepts for Exhibition Halls”, First Pan-American/Iberian Meeting on Acoustics, Meksika
- Karabiber, Z., (1987), “Seslendirme Döşemi Yapılmayacak Dersliklerde Yeterli Anlaşılabilirlik Sağlayacak İç Mekan Düzenleme Kriterleri ve Buna Bağlı Koşullar”, Doktora Tezi, FBE, YÜ, İstanbul.
- Karabiber, Z., (1991), “Konuşmanın Anlaşılabilirliğinin Hesap ve Ölçme Yolu ile Belirlenmesinin Tarihsel Gelişimi ve Rastı Ölçme Yönteminin Tanıtılması”, YTÜ Yayınları, S.212, İstanbul.
- Karabiber, Z., (1996), “Hacim Akustiği Kavramlar ve İlkeler”, Mimarlık Fakültesi, YTÜ
- Karabiber, Z., (1997), “Hacim Akustiği – Mimari :Tasarım İlişkisi”, Ders Notları, YTÜ
- Irvine, L. K. ve Richards, R. L. (1998), “Acoustics and Noise Control Handbook for Architects and Builders”, Krieger Publishing Company, Florida.
- Naylor, G., Rindel, J. H., 1994, Odeon Room Acoustics Program, User Manual, The Acoustics Laboratory, Techn. Univ. Of Denmark, Denmark: s. 1-97.
- Noxon, A., Auditorium Acoustics, (2002, May).
- Odeon, (2005), 8.0 Combined Program, User Manual, Denmark
- Pelorsen, X., Vian, J. P., Polack, J. D., 1992, “On the Validity of Room Acoustical Parameters: Reproducibility and Statistical Validity”, Applied Acoustics 37, Great Britain.
- Rettinger, M., 1988, “Handbook of Architectural Acoustics and Noise Control”, TAB Boks, Inc., USA: 160, 200, 236

Rindel, J.H., (2nd June 2004), “Odeon and the Scattering Coefficient”, ODEON Workshop, Mariehamn, Åland, Finland.

Sirel, Ş. , (Şubat 1981), “Hacim Akustiğinde Yansıma Süresi”, Yapı Fiziği Kürsüsü Yayınları, İDMMA Basımevi, Yıldız, İstanbul.

Sirel, Ş. , (1974), “Yapı Akustiği I – Temel Bilgiler”, İDMMA Yayınları, İstanbul.

Sirel, Ş., (2000), ”Yapı Akustiğinde 30 Terim 30 Tanım”, YFU Yayın No:9, İstanbul.

Soulodre, G. A., Popplewell, N., Bradley, J. S., (1989) ,”Combined Effects of early Reflections and Background Noise on Speech Intelligibility”, Journal of Sound and Vibration, 135(1), 123-133.

Yügrük N., (1995), “Konuşma Amaçlı Hacimlerde İşitsel Duyarlılık Ayrımının Anlaşılabilirlik Üzerindeki Olumsuz Etkilerini Ortadan Kaldıracak Hacim Akustiği Koşullarının Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım”, Doktora Tezi, FBE, YTÜ, İstanbul.

Yügrük, N. ve Aknesil, A., (1993), “Dersliklerde Konuşmanın Anlaşılabilirlik Koşulları ve Tip Dersliklerin Değerlendirilmesi”,21. Yüzyıla Doğru Eğitim Yapıları Sempozyumu, Politikalar – Planlama - Tasarım, YTÜ, İstanbul.

İnternet Kaynakları

[1]

http://www.kemt.fei.tuke.sk/Predmety/KEMT320_EA/_web/Online_Course_on_Acoustics/intelligibility.html

[2] www.yfu.com.tr

[3] <http://www.bnoack.com/lcs-vras/24167.html> (parametreler)

[4] http://www.acousticalsurfaces.com/acoustic_IOI/101home.htm

[5] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/HBASE/hframe.html>

[6] www.ptb.de/en/org/1/17/172/roundrobin/studio.jpg

[7] <http://www.acoustics.hut.fi/teaching/S-89.3421/luento2.pdf>

[8] [http://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion_\(acoustics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion_(acoustics))

[9] <http://www.rpginc.com/aboutrpg/products.htm>

[10] <http://www.ssesco.com/~cna/Web/Acoustcs/Web-Report/Summary-Report> (The Art and Science of Concert Hall Acoustics)

[11] D.Templation, Acoustics in the Built Environment, Architectural Press, Oxford, 2001, 165 pp.

