

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALZEMELERİN YUTUCULUK SINIFI DEĞİŞİMLERİNİN
KULLANICI TERCİHLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Ezgi TÜRK GÜRKAN

DOKTORA TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Fiziği Programı

Danışman

Prof. Dr. Zerhan YÜKSEL CAN

Temmuz, 2022

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MALZEMELERİN YUTUCULUK SINIFI DEĞİŞİMLERİNİN KULLANICI
TERCİHLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ**

Ezgi TÜRK GÜRKAN tarafından hazırlanan tez çalışması 04.07.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Zerhan YÜKSEL CAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Zerhan YÜKSEL CAN, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nabi YÜZER, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Konca ŞAHER, Üye

Kadir Has Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Nuri İLGÜREL, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hülya KILIÇ, Üye

Nişantaşı Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Zerhan YÜKSEL CAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Malzemelerin Yutuculuk Sınıfı Değişimlerinin Kullanıcı Tercihleri ile İlişkilendirilmesi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Ezgi TÜRK GÜRKAN

İmza



Verdiğim emek için kendime

ve

Aileme

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bana yol gösteren, bana her zaman sabırla ve anlayışla yaklaşan, emeğini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Zerhan Yüksel Can'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmama sağladıkları katkı için Sayın Prof. Dr. Nabi Yüzer ve Sayın Doç. Dr. Konca Şaher'e çok teşekkür ederim.

Mekan kullanımı konusunda bana yardımcı olan Tübitak UME Akustik Laboratuvarı personeline, dinleme testi metinleri konusunda bana kaynak sağlayan Sayın Prof. Dr. Ahmet Ataş'a, gerekli ekipman konusunda bana olanak sunan Arş. Gör. Dr. Sinem Öztürk'e, istatistiksel deneyin geliştirilmesi konusunda bana yardımcı olan Doç. Dr. Ömer Bilen'e teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Bana verdikleri destek için başta Mimar Saadet Belek, Prof. Dr. Temel Belek, Elektrik Elektronik Mühendisi, EMBA Alper Akgül ve Makina Y. Mühendisi Onur Akaydın başta olmak üzere Pro-Plan Ltd. Şti. ailesine çok teşekkür ederim.

Çalışma kapsamında değerlendirmelerinden yararlandığım tüm deney katılımcılarına sabırları ve destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecimde değerli manevi desteklerini esirgemeyen çok sevgili ve kıymetli hocalarım ve dostlarım Prof. Dr. Aslı Özçevik Bilen ve Dr. Öğr. Üyesi Esra Küçükıllıç Özcan'a çok teşekkür ederim. Sevgili dostum Y. Mimar Can Sözbir'e desteği ve katkıları için teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca beni her zaman destekleyen sevgili annem Öğretmen Perihan İlker Türk'e, sevgili babam Öğretmen Remzi Türk'e ve sevgili ablam Gıda Y. Mühendisi Özge Türk'e bana ve hayatıma kattıkları için teşekkür ederim.

Bana her zaman destek olan, tez çalışmamın tüm aşamalarında sağladığı tüm katkılar ve manevi destek için sevgili eşim Y. Mimar Ergin Gürkan'a ve varlığıyla hayatıma mutluluk katan çok sevgili biricik oğlum Deniz'e sonsuz sevgilerim ve teşekkürlerimle.

Ezgi TÜRK GÜRKAN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	xii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xvi
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	6
2 SALONLARIN İŞİTSEL KONFOR KOŞULLARININ VE MALZEMELERİN AKUSTİK İLE İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR	7
2.1 Salonların İşitsel Konfor Koşullarının İncelenmesine Yönelik Çalışmalar..	7
2.1.1 Hacim Akustiği Parametreleri Üzerine Yapılmış Çalışmalar	7
2.1.2 Öznel Mekan Değerlendirmeleri.....	14
2.2 Malzemelerin Akustik ile İlişkisinin İncelenmesine Yönelik Çalışmalar ..	18
2.2.1 Malzemelerin Yutuculuklarının Belirlenmesi Üzerine Yapılmış Çalışmalar	18
2.2.2 Malzeme Yutuculuk Özelliklerinin Geliştirilmesi Üzerine Yapılmış Çalışmalar	23
2.2.3 Malzeme Ses Yutma Çarpanı Değişimi Üzerine Yapılmış Çalışmalar	24
2.3 Değerlendirme	30
3 SES YUTMA ÇARPANI VE DEĞİŞİMLERİNİN AKUSTİK ÜZERİNE ETKİSİ	32
3.1 Malzemelerin Ses Yutma Çarpanlarının Ölçeklendirilmesi	32
3.1.1 Avrupa Standardı – EN ISO 11654:1997	32
3.1.2 Amerikan Standardı – ASTM C423-02:09a.....	34
3.1.3 Ölçeklendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	34
3.2 Malzemelerin Akustik Özelliklerinin Zamansal Değişimlerinin Yansıyım Süresi Değerlerine Etkisi	35
3.3 Değerlendirme	42
4 YUTUCULUK SINIFI DEĞİŞİMİNİN KULLANICI TERCİHLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ	44

4.1 Nesnel Değerlendirme Çalışması	44
4.1.1 Tasarlanan Salonlar	44
4.1.2 Geliştirilen Değişim Modelleri	54
4.1.3 Hesaplama Elde Edilen Nesnel Hacim Akustiği Parametre Değerleri	59
4.2 Öznel Değerlendirme Çalışması	68
4.2.1 Fonetik Olarak Dengelenmiş Kelime Ayırt Etme Testi	69
4.2.2 Kullanıcı Tercihleri Belirleme Testi.....	70
4.2.3 Anekoik Ses Kayıtlarının Oluşturulması.....	79
4.2.4 Dinleme Ses Kayıtlarının Oluşturulması ve Düzey Kalibrasyonu....	82
4.2.5 Dinleme Testleri.....	98
4.2.6 Dinleme Testlerinde İncelenen İstatistiksel Değerler	101
4.2.7 Dinleme Testi Verilerinin İstatistiksel Analizi	102
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	121
5.1 Nesnel ve Öznel Değerlendirmeler Arasındaki İlişki	126
5.2 Öznel Değerlendirme Kategorileri Arasındaki İlişki	130
5.3 Kelime Testleri ile Genel Değerlendirme Arasındaki İlişki	132
5.4 Genel Değerlendirme ve Öneriler	133
KAYNAKÇA	135
A HESAPLANAN NESNEL HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİNİN ORTALAMA DEĞERLERİ	144
B KULLANICI TERCİHLERİ BELİRLEME TESTİ SEÇİMLERİNİN ORTALAMA DEĞERLERİ	147
C ÖN ANKET ÇALIŞMASINA VERİLEN YANITLAR	154
D DİNLEME KAYITLARINDA KULLANILAN METİNLER	156
E DİNLEME TESTLERİNDE KULLANILAN ANKETLER	158
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	162

SİMGELİSTESİ

α_w	Ağırlıklı Ses Yutma Çarpanı
AI	Artikülasyon İndeksi
AL_{CONS}	Ünsüzlerin Artikülasyon Kaybı
C	Netlik
C_{50}	Netlik – Konuşma için
D_{50}	Açıklık – Konuşma için
HRTF	Anatomik Transfer Fonksiyonu
JND	Ayrt Edilebilir Fark
N	Kişi Sayısı
NRC	Gürültü Azaltma Katsayısı
RT	Yansıma Süresi
S	Yüzey Alanı
SAA	Ses Yutum Ortalaması
SPL	Ses Basınç Düzeyi
STI	Konuşma İletim Katsayısı
SWL	Ses Gücü Düzeyi
V	Hacim

KISALTMA LİSTESİ

CVC	Sessiz-Sesli-Sessiz Harfli
DRT	Teşhis Kafiye Testi
MRT	Modifiyeli Kafiye Testi
PAL	Harvard Psikoakustik Laboratuvarı
PB	Fonetik Dengeli
PBWT	Fonetik Dengeli Kelime Testi



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	DIN18041:2016-03 Standardında Belirtilen Optimum Yansıyım Süresi Grafiği.....	10
Şekil 2.2	DIN18041:2016-03 Standardında Belirtilen Kabul Edilebilir Yansıyım Süresi Aralığı	10
Şekil 2.3	Konuşma Anlaşılabilirliği – D_{50} İlişkisi	12
Şekil 2.4	AL_{CONS} – STI İlişkisi	13
Şekil 2.5	Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü Yansıyım Odası	20
Şekil 2.6	Autoneum Mini Yansıyım Kabini (Alpha Cabin)	21
Şekil 2.7	Empedans Tüpü	22
Şekil 2.8	Boyama İşlemi Sonrasında Elde Edilen Yutma Çarpanı Değerleri.....	26
Şekil 2.9	Farklı Karışım Oranında Perlitli Plakalara Ait Yutma Çarpanı Değerleri.....	27
Şekil 2.10	Farklı Basınç Oranı Altında Ölçülen Yutma Çarpanı Değerleri (I)	28
Şekil 2.11	Farklı Basınç Oranı Altında Ölçülen Yutma Çarpanı Değerleri (II)	29
Şekil 2.12	Farklı Basınç Oranı Altında Ölçülen Yutma Çarpanı Değerleri (III) ...	29
Şekil 3.1	Ağırlıklı Ses Yutma Çarpanı Referans Eğrisi	33
Şekil 3.2	Ses Yutuculuk Sınıfları	35
Şekil 3.3	Tasarlanan Salonların Plan ve Kesit Çizimleri	38
Şekil 3.4	D1000 Salonu Model Görüntüsü.....	40
Şekil 3.5	Y1000 Salonu Model Görüntüsü	41
Şekil 3.6	D1000 Salonu Yansıyım Süresi Değerleri Grafiği.....	42
Şekil 3.7	Y1000 Salonu Yansıyım Süresi Değerleri Grafiği	42
Şekil 4.1	D500 Salonu Plan Çizimi	45
Şekil 4.2	D500 Salonu Kesit Çizimi.....	45
Şekil 4.3	Y500 Salonu Plan Çizimi	46
Şekil 4.4	Y500 Salonu Kesit Çizimi	46
Şekil 4.5	D1000 Salonu Plan Çizimi	46
Şekil 4.6	D1000 Salonu Kesit Çizimi.....	47
Şekil 4.7	Y1000 Salonu Plan Çizimi.....	47
Şekil 4.8	Y1000 Salonu Kesit Çizimi	47

Şekil 4.9 Tasarlanan Salonlara Ait Ortalama Yansıma Süresi Değerlerinin Önerilen Değer Aralığı ile İlişkisi (500 m ³ hacim büyüklüğü için)	48
Şekil 4.10 Tasarlanan Salonlara Ait Ortalama Yansıma Süresi Değerlerinin Önerilen Değer Aralığı ile İlişkisi (1000 m ³ hacim büyüklüğü için)	49
Şekil 4.11 D500 Salonu Ortalama Yansıma Süresi Dağılımı	49
Şekil 4.12 Y500 Salonu Ortalama Yansıma Süresi Dağılımı	50
Şekil 4.13 D1000 Salonu Ortalama Yansıma Süresi Dağılımı	50
Şekil 4.14 Y1000 Salonu Ortalama Yansıma Süresi Dağılımı	50
Şekil 4.15 Perfore Alçı Panel – Delikli (20 cm montaj)	56
Şekil 4.16 Perfore Alçı Panel – Yivli (20 cm montaj).....	56
Şekil 4.17 Mineralyünü Panel	57
Şekil 4.18 Tuğla (Arkasında Kayayünü ile)	57
Şekil 4.19 Alçıpanel (Çift Kat)	57
Şekil 4.20 Seçilen Malzemelerin Yutuculuk Sınıfı Grafiğindeki Konumları	58
Şekil 4.21 Seçilen Dinleyici Konumları	60
Şekil 4.22 D500 Salonu Üç Boyutlu Yazılım Görseli.....	61
Şekil 4.23 Y500 Salonu Üç Boyutlu Yazılım Görseli	61
Şekil 4.24 D1000 Salonu Üç Boyutlu Yazılım Görseli.....	62
Şekil 4.25 Y1000 Salonu Üç Boyutlu Yazılım Görseli.....	62
Şekil 4.26 Optimum Durum Modellerinde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Yansıma Süresi Değerleri (500 m ³ hacim büyüklüğü tipi için)	65
Şekil 4.27 Optimum Durum Modellerinde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Yansıma Süresi Değerleri (1000 m ³ hacim büyüklüğü tipi için)	66
Şekil 4.28 Varyasyon Durum Modellerinde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Yansıma Süresi Değerleri (500 m ³ hacim büyüklüğü tipi için)	66
Şekil 4.29 Varyasyon Durum Modellerinde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Yansıma Süresi Değerleri (1000 m ³ hacim büyüklüğü tipi için)	67
Şekil 4.30 Yansıma Kategorisi Sıfat Çifti Seçimleri	75
Şekil 4.31 Netlik Kategorisi Sıfat Çifti Seçimleri	75
Şekil 4.32 Gürlük Kategorisi Sıfat Çifti Seçimleri	76
Şekil 4.33 Genel Değerlendirme Kategorisi Sıfat Çifti Seçimleri.....	76
Şekil 4.34 Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü Tam Anekoik Oda	80
Şekil 4.35 Anekoik Ses Kayıtları Kayıt Aşaması.....	81
Şekil 4.36 İşitselleştirmelerde Kullanılan Ses Kaynakları (D500 Salonu)	84
Şekil 4.37 İşitselleştirmelerde Kullanılan Ses Kaynakları (Y500 Salonu).....	84
Şekil 4.38 İşitselleştirmelerde Kullanılan Ses Kaynakları (D1000 Salonu)	85

Şekil 4.39 İşitselleştirmelerde Kullanılan Ses Kaynakları (Y1000 Salonu).....	85
Şekil 4.40 Dinleme Kayıtları İşitselleştirme Aşaması Yazılım Görseli (D500 Salonu)	86
Şekil 4.41 Dinleme Kayıtları Sunum Yöntemleri	86
Şekil 4.42 Başla İlgili Koordinat Sistemi	88
Şekil 4.43 Kullanılan Ses Kartı (M-Audio MobilePre USB)	90
Şekil 4.44 Kullanılan Kulaklık (Sony WH-1000XM2)	91
Şekil 4.45 Dinleme Testi Kulaklık Sunumu Sistem Konfigürasyonu	92
Şekil 4.46 Baş ve Göğüs Simülatörü (Head & Torso Simulator).....	94
Şekil 4.47 Mikrofon Kalibrasyonu	95
Şekil 4.48 Düzey Kalibrasyon Ölçümü Sistem Konfigürasyonu	95
Şekil 4.49 Düzey Kalibrasyon Düzeneği.....	96
Şekil 4.50 Kurulan Düzey Kalibrasyon Düzeneği	96
Şekil 4.51 Düzey Kalibrasyonu İşitselleştirme Aşaması Yazılım Görseli.....	97
Şekil 4.52 Dinleme Testi Aşaması Denek No:1	100
Şekil 4.53 Dinleme Testi Aşaması Denek No:2.....	101
Şekil 4.54 Dinleme Testi Aşaması Denek No:3.....	101
Şekil 4.55 Fonetik Olarak Dengelenmiş Kelime Ayırt Etme Testi Doğru Yanıt Sayısı	103
Şekil 4.56 D500 Salonu ve Varyasyonları için Verilen Doğru Yanıt Sayısı.....	104
Şekil 4.57 Y500 Salonu ve Varyasyonları için Verilen Doğru Yanıt Sayısı	104
Şekil 4.58 D1000 Salonu ve Varyasyonları için Verilen Doğru Yanıt Sayısı.....	105
Şekil 4.59 Y1000 Salonu ve Varyasyonları için Verilen Doğru Yanıt Sayısı	105
Şekil 5.1 Çalışma Yöntemi	125

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Benzer İşlev ve Hacim Büyüklüğü için Önerilen Yansışım Süresi Değerleri.....	8
Tablo 2.2 STI-C ₅₀ Korelasyonu	11
Tablo 2.3 C ₅₀ Oktav Bant Ağırlıkları.....	11
Tablo 2.4 AI Ölçeği	13
Tablo 2.5 Yutma Çarpanı Değişimi Üzerine Yapılmış Çalışmalar	24
Tablo 3.1 Ses Yutma Çarpanı Ölçeklendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması	34
Tablo 3.2 Ses Yutuculuk Sınıflarına Karşılık Gelen α_w Değerleri.....	35
Tablo 3.3 Yutma Çarpanı Değişim Oranları	37
Tablo 3.4 Tasarlanan Salonların Genel Özellikleri	38
Tablo 3.5 Hedef Yansışım Süresi Değerleri	39
Tablo 3.6 D1000 Salonu Yüzey Malzemeleri	39
Tablo 3.7 Y1000 Salonu Yüzey Malzemeleri.....	40
Tablo 3.8 Değiştirilmiş Durumlar için Hesaplanan Yansışım Süresi Değerleri	41
Tablo 3.9 Değiştirilmiş Durumlar için Hesaplanan Yansışım Süresi Değişim Oranları	43
Tablo 4.1 Tasarlanan Salonların Genel Özellikleri	45
Tablo 4.2 Tasarlanan Salonlar için Hesaplanan Yansışım Süresi Değerleri	48
Tablo 4.3 D500 Salonu Yüzey Malzemeleri	51
Tablo 4.4 Y500 Salonu Yüzey Malzemeleri.....	52
Tablo 4.5 D1000 Salonu Yüzey Malzemeleri	53
Tablo 4.6 Y1000 Salonu Yüzey Malzemeleri.....	54
Tablo 4.7 Seçilen Malzemelerin Ses Yutma Çarpanı Değerleri.....	55
Tablo 4.8 İstatistiksel Analize Uygun Deney Tasarımı.....	59
Tablo 4.9 Modellemelere Atanan Ses Kaynaklarına Ait Ses Gücü Düzeyi Değerleri.....	63
Tablo 4.10 Modellemelere Aktarılan Arka Plan Gürültü Düzeyi Değerleri	64
Tablo 4.11 Modellemelerde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Yansışım Süresi Değerleri	64
Tablo 4.12 Modellemelerde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Konuşma ile İlgili Nesnel Hacim Akustiği Parametre Değerleri.....	67
Tablo 4.13 Ön Deneylerde Kullanılan Konuşma Sesini Tanımlayıcı Türkçe Sıfatlar	72

Tablo 4.14 Sıfat Seçim Oranları.....	73
Tablo 4.15 Ön Deneylerin İkinci Aşamasında Kullanılan Sıfat Çiftleri.....	74
Tablo 4.16 Belirlenen Sıfat Çifti Listesi (Düzenlenmiş)	77
Tablo 4.17 Belirlenen Sıfat Çifti Listesi (Düzenlenmiş ve Kabule Uygun Olarak)	78
Tablo 4.18 Vokal Çabaya Göre Ses Basınç Düzeyi Değerleri (Konuşmacıya 1 metre Mesafede)	80
Tablo 4.19 Optimum Durum Modellerinde Kullanılan Arka Plan Gürültüsü Ses Gücü Düzeyi Değerleri	83
Tablo 4.20 Dinleme Kayıtları Sunum Yöntemlerinin Olumlu ve Olumsuz Tarafları.....	92
Tablo 4.21 Dinleme Noktalarında Hesaplanan Ses Basınç Düzeyi Değerleri	98
Tablo 4.22 Dinleme Testleri Deney Programı	99
Tablo 4.23 Verilen Doğru Yanıt Sayılarının Tanımlayıcı İstatistikleri	103
Tablo 4.24 Verilen Doğru Yanıt Sayıları Arasındaki İlişki.....	106
Tablo 4.25 Yansışım Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	107
Tablo 4.26 Yansışım Kategorisi Seçimleri Arasındaki İlişki	109
Tablo 4.27 Netlik Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri	110
Tablo 4.28 Netlik Kategorisi Seçimleri Arasındaki İlişki.....	112
Tablo 4.29 Gürlük Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	113
Tablo 4.30 Gürlük Kategorisi Seçimleri Arasındaki İlişki	115
Tablo 4.31 Genel Değerlendirme Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri.....	116
Tablo 4.32 Genel Değerlendirme Kategorisi Seçimleri Arasındaki İlişki	119
Tablo 5.1 Kategoriler için Yapılan Seçimlerin Ortalama Değerleri	127
Tablo 5.2 Nesnel ve Öznel Değerlendirmeler Arasındaki İlişki (Yansışım)	128
Tablo 5.3 Nesnel ve Öznel Değerlendirmeler Arasındaki İlişki (Netlik).....	129
Tablo 5.4 Nesnel ve Öznel Değerlendirmeler Arasındaki İlişki (Gürlük)	130
Tablo 5.5 Kullanıcı Tercihleri Arasındaki İlişki.....	131
Tablo 5.6 Öznel Değerlendirmeler Arasındaki İlişki (Genel Değerlendirme)....	132

Malzemelerin Yutuculuk Sınıfı Değişimlerinin Kullanıcı Tercihleri ile İlişkilendirilmesi

Ezgi TÜRK GÜRKAN

Mimarlık Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Zerhan YÜKSEL CAN

Mekânların işlevine uygun akustik koşulların sağlanması mimari tasarım sürecinin önemli bir aşaması ve kaçınılmaz bir gerekliliktir. Uygun akustik koşulların sağlanması için nesnel ve öznel değerlendirmelerden yararlanılmaktadır.

Konuşma işlevli salonlar için başlatılan bu çalışmada, kapalı mekânlarda farklı yutuculuk sınıfında malzeme seçimlerine ilişkin nesnel ve öznel değerlendirmeler incelenmiş, değerlendirilmiş ve ilişkilendirilmiştir. Çalışmanın, malzeme seçimindeki serbestliğin irdelenerek tasarımcıya esneklik sağlanmasına katkıda bulunması hedeflenmiştir.

Bölüm 1’de literatür taraması sonucunda ulaşılan bilgiler ışığında konuşma işlevli salon tasarımına yönelik çalışmalarda karşılaşılan eksikliklere bağlı olarak araştırmaya açık olduğu düşünülen alanlara değinilmiştir. Bölümde literatür özeti, tezin amacı, kapsamı ve hipotezi ortaya konmuştur.

Bölüm 2’de salonlarda akustik koşulların belirlenmesinde kullanılan nesnel hacim akustiği parametreleri ile öznel değerlendirme yöntemleri aktarılmıştır.

Literatürde, benzer mekanlar için önerilen farklı hedef yansıma süresi değerleri özetlenmektedir. Ses yutma çarpanlarına ilişkin belirleme yöntemlerine ve malzemelerin yutuculuk özelliklerini konu alan çalışmalara yer verilmiştir.

Bölüm 3 kapsamında, farklı standartlarda paylaşılan ses yutma çarpanları ölçeklendirme yöntemleri paylaşılmış, ses yutma çarpanında meydana gelen değişikliklerin salon genelindeki yansıma süresi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Malzeme hasarı nedeniyle salonlarda değişen yansıma süresi değerlerinin, salonlar için önerilen aralıkta kaldığı görülmüştür. Yutma çarpanı değişimlerinin incelenmesi ile başlayan çalışmada, yutuculuk değişiminin kullanıcı tercihleri ilişkisinin saptanması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Bölüm 4'te yutuculuk sınıfı değişiminin kullanıcı tercihleri ile ilişkilendirilmesi amacıyla yapılan çalışmalar yer almaktadır. Tasarlanan dört adet salonun tavan ve yan duvar yüzeylerine ait malzemelere ait yutuculuk sınıfları değiştirilerek salon varyasyonları elde edilmiştir. Bilgisayar ortamında yapılan modellemeler üzerinden konuşma ile ilişkili nesnel hacim akustiği parametre değerleri hesaplanmış ve dinleme kayıtları oluşturulmuştur. Dinleme kayıtları denekler ile paylaşılarak öznel değerlendirmeler elde edilmiştir. Öznel değerlendirmeler fonetik olarak dengelenmiş kelime ayırt etme testleri ile kullanıcı tercihleri belirleme testlerini kapsamaktadır. Literatürde dar bir tanımlanabilirlik kapsamına sahip konuşma sesini tanımlayıcı sıfat çiftlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan ön çalışmalar bölüm içinde aktarılmaktadır. Dinleme testlerinin deneklere hesaplanan ses basınç düzeyinde sunulabilmesi için yapılan düzey kalibrasyon çalışmasının ayrıntıları paylaşılmaktadır. Öznel değerlendirme çalışmalarının istatistiksel değerlendirmesi verilmiştir.

Bölüm 5 tüm çalışmada elde edilen sonuçların genel bir değerlendirmesini kapsamaktadır. Salonlarda ses yutuculuğu ile birlikte kelime ayırt edilebilirliğinin artmasıyla kullanıcı tercihlerinin olumlu yönde değişmeyebileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mimari akustik, hacim akustiği, konuşma işlevli salon tasarımı, yutuculuk sınıfı değişimi, ses basınç düzeyi kalibrasyonu.

Associating Absorption Class Changes of Materials with User Preferences

Ezgi TÜRK GÜRKAN

Department of Architecture

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Zerhan YÜKSEL CAN

Ensuring functional acoustic conditions in halls is an essential stage of the architectural design process and an inevitable necessity. Objective and subjective evaluations are used to ensure appropriate acoustic conditions.

In this study, which was initiated for halls with speech functions, objective and subjective evaluations regarding the differences created by material choices in different absorption classes on the room acoustic parameters in indoor spaces were evaluated and correlated. The study aims to contribute to the designer's flexibility by examining the designer's freedom in choosing materials.

In Chapter 1, as a result of the literature review, the areas that are thought to be open for research are mentioned due to the deficiencies encountered in the light of the information obtained in the studies on the design of the speech function halls. The chapter presents a summary of the literature, the purpose, scope, hypothesis and benefits of the thesis.

In Chapter 2, the objective room acoustic parameters and subjective evaluation methods used in determining the acoustic conditions in the halls are explained.

Different target reverberation time values recommended for similar spaces in the literature, are summarized. The methods of determining the sound absorption coefficients and the studies on the absorption properties of the materials are given.

Within Chapter 3, scaling methods of shared sound absorption coefficients in different standards are shared, and the effect of changes in sound absorption coefficients on the reverberation time throughout the halls is examined. The reverberation time values that changed in the halls due to the temporal damages of the materials remained within the recommended range for the halls. In the study, which started with examining the changes in the absorption coefficients of the materials, the need to determine the relationship between the change in absorption and user preferences arises.

In Chapter 4, studies carried out to associate the change in absorption class of the materials with user preferences are included. Hall variations were obtained by changing the absorption classes of the materials belonging to the ceiling and wall surfaces of the four halls designed. The objective room acoustic parameter values related to speech were calculated through computer models and listening recordings were created. Subjective evaluations were obtained by sharing the listening recordings with the subjects. Subjective evaluations include phonetically balanced word discrimination tests and user preferences determination tests. Preliminary studies to determine descriptive adjective pairs for speech sound which has a narrow scope of definability in literature are given in the section. The details of the level calibration study to present the listening tests at the calculated sound pressure levels to the subjects are shared. Statistical evaluation of the subjective evaluation studies is given.

Chapter 5 includes an overall assessment of the results obtained in the entire study. It has been understood that user preferences may not change in a positive way with the increase in word distinguishability with sound absorption.

Keywords: Architectural acoustics, room acoustics, speech function hall design, absorption class change, sound pressure level calibration.

1.1 Literatür Özeti

İşlevi dinlemeye yönelik mekanlar, akustik konfor koşullarının sağlanması hedefi ile mekan işlevlerine uygun olarak tasarlanmalıdır. Bu, mekanlardaki etkinliklerin sağlıklı bir şekilde ortaya konması ve kullanıcı konforunun elde edilmesi için kaçınılmaz bir gerekliliktir.

Antik Yunan dönemi ile birlikte ilk kez bir “yapı” olarak algılanan bu mekanların akustik tasarımı çok uzun yıllardır çalışma konusudur.

Romalı mimar ve mühendis Vitruvius, mimari akustiğin başlangıcı olarak nitelendirilebilecek şekilde, tiyatroların akustik özellikleri üzerine bir inceleme yazmıştır [1]. “Mimarlık Üzerine On Kitap”ın (De Architectura - The Ten Books of Architecture) V. kitabında Vitruvius, sesi üç boyuta uzanan bir dalga olarak tanımlar. Çalışma, mimari akustik tasarıma ilişkin açıklamalar ve öneriler içermektedir.

Akustik on dokuzuncu yüzyılda bir bilim olarak araştırılmaya başlanmış, teknik kitaplar ve dergiler aracılığıyla yayınlanmış literatürde yayılım sağlamıştır [2]. Bu dönemde akustik bilimi kapsamında teknik temel geliştirilmiştir. Mimari akustiğin teorik başlangıçları on dokuzuncu yüzyılın sonlarında, Wallace Clement Sabine tarafından başlatılmıştır. Harvard Üniversitesi'nde fizik profesörü olan Sabine, bir proje kapsamında önüne çıkan konuşmanın anlaşılabilirliğindeki zorlukları kapsamlı bir şekilde araştırmıştır. Harvard'daki üç salonda bir dizi deney başlatan Sabine, çalışmasını tamamladığında, malzemelerin ses yutumunun ilk teorisini, bunun sesin hacimlerdeki düşme süresi ile ilişkisini bulmuştur. Çalışmasında ses kaynağı olarak kilise orguna ait boruları ve ses yutumu için yastıklar kullanmıştır. Deneyleri doğrultusunda toplam ses yutumu ve yansıma süresinin çarpımının sabit olduğunu bulan Sabine, yansıma süresi için bir formül geliştirmekte başarılı

olmuştur [3]. Tarihsel süreçte yansıma süresinin belirlenmesine yönelik farklı hesaplamalar ve eşitlikler geliştirilmiştir.

Yapılan araştırmada, hacimlerdeki akustik konfor koşullarının belirlenebilmesi için yansıma süresi dışındaki çeşitli nesnel ve öznel hacim akustiği parametrelerinden yararlanıldığı görülmüştür.

Thiele, konuşma anlaşılabilirliği üzerine çalışmalar yapmıştır. Dolaysız sesten sonraki ilk 50 ms içinde alıcıya ulaşan yansımaların, ayırt edilebilirlik düzeyini belirlediğini ve konuşmanın anlaşılabilirliği açısından faydalı sesleri oluşturduğunu ortaya koymuştur [4].

Mimari akustik üzerine çalışan araştırmacılar, büyük ve önemli oditoryumlar ve alışılmadık formlar için yapıyı inşa etmeden önce akustik sorunların tanımlanması için bir model oluşturulması tercih edilmesini önermiştir [5]. Tasarlanan salonların maketlerinin yapılması ve sesin hacim içinde yayılmasının bu maketler üzerinde incelenmesi uzun yıllarca kullanılmış yöntemlerden biridir. Geçmişte bir salona ait plan ya da kesitin yerleştirildiği su dolu bir tekne üzerinde iki boyutlu bir dalga tablosu kullanmak basit bir yöntem olarak kullanılmıştır. Gözlem için ışığın da kullanıldığı bu sistemde, yüzey yansımaları incelenmiştir [2]. 1930'lu yıllarda ses yayılımı maketlerde ışık kullanılarak incelenmiştir [6].

1990'lı yılların başında Kuttruff [7] maketlerin akustik tasarım için çok yararlı bir araç olduğu kanıtlanmış olmasına rağmen, onların yerini yavaş yavaş daha ucuz, daha hızlı ve daha verimli olan dijital modelleme yöntemi almakta olduğunu belirtmiştir. Günümüzde mimari akustikte yapılan araştırmalarda kullanımı giderek yaygınlaşan bilgisayar ortamında modelleme yöntemlerinin tercih edildiği görülmektedir.

Literatürde araştırmacılar tarafından, müzik ve konuşma ana ayrımı çerçevesinde, öznel değerlendirmeler sonucunda, farklı işlevler için farklı yansıma süreleri önerilmiştir. Bazı kaynaklarda, önerilen yansıma süreleri hacim büyüklüğüne göre de farklılık gösterirken bazı araştırmacılar hacim büyüklüğünden bağımsız bir öneri sunmaktadır [2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15,16].

Literatür incelendiğinde aynı hacim büyüklüğü ve işlev için farklı yansıma süresi değerlerinin önerildiği görülmektedir. Bu durum, akustik tasarım çalışmalarında hedef kriterlerin seçimi konusunda ayrılıkların olabileceğini ortaya koymaktadır.

Farklı toplam yutuculuğa sahip salonların farklı kaynaklarca aynı işlev ve hacim büyüklüğü için önerilmesi nedeniyle, önerilen yansıma süresi değer ve aralıklarının araştırmaya açık bir alan olduğu belirlenmiştir.

Yapılan literatür araştırmasında, müzik sesinin, konuşma sesine kıyasla daha fazla öznel akustik parametre ile ilişkilendirildiği görülmüştür. Bu nedenle, müzik sesi dinleyiciler tarafından geniş bir tanımlanma kapsamına sahipken konuşma sesi sıklıkla bu tür tanımlamaların dışında bırakılmaktadır. Yapılan çalışmalarda müzik sesini tanımlayan birçok sıfatın kullanılmakta olduğu, konuşma işlevli salonlar için yapılan çalışmalar çoğunlukla öznel değerlendirmelerin çalışma kapsamı dışında bırakıldığı anlaşılmaktadır.

Araştırma kapsamında konuşma işlevli mekanlarda öznel değerlendirmelerin yapılabilmesi için konuşma sesini tanımlayıcı sıfat ve sıfat çiftlerinin yetersiz olduğu görülmüştür. Özellikle Türkçe sıfatların belirlenerek değerlendirme çalışmalarında kullanılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Kültürel performansların sergilendiği, işlevi dinlemeye yönelik salonların akustik kalitesi, sanatçı ile dinleyici konforu ve bunun yanı sıra etkinliğin başarısı açısından da son derece önemlidir.

Salonların akustik tasarım ve uygulamaları, farklı disiplinlerin bir arada çalışması, akustiğin yanı sıra işlevsel ve görsel ihtiyaçlara cevap verecek malzeme kullanımı, detayların uygulanmasında aranan ince işçilik gibi nedenlerden dolayı zorlu bir süreçtir. Buna bağlı olarak yüksek maliyetler ortaya çıkmaktadır. Salonların, toplumların sosyokültürel gereksinimlerine hizmet sunması, fazla sayıda kullanıcıya hitap etmesi ve kullanım sürelerinin uzunluğu, bu zorlu ve yüksek maliyetli sürecin tasarım aşamasında göz ardı edilmemesini gerektirir. Akustik ihtiyaçların, salonların tasarım aşamasında dikkate alınması, istenen akustik

koşulların elde edilmesinde ve işlevine uygun salonların inşa edilebilmesinde kaçınılmaz bir gerçektir.

İşlevi dinlemeye yönelik mekanlarda, hacim büyüklüğü ve toplam yutuculuk genel akustik koşulların belirlenmesinde en önemli parametrelerdendir. Malzemelerin ses enerjisine karşı bir tepki eğilimi olan yutum kavramı, malzemenin dokusal özelliğine, katmanlaşma detaylarına, boyutuna ve montaj biçimine göre değişiklik gösterir. Uzun kullanım süresine sahip salonlarda, kullanım süresi boyunca akustik kalitenin sürekliliğin sağlanması önemli bir gerekliliktir. Malzemelerin akustik özelliklerinin sürekliliğinin sağlanması ve eskime faktörlerinin malzemeler üzerinde etkisinin araştırılması ile başlayan çalışma kapsamında zamansal hasar etkenlerinin malzemeler üzerindeki etkilerine ilişkin çalışmalar araştırılmıştır.

Zamansal hasar etkenlerinin akustik özellikler üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalar araştırılarak derlenmiş ve bu veriler kullanılarak bilgisayar ortamında yapılan modellemeler ile malzeme değişimlerinin salonların akustik özelliklerine olan etkileri değerlendirilmiştir.

Yapılan modelleme çalışmalarında, hasar etkenlerinin genel akustik koşullarda büyük farklılıklar yaratmadığı anlaşılmaktadır. Yapılan değerlendirmelerde, salonların akustik koşullarının değerlendirilmesinde esas kabul edilen ve tasarım aşamasında ilk hedef kriteri olarak ele alınan hacim akustiği parametresi olan yansıma süresine ilişkin öneriler dikkate alınmıştır. Aynı hacimler için farklı değer aralıklarında yansıma süresi önerileri çalışmanın farklı bir araştırma konusu haline gelmiştir.

Aynı işlev ve büyüklükteki salonların farklı toplam yutuculuk değerlerine sahip olması, salonların farklı akustik koşullara sahip olacağı anlamına gelmektedir. Önerilen aralıkta ancak farklı yansıma süresi değerine sahip salonlarda, toplam yutuculuğun dinleyiciler üzerindeki etkisinin incelenmesi ve akustik konfor koşulları çerçevesinde toplam yutuculuğun nerede sınırlandırılması gerektiği sorusu oluşmaktadır. Malzemelerdeki yutma çarpanı değişimlerinin incelenmesi ile başlayan çalışmada yutuculuk değişiminin kabul edilebilir aralığının saptanması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Yutuculuk üzerine yapılan araştırmalar ve yapılan modelleme çalışmalarında elde edilen veriler ışığında bu tezin amacı;

“Malzeme yutuculuk sınıfı ile kullanıcı tercihleri arasındaki ilişkinin belirlenerek, salon tasarımlarında esneklik sağlanmasına katkıda bulunmak”

olarak belirlenmiştir.

Yansıım süresi hedefi ile başlayan akustik tasarım sürecinde, salonlarda farklı yutuculuk sınıfında malzemelerin seçilmesi durumunda elde edilen yansıım sürelerinin, mekanlar için önerilen değerler ile ilişkisi incelenerek, yansıım süresinin istenen aralıkta kalması koşulu ile, farklı yutuculuk sınıfındaki malzemeler arasında yapılacak seçimin öngörülerek, tasarımcıya kolaylık sağlaması hedeflenmektedir.

Bu çalışmanın konusunu, yansıım süresine ilişkin standart olan “DIN18041:2016-03 – Acoustic Quality in Rooms - Specifications and Instructions for the Room Acoustic Design” standardına uygun olarak tasarlanmış konuşma işlevli salonlara ait yansıım süreleri üzerinde, farklı yutuculuk sınıfında malzeme tercihlerinin hacim akustiği parametreleri üzerinde yarattığı farklılıklara ilişkin nesnel ve öznel değerlendirmeler oluşturmaktadır. Bu amaca yönelik olarak, farklı yutuculuk sınıfında malzeme kullanılması durumunda elde edilecek koşulların hedef hacim akustiği parametreleri aralığı ile ilişkisi incelenmiştir.

Çalışma kapsamında, seslendirme sistemine ihtiyaç duyulmayacak büyüklükte konuşma işlevli salonlar tasarlanmıştır. Tasarlanan salonlara ait yüzey malzemeleri, hacim büyüklüklerine göre ilgili standartta önerilen yansıım süresi aralığında kalacak şekilde seçilmiştir. Bu salonlar, 500 m³ ve 1000 m³ hacim büyüklüğünde, dikdörtgen ve yelpaze plan tipine sahip olacak şekilde dört adettir. Salonların farklı yüzeylerine ait malzemelerin yutuculuk sınıfları değiştirilerek bilgisayar ortamında modellemeler çeşitlendirilmiştir.

Tasarımcının malzeme seçimindeki serbestliğinin irdelenmesini hedefleyen çalışmanın adımları;

- konuşma sesini tanımlayan Türkçe sıfatların belirlenmesine ilişkin deney çalışması,

- salon varyasyonlarına ait konuşma işlevi için hedef nesnel hacim akustiği parametre değerlerinin belirlenmesine ilişkin modelleme çalışması,
- salon varyasyonlarına ait modellemeler ile üretilen dinleme kayıtları üzerinden öznel değerlendirmelerin yapılmasına ilişkin deney çalışması,
- modelleme, nesnel değerlendirme ve öznel değerlendirme sonuçlarının ilişkilendirilerek konuşma işlevli salonlarda dinleyici konforunun zedelenmediği malzeme seçim serbestliğinin ortaya konması

olarak belirlenmiştir.

1.3 Hipotez

Salonların akustik koşullarının oluşmasında en belirleyici faktörlerden olan yutuculuğun, dinleyici tercihleri ile ilişkilendirilerek tasarımcıya seçim serbestliğinin belirlenmesini hedeflendiği bu tez çalışmasının hipotezi;

“Farklı malzemelerin farklı orandaki yutuculuk değişimleri, salonların akustik konfor koşullarını etkiler. Bu etki, belli bir orana kadar kabul edilebilirdir”dir.

Çalışma kapsamı, seslendirme sistem desteğine ihtiyaç duymayacak büyüklükteki konuşma işlevli salonlar ile sınırlandırılmıştır. Modelleme ve deney çalışmaları ile değerlendirmeler salon tavan ve yan duvar yüzeylerine ait yutuculuk sınıfı değişimleri üzerinden yapılmıştır.

SALONLARIN İŞİTSEL KONFOR KOŞULLARININ VE MALZEMELERİN AKUSTİK İLE İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Tez çalışması kapsamında yapılan literatür araştırmasına dahil edilen çalışmalar iki ana başlık altında toplanmıştır. Salonlardaki işitsel konfor koşulları ve malzemelerin akustik ile ilişkisi bu başlıkları oluşturmaktadır.

2.1 Salonların İşitsel Konfor Koşullarının İncelenmesine Yönelik Çalışmalar

20. yüzyılın başlarında W. C. Sabine tarafından ortaya konan yansıma süresi kavramı ile başlayan hacim akustiği çalışmalarında, günümüze değin pek çok değerlendirme yöntemi ve parametre geliştirilmiş ve önerilmiştir. Bunlardan bazıları; netlik, açıklık, bas oranı, yanal enerji oranı, merkez zamanı parametreleridir. Çalışmaların ilerlemesi ve birbiri ile ilişkili parametrelerin kullanılmasının önerilmesi ile tanımlamalar ve parametre ilişkileri ile ölçüm yöntemleri için standardizasyon çalışmaları oluşturulmuştur. Tez çalışması konuşma mekanlarını kapsadığından bu bölümde yalnızca konuşma işlevi ile ilgili parametreler ele alınacaktır.

Salonlarda işleve uygun işitsel koşulların sağlanması akustik tasarım hedefidir. Literatür araştırmasının ilk bölümü bu konuda yapılan çalışmalardan oluşmaktadır.

Araştırmada elde edilen kaynaklar uygun alt başlıklarda paylaşılmaktadır.

2.1.1 Hacim Akustiği Parametreleri Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Mimari akustikle ilgili araştırmaların büyük bir bölümünde, nesnel ve öznel hacim akustiği parametreleri özelinde hesaplamalar, ölçmeler ve değerlendirmeler kullanılmaktadır. “ISO 3382-1:2009 — Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 1: Performance Spaces” [17] standardında, bazı

hacim akustiği parametrelerinin hesaplama yöntemleri belirtilmiş; çeşitli çalışmalarda bu parametrelerin salonlardaki sınır değerlerine ilişkin değerlendirmeler paylaşılmıştır.

Müzik ve konuşma ana işlevleri için farklı akustik gereksinimler olması kaçınılmazdır. Salonların işlevlerine göre iyi dinleme koşullarının sağlanması için hedeflenen hacim akustiği parametre değerleri çalışma kapsamında derlenmiştir.

2.1.1.1 Yansıım Süresi

Akustik tasarıma yön veren Yansıım Süresi, RT hacim akustiği parametresinin hedef değerleri, farklı işlev ve büyüklüklere sahip mekanlar için farklılık gösterir. Genel olarak, konuşma işlevi için kısa, müzik işlevi için uzun yansıım süreleri önerilmektedir [8]. Literatürde farklı kaynaklarda paylaşılan öneri hedef değerler, hacim büyüklüğüne bağlı ya da değil ve tek bir değer ile bir değer aralığı olabilmektedir.

Literatür araştırmasında, aynı hacim ve işlev için önerilen hedef optimum yansıım süresi değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmüştür. Bu da tasarım aşamasında yapılacak kabulün önemini ortaya koymaktadır.

Konuşma işlevli salonlar üzerine geliştirilen bu tez çalışması kapsamında, konuşma işlevi için derlenen yansıım süresi değerleri Tablo 2.1’de paylaşılmaktadır.

Tablo 2.1 Benzer İşlev ve Hacim Büyüklüğü için Önerilen Yansıım Süresi Değerleri

No	Kaynak	İşlev	Hacim	Önerilen RT (sn)
1	Marshall Long [2]	Derslik	1000 m ³	0,90
2	Marshall Long [2]	Tiyatro	1000 m ³	1,00
3	Şazi Sirel [8]	Konuşma	1000 m ³	0,69 - 0,95
4	R.B. Newman [9]	Seminer – Konferans	-	0,70 - 1,10
5	R.B. Newman [9]	Derslik	-	0,60 - 0,80
6	Kundsten - Harris [10]	Konuşma	1000 m ³	0,75
7	J.S. Bradley [11]	Konuşma	1000 m ³	0,73

Tablo 2.1 Benzer İşlev ve Hacim Büyüklüğü için Önerilen Yansıma Süresi
Değerleri (Devam)

No	Kaynak	İşlev	Hacim	Önerilen RT (sn)
8	W. Ahnert - W. Schmidt [12]	Konuşma	1000 m ³	0,95
9	S. Errede [13]	Konuşma-Konferans	1000 m ³	0,60
10	Barron [14]	Drama Tiyatrosu	-	0,70 - 1,00
11	Wilson [15]	Sinema – Konferans	1000 m ³	0,65

Tablo 2.1’de paylaşılan değerlerin oldukça geniş bir aralıkta olduğu anlaşılmaktadır. Akustik tasarımın ilk adımı olan hedef yansıma süresinin belirlenmesi tüm tasarım sürecine yön verir niteliktedir. Aynı hacim büyüklüğü ve işlev için farklı yansıma süresi değerlerinin önerilmesi, hedef kriterlerin seçimi konusunda ayrılıkların olduğunu ortaya koymaktadır.

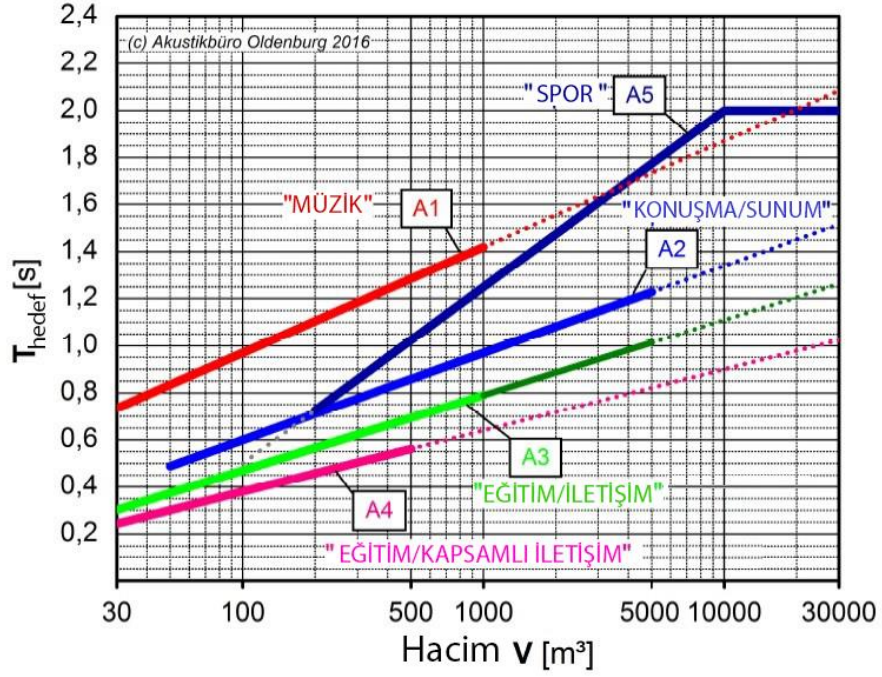
Son yıllarda, önerilen yansıma süresi değerleri konusunda standardizasyon üzerine çalışılmaktadır. Bu alanda en güncel ve kabul gören çalışma, Alman standardı olan “DIN18041:2016-03 - Acoustic Quality in Rooms - Specifications and Instructions for the Room Acoustic Design”dır. [16]

Standartta salonlar A ve B olmak üzere iki kategoride sınıflandırılmıştır. A sınıfındaki salonlar için hacim büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak yansıma süresi hedef değeri ile hedef değer aralığı tanımlamaktayken, B sınıfındaki salonlar için mekan yüksekliğine bağlı olarak toplam yutuculuk, hacim büyüklüğü oranı önerilmektedir.

Standartta belirtilen A sınıfında 5 adet salon işlevi tanımlanmıştır. Bunlar;

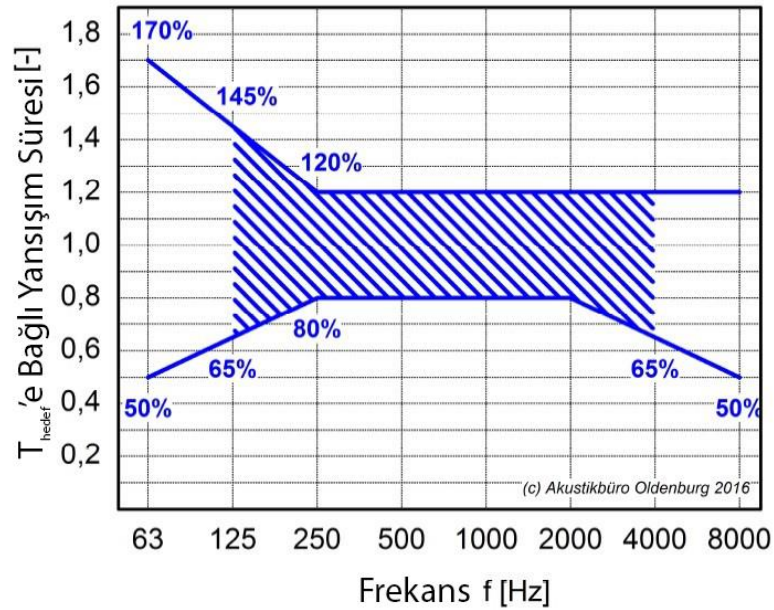
- A1: Müzik - Music
- A2: Konuşma / Sunum - Speech / Presentation
- A3: Eğitim / İletişim - Education / Communication
- A4: Eğitim / Kapsamlı İletişim - Education / Communication Inclusive
- A5: Spor - Sport

Standartta A sınıfı kategorileri için önerilen, işlev ve hacim büyüklüğüne bağlı optimum yansıma süresi eğrileri Şekil 2.1’de yer almaktadır.



Şekil 2.1 DIN18041:2016-03 Standardında Belirtilen Optimum Yansışım Süresi Grafiği [18]

Standart, Şekil 2.1’de paylaşılan hedef değer üzerinden merkez oktav bantlar için bir değer aralığının kullanılmasını önermektedir. Önerilen optimum yansışım süresi üzerinden belirlenen bu kabul edilebilirlik aralığına ilişkin grafik Şekil 2.2’de görülebilir.



Şekil 2.2 DIN18041:2016-03 Standardında Belirtilen Kabul Edilebilir Yansışım Süresi Aralığı [18]

Standartta konuşma ve müzik işlevleri için, literatürdeki diğer çalışmaların aksine aynı aralık önerilmiştir. Standart dokümanında önerilen aralık, oldukça geniş bulunmakla birlikte, tez çalışmasında araştırılması hedeflenen yutuculuk sınıfının kullanıcı tercihleri ile ilişkilendirilmesi için dikkate alınmaktadır.

2.1.1.2 Konuşmanın Anlaşılabilirliği ile İlgili Parametreler

Konuşma ya da müzik seslerinin anlaşılma oranı olarak ifade edilen netlik hacim akustiği parametresi [19], ilk 50 ve 80 ms içinde dinleyiciye ulaşan ses enerjisinin oranları olarak ele alınır. Konuşma işlevi için 50 ms, müzik işlevi için 80 ms referans süre olarak kabul edilmektedir.

Bu oranın desibel cinsinden ifadesi olan Netlik, C nesnel hacim akustiği parametresinin müzik işlevi için hedef değerleri literatürde paylaşılırken, konuşma işlevi için kesin bir hedef değerine ulaşamamıştır. Değerin artması ile icrayı algılamadaki oranın artacağı bilinmektedir [19].

Konuşmanın netliğini ifade eden C_{50} hacim akustiği parametresinin Konuşma İletim Katsayısı (Sound Transmission Index – STI) ile ilişkilendirildiği çalışmalar mevcuttur. Marshall [20] yaptığı çalışmada +3 dB C_{50} değerinin 0,6 STI değerine denk geldiğini belirtmektedir. “İyi” olarak sınıflandırılan bu STI değerine göre, konuşma işlevli salonlarda en az +3 dB C_{50} değeri hedeflenmelidir. Marshall’ın STI- C_{50} korelasyonu Tablo 2.2’de yer almaktadır.

Tablo 2.2 STI- C_{50} Korelasyonu [21]

Sınıf	Zayıf	Orta		İyi		Mükemmel
C ₅₀ , Ağırlıklı [dB]	-6	-3	0	3	6	9
STI	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

Marshall’ın [20] çalışmasında, belirlenmiş oktav bantlardaki C_{50} değerleri ağırlıklandırılarak değerlendirilmektedir. Kullanılan oktav bant ağırlıkları Tablo 2.3’te görülebilir.

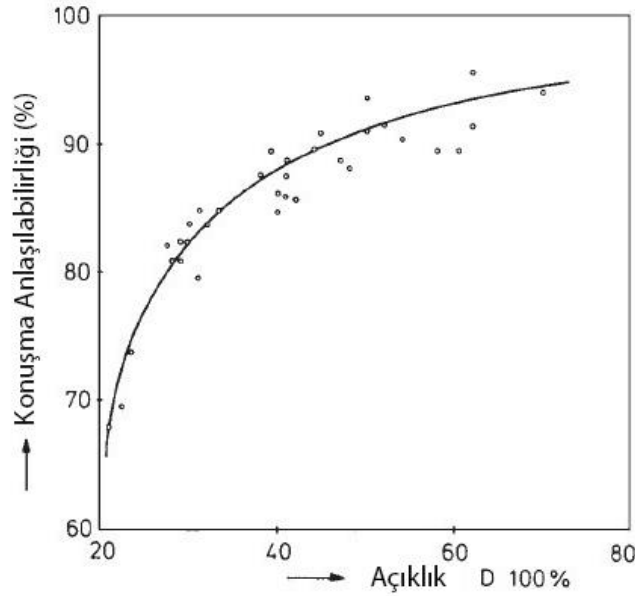
Tablo 2.3 C_{50} Oktav Bant Ağırlıkları [21]

Oktav Bant	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Ağırlık Faktörü	0,15	0,25	0,35	0,25

Yansıma süresinin, netlik üzerinde etkisi vardır. Yansıma süresinin kısa olduğu salonlarda netlik parametresinin yüksek olması beklenir. Bununla birlikte, yapılan çalışmalarda aynı yansıma süresine sahip salonlarda aynı netlik değerlerine ulaşamadığı görülmüştür [16].

Campbell ve diğerleri [16], tarafından yapılan çalışmada farklı akustik düzenlemelere sahip aynı formdaki iki salonda ölçümler yapılmıştır. Salonlardaki işitme algıları birbirinden oldukça farklı olmasına rağmen, salonların aynı yansıma süresine sahip olduğu görülmüştür. Akustik değerlendirmelerde kullanıcı algıları önemli olduğundan, ölçülen yansıma süresi verilerinin tek başına yeterli olmayacağı açıktır. Çalışmada, aynı yansıma süresine sahip salonlardaki farklı algıların netlik ve ses basınç düzeyi hacim akustiği parametreleri ile ilgili olduğu belirtilmiştir.

Konuşma anlaşılabilirliğinin bir diğer ifadesi olan Açıklık, D_{50} hacim akustiği parametresinin konuşma anlaşılabilirliği üzerine çalışmalar yapılmıştır. Kuttruff'un paylaştığı korelasyon grafiği Şekil 2.3'te yer almaktadır [4, 7].



Şekil 2.3 Konuşma Anlaşılabilirliği – D_{50} ilişkisi [4]

D_{50} hacim akustiği parametresi için %50 hedef değeri önerilmektedir. Bu da C_{50} için pozitif değerleri ifade etmektedir.