[12] <http://babelfish.altavista.com>

[13]

http://www.kemt.fei.tuke.sk/Predmety/KEMT320_EA/_web/Online_Course_on_Acoustics/measures.html#Clarity

[14]

<http://images.google.com/imgres?imgurl=http://home1.gte.net/mjarzo/rt60b.gif&imgrefurl=http://home1.gte.net/mjarzo/article2.htm&h=445&w=749&sz=6&hl=tr&start=13&tbnid=xUOsZh0uIP5X9M:&tbnh=84&tbnw=141&prev=/images%3Fq%3DReverberation%2Btime%26svnum%3D10%26hl%3Dtr%26lr%3D%26rls%3Dcom.microsoft:en-US>

[15] <http://www.physicsclassroom.com/Class/sound/U11L3d.html>

[16] <http://www.bksv.com/pdf/Bp1950.pdf>

[17] www.odeon.dk

EKLER

Ek 1 Hacimlerde Kullanılan Çeşitli Yansıtıcı, Yutucu ve Dağıtıcı Özellikli Malzemeler ve Kullanım Şekilleri

Arka Duvar Yansıtıcıları ve Yutucuları:

Hareketli yutucu yüzeyler konuşma ve müzik amaçlı kullanılacak salonlarda yansıma süresinin kontrol edilebilmesi için iyi bir çözümdür. Bu amaçla yan veya arka duvara gerektiğinde asılan perdeler ile yansıma süresi 0.4– 0.5 sn arasında değiştirilebilir (Irvine ve Richards, 1998). Bunun yanı sıra arka duvarlarda zaman zaman dağıtıcı özellikli yüzey elemanlarının kullanılması, istenmeyen yansımaları engelleyerek arka duvarlarda oluşabilecek yankıyı önlemek için yansıyan sesleri salonun orta ve arka sıralarına doğru yönlendirecektir.

Tavan yansıtıcıları:

Hem konuşma hem de müzik programları için önemlidir. Tavana yerleştirilen açısı ve yüksekliği ayarlanabilir paneller ile ölü noktalara ve özellikle arka sıralardaki dinleyicilere yararlı yansımalar ulaştırılabilir. Ancak tavandan yansıyan seslerin gecikme zamanını küçültmek için sahneye yakın ve sahne üzerine yansıtıcı yüzeyler yerleştirilmelidir (Abdülrahimov, 1998).

Yan duvarlar Yansıtıcıları:

Yan duvarlarda bulunan akustik panolar, salonun orta ve yanlarındaki dinleyicilere geç yansımaların ulaşmasını sağlayarak tavan yansıtıcılarından daha farklı rol oynarlar (Irvine ve Richards, 1998). Ancak bu tür yansıtıcıların yüksek geç yansımalar oluşturması, dinleyicide farklı duyular oluşturarak işitsel algıyı etkileyebilmektedir. Bu durumda hareketli yan duvar panoları (yansıtıcı ya da yutucu olabilen döner panolar) ile gecikme zamanı küçültülebilir (Irvine ve Richards, 1998), (Şekil Ek1.1).



Şekil Ek1.1 Konser Salonlarından Yansıtıcı Örnekleri

Ek 2 Kaynak Konumu Değişiminin Hacim Akustiği Parametreleri Üzerindeki Etkilerin Saptanmasında Kullanılan Simülasyon Programına İlişkin Genel Bilgi

Bu tez çalışmasında, Odeon simülasyon programı kullanılmıştır. Odeon, hacimlerin geometrileri ve yüzey özellikleri yardımı ile hesaplanan akustiğinin, duyulabilir ve üç boyutlu simülasyonun yapılabildiği bilgisayar yazılım programıdır. Odeon,

- planlanmış yapıda hacim akustiğinin en iyi şekilde belirlenmesi ve optimizasyonu,
- hacmin akustik özelliklerinin değiştirilebilmesi ve etkilerinin incelenmesi,
- çalışma alanı akustiğinin iyileştirilmesi

amacıyla kullanılan akustik konularında yardımcı bir programdır [16].