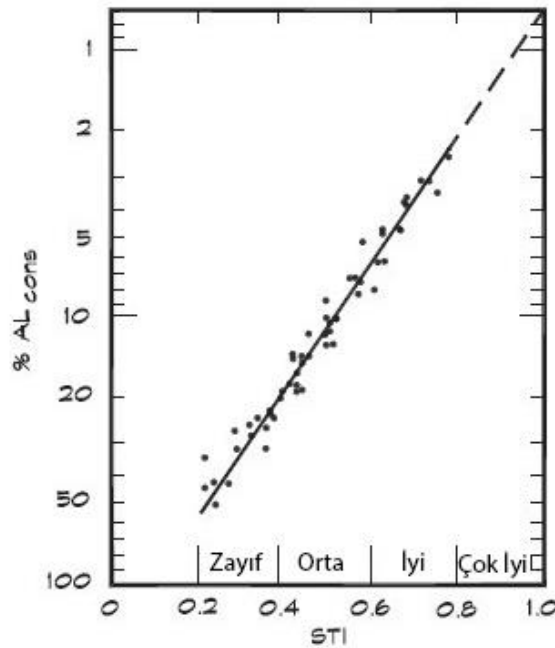
Konuşma anlaşılabilirliği için bir diğer önemli parametre Artikülasyon İndeksi (Articulation Index – AI) hacim akustiği parametresidir. Literatürde AI değerlendirmelerinde kullanılan ölçeklendirme Tablo 2.4'te yer almaktadır.

Tablo 2.4 AI Ölçeği [23]

Anlaşılabilirlik	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf
AI	$\geq 0,7$	0,5-0,7	0,3-0,5	$\leq 0,3$

Genel olarak konuşma mahremiyeti amacıyla kullanılır. AI, anlamsız sessiz-sesli-sessiz harfli (CVC) kelimeleri veya cümleler deneklere okunarak test edilir. Deneklerin, duydukları anahtar kelimeleri yazmaları istenir ve doğru cevapların oranı, Artikülasyon İndeksini, AI verir. En düşük AI değeri 0'dır, burada konuşma anlaşılabilirliği yoktur [24]. En yüksek değer 1'dir, bu da mükemmel anlaşılabilirliği tanımlamaktadır [2].

Knudsen [25] anlaşılabilirliğin ünlülerden ziyade ünsüzlerin tanınmasına dayandığını bulmuş ve bu kavrama dayalı ölçümler geliştirmiştir [2]. Yüzde olarak ifade edilen Ünsüzlerin Artikülasyon Kaybı, AL_{CONS} , konuşmanın anlaşılabilirliğini karakterize etmenin başka bir yoludur. Artikülasyon indeksine benzer şekilde, yanlış anlaşılan ünsüzlerin oranını ölçer [2]. Şekil 2.4'te AL_{CONS} ile STI parametresi arasındaki ilişki görülebilir.



Şekil 2.4 AL_{CONS} – STI ilişkisi [2]

2.1.2 Özel Mekan Değerlendirmeleri

Mimari akustik alanında yapılan araştırmaların büyük bir kısmı, mekan değerlendirmelerine ayrılmıştır. Yapılan literatür araştırmasında, mekan değerlendirmelerinin yapıları salonlarda ölçümler ve bilgisayar ortamında yapılmış modellemeler üzerinde gerçekleştirildiği görülmektedir [26]. Tasarım aşamasında kullanılan akustik modelleme çalışmaları, sağlanacak akustik koşulların uygulama öncesinde değerlendirilerek tasarım optimizasyonunun sağlanmasına olanak tanır.

Farklı yüzey malzemelerinin kullanımlarının akustik koşullara etkisinin yanı sıra malzemelerin kullanım yerlerine ilişkin çalışmalar akustik değerlendirmeler kapsamında ele alınmaktadır [27, 28, 29, 30, 31, 32].

Ölçümler ya da bilgisayar ortamında yapılan mekan değerlendirmeleri nesnel ve özel akustik değerlendirmeler olarak iki ana başlık altında ele alınabilir.

Konuşma işlevli mekanlar ile ilişkili olarak, özel değerlendirmelere ilişkin literatür taraması yapılmıştır. Konuşma için yapılan özel akustik değerlendirme yöntemleri araştırılarak çalışmada kullanılabilecek yöntemler incelenmiştir.

Araştırmalarda görüldüğü kadarı ile, konuşma ile ilgili özel değerlendirme yöntemlerine genellikle sınıf akustiği üzerine yapılan çalışmalarda yer verilmektedir [39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48]. Yapılan özel değerlendirmeler iki ana başlıkta toplanabilir. Bunlardan ilki konuşma anlaşılabilirlik testleri, ikincisi özel memnuniyet anketleridir.

Konuşma testleriyle anlaşılabilirliği test etmek, bir uyarandaki (konuşma) anlaşılabilirliği değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu testler, sonuçların konuşma anlaşılabilirliği metriklerinin sonuçlarıyla karşılaştırılması için de yapılır; bu metriklerin sonuçları, söz konusu durum için konuşma anlaşılabilirliği hakkında doğru tahminler verilip verilmediğini belirler. Birçok türde konuşma testi vardır.

Konuşmanın anlaşılabilirliğinin özel değerlendirmesi, konuşulan kelimelerin ya da cümle listelerinin yüz yüze okunmasına ya da listelerden bir kayıttan dinleyicilere çalınmasına dayanır [24].

Anlaşılabilirlik test materyalleri (deneklere okunan kelime veya cümleler), özel olarak seçilmiş kelimelerden veya cümle listelerinden yapılır. Konuşmayı tanıma testi adı da verilen bu testler, eşik üstü düzeyde kişinin konuşmayı tanıma yeteneğini ölçmeyi sağlar. En sık kullanılan şekli, eşik üstü sabit bir seviyede tek heceli sözcükler kullanılarak konuşmayı tanıma becerisinin belirlenmesidir [49].

Bu testlerde konuşma tanıma yanıtları bazı insan konuşması biçimleriyle sunulan insan dinleyicilerden toplanır: fonemler, heceler, kelimeler, deyimler, cümleler veya paragraflar. Konuşma materyali canlı, kaydedilmiş veya sentetik (dijital) olarak üretilmiş olabilir [50].

Anlaşılabilirlik test materyalleri, tek heceli anlamlı kelimeler, tek heceli anlamsız kelimeler (logatomlar), çok heceli kelimeler veya cümleler gibi çeşitli konuşma elemanlarından oluşabilir [24, 51]. Anlaşılabilirlik testlerinin en sık kullanılan şekli, eşik üstü sabit bir seviyede tek heceli sözcükler kullanılarak konuşmayı tanıma becerisinin belirlenmesidir [49]. Ses birimleri, heceler ve cümleler de kullanılmış olsa da iletişim sistemlerinin konuşma anlaşılabilirliğini değerlendirmek için en yaygın olarak kullanılan konuşma birimi kelimedir [50].

Anlaşılabilirliğin değerlendirilmesinde kullanılmak üzere “ANSI/ASA S3.2-2009 – American national standard method for measuring the intelligibility of speech over communication systems” standardında kelime düzeyinde üç adet konuşma anlaşılabilirliği testi tanımlanmaktadır [52].

- Fonetik Dengeli Kelime Testi – Phonetically Balanced Word Test (PBWT)
- Teşhis Kafiye Testi – Diagnostic Rhyme Test (DRT)
- Modifiyeli Kafiye Testi – Modified Rhyme Test (MRT)

2.1.2.1 Fonetik Dengeli Kelime Testi (PBWT)

İlk olarak Egan [53] tarafından Harvard Psikoakustik Laboratuvarı’nda (PAL) geliştirilen ve başlangıçta Harvard PB-50 testi olarak bilinen test, 50 kelimelik 20 fonetik olarak dengeli listeye bölünmüş 1000 tek heceli kelimedenden oluşan yarı açık bir kelime testidir. PBWT, 50 kelimelik 20 fonetik olarak dengeli listeye bölünmüş 1000 tek heceli kelimedenden oluşan yarı açık bir kelime testidir. Her kelime, "Şimdi ___ yazar mısınız?" (“Would you write ___ now.”) gibi aynı taşıyıcı ifadeye yerleştirilmiştir [50].

2.1.2.2 Teşhis Kafiye Testi (DRT)

Test 96 tek heceli kafiye kelime çiftinden oluşur ve testteki hemen hemen tüm kelimeler ünsüz-ünlü-ünsüz (CVC) yapısına sahiptir [54]. Bir çiftteki kelimeler, Fairbanks [55] tarafından geliştirilen kafiye testine uygun olarak yalnızca ilk ünsüz seslerinde farklılık gösterir (örnek: veal-feel). Deneklere görsel olarak bir çift kelime gösterilir ve konuşmacı tarafından bu 2 kelimedenden hangisinin daha sonra söylendiğini belirlemesi istenir. Testte taşıyıcı cümle kullanılmaz [50].

Deney orijinal olarak, yalnızca ABD İngilizcesi için oluşturulmuştur, ancak diğer diller için değiştirilebilir. Belirli bir dili temsil etmek için, bir kelime listesi, dilde görüldüğü şekliyle yaklaşık aynı fonetik özellikleri ve ses türlerini içermelidir. Bu özelliklere sahip kelime listeleri “fonetik olarak dengeli” (PB) olarak adlandırılır [24].

2.1.2.3 Modifiye Kafiye Testi (MRT)

House ve diğerleri [56] tarafından geliştirilen tek heceli bir kelime testidir. Kafiye veya benzer sesli sözcüklerden oluşan 50 adet 6 kelimelik listeye bölünmüş 300 tek heceli kelime kullanır (örnek: pin, sin, tin, fin, din, win). Testteki hemen hemen tüm kelimeler ünsüz-ünlü-ünsüz (CVC) yapısına sahiptir. Kelimeler tipik olarak “Şimdi ___ işaretleyeceksiniz” (“You will mark ___ now.”) şeklinde bir taşıyıcı ifade ile sunulur. Bir dinleyiciye 6 kafiye yanıt alternatifi gösterilir ve konuşulan sözcüğü tanımlaması istenir. MRT, 5 kelimelik kafiye kelime grupları kullanan Fairbanks [57] tarafından geliştirilen kafiye testi ile yapısal benzerlik göstermektedir [50].

2.1.2.4 Diğer Testler ve Değerlendirme

“ISO/TR 4870:1991 — Acoustics — The construction and calibration of speech intelligibility tests” standardında [51] sözcük anlaşılabilirliğini değerlendirmek için büyük set ve küçük kapalı set testleri olmak üzere iki tip test yöntemi önerilmiştir. Büyük set test materyallerinde 50 kelime listesine ayrılmış 1000 anlamlı kelime veya en az 650 logatom kullanılır. Küçük kapalı set testlerinde ise test materyaline bağlı olarak, 2 ila 10 kelimedenden oluşan daha küçük alt kümeler yaratılmaktadır. Her alt kümede bir kelime, kafiye testlerine benzer şekilde, kelimedeye aynı

konumda bulunan bir harf ile diğerlerinden farklıdır. Deneklerden duydukları kelimeyi seçmeleri beklenir [24].

Anlaşılabilirlik testlerinde cümle listeleri de kullanılmaktadır. Bu testlerde test materyali olarak cümle listeleri çoğunlukla sesin sürdürülmesini değerlendirmek için kullanılır [57]. Cümle listelerini bir test materyali olarak hazırlarken, cümleleri bir dilde ortalama günlük sohbeti temsil edecek şekilde dengelemeye ve öngörülebilirliğin etkisine özellikle dikkat edilmelidir [24]. Deneklere anahtar sözcüklerin boş bırakıldığı bir cevap sayfası verilir. Cümle anlama testinin değerlendirilmesi ve derecelendirilmesi, anahtar kelimeye dayanır (genellikle her bir cümlenin son sözü) [58].

Öznel değerlendirmelere yönelik araştırma kapsamında, kullanıcı tercihlerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalar incelenmiş ve yapılan deneylerde kullanılan yöntemler değerlendirilmiştir.

Yapılan araştırmada ortamın akustik kalitesinden duyulan memnuniyet ile ilgili sorulara rastlanmıştır. Salonların genel koşulları hakkında fikir veren bu sorulara ek olarak herhangi bir rahatsızlık söz konusu olması durumunda sorunun kaynağının anlaşılabilmesi için sorular ayrıntılandırılmaktadır.

Literatür araştırmasında ulaşılan kaynaklarda, müzik işlevli ve konuşma işlevli mekanlar için bu soruların farklılık gösterdiği anlaşılmıştır. Müzik işlevli salonlarda, müzik sesini tanımlayıcı sıfat çifti soruları kullanıcılara yöneltilirken konuşma işlevli salonlar için bu tanımlama oldukça sınırlıdır [59, 60]. Az sayıda çalışmada konuşma sesi için bu tür tanımlamalara rastlanmıştır [61, 62, 63, 64, 65]. Yapılan bu tanımlamaların çoğunlukla mekanla bağlantılı olduğu anlaşılmaktadır.

Yapılan araştırmanın sonucunda, konuşma sesini tanımlayıcı Türkçe sıfatların eksikliği dikkat çekmektedir. Çalışma sürecinde, konuşma sesini niteleyen Türkçe sıfatların ortaya konması için bir deney çalışması ile bir öneri geliştirilmiştir.

Konuşma işlevli salonlarda yapılan, kullanıcı tercihlerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalarda kullanıcılara genellikle gürültü ile ilgili sorular yöneltilmektedir [66, 67, 68, 69].

2.2 Malzemelerin Akustik ile İlişisinin İncelenmesine Yönelik Çalışmalar

Malzemelerin ses enerjisi karşısında sergiledikleri tepkiler, kullanıldıkları mekanlardaki akustik koşulların oluşmasında etkili rol oynar. Özellikle malzemelerin yutuculuk ve dağıtıcılık özellikleri ile mekanlarda kullanıldıkları konumlar bu anlamda önemlidir.

Çalışma kapsamında yapılan literatür araştırmasında, malzemelerin akustik özelliklerinin belirlendiği, geliştirildiği ve değişimlerinin incelendiği çalışmalara rastlanmıştır. Bu çalışmalar ilgili alt başlıklarda paylaşılmaktadır.

2.2.1 Malzemelerin Yutuculuklarının Belirlenmesi Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Mimari akustik tasarımda, malzeme seçimlerinin test edilmiş verilere sahip olanlar üzerinden yapılması son derece önemlidir. Böylelikle, uygulama sonrasında elde edilecek akustik koşulların tasarım ile örtüşmesi sağlanabilir. Malzemelerin yutuculuklarının belirlenmesine yönelik çalışmalar bu anlamda önemlidir ve çalışmalarda veri kaynakları olarak kabul edilir.

Yutuculuk belirlemede kullanılan ana yöntemler alt başlıklarda açıklanmaktadır.

2.2.1.1 Ses Yutma Çarpanı ve Ölçüm Yöntemleri

Salonlardaki genel akustik koşulları hacim büyüklüğü ile yüzey malzemelerinin akustik özellikleri belirler. Hacmin formu, yüzey malzemelerinin mekan içindeki dağılımı, arka plan gürültü düzeyi vb. parametrelerin de etkili olması dışında ses enerjisinin mekan içindeki sönümlenme süresi, değerlendirmede kullanılan ve ilgili hacim akustiği parametrelerinin oluşmasında rol oynayan en önemli hacim akustiği parametresidir.

Ses kaynağı kapatılarak ya da susturularak mevcut enerji yoğunluğu hemen yok olmaz; hacmin hava sahasında birikmiş ses enerjisinin duyulamayacak kadar yutulması için belli bir zaman gerekir [70]. Zaman içinde gerçekleşen bu olaya yansıma denir.

Yansımanın hacmin akustik davranışı üzerinde önemli bir etkisi olduğu açıktır. Yansıma hacim akustiğinin her alanında önemli bir rol oynayan ve her tür hacmin akustik kalitesinin değerlendirilmesinde üzerine en az tartışılan olgudur [7].

Yansıma süresi, ses enerjisinin mekan içinde duyulmayacak seviyeye düşmesi ya da 60 dB azalması için geçen süre olarak tanımlanmaktadır [2]. Literatürde sıklıkla kullanılan yansıma süresi formülü Sabine tarafından ortaya konmuştur.

$$RT = \frac{0,16 \times V}{A} \quad (1.1)$$

Denklemden RT yansıma süresini (sn), V hacim büyüklüğünü (m³), A toplam yutuculuğu (m²) ifade etmektedir. Bu bağlamda toplam yutuculuk A, havanın, yüzeylerin ve birimlerin yutuculuklarının aritmetik toplamına eşittir. Mekanlardaki toplam yutuculuk, genel akustik koşulların oluşmasında en etkili parametrelerden bir tanesidir.

Malzemelerin ses yutma çarpanları, ilgili oktav bantlardaki ses enerjisinin sönümlenme oranları olarak tanımlanabilir. Bir malzemenin belli bir oktav banttaki ses enerjisinin tamamını yutması durumunda, o oktavdaki ses yutma çarpanı 1, hiç yutmaması durumunda ise 0'dır. Buna göre, ses yutma çarpanı 1'e ne kadar yakınsa, malzeme o oktav bantta o kadar yutucudur.

Malzemelerin ses yutma çarpanları, standartlarla belirlenmiş koşullarda yapılan testler ile belirlenmektedir. Kullanılan test yöntemleri aşağıda listelenmektedir [71]:

- Yansıma Odası Yöntemi
- Tüp İçinde Duran Dalga Yöntemi
- Ses Patlaması Yöntemi

Listelenen yöntemler aşağıda açıklanmaktadır.

- Yansıma Odası Yöntemi

Bu yöntemde ses yutma çarpanları, özel olarak tasarlanmış ve inşa edilmiş odalarda, yansıma süresi üzerindeki değişimler üzerinden yapılan hesaplar doğrultusunda elde edilir [71]. Yansıma odalarında (Şekil 2.5), ölçüm sırasında

kullanılan ses enerjisi malzeme üzerine her yönden gelir. Bu yöntemde kullanılan ölçüm standartları sıralanmaktadır:

- BS EN ISO 354:2003 – Acoustics – Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room [72]
- ASTM C423-2:09a – Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method [73]
- ASTM E2249 – Standard Test Method for Laboratory Measurement of Airborne Transmission Loss of Building Partitions and Elements Using Sound Intensity [74]
- SAE J2882 – Laboratory Measurement of Random Incidence Sound Absorption Tests Using a Small Reverberation Room [75]

Yapılan ölçümlerde, malzeme oda zeminine yerleştirilir. Hacim büyüklüğü doğrultusunda belirlenen ses gücü düzeyine sahip ses kaynağı beyaz ya da pembe gürültü yayınlar. Ölçümlerde odanın çeşitli noktalarından ses basınç düzeyi değerleri ölçülür ve mekanın düşüş süresi (decay time) hesaplanır.

Bu ölçümler malzeme oda dışındayken de tekrarlanır. İki ölçüm seti üzerinden elde edilen düşüş süreleri ile malzemenin yutma çarpanı hesaplanır [76].



Şekil 2.5 Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü Yansım Odası [77]

Yansım odalarına alternatif olarak mini yansım kabinleri (alpha cabin) kullanılabilir (Şekil 2.6). Bu yöntemde kabin boyutlarıyla bağlantılı olarak alçak frekanslarda ölçüm kesinliği sunulmaz [78].



Şekil 2.6 Autoneum Mini Yansıyım Kabini (Alpha Cabin) [79]

Yansıyım odası yöntemi araştırmacılar tarafından tercih edilen yöntemlerdendir. Bu tür çalışmalar için, ilgili standartlara uygun odaya ulaşmak önemli bir husustur. Tesislerin istenen ölçümleri yapma iznini vermesi ile test prosedürü gerçekleştirilebilir. Literatürde bu yöntemin kullanıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur [28, 80, 81, 82, 83].

- Duran Dalga Yöntemi

Bu yöntemde, tek biçimli bir kesite sahip boru içinde duran dalgalar oluşturan bir hoparlör kullanılır [71]. Borunun diğer ucunda bulunan malzeme yüzeyine dik yönde gelen ses enerjisi üzerinden ses yutma çarpanları hesaplanır. Hesaplamalar, duran dalgaların oranı üzerinden yapılır [76]. Ölçümler genellikle empedans tüpü kullanılarak gerçekleştirilir.

Bu yöntemde kullanılan ölçüm standartları aşağıda sıralanmaktadır:

- ISO 10534-2:1998 – Acoustics – Determination of Sound Absorption Coefficient and Impedance in Impedance Tubes [84]
- ASTM C384-04 – Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials by Impedance Tube Method [85]
- ASTM E1050-19 – Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube, Two Microphones and a Digital Frequency Analysis System [86]

Ölçümlerde, numune tüp içindeyken hoparlör beyaz gürültü yayınlar. Tüp içinde yer alan iki mikrofon aracılığıyla eşzamanlı ses basınç değerleri ölçülerek mikrofonlar arası transfer fonksiyonları hesaplanır. Ölçümler hoparlörden yayınlanan ses basıncının en yüksek ve en düşük olduğu noktalarda gerçekleştirilir. Elde edilen transfer fonksiyonları üzerinden malzemenin ses yutma çarpanı hesaplanır.

Bu yöntemde, tüpün boyutu ölçülecek frekans aralığını belirleyici niteliktedir.

Duran dalga yöntemi ile çalışan sistemler (Kundt Tüpü, Empedans Tüpü) (Şekil 2.7) genellikle, akustik alanında araştırma geliştirme çalışmaları yapan firmalarda ve üniversitelerde kullanılmaktadır. Üniversitelerin sahip olduğu sistemler testlerin kolay tekrarlanabilirliği açısından araştırmacılara kolaylık sağlamaktadır. Duran dalga yönteminin kullanıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur [87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95].



Şekil 2.7 Empedans Tüpü [96]

Ses yutma çarpanı ölçüm yöntemleri arasından tüp içinde duran dalga yöntemi, bir oda gereksinimi olmadığı, hızlı ölçüm yapılabilme avantajı ve ölçüm kesinliği nedenleriyle genellikle tercih edilmektedir.

- Ses Patlaması Yöntemi

Bu yöntemde, üretilen bir ses patlamasına ait ses basıncı belli bir mesafeden ölçülür. İkinci adımda mikrofon, malzeme ses kaynağı ile eşit yansıma yapacak şekilde ve ilk ölçümde belirlenen mesafenin yarısı uzaklığa konumlandırılır. Dolaysız ve yansıyan sesler için ölçülen ses basınç değerleri karşılaştırılarak malzemenin ses yutma çarpanı hesaplanır [71]. Bu yöntemde ölçümün yapıldığı mekan özellikleri ayrıca önem kazanmaktadır.

2.2.2 Malzeme Yutuculuk Özelliklerinin Geliştirilmesi Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Günümüzde akustik yutum yalnızca mimari akustik projelerinde değil, farklı mühendislik kollarında da ele alınmaktadır. Sektörel ihtiyaçlara göre akustik malzemeler üzerinde yutumun artırılmasına yönelik araştırma geliştirme çalışmaları yapılmaktadır.

Otomotiv, tekstil, makina mühendisliği ve buna benzer alanlar da akustik yutum konularında çalışmaktadır.

Yapılan araştırmalarda malzemelerde yutuculuğun artırılması için farklı tekstil örme biçimleri üzerine yapılmış çalışmalara rastlanmıştır [89, 97, 98]. Sıkı ya da boşluklu dokuma alternatiflerinin akustik yutuma etkisi olacağı gözlemlenmektedir.

Çalışmaların, ilgilenilen frekans ya da ses düzeyi için yutum özellikleri gösterebilmesi amacıyla başlatılmış çalışmalar literatürde yer almaktadır. Çalışmalarda, farklı yüzey ve form özelliğine sahip malzemelerin bir araya getirilmesi prensibi ile oluşturulan yeni malzeme tasarımlarının sağladığı akustik yutum karakteri incelenmektedir [82, 93, 99].

Çift cidar malzemelerin tamamının sahip olduğu ses yutma çarpanı değerleri özellikle mimari akustik tasarımcılar için önemli konulardan bir tanesi halindedir. Kesit kütlesinin de önemli olduğu bu tür yapı elemanları için, tasarım aşamasında yalnızca hacim içine bakan yüzeye ait yutum özelliklerinin dikkate alınması doğru olmayacaktır. Bu nedenle çift cidar kesitler ve geliştirilen sandviç paneller için yutma çarpanı belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır [81, 100, 101].

2.2.3 Malzemede Ses Yutma Çarpanı Değişimi Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Literatür araştırmasında, malzemelerin yutma çarpanlarının belirlenmesi ve yutma çarpanlarındaki değişimlere ilişkin yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Araştırmada zamansal hasar etkenlerinin, malzemelerin sergilediği yutum karakterinde değişikliğe neden olabileceği anlaşılmaktadır [87, 88, 91, 93, 102, 103, 104, 105]. Bu hasar etkenleri genellikle;

- Nem,
- Basınç,
- Gözeneklerin kapatılması,
- UV etkisidir.

Bu etkilere ek olarak, malzemenin kimyasal bileşenlerinde gerçekleşebilecek değişikliklerin, malzeme yutuculuğunda farklılıklara neden olabileceği anlaşılmaktadır [106].

Araştırmada elde edilen çıkarımlar ışığında, zaman içinde salonlardaki akustik koşulların değişebileceği öngörüsü oluşmaktadır. Zaman içinde çeşitli hasar etkenlerine maruz kalan yüzey elemanları, tasarlandığı koşullardaki yutum özelliklerini göstermeyebileceğinden, nihayetinde salonlarda zaman içinde akustik koşulların değişebileceği düşünülmektedir. Kaynaklarda ulaşılan yutma çarpanı değişimleri ayrıntılı olarak özetlenmiştir.

Yutma çarpanı değişimleri, malzemelerin farklı hasar etkenleri sonrasında gösterdiği tepkilerin ölçülmesi ile elde edilmiştir. Tablo 2.5'te gösterilen çalışmalar, başlık içinde özetlenerek açıklanmıştır.

Tablo 2.5 Yutma Çarpanı Değişimi Üzerine Yapılmış Çalışmalar

No	Çalışma İsmi	Yazar	Yıl
1	Effect of Paint on the Sound Absorption of Acoustic Materials [102]	V.L. Chrisler	1940
2	Perlitli Akustik Plakaların Nemli Ortamlardaki Davranışları [88]	Semiha Yılmaz	1998

Tablo 2.5 Yutma Çarpanı Değişimi Üzerine Yapılmış Çalışmalar (Devam)

No	Çalışma İsmi	Yazar	Yıl
3	Effects of Compression on the Sound Absorption of Fibrous Materials [91]	Bernard Castagnede, Achour Aknine, Bruno Brouard, Viggo Tarnow	2000
4	Nemin Perlitli Akustik Plakaların Ses Yutuculuğu Üzerindeki [87]	Semiha Yılmaz	2002
5	The Effect of Moisture Content on Sound Absorption of Expanded Perlite Plates [93]	Semiha Yılmaz, Mesut B. Özdeniz	2004
6	Effects of Compression on the Sound Absorption of Porous Materials with an Elastic Frame [103]	Chao-Nan Wang, Yan-Min Kuo, Shih-Kai Chen	2008
7	Effects of Compression on Sound Absorption of Transversely Isotropic fibrous Materials at Oblique Incidence [104]	Reza Keshavarz, Abdolreza Ohadi	2013

2.2.3.1 Boya Hasar Etkeni Üzerine Çalışmalar

Chrisler çalışmasında [102], farklı tipteki ses yutucu malzemelerinin boyandıktan sonraki ses yutuculuklarını incelemiştir.

Malzemeler boyanmadan önce temizlendiğinde boya sonrasındaki, ses yutma çarpanlarında beklendiği kadar fazla bir düşüş gözlenmemektedir. Çalışmada paylaşılan yutma çarpanı değişimleri Şekil 2.8’de yer almaktadır.

Gözenekli gereçlerin boyandıktan sonra, yutma çarpanlarındaki değişimini araştıran çalışmaya göre, oluşan en büyük fark, ağaç lifli paneller 5 kat boyandıktan sonraki durumda, 4000 Hz dolaylarındadır. Bu fark yaklaşık %35’tir. Gözenek boyutu ve boyama tipi, boyama işlemi sonrasında elde edilen yutma çarpanı değerlerinde etkili olduğu görülmektedir.

Sample	Surface finish	Sound absorption coefficients at frequencies (cycles per second)—						Noise coefficients
		128	256	512	1,024	2,048	4,096	
1.....	Unpainted.....	0.09	0.24	0.62	0.89	0.73	0.73	0.60
1a.....	Brush painted 5 coats.....	.14	.49	.83	.61	.30	.22	.55
2.....	Painted by manufacturer.....	.07	.22	.54	.87	.78	.77	.60
2a.....	Brush painted 5 additional coats.....	.09	.27	.71	.92	.62	.62	.65
3.....	Unpainted.....	.11	.29	.78	.84	.75	.63	.65
3a.....	Brush painted 5 coats.....	.12	.42	.81	.74	.61	.49	.65
4.....	R. I. finish.....	.10	.30	.78	.85	.59	.42	.65
4a.....	Brush painted 4 coats.....	.08	.33	.83	.86	.53	.37	.65
5.....	Unpainted.....	.14	.51	.78	.78	.78	.82	.70
5a.....	Spray painted 7 coats.....	.18	.50	.79	.74	.71	.67	.70
5b.....	Brush painted 5 coats.....	.25	.41	.61	.47	.34	.36	.45
6.....	Painted by manufacturer.....	.07	.25	.70	.63	.53	.63	.55
6a.....	Brush painted 4 additional coats.....	.11	.33	.66	.45	.31	.39	.45
7.....	Unpainted.....	.54	.87	.78	.73	.78	.75	.80
7a.....	Brush painted 6 coats.....	.56	.78	.70	.54	.53	.59	.65
8.....	Painted by manufacturer.....	.57	.71	.80	.56	.51	.52	.65
8a.....	Brush painted 4 coats.....	.58	.76	.51	.28	.25	.13	.45
9.....	Painted by manufacturer.....	.13	.40	.68	.63	.60	.68	.60
9a.....	Brush painted 5 additional coats.....	.20	.26	.31	.22	.18	.23	.25

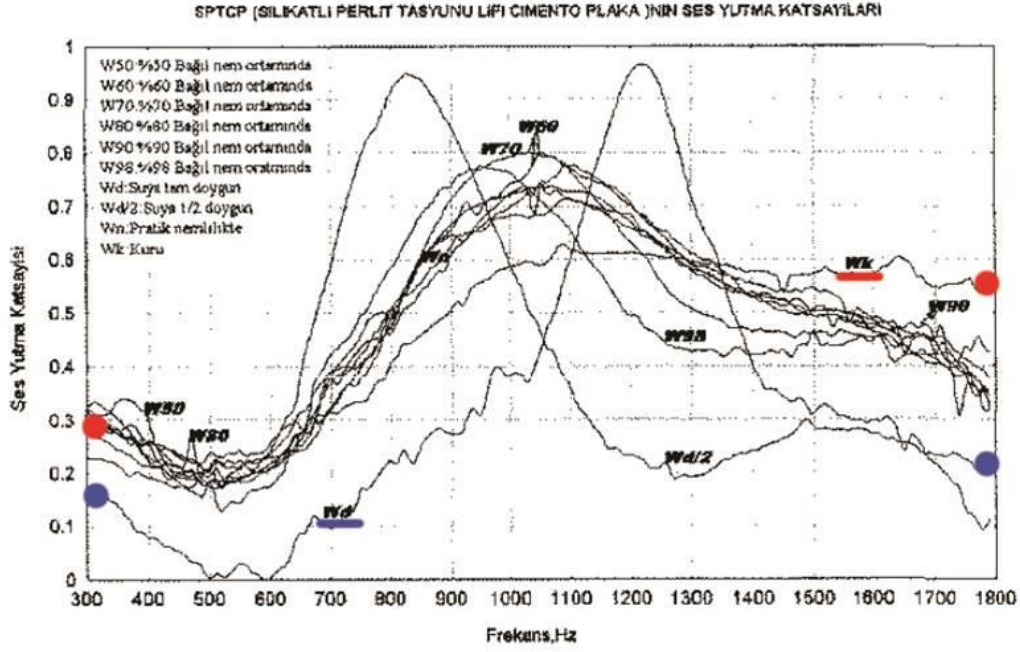
Şekil 2.8 Boyama İşlemi Sonrasında Elde Edilen Yutma Çarpanı Değerleri [102]

2.2.3.2 Nem Hasar Etkeni Üzerine Çalışmalar

Yılmaz çalışmaları [87, 88, 93], perlitli akustik plakaların nemli ortamdaki davranışları incelenmiş ve nemin, plakaların akustik özelliklerini bozmasını engelleyecek bir perlitli plaka karışımı tasarlanmıştır.

Çalışmada elde edilen verilere göre, perlitin nem tutma özelliği malzemenin fiziksel ve ısı özelliklerinde bozulmalara neden olmaktadır. Nemin perlitin akustik özelliklerine ne derece etki ettiği araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında farklı karışım oranlarında perlitli plakalar üretilmiş ve farklı nemlilik oranlarında ses yutma çarpanları ölçülmüştür. Ölçümlerde empedans tüpü kullanılmıştır. Ölçümlerde elde edilen yutma çarpanı değişimleri Şekil 2.9'da paylaşılmaktadır.



Şekil 2.9 Farklı Karışım Oranında Perlitli Plakalara Ait Yutma Çarpanı Değerleri [87]

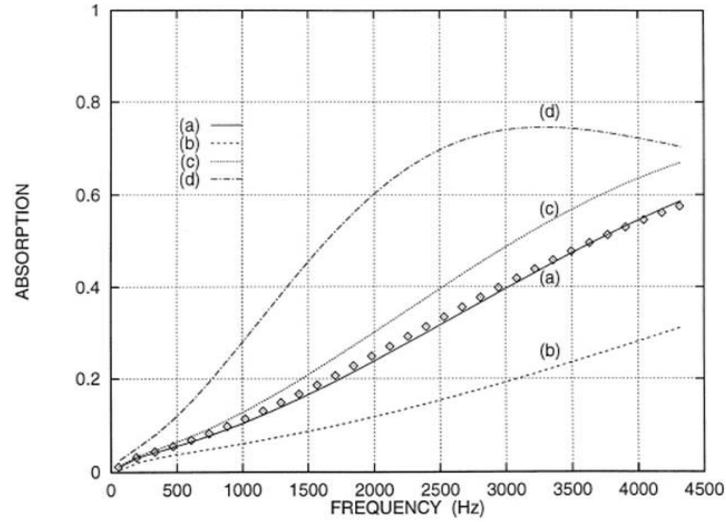
Şekil 2.9’da görüldüğü gibi, silikatlı perlit taş yünü lifi çimento plakanın kuru ve suya tam doygun olması durumunda, yutma çarpanlarındaki değişim yaklaşık 1000 Hz’de en fazladır. Değişim %50 civarındadır.

Çalışmalarda nemlenen malzemenin ses yutuculuğunun azaldığı saptanmıştır. Bununla birlikte, akustik özelliklerini bozmadan neme dayanıklı perlit plakalar hazırlanarak en verimli karışım saptanmıştır.

2.2.3.3 Basınç Hasar Etkeni Üzerine Çalışmalar

Castagnede ve diğerlerine ait çalışmada [91], gözenekli (lifli) gereçlerin basınç altındaki ses yutuculuklarının değişimi incelenmiştir. Basınç altında ses yutuculuğunun azalacağı öngörüsüyle başlatılan çalışmada, çeşitli faktörlerin (gözeneklilik, direnç, biçim vb.) kullanıldığı bir formül geliştirilmiştir.

Geliştirilen formül çerçevesinde yapılan hesaplamalar, malzemelerin ses yutma çarpanı ölçümleri ile kıyaslanmıştır. Yapılan kıyaslamalarda, formül ve deney sonuçlarının mükemmel eşleşme gösterdiği belirtilmektedir. Çalışmada elde edilen yutma çarpanı değişimleri ve ölçüm sonuçları Şekil 2.10’da yer almaktadır.



Şekil 2.10 Farklı Basınç Oranı Altında Ölçülen Yutma Çarpanı Değerleri (I) [91]

Ölçümler Kundt tüpüyle gerçekleştirilmiştir. Malzemeye uygulanan basınç nedeniyle yutma çarpanında oluşan en fazla fark, malzeme kalınlığı yarıya düştüğünde, 4000 Hz dolaylarında, yaklaşık %55 oranındaki azalmadır. Alçak frekanslarda bu değişim daha azdır.

Wang ve diğerleri bir önceki çalışmanın devamı niteliğindeki çalışmalarında [103], bir önceki çalışmaya ait formül geliştirilerek kullanılmıştır.

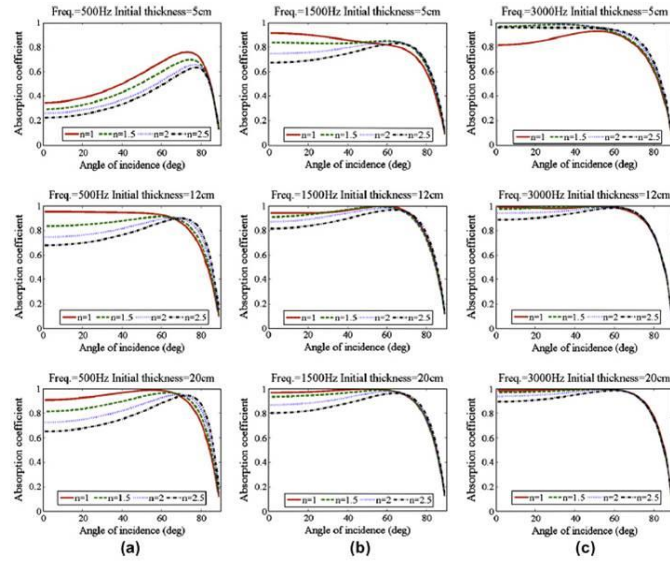
Gözenekli gerecin bulunduğu çerçevenin özellikleri çalışmaya dahil edilmiştir.

Basınç altındaki gözenekli gerecin ses yutuculuğunun azaldığı belirtilmektedir.

Gözenekli gerecin direncinin yüksek olması durumunda, elastik bir çerçevenin etkisinin dikkate alınması gerektiği sonucu elde edilmiştir.

Keshavarz ve diğerleri çalışmalarında [104], basınç altındaki gözenekli gereçlerin farklı açılardaki ses yutuculukları incelenmiştir.

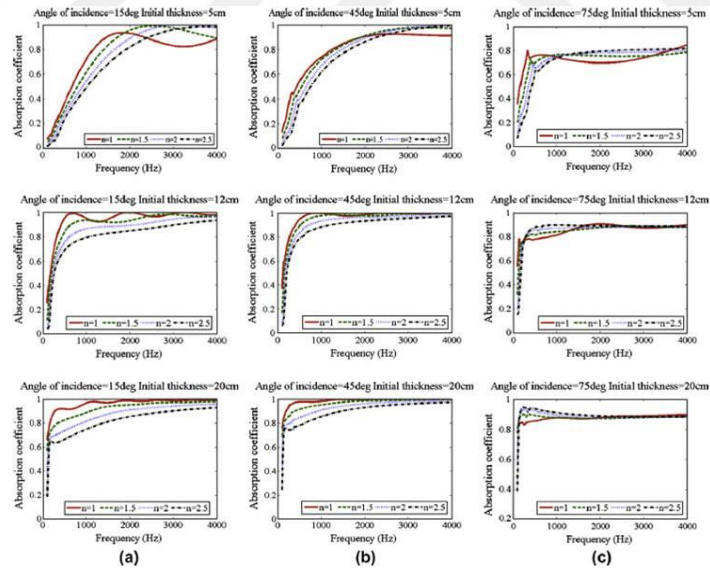
Çalışmaya göre, uygun basınç oranı altındaki bir gözenekli gereçte %20'ye varan fazla yutuculuk sağlanabilmektedir. Çalışmada paylaşılan yutuculuk değişimleri Şekil 2.11 ve 2.12'de paylaşılmaktadır.



Şekil 2.11 Farklı Basınç Oranı Altında Ölçülen Yutma Çarpanı Değerleri (II)

[104]

12 cm camyününe kalınlığını 4,8 cm'ye düşürecek kadar basınç uygulandığında, gerece dik ulaşan ses için 500 Hz'deki yutma çarpanındaki değişim en fazla durumdadır. Yaklaşık %30'luk bir azalma göstermektedir.



Şekil 2.12 Farklı Basınç Oranı Altında Ölçülen Yutma Çarpanı Değerleri (III)

[104]

Yutma çarpanındaki değişim malzeme kalınlığına göre değişim göstermektedir. Gerece ulaşan ses, dik doğrultudan uzaklaştığında yutma çarpanındaki değişim azalmaktadır.

Akustik enerjiye maruz kalma açısı arttığında, toplam kalınlık basınç etkisini azaltacağından ses yutuculuğunda bir değişiklik olmayacağı belirtilmektedir.

Çalışmanın, ses yutucu malzeme tasarımında kullanılması hedeflenmiştir.

Yukarıda özetlenen yutma çarpanı değişimlerinin salonlardaki akustik koşullar üzerindeki etkisi “3.2 Malzemelerin Akustik Özelliklerinin Zamansal Değişimlerinin Yansıım Süresi Değerlerine Etkisi” başlığında altında ayrıca incelenmiştir.

2.3 Değerlendirme

Salonlarda, mekan işlevlerine uygun işitsel koşullarının sağlanması o mekanlardaki etkinliklerin sağlıklı bir şekilde ortaya konması ve kullanıcı konforunun elde edilmesi için kaçınılmaz bir gerekliliktir. Malzemelerin ses enerjisi karşısında verdikleri yutum tepkisi, oluşacak işitsel koşullar üzerinde büyük bir etkiye sahiptir.

Çalışma kapsamında, salonlardaki işitsel konfor koşullarına ve malzemelerin akustik ile ilişkisinin incelenmesine yönelik ayrıntılı bir literatür araştırması yapılmıştır.

Konuşma işlevli salonları kapsayan çalışma kapsamında, bu işlevdeki salonlarda incelenen hacim akustiği parametreleri ile önerilen değer aralıklarına ilişkin çalışmalar derlenmiştir. Yapılan araştırmada, aynı işlev ve benzer büyüklükteki salonlar için farklı yansıım süresi değerleri önerildiği görölmektedir. Çalışma kapsamında referans olarak, bu konuda bir standart olan “DIN18041:2016-03 - Acoustic Quality in Rooms - Specifications and Instructions for the Room Acoustic Design” dokümanında [16] verilen değerlerin dikkate alınmasına karar verilmiştir.

Yansıım süresinin yanı sıra konuşma işlevli salonlarda, konuşma anlaşılabilirliği ile ilişkili hacim akustiği parametreleri olan, C_{50} , D_{50} , STI, AI ve AL_{cons} parametreleri incelenmektedir. Konuşma işlevli salonlar için gerçekleştirilen çalışma kapsamında bu parametre değerleri ele alınmıştır.

Salon değerlendirmelerinde kullanılan nesnel ve öznel değerlendirme yöntemlerine ilişkin çalışmalar incelenmiştir. Tasarım aşamasındaki salonlarda

tercih edilen modelleme yöntemlerinden bilgisayar ortamında modelleme ile istenen nesnel hacim akustiği değerlerine ilişkin hesaplamalar yapılabilmektedir.

Konuşma sesine yönelik yapılan dinleyici testlerine ilişkin çalışma yöntemleri özetlenmiştir. Bu yöntemle, dinleyicinin doğru bildiği kelime sayısı üzerinden çıkarımlar yapılabilmektedir. Kullanıcı tercihlerine ilişkin yapılan çalışmalar ayrıca incelenmiştir. Yapılan incelemelerde konuşma sesine yönelik tanımlayıcı sıfatların kullanımında eksiklikler olduğu anlaşılmaktadır. Kullanıcı memnuniyetinin ortaya konmasının istendiği çalışmada öncelikle konuşma sesini tanımlayıcı sıfatların belirlenmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Salonların akustik karakterinin belirlenmesinde önemli bir role sahip olan malzemeler üzerinde yapılan çalışmalar incelemiştir. Malzemelerin akustik ile ilişkisine ait çalışmalarda, yutum karakterinin belirlenmesi, yeni malzemelerin geliştirilmesi ve yutum karakterindeki değişimlerin belirlenmesine yönelik çalışmaların yoğunlukta olduğu anlaşılmaktadır.

Çevresel hasar etkenlerine maruz kalan malzemelerin ses yutma çarpanlarında, belli oktav bantlarda değişimler yaşandığı ortaya konmuştur. Bu da zaman içinde salonların akustik koşullarında bir değişim meydana gelip gelmeyeceği sorusunu beraberinde getirmektedir. Çalışmanın üçüncü bölümünde bu hipotez ayrıca araştırılarak değerlendirilmiştir.

SES YUTMA ÇARPANI VE DEĞİŞİMLERİNİN AKUSTİK ÜZERİNE ETKİSİ

Malzemelerin ses yutma çarpanları, kullanıldıkları alan büyüklüklerine bağlı olarak salonların akustik koşullarını etkiler. Malzemelerin oktav bantlardaki ses yutma çarpanı değerleri, akustik tasarımda malzeme seçimi için ana belirleyici etkindir.

Malzeme seçimi ve kullanım alanlarının belirlenmesi, salonlardaki toplam yutuculuğu meydana getireceğinden, salonların akustik ihtiyaçları irdelenerek gerçekleştirilmelidir.

3.1 Malzemelerin Ses Yutma Çarpanlarının Ölçeklendirilmesi

Malzemeler, ses yutma çarpanlarına göre ölçeklendirilmekte ve malzemelerin ses yutuculukları tek bir ifade üzerinden okunabilmektedir. Günümüzde, ölçeklendirmede kullanılan iki ana yöntem aşağıdaki standartlarda belirtilmektedir:

- Avrupa Standardı – EN ISO 11654:1997 (Weighted sound absorption coefficient – α_w) [107]
- Amerikan Standardı – ASTM C423-02:09a (Sound Absorption Average – SAA) [73]

Her iki yöntem ve gösterim biçimleri alt başlıklarda açıklanmıştır.

3.1.1 Avrupa Standardı – EN ISO 11654:1997

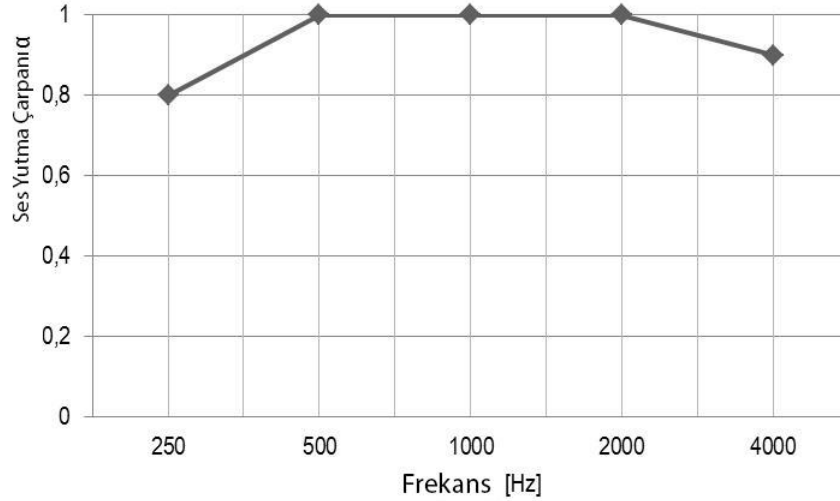
Avrupa ağırlıklı ses yutma çarpanı, α_w değeri, pratik ses yutma çarpanlarından (α_{pi}) türetilmiştir. α_{pi} değerleri, “BS EN ISO 354:2003 – Acoustics – Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room” standardına [72] uygun olarak, 1/3 oktav bant üzerinde yapılan ölçümlerle elde edilen ses yutma çarpanı değerlerinin 1/1 oktava çevrimidir. Bu çevrim, EN ISO 11654'e göre aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanır:

$$\alpha_{pi} = \frac{(\alpha_{i1} + \alpha_{i2} + \alpha_{i3})}{3} \quad (1.2)$$

Yukarıdaki eşitlikte, her oktav bandı ve α_{i1} , α_{i2} ve α_{i3} 1/1 oktav bant içindeki 1/3 oktav bantları için elde edilen ses yutma çarpanlarıdır.

İlk olarak, bir malzeme “BS EN ISO 354:2003 – Acoustics – Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room” standardına [72] göre bir dizi standart test frekansı üzerinden yutma çarpanı değerleri elde etmek üzere test edilir. Daha sonra bunlar bir yutum eğrisi oluşturmak için bir referans eğri üzerine çizilir [108].

Ağırlıklı ses yutma çarpanı, α_w , belirlenmiş referans eğrisine göre belirlenmektedir. Referans eğri, Şekil 3.1’de yer almaktadır.



Şekil 3.1 Ağırlıklı Ses Yutma Çarpanı Referans Eğrisi [109]

Bir malzemenin α_w değerinin belirlenmesi için, Şekil 3.1’de verilen referans eğri, 0,05’lik adımlarla aşağıya doğru kaydırılır. İlgili oktav bantların tamamındaki negatif sapmaların (referans eğriden daha düşük olması halinde) 0,10’a eşit ya da daha az olması durumunda referans eğri sabitlenir. O malzeme için ağırlıklı ses yutma çarpanı, sabitlenen bu referans eğrinin 500 Hz’deki değeridir.

İlgili 1/1 oktav bantlardaki pratik bir ses yutma çarpanının, belirlenen referans eğrisine ait değerleri en az 0,25 aşması durumunda ek bir gösterim uygulanır. Bu durumda, α_w değerine, seçimin gerçekleştiği frekans aralığını belirten bir gösterge

eklenir. Bu gösterge, ses yutma çarpanı eğrisindeki güçlü sapmalar hakkında bilgi verir. Gösterimler, üç frekans aralığı için belirtilirler:

- 1) 250 Hz için L,
- 2) 500 veya 1000 Hz için M,
- 3) 2000 veya 4000 Hz için H.

3.1.2 Amerikan Standardı – ASTM C423-02:09a

Kuzey Amerika’da kullanılan Ses Yutum Ortalaması (Sound Absorption Average – SAA) derecesi, Avrupa standartlarına göre çok daha basittir. 200 Hz ile 2500 Hz arasındaki 1/3 oktav bantlardan elde edilen ve en yakın 0,01'e yuvarlanan ses yutma çarpanlarının ortalaması olarak ifade edilir. ASTM standardı, malzemenin ses yutma özelliklerinin tam açıklaması olarak herhangi bir şekil göstergesi ve tek sayı derecelendirmesine dayanmaz.

Bu standart, geçmişte kullanılan ve şu anda yalnızca eski derecelendirmelerin karşılaştırma amaçları için sağlanacak olan Gürültü Azaltma Katsayısı (NRC) olarak adlandırılan derecelendirme ile ilişkilendirilmektedir.

3.1.3 Ölçeklendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Açıklanan ölçeklendirme yöntemlerine ilişkin benzerlik ve farklılıkları gösterir karşılaştırma Tablo 3.1’de yer almaktadır.

Tablo 3.1 Ses Yutma Çarpanı Ölçeklendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Ağırlıklı Ses Yutma Katsayısı, α_w	Ses Yutum Ortalaması, SAA
Tek sayı ile gösterim + sapma göstergeleri (L, M, H)	Tek sayı ile gösterim
Değerler 0-1 aralığında, 0,05’lik aralıklarla	Değerler 0-1 aralığında
Beş oktav bant ile ilgilenir	On iki 1/3 oktav bant ile ilgilenir
250 Hz - 4000 Hz	200 Hz - 2500 Hz
Sınıflandırma mevcut	Sınıflandırma mevcut değil

İlgili ISO standardı, α_w için bir sınıflandırma sistemi sunmaktadır. ASTM standardı ise benzer bir sınıflandırmayı yalnızca tavan malzemeleri özelinde yapar. Malzemelerin ağırlıklı ses yutma çarpanı üzerinden karşılaştırma yapabilmek için akustik malzemeler, en yutucu malzemeler A sınıfında olmak üzere, A'dan E'ye

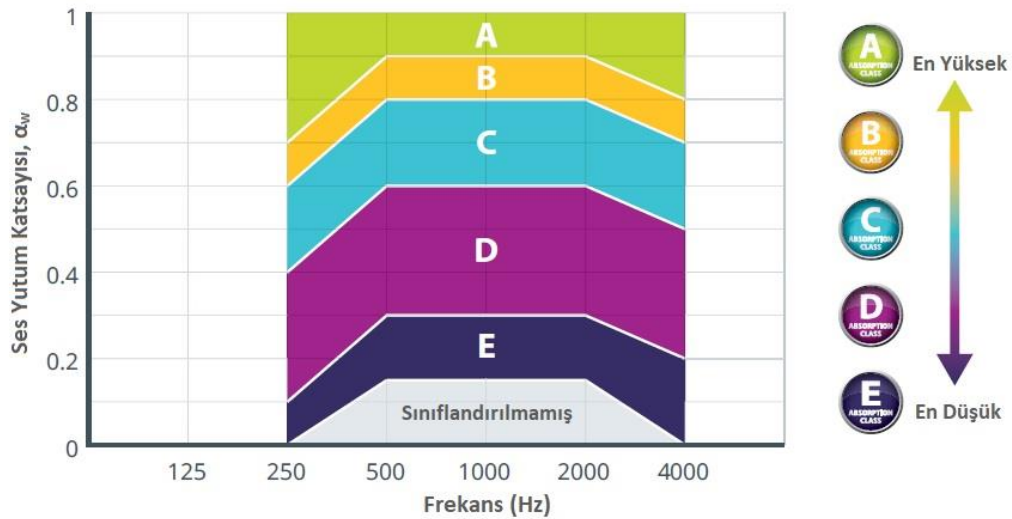
kadar bir ölçekte sınıflandırılır. Sınıflandırılmamış ölçek en az yutucu malzemeleri tanımlamaktadır.

ISO standardına göre geliştirilen sınıflandırmada, yutuculuk sınıflarına karşılık gelen α_w değerleri Tablo 3.2’de yer almaktadır.

Tablo 3.2 Ses Yutuculuk Sınıflarına Karşılık Gelen α_w Değerleri

Ses Yutum Sınıfı	α_w
A	0,90; 0,95; 1,0
B	0,80; 0,85
C	0,60; 0,65; 0,70; 0,75
D	0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55
E	0,25; 0,20; 0,15
Sınıflandırılmamış	0,10; 0,05; 0,00

Ses yutuculuk sınıfı grafiği Şekil 3.2’de yer almaktadır.



Şekil 3.2 Ses Yutuculuk Sınıfları [73]

Çalışma kapsamında, Avrupa Standardı – EN ISO 11654:1997 [107] dahilinde sunulan sınıflandırma dikkate alınmıştır. Çalışmanın salon modelleme aşamasında kullanılan yazılım olan ODEON’da bu sınıflandırma kullanılmaktadır.

3.2 Malzemelerin Akustik Özelliklerinin Zamansal Değişimlerinin Yansıma Süresi Değerlerine Etkisi

İşlevi dinlemeye yönelik salonların akustik kalitesi icracı ve dinleyici konforu ve bunun yanı sıra etkinliğin başarısı açısından sağlanmalıdır. Bu nedenle, salonların kullanım süreleri boyunca akustik konforun korunması son derece önemlidir.

Salonların tasarım ve uygulamaları, teknik detayların öneminden dolayı zorlu ve yüksek maliyetli bir süreçtir. Bununla birlikte, bu tip mekanların kültürel işlevlere hizmet vermesi, fazla sayıda kullanıcıya hitap etmesi ve kullanım sürelerinin uzunluğu gibi faktörler, tasarım aşamasında akustik konforun elde edilmesi ve bu konforun sürekliliğinin korunmasını beraberinde getirmektedir. Ülkemizde ve yabancı ülkelerde sıklıkla kullanılan salonlar, belli aralıklarla yenilenmektedir. Dünyaca ünlü bazı salonların açılma ve yenilenme seneleri aşağıda verilmektedir.

- Teatro Alla Scala (İtalya): 1778, 1907, 1946, 2004
- Teatro Di San Carlo (İtalya): 1737, 1777-1787, x, 1845, 1872, 1890, x, 1943
- Vienna State Opera (Avusturya): 1869, x, 1945, 1994
- Bolshoi Theatre (Rusya): 1825, 1843, x, 1856, 1869, 1921-1924, 2002, 2011

Yenilemelerin yangın gibi zorunlu sebeplerle de yapıldığı bilinmektedir. Seneler arası “x” ile gösterilen aralıklarda salonlar bu tür nedenlerle kapalı kalmıştır. Salonlarda kullanılan malzemelerin zaman içinde maruz kalacağı koşulların, malzemelerin akustik tepkilerini değiştireceği ve bu değişimlerinin, salonların akustik konfor koşullarına etki etmesi beklenir. Yukarıda verilen yenilenme sürelerinde, zamansal hasarın belirleyici bir katkısının olup olmadığı sorusu karşımıza çıkmaktadır.

Malzemelerde zamanla oluşan yutma çarpanı değişimlerinin, salon genelindeki akustik koşullara etkisinin araştırmanın bir aşamasını oluşturmaktadır.

Bu nedenle “2.2.3 Malzemedeki Ses Yutma Çarpanı Değişimi Üzerine Yapılmış Çalışmalar” başlığında paylaşılan, zamansal hasar etkenleri ile oluşan yutma çarpanı değişim oranları listelenmiştir. İlgili liste Tablo 3.3’te yer almaktadır.

Çalışma kapsamında yapılan literatür araştırmasında, farklı dış etkenlere maruz bırakılan yapı malzemelerine ait yutma çarpanlarındaki değişim oranları incelenmiştir. Bir önceki bölümde yer alan çalışmaların bir kısmı birbiri ile bağlantılı olduğundan elde edilen değişim oranları sınırlandırılmıştır.

Tablo 3.3 Yutma Çarpanı Değişim Oranları

No	Malzeme	Hasar Etkeni	Yutma Çarpanı Değişim Oranı (%)						
			Frekans (Hz)						
			125	250	500	1000	2000	4000	
1	Perfore- Gözenekli Gereçler (Effect of Paint on the Sound Absorption of Acoustic Materials) [102]	Boya	-53,9	35	54,4	65,1	70	66,2	
2	Gözenekli Gereçler (Effects of Compression on the Sound Absorption of Fibrous Materials) [91]	Basınç	X	X	28,6	27,3	52	43,4	
3	Perlitli Plakalar (Nemin Perlitli Akustik Plakaların Ses Yutuculuğu Üzerindeki Etkisi) [88]	Nem	X	X	0	-133,3	50	X	
4	Gözenekli Gereçler (Effects of Compression on Sound Absorption of Transversely Isotropic Fibrous Materials at Oblique Incidence) [104]	Basınç	X	X	27,3	4,7	-3,3	X	

Tabloda verilen değişim oranlarından pozitif değerde olanlar yutma çarpanında azalmayı, negatif değer ile işaretlenmiş olanlar ise yutma çarpanında artmayı temsil etmektedir. “X” ile gösterilmiş satırlardaki değerler çalışma kapsamında incelenmediğini ya da ihmal edildiği için paylaşılmadığının ifadesidir. Çalışmalarda paylaşılan yutuculuk değişimi varyasyonlarından en yüksek değişim oranlarına sahip örneklemeler dikkate alınmıştır.

Deney ya da formülasyon çalışmalarıyla ulaşılan bu verilere göre, ses yutma çarpanlarındaki değişimler oktav bantlara göre fark etmekle birlikte, büyük değişimler gösterebilmektedir. Bu da malzemelerin kullanıldığı yüzey alanı ve bu alanın salon içindeki oranına bağlı olarak yansıma süresinde fark edilebilir (“ISO 3382-1:2009 — Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 1: Performance Spaces” [17] standardında belirtilen, yansıma süresinin ayırt

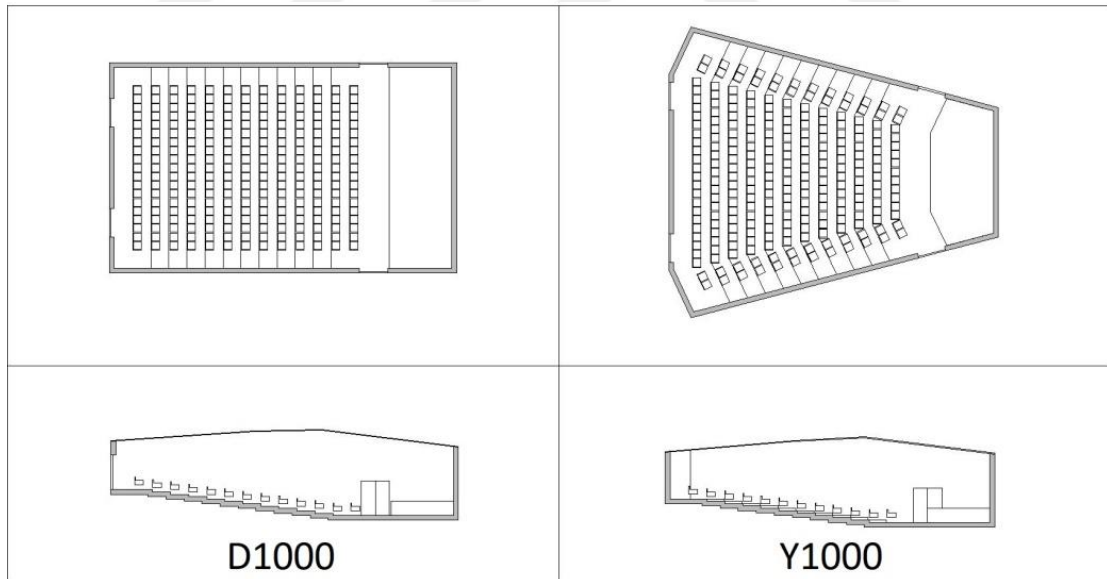
edilebilme aralığı olan JND – Just Noticeable Difference, Ayırt Edilebilir Fark – %5 değerinin üzerinde) değişim yaratabileceği olasılığını beraberinde getirmektedir.

Araştırmalarda elde edilen yutma çarpanı değişimleri, hacim büyüklüğü ve işlevi için optimum koşullarda tasarlanan iki salon için yapılan modellemelere aktarılmış ve oktav bant bazındaki bu değişimlerin salonların genel akustik koşullarına etkisi incelenmiştir.

Tasarlanan salonlar, benzer hacim büyüklüğüne sahip, dikdörtgen ve yelpaze plan tipine sahiptir. Salonlara ait özellikler Tablo 3.4'te paylaşılmaktadır. Tasarlanan salonlara ait plan ve kesitler Şekil 3.3'te yer almaktadır.

Tablo 3.4 Tasarlanan Salonların Genel Özellikleri

SALON ADI	PLAN TİPİ	İŞLEV	HACİM (V)	KİŞİ SAYISI (N)	YÜZEY ALANI (S)	V/N	V/S
D1000	Dikdörtgen	Konuşma	1180 m ³	247	881,90 m ²	4,8	1,34
Y1000	Yelpaze	Konuşma	1115 m ³	246	844,80 m ²	4,5	1,32



Şekil 3.3 Tasarlanan Salonların Plan ve Kesit Çizimleri

Salonlar için “DIN18041:2016-03 – Acoustic Quality in Rooms - Specifications and Instructions for the Room Acoustic Design” [16] standardında önerilen optimum yansıma süresi aralığına uygun olacak şekilde malzeme seçimleri yapılmış ve malzemelerdeki yutma çarpanı değişimleri optimum koşul modeli üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Salonlar için kabul edilen optimum yansım süresi aralık değerleri Tablo 3.5'te yer almaktadır.

Tablo 3.5 Hedef Yansıma Süresi Değerleri

Salon	RT	Frekans (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
D1000 & Y1000	Min	0,63	0,78	0,78	0,78	0,78	0,63
	Max	1,41	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16

Salonların optimum durumları için tanımlanan yüzey malzemeleri ile malzemelerin ses yutma çarpanları Tablo 3.6 ve Tablo 3.7'de görülebilir.

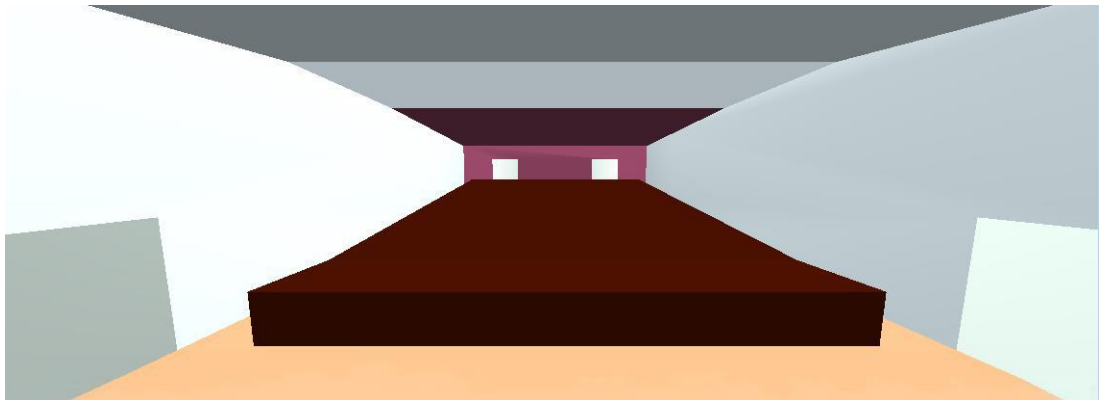
Tablo 3.6 D1000 Salonu Yüzey Malzemeleri

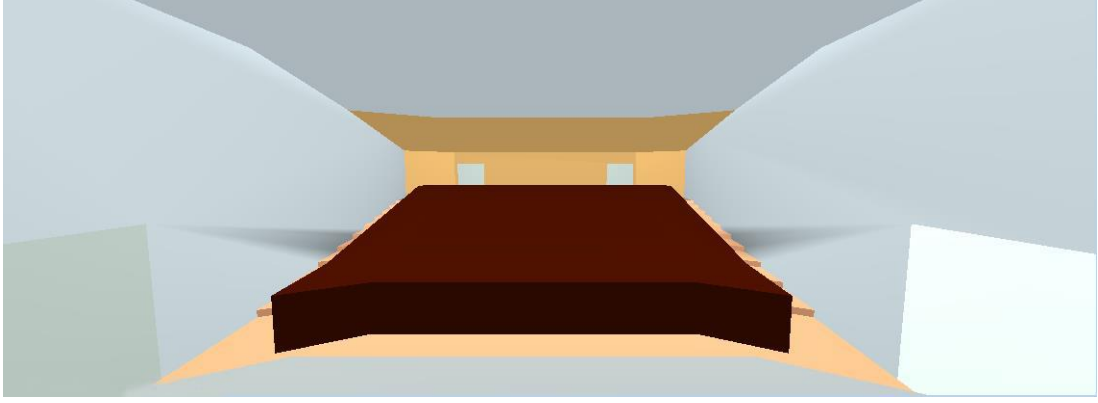
D1000			Frekans (Hz)					
Bölüm	Malzeme		125	250	500	1000	2000	4000
SALON	Dinleyici	İnce Kumaş Kaplı Koltuk Üzerinde Dinleyici	0,51	0,64	0,75	0,80	0,82	0,83
	Döşeme	Kapalı Hücre Sünger Üstünde 6 mm Halı	0,03	0,09	0,25	0,31	0,33	0,44
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Perfore Ahşap Panel	0,36	0,60	0,72	0,60	0,51	0,56
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Tavan	Perfore Ahşap Panel	0,36	0,60	0,72	0,6	0,51	0,56
	Kapı	Masif Ahşap Kapı	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
SAHNE	Döşeme	Yükseltilmiş Döşeme	0,10	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02

Tablo 3.7 Y1000 Salonu Yüzey Malzemeleri

Y1000			Frekans (Hz)					
Bölüm	Malzeme		125	250	500	1000	2000	4000
SALON	Dinleyici	İnce Kumaş Kaplı Koltuk Üzerinde Dinleyici	0,51	0,64	0,75	0,80	0,82	0,83
	Döşeme	Kapalı Hücre Sünger Üstünde 6 mm Halı	0,03	0,09	0,25	0,31	0,33	0,44
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Kumaş Kaplı Panel	0,04	0,09	0,16	0,26	0,37	0,49
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Tavan	Kumaş Kaplı Panel	0,04	0,09	0,16	0,26	0,37	0,49
	Kapı	Masif Ahşap Kapı	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
SAHNE	Döşeme	Yükseltilmiş Döşeme	0,10	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02

Salon modellemelerine ilişkin üç boyut görselleri Şekil 3.4 ve 3.5'te paylaşılmıştır.

**Şekil 3.4** D1000 Salonu Model Görüntüsü



Şekil 3.5 Y1000 Salonu Model Görüntüsü

Yapılan kabullere göre oluşturulan salon modellerine, araştırmalarda elde edilen (Tablo 3.3) yutma çarpanı değişimleri entegre edilmiş ve salonların değiştirilmiş durumuna ait yansıma süresi hesaplanmıştır. Revize durum modellerine ait yansıma sürelerinin standartta önerilen aralık ile ilişkisi incelenmiştir.

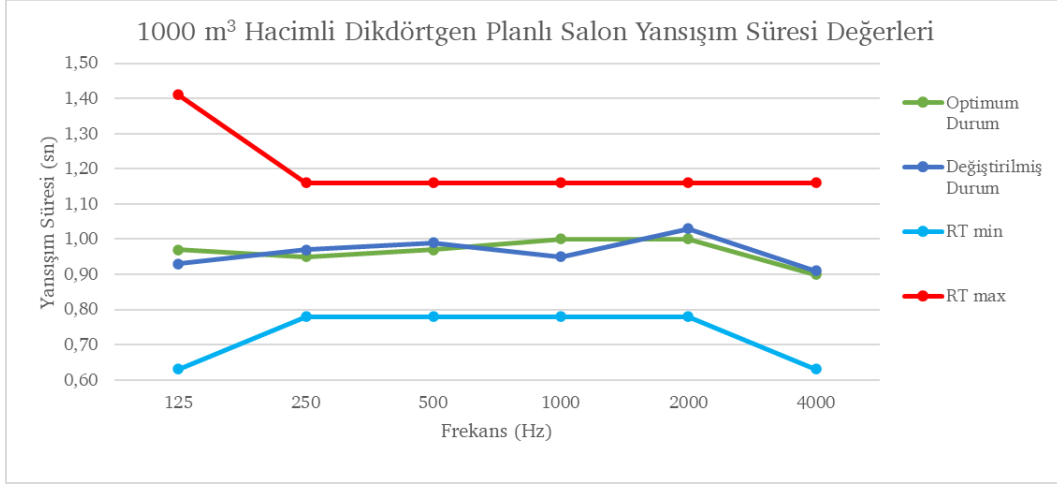
Değişim uygulanan yüzeyler; tavan, döşeme ve duvar yüzeyleridir. Bu yüzeylere ait ses yutma çarpanları, yapılan kabule uygun olarak değiştirilmiş ve salonlara ait revize durumlar modellenmiştir. Yapılan tüm modellemelerde ODEON v.15.00 kullanılmıştır.

Değiştirilmiş durum modellemelerinde, yansıtıcı ahşap yüzeyler için nemlenme kriteri, perforasyonlu ahşap paneller için boyanma kriteri, halılar için mekanik basınç kriteri dikkate alınmıştır. Malzemelere ait ses yutma çarpanları, Tablo 3.4'te paylaşılan oranlarda değiştirilmiştir.

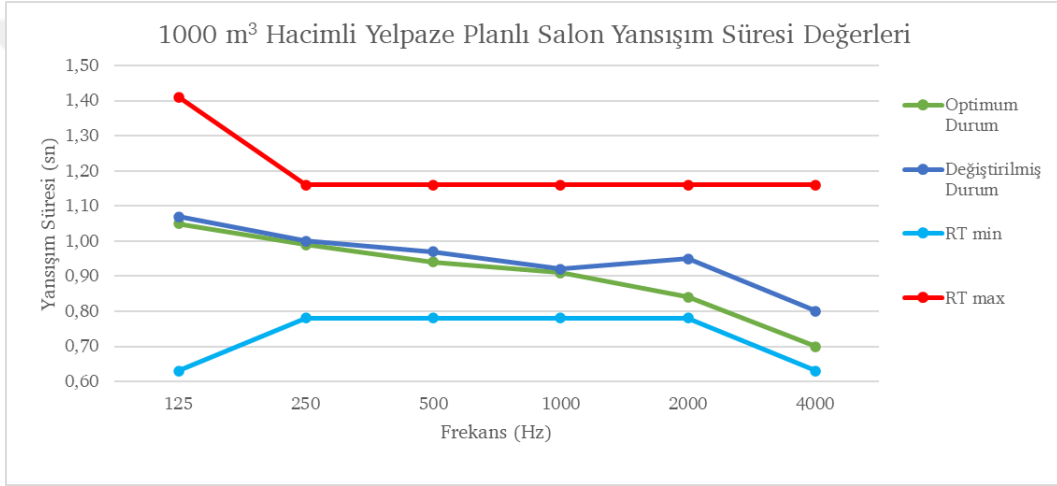
Değiştirilmiş durum modellemesine ait yansıma süreleri Tablo 3.8'de, optimum yansıma süresi aralığı ile ilişkisi ise Şekil 3.6 ve 3.7'de görülebilir.

Tablo 3.8 Değiştirilmiş Durumlar için Hesaplanan Yansıma Süresi Değerleri

Salon	RT	Frekans (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
D1000	Optimum	0,97	0,95	0,97	1,00	1,00	0,90
	Değiştirilmiş	0,93	0,97	0,99	0,95	1,03	0,91
Y1000	Optimum	1,05	0,99	0,94	0,91	0,84	0,70
	Değiştirilmiş	1,07	1,00	0,97	0,92	0,95	0,80



Şekil 3.6 D1000 Salonu Yansıyım Süresi Değerleri Grafiği



Şekil 3.7 Y1000 Salonu Yansıyım Süresi Değerleri Grafiği

3.3 Değerlendirme

Malzemelerin maruz kaldığı hasar etkenleri, o malzemelerin ses yutma çarpanlarını etkiler ve değiştirir. Bunun da salonlardaki genel akustik koşulları etkilemesi beklenir.

Oluşabilecek değişimlerin salon bütünündeki akustik koşullara etkisinin incelendiği ön çalışmada, farklı plan tipine sahip salonlarda değişim durumları modellenmiş ve kıyaslanmıştır. Değiştirilmiş durumlara ait modellemelerde, salonlardaki yansıyım sürelerindeki değişim büyük oranda, ayırt edilebilme aralığı olan %5 dolaylarında veya %5'in üzerinde olmasına rağmen, ilgili standardın kabul edilebilir aralığı içindedir. Salonların optimum durumları ile değiştirilmiş

durumlarına ait yansıma süreleri arasındaki değişim oranı Tablo 3.9'da görülebilir.

Tablo 3.9 Değiştirilmiş Durumlar için Hesaplanan Yansıma Süresi Değişim Oranları

Salon	Frekans (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
D1000	%4,12	%2,11	%2,06	%5,00	%3,00	%1,11
Y1000	%1,90	%1,01	%3,19	%1,10	%13,10	%14,29

Değiştirilmiş durumlara ait yansıma süreleri, önerilen aralıkta kalmakla birlikte, oktav bantlardaki düzensizliğin akustik kusurlara ve bununla birlikte kullanıcı memnuniyetsizliklerine neden olacağı öngörülmektedir. Malzeme hasarı nedeniyle salonlarda meydana gelen yansıma süresi değişiminin önerilen aralıkta kalmasının akustik koşullarda değişiklik yaratmayacağı anlamına gelmeyeceği düşünülmektedir.

Çalışmanın bu aşamasında, dinleyici tarafından fark edilebilecek yutma çarpanı değişim aralığının ne olduğu sorusu oluşmaktadır. Malzemelerdeki yutma çarpanı değişimlerinin incelenmesi ile başlayan çalışmada yutuculuk değişiminin kullanıcı tercihleri ile ilişkilendirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

YUTUCULUK SINIFI DEĞİŞİMİNİN KULLANICI TERCİHLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Konuşma işlevli salonlarda yutuculuk değişiminin kullanıcı tercihleri ile ilişkilendirilmesi kapsamında yapılacak çıkarımlar üzerinden, malzeme seçiminde bir sınırlama sunulması hedeflenmiştir. Dört ana salon tipi üzerinden gerçekleştirilen çalışma, bilgisayar ortamında yapılan modellemeler ile elde edilen nesnel değerlendirmeler ile tek heceli kelime testleri ve kullanıcı tercihlerini belirleme deneyleriyle elde edilen öznel değerlendirmeleri kapsamaktadır.

4.1 Nesnel Değerlendirme Çalışması

Çalışma dört ana salon tipi ve bu salon tiplerinin çeşitlendirilmesi ile oluşturulan salon varyasyon modelleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Modellemelerde, konuşma işlevi ile doğrudan bağlantılı nesnel hacim akustiği parametre değerleri hesaplanmıştır. Modellemelerde ODEON v.15.00 kullanılmıştır.

4.1.1 Tasarlanan Salonlar

Çalışma kapsamında seslendirme sistemine ihtiyaç duyulmayan sınır değer olarak verilen 1000 m³ hacim büyüklüğü ile sınırlandırılmış konuşma işlevli dört salon tasarlanmıştır. Tasarlanan salonlar, iki hacim büyüklüğü (500 ve 1000 m³) ve iki plan tipine (dikdörtgen ve yelpaze) sahiptir. Salon isimleri plan tipi ve salon büyüklüğünü ifade edecek şekilde tanımlanmıştır. Bunlar aşağıda sıralanmaktadır:

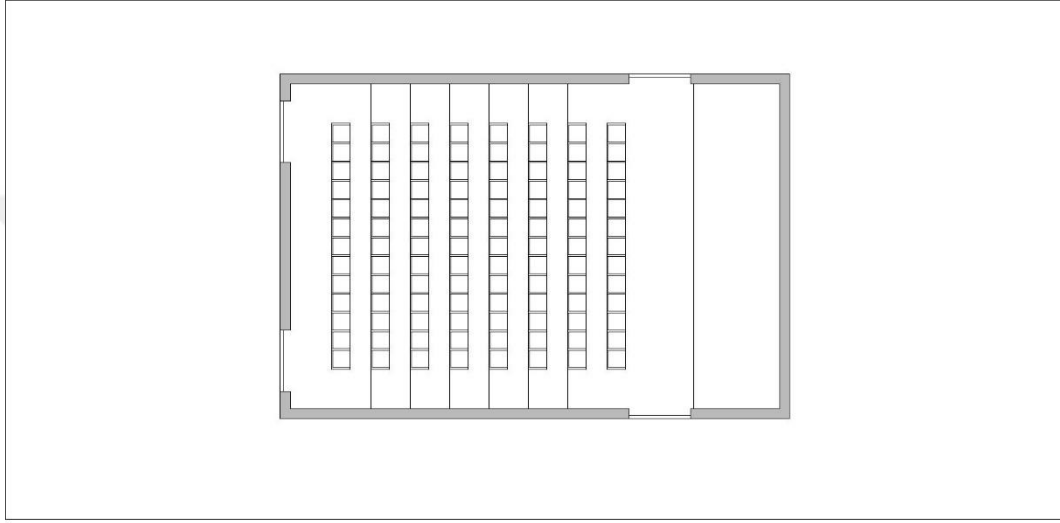
- D500: Dikdörtgen plan tipi – 500 m³ hacim büyüklüğü tipi
- Y500: Yelpaze plan tipi – 500 m³ hacim büyüklüğü tipi
- D1000: Dikdörtgen plan tipi – 1000 m³ hacim büyüklüğü tipi
- Y1000: Yelpaze plan tipi – 1000 m³ hacim büyüklüğü tipi

Benzer büyüklükte tasarlanan salonlara ait kişi sayıları ile yüzey alan büyüklüklerinin benzer olması hedeflenmiştir. Tasarlanan salonların genel özellikleri Tablo 4.1’de yer almaktadır.

Tablo 4.1 Tasarlanan Salonların Genel Özellikleri

SALON ADI	PLAN TİPİ	HACİM (V)	KİŞİ SAYISI (N)	YÜZEY ALANI (S)	V/N	V/S
D500	Dikdörtgen	505 m ³	104	475,4 m ²	4,9	1,06
Y500	Yelpaze	490 m ³	98	446,5 m ²	5,0	1,10
D1000	Dikdörtgen	1180 m ³	247	881,9 m ²	4,8	1,34
Y1000	Yelpaze	1115 m ³	246	844,8 m ²	4,5	1,32

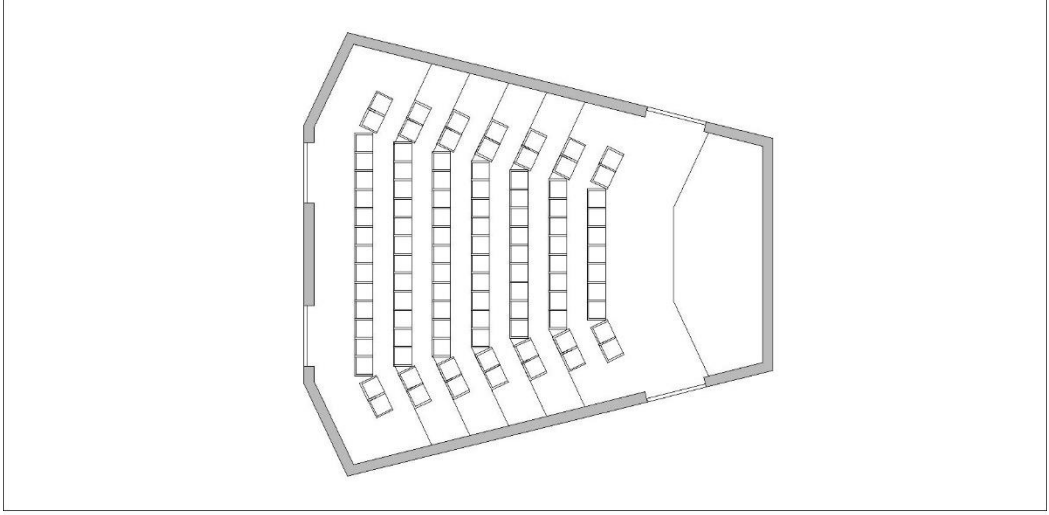
Salonlara ait plan ve kesit çizimleri Şekil 4.1 – 4.8’de yer almaktadır.



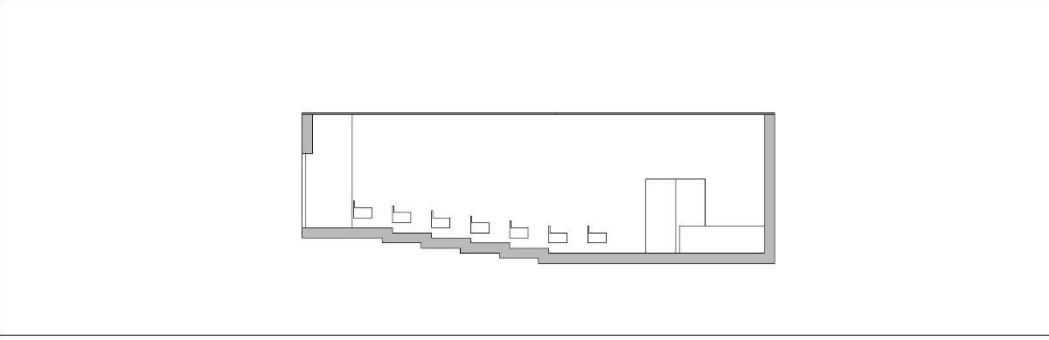
Şekil 4.1 D500 Salonu Plan Çizimi



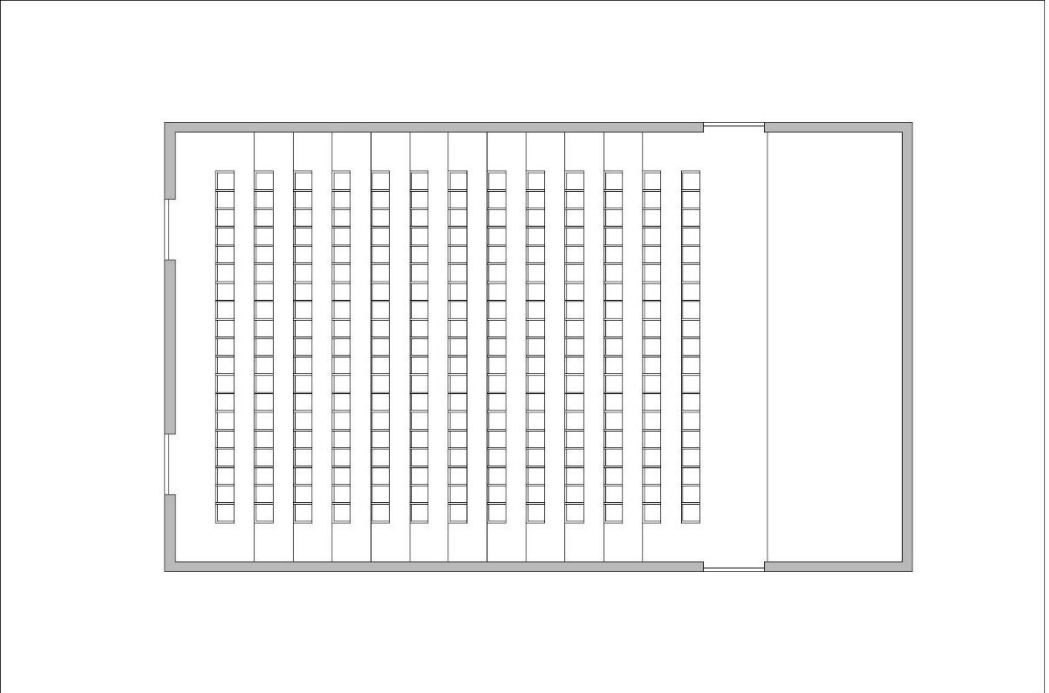
Şekil 4.2 D500 Salonu Kesit Çizimi



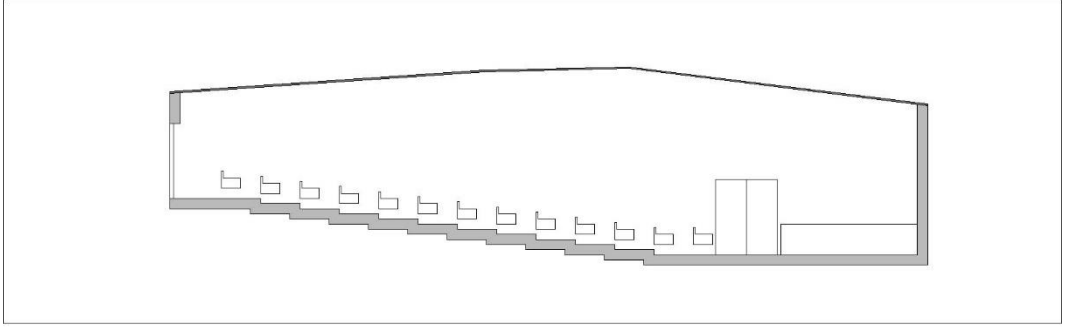
Şekil 4.3 Y500 Salonu Plan Çizimi



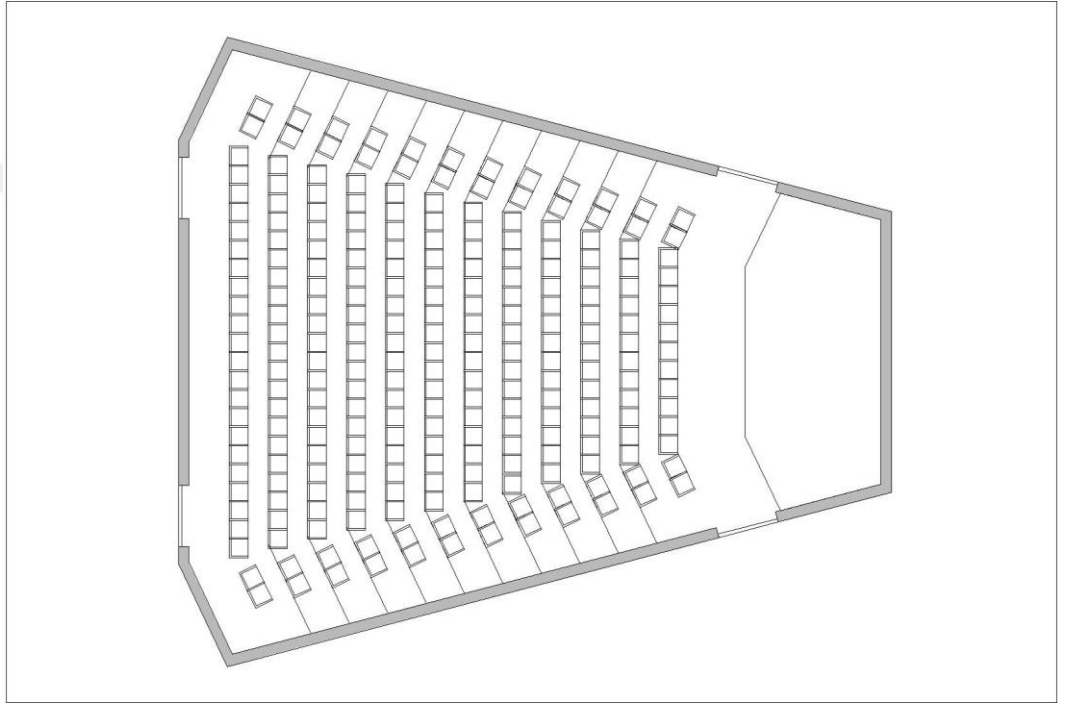
Şekil 4.4 Y500 Salonu Kesit Çizimi



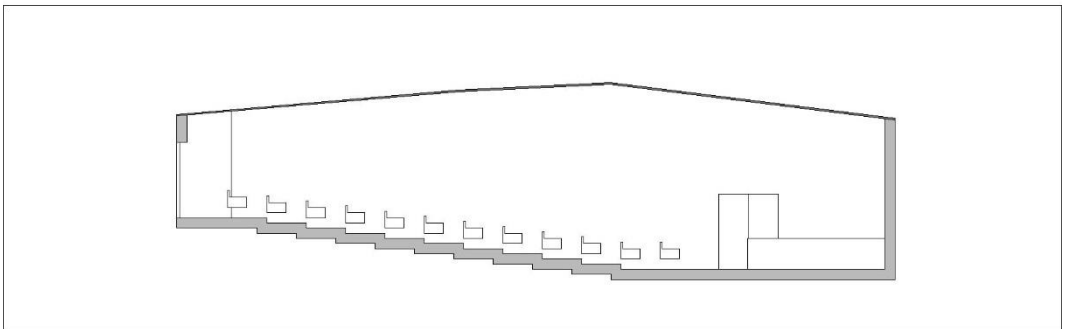
Şekil 4.5 D1000 Salonu Plan Çizimi



Şekil 4.6 D1000 Salonu Kesit Çizimi



Şekil 4.7 Y1000 Salonu Plan Çizimi



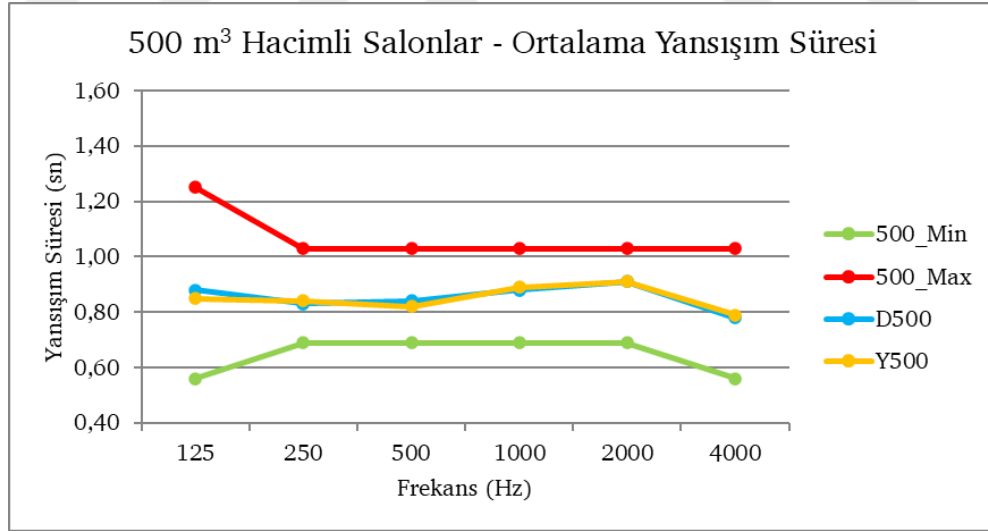
Şekil 4.8 Y1000 Salonu Kesit Çizimi

Tasarlanan dört ana salonun akustik tasarım hedefi yansıma süresi değerleridir. Salonlara ait yansıma süresi değerlerinin önerilen değer aralığında olması sağlanmıştır. Yapılan araştırma sonucunda literatürde, aynı hacim ve işlev için

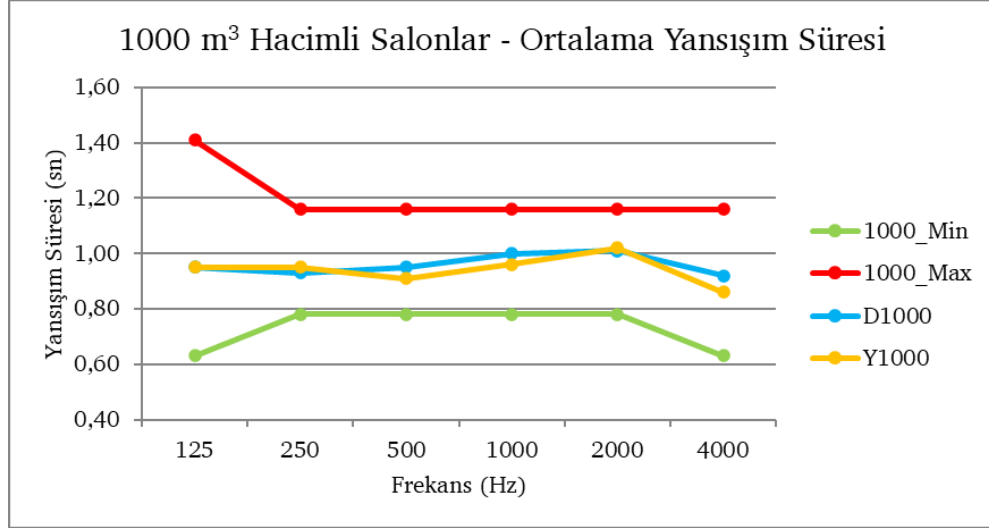
birbirinden oldukça farklı yansıma süresi değerlerinin önerildiği “2.1.1.1 Yansıma Süresi” başlığında aktarılmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan kabule göre, yansıma süresi için önerilen standart niteliğindeki doküman optimum koşullar için hedef olarak belirlenmiştir. Tasarlanan salonlar, “DIN18041:2016-03 – Acoustic Quality in Rooms - Specifications and Instructions for the Room Acoustic Design” [17] standardında, işlev ve hacim büyüklüğüne uygun olarak önerilen yansıma süresi değerlerine sahiptir. Salonlara ait yansıma süresi değerleri Tablo 4.2’de, yansıma sürelerinin ilgili standartla olan ilişkisi Şekil 4.9 ve 4.10’da görülebilir.

Tablo 4.2 Tasarlanan Salonlar için Hesaplanan Yansıma Süresi Değerleri

RT (sn)	Frekans (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
D500	0,88	0,83	0,84	0,88	0,91	0,78
Y500	0,85	0,84	0,82	0,89	0,91	0,79
D1000	0,95	0,93	0,95	1,00	1,01	0,92
Y1000	0,95	0,95	0,91	0,96	1,02	0,86

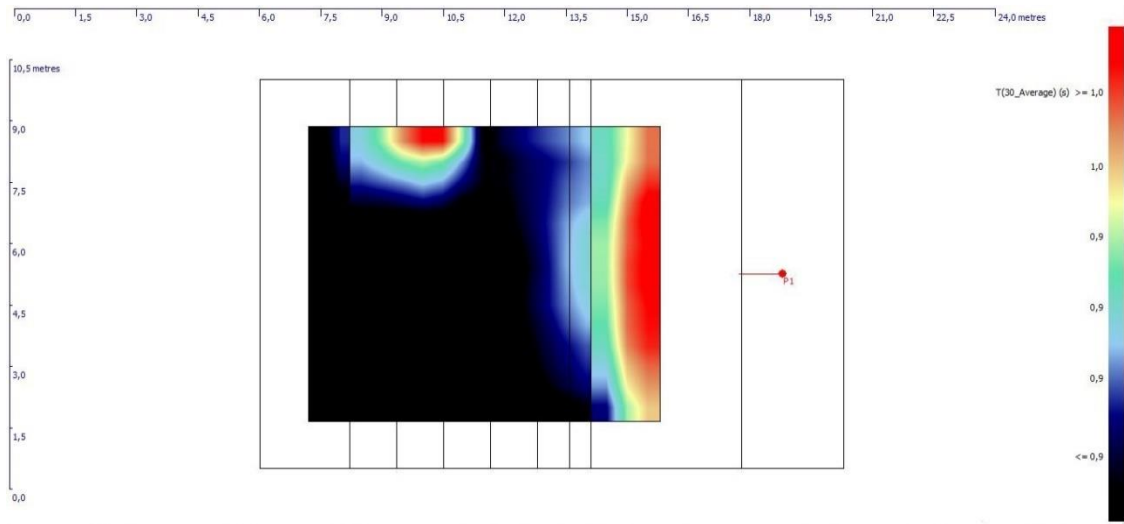


Şekil 4.9 Tasarlanan Salonlara Ait Ortalama Yansıma Süresi Değerlerinin Önerilen Değer Aralığı ile İlişkisi (500 m³ hacim büyüklüğü için)

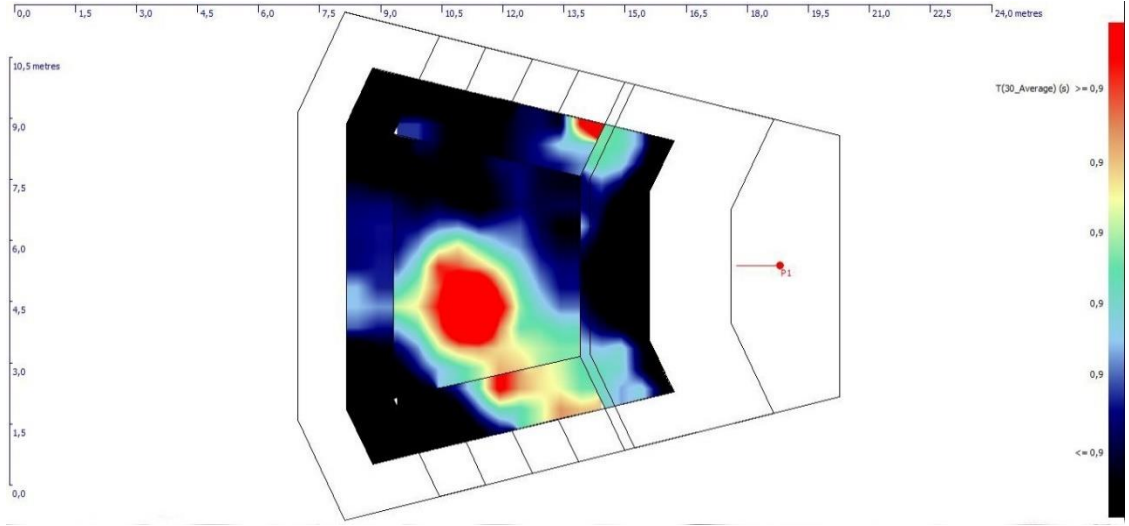


Şekil 4.10 Tasarlanan Salonlara Ait Ortalama Yansıma Süresi Değerlerinin Önerilen Değer Aralığı ile İlişkisi (1000 m³ hacim büyüklüğü için)

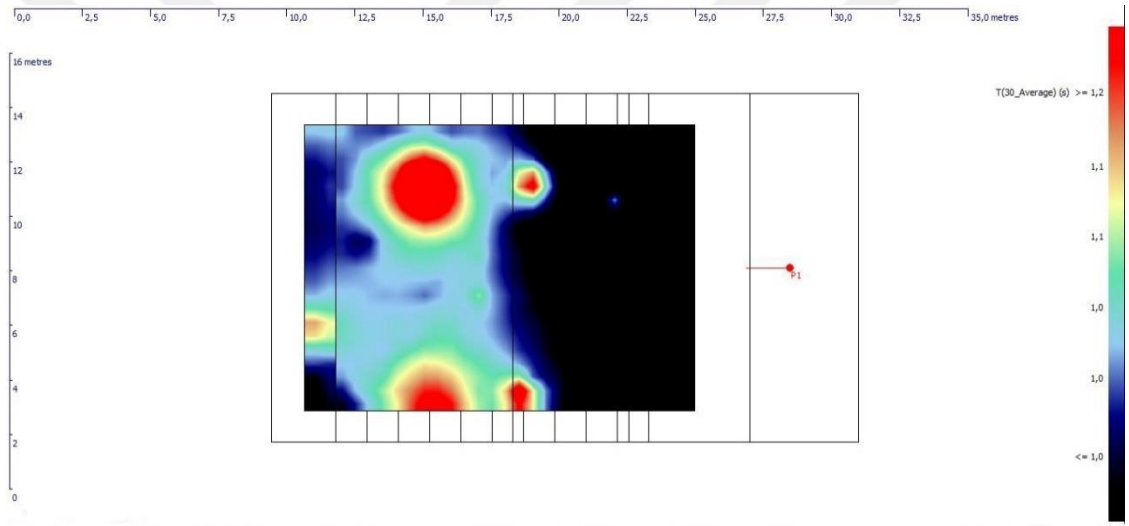
Yansıma süresi hedefi ana tasarım kriteri olarak kabul edilmektedir. Paylaşılan ortalama yansıma süresi değerleri salonun dinleyici bölümünün tamamını kapsamaktadır. Şekil 4.11 – 4.14'te ortalama yansıma süresi değerlerinin salonlardaki dağılımı görülebilir. Tüm salonlarda, 1/1 merkez oktav bantlarda hesaplanan yansıma süresi değerlerinin dağılımı Tablo 4.11'de ayrıca verilmiştir.



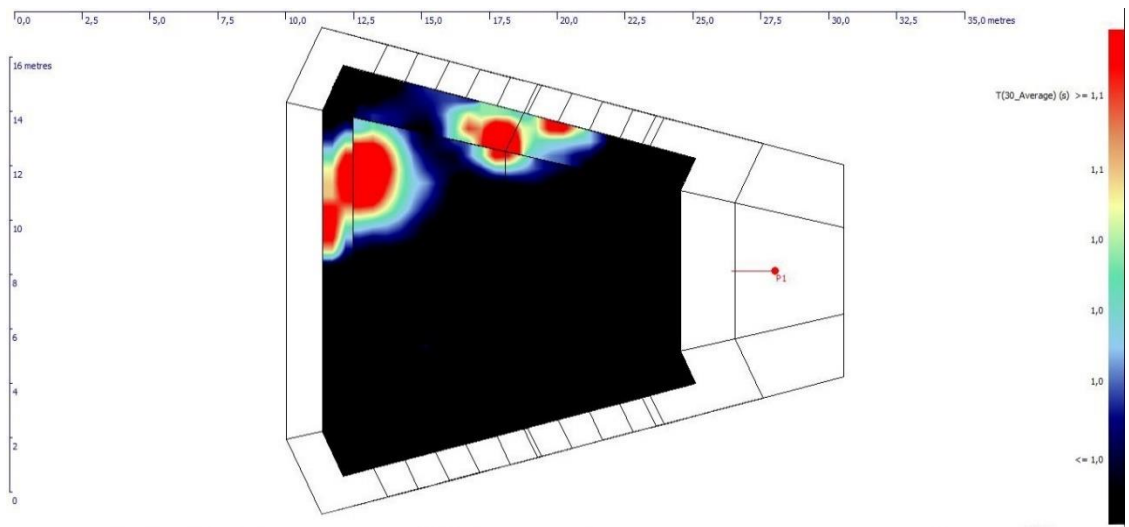
Şekil 4.11 D500 Salonu Ortalama Yansıma Süresi Dağılımı



Şekil 4.12 Y500 Salonu Ortalama Yansışım Süresi Dağılımı



Şekil 4.13 D1000 Salonu Ortalama Yansışım Süresi Dağılımı



Şekil 4.14 Y1000 Salonu Ortalama Yansışım Süresi Dağılımı

Salon tasarımlarında, gerçek durumu yansıtabilmek için modellemelerde, uygulamada kullanılabilecek malzemeler tercih edilmiştir. Salonların sahne bölümlerinin yansıtıcı, salon arka duvarlarının yutucu özellikte olması ise tasarım kriteri olarak belirlenmiştir. Değerlendirmelerin tutarlı olması açısından, değişiklik uygulanacak yüzeylere ait malzemeler tüm modellerde aynıdır. Bu malzeme yansıtıcı ahşap paneldir.

Salonlara ait modellemelerde kullanılan malzemeler, malzemelerin kullanıldığı yüzeyler ve malzemelerin ses yutma çarpanları Tablo 4.3 – 4.6’da paylaşılmaktadır. Tüm salonlarda yalnızca dinleyici bölümü için dağıtma çarpanı verisi tanımlanmıştır (0,7), diğer yüzeyler için dağıtma çarpanı yazılımın varsayılan değerinde tutulmuştur (0,05).

Tablo 4.3 D500 Salonu Yüzey Malzemeleri

D500			Frekans (Hz)					
Bölüm		Malzeme	125	250	500	1000	2000	4000
SALON	Dinleyici	Kalın Kumaş Kaplı Koltuk Üzerinde Dinleyici	0,72	0,80	0,86	0,89	0,90	0,90
	Döşeme	Kauçuk Üstünde Kalın Halı	0,08	0,24	0,57	0,69	0,71	0,73
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Perfore Ahşap Panel	0,30	0,70	1,00	1,00	0,85	0,80
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Kapı	Masif Ahşap Kapı	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
SAHNE	Döşeme	Yükseltilmiş Döşeme	0,10	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02

Tablo 4.4 Y500 Salonu Yüzey Malzemeleri

Y500			Frekans (Hz)					
Bölüm	Malzeme		125	250	500	1000	2000	4000
SALON	Dinleyici	İnce Kumaş Kaplı Koltuk Üzerinde Dinleyici	0,51	0,64	0,75	0,80	0,82	0,83
	Döşeme	Kapalı Hücre Sünger Üstünde 6 mm Halı	0,03	0,09	0,25	0,31	0,33	0,44
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Perfore Ahşap Panel	0,36	0,6	0,72	0,60	0,51	0,56
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,37	0,44	0,47	0,39	0,31	0,36
	Kapı	Masif Ahşap Kapı	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
SAHNE	Döşeme	Yükseltilmiş Döşeme	0,10	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,1	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02

Tablo 4.5 D1000 Salonu Yüzey Malzemeleri

D1000			Frekans (Hz)					
Bölüm	Malzeme		125	250	500	1000	2000	4000
SALON	Dinleyici	Orta Kumaş Kaplı Koltuk Üzerinde Dinleyici	0,62	0,72	0,80	0,83	0,84	0,85
	Döşeme	Beton Üstünde 10 mm Yumuşak Halı	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27	0,37
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Perfore Ahşap Panel	0,37	0,61	0,68	0,62	0,52	0,56
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Kapı	Masif Ahşap Kapı	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
SAHNE	Döşeme	Yükseltilmiş Döşeme	0,10	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02

Tablo 4.6 Y1000 Salonu Yüzey Malzemeleri

Y1000			Frekans (Hz)					
Bölüm	Malzeme		125	250	500	1000	2000	4000
SALON	Dinleyici	İnce Kumaş Kaplı Koltuk Üzerinde Dinleyici	0,51	0,64	0,75	0,80	0,82	0,83
	Döşeme	Beton Üstünde 5 mm Keçe Halı	0,01	0,02	0,05	0,15	0,29	0,39
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Perfore Ahşap Panel	0,38	0,43	0,45	0,42	0,36	0,42
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Kapı	Masif Ahşap Kapı	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
SAHNE	Döşeme	Yükseltilmiş Döşeme	0,10	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06
	Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Arka Duvar	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
	Tavan	Yansıtıcı Ahşap Panel	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02

Dinleyici tercihleri üzerinden yapılacak değerlendirmeler, tasarlanan dört ana salon modelinde yapılacak malzeme çeşitlendirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, varyasyon salonları olarak adlandırılan salon çeşitlemeleri, ana salonlara ait tavan ve yan duvar yüzeylerinde malzeme değişiklikleri yapılarak geliştirilmiştir. Yapılan kabule göre, salonlara ait sahne bölümü ve arka duvarı, akustik tasarım kriteri olarak kabul edildiğinden bu yüzeylerde malzeme çeşitlendirmesi yapılmamıştır. Değişim uygulanan yüzeyler salon bölümüne ait yan duvar ve tavan yüzeyleridir.

Malzeme çeşitlendirmeleri yutuculuk sınıfları üzerinden gerçekleştirilmiştir.

4.1.2 Geliştirilen Değişim Modelleri

Kullanıcı tercihleri, yutuculuk sınıfı değişimleri üzerinden incelenmektedir. Bu nedenle, optimum olarak belirlenen ana salonların tavan ve yan duvar yüzeylerine

ait malzemelerin yutuculuk sınıfları çeşitlendirilerek varyasyon durum modelleri oluşturulmuştur. Salonların tüm koşulları için, uygulamada tercih edilebilecek malzemeler arasından seçim yapılmıştır.

Karşılaştırmaların sağlıklı yapılabilmesi için, ana salon modelleri için tavan ve yan duvar yüzey malzemelerine ait yutuculuk sınıfları birbirleriyle aynı yutuculuk sınıfında, “Unclassified – Sınıflandırılmamış” olarak tanımlanmıştır. Oluşturulan varyasyon modellerinde ise bu yüzeylere ait malzemeler Yutuculuk Sınıfı A’dan E’ye kadar olacak şekilde değiştirilmiştir.

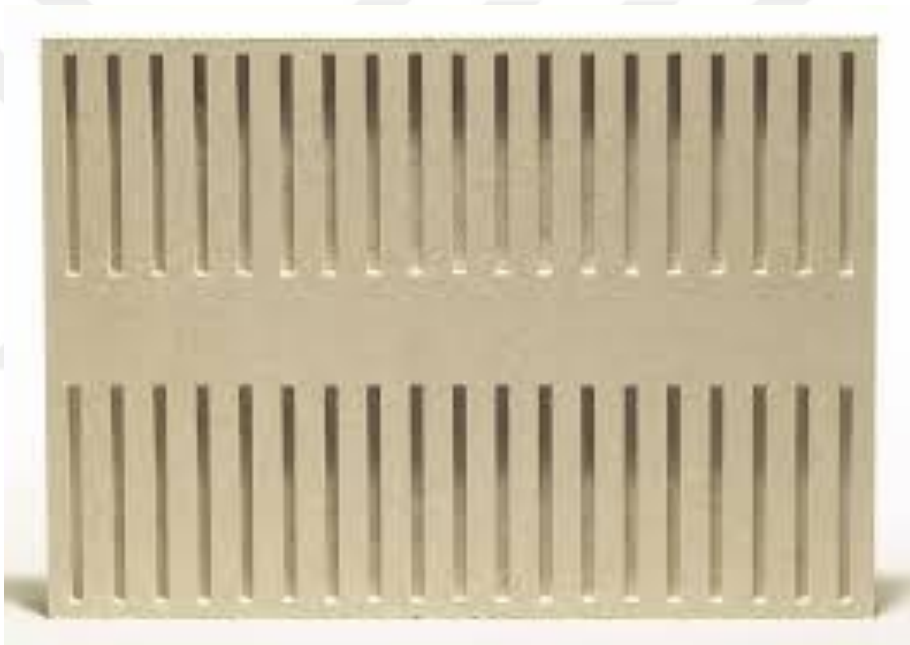
Seçilen malzemelere ait ses yutma çarpanları Tablo 4.7’de ve malzeme görselleri Şekil 4.15 – 4.19’da paylaşılmaktadır.