Odeon'un önemli özellikleri;

Hacim düzenleyicisi, grafik düzenleyici ve CAD sistemlerinden içeri aktarabilme özelliği ile hızlı modelleme yapılabilmesi,

Modellemenin gerçeğine yakın ve doğru olabilmesi için sayısız araç bulunabilmesi,

- kaynak seçimi, alıcı ve gereç seçimlerinde esneklik olanağının bulunması,
- hesap süresinin uzun olmaması,
- görsel sonuçlar elde edilebilmesi (reflektogramlar, üç boyutlu yansıma yolları, üç boyutlu haritalar ve birçok grafikler...)
- proje raporları ve sunum için sonuçların kolay kopyalanabilmesi

olarak belirlenmiştir [16].

Odeon'un üç farklı sürümü bulunabilmektedir. Bunlar;

- Endüstri Versiyonu
- Hacim Akustiği Versiyonu
- Birleşik Versiyon (Endüstri ve Hacim Akustiği Versiyonları)

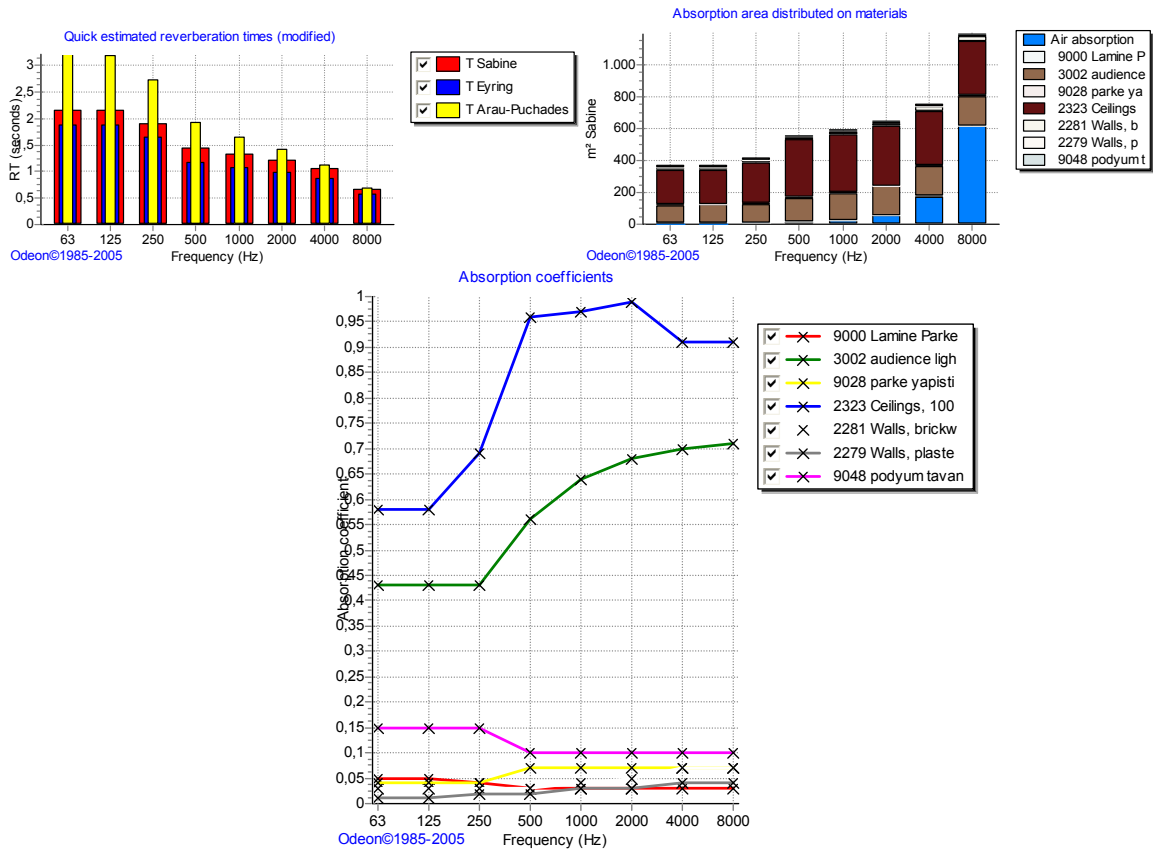
olarak belirlenmiştir [16].

Odeon'un hesaplama metodu sanal kaynak metodu ve ışın izlemeye dayanır. Yüzeylerin pürüzlülüğüne ve frekanslara bağlı yansıma ile yeni bir dağıtıcılık metodu kullanılarak hesap yapılmaktadır. Bu yöntem büyük hacimlerin akustiğinin belirlenmesinde (konser salonları, operalar, havaalanları ve çeşitli oditoryumlar vs...) kullanılmaktadır. Endüstri çevrelerinde

geniş makinelerin gürültüsünü belirlemek için özel bir ışın izleme yöntemi geliştirilmiştir. Bu metodda da çizgi kaynak ve yüzeyler uygun modellenebilecek düzeye ulaşmıştır [16].

Odeon'da Çalışma Yönteminin Belirlenmesi

Belirlenen hacimler CAD programından “.dxf” uzantılı olarak Odeon'a getirilmiş ve Odeon menüsünden uygun yüzey gereçleri ve kaynak seçilerek modellenmiştir (Bkz. Bölüm 2.2.1.2). Sonuçların değerlendirilmesi açısından uygun dinleyici özellikleri programın ilgili bölümlerine girilmiş ve akustik hesaplamalara hazır duruma getirilmiştir. Hesaplamalara başlamadan önce programın menüsünden “Quick Estimate” seçilerek hazırlanan hacmin tahmini yansım süresi değerleri ve yüzey özellikleri incelenebilmektedir (Bkz. Şekil Ek2.1).



Şekil Ek2.1 Odeon programından yansım süresi ve yüzey özellikleri ile ilgili grafikler (Odeon, 2005)

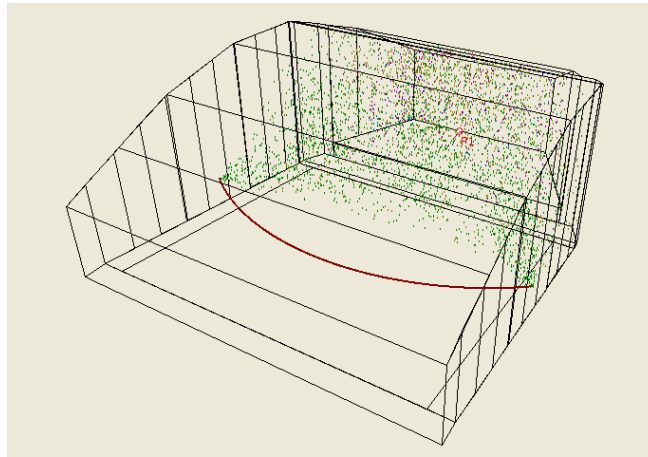
Grafikler ve üç boyutlu görsel öğeler yardımı ile hazırlanan üç boyutlu hacmin gerçeğe uygun simülasyonu hazırlandıktan sonra hesap başlatılmıştır. Bu çalışmada, hesaplamalar için oda sıcaklığı 20°C ve havanın nemi %40 olarak belirlenmiştir. Hesap sonuçları Odeon'da, grafikler ve rapor olarak verilmektedir. Bu çalışmada konuşma için önemli olan hacim akustiği parametreleri (EDT, T30, SPL, D50, STI) hesaplama sonucu elde edilmiş ve bu parametrelerin, insan kulağının duyarlılık ayrımı olan 125 Hz ile 4000Hz arasındaki frekans

değerleri değerlendirmeye alınmıştır (Şekil Ek2.2).