Tablo 4.7 Seçilen Malzemelerin Ses Yutma Çarpanı Değerleri

Malzeme	Yutuculuk Sınıfı	Frekans (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
Yansıtıcı Ahşap Panel	Sınıflandırılmamış	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Perfore Alçı Panel – Delikli (20 cm montaj)	Sınıf A	0,50	0,80	0,90	0,85	0,85	0,85
Perfore Alçı Panel – Yivli (20 cm montaj)	Sınıf B	0,55	0,80	0,85	0,80	0,75	0,75
Mineral yünü Panel	Sınıf C	0,45	0,50	0,55	0,65	0,70	0,65
Tuğla (Arkasında Taş yünü ile)	Sınıf D	0,15	0,18	0,20	0,35	0,35	0,40
Alçı panel (Çift Kat)	Sınıf E	0,28	0,12	0,10	0,17	0,13	0,09



Şekil 4.15 Perfore Alçı Panel – Delikli (20 cm montaj) [110]



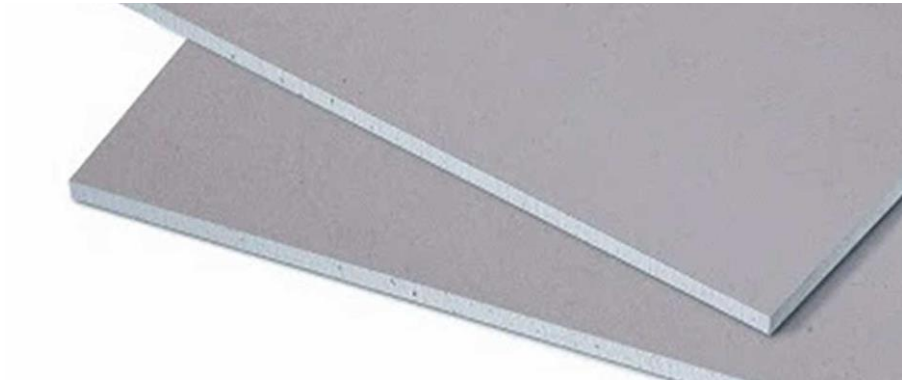
Şekil 4.16 Perfore Alçı Panel – Yivli (20 cm montaj) [111]



Şekil 4.17 Minerallyünü Panel [112]

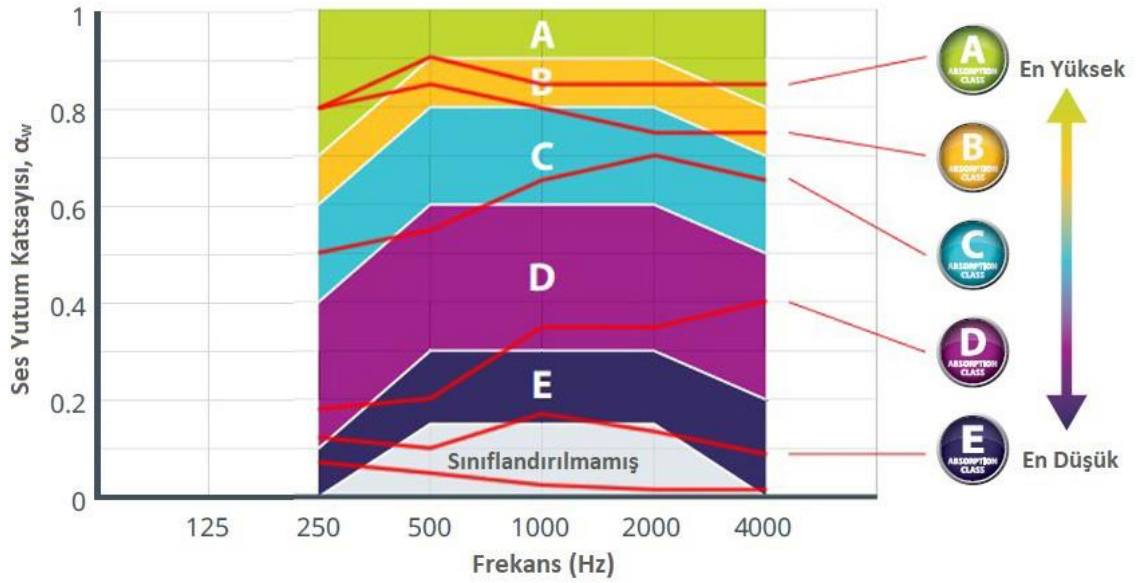


Şekil 4.18 Tuğla (Arkasında Kayayünü ile) [113]



Şekil 4.19 Alçıpanel (Çift Kat) [114]

Varyasyon durum modellerine ait malzemelerin, yutuculuk sınıfları arasındaki geçişi ifade edebilmesi açısından, seçilen malzemelerin, dahil oldukları yutuculuk sınıflarını en az yutuculuğa sahip olacak şekilde temsil etmesine karar verilmiştir. Bu karar, ortalama durumu göstermek yerine sınıflar arasındaki farklılığı gösterebileceğinden tercih edilmiştir. Malzemeler bu hedefe yönelik olarak belirlenmiştir. Varyasyon durumlar için seçilen malzemelerin yutuculuk sınıfı grafiğindeki konumları Şekil 4.20’de yer almaktadır.



Şekil 4.20 Seçilen Malzemelerin Yutuculuk Sınıfı Grafiğindeki Konumları

Dört ana salona ait yan duvar ve tavan yüzeylerinin beş yutuculuk sınıfına uygun olarak çeşitlendirilmesi durumunda toplam 40 adet varyasyon durum modeli ortaya çıkmaktadır. Yapılacak değerlendirmeler dört salonun optimum koşullar dahil olmak üzere 11’er durumunu, toplam 44 adet salon koşulunu, temsil etmesi hedeflenmektedir. Bu hedefe uygun olarak, IBM SPSS Statistics yazılımında bir deney tasarımı geliştirilmiştir. Varyasyon durum modelleri, geliştirilen deney tasarımına uygun olarak sınırlandırılmıştır. Değerlendirmelerde kullanılan salon varyasyonları Tablo 4.8’de yer almaktadır.

Tablo 4.8 İstatistiksel Analize Uygun Deney Tasarımı

NO	YÜZEY	YUTUCULUK SINIFI	HACİM BÜYÜKLÜĞÜ	PLAN TİPİ
1	Tavan	E	500 m ³	Yelpaze
2	Duvar	D	1000 m ³	Yelpaze
3	Tavan	D	500 m ³	Dikdörtgen
4	Duvar	D	500 m ³	Yelpaze
5	Duvar	E	500 m ³	Yelpaze
6	Tavan	C	500 m ³	Dikdörtgen
7	Tavan	C	1000 m ³	Yelpaze
8	Duvar	C	1000 m ³	Yelpaze
9	Duvar	B	1000 m ³	Dikdörtgen
10	Duvar	E	1000 m ³	Dikdörtgen
11	Duvar	C	500 m ³	Dikdörtgen
12	Tavan	D	1000 m ³	Dikdörtgen
13	Duvar	A	500 m ³	Dikdörtgen
14	Tavan	A	1000 m ³	Yelpaze
15	Tavan	B	500 m ³	Yelpaze
16	Tavan	E	1000 m ³	Dikdörtgen

Geliştirilen deney tasarımına göre 16 adet varyasyon durum modeli ortaya çıkmaktadır. Yapılan nesnel ve öznel değerlendirmeler, varyasyon durum ve optimum durum koşulları dahil olmak üzere, toplam 20 salon üzerinden gerçekleştirilmiştir.

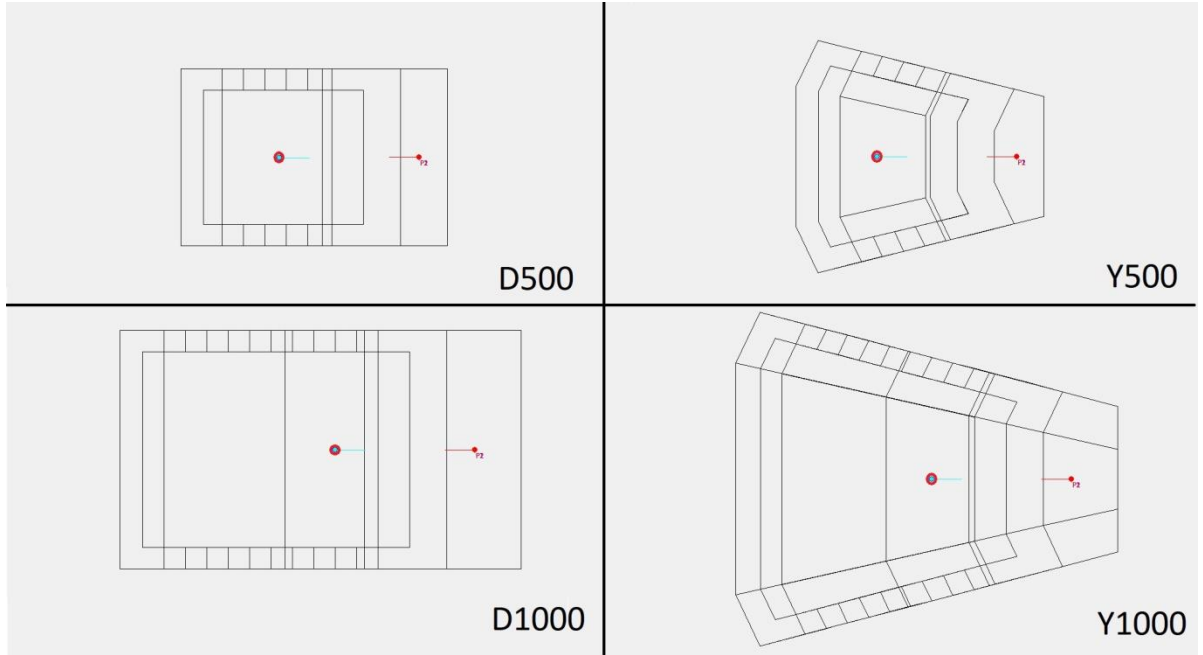
4.1.3 Hesaplamalarda Elde Edilen Nesnel Hacim Akustiği Parametre Değerleri

Bilgisayar ortamında yapılan modellemelerde ODEON v.15.00 yazılımı kullanılmıştır. Yazılım hesaplamalarda yüzeylere tanımlanan malzemelerin ses yutma ve ses dağıtma çarpanı değerlerini kullanmaktadır. Salon modellerine atanan ses kaynağı ile hacimlere aktarılan ses enerjisi kullanılarak, belirlenen dinleyici noktalarında salonların uyarı cevabı (impulse response) üzerinden nesnel hacim akustiği parametre değerleri hesaplanmaktadır. Dört ana salon tipi için belirlenen dinleyici noktası için hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada dört

farklı plana sahip salon kullanıldığından bu dinleyici noktasının seçiminde bazı kriterler benimsenmiştir. Bunlar;

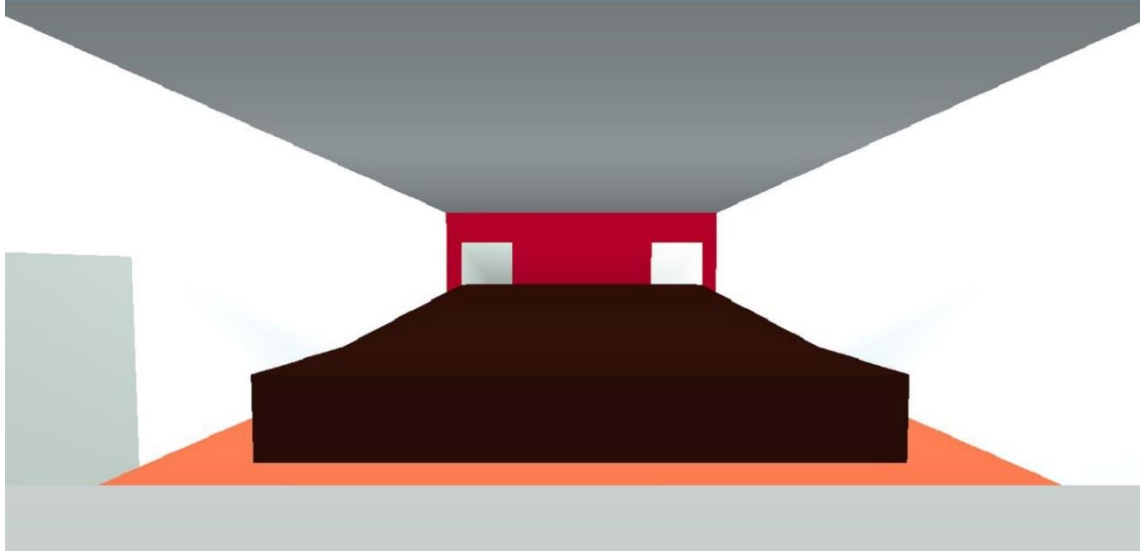
- Çalışma kapsamında değerlendirilecek nesnel hacim akustiği parametre değerlerinin dinleyici noktasında salona uygun optimum değer aralığında olması,
- Her salon için seçilen dinleyici noktalarının kaynak ile mesafesinin eşit olmasıdır.

Dört salon için seçilen dinleyici konumları Şekil 4.21’de yer almaktadır.

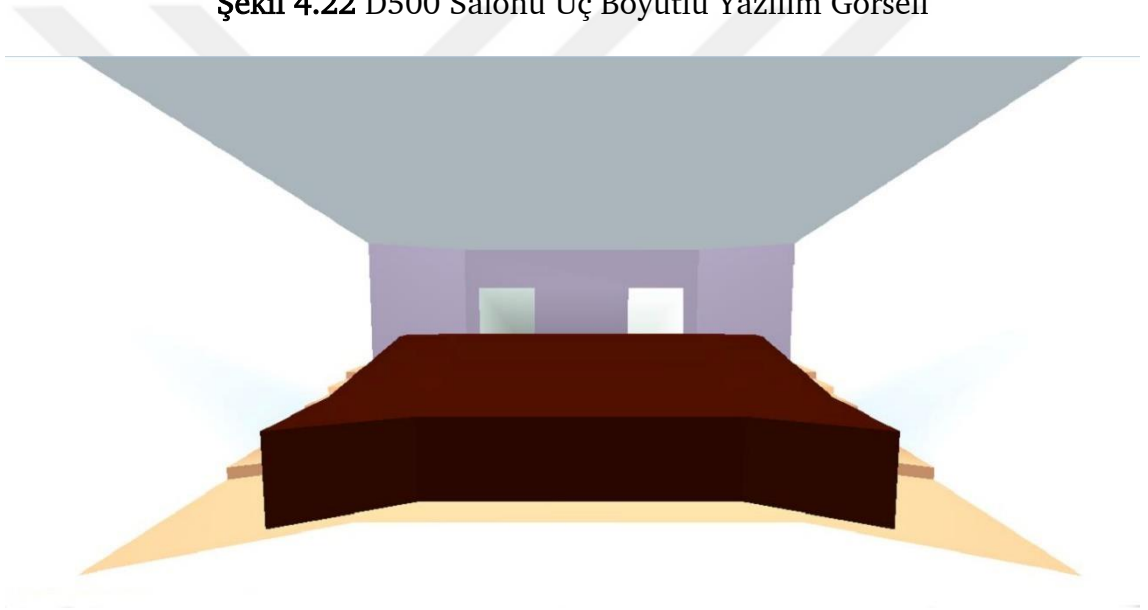


Şekil 4.21 Seçilen Dinleyici Konumları

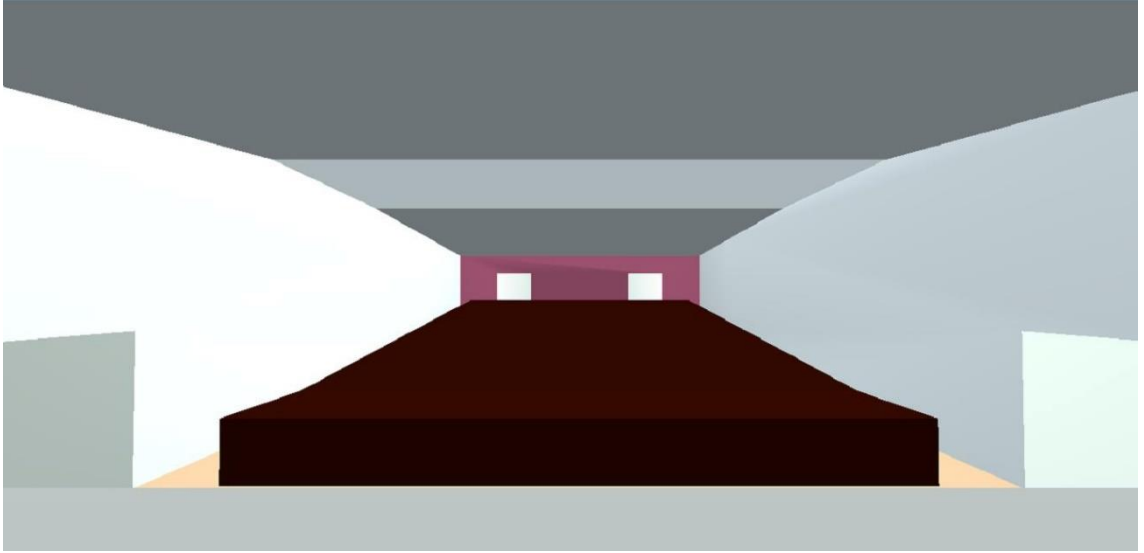
Hesaplamalara ait yazılım görselleri Şekil 4.22 – 4.25’te paylaşılmaktadır.



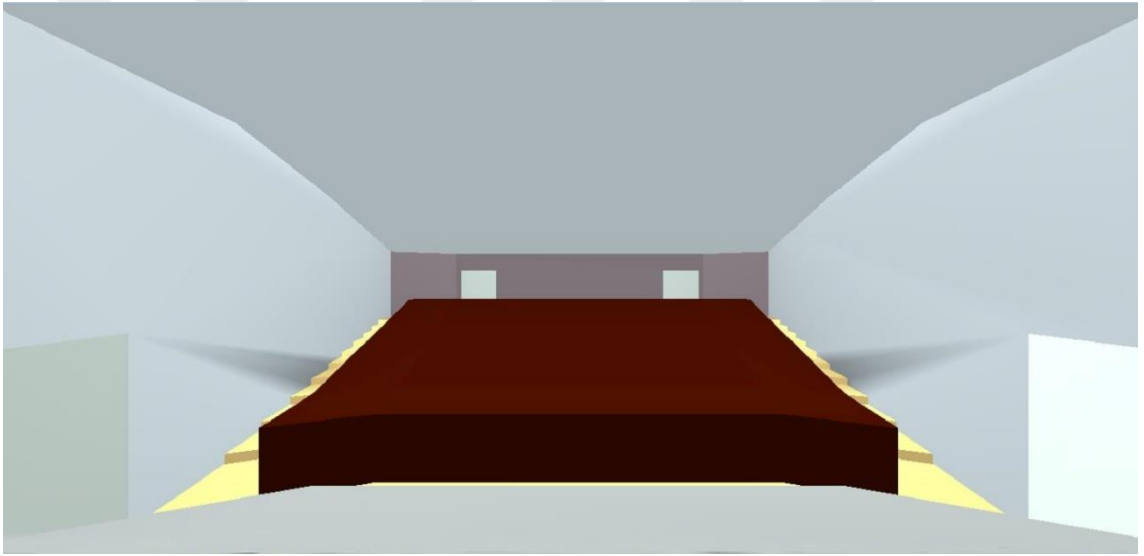
Şekil 4.22 D500 Salonu Üç Boyutlu Yazılım Görseli



Şekil 4.23 Y500 Salonu Üç Boyutlu Yazılım Görseli



Şekil 4.24 D1000 Salonu Üç Boyutlu Yazılım Görseli



Şekil 4.25 Y1000 Salonu Üç Boyutlu Yazılım Görseli

Çalışma kapsamında, konuşma işlevli salonlar için önemli kabul edilen nesnel hacim akustiği parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplanan parametreler aşağıda listelenmiştir:

- Yansıma Süresi (RT)
- Netlik (C_{50})
- Açıklık (D_{50})
- Konuşma İletim Katsayısı (STI)
- Ünsüzlerin Artikülasyon Kaybı (AL_{cons})
- Artikülasyon İndeksi (AI)

Optimum durum modellerinde akustik tasarım, dinleyici noktasındaki nesnel hacim akustiği parametre değerleri ilgili her parametre için önerilen değer aralığında olacak şekilde yapılmıştır. Varyasyon durum modellerinde ise malzeme değişikliğine bağlı olarak farklılaşmaların olması beklenebilir.

Nesnel hacim akustiği parametreleri hesaplanırken akustik ölçüm standardı olan “ISO 3382-1:2009 - Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 1: Performance Spaces” [17] dokümanındaki yönlendirmeler dikkate alınmıştır. STI dışındaki parametrelerde her yöne eşit enerji yayılımı yapan ses kaynağı (omni ses kaynağı) kullanılmıştır. STI parametresi için ise konuşmacı ses kaynağı kullanılmıştır. Konuşmacı ses kaynağı dinleyicilere doğru yönlendirilmiştir.

ODEON hacim akustiği yazılımına ait uygulama notlarında modellemelere atanacak konuşmacıya ait ses düzeyinin, salonda konuşma yapılma durumunu sembolize etmesi önerilmektedir [115]. Özellikle konferans salonlarında normal düzeyde konuşma yapılmasının doğru olmayacağı, bu nedenle yükseltilmiş (raised) konuşma düzeyinin tercih edilmesi belirtilmiştir. Modellemelerde tanımlanan ses kaynaklarının 1/1 merkez oktav bantlardaki güç düzeyi değerleri Tablo 4.9’da paylaşılmaktadır.

Tablo 4.9 Modellemelere Atanan Ses Kaynaklarına Ait Ses Gücü Düzeyi Değerleri

Ses Gücü Düzeyi (SWL)	Frekans (Hz)						Toplam (dB)	Toplam (dBA)
	125	250	500	1000	2000	4000		
Omni Ses Kaynağı	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	99,0	97,0
Konuşmacı Ses Kaynağı	63,9	69,1	74,8	71,0	62,6	55,9	77,7	74,9

Yazılım, STI parametre hesabında eklenen arka plan gürültü düzeyi değerini dikkate almaktadır.

Gerçek bir uygulama durumunu yansıtabilmek için modellemelerde tanımlanan arka plan gürültü düzeyinin mevcut bir salonda ölçülmüş değerler olmasına karar verilmiştir. Bir konferans salonunda yapılan arka plan gürültü düzeyi ölçümüne ait değerler Tablo 4.10’da verilmiştir. Modellemelerde bu değerler kullanılmıştır.

Tablo 4.10 Modellemelere Aktarılan Arka Plan Gürültü Düzeyi Değerleri

Gürültü Düzeyi	Frekans (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
dB	42,0	37,8	33,7	30,3	25,6	18,5
dBA	25,9	29,2	30,5	30,3	26,8	19,5

Optimum ve varyasyon durum modellerinde dinleyici noktası için hesaplanan yansım süresi değerleri Tablo 4.11’de görülebilir. 500 m³ ve 1000 m³ hacimli salonlar için hedeflenen yansım süresi değer aralığı tabloda ayrıca yer almaktadır. Tabloda görülen salon isimlerine gelen eklerden ilki yutuculuk sınıfı değiştirilen yüzeyi (D: Duvar, T: Tavan), ikincisi ise yutuculuk sınıfını (A, B, C, D, E) temsil etmektedir.

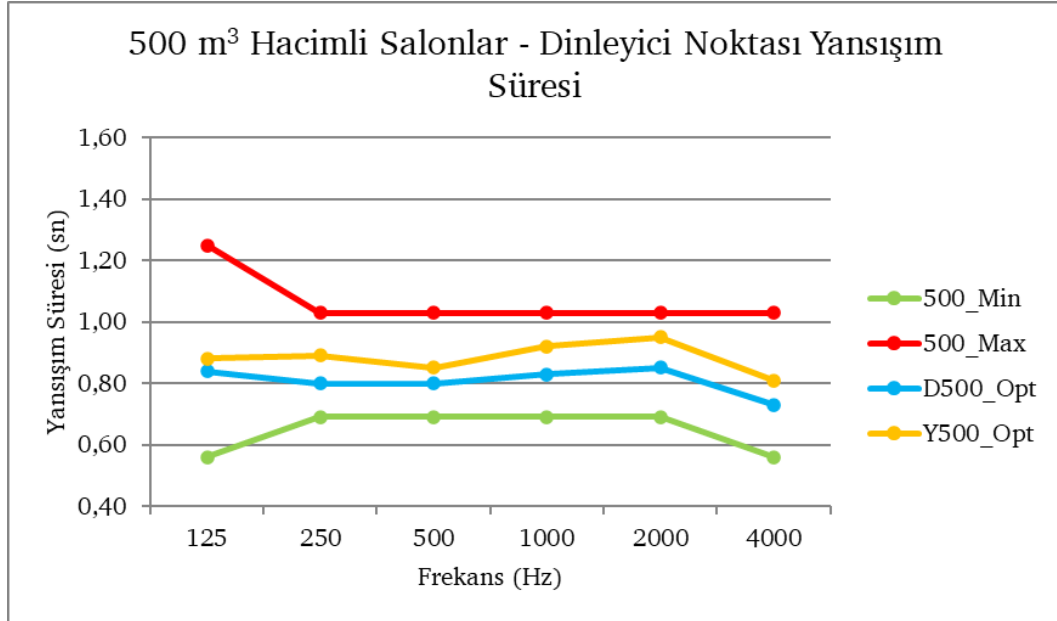
Tablo 4.11 Modellemelerde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Yansım Süresi Değerleri

MODEL	RT					
	125	250	500	1000	2000	4000
500_Min	0,56	0,69	0,69	0,69	0,69	0,56
500_Max	1,25	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
D500	0,84	0,80	0,80	0,83	0,85	0,73
Y500	0,88	0,89	0,85	0,92	0,95	0,81
D500_D_A	0,64	0,77	0,97	1,04	1,07	0,89
D500_D_C	0,65	0,74	0,90	0,99	1,03	0,85
D500_T_A	0,85	0,76	0,83	0,88	0,90	0,76
D500_T_C	0,84	0,74	0,81	0,86	0,89	0,75
Y500_D_B	0,59	0,49	0,47	0,50	0,53	0,47
Y500_D_D	0,83	0,76	0,72	0,66	0,69	0,57
Y500_T_B	0,83	0,85	0,87	0,94	0,96	0,83
Y500_T_E	0,83	0,88	0,85	0,92	0,94	0,81

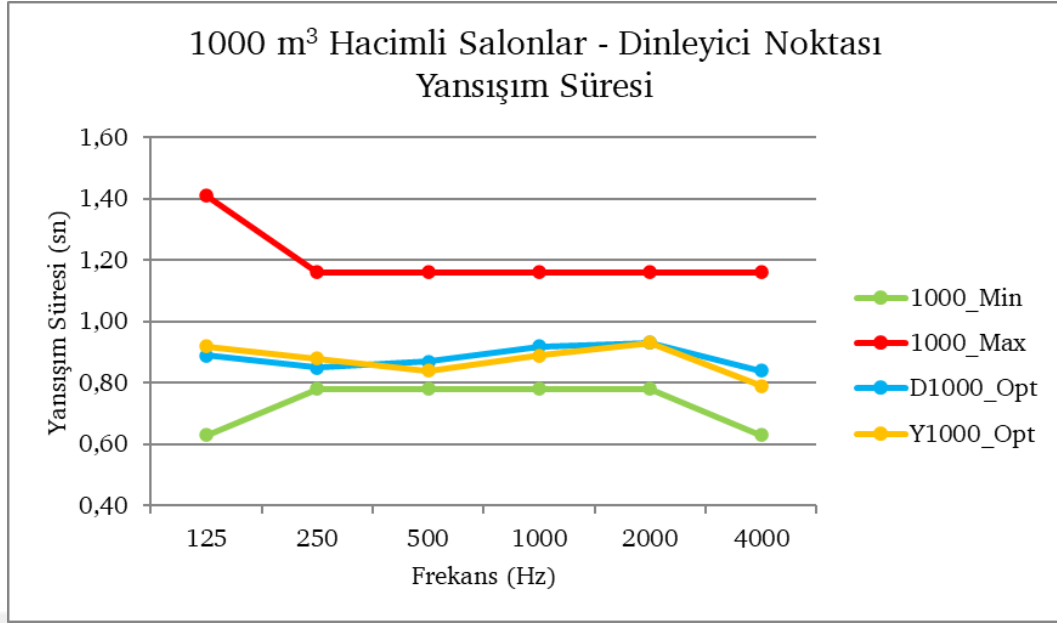
Tablo 4.11 Modellemelerde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Yansışım Süresi Değerleri (Devam)

MODEL	RT					
	125	250	500	1000	2000	4000
1000 Min	0,63	0,78	0,78	0,78	0,78	0,63
1000 Max	1,41	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
D1000	0,89	0,85	0,87	0,92	0,93	0,84
Y1000	0,92	0,88	0,84	0,89	0,93	0,79
D1000 D B	0,68	0,62	0,62	0,64	0,64	0,60
D1000 D E	0,77	0,81	0,82	0,78	0,82	0,79
D1000 T B	0,81	0,78	0,79	0,81	0,83	0,79
D1000 T D	0,87	0,82	0,84	0,85	0,86	0,81
Y1000 D A	0,74	0,60	0,55	0,56	0,57	0,48
Y1000 D C	0,75	0,68	0,62	0,60	0,60	0,53
Y1000 T A	0,85	0,86	0,88	0,92	0,97	0,81
Y1000 T C	0,85	0,86	0,86	0,91	0,95	0,80

Optimum durum modellerinde dinleyici noktasına ait yansışım süresi değerlerinin ilgili standardın önerdiği değer aralığı ile ilişkisi Şekil 4.26 ve 4.27’de görülebilir.

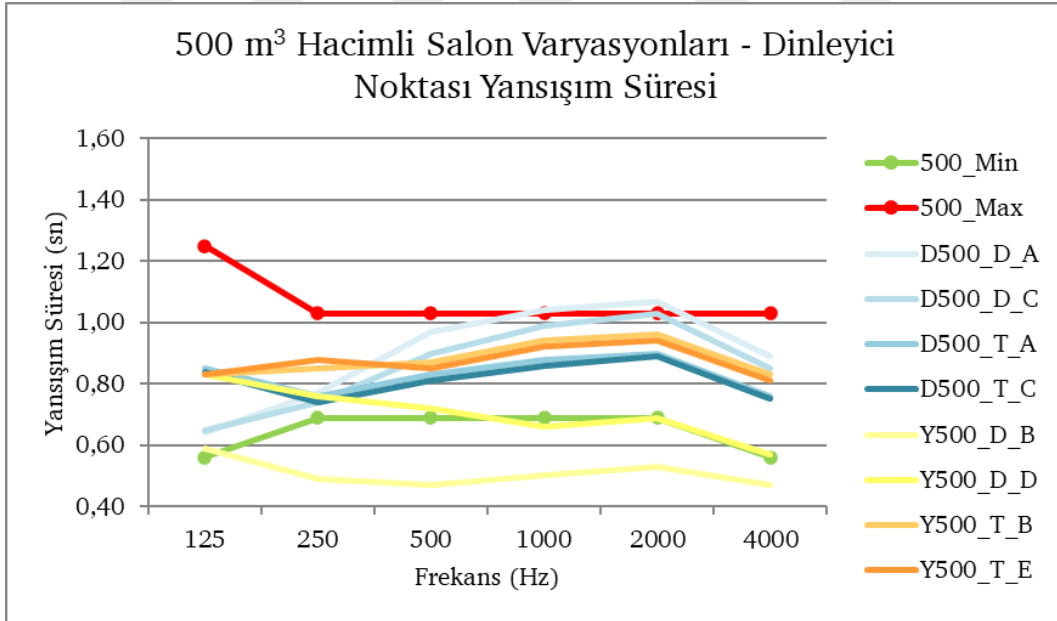


Şekil 4.26 Optimum Durum Modellerinde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Yansışım Süresi Değerleri (500 m³ hacim büyüklüğü tipi için)

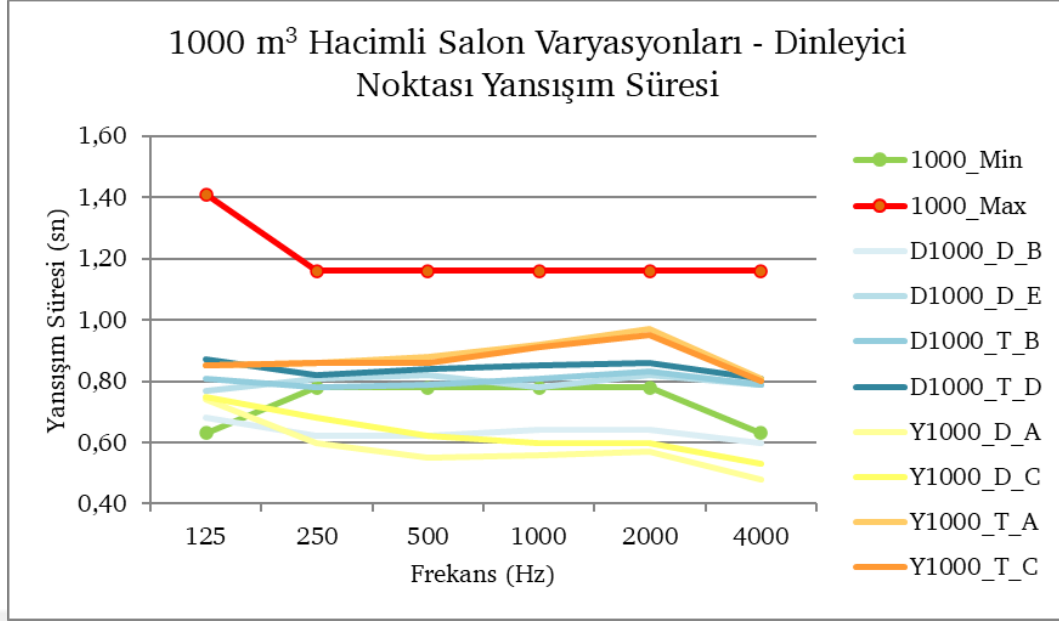


Şekil 4.27 Optimum Durum Modellerinde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Yansışım (1000 m³ hacim büyüklüğü tipi için)

Varyasyon durum modellerinde dinleyici noktasına ait yansışım süresi değerlerinin ilgili standartla olan ilişkisi ise Şekil 4.28 ve 4. 29'da yer almaktadır.



Şekil 4.28 Varyasyon Durum Modellerinde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Yansışım Süresi Değerleri (500 m³ hacim büyüklüğü tipi için)



Şekil 4.29 Varyasyon Durum Modellerinde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Yansıma Süresi Değerleri (1000 m³ hacim büyüklüğü tipi için)

Bazı varyasyon durum modellerinde ilgili standardın önerdiği değer aralığının dışına çıktığı görülmektedir.

Optimum ve varyasyon durum modelleri için hesaplanan konuşma işlevi ile ilgili hacim akustiği parametre değerleri ve parametreler için önerilen değerler Tablo 4.12’de görülebilir.

Tablo 4.12 Modellemelerde Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Konuşma ile İlgili Nesnel Hacim Akustiği Parametre Değerleri

MODEL	C ₅₀ (3)	D ₅₀ (3)	STI	AL _{cons}	AI
Önerilen Değer	>0	>0.50	>0.65	<10	>0.7
D500	3,87	0,71	0,68	4,85	0,99
Y500	4,50	0,74	0,69	4,66	0,99
D500_D_A	6,67	0,82	0,74	3,67	0,97
D500_D_C	6,17	0,81	0,73	3,87	0,98
D500_T_A	4,17	0,72	0,68	4,92	0,98
D500_T_C	4,27	0,73	0,69	4,83	0,99
Y500_D_B	7,60	0,85	0,75	3,48	0,99

Tablo 4.12 Modellemelere Hesaplanan ve Salonlar için Önerilen Konuşma ile İlgili Nesnel Hacim Akustiği Parametre Değerleri (Devam)

MODEL	C ₅₀ (3)	D ₅₀ (3)	STI	AL _{cons}	AI
Önerilen Değer	>0	>0.50	>0.65	<10	>0.7
Y500_D_D	5,77	0,79	0,72	4,04	0,99
Y500_T_B	6,17	0,80	0,71	4,22	0,98
Y500_T_E	4,80	0,75	0,70	4,55	0,99
D1000	1,53	0,59	0,65	5,78	0,99
Y1000	3,57	0,70	0,68	4,91	0,99
D1000_D_B	4,70	0,75	0,71	4,18	0,97
D1000_D_E	2,03	0,61	0,66	5,48	0,99
D1000_T_B	2,87	0,66	0,67	5,30	0,97
D1000_T_D	2,13	0,62	0,66	5,46	0,99
Y1000_D_A	5,57	0,78	0,74	3,72	0,99
Y1000_D_C	5,13	0,77	0,73	3,91	0,99
Y1000_T_A	6,13	0,80	0,71	4,21	0,96
Y1000_T_C	5,43	0,78	0,71	4,27	0,97

Hesaplanan ortalama parametre değerlerine ait grafikler “Ek A” bölümünde paylaşılmaktadır.

Varyasyon modellerinin tamamı için hesaplanan konuşma işlevi ile ilgili hacim akustiği parametreleri değerlerinin önerilen değerlerde olduğu görülmektedir. Bu durumun işitmeye etkisinin öznel değerlendirmelerde anlamlandırılması beklenmektedir.

4.2 Öznel Değerlendirme Çalışması

Nesnel değerlendirmelerde, varyasyon durum modellerindeki yansıma süresi değerleri az da olsa önerilen aralığın dışına çıkmaktayken konuşma işlevi ile ilgili diğer nesnel hacim akustiği parametreleri önerilen değerleri sağlamaktadır. Yutuculuk sınıfının kullanıcı tercihleri ile ilişkilendirilmesi için çalışma kapsamında öznel değerlendirmelere yer verilmiştir. Öznel değerlendirmeler,

optimum ve varyasyon durum modelleri üzerinden yapılan dinleme testleri ile gerçekleştirilmiştir. Bu testler iki türdedir:

- Fonetik olarak dengelenmiş kelime ayırt etme testi
- Kullanıcı tercihi belirleme testi

Deneylerde fonetik dengeli tek heceli kelimeler ve kullanıcı tercihlerinin belirlenmesi için bir metin kullanılması kararlaştırılmıştır. Kullanılması planlanan kelimeler ve metinler konusunda İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Odyoloji Bölümü'nden dikkat edilmesi gereken hususlar konusunda destek alınmıştır.

Alınan bilgilere göre; deneklere, konuşmalarda kullanılabilecek her frekansta verinin verilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu, her frekans dikkate alınarak değerlendirme yapılmasını sağlayacaktır. Bu nedenle tek heceli kelimelerin fonetik dengeli olması ve değerlendirme için kullanılacak metnin tüm Türkçe fonemleri içermesi gerekmektedir.

4.2.1 Fonetik Olarak Dengelenmiş Kelime Ayırt Etme Testi

Fonetik olarak dengelenmiş kelime ayırt etme testinde deneklerden, dinletilen ses kayıtlarında duydukları kelimeleri yazmaları istenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre farklı salonlardaki konuşma anlaşılabilirliği için değerlendirmeler sunulabilmektedir.

4.2.1.1 Dinlemelerde Kullanılan Metinler

Kayıtlarda kullanılacak kelime listeleri için İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Odyoloji Bölümü'nden destek alınmıştır. Bölümün kullandığı fonetik dengeli tek heceli kelime listelerine ulaşılmış ve bu verilerle oluşturulacak kayıtların dinleme testlerinde kullanılmasına karar verilmiştir.

Çalışmada kullanılan, her biri 50 kelime içeren 6 adet fonetik dengeli tek heceli kelime listesi “Ek D” bölümünde paylaşılmaktadır.

6 liste, toplamda 20 adet salon modeli için yapılan testlerde kullanılmıştır. Bu nedenle listeler birden çok kez kullanılmak durumundadır. Testlerde deneklerin duyduklarını hatırlayarak sonuçları etkilememesi için aynı listelerin deneklere

aynı günde sunulmamasına karar verilmiştir. Deney planlaması bu karara göre şekillenmiştir.

4.2.1.2 Dinlemelerde Kullanılan Anketler

Deneylerde, deneklerden duydukları kelimeleri yazmaları beklenmektedir. Deneklere verilen anket metni “Ek E” bölümünde paylaşılmaktadır.

4.2.2 Kullanıcı Tercihleri Belirleme Testi

Kullanıcı tercihlerinin belirlenmesi için deneklerin salonlarda dinleme yapma koşullarının sağlanarak dinledikleri metni değerlendirmeleri istenmiştir. Kullanıcı değerlendirmelerinde, dinleme deneyimlerinin derecelendirilmesi beklenmektedir. Sağlıklı bir değerlendirme için kullanıcı tercihlerinin belirleme testinde kullanılacak metnin tüm Türkçe fonemleri içermesi istenmiştir.

4.2.2.1 Dinlemelerde Kullanılan Metinler

Deneylerde, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Odyoloji Bölümü’nün kullandığı, tüm Türkçe fonemleri içeren metin kullanılmıştır. “Pinokyo” adındaki, tüm Türkçe fonemleri içeren ve kullanıcı tercihlerinin belirlenmesinde kullanılan metin “Ek D” bölümünde paylaşılmaktadır.

Kullanıcı tercihlerinin belirlenmesine yönelik çalışmada deneklerden dinleme yapılan salonları sıfat çiftleri üzerinden değerlendirmeleri istenmiştir. Çalışmaya yönelik anket sorularının hazırlanması aşamasında, literatürde konuşma sesini tanımlayan sıfatların eksikliği görülmüştür. Bu nedenle bu sıfat çiftlerinin belirlenmesine yönelik bir ön çalışma gerçekleştirilmiştir.

4.2.2.2 Konuşma Sesini Tanımlayan Türkçe Sıfat Çiftlerinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında yapılan literatür araştırmasında, konuşma işlevli salonların öznel değerlendirmesine ait çalışmalar incelenmiştir. Yapılan araştırmalarda bu konuda görülen yetersizlik nedeniyle öznel değerlendirmelerde kullanılabilecek Türkçe sıfatların belirlenmesine yönelik bir çalışma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda yapılan ön çalışma iki aşamalıdır, bunlar:

- Konuşma sesini tanımlayıcı sıfatların belirlenmesi
- Konuşma sesini tanımlayıcı sıfat çiftlerinin belirlenmesi

Deney çalışması ile konuşma sesini tanımlayıcı Türkçe sıfat çiftleri belirlenmiş ve öznel değerlendirmelerde kullanılabilecek bir anket metni hazırlanmıştır.

Sıfat çiftlerinin belirlenebilmesine yönelik çalışma, konuşma işlevi ile doğrudan ilişkili öznel hacim akustiği parametreleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu parametreler aşağıda sıralanmaktadır:

- Yansışım
- Netlik
- Gürlük

Yukarıda verilen parametrelere ait kategorilere ek olarak genel değerlendirmeye ilişkin sıfatlar çalışmaya eklenmiştir. Literatürde, belirlenen bu dört kategori için tanımlayıcı olarak değerlendirilen sıfatlar belirlenmiştir.

Yapılan deneyler, sıfat ve sıfat çiftlerinin belirlenmesi için iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

Deneyler 20 denek ile gerçekleştirilmiştir. Seçilen 20 denek akustik konusunda eğitim almış ve almamış kişilerden oluşmaktadır. Deneklerin 5 tanesi akustik konusunda eğitim almıştır. Deneylerin her iki aşaması için aynı kişilerin katılımı sağlanmıştır.

Deneyler öncesinde deneklere, referans hacim akustiği parametrelerini ifade eden ses kayıtları dinletilmiş ve parametre uç durumlarının nasıl işitildiklerini deneyimlemeleri istenmiştir. Ses kayıtlarında, tasarlanan bir referans salon için yapılan akustik modelleme çalışmaları kullanılmıştır. Salona ait, yansışım süresi, netlik ve gürlük hacim akustiği parametre değerlerinin yüksek ve düşük olduğu durum varyasyonları (uç durumlar) modellenmiştir. Hazırlanan altı adet durum modeline, anekoik koşullarda kaydedilmiş konuşma sinyalleri eklenmiş ve uç durum koşulları için işitselleştirmeler (auralisation) gerçekleştirilmiştir.

İşitselleştirmelerle elde edilen hacim akustiği parametrelerin uç durumlarını ifade eden ses kayıtlarının deneylerden önce deneklere dinletilmesi ile deneklerin sıfat ve sıfat çiftleri arasından yapacağı seçimler bir ön deneyime dayandırılmıştır.

İki aşamalı deneylerde deneklerin, konuşma sesini tanımlayıcısı olarak düşündükleri sıfat ve sıfat çiftlerini seçmeleri istenmiştir. Belirlenen iki tip denek

sınıfı için farklı katsayılar kullanılarak yapılan seçimler değerlendirilmiştir. Akustik konusunda eğitim almış kişiler için 2, akustik konusunda eğitim almamış kişiler için 1 katsayısı kullanılmıştır. Böylelikle deney verileri 25 toplam puanın 100'e oranlanması ile elde edilmiştir.

Deneylerin birinci aşamasında deneklere verilen sıfatlar, yapılan literatür araştırmasında karşılaşılan tanımlayıcılar ile literatürde karşılaşılmayan ancak tanımlayıcı olabileceği düşünülen sıfatlardan oluşmaktadır. Birinci aşama deneylerde kullanılan sıfatlar Tablo 4.13'te yer almaktadır. Tabloda, yabancı kaynaklardan elde edilmiş sıfatlar “*” ile işaretlenmiştir. Bu sıfatlar çalışma kapsamında Türkçeye çevrilmiştir.

Tablo 4.13 Ön Deneylerde Kullanılan Konuşma Sesini Tanımlayıcı Türkçe Sıfatlar

YANSIŞIM	NETLİK	GÜRLÜK	GENEL DEĞERLENDİRME
Ölü [116]	Karışık [65], [116]	Sessiz [65], [116]	Zorlandım [117]
Kuru* [64]	Açık [116]	Yüksek Sesli [116], [117]	Zorlanmadım
Canlı [62], [116]	Bulanık [61]	Zayıf* [64], [65]	Anlamak için çaba gösterdim
Çınlamalı* [64]	Net [61], [62], [65]	Güçlü* [62], [64], [65]	Anlamak için çaba göstermedim
Dolu	Mırıltılı	Yakın	Memnun kaldım* [64]
Boş	Anlaşılır	Uzak [116]	Rahatsız oldum* [64]
Yankı yok	Kolay anlaşılır	Konuşmacı çaba göstermeli	
Yankı var	Anlaşılmaz	Konuşmacının çaba göstermesine gerek yok	
Büyük	Hızlı [65]	Ses düzeyi yetersiz	
Küçük	Yavaş [65]	Ses düzeyi yeterli	
	Normal hızda		

Ön deneyin ilk aşamasında yapılan seçimler “Ek C” bölümünde paylaşılmaktadır.

Belirlenen dört kategori için deneklerin yaptığı seçimlerin 100 puan üzerinden oranları çoktan aza olacak şekilde Tablo 4.14'te yer almaktadır.

Tablo 4.14 Sıfat Seçim Oranları

KATEGORİ	SKALA	SIFAT	SEÇİM ORANI (%)
Yansışım	Az	Yankı yok	88
		Dolu	40
		Küçük	36
		Ölü	32
		Kuru	20
	Çok	Yankı var	96
		Canlı	80
		Çınlamalı	68
		Büyük	36
		Boş	36
Netlik	Düşük	Anlaşılmaz	88
		Bulanık	48
		Mırıltılı	44
		Hızlı	40
		Karışık	16
	Yüksek	Anlaşılr	96
		Net	96
		Kolay Anlaşılr	72
		Normal Hızda	44
		Yavaş	40
Gürlük	Düşük	Açık	36
		Ses Düzeyi Yetersiz	84
		Zayıf	64
		Sessiz	56
		Uzak	48
	Yüksek	Konuşmacı Çaba Göstermeli	28
		Ses Düzeyi Yeterli	88
		Yüksek Sesli	84
		Güçlü	76
		Yakın	56
Genel Değerlendirme	Olumsuz	Konuşmacının Çaba Göstermesine Gerek Yok	28
		Rahatsız Oldum	84
		Anlamak için Çaba Gösterdim	72
	Olumlu	Zorlandım	68
		Memnun Kaldım	100
		Zorlanmadım	64
		Anlamak için Çaba Göstermedim	60

Deneyler sırasında, sunulan sıfatlar konusunda deneklerin yorumları alınmıştır. Bu yorumlar, tanımlayıcı olabilecek farklı sıfatların varlığı yönündedir. Bununla

birlikte bazı sıfatların anlaşılmasında zorlanıldığı görülmüştür. Deneylerin ikinci aşamasında kullanılacak sıfat çiftleri belirlenirken denek yorumları dikkate alınmıştır. Bu nedenle sıfat çiftleri oluşturulurken Tablo 4.13'te yer alan bazı sıfatlar kullanılmamış ancak tabloda yer almayan sıfatlar eklenmiştir. Deneylerin ikinci aşamasında kullanılan sıfat çiftleri Tablo 4.15'te yer almaktadır.

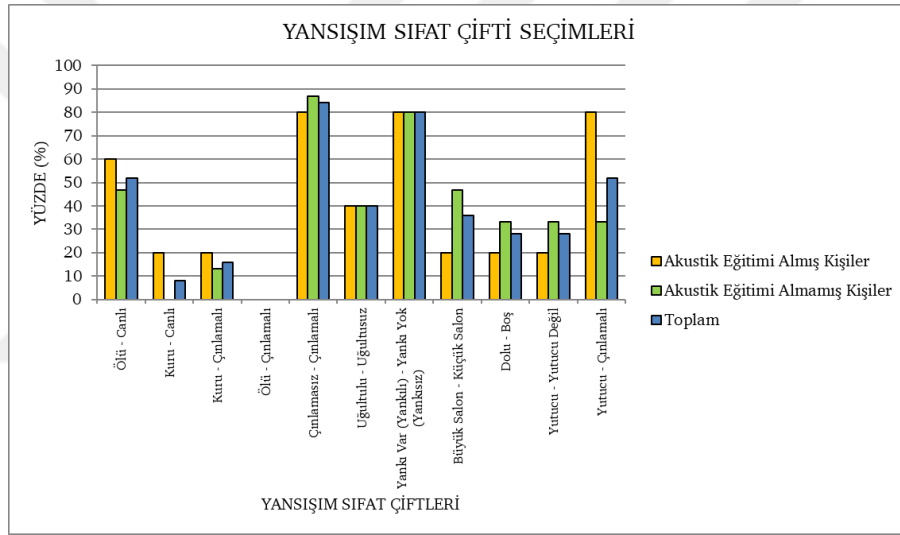
Tablo 4.15 Ön Deneylerin İkinci Aşamasında Kullanılan Sıfat Çiftleri

KATEGORİ	SIFAT ÇİFTİ
Yansıma	Ölü – Canlı
	Kuru – Canlı
	Kuru – Çınlamalı
	Ölü – Çınlamalı
	Çınlamasız – Çınlamalı
	Uğultusuz – Uğultulu
	Yankı yok (yankısız) – Yankı var (yankılı)
	Küçük salon – Büyük salon
	Yutucu – Yutucu değil
	Yutucu – Çınlamalı
Netlik	Karışık – Açık
	Bulanık – Net
	Mırıltılı – Anlaşılır
	Anlaşılmaz – Anlaşılır
	Anlaşılmaz – Kolay anlaşılır
	Anlaşılması zor – Kolay anlaşılır
	Anlamakta zorlandım – Anlamakta zorlanmadım
	Tane tane konuşmalı – Tane tane konuşuyor
	Tane tane değil – Tane tane
	Hızlı – Normal hızda
	Hızlı – Yavaş
Gürlük	Sessiz – Yüksek sesli
	Zayıf ses – Güçlü ses
	Konuşmacı uzak konumda – Konuşmacı yakın konumda
	Alçak ses – Yüksek ses
	Duymakta zorlandım – Duymakta zorlanmadım
	Umursamaz – İlgili
Genel Değerlendirme	Dinlerken zorlandım – Dinlerken zorlanmadım
	Zorlandım – Zorlanmadım
	Akustik ortam kötü – Akustik ortam iyi
	Rahatsızım – Memnunum
	Rahatsız oldum – Memnun oldum
	Salonu tercih etmem – Salonu tercih ederim
	Dinlerken çaba gösterdim – Dinlerken çaba göstermedim

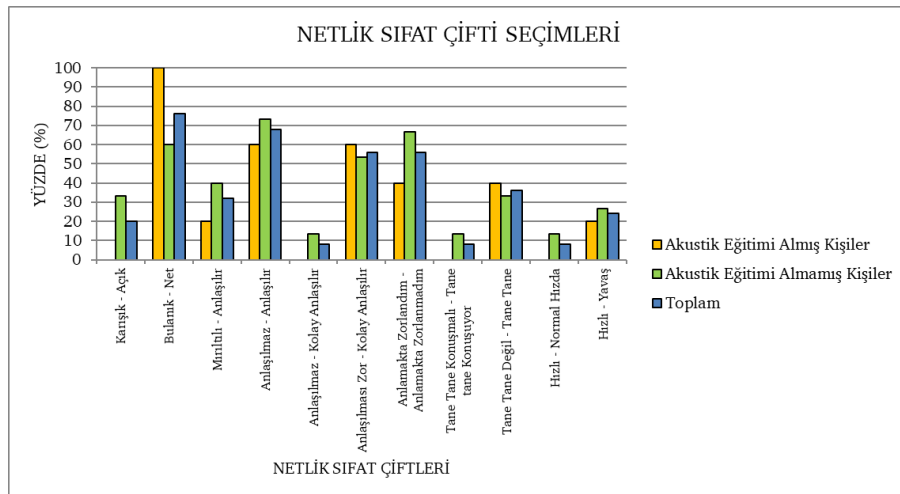
Deneylerin ikinci aşamasında deneklerden hazırlanan liste üzerinden konuşma sesini tanımlayıcısı olmasını uygun buldukları sıfat çiftlerini tercih etmeleri istenmiştir. Çalışmanın hedefi olan konuşma işlevli salonlarda kullanıcı tercihlerini belirlemeye yönelik anket metninde, her bir kategori için beş sıfat çifti sunulması uygun bulunmaktadır. Bu nedenle deneklerden sıfat çiftleri arasından uygun buldukları beş tanesi ile sınırlandırmaları beklenmiştir. Deneyler öncesinde referans ses kayıtları deneklere tekrar sunulmuştur.

İkinci aşama deneylerde yapılan seçimler “Ek C” bölümünde paylaşılmaktadır.

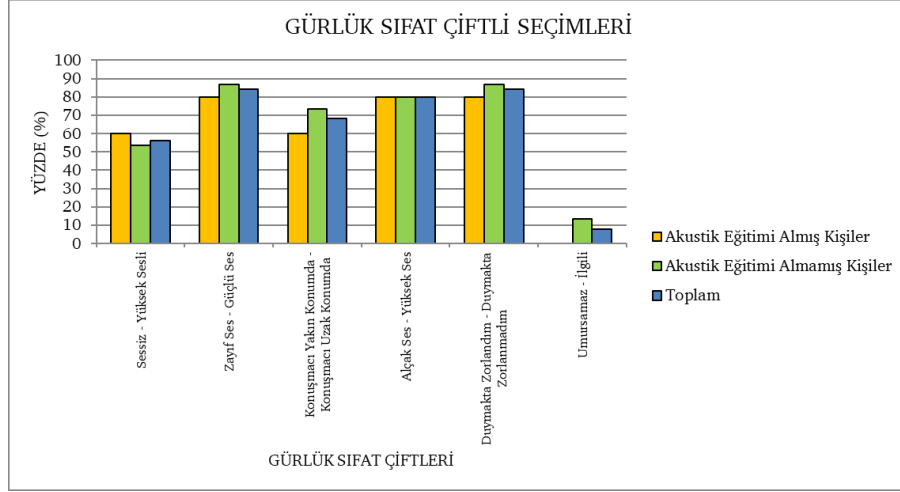
Farklı kategorilere ait sıfat çiftleri için yapılan seçimlerin yüzdesel dağılım grafikleri Şekil 4.30 – 4.33’te görülebilir.



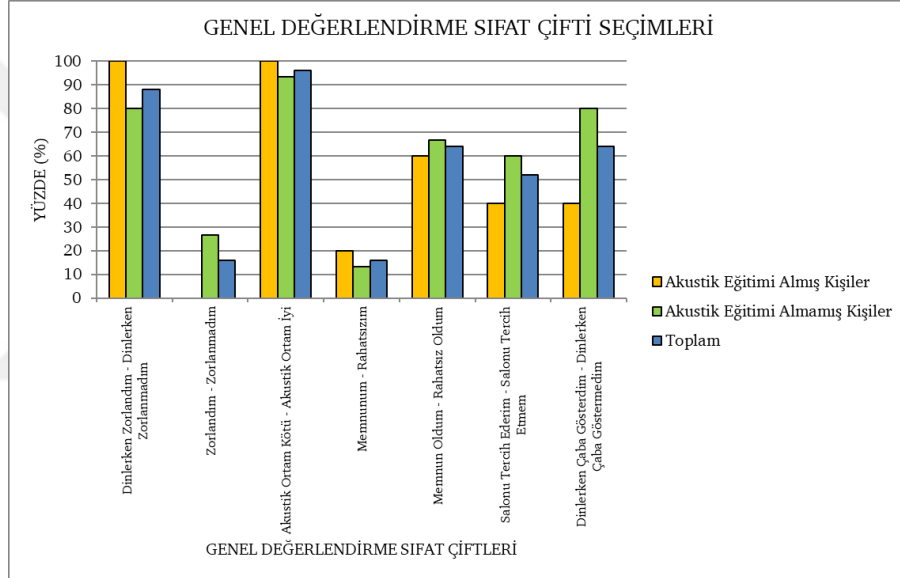
Şekil 4.30 Yansışım Kategorisi Sıfat Çifti Seçimleri



Şekil 4.31 Netlik Kategorisi Sıfat Çifti Seçimleri



Şekil 4.32 Gürlük Kategorisi Sifat Çifti Seçimleri



Şekil 4.33 Genel Değerlendirme Kategorisi Sifat Çifti Seçimleri

Yapılan iki aşamalı deneylere ait seçimler kullanıcı tercihlerinin belirlenebilmesine yönelik anketlerde kullanılabilmesi için incelenmiştir. Ön çalışmaya ait değerlendirmeler aşağıda paylaşılmaktadır.