Receiver Number: 1 No description (x,y,z) = (8.00, 0.00, 1.20)								
Band (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT (s)	1.47	2.44	1.90	1.10	2.40	1.01	0.82	0.21
T30 (s)	1.89	2.05	1.70	1.26	1.29	1.03	1.34	0.77
SPL (dB)	43.8	44.3	48.4	52.5	49.0	41.3	34.3	23.0
C80 (dB)	2.5	1.1	2.9	6.1	6.2	7.3	8.8	14.4
D50	0.61	0.54	0.64	0.78	0.77	0.82	0.86	0.95
Ts (ms)	95	121	90	54	53	41	28	10
LF80	0.125	0.125	0.105	0.098	0.118	0.076	0.059	0.039
SPL(A) = 52.9(dB) LG80* = 45.5(dB) STI = 0.67 (Theoretical based on T30, STI = 0.53)								
Receiver Number: 2 No description (x,y,z) = (8.00, -8.00, 1.20)								
Band (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT (s)	2.70	2.09	1.32	1.30	2.02	1.19	1.08	0.61
T30 (s)	1.76	2.29	1.89	1.08	1.15	1.07	0.98	0.80
SPL (dB)	42.7	43.4	47.0	50.6	47.4	38.3	30.5	17.0
C80 (dB)	0.5	-0.9	0.4	3.2	3.7	3.4	4.2	8.2
D50	0.51	0.43	0.51	0.66	0.68	0.67	0.70	0.85
Ts (ms)	115	144	118	77	71	72	60	29
LF80	0.178	0.178	0.172	0.165	0.159	0.143	0.137	0.132
SPL(A) = 51.1(dB) LG80* = 45.8(dB) STI = 0.61 (Theoretical based on T30, STI = 0.54)								
Receiver Number: 3 No description (x,y,z) = (8.00, 8.00, 1.20)								
Band (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT (s)	1.59	4.15	1.92	0.96	1.02	0.68	0.11	0.04
T30 (s)	1.76	2.04	1.83	1.42	1.36	1.19	1.20	0.69
SPL (dB)	44.3	44.9	49.5	54.1	49.6	43.6	37.2	27.1
C80 (dB)	2.4	1.0	3.4	6.9	5.6	9.0	11.1	17.4
D50	0.63	0.55	0.68	0.83	0.78	0.89	0.92	0.98
Ts (ms)	85	114	74	36	44	22	14	4
LF80	0.004	0.004	0.003	0.003	0.005	0.002	0.002	0.002

Şekil Ek2.2 Odeon programı ile yapılan hesap sonuçlarının görünümü (Odeon, 2005)

Odeon programında “3D Billiards” komutu ile kaynaktan bilardo topu büyüklüğünde çıkan ışınlar hacme dağılarak, yaptıkları yüzey yansımaları sayısına göre renk değiştirerek istediğimiz açıdan üç boyutlu hareketli görüntü izleme olanağı sağlanmaktadır (Bkz. Şekil Ek2.3). Kaynaklarda, bu komut ile yayınlık, yankı, odaklanma gibi etkilerin gözlemlenebileceği belirtilmektedir [16].

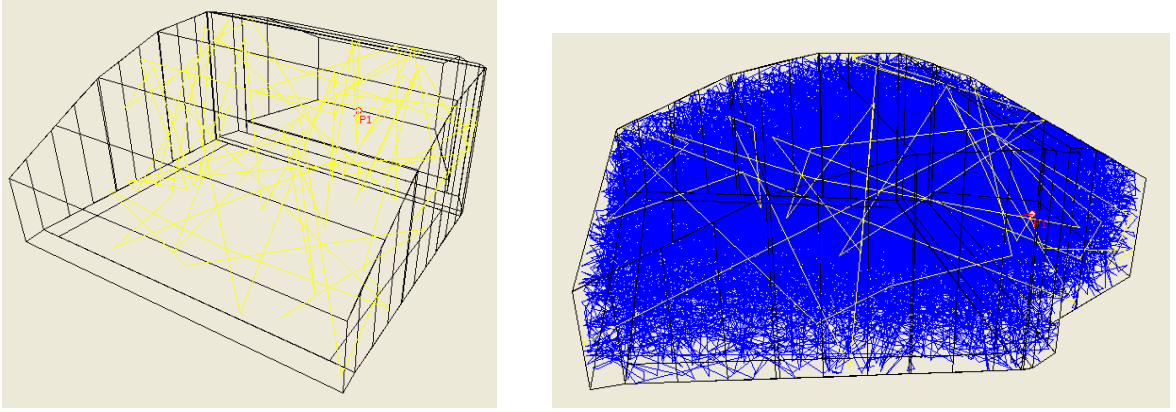


Şekil Ek2.3 Odeon programında örnek hacimdeki yansımaların üç boyutlu ve hareketli görünümü (Odeon, 2005)