Yansıma kategorisi için İngilizce kaynaklardan “kuru” olarak çevrilen “dry” kelimesinin deneklerce az yansıma uygun bulunmadığı görülmüştür. Buna karşılık denekler “çınlamasız” ya da “ölü” sıfatlarını az yansıma durumuna uygun bulmuştur. Bununla beraber netlik kategorisi için yapılan araştırmalardan alınan “karışık – açık” sıfat çiftinin yerine denekler “bulanık – net” sıfat çiftini tercih etmiştir.

Deneklerin konuşmacıyı tanımlamak yerine konuşma sesini ve konuşma yapılan mekanı tanımlamaya yatkın olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma sırasında, akustik eğitimi almamış kişilerin akustik eğitimi almış kişilerden daha fazla sıfat çiftini tanımlama için uygun bulduğu görülmüştür. Bununla beraber akustik eğitimi almış kişiler, genel değerlendirme dışındaki parametreler için genellikle beşten az tercihte bulunmuştur.

İkinci aşama deneylerde yüksek oranda seçilen bazı sıfat çiftlerinin aynı sıfatlara sahip olduğu görülmektedir. Bunun, anketlerde karışıklık yaratacağı öngörülmektedir. Bu nedenle anketlerde birbirini tekrar eden sıfatları içeren sıfat çiftlerinden bir tanesine yer verilmesi kararlaştırılmıştır. Bu doğrultuda;

- “çınlamalı – çınlamasız” sıfat çifti daha yüksek oranda tercih edildiğinden “yutucu – çınlamalı”,
- “anlaşılır – anlaşılmaz” sıfat çifti daha yüksek oranda tercih edildiğinden “anlaşılması zor – kolay anlaşılır” ve “mırıltılı – anlaşılır”
- “alçak ses – yüksek ses” sıfat çifti daha yüksek oranda tercih edildiğinden “sessiz – yüksek sesli” sıfat çiftleri liste dışında bırakılmıştır.

Yapılan kabule göre düzenlenen sıfat çiftleri Tablo 4.16’da yer almaktadır.

Tablo 4.16 Belirlenen Sıfat Çifti Listesi (Düzenlenmiş)

KATEGORİ	SIFAT ÇİFTİ	SEÇİM ORANI (%)
Yansıım	Çınlamasız – Çınlamalı	84
	Yankı yok (yankısız) – Yankı var (yankılı)	80
	Ölü – Canlı	52
	Uğultusuz – Uğultulu	40
	Küçük salon – Büyük salon	36
Netlik	Bulanık – Net	76
	Anlaşılmaz – Anlaşılır	68
	Tane tane değil – Tane tane	36
	Hızlı – Yavaş	24
	Karışık – Açık	20
Gürlük	Zayıf ses – Güçlü ses	84
	Duymakta zorlandım – Duymakta zorlanmadım	84
	Alçak ses – Yüksek ses	80
	Konuşmacı uzak konumda – Konuşmacı yakın konumda	68
	Umursamaz – İlgili	8

Tablo 4.16 Belirlenen Sıfat Çifti Listesi (Düzenlenmiş) (Devam)

KATEGORİ	SIFAT ÇİFTİ	SEÇİM ORANI (%)
Genel Değerlendirme	Akustik ortam kötü – Akustik ortam iyi	96
	Dinlerken zorlandım – Dinlerken zorlanmadım	88
	Rahatsız oldum – Memnun oldum	64
	Dinlerken çaba gösterdim – Dinlerken çaba göstermedim	64
	Salonu tercih etmem – Salonu tercih ederim	52

Tablo incelendiğinde, yapılan kabule göre düzenlenen sıfat çiftlerinin bir kısmının, tercih edilen ilk beşte yer almasına rağmen oldukça düşük bir yüzdeyle tercih edildiği görülmüştür. Bunun yerine, ankette tercih oranı belirlenmiş bir seviyenin üzerinde olan sıfat çiftlerinin kullanılması bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Bu durumda anketlerde her kategori için beş sıfat çifti sayısına ulaşamayacaktır. Aynı kavramların farklı kelimelerle tanımlandığı durumda bu sıfat çiftleri arasındaki korelasyonun yüksek olması ise beklenen bir durumdur. Bu nedenle, kullanılacak sıfat çifti sayısının azaltılması uygun bulunmuştur.

Tercih edilme oranı %50'nin üzerinde olması öneri kabulüne göre belirlenen sıfat çiftleri Tablo 4.17'de yer almaktadır.

Tablo 4.17 Belirlenen Sıfat Çifti Listesi (Düzenlenmiş ve Kabule Uygun Olarak)

KATEGORİ	SIFAT ÇİFTİ	SEÇİM ORANI (%)
Yansım	Çınlamasız – Çınlamalı	84
	Yankı yok (yankısız) – Yankı var (yankılı)	80
	Ölü – Canlı	52
Netlik	Bulanık – Net	76
	Anlaşılmaz – Anlaşılır	68
Gürlük	Zayıf ses – Güçlü ses	84
	Duymakta zorlandım – Duymakta zorlanmadım	84
	Alçak ses – Yüksek ses	80
	Konuşmacı uzak konumda – Konuşmacı yakın konumda	68
Genel Değerlendirme	Akustik ortam kötü – Akustik ortam iyi	96
	Dinlerken zorlandım – Dinlerken zorlanmadım	88
	Rahatsız oldum – Memnun oldum	64
	Dinlerken çaba gösterdim – Dinlerken çaba göstermedim	64
	Salonu tercih etmem – Salonu tercih ederim	52

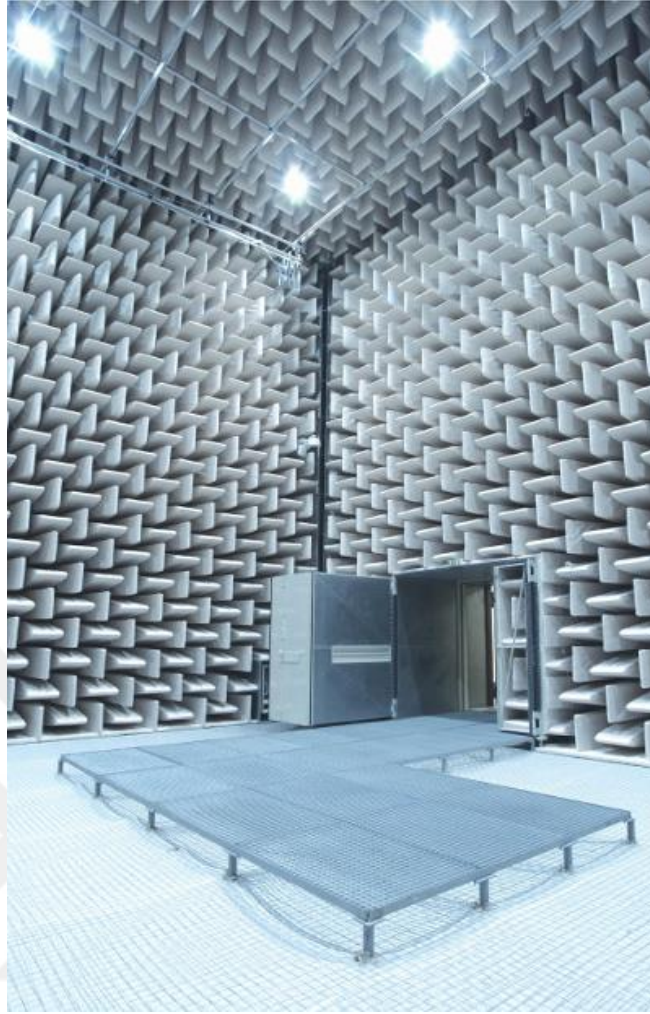
4.2.2.3 Deneylerde Kullanılan Anketler

Belirlenen sıfat çiftlerine ait kategoriler tekrar değerlendirilerek ve sıfat çiftleri düzenlenerek anketler oluşturulmuştur. Deneklerden, dinleme yaptıkları kayıtlar için belirlenen sıfat çiftleri arasından dereceli değerlendirme yapılması beklenmektedir. Birbirine zıt koşulları ifade eden sıfatlardan denek tarafından yakın bulunana doğru bir seçim yapılması istenmektedir. Deneklere sunulan anket metni “Ek E” bölümünde paylaşılmaktadır.

4.2.3 Anekoik Ses Kayıtlarının Oluşturulması

Deneylerde, fonetik dengeli kelime listeleri ve “Pinokyo” metnini içeren ses kayıtlarının salon modellerine aktararak işitselleştirmeler (auralisation) ile elde edilen dinleme kayıtları kullanılmıştır. Ses kayıtlarında dinleyicilere salonların akustik koşullarının sunulabilmesi için ses kayıtlarının “ham” olması gereklidir. Ham, yani kayıt yapılan ortam koşullarından arındırılmış kayıtların kullanılması ile modellenen salonların etkisi kayıtlara işlenebilmektedir. Bu da kayıt ortamında arka plan gürültüsü ile ses yansımalarının ortadan kaldırılmış olması anlamına gelmektedir. Tüm yüzeyleri ses yutucu malzeme ile kaplanmış tam anekoik odalar bu amaca hizmet eder.

Deneyler için fonetik dengeli kelime listeleri ve “Pinokyo” metni, Gebze’de bulunan Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü’ndeki tam anekoik odada kaydedilmiştir. Oda, “ISO 3745 Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic rooms” [118] standardına uygun olarak 2001 yılında inşa edilmiştir [119]. Odanın zemini dahil olmak üzere 6 yüzeyi özel ses yutucu kamalar (wedge) ile kaplanmıştır. Odaya girişler ve oda içindeki sirkülasyon zeminden 140 cm yüksekte gerilerek sabitlenmiş bir ağ üzerinde gerçekleştirilmektedir. Tam anekoik odanın (anekoik kaplamalar arası) iç ölçüleri 960 x 760 x 1030 cm’dir. Oda 50 Hz alt kesim frekansına sahiptir. Oda Şekil 4.34’te görülebilir.



Şekil 4.34 Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü Tam Anekoik Oda [119]

İşitselleştirmelerde kullanılan ham kayıtlar oluşturulurken kayıt ses düzeyi için ODEON hacim akustiği yazılımının önerileri dikkate alınmıştır. Yazılıma ait uygulama notlarında kayıtlar sırasındaki konuşma düzeyinin, simülasyonu yapılan salonda konuşma yapılma durumunu sembolize etmesi önerilmektedir [115]. “ISO 9921: 2003 Ergonomics – Assessment of speech communication” [120] standardında farklı düzeylerdeki vokal çabalara için paylaşılan, konuşmacıya 1 metre mesafedeki ses düzeyi değerleri Tablo 4.18’de paylaşılmaktadır.

Tablo 4.18 Vokal Çabaya Göre Ses Basınç Düzeyi Değerleri (Konuşmacıya 1 metre Mesafede) [115]

Vokal Çaba	Sakin (Relaxed)	Normal (Normal)	Yükseltilmiş (Raised)	Yüksek (Loud)	Çok Yüksek (Very Loud)
$L_{S,A,1m}$ (dB)	54	60	66	72	78

Yazılıma ait notlarda, özellikle konferans salonlarında, seslendirme sistemi de düşünülmediğinden normal düzeydeki vokal çabanın gerçekçi olmayacağı, bu nedenle yükseltilmiş (raised) vokal çabanın tercih edilmesi tavsiye edilmiştir [115]. Bu nedenle, konuşmacının tavsiye edilen vokal çabayı sergilediğinden emin olmak için kayıtlar sırasında konuşmacının 1 metre uzağında bir adet ses düzeyi ölçer (Brüel&Kjær Tip 2270) konumlandırılmış ve konuşma sırasında ses düzeyi sürekli kontrol edilerek okunan düzeyin 65 — 70 dBA dolaylarında kalması sağlanmıştır. Kayıt düzeneğine ilişkin görsel Şekil 4.35'te yer almaktadır. Kayıtlar kadın konuşmacı tarafından gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.35 Anekoik Ses Kayıtları Kayıt Aşaması

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Odyoloji Bölümü'nün, kayıtları gerçekleştirecek konuşmacı için aktardığı öneriler dikkate alınmıştır. Buna göre, deneklerin vokale ait özelliklerden etkilenmemesi için tek heceli kelimelerin vurgusuz okunması hedeflenmiştir. Deneklere vurgu aktarımı gerçekleşmesi

durumunda kelimelerin anlaşılardan tahmin edilmesi ya da yanlış anlaşılması söz konusu olabilir. Vurgusuz okuma ise, insan doğasına zıt olduğundan oldukça zordur. Kayıtlar sırasında vurgudan kaçınılmış ve kelimeler arasında taşıyıcı cümle kullanılmıştır. Her tek heceli kelimeden önce “şimdi yazacağınız kelime” ifadesinin okunması tek heceli kelimelerin mümkün olduğunca vurgusuz olmasına destek sağlamıştır. Her tek heceli kelime yaklaşık 4 sn aralıkla okunmuştur.

Değerlendirmede kullanılacak metnin ise, herhangi bir konferansta sunuluyor gibi okunması uygun bulunmaktadır. Metindeki kelimelerin düzgünce ifade edilmesi yeterlidir.

28 Kasım 2018 tarihinde, Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü’ne ait tam anekoik odada kayıtlar tamamlanmıştır. Altı kelime listesi ve “Pinokyo” metni için çok sayıda kayıt oluşturulmuştur. Bu kayıtlar arasında belirlenen kriterlere en uygun kayıtlar seçilmiş ve listeler üç deneye dinletilmiştir. Deneklerin duyduklarını yazması istenmiştir. Deneklerin tamamı tüm listeleri eksiksiz ve yanlışsız olarak yazmıştır. Böylelikle, oluşturulan kayıtların dinleme testleri için kullanılabilir olduğu görülmüştür.

4.2.4 Dinleme Ses Kayıtlarının Oluşturulması ve Düzey Kalibrasyonu

Tam anekoik odada kaydedilen kayıtlar, salon varyasyon modellerine aktarılmış ve salonların akustik özelliklerinin kayıtlara işlenmesi sağlanmıştır. Bu kayıtların deneklere salon modellemelerine uygun olarak sunulabilmesi için ayrıca düzey kalibrasyon çalışması yapılmıştır.

4.2.4.1 İşitselleştirmelerde Kullanılan Ses Kaynakları

Konuşma anlaşılabilirliğinde mekanlardaki arka plan gürültü düzeyi son derece önemlidir. İşitselleştirmelere arka plan gürültü düzeyinin eklenmesi ile gerçekçi salon koşulları deneklere sunulabilecektir. Çalışmada kullanılan yazılım ODEON, işitselleştirmeleri modellenen salonların yansıma karakteri üzerinden gerçekleştirdiğinden, arka plan gürültüsü dinleme kayıtlarında hissedilmez. Yazılımda arka plan gürültüsü işitselleştirmelere dahil edilmemektedir.

Deneylerde kullanılan dinleme kayıtlarına arka plan gürültüsü ayrı bir çalışma ile eklenmiştir. İşitselleştirmelerde Tablo 4.10’da ses düzeyi paylaşılan arka plan

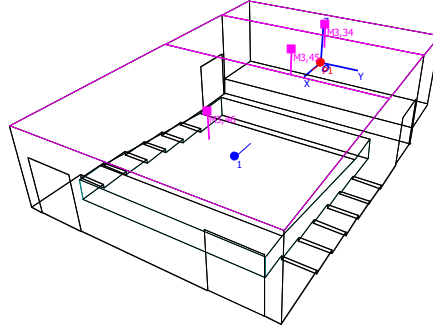
gürültüsü kullanılmıştır. Böylelikle yazılımda elde edilen nesnel hacim akustiği parametreleri ile hazırlanan dinleme kayıtları birbirleriyle örtüşebilmektedir.

İşitselleştirmeler, tek bir dinleyici noktası için gerçekleştirilmektedir. Hesaplamalarda ve işitselleştirmelerde kullanılan dinleyici noktası Şekil 4.17’de paylaşılmıştır. İşitselleştirmelere tavan, dinleyici noktasında Tablo 4.9’da paylaşılan arka plan gürültü düzeyi elde edilecek şekilde ses kaynağı olarak tanımlanmıştır. Ancak, her salon durumu için dinleyici noktasında aynı arka plan gürültü düzeyinin elde edilebilmesi için ses kaynağına ait ses gücü düzeyleri farklılaşmaktadır. Dört farklı ana salon durumu için kullanılan arka plan gürültü düzeyi değerleri Tablo 4.19’da görülebilir.

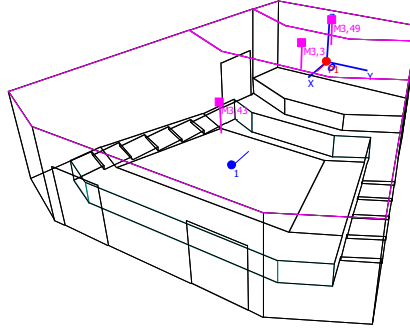
Tablo 4.19 Optimum Durum Modellerinde Kullanılan Arka Plan Gürültüsü Ses Gücü Düzeyi Değerleri

Ses Gücü Düzeyi (SWL)	Frekans (Hz)						Toplam (dB)	Toplam (dBA)
	125	250	500	1000	2000	4000		
D500	57,2	54,2	50,9	47,9	43,3	36,4	61,8	53,1
Y500	56,2	53,0	49,4	46,4	41,9	35,3	60,7	51,8
D1000	42,6	39,2	35,4	32,4	27,9	21,4	64,0	54,9
Y1000	42,0	39,0	35,5	32,7	28,5	21,9	63,1	54,5

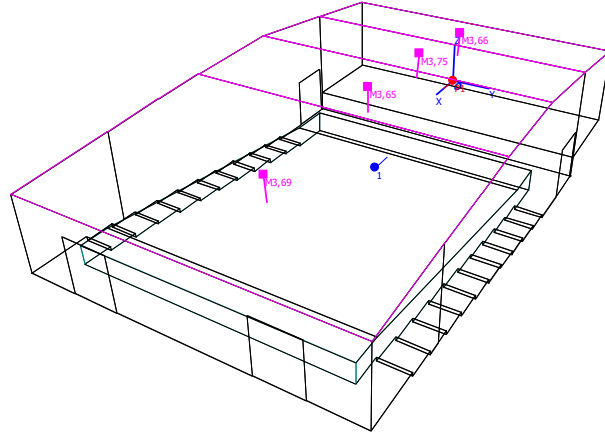
Optimum ve varyasyon durum modelleri için yapılan işitselleştirme çalışmalarının her birinde iki adet ses kaynağı kullanılmıştır. Bu ses kaynakları konuşmacı ve arka plan gürültüsüdür. İşitselleştirmelerde, konuşmacı ses kaynağından kelime listeleri ya da tüm “Pinokyo” metni; arka plan gürültüsü ses kaynağından beyaz gürültü yayınlanarak işitselleştirme işlemlerinde bu kayıtlar birleştirilmiştir. Modellemelerde kullanılan ses kaynakları Şekil 4.36 – 4.39’dda görülebilir (Kırmızı: Konuşmacı, Pembe: Arka Plan Gürültüsü).



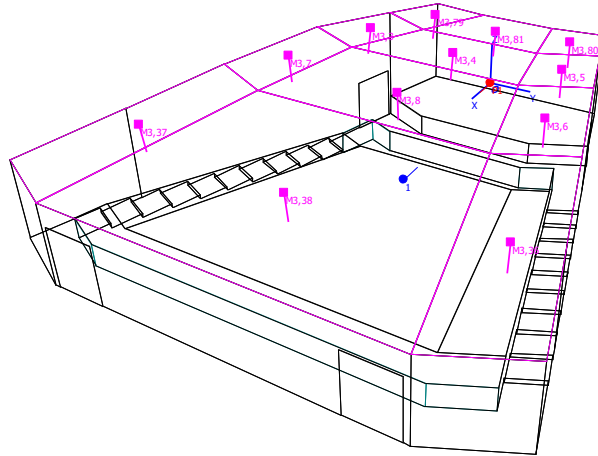
Şekil 4.36 İşitselleştirmelerde Kullanılan Ses Kaynakları (D500 Salonu)



Şekil 4.37 İşitselleştirmelerde Kullanılan Ses Kaynakları (Y500 Salonu)

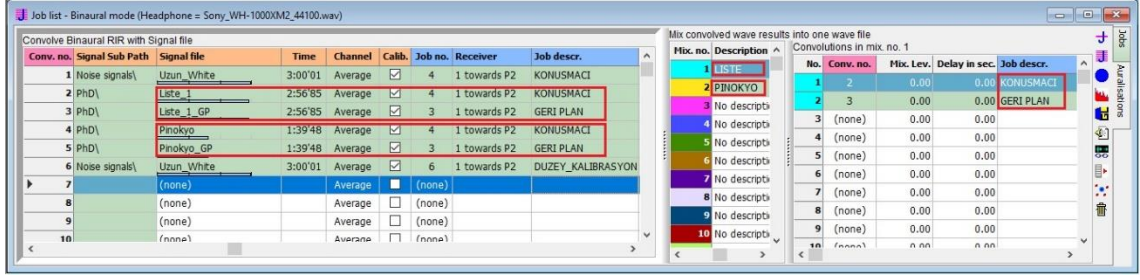


Şekil 4.38 İşitselleştirmelerde Kullanılan Ses Kaynakları (D1000 Salonu)



Şekil 4.39 İşitselleştirmelerde Kullanılan Ses Kaynakları (Y1000 Salonu)

Her bir modele ait ses kaynakları için ayrı ayrı işitselleştirme işlemi yapılmıştır. Liste ve metin kayıtları ayrı ayrı olarak, uygun uzunlukta arka plan gürültü sinyali ile birleştirilmiştir. Birleştirme işlemi için ses sinyalleri birbiri ile kalibre edilmiştir. Böylelikle kayıtlara ait ses düzeyleri uyumlu hale gelerek gerçek durumu yansıtabilmektedir. Bir modelin işitselleştirme aşamasına ait yazılım görseli Şekil 4.40'da yer almaktadır.



Şekil 4.40 Dinleme Kayıtları İşitselleştirme Aşaması Yazılım Görşeli (D500 Salonu)

Şekil 4.40’da örneği sunulan çalışma, deney tasarımında yer alan salon modellerinin tamamı için gerçekleştirilmiştir. Böylelikle, deneklere sunulacak dinleme kayıtları hazırlanmıştır.

Dinleyicilere, yapılan hesaplarda elde edilen düzeyde ses enerjisi verildiğinden emin olunabilmesi için bir önceki çalışma döneminde önerilen düzey kalibrasyonu aşamasına geçilmiştir.

4.2.4.2 Sunum Yöntemi

Modellemeler ve işitselleştirmelerde kullanılan yazılım olan ODEON’un algoritması, işitselleştirmelerin kulaklık ya da hoparlör ile sunulmasına olanak tanımaktadır. Yazılım kayıtları, yapılan kurulum ayarına göre tek ya da çift çıkışlı olacak şekilde oluşturmaktadır.

Kullanılabilecek sunum yöntemleri Şekil 4.41’de görselleştirilmiştir.



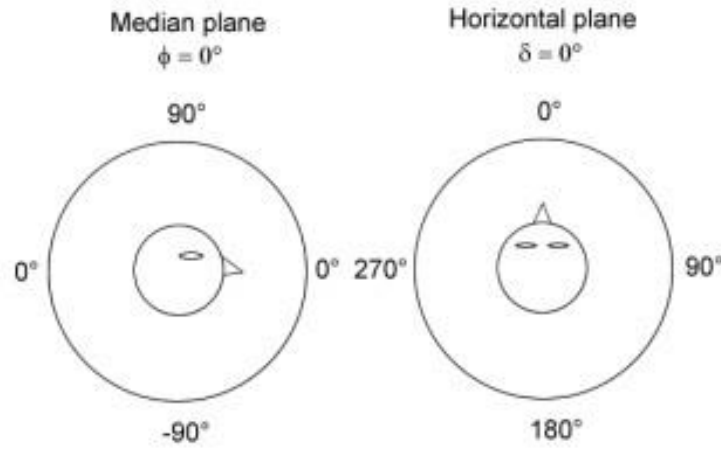
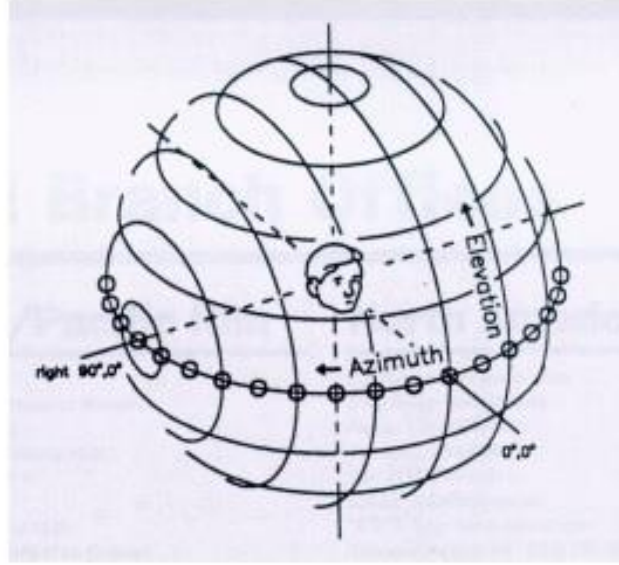
Şekil 4.41 Dinleme Kayıtları Sunum Yöntemleri

Simüle edilmek istenen durum koşullarının doğru bir şekilde işitselleştirilebilmesi için yazılıma ait araçların seçimi önemlidir. Dinleme noktasında gerçek durum koşullarının oluşması için ham kayıtlara etki edecek yazılımla ilgili parametreler aşağıda listelenmiştir.

- Mekanın tepkisi
- Arka plan gürültü düzeyi
- Anatomik Transfer Fonksiyonu (Head Related Transfer Function — HRTF)

İnsanların algıladığı ses üzerinde; kulak yolu, kulak kepçesi, baş ve göğüs kısımlarının hepsinin ortak etkileşimlerinin etkisi mevcuttur [121]. İnsan bedeni, fiziksel yapısı nedeniyle dinleyiciye ulaşan sesin işitilmesine etki eder. Başla ilgili transfer işlevleri, baş ve göğüsün neden olduğu doğrusal ses kırınımlarını tanımlamanın eksiksiz ve resmi bir yolu olarak tanımlanır [122]. Anatomik transfer fonksiyonu, HRTF (Head Related Transfer Functions), bu etkilerin işitme üzerindeki etkisini tanımlamaktadır [123].

Başla ilgili kırınım miktarı, 1982 yılında Shaw tarafından keşfedilen HRTF ile ilgili öncü çalışmada ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır [124]. Kulak zarına ulaşan ses dalgaları, kulak kepçesi, kafa ve gövdenin yön filtrelemesinden etkilenir [125]. Bu stereofonik (binaural) filtreleme etkisi temel olarak ses kaynaklarının yönünün geliş açısına bağlı olarak algılanmasını belirler [126, 127]. Kulak zarında veya kulak kanalı girişinde ölçülen ses basıncının, başın ortasında bir mikrofonla ancak baş yokken ölçülen ses basıncına bölünmesiyle tanımlanır. Buna göre, HRTF, ses gelişinin yönüne bağlıdır [122]. Günlük yaşam ortamlarında insanlar yerelleştirme için bireysel HRTF'lerini kullanır, ancak sanal ses ortamlarında HRTF'lerin kulaklıklar aracılığıyla “tam olarak” yeniden üretilmesi gerekir [125]. HRTF'ler, Şekil 4.42'de görüldüğü gibi Başla İlgili Koordinat Sisteminde tanımlanmıştır. İnsan vücudunun ve kulak kepçesinin şekli, yöne bağlı HRTF'leri belirler. Bu nedenle bireyseldirler ve aynı yönden denekler arasında büyük bir sapma olması doğaldır [128, 129, 130].



Şekil 4.42 Başla İlgili Koordinat Sistemi [126]

Hoparlör sunumlarında anatomik transfer fonksiyonu kullanılmaz, bu parametre dinleyicinin kendisi tarafından eklenmiş olur. Kulaklık sunumlarında ise anatomik transfer fonksiyonu yazılım tarafından eklenir.

Yukarıda açıklanan parametreler, modellenen akustik koşulların dinleme kayıtlarına aktarılmasını sağlar. Bu koşullar, modellenen mekan içinde kulaklıksız dinleme koşullarıdır.

İşitselleştirmelerin oluşturulması haricinde, dinleme kayıtlarının deneklere aktarılması sırasında dinleme kayıtlarına farklı parametreler etki edebilir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Dinlemelerde kullanılacak ses kartının (dahili ya da harici) teknik özellikleri
- Dinleme yapılacak mekana ya da kullanılacak kulaklığa ait özellikler
- Dinlemelerde kullanılacak cihazın ses düzeyi ayarları

Bilgisayara dahil ya da harici ses kartı, bir kazanım filtresine sahiptir ve bu filtrenin oktav bantlardaki kazancı ses kartına özgüdür. Filtreye ait ses kazancı özellikleri, dinleme kayıtlarının daha bas ya da daha tiz duyulmasına sebep olabilir. Dinleme kayıtlarının hedef koşullarda dinleyiciye aktarılabilmesi için, ses kartına ait kazanç filtresinin oktav bantlarda yataya yakın olması tercih edilir ancak bu koşullara her zaman ulaşılamaz. Bu durumda, tercih edilecek ses kartının teknik özellikleri dikkatlice incelenmelidir.

Ses kartına ait filtrede oktav bantlar arasında 1 veya 2 dB düzeyindeki sapmalar kabul edilebilir olarak tanımlanmaktadır [131]. Çoğu insan için ± 3 dB'in kolaylıkla ayırt etme sınırı olarak kabul edildiği düşünüldüğünde [2] 3 dB veya üzerindeki sapmalar algılamada değişiklikler yaratabilir düzeyde olmaktadır. Bu da kayıtlara ait bazı oktav bantlardaki seslerin aşırıya kaçması ya da maskelenmesi anlamına gelmektedir [131]. Araştırmalarda ses kartı filtresi için kesin bir kabul edilebilir değişim aralığına ulaşılamamakla birlikte filtrenin sağladığı kazanç ya da kaybın mümkün olan en düşük seviyede tutulmasına dikkat edilmesi önerilmektedir. Çalışmada kullanılacak ses kartına ait filtrenin oktav bantlar arasındaki sapmasının ± 2 dB'yi aşmaması hedeflenmiştir.

Çalışmada M-Audio marka MobilePre USB model ses kartı kullanılmıştır. Cihazın oktav bant filtresi 20 Hz-20 kHz aralığında ± 1.2 dB olarak belirtilmektedir [132]. Cihaz Şekil 4.43'te görülebilir.



Şekil 4.43 Kullanılan Ses Kartı (M-Audio MobilePre USB)

Hoparlör sunumlarında, dinleme yapılan ortamın yansışım karakterine bağlı oluşan hacim akustiği koşulları, kayıt sinyallerine etki ederek dinleyiciye ulaşan sesi, aktarılmak istenen ortam koşullarından farklılaştırabilir. Benzer şekilde, dinleme yapılan mekandaki arka plan gürültü düzeyi de mekan tepkisine benzer olarak karşımıza çıkar. Bu nedenle dinleme yapılacak ortamda arka plan gürültü düzeyinin düşük olmasına ve mekandaki yansışım süresinin kısa olmasına dikkat edilmelidir. Yine de dinleme yapılan mekanın katkısının kayıtlarda hissedilmesi kaçınılmazdır.

Bununla beraber, kulaklık sunumlarında dinlemelerde kullanılan kulaklığa ait filtre kayıtlara etki eder. Modellenen salonlardaki koşulların dinleyicilere aktarılabilmesi için bu kulaklık filtrelerinin sıfırlanması gereklidir. Bu işlem, ODEON yazılımında filtresi ön tanımlı kulaklıklar kullanılması ile yapılmaktadır. Yazılımda, kulaklıklara ait ters filtreler yer almaktadır. Seçilen kulaklığa ait ters filtre kayıtlara işlendiğinden kulaklık filtresi yazılım tarafından sıfırlanmış olur.

Yazılımın önerdiği kulaklıklar dışında bir kulaklık kullanılması durumunda ise kullanıcının düzeltme filtresini yazılıma aktarma olanağı bulunmaktadır. Kulaklık üreticisi ya da tedarikçisinden temin edilebilecek uygun formattaki dosyanın (.ee.hph ya da .wav) yazılıma aktarılması ile ilgili kulaklık için düzeltme filtresi çalışmalarda kullanılabilir.

Çalışmada Sony marka WH-1000XM2 model kulaklık kullanılmıştır. Kulaklığa ait filtrenin devre dışı bırakılabilmesi için gerekli düzeltme filtresi, modellemeler ve

işitselleştirmelerde kullanılan yazılım olan ODEON'da tanımlıdır. Kulaklık Şekil 4.44'te görülebilir.



Şekil 4.44 Kullanılan Kulaklık (Sony WH-1000XM2)

Dinlemeler sırasında kullanılacak bilgisayarın ses düzeyi ayarı da dinlemelere etki edecek bir başka parametredir. Belirlenen dinleme noktası için yapılan modellemelerde yazılım, mekan tasarım özellikleri ve ses kaynağına bağlı olarak bir düzey hesabı yapmaktadır. Dinleyiciye hesaplanan bu düzeyde ses enerjisi aktarımı oldukça önemlidir. Aksi durumda, değerlendirmeler olumlu ya da olumsuz yönde etkilenebilir.

Aktarım sırasında cihaza ait ses düzeyi artırılıp azaltılabileceğinden hesaplanan ses düzeyinin dinleyicilere doğru olarak aktarılamayabilir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için cihaza ait ses düzeyi ayarının, kayıtlara uygun olacak şekilde sabitlenmesi gerekir. Bunun sağlanması için düzey kalibrasyonu önerilmektedir. Kulaklık ve hoparlör sunumlarında düzey kalibrasyonu için farklı ölçüm konfigürasyonlarına ihtiyaç duyulması kaçınılmazdır.

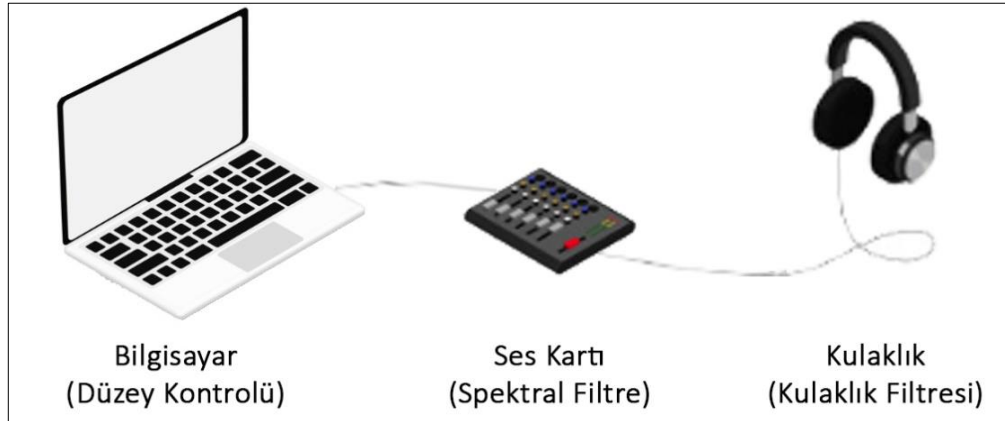
Açıklanan, ses kayıtlarının oluşturulması ve dinleyicilere aktarılmasına etki eden parametreler ışığında, dinleme kayıtları sunum yöntemlerinin olumlu ve olumsuz tarafları Tablo 4.20'de listelenmiştir (↑: Olumlu taraf ↓: Olumsuz taraf).

Tablo 4.20 Dinleme Kayıtları Sunum Yöntemlerinin Olumlu ve Olumsuz Tarafları

KULAKLIK SUNUMU	HOPARLÖR SUNUMU
↑ Kulaklık filtre etkisi sıfırlanır.	↓ Hoparlör filtre etkisi sıfırlanmaz.
↓ Düzey kalibrasyonu zor.	↑ Düzey kalibrasyonu kolay.
↑ Dinleme yapılan mekandan bağımsız.	↓ Dinleme yapılan mekan etkisi önemli.

Her iki sunum yönteminin olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır. Sunum yöntemi seçilirken, çalışmada araştırılan ana parametre dikkate alınmıştır. Yutuculuk değişiminin etkisinin araştırıldığı çalışma için oluşturulan kayıtların, dinleme yapılan mekanın etkisinden bağımsız olması aranan ilk koşuldur. Aksi halde dinleme yapılan mekana ait yutuculuk ve arka plan gürültüsü kayıtlara ait kullanıcı tercihlerini etkileyebilir nitelikte olacaktır. Bu nedenle dinleme kayıtlarının kulaklık ile sunulmasına karar verilmiştir.

Dinleme kayıtlarının kulaklık ile sunulmasında kullanılan sistem konfigürasyonuna ait görsel Şekil 4.45'te yer almaktadır. Görselde kayıtlara etki edebilecek parametreler parantez içinde belirtilmiştir.



Şekil 4.45 Dinleme Testi Kulaklık Sunumu Sistem Konfigürasyonu

Ses kartı ve kulaklığa ait filtreler cihaz tercihi ve yazılım ayarları ile ortadan kaldırılmıştır. Bu aşamada, ses düzeyi kontrolü kayıtları etkileyecek parametredir. Bu nedenle hazırlanan dinleme kayıtları için düzey kalibrasyonu yapılmıştır.

4.2.4.3 Ses Kayıtlarının Düzey Kalibrasyonu

Tablo 4.20’de paylaşıldığı üzere, işitselleştirmeleri etkileyen parametrelerin çoğunun, kulaklık sunumlarında ortadan kaldırılabildiği görülmektedir. Sunumlarda, sunum yapılan cihazın ses düzeyi ayarlarının etkisinin ortadan kaldırılması durumunda, modellenen mekanlara ait akustik koşullar eksiksiz olarak dinleyiciye aktarılabilir. Modellenen mekanların akustik koşullarının deneklere tam olarak aktarılmasının hedeflendiği çalışma kapsamında hazırlanan işitselleştirmelere ait kulaklık sunumları için düzey kalibrasyon çalışması yapılmıştır.

Düzey kalibrasyonu, modelleme hesaplarında dinleyici noktası için elde edilen ses basınç düzeyinin deneklere aktarılabilmesi açısından son derece önemlidir. Aksi durumda, deneylerde kullanılacak bilgisayar ya da ses kartı üzerinden yapılabilen ses düzeyi ayarına göre aktarılan enerji miktarı değişecektir. Bu da denekler tarafından yapılacak değerlendirmelerin doğruluğunu sorgulanabilir kılar. Bilgisayara ait ses düzeyi ayarı düşükken denekler anlamakta güçlük çekebilir ya da ses düzeyi ayarı yüksekken kelimeler olması gerekenden daha rahat anlaşılabilir. Bu nedenle kayıtların dinletilmesi esnasında dinleyiciye ulaşan ses basınç düzeyi, modellemelerde dinleme noktası için elde edilen ses basınç düzeyine eşit olmalıdır.

Yapılan araştırmalarda, hoparlör sunumları için düzey kalibrasyon yöntemi önerileri bulunmakla birlikte [133, 134] kulaklık sunumları için yapılmış ayrıntılı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Kulaklık sunumları kullanılan çalışmalarda düzey kalibrasyonu yapılmamış [135, 136] ya da çalışmaların ayrıntıları paylaşılmamıştır [137, 138]. Bu da kulaklık sunumlarında düzey kalibrasyonuna genellikle gereken önemin verilmediğini göstermektedir.

Çalışma kapsamında yapılan ses düzeyi kalibrasyonu ile dinleme testlerinde ses düzeyinin sabitlenerek dinleyicilere modellemede elde edilen değerde ses düzeyinin ulaştırılması sağlanmıştır.

Düzey kalibrasyonunda, kulaklık çıkışındaki ses basınç düzeyinin ölçülmesi ve ölçümlerde elde edilen ses basınç düzeyinin, modellemede dinleyici noktası için

hesaplanan ses basınç düzeyine eşit olduğundan emin olunması anlamına gelmektedir.

Kulak ve kulak içi ölçümleri için baş ve göğüs (head & torso simulator) simülatörleri kullanılmaktadır. Özellikle ses kalitesine yönelik Ar-Ge çalışmalarında kullanılan simülatör, çift kulaktan yapılacak ses kayıtları için insanın duyma karakterini simüle edebilen mankendir. Simülatör Şekil 4.46'da görülebilir. Kulaklık sunumları için düzey kalibrasyonunda baş ve göğüs simülatörlerinin kullanılması uygundur.



Şekil 4.46 Baş ve Göğüs Simülatörü (Head & Torso Simulator) [139]

Kalibrasyon çalışmalarında İTÜ Makina Fakültesi'ne ait baş ve göğüs simülatörü kullanılmıştır. Düzey ölçümlerinden önce, simülatöre ait mikrofonların kalibrasyonu, simülatör mikrofonlarına uygun pistonfon kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sistem konfigürasyonuna ait ekipman aşağıda listelenmiştir.

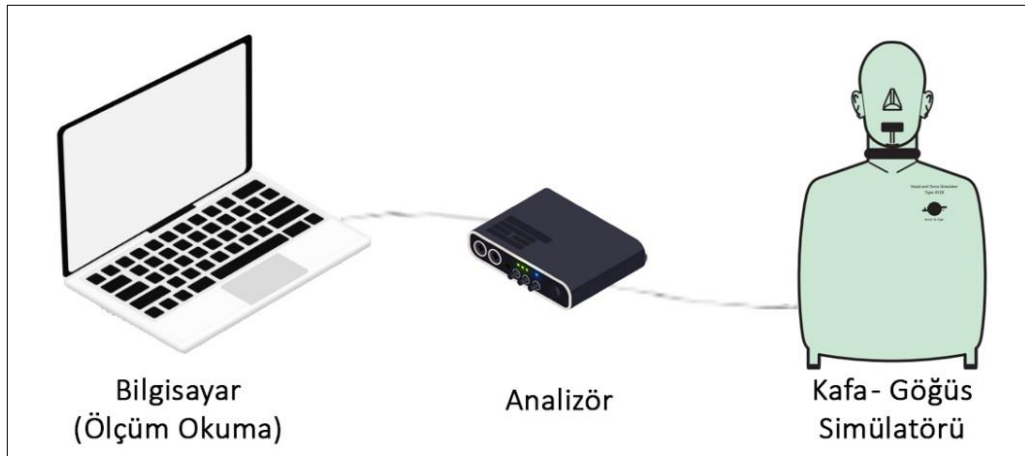
- Brüel & Kjær Head and Torso Simulator Type 4100-D
- Brüel & Kjær Pistonphone Type 4228
- Brüel & Kjaer PULSE Analyzer Type 3050

Mikrofon kalibrasyonuna Şekil 4.47'de yer verilmiştir. Mikrofon kalibrasyonu her iki kulak konumu için tekrarlanmıştır.



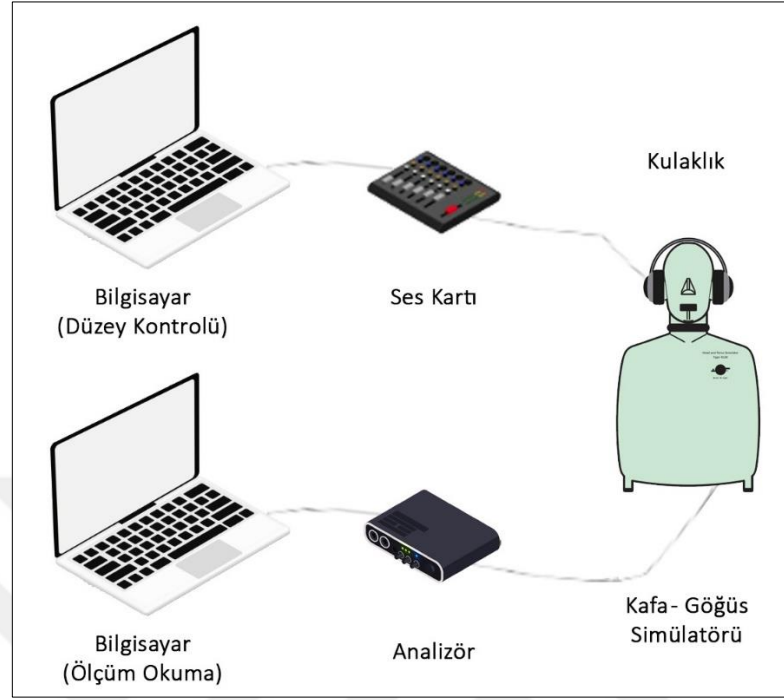
Şekil 4.47 Mikrofon Kalibrasyonu

Dinleme kayıtlarının düzey kalibrasyonu için, sunum düzeneği kurulmuş, düzenek Şekil 4.44’te verilen sırasıyla birbirine bağlanmıştır. Kulaklıklar ise baş ve göğüs simülatörüne yerleştirilmiştir. Kulaklığın simülatöre tam olarak oturduğundan emin olunmuştur. Baş ve göğüs simülatörü, bir analizör ve alınan değerleri okuyabilmek için ayrı bir bilgisayara bağlanmıştır. Analiz bağlantısına ait görsel Şekil 4.48’de görülebilir.



Şekil 4.48 Düzey Kalibrasyon Ölçümü Sistem Konfigürasyonu

Kurulan tüm düzeneğe ilişkin bağlantılar Şekil 4.49’da, kurulan ölçüm düzeneği ise Şekil 4.50’de görülebilir.



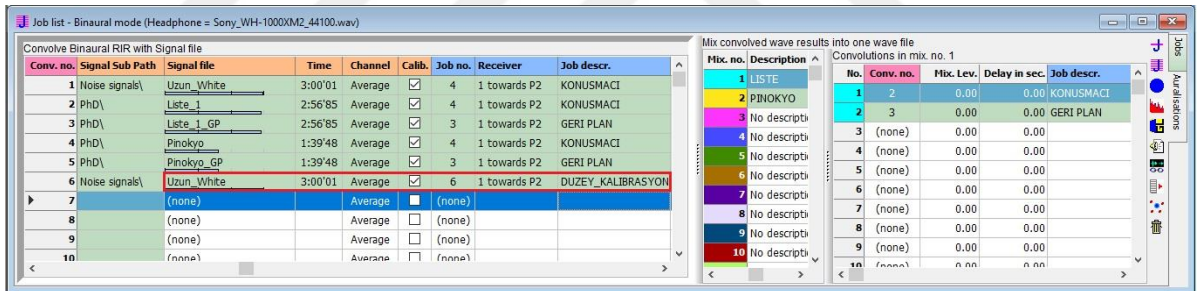
Şekil 4.49 Düzey Kalibrasyon Düzeneği



Şekil 4.50 Kurulan Düzey Kalibrasyon Düzeneği

Çalışma kapsamında, dinleyici tercihlerinin belirlenmesi amacıyla deneklere, modellenen salonların akustik koşullarına göre işitselleştirilen konuşma kayıtları sunulmuştur. Ancak konuşma sinyaline ait ses düzeyi zamana bağlı olarak değişkenlik göstereceğinden, işitselleştirmede kullanılan konuşma kayıtlarının, düzey kalibrasyonunda kullanılması doğru bir yaklaşım değildir. Konuşma sinyallerinin kullanılması durumunda ses düzeyi ayarlaması yapmak mümkün olmaz. Bu nedenle kalibrasyonda sabit bir sinyalin kullanılması gerekir. Kalibrasyonda beyaz gürültü kullanılması uygun bulunmaktadır.

Düzy kalibrasyonunda amaç, işitselleştirme sonucunda elde edilen ses kaydına ait düzeyin, dinleyici konumunda hesaplanan ses basınç düzeyine eşit olmasıdır. Dinleme esnasında konuşma ve arka plan gürültüsünün birlikte sunulması istendiğinden, dinleyici noktasında bu ses kaynakları aktifken ses basınç düzeyi hesaplanmıştır. Söz konusu iki kaynak aktif durumda iken beyaz gürültü sinyali kullanılarak işitselleştirmeler ayrıca gerçekleştirilmiştir. Düzy kalibrasyonu işitselleştirme aşamasında ait yazılım görseli Şekil 4.51’de görülebilir.



Şekil 4.51 Düzy Kalibrasyonu İşitselleştirme Aşaması Yazılım Görseli

Şekil 4.51’de verilen hesaplama penceresinde işaretlendiği gibi, kayıt ses düzeylerinin uyumlu olması için konuşma sinyalleri ile beyaz gürültü sinyalinin birbiri ile eşleşmesi gereklidir. Bu nedenle bu sinyaller kendi arasında “kalibre” edilmiş olmalıdır. Her iki sinyal için ses çıkış düzeyinin aynı düzeyde elde edilebilmesi için kayıt düzeyi (recording level) de eşit olarak bırakılmıştır.

Dinleme testlerinde kullanılacak 20 salon varyasyonu için düzy kalibrasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Her bir model için ölçümlerde okunması hedeflenen ses basınç düzeyi değerleri Tablo 4.21’de paylaşılmaktadır.

Tablo 4.21 Dinleme Noktalarında Hesaplanan Ses Basınç Düzeyi Değerleri

SALON	SES BASINÇ DÜZEYİ (SPL)			SALON	SES BASINÇ DÜZEYİ (SPL)		
D500	SPL(Lin)	60,5	dB	D500_D_A	SPL(Lin)	57,7	dB
	SPL(A)	57,5	dBA		SPL(A)	54,5	dBA
D500_D_C	SPL(Lin)	58,7	dB	D500_T_A	SPL(Lin)	58,5	dB
	SPL(A)	55,5	dBA		SPL(A)	55,4	dBA
D500_T_C	SPL(Lin)	59,1	dB	D1000	SPL(Lin)	59,8	dB
	SPL(A)	56,0	dBA		SPL(A)	56,8	dBA
D1000_D_E	SPL(Lin)	59,6	dB	D1000_T_B	SPL(Lin)	57,7	dB
	SPL(A)	56,6	dBA		SPL(A)	54,6	dBA
D1000_T_D	SPL(Lin)	59,3	dB	D1000_D_B	SPL(Lin)	57,8	dB
	SPL(A)	56,1	dBA		SPL(A)	54,8	dBA
Y500	SPL(Lin)	61,8	dB	Y500_D_B	SPL(Lin)	59,9	dB
	SPL(A)	58,8	dBA		SPL(A)	56,9	dBA
Y500_D_D	SPL(Lin)	61,3	dB	Y500_T_B	SPL(Lin)	59,3	dB
	SPL(A)	58,2	dBA		SPL(A)	56,3	dBA
Y500_T_E	SPL(Lin)	61,5	dB	Y1000	SPL(Lin)	60,0	dB
	SPL(A)	58,5	dBA		SPL(A)	56,9	dBA
Y1000_D_A	SPL(Lin)	58,8	dB	Y1000_D_C	SPL(Lin)	59,2	dB
	SPL(A)	55,8	dBA		SPL(A)	56,1	dBA
Y1000_T_A	SPL(Lin)	57,6	dB	Y1000_T_C	SPL(Lin)	58,4	dB
	SPL(A)	54,3	dBA		SPL(A)	55,2	dBA

Her bir kayıt, dinleme testi sisteminde açıldıktan sonra, ölçüm sisteminde Tablo 4.21’de paylaşılan ilgili değer okunana kadar bilgisayar ses ayarı değiştirilmiştir. İstenen ses düzeyi okunduğu ana ait sistem ayarları kaydedilmiştir. Deneklere yapılan testler sırasında her bir model için belirlenen ayarlar düzenlenerek dinlemeler gerçekleştirilmiştir. Böylelikle modellemelerde hesaplanan ses düzeyi deneklere aktarılmıştır.

4.2.5 Dinleme Testleri

Dört optimum salon ve 16 salon varyasyonu için hazırlanan dinleme kayıtları üzerinden kelime ayırt etme ve kullanıcı tercihleri belirleme testleri yapılmıştır.

Deneylere toplam 20 denek katılmıştır. Denekler, olağan bir konferans salonu kullanımına benzer olacak şekilde geniş yaş dağılımına uygun olarak belirlenmiştir. Deneklerin yaşları 20 ila 67 arasında değişmektedir. Denekler 10 kadın, 10 erkek katılımcıdan oluşmaktadır. Tüm deneklerin anadili Türkçedir ve deneklerin tamamı işitme ile ilgili herhangi bir sorunu olmadığını ifade etmiştir.

Dinleme testleri yapılmadan önce her bir denek için Şekil 4.44'te gösterilen sistem konfigürasyonu kurulmuştur. Her bir salona ait deney öncesinde kullanılan bilgisayara ait ses düzeyi, düzey kalibrasyonuna uygun olacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir salon modeli için ikişer dinleme testi (fonetik olarak dengelenmiş kelime ayırt etme testi ve kullanıcı tercihi belirleme testi) yapılmıştır. Dinleme testleri 20 denek için tekrarlanmıştır.

Fonetik olarak dengelenmiş kelime ayırt etme testleri için 6 liste kullanılmıştır. Toplam 20 salon için yapılan dinleme testlerinde deneklerin daha önceki testlerde duydukları kelimeleri hatırlamaması için testler toplam 4 güne yayılarak tamamlanmıştır. Deney programı Tablo 4.22'de görülebilir.

Tablo 4.22 Dinleme Testleri Deney Programı

SALON	DENEY 1	DENEY 2	GÜN
D500	Liste 1	Pinokyo	GÜN 1
Y500	Liste 2	Pinokyo	
D500_D_A	Liste 3	Pinokyo	
D500_D_C	Liste 4	Pinokyo	
D500_T_A	Liste 5	Pinokyo	
D500_T_C	Liste 6	Pinokyo	GÜN 2
Y500_D_B	Liste 1	Pinokyo	
Y500_D_D	Liste 2	Pinokyo	
Y500_T_B	Liste 3	Pinokyo	
Y500_T_E	Liste 4	Pinokyo	

Tablo 4.22 Dinleme Testleri Deney Programı (Devam)

SALON	DENEY 1	DENEY 2	GÜN
D1000	Liste 5	Pinokyo	GÜN 3
Y1000	Liste 6	Pinokyo	
D1000_D_B	Liste 1	Pinokyo	
D1000_D_E	Liste 2	Pinokyo	
D1000_T_B	Liste 3	Pinokyo	
D1000_T_D	Liste 4	Pinokyo	GÜN 4
Y1000_D_A	Liste 5	Pinokyo	
Y1000_D_C	Liste 6	Pinokyo	
Y1000_T_A	Liste 1	Pinokyo	
Y1000_T_C	Liste 2	Pinokyo	

Deney aşamasına ait görseller Şekil 4.52, 4.53 ve 4.54'te görülebilir.



Şekil 4.52 Dinleme Testi Aşaması Denek No:1



Şekil 4.53 Dinleme Testi Aşaması Denek No:2



Şekil 4.54 Dinleme Testi Aşaması Denek No:3

4.2.6 Dinleme Testlerinde İncelenen İstatistiksel Değerler

Değerlendirmelerde, test tipine uygun olarak, Aritmetik Ortalama, Standart Sapma ve Mod değerleri incelenmiştir.

4.2.6.1 Aritmetik Ortalama

Aritmetik ortalama, istatistiksel analizde sıklıkla kullanılır. Aritmetik ortalama, gözlem değerlerinin cebirsel toplamının gözlem sayısına bölünmesi ile hesaplanır [140].

4.2.6.2 Standart Sapma

Bir seriyi oluşturan gözlem değerlerinin aritmetik ortalamadan farklarının kareli ortalaması olarak tanımlanan standart sapma [140], verilen yanıtların ortalamadan ne kadar farklılaştığını ifade eder.

4.2.6.3 Mod

Mod, bir seride en çok tekrarlanan değer olarak tanımlanmaktadır ve basit ve sıklık serilerinde en çok tekrarlanan gözlem değerinin belirlenmesiyle hesaplanır [140].

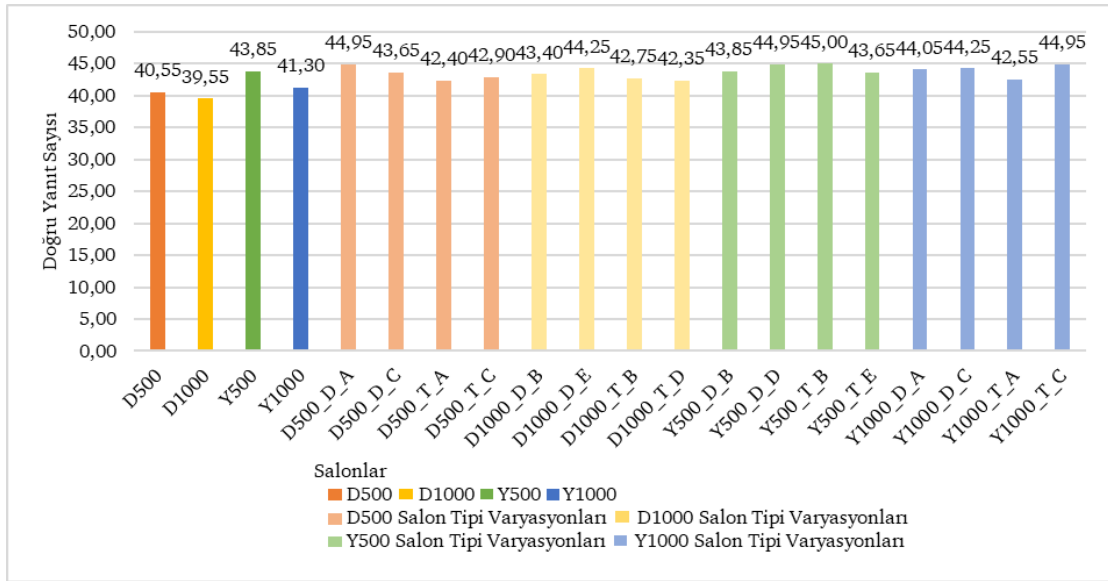
4.2.7 Dinleme Testi Verilerinin İstatistiksel Analizi

Yapılan test çalışmalarının takibinde, elde edilen yanıtlar IBM SPSS Statistics yazılımına aktarılmıştır. Toplam 20 denneğin verileri değerlendirilmiştir. Uygulanan iki test türü için, 20 farklı salon modelinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Testler için elde edilen tüm sonuçlar ilgili alt başlıklarda paylaşılmaktadır.

4.2.7.1 Fonetik Olarak Dengelenmiş Kelime Ayırt Etme Testi Sonuçları

Fonetik olarak dengelenmiş kelime ayırt etme testinde deneklere sunulan listeler 50 adet tek heceli kelime içermektedir. Deneklerden duyduklarını yazmalarının istendiği testlerde elde edilen yanıtların aritmetik ortalaması alınmıştır. Verilen doğru yanıtlara ait aritmetik ortalama değerleri Şekil 4.55'te görülebilir.



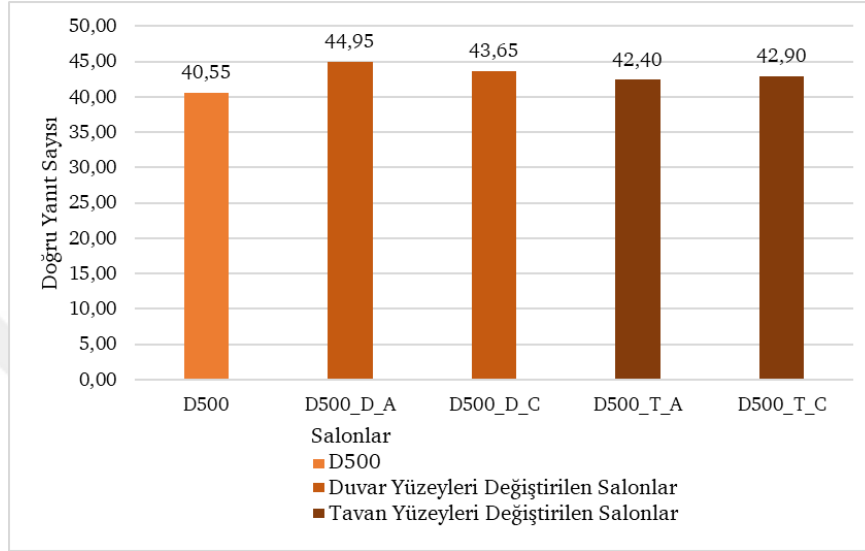
Şekil 4.55 Fonetik Olarak Dengelenmiş Kelime Ayırt Etme Testi Doğru Yanıt Sayısı

Deneklerin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.23'te paylaşılmaktadır.

Tablo 4.23 Verilen Doğru Yanıt Sayılarının Tanımlayıcı İstatistikleri

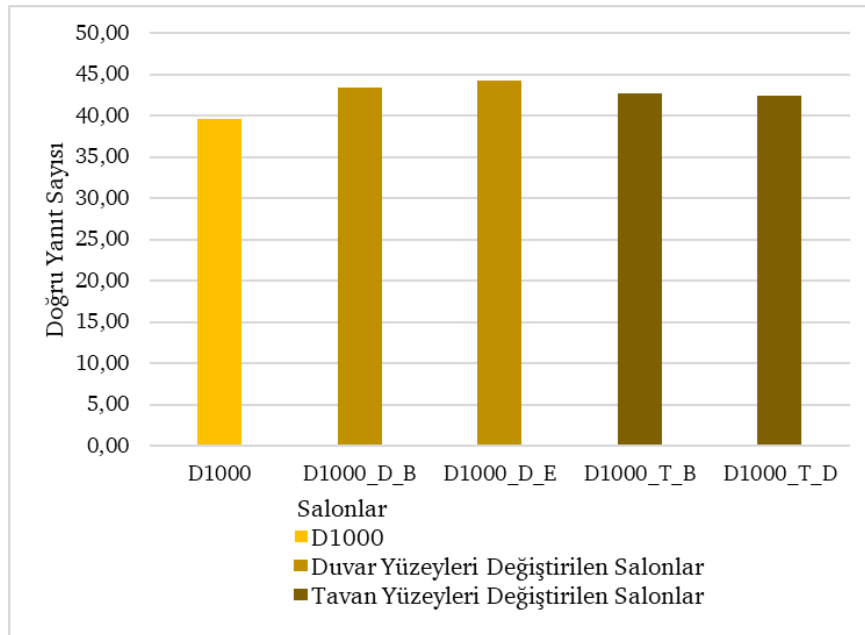
Salon	n	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
D500	20	27	46	40,55	4,26
D1000	20	24	47	39,55	5,71
Y500	20	34	48	43,85	3,65
Y1000	20	30	47	41,30	4,68
D500_D_A	20	32	49	44,95	3,98
D500_D_C	20	32	48	43,65	4,68
D500_T_A	20	26	48	42,40	5,73
D500_T_C	20	34	48	42,90	4,46
D1000_D_B	20	31	48	43,40	4,68
D1000_D_E	20	33	50	44,25	4,39
D1000_T_B	20	32	48	42,75	3,70
D1000_T_D	20	28	48	42,35	5,67
Y500_D_B	20	27	49	43,85	4,51
Y500_D_D	20	31	48	44,95	3,72
Y500_T_B	20	32	48	45,00	3,49
Y500_T_E	20	30	49	43,65	4,79
Y1000_D_A	20	33	49	44,05	4,54
Y1000_D_C	20	29	48	44,25	4,80
Y1000_T_A	20	29	47	42,55	4,61
Y1000_T_C	20	33	49	44,95	3,85

Doğru yanıt sayıları incelendiğinde en yüksek ortalamanın Y500_T_B varyasyon modeline ait olduğu görülmektedir. Yan duvar ve tavan yüzeylerine ait ses yutuculuğunun artması ile deneylere verilen doğru yanıt sayısının genellikle arttığı görülmektedir. Yalnızca bir salon için doğru yanıt sayısı optimum duruma göre daha azdır (Y500_T_E). Testlere verilen doğru yanıt sayıları, salon tiplerine göre ayrıca Şekil 4.56 – 4.59’da paylaşılmaktadır.



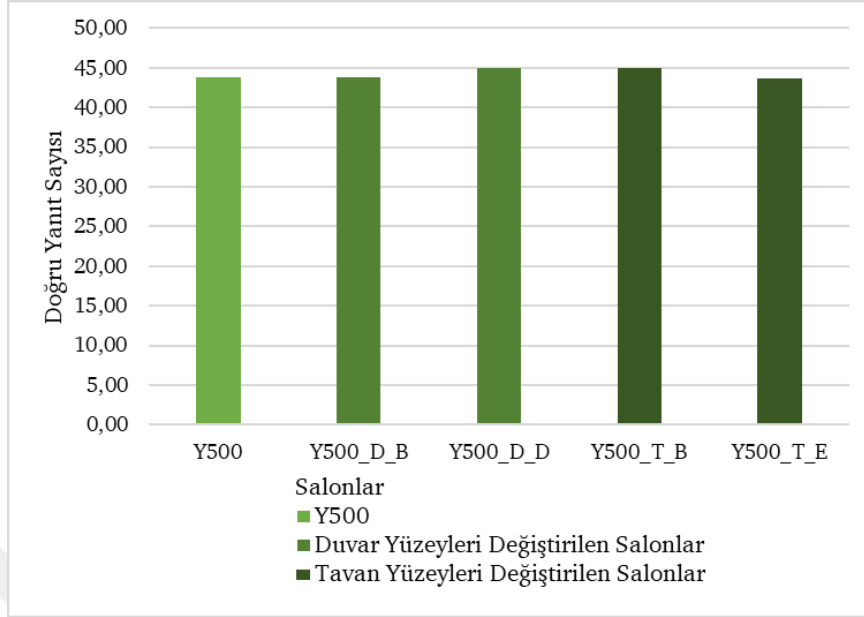
Şekil 4.56 D500 Salonu ve Varyasyonları için Verilen Doğru Yanıt Sayısı

D500 salon tipi ve varyasyonlarına ait ortalamalar incelendiğinde, en yüksek ortalamanın D500_D_A varyasyonuna ait olduğu görülmektedir.



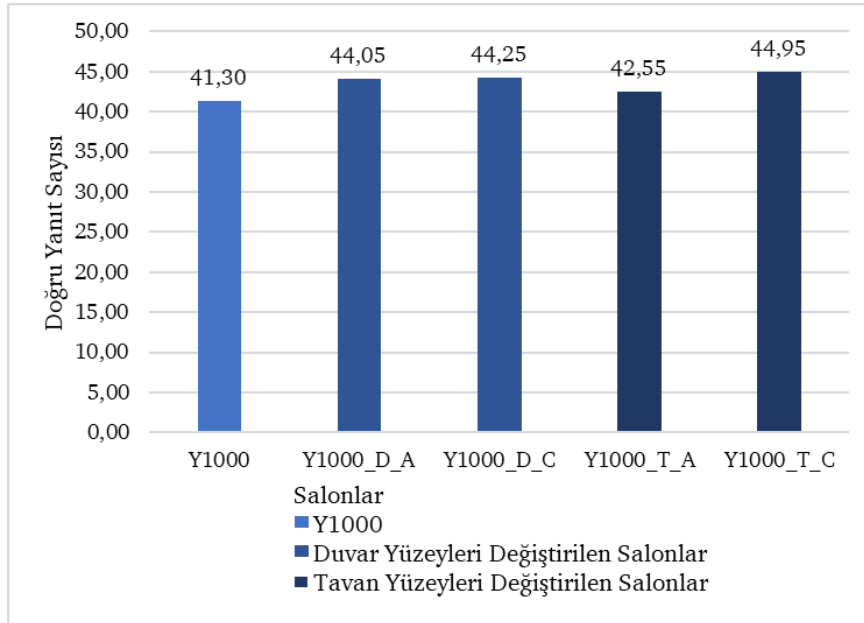
Şekil 4.57 Y500 Salonu ve Varyasyonları için Verilen Doğru Yanıt Sayısı

Y500 salon tipi ve varyasyonlarına ait ortalamalar incelendiğinde, en yüksek ortalamanın Y500_T_B varyasyonuna ait olduğu görülmektedir.



Şekil 4.58 D1000 Salonu ve Varyasyonları için Verilen Doğru Yanıt Sayısı

D1000 salon tipi ve varyasyonlarına ait ortalamalar incelendiğinde, en yüksek ortalamanın D1000_D_E varyasyonuna ait olduğu görülmektedir.



Şekil 4.59 Y1000 Salonu ve Varyasyonları için Verilen Doğru Yanıt Sayısı

Y1000 salon tipi ve varyasyonlarına ait ortalamalar incelendiğinde, en yüksek ortalamanın Y1000_T_C varyasyonuna ait olduğu görülmektedir.

Çalışmaya, katılımcıların doğru sayıları arasındaki ilişkiyi test etmek için korelasyon analizi uygulanmıştır. Bunun sonucunda, istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). En yüksek ilişki Y1000 ile Y1000_T_A salonları arasındadır. Tablo 4.24'te katılımcıların doğru yanıt sayıları arasındaki ilişki yer almaktadır (Yeşil: $p < 0.05$).

Tablo 4.24 Verilen Doğru Yanıt Sayıları Arasındaki İlişki

	r	p
D500_D_A	0.800	0.000*
D500_D_C	0.780	0.000*
D500_T_A	0.663	0.001*
D500_T_C	0.496	0.026*
Y500_D_B	0.820	0.000*
Y500_D_D	0.749	0.000*
Y500_T_B	0.690	0.001*
Y500_T_E	0.872	0.000*
D1000_D_B	0.786	0.000*
D1000_D_E	0.830	0.000*
D1000_T_B	0.665	0.000*
D1000_T_D	0.819	0.000*
Y1000_D_A	0.837	0.000*
Y1000_D_C	0.842	0.000*
Y1000_T_A	0.891	0.000*
Y1000_T_C	0.709	0.000*

Testlerde verilen doğru yanıt sayısının oldukça yüksek olması, nesnel hacim akustiği parametre hesaplarında konuşma anlaşılabilirliği ile ilişkili parametrelerin önerilen değer aralığında olmasını destekler niteliktedir. Bir salon varyasyonu dışında (Y500_T_E), salon varyasyonları için verilen doğru yanıt sayısı, optimum salon durumlarından daha fazladır. Dikdörtgen plan tipine sahip salonlarda, duvar yüzeylerinde yutuculuğun artması ile doğru yanıt sayısının arttığı söylenebilir. Yelpaze plan tipine sahip salonlar için bu çıkarım veya tersi geçerli değildir.

4.2.7.2 Kullanıcı Tercihleri Belirleme Testi Sonuçları

Kullanıcı tercihleri belirleme testinde deneklere, 20 salon varyasyonu için, belirlenen dört farklı kategoriye karşılık gelecek şekilde toplam 15 sıfat çifti sunulmuştur. Sunulan sıfat çiftleri Likert tipi ölçeğe göre 1 ila 5 arasında numaralandırılmıştır. Sıfat çiftleri için yapılan seçimlere ait Aritmetik Ortalama, Standart Sapma ve Mod değerleri paylaşılmaktadır.

İstatistiksel analiz verileri kategoriler halinde paylaşılmaktadır. Her bir kategori için sıfat çiftlerine ait tanımlayıcı istatistikler verilmiştir. Deneklerin ilgili kategorilere ait sıfat çiftleri için yaptıkları seçimler arasındaki ilişkiyi test etmek için korelasyon analizi uygulanmıştır. Yapılan analiz sonucunda $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı olan ilişkiler tablolarda gösterilmiştir (Yeşil: $p < 0.05$).

Tablo 4.25 Yansışım Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

Yansışım Kategorisi		Çınlamalı Çınlamasız	Yankılı Yankısız	Ölü Canlı	Büyük Bir Salon Küçük Bir Salon
D500	Ortalama	2,10	3,35	3,30	3,50
	St. Sapma	0,97	1,31	1,13	1,00
	Mod	2	4	4	4
D1000	Ortalama	2,10	3,10	3,70	2,95
	St. Sapma	1,12	1,02	1,17	1,00
	Mod	2	4	5	3
Y500	Ortalama	2,00	3,50	2,80	3,25
	St. Sapma	1,17	1,19	1,06	1,07
	Mod	1	4	2	4
Y1000	Ortalama	3,10	2,90	3,05	2,70
	St. Sapma	1,02	1,02	1,15	1,26
	Mod	4	2	2	3
D500_D_A	Ortalama	1,80	3,90	2,70	3,50
	St. Sapma	1,20	1,45	1,26	1,15
	Mod	1	5	2	4
D500_D_C	Ortalama	2,40	3,25	3,00	3,70
	St. Sapma	0,94	1,16	0,97	0,86
	Mod	2	2	3	4
D500_T_A	Ortalama	2,65	3,00	3,20	2,95
	St. Sapma	1,31	1,41	1,20	1,15
	Mod	2	4	2	4
D500_T_C	Ortalama	2,90	3,15	2,90	3,25
	St. Sapma	1,02	1,09	0,91	1,12
	Mod	3	2	3	3
D1000_D_B	Ortalama	2,20	3,60	2,55	2,65
	St. Sapma	1,06	1,35	0,83	1,09
	Mod	2	5	2	2

Tablo 4.25 Yansıım Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri (Devam)

Yansıım Kategorisi		Çınlamalı Çınlamasız	Yankılı Yankısız	Ölü Canlı	Büyük Bir Salon Küçük Bir Salon
D1000_D_E	Ortalama	2,70	3,00	3,60	2,50
	St. Sapma	1,22	1,17	0,75	1,19
	Mod	2	4	4	2
D1000_T_B	Ortalama	2,65	3,30	2,75	2,75
	St. Sapma	1,18	1,13	0,97	0,91
	Mod	2	2	3	3
D1000_T_D	Ortalama	2,05	3,50	3,60	3,55
	St. Sapma	1,15	1,32	0,94	1,10
	Mod	2	2	4	4
Y500_D_B	Ortalama	1,80	4,05	2,60	4,00
	St. Sapma	1,06	1,05	1,10	0,73
	Mod	1	4	2	4
Y500_D_D	Ortalama	2,50	3,55	3,75	2,85
	St. Sapma	1,05	1,28	0,79	1,04
	Mod	2	3	4	3
Y500_T_B	Ortalama	2,90	3,20	3,05	2,55
	St. Sapma	1,33	1,28	1,28	0,94
	Mod	2	2	4	2
Y500_T_E	Ortalama	3,20	3,10	3,75	2,35
	St. Sapma	1,11	1,37	0,79	0,93
	Mod	4	2	4	2
Y1000_D_A	Ortalama	1,50	4,30	2,95	3,70
	St. Sapma	0,83	0,92	1,19	1,17
	Mod	1	4	2	4
Y1000_D_C	Ortalama	2,05	3,25	3,40	3,50
	St. Sapma	0,69	0,91	0,82	0,76
	Mod	2	4	4	4
Y1000_T_A	Ortalama	3,35	2,35	3,20	2,20
	St. Sapma	1,14	0,88	1,01	0,89
	Mod	4	2	4	2
Y1000_T_C	Ortalama	2,85	2,80	3,35	2,60
	St. Sapma	1,04	1,36	0,81	0,94
	Mod	4	2	4	2

Tablo 4.26 Yansışım Kategorisi Seçimleri Arasındaki İlişki

Yansışım Kategorisi	Çınlamalı Çınlamasız		Yankılı Yankısız		Ölü Canlı		Büyük Bir Salon Küçük Bir Salon	
	r	p	r	p	r	p	r	p
D500_D_A	0.155	0.515	-0.036	0.880	0.473	0.035*	0.229	0.331
D500_D_C	-0.046	0.846	0.320	0.170	0.431	0.431	0.244	0.301
D500_T_A	0.195	0.409	-0.057	0.812	0.382	0.382	0.528	0.017*
D500_T_C	-0.682	0.001*	-0.260	0.268	0.184	0.437	-0.071	0.767
Y500_D_B	0.128	0.591	0.568	0.009*	0.519	0.019*	0.136	0.569
Y500_D_D	0.428	0.060	0.363	0.115	0.000	1.000	0.414	0.070
Y500_T_B	0.540	0.014*	0.413	0.070	0.359	0.120	-0.143	0.547
Y500_T_E	0.529	0.016*	0.289	0.216	0.127	0.594	0.013	0.956
D1000_D_B	0.071	0.765	0.183	0.440	0.451	0.046*	-0.114	0.633
D1000_D_E	0.486	0.030*	0.573	0.008*	0.273	0.243	-0.111	0.643
D1000_T_B	0.068	0.777	0.475	0.034*	0.533	0.015*	-0.362	0.117
D1000_T_D	0.488	0.029*	0.430	0.058	0.505	0.023*	0.362	0.117
Y1000_D_A	0.187	0.430	-0.022	0.926	0.118	0.621	0.327	0.159
Y1000_D_C	-0.308	0.186	0.425	0.062	0.537	0.015*	0.000	1.000
Y1000_T_A	0.059	0.805	0.571	0.008*	-0.375	0.104	0.383	0.096
Y1000_T_C	-0.084	0.724	0.439	0.053	0.263	0.263	0.027	0.911

D500, Y500 ve D1000 salonlarına ait varyasyon durum modelleri, optimum durumlara kıyasla genellikle daha “çınlamalı” olarak nitelendirilmiştir (D500_D_A, Y500_D_B ve D1000_T_D dışında). Varyasyon durum modellerinde, salonların optimum durumlarına göre yutuculuklarının artırıldığı dikkate alındığında bu sonuç çelişkili bulunmaktadır. Y1000 salonuna ait varyasyon durum modelleri için Y1000_T_A varyasyonu dışında ters bir çıkarım yapmak mümkündür. Duvarlara ait malzemelerin A yutuculuk sınıfına çıkarıldığı salon varyasyonlarında ise (D500_D_A ve Y1000_D_A) salonlar belirgin olarak “çınlamasız” olarak nitelendirilmiştir. Tüm salonlar arasında Y1000_T_A en “çınlamalı”, Y1000_D_A en “çınlamasız” salon olarak nitelendirilmiştir.

D500 ve Y500 salon varyasyonları için “yankılı – yankısız” sıfat çifti seçimleri “çınlamasız – çınlamalı” sıfat çifti seçimleri ile benzerlik göstermektedir. D1000_D_E ve Y_1000_T_A varyasyonları dışındaki diğer D1000 ve Y1000 salon varyasyonları optimum duruma kıyasla genellikle daha “yankısız” olarak nitelendirilmiştir. Tüm salonlar arasında Y1000_T_A en “yankılı”, Y1000_D_A en “yankısız” salon olarak nitelendirilmiştir.

“Ölü – canlı” sıfat çifti için yapılan seçimler incelendiğinde, D500 ve D1000 salonlarına ait varyasyon durum modellerinin optimum durumlara kıyasla genellikle daha “ölü” olarak nitelendirildiği görülmektedir. Y500_D_B ve Y1000_D_A salonları dışında, Y500 ve Y1000 salonlarına ait varyasyon durum modelleri, optimum durumlara kıyasla daha “canlı” olarak nitelendirilmiştir. Deneklere göre tüm salonlar arasında D1000_D_B en “ölü”, Y500_D_D ve Y500_T_E en “canlı” salonlardır.

D500_D_A ve D500_D_C salon varyasyonları dışında diğer salon varyasyonları için “büyük bir salon – küçük bir salon” sıfat çifti seçimleri “çınlamasız – çınlamalı” sıfat çifti seçimleri ile benzerlik göstermektedir. Tüm salonlar arasında Y1000_T_A en “büyük salon”, Y500_D_B en “küçük salon” olarak nitelendirilmiştir.

Tablo 4.27 Netlik Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

Netlik Kategorisi		Bulanık Net	Anlaşılmaz Anlaşılır	Dinlerken Zorlandım Zorlanmadım	Dinlerken Çaba Gösterdim Göstermedim
D500	Ortalama	3,90	4,50	3,90	3,60
	St. Sapma	0,91	0,69	1,02	1,31
	Mod	4	5	5	2
D1000	Ortalama	3,95	4,45	4,00	4,05
	St. Sapma	0,60	0,76	0,97	0,51
	Mod	4	5	4	4
Y500	Ortalama	3,80	3,95	3,90	3,75
	St. Sapma	1,11	0,94	1,21	1,25
	Mod	4	5	5	5
Y1000	Ortalama	3,45	3,60	3,65	2,95
	St. Sapma	0,89	1,05	1,04	1,36
	Mod	4	4	4	3
D500_D_A	Ortalama	4,35	4,50	4,15	4,25
	St. Sapma	0,81	0,61	0,81	0,91
	Mod	5	5	4	4
D500_D_C	Ortalama	3,85	4,00	3,90	3,90
	St. Sapma	0,88	0,73	0,91	1,02
	Mod	3	4	4	5

Tablo 4.27 Netlik Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri (Devam)

Netlik Kategorisi		Bulanık Net	Anlaşılmaz Anlaşılır	Dinlerken Zorlandım Zorlanmadım	Dinlerken Çaba Gösterdim Göstermedim
D500_T_A	Ortalama	3,75	4,05	3,90	3,85
	St. Sapma	1,12	1,10	0,91	0,88
	Mod	4	5	4	4
D500_T_C	Ortalama	3,95	4,25	3,70	3,55
	St. Sapma	0,94	1,02	0,92	0,83
	Mod	4	5	4	4
D1000_D_B	Ortalama	4,10	4,15	3,95	3,75
	St. Sapma	0,97	1,09	1,32	1,37
	Mod	5	5	5	5
D1000_D_E	Ortalama	3,95	4,10	3,95	3,80
	St. Sapma	0,83	0,91	0,94	0,83
	Mod	4	4	4	4
D1000_T_B	Ortalama	3,40	3,45	3,30	3,30
	St. Sapma	1,05	1,05	0,92	0,92
	Mod	3	3	4	4
D1000_T_D	Ortalama	4,25	4,25	4,45	4,25
	St. Sapma	0,79	1,02	0,60	0,97
	Mod	4	5	5	4
Y500_D_B	Ortalama	4,05	4,10	3,40	3,75
	St. Sapma	0,94	0,85	0,88	0,85
	Mod	4	4	4	4
Y500_D_D	Ortalama	4,00	4,05	4,15	4,10
	St. Sapma	1,08	0,69	0,67	0,85
	Mod	5	4	4	4
Y500_T_B	Ortalama	3,75	4,00	3,75	3,35
	St. Sapma	1,25	1,08	0,91	1,14
	Mod	4	5	4	4
Y500_T_E	Ortalama	3,85	3,90	4,00	3,85
	St. Sapma	1,18	1,07	0,92	1,14
	Mod	5	4	4	5
Y1000_D_A	Ortalama	4,60	4,75	3,85	4,35
	St. Sapma	0,60	0,44	1,14	0,88
	Mod	5	5	5	5
Y1000_D_C	Ortalama	4,10	4,30	4,00	4,10
	St. Sapma	0,79	0,66	0,86	0,79
	Mod	4	4	3	4

Tablo 4.27 Netlik Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri (Devam)

Netlik Kategorisi		Bulanık Net	Anlaşılmaz Anlaşılır	Dinlerken Zorlandım Zorlanmadım	Dinlerken Çaba Gösterdim Göstermedim
Y1000_T_A	Ortalama	3,50	3,80	3,45	3,40
	St. Sapma	1,05	1,11	0,89	0,75
	Mod	4	4	4	4
Y1000_T_C	Ortalama	3,75	3,85	4,00	3,85
	St. Sapma	1,07	1,09	1,08	0,99
	Mod	3	5	5	4

Tablo 4.28 Netlik Kategorisi Seçimleri Arasındaki İlişki

Netlik Kategorisi	Bulanık Net		Anlaşılmaz Anlaşılır		Dinlerken Zorlandım Zorlanmadım		Dinlerken Çaba Gösterdim Göstermedim	
	r	p	r	p	r	p	r	p
D500_D_A	0.476	0.034*	0.378	0.100	0.082	0.730	0.088	0.712
D500_D_C	0.310	0.183	0.422	0.064	0.271	0.247	0.361	0.118
D500_T_A	0.800	0.000*	0.383	0.096	0.271	0.247	0.174	0.463
D500_T_C	0.177	0.455	0.413	0.071	0.413	0.070	0.311	0.183
Y500_D_B	0.464	0.039*	0.203	0.391	0.483	0.031*	0.235	0.319
Y500_D_D	0.575	0.008*	0.166	0.483	0.473	0.035*	0.765	0.000*
Y500_T_B	0.647	0.002*	0.466	0.038*	0.167	0.481	0.546	0.013*
Y500_T_E	0.741	0.000*	0.567	0.009*	0.664	0.001*	0.342	0.140
D1000_D_B	0.009	0.970	0.169	0.477	0.123	0.605	0.019	0.937
D1000_D_E	0.311	0.182	0.312	0.181	0.458	0.042*	-0.099	0.678
D1000_T_B	-0.050	0.835	-0.069	0.771	0.000	1.000	0.302	0.196
D1000_T_D	0.138	0.561	0.051	0.051	-0.268	0.253	-0.133	0.575
Y1000_D_A	-0.040	0.868	0.000	1.000	-0.314	0.178	-0.605	0.005*
Y1000_D_C	0.384	0.095	0.567	0.009*	0.236	0.317	0.005	0.984
Y1000_T_A	0.480	0.032*	0.519	0.019*	0.009	0.971	-0.237	0.315
Y1000_T_C	0.458	0.043*	0.406	0.075	0.235	0.318	0.033	0.889

Y1000_T_A salon varyasyonu dışındaki tavan yüzey malzemelerin A ve B yutuculuk sınıfına çıkarıldığı salon varyasyonları, optimum durumlara kıyasla genellikle daha “bulanık” olarak nitelendirilmiştir. Salonların genelinde varyasyon durum modellerinin daha “net” olarak nitelendirildiği görülmektedir. Tüm salonlar arasında Y1000 en “bulanık”, Y1000_D_A en “net” salon olarak nitelendirilmiştir.

“Anlaşılmaz – anlaşılır” sıfat çiftleri için yapılan seçimler incelendiğinde bir önceki sıfat çifti için yapılan değerlendirmelerden farklı bir çıkarım yapılmıştır. Dikdörtgen plan tipindeki salon varyasyonlarının optimum durumlara göre daha “anlaşılmaz” olarak nitelendirildiği görülmektedir. Yelpaze plan tipindeki salon varyasyonları Y500_T_E salonu dışında daha “anlaşılır” olarak nitelendirilmiştir. Tüm salonlar arasında D1000_T_B en “anlaşılmaz”, Y1000_D_A en “anlaşılır” salon olarak nitelendirilmiştir.

“Dinlerken zorlandım – dinlerken zorlanmadım” ve “dinlerken çaba gösterdim – dinlerken çaba göstermedim” çiftleri için yapılan seçimlerin birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Dinleme testleri esnasında deneklerin salon varyasyonlarının genelinde dinlerken zorlanmadığı ve çaba göstermediği anlaşılmaktadır. Tüm salonlar arasında D1000_T_B en fazla “dinlerken zorlandım”, D1000_T_D en fazla “dinlerken zorlanmadım”, Y1000 en fazla “dinlerken çaba gösterdim”, Y1000_D_A en fazla “dinlerken çaba göstermedim” seçimlerinin yapıldığı salonlardır.

Tablo 4.29 Gürlük Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

Gürlük Kategorisi		Zayıf Ses Güçlü Ses	Duymakta Zorlandım Zorlanmadım	Alçak Ses Yüksek Ses	Yakın Konumda Uzak Konumda
D500	Ortalama	3,50	4,15	3,65	2,90
	St. Sapma	0,95	0,99	0,93	1,12
	Mod	4	5	4	3
D1000	Ortalama	3,80	4,50	3,80	2,55
	St. Sapma	0,62	0,61	0,77	1,00
	Mod	4	5	3	3
Y500	Ortalama	3,25	4,00	3,10	2,45
	St. Sapma	1,33	1,12	0,91	0,76
	Mod	4	5	4	2
Y1000	Ortalama	3,10	3,90	3,30	2,60
	St. Sapma	1,17	0,97	0,73	0,99
	Mod	3	4	4	2
D500_D_A	Ortalama	3,50	4,45	3,50	2,05
	St. Sapma	0,83	0,60	0,69	0,89
	Mod	4	5	3	2

Tablo 4.29 Gürlük Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri (Devam)

Gürlük Kategorisi		Zayıf Ses Güçlü Ses	Duymakta Zorlandım Zorlanmadım	Alçak Ses Yüksek Ses	Yakın Konumda Uzak Konumda
D500_D_C	Ortalama	3,55	4,00	3,40	2,50
	St. Sapma	0,69	0,73	0,75	0,61
	Mod	4	4	4	2
D500_T_A	Ortalama	3,60	3,80	3,75	2,55
	St. Sapma	0,75	1,11	0,55	1,00
	Mod	4	4	4	2
D500_T_C	Ortalama	3,15	3,85	3,20	2,85
	St. Sapma	0,88	1,04	0,77	0,93
	Mod	3	4	3	3
D1000_D_B	Ortalama	3,00	3,95	2,80	3,05
	St. Sapma	0,97	1,19	1,06	1,10
	Mod	3	5	2	2
D1000_D_E	Ortalama	3,95	4,15	3,75	2,35
	St. Sapma	0,89	1,04	0,79	0,93
	Mod	4	5	4	2
D1000_T_B	Ortalama	2,95	3,50	3,10	3,30
	St. Sapma	0,83	0,89	1,07	1,03
	Mod	3	4	4	4
D1000_T_D	Ortalama	3,80	4,50	3,75	2,20
	St. Sapma	0,62	0,61	0,64	0,77
	Mod	4	5	4	2
Y500_D_B	Ortalama	3,25	3,90	3,15	2,80
	St. Sapma	0,91	1,07	0,88	0,95
	Mod	4	4	3	3
Y500_D_D	Ortalama	4,15	4,40	4,00	2,10
	St. Sapma	0,59	0,60	0,65	0,72
	Mod	4	4	4	2
Y500_T_B	Ortalama	3,75	4,00	3,55	2,50
	St. Sapma	0,64	0,79	0,89	0,89
	Mod	4	4	4	2
Y500_T_E	Ortalama	4,15	4,50	4,10	2,90
	St. Sapma	0,49	0,69	0,55	0,97
	Mod	4	5	4	2

Tablo 4.29 Gürlük Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri (Devam)

Gürlük Kategorisi		Zayıf Ses Güçlü Ses	Duymakta Zorlandım Zorlanmadım	Alçak Ses Yüksek Ses	Yakın Konumda Uzak Konumda
Y1000_D_A	Ortalama	3,45	4,40	3,40	2,35
	St. Sapma	0,94	0,88	0,68	1,27
	Mod	3	5	4	1
Y1000_D_C	Ortalama	3,75	4,30	3,75	2,30
	St. Sapma	0,44	0,86	0,79	1,03
	Mod	4	5	4	2
Y1000_T_A	Ortalama	3,15	3,35	2,85	3,25
	St. Sapma	0,93	0,93	0,67	1,29
	Mod	3	3	3	3
Y1000_T_C	Ortalama	3,70	4,25	3,75	2,85
	St. Sapma	0,80	0,91	0,64	1,14
	Mod	4	4	4	3

Tablo 4.30 Gürlük Kategorisi Seçimleri Arasındaki İlişki

Gürlük Kategorisi	Zayıf Ses Güçlü Ses		Duymakta Zorlandım Zorlanmadım		Alçak Ses Yüksek Ses		Yakın Konumda Uzak Konumda	
	r	p	r	p	r	p	r	p
D500_D_A	0.404	0.078	-0.031	0.897	-0.123	0.606	-0.207	0.382
D500_D_C	0.689	0.001*	0.661	0.002*	0.359	0.120	0.310	0.184
D500_T_A	0.664	0.001*	-0.164	0.490	0.231	0.328	0.664	0.001*
D500_T_C	0.540	0.014*	0.279	0.233	0.029	0.902	0.338	0.145
Y500_D_B	0.640	0.002*	0.481	0.032*	0.574	0.008*	-0.015	0.951
Y500_D_D	0.286	0.222	0.157	0.510	0.178	0.453	0.299	0.200
Y500_T_B	0.634	0.003*	0.118	0.621	0.319	0.171	0.039	0.870
Y500_T_E	-0.061	0.800	0.476	0.034	-0.021	0.930	0.566	0.009*
D1000_D_B	0.640	0.002*	0.481	0.032*	-0.247	0.295	-0.218	0.355
D1000_D_E	0.286	0.222	0.157	0.510	0.087	0.715	-0.500	0.025*
D1000_T_B	0.634	0.003*	0.118	0.621	-0.294	0.208	0.138	0.562
D1000_T_D	-0.061	0.800	0.476	0.034*	-0.107	0.652	-0.494	0.027*
Y1000_D_A	-0.282	0.228	-0.259	0.271	-0.148	0.534	0.033	0.889
Y1000_D_C	0.457	0.043*	0.289	0.216	0.685	0.001*	-0.031	0.897
Y1000_T_A	0.082	0.730	0.099	0.678	-0.118	0.621	0.368	0.110
Y1000_T_C	0.203	0.391	0.269	0.252	0.281	0.230	0.596	0.006*

Tüm salon varyasyonları içinde yalnızca D500_T_C, D1000_D_B ve D1000_T_B varyasyon durum modellerinde dinlenen kayıtlar, optimum durumlara kıyasla genellikle daha “zayıf ses” olarak nitelendirilmiştir. Denekler D1000 salonuna ait tüm varyasyonlar için yaptıkları dinlemelerde optimum durumla karşılaştırıldığında daha fazla “duymakta zorlandım” seçimini yapmışlardır (D1000_T_D optimum durum ile eşit). Tüm salonlar arasında D1000_T_B en fazla “zayıf ses”, Y500_D_D ve Y500_T_E en fazla “güçlü ses”, Y1000_T_A en fazla “duymakta zorlandım”, D1000, D1000_T_D, Y500_T_E en fazla “duymakta zorlanmadım” seçimlerinin yapıldığı salonlardır.

D500_T_A varyasyonu dışındaki diğer D500 salon varyasyonlarına ait kayıtlar optimum duruma kıyasla genellikle daha “alçak ses” olarak nitelendirilmiştir. Deneylerde gürlük öznel hacim akustiği parametresinin incelenmesi amacıyla kullanılan “zayıf ses – güçlü ses”, “duymakta zorlandım – duymakta zorlanmadım” ve “alçak ses – yüksek ses” sıfat çiftleri için yapılan seçimlerin ortalamaları, az gürlük ile ilişkilendirilebilecek şekilde 2,50 değerinin altına değildir. Tüm salonlar arasında D1000_D_B salonunda dinletilen kayıtlar en “alçak ses”, Y500_T_E salonunda dinletilen kayıtlar en “yüksek ses” olarak nitelendirilmiştir.

D500 salonu varyasyonlarının tamamı ve Y1000 salonunun tavan yüzeylerinde malzeme değişikliği yapılan varyasyonları için optimum durumlara kıyasla daha fazla “yakın konumda” sıfat seçimi yapılmıştır. D500 salon varyasyonları ve D1000_T_D salonu dışında, tavan yüzeylerinde malzeme değişikliği yapılan salonların optimum salon durumlarına kıyasla daha fazla “uzak konumda” sıfat seçimi yapılmıştır. Konuşmacıların nitelendirildiği bu sıfat çifti için tüm salonlar arasında D500_D_A en fazla “yakın konumda”, D1000_T_B en fazla “uzak konumda” seçimlerinin yapıldığı salonlardır.

Tablo 4.31 Genel Değerlendirme Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri

Genel Değerlendirme Kategorisi		Akustik Ortam İyi Kötü	Salonu Tercih Ederim Etmem	Memnun Oldum Rahatsız Oldum
D500	Ortalama	2,00	2,40	2,55
	St. Sapma	0,79	1,19	1,15
	Mod	2	2	2

Tablo 4.31 Genel Değerlendirme Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri
(Devam)

Genel Değerlendirme Kategorisi		Akustik Ortam İyi Kötü	Salonu Tercih Ederim Etmem	Memnun Oldum Rahatsız Oldum
D1000	Ortalama	2,60	2,60	2,60
	St. Sapma	0,75	0,94	0,94
	Mod	3	2	3
Y500	Ortalama	2,40	2,55	2,25
	St. Sapma	1,14	1,39	1,16
	Mod	2	1	1
Y1000	Ortalama	2,75	3,35	2,80
	St. Sapma	0,85	0,75	1,01
	Mod	2	3	2
D500_D_A	Ortalama	2,55	2,70	2,20
	St. Sapma	1,05	1,26	1,01
	Mod	2	2	2
D500_D_C	Ortalama	2,55	2,70	2,50
	St. Sapma	0,76	1,17	1,05
	Mod	2	2	2
D500_T_A	Ortalama	3,25	3,05	2,85
	St. Sapma	0,97	1,23	1,04
	Mod	3	4	3
D500_T_C	Ortalama	2,80	2,70	2,80
	St. Sapma	1,01	1,13	1,01
	Mod	3	2	3
D1000_D_B	Ortalama	2,60	2,65	2,40
	St. Sapma	1,10	1,31	1,23
	Mod	2	2	1
D1000_D_E	Ortalama	2,75	2,90	2,50
	St. Sapma	1,07	1,07	1,05
	Mod	3	3	2
D1000_T_B	Ortalama	3,20	2,85	2,90
	St. Sapma	0,77	0,93	0,85
	Mod	3	2	3
D1000_T_D	Ortalama	1,95	2,15	1,75
	St. Sapma	0,89	1,18	0,91
	Mod	2	2	1

Tablo 4.31 Genel Değerlendirme Kategorisi Seçimlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri
(Devam)

Genel Değerlendirme Kategorisi		Akustik Ortam İyi Kötü	Salonu Tercih Ederim Etmem	Memnun Oldum Rahatsız Oldum
Y500_D_B	Ortalama	2,85	2,80	2,60
	St. Sapma	0,99	1,06	0,82
	Mod	2	2	2
Y500_D_D	Ortalama	2,30	2,90	2,30
	St. Sapma	1,03	1,52	1,13
	Mod	2	2	1
Y500_T_B	Ortalama	2,65	3,00	2,80
	St. Sapma	0,88	1,21	0,95
	Mod	3	3	3
Y500_T_E	Ortalama	2,65	2,65	2,30
	St. Sapma	0,93	1,23	0,98
	Mod	2	2	3
Y1000_D_A	Ortalama	2,05	2,05	2,20
	St. Sapma	1,05	1,00	1,06
	Mod	2	2	1
Y1000_D_C	Ortalama	2,45	2,35	2,35
	St. Sapma	0,76	0,81	0,67
	Mod	2	2	2
Y1000_T_A	Ortalama	3,80	4,10	3,15
	St. Sapma	0,77	0,55	0,99
	Mod	4	4	3
Y1000_T_C	Ortalama	2,75	2,80	2,55
	St. Sapma	0,91	1,01	0,89
	Mod	2	2	2

Tablo 4.32 Genel Değerlendirme Kategorisi Seçimleri Arasındaki İlişki

Genel Değerlendirme Kategorisi	Akustik Ortam İyi Kötü		Salonu Tercih Ederim Etmem		Memnun Oldum Rahatsız Oldum	
	r	p	r	p	r	p
D500_D_A	-0.378	0.100	-0.197	0.406	-0.238	0.313
D500_D_C	0.436	0.055	0.317	0.173	0.633	0.003*
D500_T_A	0.206	0.385	0.237	0.314	0.294	0.209
D500_T_C	0.066	0.783	0.291	0.214	0.512	0.021*
Y500_D_B	-0.270	0.249	-0.100	0.672	0.110	0.644
Y500_D_D	0.295	0.207	-0.271	0.248	0.701	0.001*
Y500_T_B	-0.116	0.627	0.000	1.000	0.333	0.152
Y500_T_E	0.385	0.094	0.642	0.002*	0.762	0.000*
D1000_D_B	0.242	0.304	0.222	0.346	0.009	0.970
D1000_D_E	-0.196	0.408	0.428	0.059	0.213	0.367
D1000_T_B	0.236	0.316	0.168	0.479	0.079	0.741
D1000_T_D	0.205	0.387	0.388	0.091	-0.123	0.606
Y1000_D_A	-0.044	0.853	-0.095	0.689	-0.258	0.273
Y1000_D_C	0.672	0.001*	0.135	0.571	0.421	0.064
Y1000_T_A	-0.242	0.304	0.038	0.872	0.350	0.131
Y1000_T_C	0.527	0.017*	0.169	0.477	0.307	0.188

Genel değerlendirme kategorisine ait “akustik ortam iyi – akustik ortam kötü” sıfat çifti için yapılan seçimle incelendiğinde yalnızca, D1000_T_D, Y500_D_D, Y1000_D_A ve Y1000_D_C salon varyasyonları için optimum durumlarına kıyasla daha fazla “akustik ortam iyi” sıfat seçimi yapıldığı görülmektedir. “Akustik ortam kötü” sıfatı belirgin bir şekilde Y1000_T_A salon varyasyonu için tercih edilmiştir. D1000_T_D “akustik ortam iyi” sıfatının en yüksek ortalamaya sahip olduğu salondur.

“Salonu tercih ederim – salonu tercih etmem” sıfat çifti için benzer seçimler yapıldığı anlaşılmaktadır. Yalnızca, D1000_T_D, Y1000_D_A salonları ile Y1000_Y_A salonu dışında Y1000 salon varyasyonları için optimum durumlarına kıyasla daha fazla “salonu tercih ederim” sıfat seçimi yapılmıştır. Tüm salonlar arasında Y1000_D_A en fazla “salonu tercih ederim”, Y1000_T_A en fazla “salonu tercih etmem” seçimlerinin yapıldığı salonlardır.

Elde edilen veriler incelendiğinde “memnun oldum – rahatsız oldum” sıfat çifti için daha esnek seçimler yapıldığı görülmektedir. Kategoriyeye ait diğer sıfat çiftleri

için olumlu değerlendirilen salon varyasyonlarına ek olarak, D500_D_A, D500_D_C, D1000_D_B ve D1000_D_E salon varyasyonları optimum durumlarına kıyasla daha fazla “memnun oldum” sıfat seçiminin yapıldığı salon varyasyonlarıdır. Tüm salonlar arasında D1000_T_D en fazla “memnun oldum”, Y1000_T_A en fazla “rahatsız oldum” seçimlerinin yapıldığı salonlardır.



5 SONUÇ VE ÖNERİLER

“Farklı malzemelerin farklı oranlardaki yutuculuk değişimleri, salonların akustik konfor koşullarını etkiler. Bu etki, belli bir orana kadar kabul edilebilirdir” hipotezi ile başlatılan tez çalışmasının amacı “Malzeme yutuculuk sınıfı ile kullanıcı tercihleri arasındaki ilişkinin belirlenerek, salon tasarımlarında esneklik sağlanmasına katkıda bulunmak” olarak belirlenmiştir. Konuşma işlevli salonlar için gerçekleştirilen çalışma kapsamında nesnel ve öznel değerlendirme yöntemlerinden yararlanılmıştır. Farklı hacim büyüklüğü ve plan tipinde tasarlanan salonlar ile bu salonlarda farklı yutuculuk sınıfında malzeme kullanılması ile oluşturulan salon varyasyonları için bilgisayar modelleri üzerinden hesaplamalar ve dinleme testleri yapılmıştır.

Bölüm 2, salonların işitsel konfor koşullarının ve malzemelerin akustik ile ilişkisinin incelenmesine yönelik literatür araştırmasını kapsamaktadır. Bölümde araştırmada elde edilen, konuşma işlevli salonların değerlendirmelerinde kullanılan nesnel hacim akustiği parametreleri açıklanmıştır. Mekanların işlev ve hacim büyüklüğü özelliklerine göre önerilen, akustik tasarım çalışmalarında ilk hedef parametre olan yansıma süresinin, aynı işlev ve hacim büyüklüğü için farklı kaynaklarda farklı değerlerde sağlanmasının önerildiği görülmüştür. Bu bulgu, hedef değerlerin seçiminin önemini vurgulamaktadır. Çalışmada, yansıma süresine ilişkin standart niteliği taşıyan “DIN18041:2016-03 – Acoustic Quality in Rooms - Specifications and Instructions for the Room Acoustic Design” [16] dokümanında önerilen hedef değerler dikkate alınmıştır.

Bölümde, salonlarda yapılan ölçümler ve bilgisayar ortamında yapılmış modellemeler üzerinden gerçekleştirilen mekan değerlendirmeleri kapsamında yapılan öznel değerlendirmeler aktarılmıştır. Öznel mekan değerlendirmelerinde kullanılan yöntemler, kullanılan dinleme testleri açıklanarak aktarılmıştır. Konuşma işlevli salonlar için konuşma testlerinin kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu testler, sonuçların konuşma anlaşılabilirliği metriklerinin sonuçlarıyla karşılaştırılması

için de yapılır; bu metriklerin sonuçları, söz konusu durum için konuşma anlaşılabilirliği hakkında doğru tahminler verilip verilmediğini belirler. Fonemler, heceler, kelimeler, deyimler, cümleler veya paragrafların kullanıldığı konuşma testlerinden “ANSI/ASA S3.2-2009 – American national standard method for measuring the intelligibility of speech over communication systems” [52] standardında tanımlananlara bölüm içinde yer verilmiştir.

Literatür araştırmasında, öznel değerlendirmeler kapsamında kullanıcı tercihlerinin belirlenmesine ilişkin çalışmalar incelenmiştir. Bu tür değerlendirmelerin genellikle müzik işlevli salonlar için kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu da müzik sesini tanımlayıcılarının konuşma sesini tanımlayıcılardan daha fazla olmasını beraberinde getirmektedir. Az sayıda çalışmanın konuşma sesi için bu tür tanımlama kullandığı görülmüştür. Yapılan araştırmanın sonucunda, konuşma sesini tanımlayıcı Türkçe sıfatların eksikliği dikkat çekmektedir. Çalışma kapsamında konuşma sesini niteleyen Türkçe sıfatların ortaya konması için bir deney çalışması ile bir öneri geliştirilmiştir.

Malzemelerin yutuculuklarının belirlenmesi için kullanılan ölçüm yöntemleri çalışma kapsamında paylaşılmaktadır. Literatürde malzeme özelliklerinin belirlenmesinin yanı sıra sektörel ihtiyaçlara göre akustik malzemelerin yutuculuğunun artırılmasına yönelik çalışmaların yapıldığı anlaşılmaktadır.

Malzemelere ait ses yutma çarpanı değerlerinin değişiminin araştırılması çalışmanın temelinde yer almaktadır. Bu amaçla farklı hasar etkenlerine maruz kalmış malzemelerin ses yutma çarpanlarındaki değişimler araştırılmış ve listelenmiştir. Malzemelerin zamansal hasar etkenlerine maruz kaldıklarında yutma çarpanlarında meydana gelecek değişimlerin, zaman içinde salonların akustik koşullarında bir değişim yaratıp yaratmayacağı sorgulanmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde bu hipotez değerlendirilmiştir.

Bölüm 3’te ses yutma çarpanlarının ifadesinde kullanılan ölçeklendirme yöntemleri aktarılmıştır. Bölümde, çalışmada kullanılan ölçeklendirme biçimi olan ses yutuculuk sınıflarına ilişkin açıklama ve grafikler verilmektedir.

Zamansal hasar etkenlerine bağlı olarak, malzemelerin ses yutma çarpanlarında meydana gelen değişimlerin salon genelinde bir etki yaratıp yaratmayacağı bölüm

içinde aktarılan çalışma ile araştırılmıştır. Literatür araştırması ile elde edilen yutma çarpanı değişimleri tasarlanan iki adet salona ait modellere aktarılmıştır. Yansıma süresinin irdelendiği çalışmada, yapılan modellemelerde ilk durumlar ve değiştirilmiş durumlara ait yansıma süresi değerlerinin, ilgili standartta belirtilen kabul edilebilir aralık içinde kaldığı görülmüştür. Ancak bu durumun, akustik koşullarda değişiklik yaratmayacağı anlamına gelmeyeceği düşünülmektedir. Çalışmanın bundan sonraki aşaması, yutuculuk değişiminin kullanıcı tercihleri ile ilişkilendirilmesidir.

Bölüm 4, yutuculuk sınıfı değişimlerinin kullanıcı tercihleri ile ilişkilendirilmesi için yapılan çalışmaların tamamını kapsamaktadır. Bu amaçla farklı plan tipi (dikdörtgen, yelpaze) ve hacim büyüklüğüne (500 m³, 1000 m³) sahip dört salon tasarlanmıştır. Salonlar, çalışmada yansıma süresi için hedef kaynak olarak belirlenen “DIN18041:2016-03 – Acoustic Quality in Rooms - Specifications and Instructions for the Room Acoustic Design” [16] standardına uygun olarak tasarlanmıştır. Bu dört salonun yan duvar ve tavan yüzeylerine ait malzemeler, yutuculuk sınıfları A’dan E’ye olacak şekilde değiştirilmiştir. Böylelikle 40 adet salon varyasyonu elde edilmiştir. Çalışmalar, IBM SPSS Statistics yazılımında yapılan tasarıma uygun olacak şekilde 16 salon varyasyonu ve 4 optimum salon ile birlikte toplam 20 adet salon üzerinden devam etmiştir. Çalışmada kullanılan salon isimleri plan tipi, hacim büyüklüğü, değişim uygulanan yüzey ve uygulanan yutuculuk sınıfını açıklar nitelikte kodlanarak oluşturulmuştur.

Bölümde, salonlar için hesaplanan nesnel hacim akustiği değerleri paylaşılmaktadır. Hesaplamalar belirlenen dinleyici noktası için gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalarda salon varyasyonlarına ait yansıma süresi değerleri, salonların büyük çoğunluğu için önerilen aralıkta kalmıştır. Varyasyon modellerinin tamamı için hesaplanan konuşma işlevi ile ilgili hacim akustiği parametre değerleri ilgili parametreler için önerilen değerlerdedir.

Bölüm 4’te, yapılan öznel değerlendirme çalışmaları ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Öznel değerlendirmeler “fonetik olarak dengelenmiş kelime ayırt etme testi” ve “kullanıcı tercihleri belirleme testi” olarak iki şekilde gerçekleştirilmiştir. Fonetik olarak dengelenmiş kelime ayırt etme testinde kelime

listeleri kullanılırken, kullanıcı tercihleri belirleme testinde literatürde eksikliğine rastlanan, konuşma sesini tanımlayıcı sıfat çiftleri kullanılmıştır. Testlerde kullanılmak üzere, konuşma sesini tanımlayıcı sıfat ve sıfat çiftlerinin belirlenmesi üzerine bir ön çalışma gerçekleştirilmiştir. 20 denekle yapılan ön çalışma sonucunda öznel değerlendirmelerde kullanılabilecek sıfat çiftleri elde edilmiştir. Yapılan ön çalışmaya bağlı olarak, tez çalışması kapsamında kullanılan anket metinleri oluşturulmuştur.

Öznel değerlendirme çalışması dinleme kayıtları üzerinden gerçekleştirilmiştir. Dinlemelerde deneklere aktarılacak kelime listeleri ve tüm Türkçe fonemleri içeren metnin, Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü'ne ait tam anekoik odada yapılan ses kayıtlarına ilişkin ayrıntılar Bölüm 4'te paylaşılmaktadır.

Konuşmanın anlaşılabilirliği üzerinde, mekanlara ait arka plan gürültü düzeyi değerleri son derece önemlidir. Bu nedenle, deneklere salonlardaki gerçek durumun aktarılmasının hedeflendiği çalışmada dinleme testlerinde kullanılan işitselleştirmelere arka plan gürültüsü eklenmiştir. Çalışma bu anlamda benzerlerinden ayrılmaktadır.

Dinleme kayıtlarının deneklere nasıl sunulacağına, yapılan değerlendirme çalışması ile karar verilmiştir. Sunum yöntemi seçilirken, çalışmada araştırılan ana parametre dikkate alınmıştır. Yutuculuk değişiminin etkisinin araştırıldığı çalışma için oluşturulan kayıtların, dinleme yapılan mekanın etkisinden bağımsız olması aranan ilk koşuldur. Bu da kulaklık sunumları ile sağlanabilmektedir. Kulaklık sunumu sistem konfigürasyonuna ait ayrıntılar Bölüm 4'te aktarılmaktadır.

Modellenen mekanların akustik koşullarının deneklere tam olarak aktarılması hedeflenen çalışmada işitselleştirmelere ait kulaklık sunumları için düzey kalibrasyon çalışması bir gereklilik olarak görülmektedir. Çalışmayı benzerlerinden ayıran diğer bir ayrıntı düzey kalibrasyon çalışmasıdır. 20 salon modeli için yapılan düzey kalibrasyon çalışmasına ait ayrıntılar Bölüm 4'te paylaşılmaktadır.