Odeon’da “3dOpenGL” yardımı ile hacmin geometrisi, kullanılan yüzey gereçleri, yansıtıcı özelliklerine göre program tarafından renklendirilmiş ve kaynak-dinleyici bölgeleri üç boyutlu

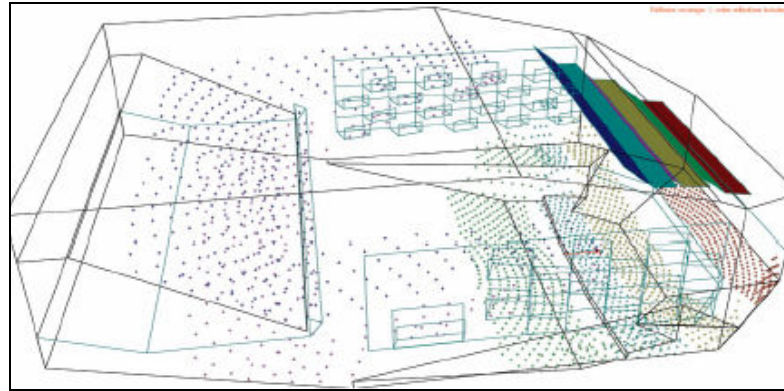
olarak istenilen açıdan görülebilmektedir (Bkz. Bölüm 2.2.1.3)

Odeon'daki çeşitli üç boyutlu gösterimlerden Şekil Ek2.4'de bir ışının aldığı yol ve tüm ışınların yüzeylerden yansiyarak aldığı yollar gösterilmiştir.



Şekil Ek2.4 Odeon programından örnek hacimde üç boyutlu görünüm (Odeon, 2005)

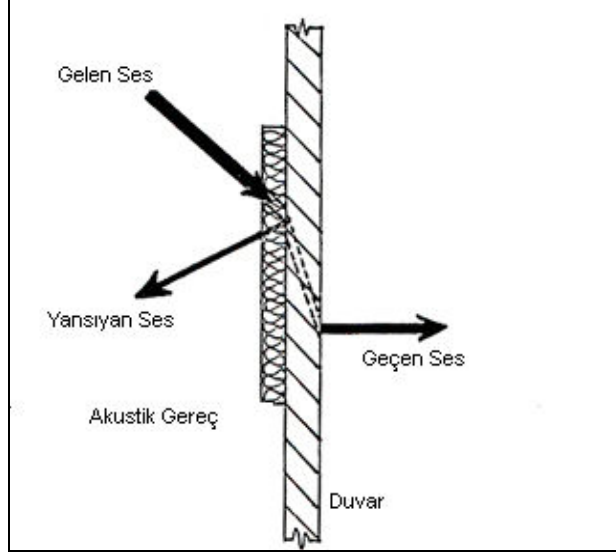
Odeon'da “reflector coverage” ile yüzeylere hangi yansıtıcı elemanlardan ışın ulaştığı görülebilir, yansıtıcının sesi nasıl yönlendirdiği saptanabilmektedir (Şekil Ek2.5).



Şekil Ek2.5 Yüzeylere yansıtıcı yüzeylerden gelen ışınların gösterimi (Odeon, 2005)

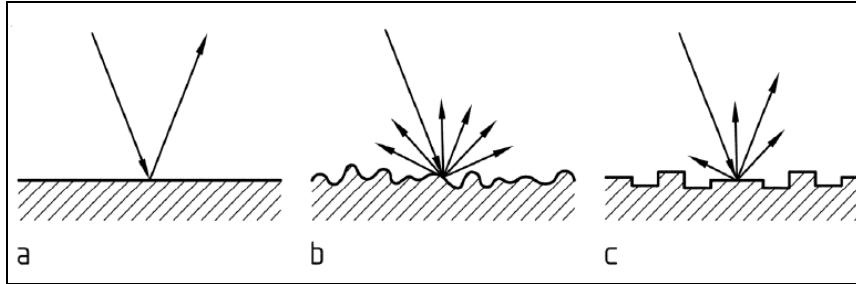
Ek 3 Yüzeylerin Dağıtıcılık Özellikleri ve Hacim Akustiğine Etkisi

Hava içinde yayılan ses enerjisi, duvar, döşeme, kapı, perde, camlı bölme vb. bir engelle rastladığı zaman, bu enerjinin bir bölümü bu engelin yüzeyinde yansır, bir bölümü çeşitli şekillerde engeli geçer, bir bölümü de yine çeşitli şekillerde engelde yutulur (Sirel, 1974), (Bkz. Şekil Ek3.1).