Tez çalışması kapsamında yapılan dinleme testleri Bölüm 4'te aktarılmaktadır. 20 denek ile 20 salon modeli için iki farklı öznel değerlendirme çalışması yapılmıştır.

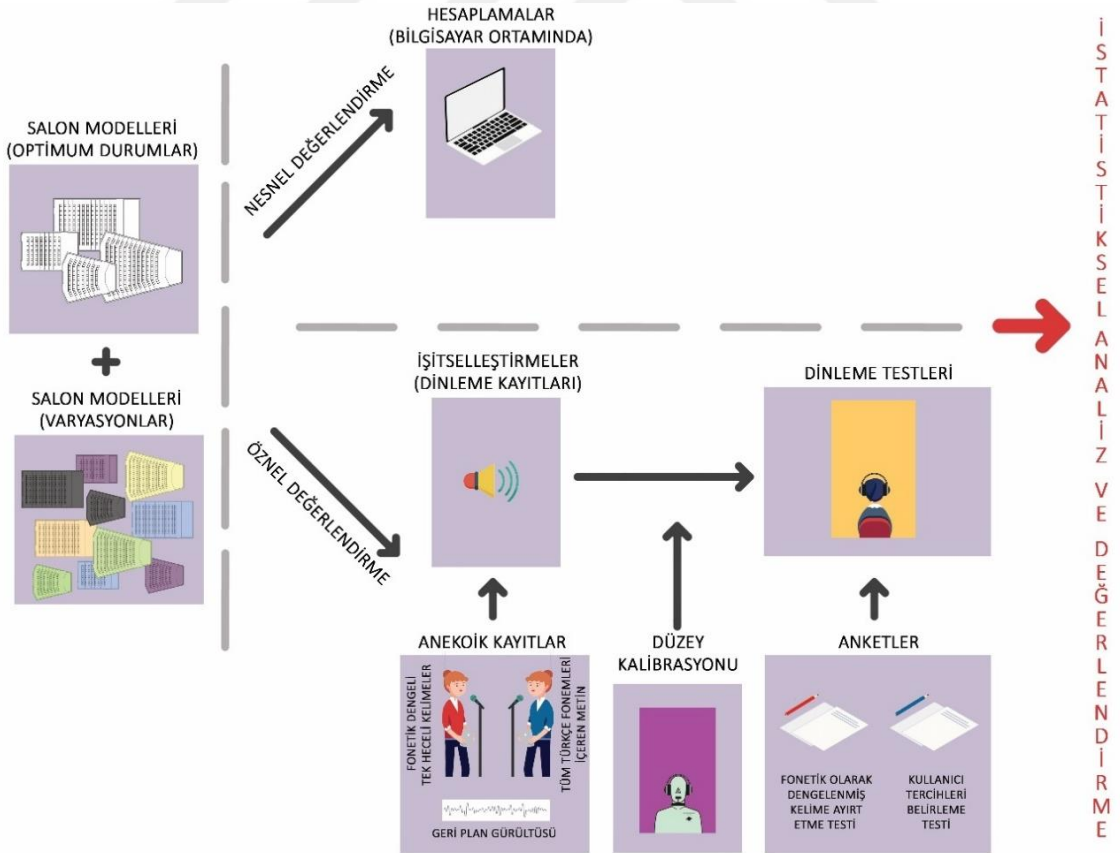
Toplam 800 deneye ait veriler toplanmıştır. Deney çalışmalarında elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve incelenmiştir.

Öznel değerlendirmeler kapsamında yapılan incelemeler aşağıda sıralanmaktadır:

- Kelime listelerine verilen doğru yanıt sayıları
- Farklı kategorileri tanımlayan sıfat çiftlerine ait kullanıcı seçimleri

Yapılan incelemeler ışığında elde edilen veriler arasındaki çeşitli ilişkiler incelenmiştir. İncelenen ilişkiler bölüm içindeki ilgili alt başlıklarda sunulmaktadır.

Tez çalışması kapsamında, yapılan kabuller doğrultusunda tasarlanan salonlara ait durum varyasyonları için, hesaplamalar üzerinden nesnel değerlendirmeler ile gerçek dinleme koşullarına uygun dinleme testleri üzerinden öznel değerlendirmeleri içeren bir yöntem geliştirilmiştir. Yönteme ait ayrıntılar çalışmanın benzerlerinden farklılaşmasını beraberinde getirmektedir. Geliştirilen ve çalışmada kullanılan yöntem Şekil 5.1'deki görselde özetlenmiştir.



Çalışma kapsamında, ayrıntılı bir deney çalışması sonucunda öznel değerlendirmelerde kullanılmak üzere, konuşma sesini tanımlayıcı Türkçe sıfat ve sıfat çiftleri önerilmiştir. Böylelikle literatürde bu alan için karşılaşılan eksiklik giderilmektedir.

Dinleme testlerinde farklı tip ses sinyalleri kullanılarak iki ayrı test sunulması, ses kayıtlarına arka plan gürültüsü sinyali eklenmesi ve deneklere sunulmadan önce kayıtlara düzey kalibrasyonu yapılması ile öznel değerlendirmelere titiz bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yazılımlar üzerinden üretilen işitselleştirmelerde, arka plan gürültüsü sinyalinin kayıtlara eklenmesi göz ardı edilmektedir. Bu durum gerçek koşulları yansıtmayacağı ve öznel değerlendirmeleri etkileyebileceğinden çalışma kapsamında, arka plan gürültü sinyalinin ayrıntılı değerlendirme çalışmalarında kullanılması önerilmektedir.

Özellikle konuşma işlevli salon değerlendirmelerinde deneklere sunulan ses düzeyi konuşma anlaşılabilirliği açısından son derece önemlidir. Gerçekleştirilen dinleme testlerinde deneklere, hesaplanan düzeyde ses enerjisi iletilmesi değerlendirmelere etki eder niteliktedir. Çalışma için geliştirilen düzey kalibrasyonu önerisi ile bu etki ortadan kaldırılmıştır. Düzey kalibrasyonu kayıtlar üzerinden gerçekleştirilen öznel değerlendirmeler için bir gereklilik olmalıdır. Nesnel değerlendirmelerin iki tip öznel değerlendirme ile ilişkilendirilmesi çalışmada kapsamlı ilişkiler kurulmasını sağlamaktadır.

5.1 Nesnel ve Öznel Değerlendirmeler Arasındaki İlişki

Kullanıcı tercihlerini belirleme testinde farklı kategoriler için değerlendirilen sıfat çiftlerine ilişkin sonuçlar, kategorinin kendisini temsil etmesi amacıyla tek bir değere indirgenmiştir. Sıfat çiftleri için yapılan seçimler, ilgili kategoriye uygun azlık çokluk skalalarına göre tekrar düzenlenmiştir. Sonuçlar;

- Yansışım: Az Yansışım – Çok Yansışım (1-5)
- Netlik: Düşük Netlik – Yüksek Netlik (1-5)
- Gürlük: Düşük Gürlük – Yüksek Gürlük (1-5)
- Genel Değerlendirme: Olumsuz – Olumlu (1-5)

bilgilerini ifade edecek şekilde Tablo 5.1’de görülebilir. Kategori bazında yapılan değerlendirmelerde, ilgili tabloda verilen değerler dikkate alınmıştır.

Tablo 5.1 Kategoriler için Yapılan Seçimlerin Ortalama Değerleri

	Yansıma Kategorisi	Netlik Kategorisi	Gürlük Kategorisi	Genel Değerlendirme Kategorisi
D500	2,64	3,98	3,60	3,68
D1000	2,94	4,11	3,89	3,40
Y500	2,51	3,85	3,48	3,60
Y1000	3,14	3,41	3,43	3,03
D500 D A	2,28	4,31	3,85	3,52
D500 D C	2,61	3,91	3,61	3,42
D500 T A	2,98	3,89	3,65	2,95
D500 T C	2,85	3,86	3,34	3,23
D1000 D B	2,63	3,99	3,18	3,45
D1000 D E	3,20	3,95	3,88	3,28
D1000 T B	2,84	3,36	3,06	3,02
D1000 T D	2,65	4,30	3,96	4,05
Y500 D B	2,09	3,83	3,38	3,25
Y500 D D	2,96	4,08	4,11	3,50
Y500 T B	3,05	3,71	3,70	3,18
Y500 T E	3,38	3,90	3,96	3,47
Y1000 D A	2,11	4,39	3,73	3,90
Y1000 D C	2,68	4,13	3,88	3,62
Y1000 T A	3,50	3,54	3,03	2,32
Y1000 T C	3,20	3,86	3,71	3,30

Kategoriler için yapılan seçimlerin salonlardaki dağılımları “Ek B” bölümünde paylaşılmaktadır.

Hesaplanan nesnel hacim akustiği parametre değerleri, fonetik olarak dengelenmiş kelime ayırt etme testine verilen doğru yanıt sayıları ve kullanıcı tercihleri testi için yapılan seçimler belirlenen kategoriler özelinde incelenmiştir (Tablo 5.2 – Tablo 5.5). İncelemeler, salonların optimum koşullarına göre değişen değerleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. İncelemeler, kategorilerin azlık çokluk skalalarına göre değerlendirilmiştir. Bu nedenle AL_{cons} parametresine ilişkin düzenleme yapılmıştır. (Bu ve bundan sonraki tablolarda; **Yeşil**: Değer Yükselmiş, **Kırmızı**: Değer Düşmüş, **Mavi**: Değer Değişmemiş)

Tablo 5.2 Nesnel ve Öznel Değerlendirmeler Arasındaki İlişki (Yansışım)

	Yansışım Kategorisi		
	RT (Ort)	Doğru Sayısı	Kullanıcı Tercihi
D500_D_A			
D500_D_C			
D500_T_A			
D500_T_C			
D1000_D_B			
D1000_D_E			
D1000_T_B			
D1000_T_D			
Y500_D_B			
Y500_D_D			
Y500_T_B			
Y500_T_E			
Y1000_D_A			
Y1000_D_C			
Y1000_T_A			
Y1000_T_C			

Yeşil: Değer Yükselmiş Kırmızı: Değer Düşmüş Mavi: Değer Değişmemiş

Yansışım süresi (RT) değerleri ile yansışım kategorisi için yapılan seçimlerin birbiri ile uyumlu olduğunu söylemek mümkün değildir. D500 ve D1000 tipi salonların tavan yüzeylerinde değişim yapılan varyasyonları ile Y1000 tipi salonun duvar yüzeyinde değişim yapılan varyasyonlarının, hesaplanan yansışım süresi değerleri ile doğru orantılı olarak değerlendirildiği söylenebilir. D500_D_A salonu tüm salonlar arasında en uzun yansışım süresi değerine sahipken, diğer salonların (toplamda iki salon dışında) büyük çoğunluğuna kıyasla daha az yansışımlı olarak nitelendirilmiştir.

Yansışım süresinin kısalması ile kelime testlerine verilen doğru sayılarının büyük oranda doğru orantılı olduğu anlaşılmaktadır. Salon tipi, büyüklüğü ya da kullanılan yutuculuk sınıfı üzerinden bir çıkarım yapmak mümkün değildir. Duvar yüzeylerinde malzeme değişikliği yapılan salonlarda yansışım süresi değişimlerinin daha fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 5.3 Nesnel ve Öznel Değerlendirmeler Arasındaki İlişki (Netlik)

	Netlik Kategorisi						
	C ₅₀ (3)	D ₅₀ (3)	STI	AL _{cons}	AI	Doğru Sayısı	Kullanıcı Tercihi
D500_D_A							
D500_D_C							
D500_T_A							
D500_T_C							
D1000_D_B							
D1000_D_E							
D1000_T_B							
D1000_T_D							
Y500_D_B							
Y500_D_D							
Y500_T_B							
Y500_T_E							
Y1000_D_A							
Y1000_D_C							
Y1000_T_A							
Y1000_T_C							

Yeşil: Değer Yükselmiş Kırmızı: Değer Düşmüş Mavi: Değer Değişmemiş

Netlik kategorisi için hesaplanan nesnel hacim akustiği parametre değerleri birbirleri ile örtüşmektedir. Yutuculuğun artırıldığı salonlarda netliğin artması beklenen bir durumdur. Tabloda AI değerlerinin düştüğü ya da aynı kaldığı görülmektedir. Ancak bu düşüş genellikle %1 dolaylarındadır. En büyük düşüş Y1000_T_E salonuna ait olmakla birlikte (AI=0,96) tüm varyasyonlar için hesaplanmış değerler oldukça yüksek bulunmaktadır.

Salon varyasyonlarında netlik ile ilişkili hacim akustiği parametre değerlerinin artmasına rağmen kullanıcılar dikdörtgen plan tipindeki salon varyasyonlarının büyük çoğunluğu için netliğin azaldığı yönünde seçimler yapmıştır. Yelpaze tipindeki salon varyasyonları için yapılan seçimler ise hesaplanan değerler ile büyük oranda örtüşmektedir. Bu çıkarımın dışında kalan iki salon vardır; bunlar yüzey malzemeleri B yutuculuk sınıfına çıkarılan salonlardır.

Beklendiği gibi, salon varyasyonlarında netliğin artması ile kelime testlerine verilen doğru yanıt sayısı artmıştır.

Tablo 5.4 Nesnel ve Öznel Değerlendirmeler Arasındaki İlişki (Gürlük)

	Gürlük Kategorisi		
	SPL	Doğru Sayısı	Kullanıcı Tercihi
D500 D A			
D500 D C			
D500 T A			
D500 T C			
D1000 D B			
D1000 D E			
D1000 T B			
D1000 T D			
Y500 D B			
Y500 D D			
Y500 T B			
Y500 T E			
Y1000 D A			
Y1000 D C			
Y1000 T A			
Y1000 T C			

Yeşil: Değer Yükselmiş Kırmızı: Değer Düşmüş Mavi: Değer Değişmemiş

Salonlarda yutunun artması ile dinleyici noktasına ulaşan ses basınç düzeyinin azalması beklenir. Ancak salon değerlendirmelerinde D1000 salon tipi varyasyonları, D500_T_C ve Y1000_T_A salonları dışında gürlüğün arttığı yönünde bir değerlendirme alınmıştır.

Kelime testlerine verilen doğru yanıt sayıları ile gürlük kategorisi arasında mantıklı bir ilişki kurulamamıştır.

5.2 Öznel Değerlendirme Kategorileri Arasındaki İlişki

Deneklerin belirlenen kategoriler için yaptığı seçimler birbirleri ile değerlendirilmiştir. Tablo 5.5'te kategorilere ait karşılaştırma görülebilir.

Tablo 5.5 Kullanıcı Tercihleri Arasındaki İlişki

	Yansıım Kategorisi	Netlik Kategorisi	Gürlük Kategorisi	Genel Değerlendirme Kategorisi
D500_D_A				
D500_D_C				
D500_T_A				
D500_T_C				
D1000_D_B				
D1000_D_E				
D1000_T_B				
D1000_T_D				
Y500_D_B				
Y500_D_D				
Y500_T_B				
Y500_T_E				
Y1000_D_A				
Y1000_D_C				
Y1000_T_A				
Y1000_T_C				

Yeşil: Değer Yükselmiş Kırmızı: Değer Düşmüş Mavi: Değer Değişmemiş

Yapılan değerlendirmelerde netlik ve gürlük kategorilerinin birbirleri ile büyük oranda örtüştüğü görülmektedir. Dikdörtgen plan tipindeki salon varyasyonlarının bu kategoriler için optimum durumlarına göre olumsuz olarak değerlendirildiği çıkarımını yapmak mümkündür. Yansıım kategorisi için yapılan seçimlerin diğer kategorilerle belirli bir ilişkisi olduğu çıkarımı yapılamamaktadır. Genel değerlendirme kategorisi için yapılan seçimlerin ise genel anlamda yelpaze plan tipine sahip salon varyasyonları için diğer netlik ve gürlük kategorileri için yapılan seçimler ile doğru orantılı olduğu söylenebilir.

Y1000_T_A salonu genel değerlendirmede en düşük ortalamaya sahiptir. Salon ilgili standardın önerdiği yansıım süresi değer aralığındadır. Aksine, önerilen yansıım süresi değer aralığının dışında kalan dört salondan üç tanesi (D1000_D_B, Y1000_D_A, Y1000_D_C) genel değerlendirmede optimum durumlara göre daha olumlu olarak nitelendirilmiştir.

5.3 Kelime Testleri ile Genel Değerlendirme Arasındaki İlişki

Fonetik dengeli kelime ayırt etme testlerine verilen doğru yanıtlar ile kullanıcı tercihleri belirleme testine ait genel değerlendirme kategorisi için yapılan seçimler ayrıca incelenmiştir (Tablo 5.6).

Tablo 5.6 Öznel Değerlendirmeler Arasındaki İlişki (Genel Değerlendirme)

	Genel Değerlendirme Kategorisi	
	Doğru Sayısı	Kullanıcı Tercihi
D500_D_A		
D500_D_C		
D500_T_A		
D500_T_C		
D1000_D_B		
D1000_D_E		
D1000_T_B		
D1000_T_D		
Y500_D_B		
Y500_D_D		
Y500_T_B		
Y500_T_E		
Y1000_D_A		
Y1000_D_C		
Y1000_T_A		
Y1000_T_C		

Yeşil: Değer Yükselmiş Kırmızı: Değer Düşmüş Mavi: Değer Değişmemiş

Genel değerlendirme kategorisi için yapılan seçimler ile kelime testlerine verilen doğru yanıt sayıları kıyaslanmıştır. Verilen doğru yanıt sayılarının artmasına rağmen salonlar büyük çoğunlukla olumsuz olarak nitelendirildiği görülmektedir. Y1000_T_A salonu hariç diğer Y1000 salon tipi varyasyonları ile D1000_D_B ve D1000_T_D salonları optimum durumlarından daha olumlu olarak değerlendirilmiştir.

Tüm salonlar arasında en olumlu olarak değerlendirilen salon 4,05 ortalama puanla (+0,65) D1000_T_D salonudur. Y1000_T_A salonu ise 2,32 ortalama puanla (-0,71) en olumsuz olarak değerlendirilen salondur. Tüm salonlar arasında yalnızca Y1000_T_A salonu ortalama değer (2,5) altında kalmaktadır.

5.4 Genel Değerlendirme ve Öneriler

Tez kapsamında yapılan, salonlarda kullanılan malzemelerin yutuculuk sınıfı değişimlerinin kullanıcı tercihleri ile ilişkilendirilmesine ait değerlendirme çalışmasına ait sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır.

- Yansışım süresi değerinin hedef optimum değerde elde edildiği salonlar (tasarlanan ana salonlar) büyük oranda daha olumlu olarak değerlendirilmiştir.
- Duvar yüzeylerinde yapılan yutuculuk değişimlerinin yansışım süresi üzerindeki etkisi tavan yüzeylerine göre daha fazladır.
- Salon varyasyonlarında konuşma ile ilgili nesnel hacim akustiği parametre değerlerinin iyileştirilmesi, salonların genel değerlendirmede daha olumlu nitelendirilmesini beraberinde getirmemektedir.
- Tavan yüzeylerinde yutuculuk sınıfı en üst düzeylere çıkarıldığında (A ya da B) salonların genel değerlendirmenin olumsuzaya kaydığı anlaşılmaktadır.

Çalışma sonucunda yapılan değerlendirmeler, tez çalışmasının hipotezi olan “Farklı malzemelerin farklı oranlardaki yutuculuk değişimleri, salonların akustik konfor koşullarını etkiler. Bu etki, belli bir orana kadar kabul edilebilirdir” ifadesini desteklemektedir. Bununla birlikte çalışmada kullanılan “DIN18041:2016-03 – Acoustic Quality in Rooms - Specifications and Instructions for the Room Acoustic Design” [16] standardının önerdiği yansışım süresinin kabul edilebilirlik değer aralığının ($\pm$ %20) oldukça geniş tutulduğu çıkarımı yapılabilir.

Akustik tasarım aşamasında yansışım süresinin hedef optimum değerde sağlanmasının amaçlanması, kullanıcılar tarafından daha olumlu olarak nitelendirilebilecek salonların projelendirilmesini beraberinde getirecektir. Tasarımcıya sunulmak istenen malzeme seçim serbestliğinin, tavan yüzeylerinde yutuculuk sınıfı düşük değerlerde (D ya da E) malzeme seçimi ile sınırlandırılması önerilmektedir.

Çalışma, farklı mekan ve işlevler için tekrarlanabilir niteliktedir. Bir konferans salonu kullanımını yansıtmaya açısından geniş yaş aralığına sahip denek topluluğu ile gerçekleştirilen çalışma, kullanıcı kitlesi özelleşebilen, derslikler gibi salonlar

için tekrarlanabilir. Belirli yaş aralığındaki denekler ile yapılacak öznel değerlendirme çalışmaları ile farklı ilişkiler kurulabilecektir. Çalışma kapsamında yapılan dinleme testlerinde kullanılan kadın vokal yerine erkek vokal kullanımıyla çalışma verileri genişletilebilir. Gelecekte, znel değerlendirme testlerinin çok kez tekrarlanmasıyla çalışma kapsamı genişletilerek malzemelerin yutuculuk sınıfı değişimlerinin kabul edilebilir aralığı saptanabilecektir.

Çalışmada, literatürde karşılaşılan, konuşma sesini tanımlayıcı sıfatların eksikliği giderilerek, benzer çalışmalarda kullanılabilircek tanımlayıcılar önerilmiştir. Dinleme kayıtları üzerinden yapılan öznel değerlendirmelerin deneklere gerçek duruma uygun koşullarda sunulabilmesi için ayrıntılı bir yöntemin geliştirildiği bu tez çalışmasında, dinleme kayıtlarına arka plan gürültüsü sinyalinin eklenmesi ve dinleme testleri için düzey kalibrasyonunun yapılmasının gerekliliği vurgulanmaktadır.

Nesnel ve öznel değerlendirmelerin ilişkilendirildiği bu çalışma, sunduğu çalışma yöntemi aracılığıyla gelecekte yapılacak benzer çalışmalara yol açıcı niteliktedir.

- [1] Vitruvius, Mimarlık Üzerine On Kitap. İstanbul: Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, 1990.
- [2] M. Long, Architectural Acoustics. Burlington: Elsevier Academic Press, 2006.
- [3] W. C. Sabine, Collected Papers on Acoustics, reprinted. New York: Dover Publications, 1964.
- [4] E. Meyer ve R. Thiele. “Raumakustische untersuchungen in zahlreichen konzertsälen und rundfunkstudios unter anwendung neuerer messverfahren”, Acustica, 6, pp. 425, 1956.
- [5] A. Lawrence, Architectural Acoustics. Londra: Elsevier Publishing Company Limited, 1970.
- [6] J. H. Rindel. “Modelling in Auditorium Acoustics - From Ripple Tank and Scale Models to Computer Simulations”, Keynote Lecture, Forum Acusticum, Sevilla, 16-20 Eylül 2002.
- [7] H. Kuttruff, Room Acoustics, Third Edition. Londra: Elsevier Applied Science, 1991.
- [8] Ş. Sirel, Yapı Akustiği I - Temel Bilgiler, İkinci Baskı. İstanbul: İDMM Akademisi Yayınları, 1980.
- [9] J. H. Callender, Time-Saver Standards for Architectural Design Data. New York: McGraw-Hill, 1974.
- [10] C. M. Harris, Handbook of Noise Control. New York: McGraw-Hill, 1997.
- [11] J. S. Bradley, “Acoustical Design of Rooms for Speech”, Construction Technology Update No. 51, National Research Council of Canada, 2002.
- [12] W. Ahnert, W. Schmidt, Fundamentals to Perform Acoustical Measurements Appendix to EASERA, EASERA Manual - Appendix – 1, Berlin, 2006.
- [13] S. Errede. (2002). Auditorium & Room Acoustics, Department of Physics, University of Illinois at Urbana-Champaign. Available: https://courses.physics.illinois.edu/phys406/sp2017/Lecture_Notes/P406POM_Lecture_Notes/P406POM_Lect9.pdf
- [14] M. Barron, Auditorium Acoustics and Architectural Design, Second Edition. Londra: E&F Spon, 2009.
- [15] C. E. Wilson, Noise Control: Measurement, Analysis and Control of Sound and Vibration. New York: Harper & Row, 1989.
- [16] Acoustic Quality in Rooms - Specifications and Instructions for the Room Acoustic Design, DIN18041:2016-03, Almanya, 2016.
- [17] Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 1: Performance Spaces, BS EN ISO 3382-1:2009, Londra, 2009.

- [18] C. Nocke, "New Standards in Architectural Acoustics – a German View", Proceedings of Acoustics 2016, Brisbane, Avustralya, 9-11 Kasım 2016.
- [19] A. Gade, "Acoustics in Halls for Speech and Music. T.Rossing (Ed.)", Springer Handbook of Acoustics. New York: Springer Handbooks, pp 301-350, 2007.
- [20] L. G. Marshall, "An acoustics measurement program for evaluating auditoriums based on the early / late sound energy ratio", The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 96, no. 2251, 1994.
- [21] J. Harvie-Clark, D. Wallace, N. Dobinson, N., F. Larrieu, "Reverberation Time, Strength & Clarity in School Halls: Measurement and Modelling", Proceedings of the Institute of Acoustics, vol. 36, pt.3, 2014.
- [22] C. Campbell, C. Svensson, E. Nilsson, E., "The Same Reverberation Time in Two Identical Rooms Does Not Necessarily Mean The Same Levels of Speech Clarity and Sound Levels When We Look at Impact of Different Ceiling and Wall Absorbers", Inter-noise, Melbourne, 16-19 Kasım 2014.
- [23] M. Mehta, J. Johnson, J. Rocafort, Architectural Acoustics. New Jersey: Prentice Hall, 1999.
- [24] K. Kitapçı, "Speech Intelligibility in Multilingual Spaces", Doktora Tezi, School of Energy, Geoscience, Infrastructure and Society, Heriot-Watt Üniversitesi, Edinburgh, İskoçya, 2016.
- [25] V. O. Knudsen, Architectural Acoustics. New Jersey: John Wiley & Sons, Incorporated, 1932.
- [26] E. Türk Gürkan, "Mimari Tasarımda Akustik modelleme Uygulamaları ve Örnek İncelemeler", 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 17-20 Nisan 2019.
- [27] Y. Choi, J. S. Bradley, "Effects of Varied Row Spacing Adding Cushions, Carpet and Occupants on Pew Sound Absorption", Applied Acoustics, vol. 99, pp 110-117, 2015.
- [28] Y. Choi, J. S. Bradley, D. Jeong, "Effects of Edge Screens on the Absorption of Blocks oh Theatre Chairs", Applied Acoustics, vol. 73, pp 470-477, 2012.
- [29] X. Ren, J. Kang, "Effects of the Visual Landscape Factors of an Ecological Waterscape on Acoustic Comfort", Applied Acoustics, vol. 96, pp 171-179, 2015.
- [30] J. P. Areans, M. J. Crocker, "Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials", Sound & Vibration, pp 12-17, Temmuz 2010.
- [31] J. Rathsam, L. M. Wang, "A Review of Diffuse Reflections in Architectural Acoustics", Building Integration Solutions, 2006.
- [32] M. C. Vigeant, L. M. Wang, J. H. Rindel, "Effects of Changing the amount of Absorption in a Computer Model of Queen's Hall, Copenhagen, Denmark", Proceedings of the Institute of Acoustics, vol. 28, pt. 2, pp 247-254, 2006.
- [33] R. T. Muehleisen, B. D. Tinianov, C. W. Beamer IV, D. S. Hougland, "Acoustic and Illumination Design of Conference Rooms", Architectural Engineering, 2003.

- [34] D. T Bradley, L. M. Wang, "Room Acoustics in Coupled Volume Spaces", Building Integration Solutions, 2006.
- [35] T. J. Cox, P. D'Antonio, "Engineering Art: The Science of Concert Hall Acoustics", Interdisciplinary Science Reviews, vol. 28, no. 2, pp 119-129, 2003.
- [36] V. J. Stauskis, "Abnormal Acoustic Phenomena in a Cinema hall with a Dolby Surround Sound-Recording System", 2001.
- [37] C. Semidor, A. Barlet, "Objective and Subjective Surveys of Opera House Acoustics: Example of the Grand Theatre de Bordeaux", Journal of Sound and Vibration, vol. 232, no. 1, pp 251-261, 2000.
- [38] J. Dolejší, P. Slavko, L. Pouzar - photoes, M. Rychtariková, "Acoustics of Unique Baroque Theatre in Český Krumlov", The Journal of the Acoustic Society of America, vol. 123, no. 5, 2008.
- [39] V. Gómez Escobar, J.M. Barrigón Morillas, "Analysis of intelligibility and reverberation time recommendations in educational rooms", Applied Acoustics, vol. 96, pp 1-10, 2015.
- [40] P. Ricciardi, C. Buratti, "Environmental quality of university classrooms: Subjective and objective evaluation of the thermal, acoustic, and lighting comfort conditions", Building and Environment, vol. 127, pp 23-36, 2018.
- [41] G.E. Puglisia, L.C. Cantor Cutiva , L. Pavese , A. Castellana , M. Bona , S. Fasolis , V. Lorenzatti , A. Carullo , A. Burdorf , F. Bronuzzi , A. Astolfi, "Acoustic comfort in high-school classrooms for students and teachers", 6th International Building Physics Conference, Antalya, 1-5 Kasım 2015.
- [42] J. John, A. L. Thampuran, B. Premlet, "Objective and subjective evaluation of acoustic comfort in classrooms: A comparative investigation of vernacular and modern school classroom in Kerala", Applied Acoustics, vol. 104, pp 33-41, 2016.
- [43] P. H. Trombetta Zannin, C. Reich Marcon, "Objective and subjective evaluation of the acoustic comfort in classrooms", Applied Ergonomics, vol. 38, pp 675-680, 2007.
- [44] B. Şan, "İlköğretim Okullarında Gürültüden Rahatsızlığın Alan Araştırması ile Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2010.
- [45] A. Astolfi, V. Corrado, M. Filippi, S. Viazzo, Classroom Acoustic Assessment: Analysis of Subjective Answers and Measured Incides, Euronoise, Napoli, 19-21 Mayıs 2003.
- [46] B. Shield, R. Conetta, "A Survey of Acoustic Conditions and Noise Levels in Secondary School Classrooms in England", The Journal of the Acoustic Society of America, vol. 137, no. 1, 2014.
- [47] S. Shell, "Effect of the physical environment on teacher satisfaction with indoor environmental quality in early learning schools", Yüksek Lisans Tezi, School of Architectural Engineering, Nebraska-Lincoln Üniversitesi, Lincoln, 2015.

- [48] N. Perkins, Y. Merwood, M. Halstead, (2002). Sound Concepts Design and Testing. Acoustics form development, testing and pilot installation in primary school classrooms. School of Architecture Victoria University of Wellington.
- [49] S. Mungan, “Yetişkinler İçin Türkçe Tek Heceli Konuşmayı Tanıma Testinin Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2010.
- [50] T. R. Letowski, A. A. Scharine, “Correlational Analysis of Speech Intelligibility Tests and Metrics for Speech Transmission”, US Army Research Laboratory, US Army Aberdeen Proving Ground, ARL-TR-8227, Aralık 2017.
- [51] The construction and calibration of speech intelligibility tests, ISO TR 4870, International Organization for Standardization, Cenevre, İsviçre, 1991.
- [52] American national standard method for measuring the intelligibility of speech over communication systems, ANSI/ASA S3.2-2009 (R2014), Acoustical Society of America, Melville, New York, 2014.
- [53] W. D. Voiers, “Diagnostic Evaluation Of Speech Intelligibility. M. E. Hawley (Ed.)”, Speech Intelligibility And Speaker Recognition. Stroudsburg (PA): Dowden, Hutchinson & Ross, pp 374-387, 1997.
- [54] W. D. Voiers, “Evaluating processed speech using the diagnostic rhyme test”, Speech Tech, vol. 1, no. 4, pp 30-39, 1983.
- [55] G. Fairbanks, “Test of phonemic differentiation: the rhyme test”, The Journal of the Acoustic Society of America, vol. 30, no. 7, pp 596-600, 1958.
- [56] A. S. House, C. E. Williams, M. H. L. Hecker, K. D. Kryter, “Articulation testing methods: consonantal differences with a closed-response set”, The Journal of the Acoustic Society of America, vol. 37, no. 1, pp 158-166, 1965.
- [57] L. L. Beranek, Test Lists. Acoustics Measurements. New York: Published for the Acoustical Society of America by the American Institute of Physics, 1949.
- [58] D. N. Kalikow, K. N Stevens, “Development of a test of speech intelligibility in noise using sentence materials with controlled word predictability”, The Journal of the Acoustic Society of America, vol. 61, no. 5, 1977.
- [59] M. Galiana, C. Llinares, Á. Page, “Subjective evaluation of music hall acoustics: Response of expert and non-expert users”, Building and Environment, vol. 58, pp 1-13, 2012.
- [60] A. Farina, P. Martignon, A. Azzali, A. Capra, “Listening Tests Performed Inside a Virtual Room Acoustic Simulator”, I Seminario Música Ciência e Tecnologia: Acústica Musical, São Paulo, Brezilya, pp 7-25, 3-5 Kasım 2004.
- [61] İ. Z. Savcı Özgüven, “İlköğretim Binalarında Konuşma Anlaşılabilirliği ve Ses Kalitesini İncelemek Üzerine Bir Alan Araştırması”, Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2015.
- [62] K. Çoktaş, “İşitsel Verilere Dayanarak Mekansal Atmosferin Taşkılla Örneği Üzerinden İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2019.

- [63] N. Berber Üçkaya, “Eğitim Mekanlarının Akustik Konfor Koşulları Bakımından İrdelenmesi: DEÜ Mimarlık Fakültesi Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2014.
- [64] A. Cocchi, A. Farina, A. Fausti, A., L. Tronchin, “Acoustic Quality Of Theatres: Correlation Between Experimental Measures And Subjective Evaluations”, *Applied Acoustics*, vol. 62, no. 8, pp 889-916, 1965.
- [65] A. Özçevik, “İşitsel Peyzaj – Soundscape Kavramı İle Kentsel Akustik Konforun İrdelenmesinde Yeni Bir Yaklaşım”, Doktora Tezi, Mimarlık Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2012.
- [66] P. M. Gezginer, “The Effects Of Speech Interference In Enclosed Leisure Spaces: A Case Study In Bilkent Roll House”, Yüksek Lisans Tezi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Fakültesi, İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, Ankara, 2011.
- [67] G. Heidari, “Evaluation Of Clinic Waiting Areas In Terms Of Interior Design: Case Of Tire And Çeşme State Hospitals”, Yüksek Lisans Tezi, İç Mimarlık Fakültesi, Yaşar Üniversitesi, İzmir, 2017.
- [68] F. Şenkal Sezer, “Kullanıcı Memnuniyetinin Konfor Koşulları Açısından Değerlendirilmesi: Bir Eğitim Binası Örneği”, *Trakya University Journal of Engineering Sciences*, vol. 16, no. 1, pp 11-19, 2015.
- [70] N. Bulunuz, M. Bulunuz, A. Yurdun Orbak, N. Mulu, Ö. F. Faruk Tavşanlı, “An Evaluation of Primary School Students’ Views about Noise Levels in School”, *International Electronic Journal of Elementary Education*, vol. 9, no. 4, pp 725-740, 2017.
- [70] W. Furrer, *Room and Building Acoustics and Noise Abatement*. Londra: Butterworths, 1964.
- [71] Z. Karabiber, *Mimari Akustikte Ses Ölçmeleri*. İstanbul: Y.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, 1992.
- [72] *Acoustics – Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room*, BS EN ISO 354:2003, Londra, 2003.
- [73] *Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method*, ASTM C423-2:09a, 2009.
- [74] *Standard Test Method for Laboratory Measurement of Airborne Transmission Loss of Building Partitions and Elements Using Sound Intensity*, ASTM E2249, 2019.
- [75] *Laboratory Measurement of Random Incidence Sound Absorption Tests Using a Small Reverberation Room*, SAE J2883, 2020.
- [76] Brüel&Kjær, *Measurements in Building Acoustics*. Danimarka: Brüel&Kjær Publications, 1988.
- [77] <http://www.proplan.com.tr/Uzmanliklar/endustriyel-ve-mimari-akustik/test-odalari-ve-kabinler> Erişim Tarihi: 07.06.2022

- [78] Y. Çakırca, “Küçük Çınlama Odası Tasarımı ve Akustik Malzemelerin Ses Yutum ve İletim Özelliklerinin Ölçümü”, Yüksek Lisans Tezi, Mühendislik Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2018.
- [79] https://www.autoneum.com/wp-content/uploads/2017/09/Alpha_Cabin_Flyer.pdf Erişim Tarihi: 07.06.2022
- [80] U. Ingard, R. H. Bolt, “A Free Field Method of Measuring the Absorption Coefficients of Acoustic Materials”, The Journal of the Acoustic Society of America, vol. 23, no. 5, pp 509-516, 1951.
- [81] U. Ingard, R. H. Bolt, “Absorption Characteristics of Acoustic Material with Perforated Facings”, The Journal of the Acoustic Society of America, vol. 23, no. 5, pp 533-540, 1951.
- [82] S. Fukuta, M. Nishizawa, Y. Takasu, Y. Ohta, T. Mori, M. Yamasaki, Y. Sasaki, “Sound Absorption and Form Retention of Newly Developed Heat-Insulating / Acoustic Material”, Eur. J. Wood Prod, vol. 70, pp 697-704, 2012.
- [83] M. Altunok, S. Ayan, “Lamine Panellerde Ses Yutma Katsayısı Değerlerinin Belirlenmesi”, Politeknik Dergisi, cilt 15, sayı 3, pp 117-125, 2012.
- [84] Acoustics – Determination of Sound Absorption Coefficient and Impedance in Impedance Tubes, ISO 10534-2:1998, Cenevre, İsviçre, 1998.
- [85] Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials by Impedance Tube Method, ASTM C384-04, 2016.
- [86] Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube, Two Microphones and a Digital Frequency Analysis System, ASTM E1050-19, 2019.
- [87] S. Yılmaz, “Nemin Perlitli Akustik Plakaların Ses Yutuculuğu Üzerindeki Etkisi”, İMO Teknik Dergi, Yazı 183, pp 2741-2759, 2012.
- [88] M. B. Özdeniz, C. Yılmaz, S. Yılmaz, “Perlitli Akustik Plakaların Nemli Ortamlardaki Davranışları”, Tübitak Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Proje No: İNTAG 630, Trabzon, 1998.
- [89] A. Selamet, M. B. Xu, I. J. Lee, “Helmholtz Resonator Lined with Absorbing Material”, The Journal of the Acoustic Society of America, vol. 117, no. 2, pp 725-733, 2005.
- [90] R. Lanoye, G. Vermeir, W. Lauriks, “Measuring the Free Field Acoustic Impedance and Absorption Coefficient of Sound Absorbing Materials with a Combined Particle Velocity-Pressure Sensor”, The Journal of the Acoustic Society of America, vol. 119, no. 5, pp 2826-2831, 2006.
- [91] B. Castagnede, A. Aknine, B. Brouard, V. Tarnow, “Effects of Compression on the Sound Absorption of Fibrous Materials”, Applied Acoustics, vol. 61, pp 173-182, 2000.
- [92] R. Tayong, T. Dupont, P. Leclaire, “Experimental Investigation of Holes Interaction Effect on the Sound Absorption Coefficient of Micro-Perforated Panels Under High and Medium Sound Levels”, Applied Acoustics, vol. 72, pp 777-784, 2011.

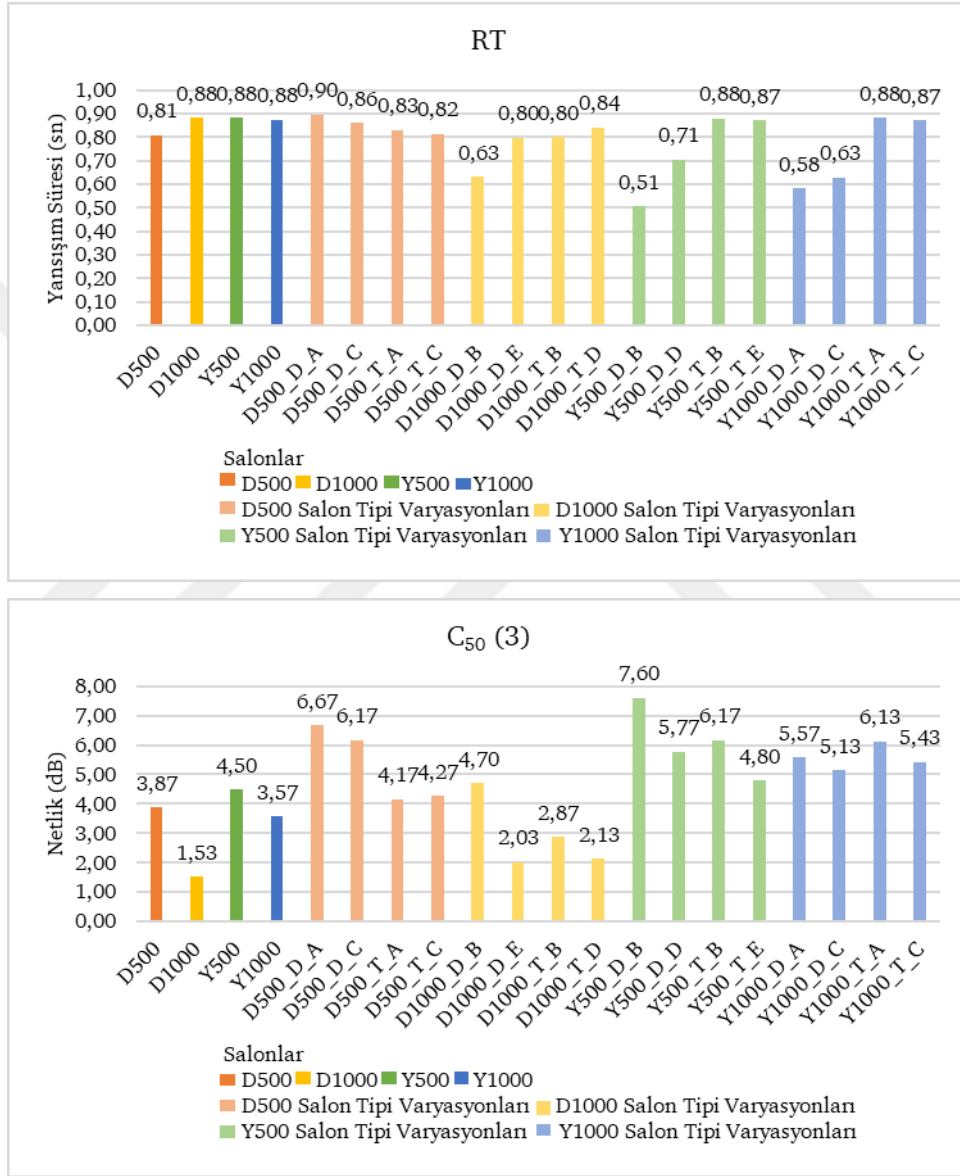
- [93] S. Yilmazer, M. B. Özdeniz, “The Effect of Moisture Content on Sound Absorption of Expanded Perlite Plates”, Building and Environment, vol. 40, pp 311-318, 2004.
- [94] F. D'Alessandro, F. Asdrubali, N. Mencarelli, “Experimental Evaluation and Modelling of the Sound Absorption Properties of Plants for Indoor Acoustic Applications”, Building and Environment, pp 1-11, 2015.
- [95] M. Ayub, M. J. M. Nor, M. H. Fouladi, R. Zulkifli, N. Amin, “A Practical Acoustical Absorption Analysis of Coir Fiber Based on Rigid Frame Modeling”, Acoustical Physics, 2015, vol. 58, no. 2, pp 246-255, 2012.
- [96] <http://www.proplan.com.tr/Uzmanliklar/muhendislik-uygulamalari/akustik-uygulamalari/akustik-malzeme-testleri>, Erişim Tarihi: 07.06.2022
- [97] M. Küçükali Öztürk, B. Uygun Nergis, C. Candan, “Akustik Özellikleri Geliştirilmiş Örme Kumaş Tasarımı”, The Journal Of Textiles and Engineers, yıl 17, sayı 78, pp 15-19, 2010.
- [98] A. Marmaralı, G. Ertekin, A. Çay, “Çeşitli Kumaş Parametrelerinin Yuvarlak Örme Sandviç Kumaşların Ses Yutum Özelliklerine Etkisi”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, vol. 20, no. 7, pp 281-286, 2014.
- [37] S-H. Park, “Acoustic Properties of Micro-Perforated Panel Absorbers Backed by Helmholtz Resonators for the Improvement of Low-Frequency Sound Absorption”, Journal of Sound and Vibration, vol. 332, pp 4895-4911, 2013.
- [100] M. Toyoda, K. Sakagami, D. Takahashi, M. Morimoto, “Effect of a Honeycomb on the Sound Absorption Characteristics of Panel-Type Absorbers”, Applied Acoustics, vol. 72, pp 943-948, 2011.
- [101] C. Boutin, “Effect of Inner Resonators on Acoustics of Rigid Porous Media”, Poromechanics V, pp 1973-1980, 2013.
- [102] V. L. Chrisler, “Effect of Paint on the Sound Absorption of Acoustic Materials”, Research Paper, RP 1298, Part of Journal of Research of the National Bureau of Standards, vol. 24, 1940.
- [103] C-N. Wang, Y-M. Kuo, S-K. Chen, “Effects of Compression on the Sound Absorption of Porous Materials with an Elastic Frame”, Applied Acoustics, vol. 69, pp 31-39, 2008.
- [104] R. Keshavarz, A. Ohadi, “Effects of Compression on Sound Absorption of Transversely Isotropic fibrous Materials at Oblique Incidence”, Applied Acoustics, vol. 74, pp 383-395, 2013.
- [105] H. Gezer, N. Merdan, “The Availability of Microfiber Textile Material in The Textile Architecture - The Effect of UV Absorber on Material Tensile Strength”, Tekstil ve Konfeksiyon, vol 4, pp 284-289, 2010.
- [106] A. E. Charola, “Salts in the Deterioration of Porous Materials: An Overview”, JAIC, 39, pp 327-343, 2000.
- [107] Acoustics – Sound Absorbers for Use in Buildings – Rating of Sound Absorption, ISO 11654,-:1997, Cenevre, İsviçre, 1997.

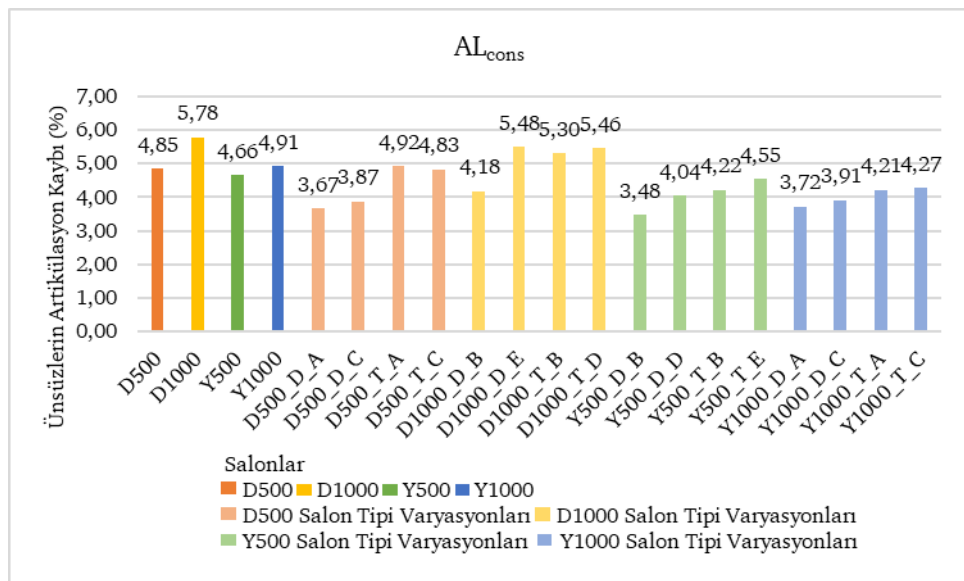
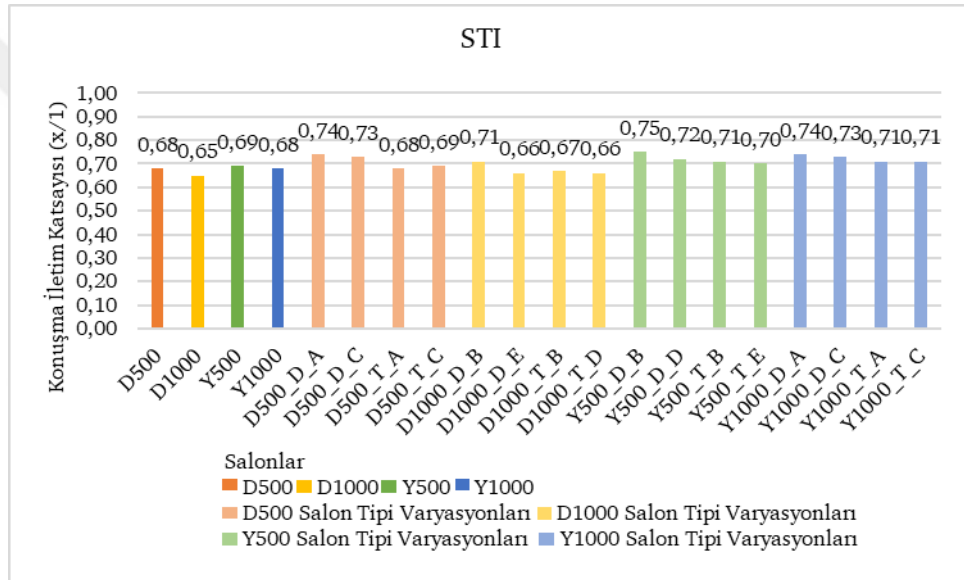
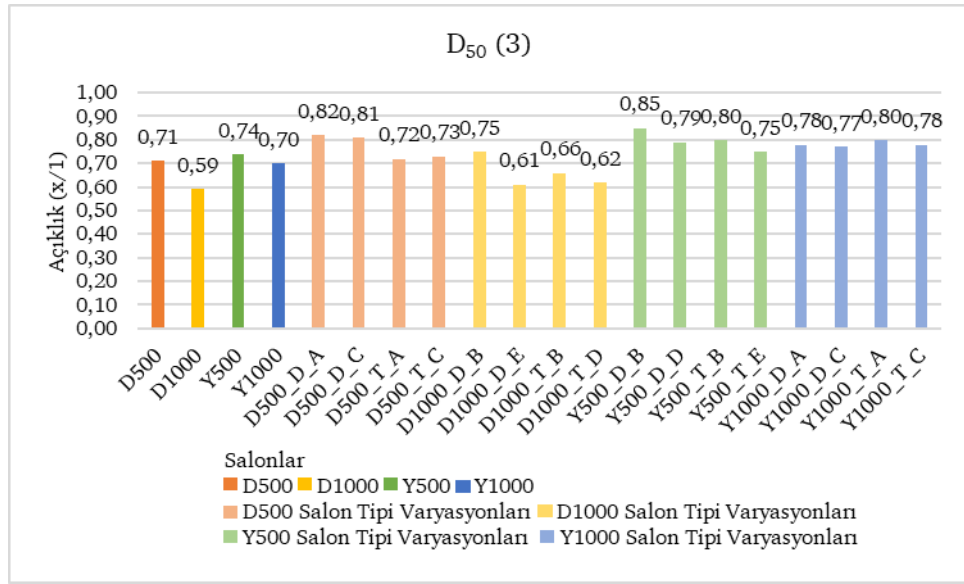
- [108] www.acousticcomfort.co.uk/uploads/Sound_absorption_classes.pdf, Erişim Tarihi: 05.01.2020.
- [109] J. Białek, E. Nowicka, Comparison of Sound Absorption Ratings Calculated According to ISO and ASTM Standards, 2016.
- [110] <https://mdbapi.knauf.com>, Erişim Tarihi: 05.01.2020.
- [111] https://cms.esi.info/Media/documents/Knauf_Apertura_ML.pdf, Erişim Tarihi: 05.01.2020.
- [112] https://www.rockfon.co.uk/syssiteassets/commerce/en-gb/grids/documents/system-descriptions/uk-system-description-rockfon-system-vertiq-hat-a-wall-31_d_04_2019.pdf, Erişim Tarihi: 05.01.2020.
- [113] <https://www.isolation-expert.be/isolation-mur-creux/reconnaitre-mur-creux>, Erişim Tarihi: 05.01.2020.
- [114] <https://instabuilt.com/materials/gypsum-plasterboard-2/>, Erişim Tarihi: 05.01.2020.
- [115] J. H. Rindel, ODEON application note: Auralisation and how to calibrate the sound level for presentations, Danimarka, 2015.
- [116] A. Vural, “İstanbul’da Bulunan Dört Konser Salonunun Akustik Açidan Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Fakóltesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2009.
- [117] C. Orhan, “A Comparative Study on Indoor Soundscape in Museum Environments”, Yüksek Lisans Tezi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Fakóltesi, İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, Ankara, 2019.
- [118] Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic rooms, ISO 3745:2012, Cenevre, İsviçre, 2012.
- [119] <http://www.proplan.com.tr/Uzmanliklar/endustriyel-ve-mimari-akustik/test-odalari-ve-kabinler>, Erişim Tarihi: 07.06.2022.
- [120] Ergonomics – Assessment of speech communication, ISO 9921:2003, Cenevre, İsviçre, 2003.
- [121] O. Akaydın, “Buzdolaplarında ses gücü düzeyinin azaltılması ve ses kalitesinin geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mühendislik Fakóltesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2013.
- [122] M. Vorländer, Auralization: Fundamentals of acoustics, modelling, simulation, algorithms and acoustic virtual reality. Berlin: Springer Science & Business, 2008.
- [123] Brüel & Kjaer, Sound Quality: Equalisation and calibration, Educational PowerPoint Slides, Danimarka, 2010.
- [124] E. A. G. Shaw, “External ear response and sound localization. R. W. Gatehouse (Ed.)”, Localization of Sound: Theory and Applications. Groton, pp 30-41, 2007.

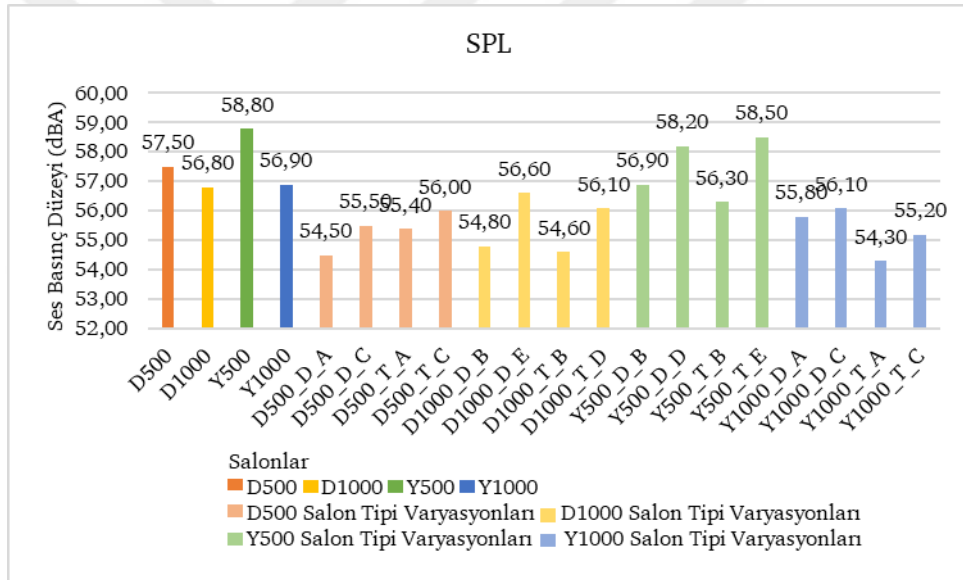
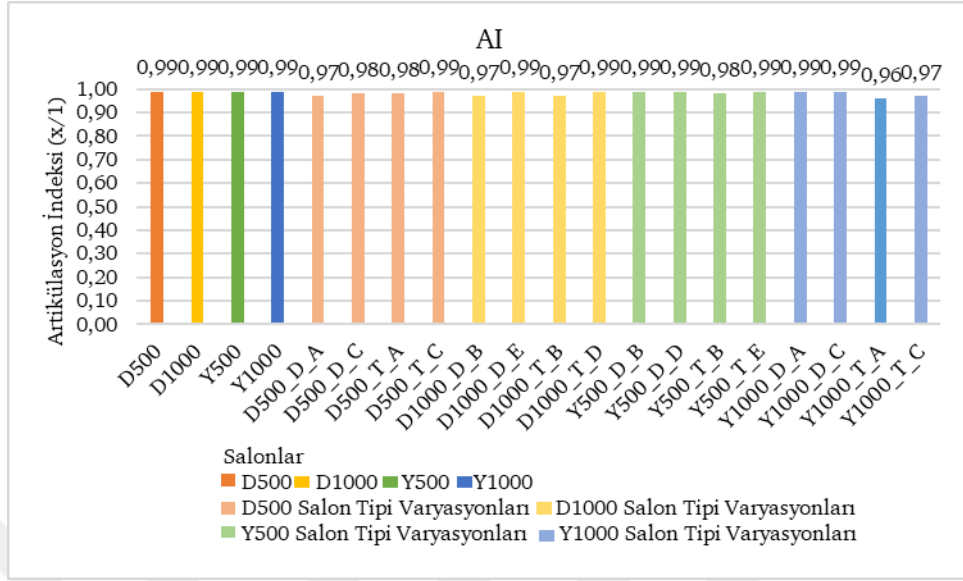
- [125] G. Wersényi, "HRTFs in Human Localization: Measurement, Spectral Evaluation and Practical Use in Virtual Audio Environment", Doktora Tezi, BrandenburgTeknoloji Üniversitesi, Cottbus, Almanya, 2002.
- [126] J. Blauert, Spatial Hearing. MA: The MIT Press, 1983.
- [127] J. C. Middlebrooks, "Narrow-band sound localization related to external ear acoustics", The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 92, pp 2607-2624, 1992.
- [128] H. Møller, M. F. Sorensen, D. Hammershøi, C. B. Jensen, "Head-Related Transfer Functions of human subjects", The Journal of the Audio Engineering Society, vol. 43, no. 5, pp. 300-321, 1995.
- [129] W. M. Hartmann, "How we localize sound", Physics Today, Kasım, pp. 24-29, 1999.
- [130] H. Fisher, S. J. Freedman, "The role of the pinna in auditory localization", The Journal of Audiology Research, vol. 8, pp. 15-26, 1968.
- [131] R. Triggs, "What is frequency response and how does it affect my music", 2018. <https://www.soundguys.com/frequencyresponse-explained-16507/>, Erişim Tarihi: 15.02.2021.
- [132] https://www.bhphotovideo.com/c/product/275195-REG/M_Audio_9900_50764_00_MobilePre_USB.html, Erişim Tarihi: 15.02.2021.
- [133] J. Pätynen, T. Tapio, "Evaluation of concert hall auralization with virtual symphony orchestra", Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics, ISRA 2010, Melbourne, Avustralya, 29-31 Ağustos 2010.
- [134] J. H. Rindel, C. L. Christensen, "Calibration of auralisation presentations through loudspeakers", EuroRegio 2016, Porto, Portekiz, 13-15 Haziran 2016.
- [135] S. Di Rosario, "Auralization level calibration", Proceedings of the Institute of Acoustics, vol. 30 no. 6, pp. 165-181, 2008.
- [136] K. Şaher, B. Karaböce, "Dersliklerde reverberasyon süresi ve gürültü-sinyal oranının yetişkinler ve çocuklarda kelime ayırt etme oranına etkisi", Megaron, vol. 14 no. 3, pp. 385-396, 2019.
- [137] E. Alıc, "Camilerde konuşma anlaşılabilirliğinin Türkçe ve Arapça dilleri üzerinden incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Fakültesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, 2019.
- [138] Z. Uzeyirli, "İşitme engelli bireylerin kaynaştırmalı eğitim mekanlarının akustik açıdan incelenmesi ve bir örnek çalışma", Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Fakültesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, 2019.
- [139] <https://www.bksv.com/en/transducers/simulators/head-and-torso>, Erişim Tarihi: 15.02.2021.
- [140] A. F. Yüzer, E. Ağaoğlu, H. Tatlıdil, A. Özmen, E. Işıklar, İstatistik. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları, 2009.

A

HESAPLANAN NESNEL HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİNİN ORTALAMA DEĞERLERİ

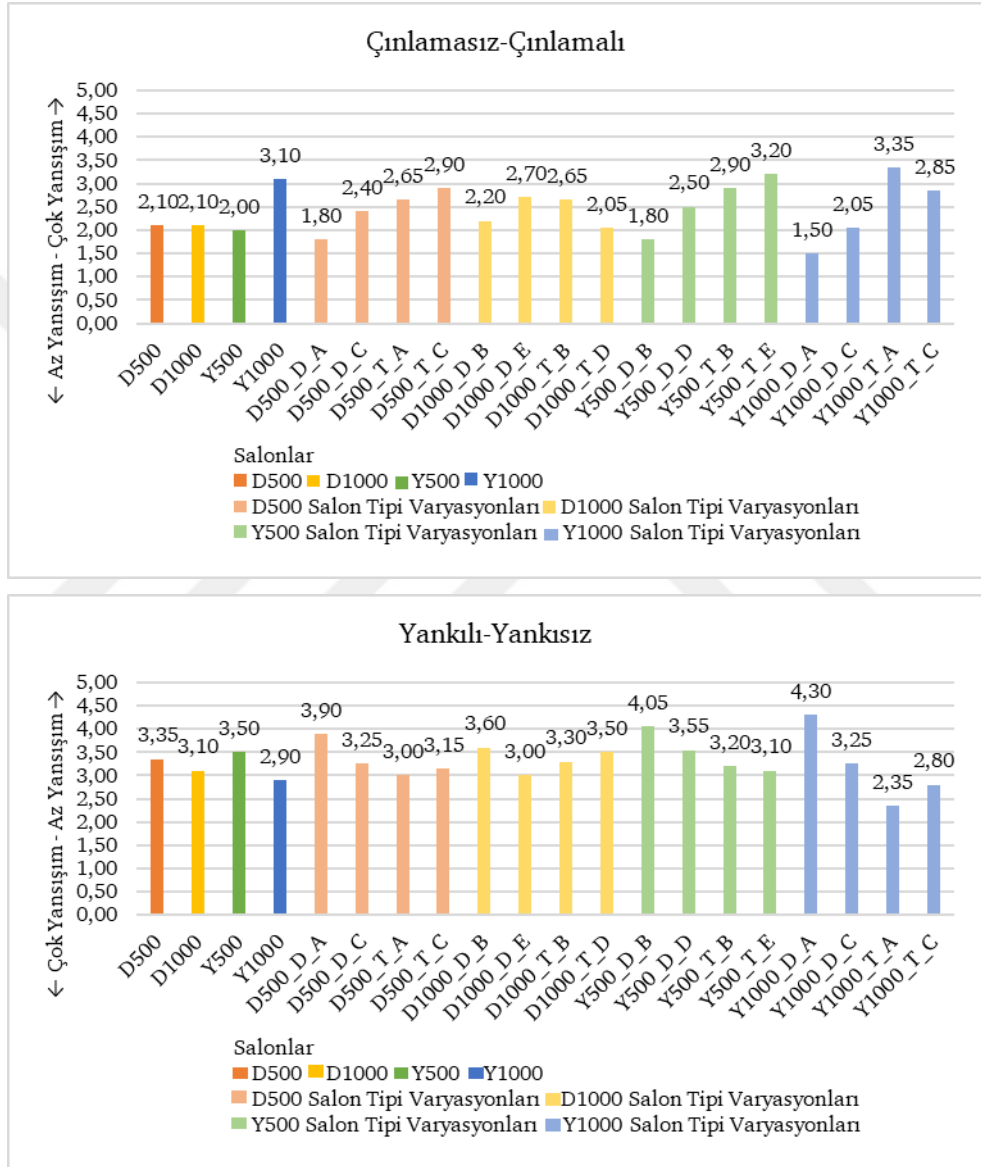


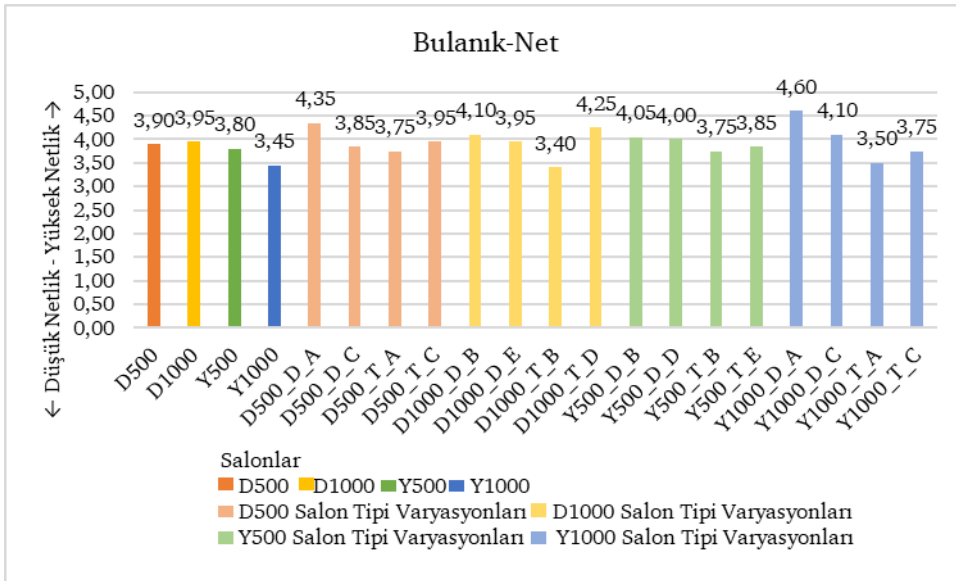
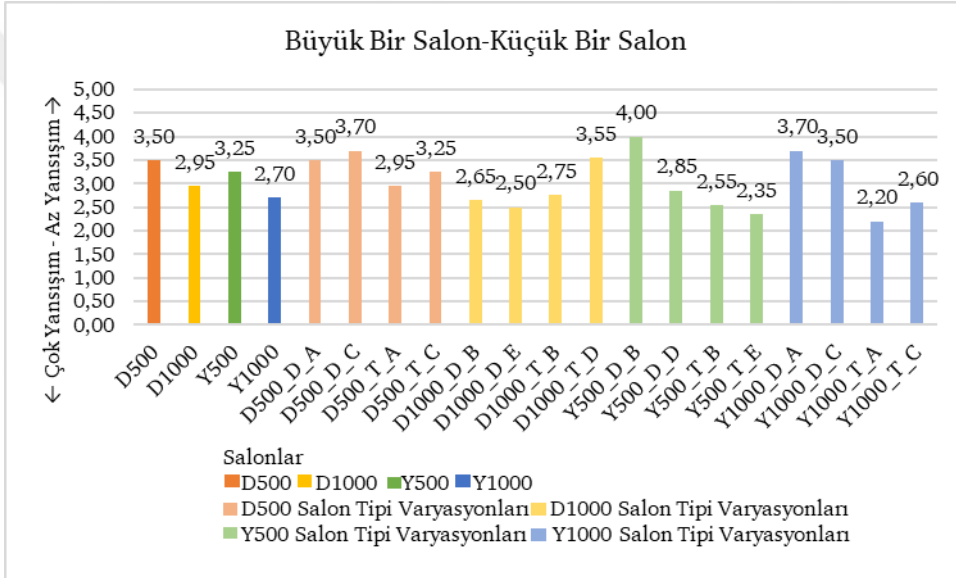
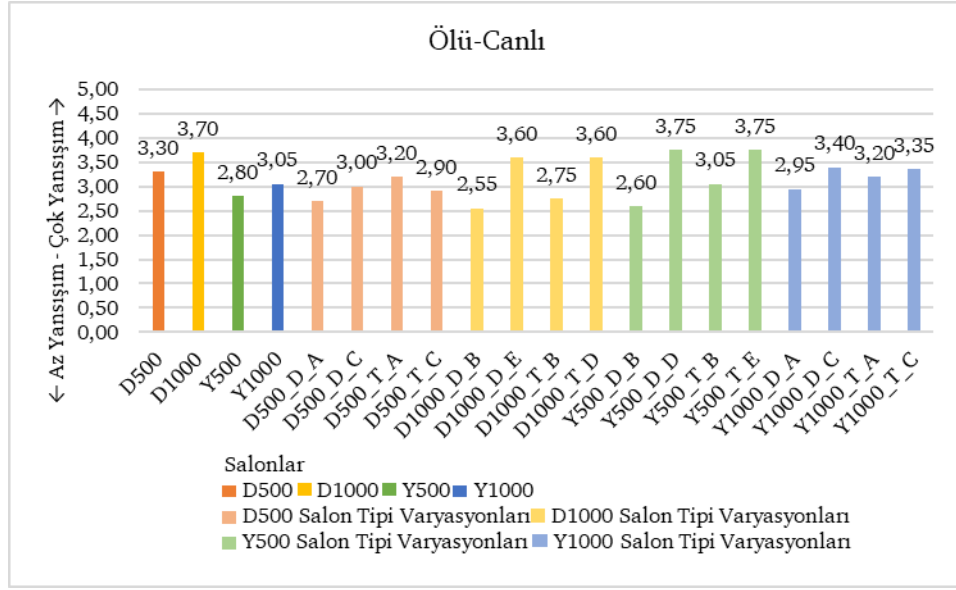


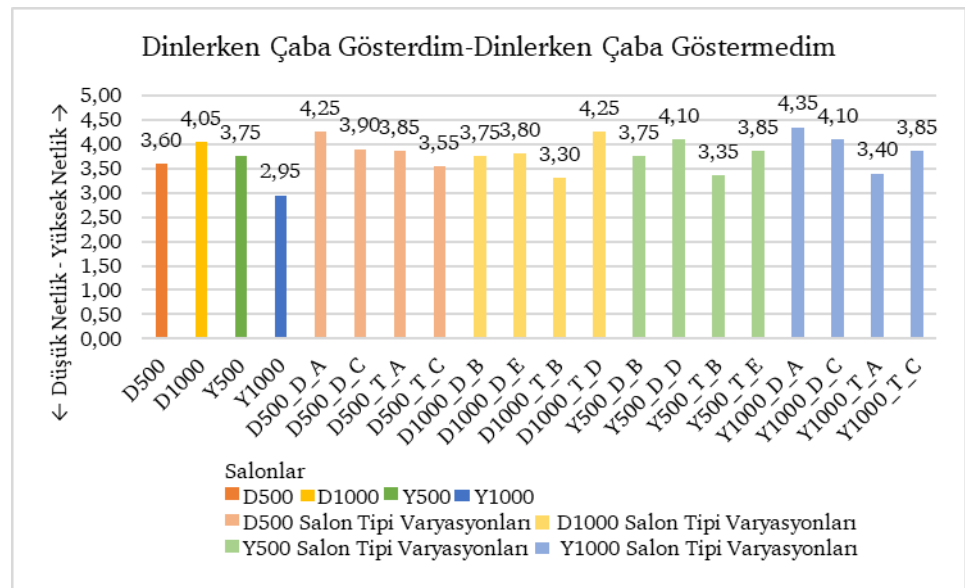
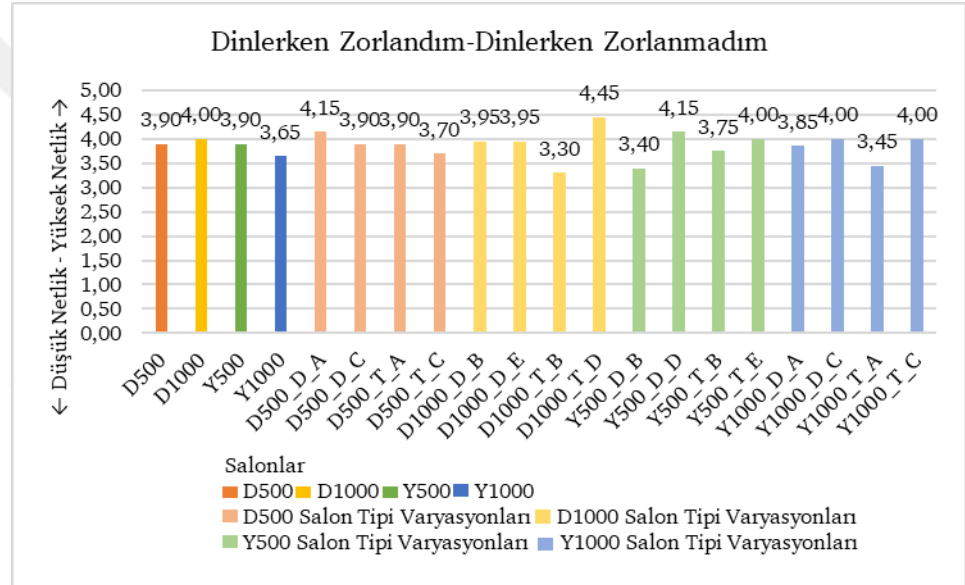
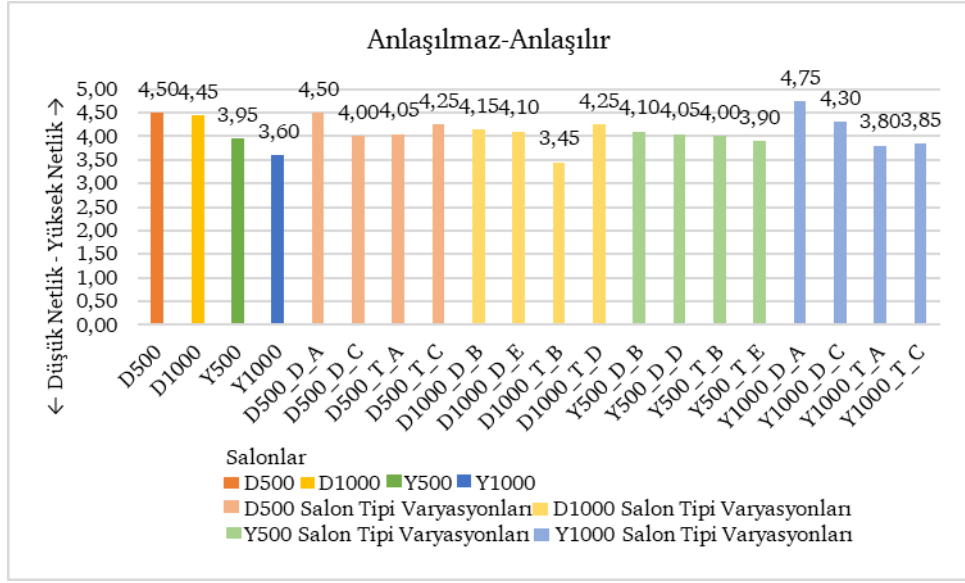


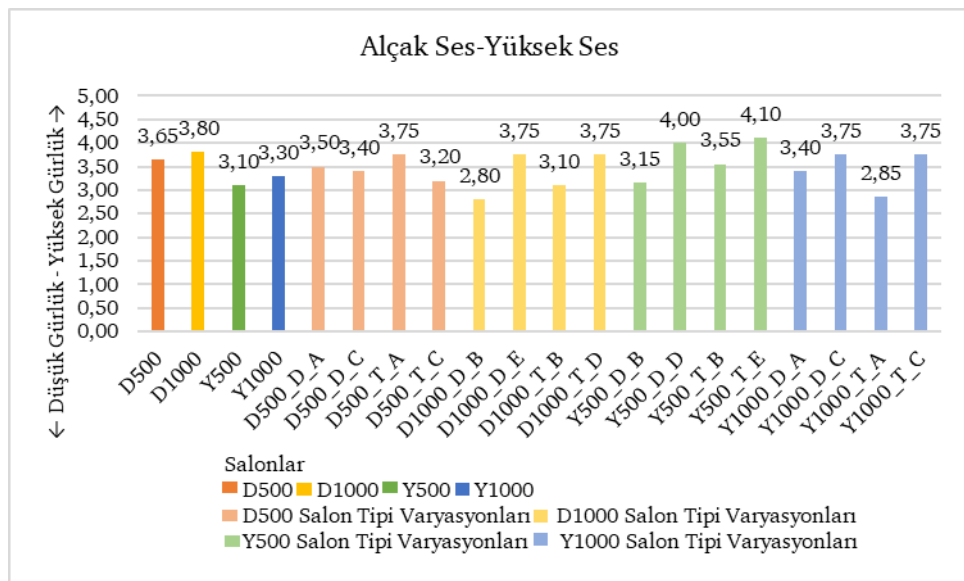
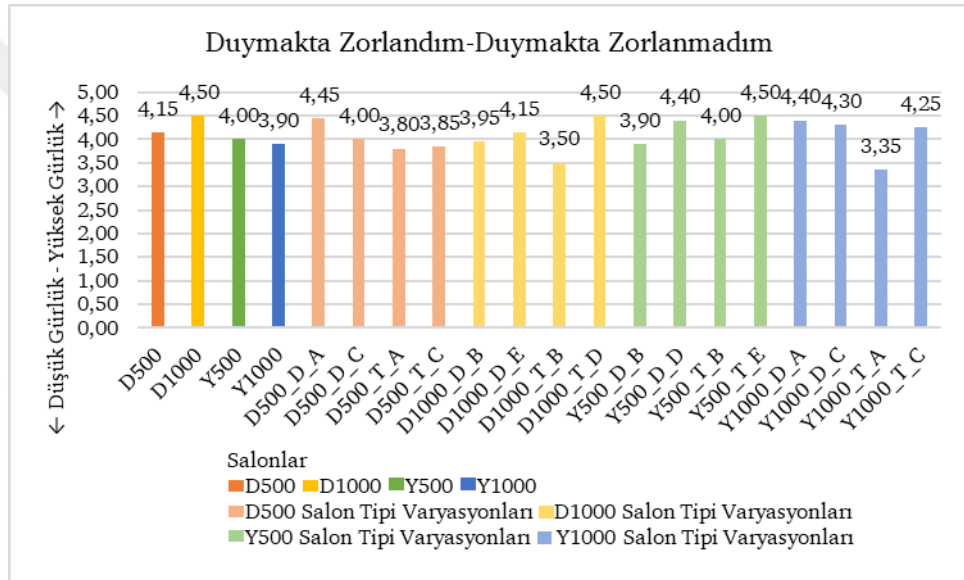
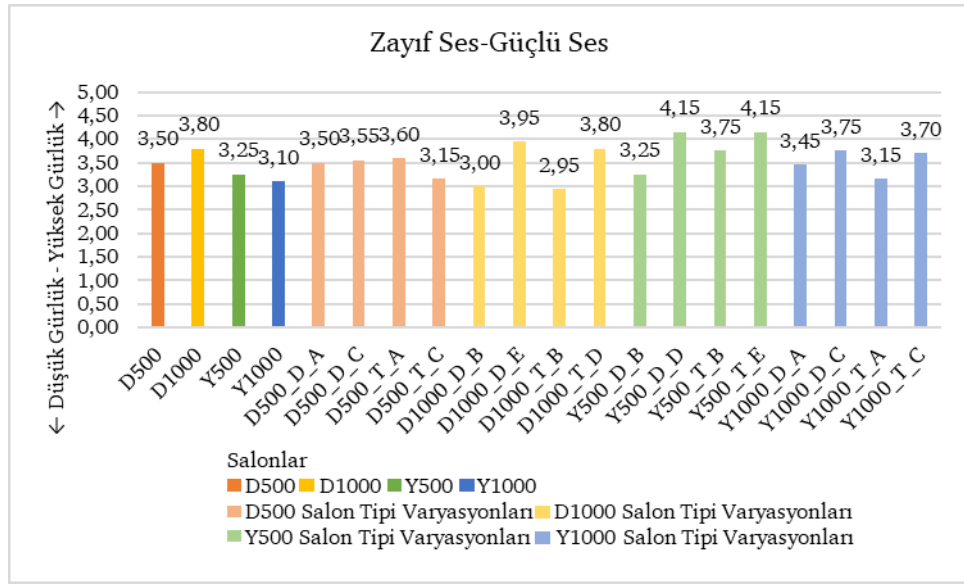
B

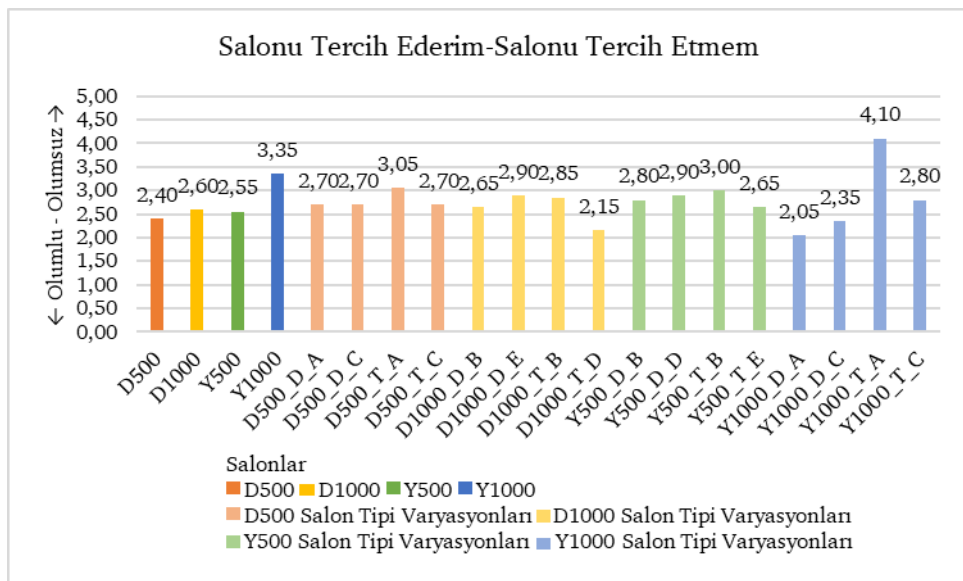
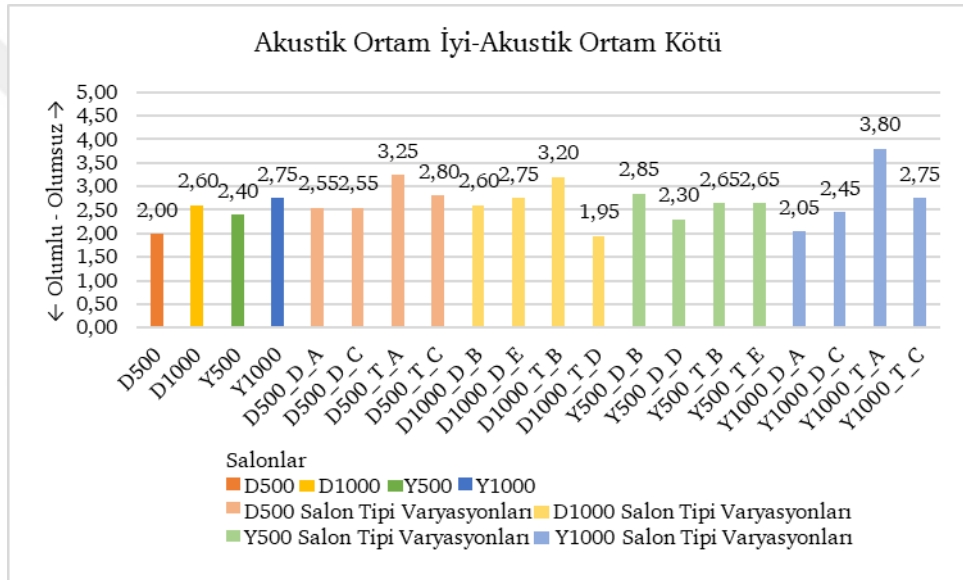
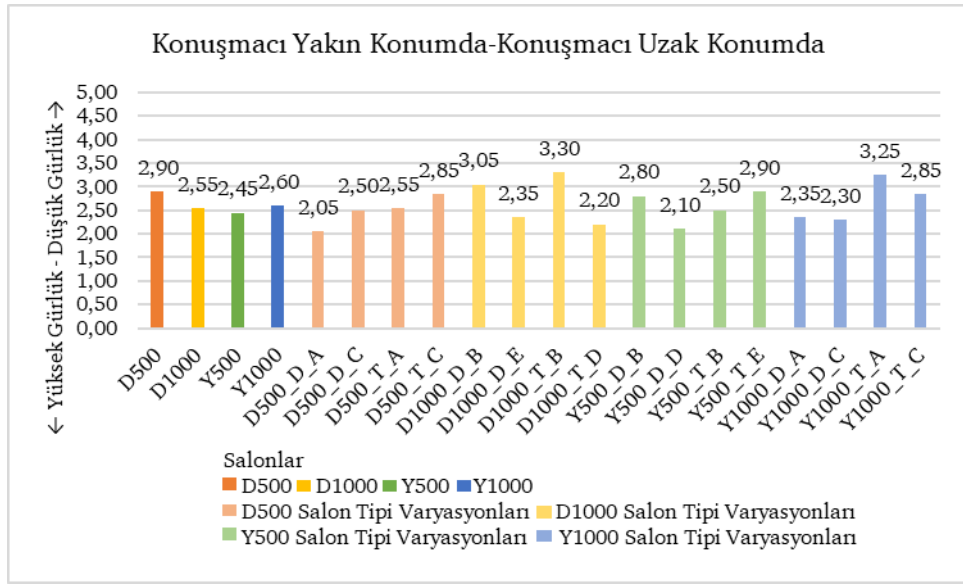
KULLANICI TERCİHLERİ BELİRLEME TESTİ SEÇİMLERİNİN ORTALAMA DEĞERLERİ

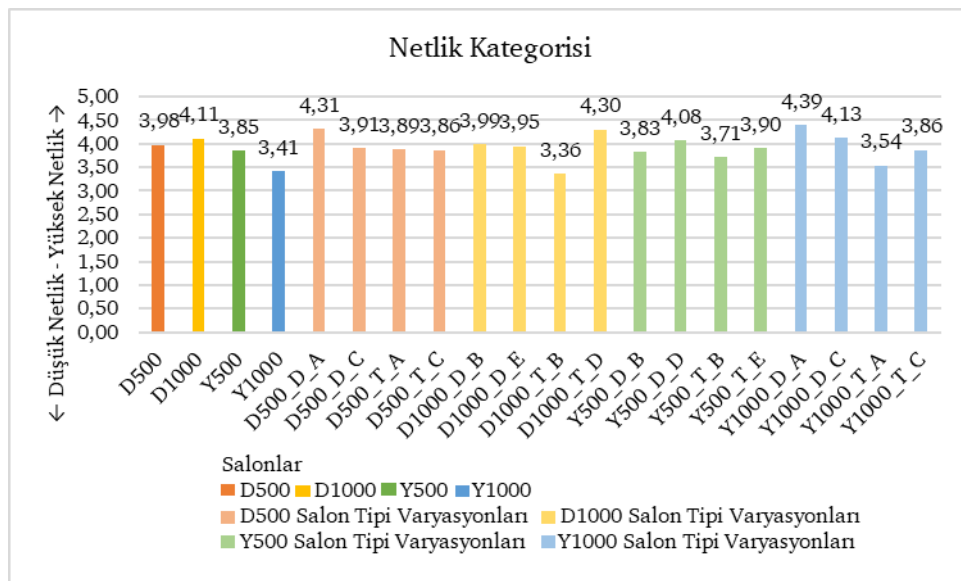
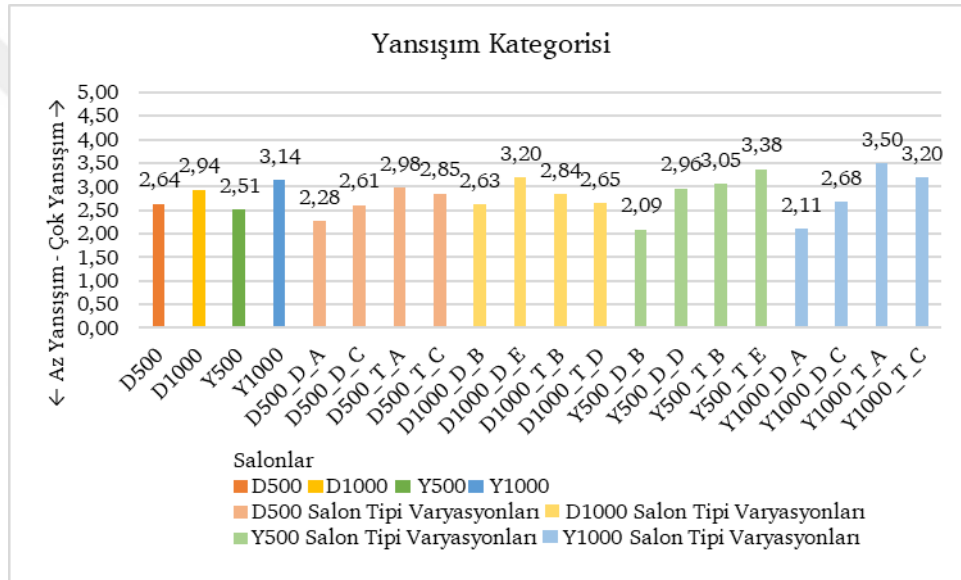
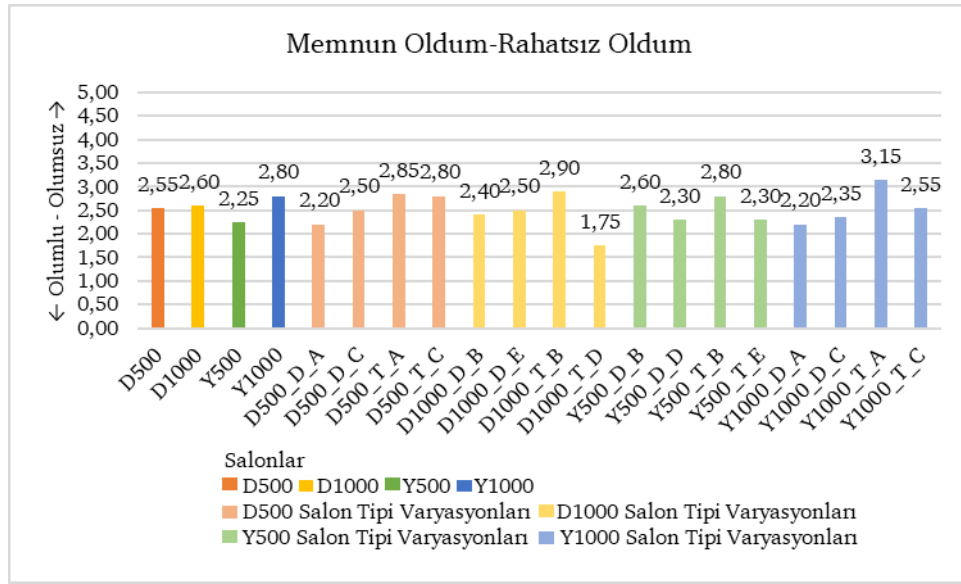


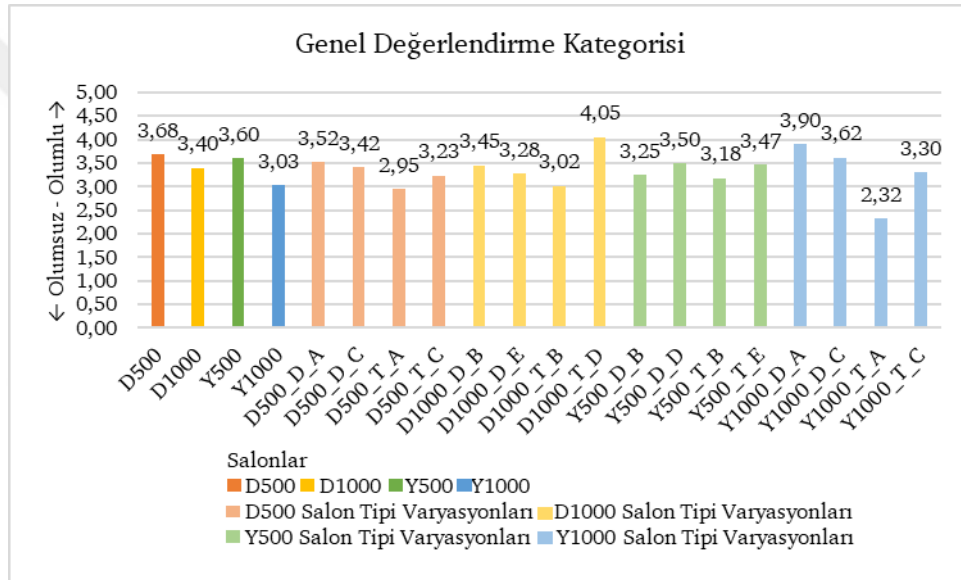
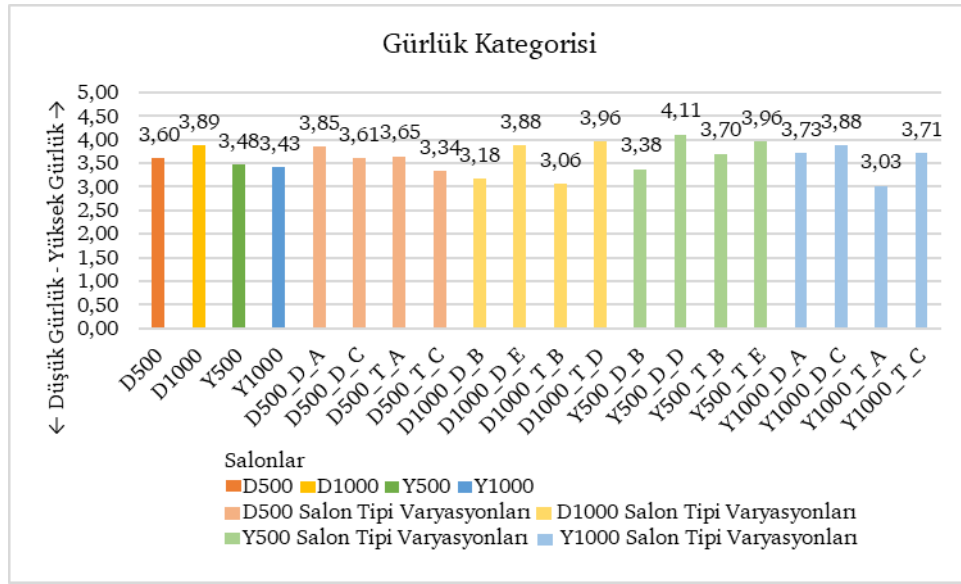












ÖN ANKET ÇALIŞMASINA VERİLEN YANITLAR

C.1 Sıfat Belirleme Aşaması Yanıtları

SIFAT	Denek																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ölü		x	x	x			x				x	x		x						
Kuru	x						x	x												
Canlı	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x			x
Çınlamalı	x		x	x		x	x	x				x		x		x	x	x	x	x
Dolu	x			x				x	x	x									x	x
Boş	x			x				x	x		x	x								x
Yankı Yok	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x
Yankı Var	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Büyük	x							x	x						x				x	x
Küçük	x							x	x						x				x	x
Karışık			x									x				x				
Açık			x	x		x		x		x		x		x						
Bulanık	x			x			x	x				x		x	x			x		
Net	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Mırıltılı			x	x				x				x	x		x	x		x		
Anlaşılır	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Kolay Anlaşılır	x			x	x		x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Anlaşılmaz	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Hızlı			x					x	x		x	x			x		x		x	
Yavaş			x					x	x		x	x			x		x		x	
Normal Hızda			x			x		x		x	x	x		x		x		x		
Sessiz		x		x			x	x	x		x	x				x	x	x	x	x
Yüksek Sesli		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Zayıf			x	x	x		x	x	x		x	x		x	x		x	x	x	
Güçlü			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
Yakın	x			x		x		x	x	x	x	x							x	x
Uzak	x			x				x	x		x				x		x		x	x
Konuşmacı Çaba Göstermeli			x		x							x				x		x	x	
Konuşmacının Çaba Göstermesine Gerek Yok			x			x				x						x		x	x	
Ses Düzeyi Yetersiz	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x
Ses Düzeyi Yeterli	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Zorlandım		x	x	x	x		x	x	x		x	x			x	x	x		x	x
Zorlanmadım		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x			x	x		x	x	
Anlamak için Çaba Gösterdim	x	x	x	x	x		x		x		x	x			x	x	x	x	x	x
Anlamak için Çaba Göstermedim	x		x	x	x	x	x			x					x	x	x	x	x	x
Memnun Kaldım	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Rahatsız Oldum	x	x	x		x		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
AKUSTİK EĞİTİMİ ALMIŞ KİŞİLERİN YANITLARI																				
AKUSTİK EĞİTİMİ ALMAMIŞ KİŞİLERİN YANITLARI																				

C.2 Sıfat Çiftleri Belirleme Aşaması Yanıtları

SIFAT ÇİFTİ	Denek																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ölü - Canlı	x							x		x	x	x	x	x		x		x		x
Kuru - Canlı																	x			
Kuru - Çınlamalı		x					x										x			
Ölü - Çınlamalı																				
Çınlamasız - Çınlamalı	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Uğultulu - Uğultusuz		x							x		x		x	x		x		x	x	x
Yankı Var (Yankılı) - Yankı Yok (Yankısız)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x		x	x	x
Büyük Salon - Küçük Salon		x	x	x	x	x	x		x											x
Dolu - Boş			x	x	x			x					x			x				
Yutucu - Yutucu Değil	x		x	x		x							x	x						
Yutucu - Çınlamalı						x	x	x				x		x			x	x	x	x
Karışık - Açık				x		x	x			x	x									
Bulanık - Net	x			x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mırıltılı - Anlaşılır		x	x		x				x	x					x					x
Anlaşılmaz - Anlaşılır	x	x	x	x		x	x		x			x		x	x	x	x	x		x
Anlaşılmaz - Kolay Anlaşılır							x					x								
Anlaşılması Zor - Kolay Anlaşılır		x			x	x	x	x	x		x	x		x			x		x	x
Anlamakta Zorlandım - Zorlanmadım		x	x	x	x	x	x		x	x				x	x	x	x	x		
Tane Tane Konuşmalı - Tane tane Konuşuyor												x			x					
Tane Tane Değil - Tane Tane					x			x	x					x	x	x			x	
Hızlı - Normal Hızda												x								x
Hızlı - Yavaş									x		x		x			x				x
Sessiz - Yüksek Sesli				x	x	x	x		x			x		x		x	x	x	x	x
Zayıf Ses - Güçlü Ses	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x		x
Konuşmacı Yakın Konumda - Uzak Konumda	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x			x	
Alçak Ses - Yüksek Ses		x		x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x
Duymakta Zorlandım - Zorlanmadım		x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Umursamaz - İlgili					x					x										
Dinlerken Zorlandım - Zorlanmadım	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	
Zorlandım - Zorlanmadım							x				x					x				
Akustik Ortam Kötü - Akustik Ortam İyi	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Memnunum - Rahatsızım									x							x	x			
Memnun Oldum - Rahatsız Oldum	x	x	x		x	x			x		x			x	x	x	x	x		x
Salonu Tercih Ederim - Salonu Tercih Etmem				x	x					x	x	x	x	x		x		x	x	x
Dinlerken Çaba Gösterdim - Göstermedim		x	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x	x		
AKUSTİK EĞİTİMİ ALMIŞ KİŞİLERİN YANITLARI																				
AKUSTİK EĞİTİMİ ALMAMIŞ KİŞİLERİN YANITLARI																				

DİNLEME KAYITLARINDA KULLANILAN METİNLER

D.1 Fonetik Dengeli Kelime Ayırt Etme Testi Kelime Listeleri

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ CERRAHPAŞA TIP FAKÜLTESİ KULAK BURUN BOĞAZ BÖLÜMÜ ODYOLOJİ VE KONUŞMA BOZUKLUKLARI ÜNİTESİ FD-300 FONETİK DENGELİ TEK HECELİ KELİME LİSTESİ					
LİSTE 1	LİSTE 2	LİSTE 3	LİSTE 4	LİSTE 5	LİSTE 6
1- Kas	1- Beş	1- Az	1- Çay	1- Lav	1- Kır
2- At	2- Göz	2- Borç	2- Ot	2- Kep	2- Çan
3- Ney	3- İn	3- Düş	3- Fil	3- Dik	3- Öl
4- Öç	4- Kar	4- Et	4- Ön	4- Biç	4- Sen
5- Bir	5- Laf	5- Hür	5- Kor	5- Öt	5- Kalp
6- Küf	6- Diş	6- Kaz	6- Al	6- Ser	6- An
7- Saz	7- Muz	7- Çok	7- Sarp	7- Böl	7- Hiç
8- Fon	8- Ak	8- Muş	8- Tez	8- Var	8- Şok
9- Pes	9- Ört	9- Ol	9- Dost	9- İp	9- Far
10- Yün	10- Çat	10- Leş	10- Kul	10- Zarf	10- Mes
11- Bek	11- Koç	11- Pot	11- Kem	11- Rey	11- Kim
12- Pay	12- Fal	12- Bal	12- Şık	12- Mis	12- Çit
13- Sel	13- Net	13- Tuş	13- Buz	13- Post	13- Harf
14- Aç	14- Şen	14- Şef	14- Nal	14- Af	14- Nar
15- Dün	15- Ruh	15- Pek	15- Sap	15- Sat	15- Söz
16- Koz	16- Dağ	16- Çiz	16- Raf	16- Yar	16- Cop
17- Ürk	17- Tel	17- Fer	17- Tül	17- Nem	17- Fiş
18- Zar	18- Kız	18- Hat	18- Cep	18- Git	18- Bas
19- Boy	19- Set	19- Ve	19- Terk	19- Çar	19- Kor
20- Baş	20- Yıl	20- Tap	20- Kan	20- Sis	20- Tay
21- Türk	21- Kök	21- İç	21- Şal	21- Han	21- Şu
22- Yaş	22- Pil	22- Bel	22- Güz	22- Püf	22- Ek
23- Ver	23- Zam	23- Kurt	23- Küp	23- Yüz	23- İz
24- Çak	24- Yık	24- Yem	24- Din	24- Aş	24- Kaç
25- Şap	25- Bey	25- Zıt	25- Loş	25- Renk	25- Lif
26- Dem	26- Tam	26- Taç	26- Mart	26- Pas	26- Kit
27- Rol	27- Haz	27- Sim	27- Sun	27- Tıp	27- Bük
28- Of	28- Şut	28- Cenk	28- Halk	28- Göl	28- Van
29- Cins	29- Saç	29- Kır	29- Can	29- Ters	29- Sert
30- Gül	30- Pus	30- Poz	30- Öz	30- Fay	30- Eş
31- Ev	31- El	31- Üs	31- Şiş	31- Yük	31- Taş
32- Kış	32- Çık	32- Suç	32- Es	32- Tüy	32- Pul
33- İl	33- Oy	33- Yük	33- Yok	33- Üst	33- Ben
34- Sağ	34- Kok	34- Not	34- Vinç	34- Kaş	34- Lop
35- Test	35- Vur	35- Av	35- Yön	35- Cem	35- Put
36- Çim	36- Top	36- Çöp	36- Çal	36- Dört	36- Şart
37- Hoş	37- Kat	37- Gök	37- İş	37- Çöl	37- Göç
38- Bol	38- Bil	38- Mıh	38- Pey	38- Ün	38- Çil
39- Kap	39- Hep	39- Dev	39- Zor	39- Boş	39- Mart
40- Son	40- Kum	40- Süt	40- As	40- Tut	40- Saç
41- Lüks	41- Mal	41- Ray	41- Gün	41- Ok	41- Yap
42- Cay	42- Bin	42- Kol	42- Yay	42- Sır	42- Köşk
43- Kent	43- Arz	43- Genç	43- Kes	43- Bit	43- Tüm
44- Maç	44- Sil	44- Yer	44- Sev	44- Caz	44- Şan
45- Çark	45- Yaz	45- Çek	45- Pir	45- Sol	45- Düz
46- Diz	46- Dut	46- Gaz	46- Kart	46- Yat	46- On
47- Hap	47- Su	47- Tat	47- Yas	47- Bak	47- Sür
48- Sus	48- Pak	48- Koy	48- Bağ	48- Fos	48- Dal
49- Park	49- Üç	49- Dam	49- Er	49- Zil	49- Cam
50- Mest	50- Alt	50- Boz	50- Dil	50- Kur	50- Saf

D.2 Tüm Türkçe Fonemleri İçeren Metin

PİNOKYO

Bu kitap, meşhur masal kahramanı Pinokyo'yu anlatmaktadır. Ben dostunuz cırcır böceği Mercan. Serüvenim, resimde gördüğünüz doğa harikası, şu dağ köyünde başladı. Bütün gün yürümüş yorulmuştum. Lüks lambaların ışıkları ile aydınlanmış, minicik köşk gibi bir ev; penceresinden süzülen ışıklarla etrafa renkli pırıltılar saçıyordu. "İçerisi kim bilir ne kadar sıcaktır!" diye düşündüm. Burası, Hasan Usta adında bir kukla yapımcısının eviydi. Tonton usta küçük bir odada tahta parçaları, uhu, jilet, renk renk ojeler, sarı, kırmızı, bej kumaş parçaları ve napalar kullanarak sayısız kuklalar yapmıştı. Tam dört gündür, ad olarak ne vereceğini bilmediği yeni bir kukla yapmak için uğraşıyordu. Çalıştığı masanın üzerinde, krokiler çizdiği defterin altında, postacının yeni getirdiği bir mektubun zarfı duruyordu. Bir tane açılçer, sayısız araç gereç ne zaman kullanılacaklarını bilmeksizin sessizce bekliyorlardı. Köşedeki kovanın içi talaş parçalarıyla dolmuştu. Ocak sönmek üzereydi. "Öhö, öhö..." diye kısa kısa öksürdü. Keşke bir sac soba alsaydım diye düşündü. Ama bu düşüncesinden hemen vazgeçti. İlerlemiş yaşına göre büyük efor sarf ederek çalışıyordu. Yaşlı adam, rahat bir uykuyu hak etmişti. Henüz yatmıştı ki, gökte ay ve yıldızları gördü. "Ah... Yarab... İşte bu dilek yıldızı" diye haykırdı. Çocuklar gibi sevindi. "İyi yıldız, bana bir oğul ver; dileğim budur sizden" dedi. Sonra inanılmaz bir şey oldu. Kukla kıpırdadı ve iplerini kopardı. Akvaryumdaki balık Pinokyo'yu selamlamak için sudan dışarı fırladı. Pinokyo, "Aptal ve abes balık" diye laf attı. Gaf yaptığını anladı. Çok utanmıştı.

DİNLEME TESTLERİNDE KULLANILAN ANKETLER

E.1 Fonetik Dengeli Kelime Ayırt Etme Testi Anket Formu

 Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü Fonetik Olarak Dengelenmiş Kelime Ayırt Etme Testi *	
Sayın Katılımcı, Bu test, mekanlardaki yutuculuk değişimlerinin kabul edilebilirliğinin belirlenmesine yöneliktir. Çalışmanın amacı, farklı yutuculuklara sahip salonlarda sağlanan konuşmanın anlaşılabilirliğin değişimini ortaya koymaktır. Anket, <i>“Salonların Akustik Özelliklerinin Zamansal Değişimlerinin Sanal Ortamda İrdelenmesi Ve Değerlendirilmesi”</i> başlıklı doktora tezi kapsamında kullanılacaktır. Kelime ayırt etme testinde, size dinletilecek kelimeleri aşağıdaki çizelgeye <i>“duyduğunuz şekilde”</i> yazmanız beklenmektedir. Testimize zaman ayırdığınız için teşekkür ederiz. * Edinilen bilgiler, bu araştırmanın kapsamı dışında kullanılmayacaktır.	
Bu Kısım Katılımcı Tarafından Doldurulacaktır İsim: _____ Soyisim: _____ Ana Diliniz: _____ Yaşınız: _____ Cinsiyetiniz: _____ İşitme ile ilgili herhangi bir sorunuz yoktur. ☐ Evet ☐ Hayır	Bu Kısım Değerlendirici Tarafından Doldurulacaktır Salon No: _____ Liste No: _____ Denek No: _____ Doğruluk Oranı: _____



Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü
Fonetik Olarak Dengelenmiş Kelime Ayırt Etme Testi

Kelime No	Duyduğunuz Kelime
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	

İlgi ve katılımınız için teşekkür ederiz.

E.2 Kullanıcı Tercihleri Belirleme Testi Anket Formu



Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü Kullanıcı Tercihi Anketi *

Sayın Katılımcı,

Bu anket, mekanlardaki yutuculuk değişimlerinin kabul edilebilirliğinin belirlenmesine yöneliktir. Çalışmanın amacı, farklı yutuculuklara sahip salonlara ait kullanıcı tercihlerinin değişimini ortaya koymaktır. Anket, *“Salonların Akustik Özelliklerinin Zamansal Değişimlerinin Sanal Ortamda İrdelenmesi Ve Değerlendirilmesi”* başlıklı doktora tezi kapsamında kullanılacaktır. Kullanıcı tercihi anketinde, ilgili sıfat çiftlerinden size yakın olana doğru artacak şekilde derecelendirme yapmanız beklenmektedir. Anketimize zaman ayırdığınız için teşekkür ederiz.

* Edinilen bilgiler, bu araştırmanın kapsamı dışında kullanılmayacaktır.

Bu Kısım Katılımcı Tarafından Doldurulacaktır	Bu Kısım Değerlendirici Tarafından Doldurulacaktır
İsim: _____ Soyisim: _____ Ana Diliniz: _____ Yaşınız: _____ Cinsiyetiniz: _____ İşitme ile ilgili herhangi bir sorunuz yoktur. ☐ Evet ☐ Hayır	Salon No: _____ Denek No: _____



Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü
Kullanıcı Tercih Anketi

* DİNLEDİĞİNİZ AKUSTİK ORTAMLARI NASIL DEĞERLENDİRİRSİNİZ?

- | | | |
|------------------------|---------|---------------------|
| • ÇINLAMASIZ | _ _ _ _ | ÇINLAMALI |
| • YANKILI | _ _ _ _ | YANKISIZ |
| • ÖLÜ | _ _ _ _ | CANLI |
| • BÜYÜK BİR SALON | _ _ _ _ | KÜÇÜK BİR SALON |
| • AKUSTİK ORTAM İYİ | _ _ _ _ | AKUSTİK ORTAM KÖTÜ |
| • SALONU TERCİH EDERİM | _ _ _ _ | SALONU TERCİH ETMEM |

* DİNLEDİĞİNİZ KONUŞMALARINI NASIL DEĞERLENDİRİRSİNİZ?

- | | | |
|--------------|---------|-----------|
| • BULANIK | _ _ _ _ | NET |
| • ANLAŞILMAZ | _ _ _ _ | ANLAŞILIR |

* DİNLEDİĞİNİZ KONUŞMACILARI VE KONUŞMACILARIN SESLERİNİ NASIL DEĞERLENDİRİRSİNİZ?

- | | | |
|----------------------|---------|----------------------|
| • ZAYIF SES | _ _ _ _ | GÜÇLÜ SES |
| • DUYMAKTA ZORLANDIM | _ _ _ _ | DUYMAKTA ZORLANMADIM |
| • ALÇAK SES | _ _ _ _ | YÜKSEK SES |
| • YAKIN KONUMDA | _ _ _ _ | UZAK KONUMDA |

* DİNLEME SÜREÇLERİNİZİ NASIL DEĞERLENDİRİRSİNİZ?

- | | | |
|----------------------------|---------|----------------------------|
| • DİNLERKEN ZORLANDIM | _ _ _ _ | DİNLERKEN ZORLANMADIM |
| • MEMNUN OLDUM | _ _ _ _ | RAHATSIZ OLDUM |
| • DİNLERKEN ÇABA GÖSTERDİM | _ _ _ _ | DİNLERKEN ÇABA GÖSTERMEDİM |

İlgi ve katılımınız için teşekkür ederiz.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. E. Türk Gürkan, Z. Yüksel Can, “Ses Yutuculuk Değişiminin Kapalı Hacimlerdeki Akustik Koşullara Etkisi”, *1. Mimarlık ve Şehircilik Sempozyumu*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 28-29 Mart 2018.

2. E. Türk Gürkan, Z. Yüksel Can, “Effects of the Time Related Absorption Changes of Materials on Room Acoustics”, *Internoise 2019*, Madrid, İspanya, 16-19 Haziran 2019.

Makaleler

1. E. Türk Gürkan, Z. Yüksel Can, “Mimari Akustikte Kulaklıkla Yapılan Dinleme Testleri için Ses Düzeyi Kalibrasyonu Üzerine Bir Çalışma”, *Megaron*, Cilt 16, Sayı No 2, 306-314, 2021.

2. E. Türk Gürkan, Z. Yüksel Can, “A Study on Determination of Turkish Adjective Pairs for Speech Sound”, *Iconarp International Journal of Architecture and Planning*, Cilt 9, Sayı No 1, 91-109, 2021.