Şekil Ek3.1 Sesin bir engelle karşılaşması, (Rindel, 2004)

Belli oranda yansıyan ses ışını, yansıdığı yüzeyden üç boyut içinde çok değişik doğrultulara, çok değişik enerji oranlarında geri döner [5], (Şekil Ek3.2).



Şekil Ek3.2 Sesin Yutucu, Yansıtıcı ve Dağıtıcı Yüzeylerden Düzgün ve Yayıncı Yansıması, (Rindel, 2004)

Yansıtıcı yüzeyler, ses enerjisinin gelen ile aynı açıyı yaparak yansımasını, dağıtıcı yüzeyler ise ses enerjisinin tüm yönlere dağılarak yansımasını sağlamaktadır. Dağıtıcılar, daha yayıncı bir akustik alan oluşturmak ve çoğunlukla yankıyı ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır [8].

Dağılım izotrop yayıncı yansıma biçiminde yani yansıyan ses ışınları yüzeye teğet bir küre biçiminde ise bu yüzeyin sesi dağıtma çarpanı 1 (%100)'dir. Yüzey düzgün yansıma

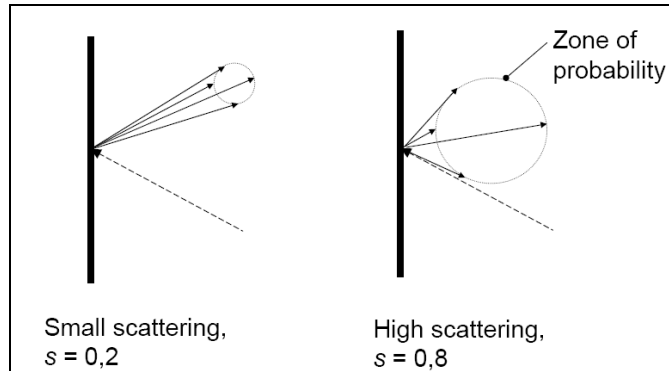
yapıyorsa, yani yüzeye gelen tek bir ses ışını, yüzeyin normali ile eşit açı yaparak yine tek bir doğrultuda ve aynı düzlem üzerinde geri yansiyorsa bu yüzeyin sesi dağıtma çarpanı 0 (%0)'dır (Rindel, 2004).

Genel olarak dağıtma çarpanları (diffusion coefficient);

- En yüksek dağıtıcılıktaki bir yüzey için 1 (%100),
- Düşük dağıtıcılıktaki bir yüzey için 0 (%0),
- Orta dağıtıcılıktaki bir yüzey için ise 0,5 (%50)

değerini alabilmektedir [15].

Dağıtma çarpanının yüksek olması, yüzeye çarpan ışının hemen her doğrultuya birbirine yakın enerji miktarlarında geri dönmesi anlamına gelmektedir. Çok sık biblolar kullanılarak tasarlanmış, sütunlardan ya da heykellerden oluşmuş yüzeyler örnek olarak gösterilebilir. Dağıtma çarpanının düşük olması ise yansımanın ağırlıklı olarak tek bir doğrultuya yönelik olduğunu göstermektedir (Bkz. Şekil Ek3.3). Bu tür yüzeylere geniş, düz, pürüzsüz yüzeyler örnek verilebilir.



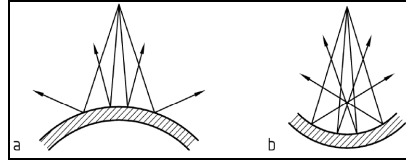
Şekil Ek3.3 Dağıtma çarpanının düşük ya da yüksek olduğu durumlarda yansıyan enerjinin dağılımı (Rindel 2004)

Eski klasik salonlarda kullanılan yüksek yutuculuktaki bezeme özelliği gösteren dağıtıcı öğelerin yerini günümüzde özel dağılım özellikleri gösteren özel tasarım elemanlar almaya başlamıştır. Sesin yayılmasının sağlanması açısından da önemli olan dağıtıcı yüzeylerin genelde yutuculukları yüksek ve toplam yüzey alanları da fazladır.

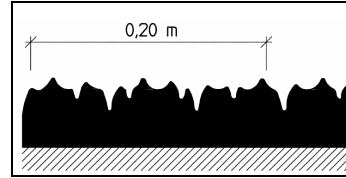
Dağıtıcı Çeşitleri (Rindel, 2004)

Geometrik Dağıtıcılar

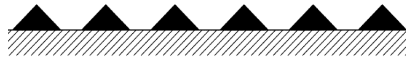
- Basit Eğrisel Yüzeyler



- Düzgün olmayan geometrik biçimler



- Periyodik geometrik biçimler



- Hem yutucu hem de yansıtıcı özellikli gereçler



Matematiksel Dağıtıcılar

- MLS (Maximum Length Sequence) Dağıtıcıları
- QRD (Quadratic Residue Diffusers) Dağıtıcıları
- PRD (Primitive Root Diffusers) Dağıtıcıları
- Deneysel olarak tasarlanan farklı yüzey biçimlenişlerindeki dağıtıcılar

Matematiksel Dağıtıcılar

Bu dağıtıcı sistemler akustik parlamayı önlemek ve yüzeye gelen sesi farklı doğrultulara yansıtılabilmek amacı ile tasarlanmıştır. Belli bir düzensizliği olan, farklı derinlik ve genişlikte girinti çıkıntıları bulunan yüzeylerden oluşur [8].

MLS (Maximum Length Sequence) Dağıtıcıları

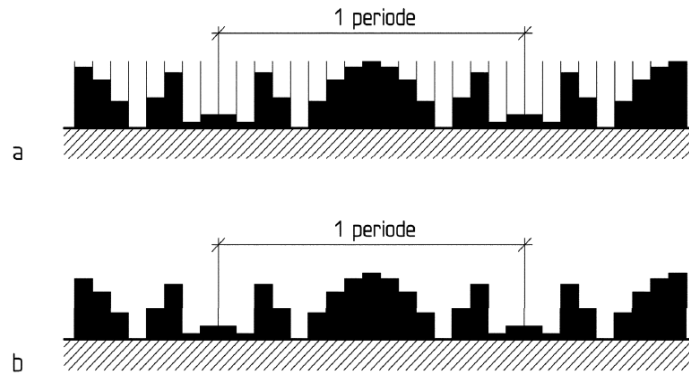
Akustik parlama ve yankıyı önlemek amacı ile yüzeyde düzensiz bir detay oluşturmak amacıyla kullanılırlar. Alçak frekanslarda diğer örneklerine göre daha düşük yutuculukta olan bu dağıtıcı, 0,8m uzunlukta ve 6 cm derinlikte olup, bir yüzeyde pek çok adet olarak kullanılabilir [8].



Şekil Ek3.4 MLS dağıtıcıları ile tasarlanmış bir hacim [7]

QRD (Quadratic Residue Diffusers) Dağıtıcı Sistemleri

Bu tür dağıtıcılar, quadratic residue number theory sequences temeline dayanmaktadır. QRD dağıtıcılarda, gelen ses ışınları çok değişik doğrultulara uniform olarak dağılmaktadır. Malzemenin ses enerjisini dağıtması, sesi kaydadeğer ölçüde yutmadan gerçekleştirebilmektedir [8].



Şekil Ek3.5 QRD dağıtıcıları (Rindel,2004)



Şekil Ek3.6 QRD dağıtıcıların bir hacimde uygulanması (Rindel,2004)

PRD (Primitive Root Diffusers) Dağıtıcıları

Sayısal olarak hesaplanan dağıtıcılık değeri ve performansı bakımından QRD dağıtıcılara benzerlik göstermektedir [8].

Dağıtıcı Gereç Örnekleri



[9]



[6]

Şekil Ek3.7 Dağıtıcı örnekleri

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	20.06.1981	
Doğum yeri	Zonguldak	
Lise	1995-1999	Zonguldak Atatürk Anadolu Lisesi
Lisans	1999-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü

Çalıştığı kurumlar

2003-2004	Siska İnşaat, İstanbul
2004-2005	Karapınar Mimarlık, İstanbul
2005-2006	YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Öğrenci Asistanlık
2007-...	Sindoma Mimarlık